

原料乳体细胞 与原料乳质量及 加工特性的关系

THE RELATIONSHIP
AMONG SOMATIC CELL,
MILK QUALITY AND
PROCESSING PROPERTIES
OF RAW MILK

张和平 主编

原料乳体细胞 与原料乳质量及 加工特性的关系

张和平 主编

 中国轻工业出版社



图书在版编目(CIP)数据

原料乳体细胞与原料乳质量及加工特性的关系/张和平主编. —北京:中国轻工业出版社,2012.9
ISBN 978-7-5019-8895-2

I. ①原… II. ①张… III. ①原料乳—体细胞—关系—食品加工—质量控制—研究 IV. ①TS252.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 160637 号

责任编辑:伊双双 责任终审:滕炎福 封面设计:王超男
版式设计:王超男 责任校对:杨琳 责任监印:张可

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印刷:北京京都六环印刷厂

经销:各地新华书店

版次:2012年9月第1版第1次印刷

开本:720×1000 1/16 印张:6.75

字数:136千字 插页:2

书号:ISBN 978-7-5019-8895-2 定价:50.00元

邮购电话:010-65241695 传真:65128352

发行电话:010-85119835 85119793 传真:85113293

网 址:<http://www.chlip.com.cn>

Email:club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

120216K1X101ZBW

前言

PREFACE

乳房炎是世界奶牛养殖业中发病率最高、造成损失最大的疾病之一。乳房炎会导致产乳量和乳质量的下降，给奶牛业和乳品加工业造成的影响极大。体细胞数的检测对乳房炎的监控和原料乳的质量控制有重要意义。通过开展原料乳体细胞数与原料乳质量指标的对应关系调查，建立原料乳体细胞数与其他质量指标的对应关系，寻求其中的规律，可为奶牛的饲养和乳制品的生产提供及时准确的指导信息。

本书的内容是基于作者对 982 个荷斯坦奶牛原料乳样品进行的相关研究的数据并参考国际上相关的研究文献而编著。982 个乳样测定的指标包括体细胞数、脂肪、蛋白质、乳糖、总固形物、细菌总数、比重、黏度、电导率、氯糖数、滴定酸度、pH、氯、钠、钾、总钙、游离钙、磷、灰分、酪蛋白（包括 α -酪蛋白、 β -酪蛋白、 κ -酪蛋白）、乳清蛋白、总蛋白、游离氨基氮、非蛋白氮、尿素氮等含量及酪蛋白/总蛋白、乳清蛋白/总蛋白和尿素氮/非蛋白氮比例、纤维蛋白溶酶、NAG 酶、过氧化物酶、过氧化氢酶、脂酶、游离脂肪酸含量、酒精稳定性、热稳定性。依据上述测定指标，系统地阐述了原料乳体细胞与乳成分、乳的理化特性以及原料乳中各种内源酶的相关性。同时，根据笔者的每一手研究数据，本书论述了不同体细胞原料乳对契达干酪品质以及 UHT 乳品质的影响。

本书各章作者为：史玉东（第一章），郭奇慧（第二章），麻士卫（第三章），付文菊（第四章），董莹（第五章），全书由张和平统稿。参加本书内容中研究工作的还有云振宇和李妍等，在此表示感谢。

本书中的研究内容是在现代农业产业技术体系（CARS-37）和内蒙古伊利实业集团股份有限公司的资助下完成的，特此致谢。

目录

CONTENTS

第一章 牛乳体细胞数与牛乳化学组成、理化性质的相关性 1

一、体细胞数概述 1

 (一) 导致牛乳体细胞数增高的原因 1

 (二) 乳房炎与体细胞数 3

 (三) 牛乳体细胞数升高对原料乳加工性能的影响 4

 (四) 原料乳体细胞数的检测 5

 (五) 乳房炎对原料乳产量的影响 6

二、不同月份对原料乳的体细胞数及其乳成分性质的影响 7

三、体细胞数与原料乳细菌总数及物理特性的关系 9

四、体细胞数与原料乳成分变化统计关系 11

五、体细胞数对其他成分的影响 14

六、牧场管理水平与原料乳体细胞数及其他理化指标的关系 14

参考文献 16

└ 第二章 牛乳体细胞数与内源酶及牛乳稳定性的关系	20
一、原料乳中体细胞数升高对内源酶的影响	20
(一) 原料乳中体细胞数升高对纤维蛋白溶酶 的影响	20
(二) 原料乳中体细胞数升高对 N -乙酰- β -D-葡萄糖 苷酶 (NAG 酶) 的影响	22
(三) 原料乳中体细胞数升高对过氧化物酶的影响	23
(四) 原料乳中体细胞数升高对过氧化氢酶的影响	24
(五) 原料乳中体细胞数升高对脂酶的影响	25
二、原料乳中体细胞数升高对牛乳稳定性的影响	27
(一) 对原料乳热稳定性的影响	27
(二) 对原料乳酒精稳定性的影响	28
三、牧场管理水平与原料乳体细胞数的关系	29
参考文献	30
└ 第三章 牛乳体细胞数与含氮化合物含量的相关性	32
一、原料乳体细胞数与总蛋白、乳清蛋白含量的关系	32
二、原料乳体细胞数与酪蛋白含量及其组分百分含量 的关系	35
三、原料乳体细胞数与尿素氮含量的关系	36
四、原料乳体细胞数与游离氨基氮、非蛋白氮含量 的关系	39
五、原料乳各种含氮化合物含量间的关系	40
六、牧场管理水平与原料乳体细胞数及其含氮化合物 含量的关系	42
参考文献	43

第四章 不同体细胞数原料乳对 UHT 乳贮存期间品质

的影响	46
一、原料乳中体细胞数的高低对 UHT 乳贮存期间蛋白质水解	
的影响	46
(一) 原料乳中体细胞数的高低对 UHT 乳贮存期间纤维蛋白溶酶	
活力的影响	46
(二) 原料乳中体细胞数的高低对 UHT 乳贮存期间游离氨基氮	
含量的影响	49
二、原料乳中体细胞数的高低对 UHT 乳贮存期间脂肪水解	
的影响	51
(一) 原料乳中体细胞数的高低对 UHT 乳贮存期间脂肪酶活性	
的影响	52
(二) 原料乳中体细胞数的高低对 UHT 乳贮存期间游离脂肪酸	
含量的影响	53
三、原料乳中体细胞数的高低对 UHT 乳贮存期间 pH	
的影响	57
四、原料乳中体细胞数的高低对 UHT 乳贮存期间蛋白质胶凝	
的影响	59
五、原料乳中体细胞数的高低对 UHT 乳贮存期间蛋白质沉淀	
的影响	62
六、原料乳中体细胞数的高低对 UHT 乳贮存期间脂肪上浮	
的影响	65
七、原料乳中体细胞数的高低对 UHT 乳贮存期间褐变	
的影响	69
八、原料乳中体细胞数的高低对 UHT 乳贮存期间风味	
的影响	71
参考文献	73

第五章 牛乳体细胞数与干酪品质的关系	75
一、干酪概述	75
(一) 干酪及其营养特性	75
(二) 干酪品质的重要性	76
二、牛乳体细胞数对干酪加工的影响	77
(一) 牛乳体细胞数对发酵的影响	77
(二) 牛乳体细胞数对凝乳的影响	78
三、牛乳体细胞数对干酪成熟的影响	79
(一) 牛乳体细胞数对蛋白质水解的影响	79
(二) 牛乳体细胞数对脂类水解的影响	83
(三) 牛乳体细胞数与干酪中部分盐类的关系	85
(四) 牛乳体细胞数与干酪 pH 和滴定酸度的关系	87
(五) 牛乳体细胞数对干酪质地和感官评定的影响	87
四、牛乳体细胞数与干酪产量的关系	90
参考文献	94
附录 缩略语表	98

第一章

牛乳体细胞数与牛乳化学组成、理化性质的相关性

一、体细胞数概述

牛乳中的体细胞数 (somatic cell count, SCC) 是指每毫升乳中的细胞总数 (挤乳前的第一把乳), 多数是白细胞 (即巨噬细胞、嗜中性白细胞和淋巴细胞), 占牛乳体细胞数的 98% ~ 99%, 其他 1% ~ 2% 的体细胞是乳腺组织脱落的上皮细胞, 其数量反映了牛乳产量、质量及牛体的健康状况^[1~4,36]。在正常情况下, 牛乳体细胞数不可能为零, 牛乳中体细胞数一般在 20 万 ~ 30 万个/mL。当乳房发生外伤或疾病产生炎症时, 机体将大量的白细胞分泌进入乳房以清除感染, 体细胞数一般会超过 50 万个/mL。因此, 牛乳中体细胞数是奶牛乳房健康状况的重要指标, 由卫生部门和牛乳销售机构监测牛乳中的体细胞数, 其含量将作为牛乳收购标准之一。美国联邦法律规定, 对冷却罐中的乳进行 5 次体细胞数检测, 检测结果中有 3 次的体细胞数小于 75 万个/mL 才能销售^[1~4,33]。

(一) 导致牛乳体细胞数增高的原因^[1,5~8,57]

(1) 乳房炎 乳房炎是目前所知引起体细胞数增加的最主要原因。当引起乳房炎的微生物侵入乳房时, 机体的防御系统分泌白细胞进入牛乳以杀死细菌。如果感染清除, 牛乳体细胞数将降至正常水平; 若白细胞不能清除, 致病

微生物，就会发生隐性感染。绝大多数专家、兽医师认为，体细胞数在 20 万个/mL 以内为正常，超过则为异常。

乳房炎的病原菌种类很多，主要是葡萄球菌 (*Staphylococcus*)。国际奶业联盟 (IDF) 的调查证明，葡萄球菌感染占的比例最多，其次是链球菌 (*Streptococcus*)，而其他微生物对乳房炎的作用很小。传染性致病菌比环境性致病菌更容易引起隐性感染，因此更容易使体细胞数增加。由环境性致病菌引起的感染容易被清除，体细胞数通常只在乳房炎期间升高。对不同的细菌，机体将产生不同的免疫反应。另外，即使是同一种微生物，机体也将产生不同的反应。例如在急性大肠杆菌 (*Escherichiacoli*) 感染病例中，机体通常有不同的反应。当机体免疫反应良好时，牛乳中的白细胞数大量增加，在急性大肠杆菌侵入乳房的 4h 内，体细胞数将达到 10 亿个/mL。在其他病例中，特别是在产犊初期，机体免疫功能较低，牛乳中体细胞数将不增加，这样就有可能导致奶牛死亡——这是由微生物大量繁殖并产生毒素，机体抵抗力降低所致。一些微生物对奶牛乳房的感染程度与牛乳体细胞数有一定关系。而其他一些细菌，如金黄色葡萄球菌 (*S. aureus*) 对奶牛乳房的感染程度与牛乳体细胞数的相关性不大。

(2) 年龄 老龄牛牛乳中体细胞数有增加的趋势，这是由多种因素所致。由于多次泌乳，奶牛患金黄色葡萄球菌所致慢性乳房炎的概率增加，乳头管可能损伤，细菌更容易进入乳腺。另外，老龄牛的免疫能力降低，导致清除细菌的能力下降等。

(3) 泌乳阶段 产犊后乳中体细胞数立即增加，4~5d 后随着初乳量的减少而下降至 30 万个/mL 以下，2 周后降至 10 万个/mL 以下；而在泌乳末期，由于泌乳量的减少，造成牛乳单位体积内体细胞数的含量增加，当产乳量低于 5 kg/d 时尤为明显。但不患隐性乳房炎的奶牛在泌乳末期其体细胞数的变化不明显。

(4) 挤乳时间间隔 挤乳时间间隔对体细胞数影响较大。挤完乳后，乳房中牛乳体细胞数含量最大，并可维持 3~4h。当乳房内泌乳量逐渐增加时，体细胞数逐渐减少，在挤乳前含量为最低。但前乳和全乳中的体细胞数基本相等。

(5) 季节 牛乳体细胞数在夏季有增加的趋势，这主要是由于在夏季奶牛乳房炎发生比率增加。

(6) 应激 一些应激的因素如发情、生病或结核检疫，都将使体细胞数增加。

(7) 挤乳次数 很多农户在奶牛干乳前将挤乳次数改为每天 1 次或每两天 1 次。研究表明，在泌乳末期即使未患隐性乳房炎，减少挤奶次数将使体细

胞数急剧增加。

(8) 其他因素 奶牛体细胞数除受上述因素影响外, 还受饲料、遗传、挤乳机性能等多种因素影响, 从而导致牛乳体细胞数每天都不一样。

(二) 乳房炎与体细胞数

牛乳中的体细胞主要是血液中的白细胞 (即巨噬细胞、嗜中性白细胞和淋巴细胞), 约占牛乳体细胞数的 98% ~ 99%, 其他 1% ~ 2% 的体细胞是乳腺组织脱落的上皮细胞。在乳导管感染期间, 大多数的体细胞是嗜中性白细胞, 因为这些细胞进入感染区, 完成它们吞噬和消化入侵微生物的任务^[54~55]。乳房炎乳中体细胞的变化显示 (如表 1-1、表 1-2 和图 1-1 所示), 随着体细胞数量的增加, 嗜中性白细胞的比例显著增加。

表 1-1 不同体细胞数的原料乳体细胞种类变化情况 ($\bar{X} \pm SD$, $N=90$)

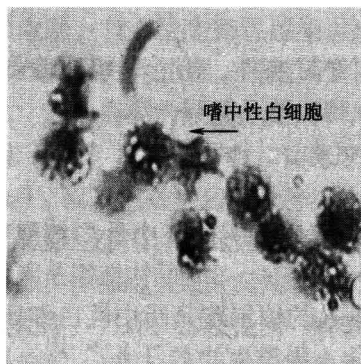
体细胞数/万个	0 ~ 50	50 ~ 100	> 100	<i>P</i>
样本数/个	30	30	30	
嗜中性白细胞数量/%	56.4 ± 9.8 ^b	58.3 ± 8.3 ^b	80.7 ± 13.5 ^a	**
淋巴细胞数量/%	38.6 ± 3.5 ^a	38.6 ± 6.2 ^a	17.6 ± 2.1 ^b	**
巨噬细胞数量/%	5.8 ± 1.2 ^a	3.1 ± 0.9 ^{ab}	1.8 ± 0.3 ^b	**

注: ** 表示 $P < 0.01$ 水平显著; 带有不同字母标记的数据间差异显著。

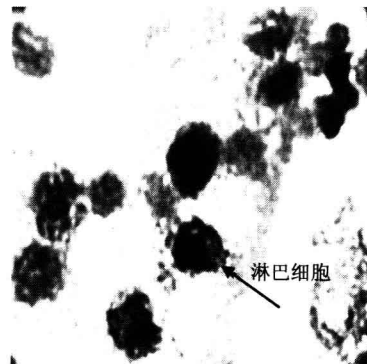
资料来源: 史玉东《牛乳中体细胞数与牛乳化学组成、理化性质的相关性研究》, 2007 年, 内蒙古农业大学硕士学位论文。

表 1-2 乳中随体细胞数量的增加细胞种类和数量的变化^[36]

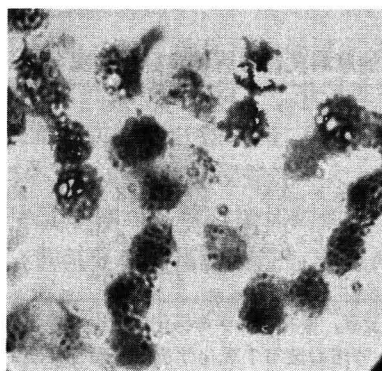
牛乳类型 (体细胞数)	A - 比例/%	体细胞类型		
	B - 数量/(个/mL)	淋巴细胞	嗜中性白细胞	上皮细胞
	C - 增加倍数			
正常 (< 100000 个/mL)	A	6.1	9.1	84.8
	B	6061	9091	84848
亚临床乳房炎 (500000 个/mL)	A	4.8	47.6	47.6
	B	23809	238095	238095
	C	3.9	26	2.8
临床型乳房炎 (1000000 个/mL)	A	2.6	71.6	25.8
	B	26848	716000	258182
	C	4.3	79	3.0



(1) 体细胞数低于50万个/mL



(2) 体细胞数为50万~100万个/mL



(3) 体细胞数高于100万个/mL

图 1-1 不同体细胞数组间细胞组成变化情况

资料来源：史玉东《牛乳中体细胞数与牛乳化学组成、理化性质的相关性研究》，2007年，内蒙古农业大学硕士学位论文。

(三) 牛乳体细胞数升高对原料乳加工性能的影响^[1,34~41]

牛乳体细胞数升高对原料乳加工性能的影响见表 1-3。

表 1-3 牛乳体细胞数升高对乳制品加工的影响^[36]

产品	效果
干酪	产率和效率降低，水分含量升高，凝乳时间延长，干酪变软，质构缺陷，乳清中固体损失较大，感官品质差
超高温灭菌（UHT）牛乳	加速凝胶化
巴氏杀菌液体乳	缩短保质期，感官品质不良

续表

产品	效果
发酵产品	增加凝固时间, 感官品质不良
黄油	搅乳时间延长, 保质期缩短, 感官品质不良
乳粉	改变热稳定性, 缩短保质期
奶油	改变搅打品质

很难判定体细胞数达到多少时才开始影响乳制品。一些研究认为, 当体细胞数达到 10 万个/mL 时才开始产生影响, 而另外一些学者认为这个限度大约在 50 万个/mL。一般来说, 大量牛乳中的高体细胞数是由少量牛产生的体细胞数特别高的牛乳和绝大多数健康的牛乳混合所造成的。

(四) 原料乳体细胞数的检测^[7~9,33~36,59,60]

世界上许多乳品企业, 如在欧美国家和日本, 都将体细胞数作为衡量原料乳质量的关键指标。较高的 SCC 往往预示着乳房炎的存在。体细胞数检测的目的是为了监测乳房炎发病状况, 以采取相应措施将乳房炎的风险降到最低; 同时便于乳品生产企业评价牛乳质量, 确定原料乳等级、适合加工的产品及预测产品的质量等。在检测体细胞数时, 可以检测 3 种乳: 冷却罐乳、个体乳和乳区乳。冷却罐乳是指几头牛或一个牛群的乳; 个体乳是指一头奶牛的乳; 乳区乳是将牛的乳头分区 (一般为 4 个), 即将个体乳分得更细, 精确性更高。通常情况下, 在销售时测的是冷却罐乳的体细胞数; 若体细胞数较高而怀疑患有乳房炎就应测个体乳的体细胞数; 确定了哪头牛患乳房炎后再进行乳区乳的体细胞数测定, 将乳房炎准确地定位, 以避免更大范围的传染。

检测体细胞数的方法很多, 加利福尼亚细胞数测定法 (California mastitis test, CMT 法)、威斯康星乳房炎试验 (Wisconsin mastitis test, WMT 法) 和电子计数 DHI 法 (electronic somatic cell count) 为现在常见的 3 种商业化的检测方法。实验室常用的标准方法为显微镜法。由于体细胞数与乳房炎的密切关系, 一些检验乳房炎的方法也可以间接反映体细胞数的增高, 如试纸法 (strip test) 和过氧化氢酶试验 (catalase test)。

CMT 法是将 1 mol/L NaOH、烷基芳磺酸 (alkylaryl sulfonic acid) 或烷基芳硫酸盐 (alkylaryl sulfate) 以及溴甲酚紫 (bromocresol purple) 添加于牛乳中, 细胞在遇到表面活性剂时会收缩凝固, 放出脱氧核糖核酸 (DNA) 而产生凝集。细胞越多, 凝集状态越强, 出现的凝集片也越多。此法快速、敏感, 而且价格便宜, 实验方法简单, 所需设备少。反映结果较为准确, 对个体奶牛和总

乳样的检验都适用。但 CMT 法只是一个体细胞的相对数量，而不是精确数量，而且人为因素大，故应有专门的培训人员固定来做此项检查。有时 CMT 法会出现假阳性结果，如当牛乳不新鲜或是末乳时，最适合 CMT 法的乳为泌乳中期的牛乳。有时由于细菌产生的毒素会破坏体细胞，临床乳房炎阳性的牛乳也会表现为阴性。

WMT 法主要是在实验室对总乳样进行的检验，试验原理与 CMT 法相似，所用的反应试剂也是同一种。但 WMT 法的实验结果不是估计的而是测定的，因此增加了实验的客观性。与 CMT 法相比，进行 WMT 法测定时需要较复杂的设备，所需时间也较长。因为 WMT 法较为简便又具客观性，所以应用较为广泛，如果样品的 WMT 数值高于 19mm，则应使用更为精确和严格的方法（如显微镜法）来测定。理想的总乳样 WMT 值应小于 8mm，WMT 值超过 19mm 的牛乳一般情况下被认为是不宜食用的。

DHI 法有许多优点，该法可以迅速测定体细胞数，而且比 WMT 法更为精确客观，这种方法的重复性也很好。同时由于保存的乳样也可用于测定，因此可同时集中测定大量样品。DHI 法主要对个体奶牛进行检测，通过自动测定仪迅速测定，一般使用丹麦 Foss 公司的牛乳体细胞分析仪。目前该技术被公认为正确性较高，已被广泛应用。DHI 法最大的缺点是设备昂贵且需要经常校正监测，这也使得乳样必须集中测定，而不能像 CMT 法那样立即取得结果。

直接镜检法是生鲜牛乳中体细胞检验的标准方法，用于校正分析仪和其他方法的准确性。该法与美蓝还原试验原理相似，是一种色素还原试验，体细胞的细胞核可被亚甲基蓝清晰染色。此法称为 Breed method，测定方法与细菌数相仿。

试纸法是奶牛场检测临床性乳房炎必需的方法，挤乳员在刚开始挤乳时，通过收集挤出头几把乳的容器（杯或盘），检查乳中是否有凝片，如果有即为乳房炎乳。这种方法快速、简单易行，可作为挤乳常规检验的一部分。因为乳房炎乳中的过氧化氢酶活性增高，而被用来检验乳房炎。乳房炎乳中过氧化氢酶活性增高的 80% 来自白血球。需要注意的是，在初乳中过氧化氢酶活性也相当高。

（五）乳房炎对原料乳产量的影响^[5,35,36]

乳房炎是世界奶牛养殖业中发病率最高、流行最快、造成损失最大的疾病之一。根据美国奶协统计，隐性奶牛乳房炎发病率高达 50%，而总发病率可占整个牛群的 70%。乳房炎主要以隐性乳房炎的形式存在，每发生 1 例临床乳房炎，会有 20 ~ 40 例隐性乳房炎发生。据中国奶业协会对 22 个城市、32 个

奶牛场进行的隐性乳房炎调查统计, 隐性乳房炎平均阳性检出率为 73.91%, 乳区阳性平均检出率是 44.74%。与隐性乳房炎相比, 临床型能被肉眼觉察, 可引起人们的重视, 而隐性乳房炎无临床症状, 不易被肉眼觉察, 若非通过体细胞计数或微生物培养是不易被发现的, 经常被忽视^[22]。

无论隐性还是临床型乳房炎都会导致牛乳产量和质量的下降, 给奶牛业造成极大危害, 包括: 直接造成产乳量的减少; 牛乳加工性能不好使得乳制品品质下降; 牛乳变质; 药物残留使人们不能食用; 一些牛无法治愈而被淘汰。而且, 隐性乳房炎造成的损失要高于临床型乳房炎, 据国外报道, 临床型乳房炎(奶牛死亡而淘汰、废弃乳、药费)和隐性乳房炎(降低产乳量)所造成的损失是 3:7, 而隐性乳房炎造成的损失是人们不能直接观察到的。因此, 通过牛乳体细胞数的检测及时而准确地估计奶牛健康状况和原料乳品质情况, 采取适当控制措施, 以减少奶农和乳品厂的经济损失势在必行。

乳房炎可以使单头牛的产乳量降低 10% ~ 25%。这主要是由于乳腺的上皮细胞受到了物理性损坏而限制了合成与分泌能力而造成的。表 1-4 为牛乳体细胞数与产乳量损失的关系。

表 1-4 体细胞数与产乳量损失的关系^[36]

SCC/ (万个/mL)	产乳量损失/%	SCC/ (万个/mL)	产乳量损失/%
10	0	60	10
20	2	70	12
30	4	80	14
40	6	90	16
50	8	100	18

研究发现, 当体细胞数超过 50 万个/mL 时, 产乳量损失率可达 8% ~ 20%。对于单个奶牛来说, 体细胞数与产乳量损失的对应关系不是固定的, 而总乳样体细胞数可反映牛群整体的受感染程度。虽然这种估测并不十分准确, 同时还要考虑到奶牛的年龄、泌乳期和季节变化的影响, 但可以作为奶牛整体健康状况的参考指标。如果总乳样体细胞数超过 50 万个/mL, 就应该关注牛群受乳房炎感染的水平, 并采取一些措施, 如改善卫生条件, 加强对挤乳设备和挤乳人员的管理等。

二、不同月份对原料乳的体细胞数及其乳成分性质的影响

不同月份的气象因素(平均温度、空气相对湿度、降水量等)变化往往

直接或间接地影响原料乳体细胞数的变化。经过研究发现，酷热、寒冷、气候变化、牛舍潮湿均会引起牛体健康状况的下降，使抵抗力下降，容易引发乳房炎，导致体细胞数增加。根据研究发现，乳房炎多发生在冷风过境或持续高温高湿的天气。这主要是由于在夏季，高温湿润的环境易于细菌微生物的生长，致使奶牛乳房炎发生比率增加；冷风过境则是由于气温变化导致牛体发生感冒发烧，抵抗力降低，对牛体乳房、乳腺造成不利影响，从而导致体细胞数增高。不同月份体细胞数的变化情况如表 1-5 所示。

表 1-5 不同月份体细胞数的变化情况 ($\bar{X} \pm SD$, $N=452$)

SCC/ (万个/mL)	<20	20~50	50~100	>100	平均值/ (万个/mL)	样本数/个
5 月	36.36%	19.32%	14.77%	29.55%	75 ± 94	88
6 月	39.19%	35.14%	16.22%	18.92%	54 ± 62	74
7 月	54.44%	37.78%	10.00%	14.44%	45 ± 68	90
8 月	44.07%	50.85%	13.56%	11.86%	38 ± 39	59
9 月	32.76%	36.21%	18.97%	24.14%	106 ± 196	58
10 月	67.47%	22.89%	1.20%	8.43%	28 ± 55	83

资料来源：史玉东《牛乳中体细胞数与牛乳化学组成、理化性质的相关性研究》，2007 年，内蒙古农业大学硕士学位论文。

气候对乳的合成及乳脂肪合成有显著影响，随着季节、月份的改变，温度、湿度及其他环境因素都发生变化，从而影响牛乳的组成。随着气温的升高，牛乳的乳脂率常常会下降。冬季的牛乳乳脂率要比夏季高一些，其原因是季节、气候、环境的变化引起了营养进食量的改变和气候本身对乳脂率产生了影响。气温会直接影响乳腺蛋白的合成，也可以间接地对乳腺组织营养供给产生影响。因此，在高温环境下，乳中蛋白质的含量降低。另外，部分成分的变化趋势与体细胞数相关，可能是由于体细胞数对其造成的影响。不同月份体细胞数及乳成分的变化情况如表 1-6 所示。

表 1-6 不同月份体细胞数及乳成分的变化情况 ($\bar{X} \pm SD$, $N=452$)

月份	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	P
SCC/ (万个/mL)	75 ± 94 ^b	54 ± 62 ^{bc}	45 ± 68 ^{bc}	38 ± 39 ^c	106 ± 196 ^a	28 ± 55 ^d	**
总固形物含量/%	12.22 ± 0.91 ^b	11.91 ± 0.83 ^d	12.15 ± 1.22 ^c	12.12 ± 0.79 ^c	12.41 ± 0.82 ^a	12.40 ± 1.03 ^a	**
乳糖含量/%	4.94 ± 0.20 ^{ab}	5.01 ± 0.24 ^a	4.81 ± 0.29 ^b	4.87 ± 0.25 ^{ab}	4.76 ± 0.32 ^b	4.76 ± 0.23 ^b	*

续表

月份	5月	6月	7月	8月	9月	10月	P
脂肪含量/%	3.76 ± 0.73	3.41 ± 0.58	4.00 ± 1.06	3.65 ± 0.57	3.88 ± 0.68	3.83 ± 0.70	NS
蛋白质含量/%	2.91 ± 0.30 ^b	2.94 ± 0.30 ^b	2.95 ± 0.29 ^b	3.04 ± 0.36 ^{ab}	3.22 ± 0.40 ^a	3.24 ± 0.42 ^a	*
总钙含量/ (mg/100mL)	112.6 ± 3.6	120.6 ± 6.6	123.4 ± 3.9	122.7 ± 9.4	120.2 ± 2.6	120.0 ± 3.7	NS
游离钙含量/ (mg/100mL)	40.33 ± 4.90 ^b	41.98 ± 8.80 ^b	43.87 ± 6.22 ^{ab}	46.98 ± 7.26 ^a	39.66 ± 2.97 ^c	41.09 ± 2.85 ^b	*
钾含量/ (mg/100mL)	143.3 ± 17.4	146.1 ± 11.1	145.7 ± 7.6	146.0 ± 2.2	148.6 ± 4.6	149.1 ± 3.6	NS
钠含量/ (mg/100mL)	56.14 ± 13.9	49.54 ± 13.41	44.66 ± 5.48	49.75 ± 2.75	49.56 ± 8.98	49.28 ± 3.07	NS
氯含量/ (mg/100mL)	102.8 ± 31.2 ^b	94.8 ± 30.4 ^c	104.6 ± 29.7 ^a	101.9 ± 10.7 ^b	105.0 ± 17.4 ^a	97.3 ± 15.3 ^{bc}	**
磷含量/ (mg/100mL)	88.67 ± 1.87	88.69 ± 1.76	88.73 ± 1.73	87.88 ± 1.84	88.23 ± 1.74	89.12 ± 1.91	NS
灰分含量/%	0.754 ± 0.079 ^b	0.751 ± 0.067 ^b	0.753 ± 0.077 ^b	0.753 ± 0.080 ^b	0.761 ± 0.081 ^a	0.757 ± 0.073 ^{ab}	**

注：用 NS 表示 $P > 0.05$ 不显著，* 表示 $P < 0.05$ 水平显著，** 表示 $P < 0.01$ 水平显著；带有不同字母标记的数据间差异显著。

资料来源：史玉东《牛乳中体细胞数与牛乳化学组成、理化性质的相关性研究》，2007 年，内蒙古农业大学硕士学位论文。

三、体细胞数与原料乳细菌总数及物理特性的关系

牛体疫病会造成原料乳的严重污染。研究资料表明，乳房炎患病乳房个数与乳中细菌总数是密切相关的。一般来说，体细胞数越高，相对乳中细菌总数越高^[1,14~16,19]。但也有研究表明，原料乳中细菌总数与体细胞数相关性不大，可能是由于牧场对于牛乳房炎的防治措施使得样本中 SCC 与细菌总数相关性较差，也可能是牛乳中残存部分抗生素导致细菌总数不高。

乳房炎期间，原料乳滴定酸度及 pH 均有升高的趋势^[19]。但也有研究表明，由于牧场卫生管理等因素的影响，体细胞数与原料乳滴定酸度及 pH 之间相关性不大。牛乳 pH 的变化对乳的特性有很大影响，对于干酪的生产更为关键。

很难判定牛乳密度与体细胞数的相关性。影响牛乳密度的因素较多，牛乳中各种成分的变化都会导致密度的变化。因此，多因素之间的相互作用，使得