

网络出版时间:2012-06-08 16:10

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120608.1610.035.html>

原料奶生产环节微生物污染分析及防控措施研究

马 园¹, 葛武鹏¹, 马海峰¹, 刘志宏², 秦立虎³

(1 西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西 杨凌 712100; 2 新疆农业职业技术学院, 新疆 昌吉 831100;

3 西安奶业科学研究所, 陕西 西安 710065)

【摘 要】 【目的】研究原料奶生产环节微生物菌落总数的变化规律, 确定防控微生物污染的有效措施。**【方法】**通过测定原料奶生产各环节微生物菌落总数, 分析微生物污染的变化规律, 在此基础上研究不同奶牛乳房清洗消毒方式、舍弃奶量、贮存温度、运输条件等对原料奶中微生物菌落总数的影响, 进而获得有效防控微生物污染的措施。**【结果】**奶站设备的卫生状况是造成不同奶站原料奶中微生物菌落总数存在明显差异的原因, 奶牛乳房卫生状况、设备的卫生状况及贮存运输条件是造成同一奶站不同环节微生物存在明显差异的原因。温水清洗后擦干再用质量分数 0.1% KMnO_4 溶液消毒奶牛乳房并擦干后, 原料奶中菌落总数由未清洗时的 2.65×10^4 cfu/mL 降低到 2.56×10^3 cfu/mL。舍弃奶量超过 40 mL 时, 原料奶菌落总数小于 1.00×10^3 cfu/mL, 并趋于稳定。相同贮存时间下于 0~4 °C 条件下贮存奶样中的微生物菌落总数增长较缓慢。4 927 次收奶记录中的 1 054 次微生物抽检记录显示, 奶温越高、运输距离越长原料奶中微生物菌落总数越多。**【结论】**采取改善奶站设备卫生水平、温水清洗擦干后消毒奶牛乳房并擦干、机械挤奶前舍弃多于 40 mL 奶、将原料奶快速冷却至 0~4 °C 贮存以及缩短运输距离、减少贮运温度波动等措施, 均可有效控制原料奶的微生物污染。

【关键词】 原料奶; 生产环节; 菌落总数; 微生物污染; 防控措施

【中图分类号】 S879.1; TS252.1

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2012)07-0187-06

Study on the prevention measures of microbes of raw milk in reception system

MA Yuan¹, GE Wu-peng¹, MA Hai-feng¹, LIU Zhi-hong², QIN Li-hu³

(1 College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Xinjiang Agricultural Vocational-technical College, Changji, Xinjiang 831100, China;

3 Xi'an Institute of Dairy & Technology, Xi'an, Shaanxi 710065, China)

Abstract: 【Objective】 The study intended to probe into the prevention measures of microbes of raw milk in reception system. **【Method】** The experiment was to investigate the change of total bacterial counts in raw milk, then research the way of cleaning and disinfection, the volume of raw milk which should be discarded, the reasonable temperatures of the cooling tank and the specific transport requirement, in order to find effective measures to reduce microbes in raw milk. **【Result】** Sanitary conditions of equipment between different milk stations result in significant variations of microbes in raw milk. Sanitary condition of udder and equipment, the condition of storage and transportation between different links in the same milk station result in significant variations of microbes in raw milk. By cleaning cow's udder by warm water and disin-

* [收稿日期] 2011-12-20

[基金项目] 西北农林科技大学人才基金项目(Z111020923)

[作者简介] 马 园(1986—), 女, 陕西咸阳人, 在读硕士, 主要从事乳品安全控制与风险评估研究。

E-mail: mayuan1226@yahoo.com.cn

[通信作者] 葛武鹏(1965—), 男, 陕西西安人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事乳品科学及生物技术研究。

E-mail: josephge@sina.com

fecting it with 0.1% KMnO_4 , then drying the udder before milking, the total bacterial counts in raw milk reduced to 2.56×10^3 cfu/mL from 2.65×10^4 cfu/mL. Total bacterial counts in raw milk reduced to 1.00×10^3 cfu/mL and was far less diverse when discarding the first 40 mL raw milk. Total bacterial counts grew slowly when the temperature of raw milk fell to 0—4 °C as soon as possible. In 1 054 microbe examination records of 4 927 reception records, the higher the temperature of raw milk and the longer the haul distance, the more microbes in raw milk. 【Conclusion】 Improve the sanitary condition of equipment, clean cow's udder by warm water and disinfect it, then dry the udder before milking, discard more than 40 mL raw milk, lower the temperature of raw milk to 0—4 °C as soon as possible, shorten the transportation distance of raw milk, keep the temperature of milk container in a narrow range in the transport process, and microbes in the raw milk can be reduced effectively.

Key words: raw milk; reception system; total bacterial counts; microbial contamination; prevention measures

优质原料奶是保证优质产品的前提,按照我国乳制品工业产业政策的要求,液态奶生产企业所用生鲜乳应 100% 使用稳定可控奶源基地产的生鲜乳^[1],这就要求乳制品企业将奶站作为其第一车间管理,把好乳制品质量安全的第一关。原料奶作为乳制品的原料来源,其质量、安全状况是保证乳制品食用安全、维护人体健康的基础^[2]。我国基于本国乳业现状,于 2010-06 实施的生乳国家标准中,将生乳的菌落总数限量修改为 2.00×10^6 cfu/mL^[3],表明我国各地原料奶生产过程中微生物指标的控制依然存在不少问题,管理水平参差不齐,需要合理引导规范,为了帮助生产企业降低原料奶中微生物的污染程度,寻求较为有效的防控措施,开展原料奶生产环节微生物污染分析与控制研究显得尤为重要。

原料奶生产过程中涉及环节很多,为防止微生物污染,对于各个生产环节的有效防控措施进行研究均十分重要。奶牛牛体不洁、挤奶时不规范操作、贮运条件不当等,均易使原料奶中混入外源微生物^[4]。防控措施不当则易引起微生物快速繁殖,导致菌落总数超标,较高的微生物数量和一些致病菌的出现将影响原料奶的质量^[5]和奶农利益^[6],也不利于企业的后续加工和乳制品质量的控制^[7],甚至引起危害人体健康的食品安全事故^[8],因而做好原料奶生产环节的质量控制很有必要。有研究表明,奶牛个体、乳头表面、乳房外表面、牛舍、挤奶过程以及贮存运输过程等环节是原料奶中微生物的主要来源^[9-11]。现有的关于原料奶生产环节质量控制的研究多针对奶站这单一环节,而对其他环节的研究则较少。本试验通过分析原料奶从挤奶到运输各环节微生物菌落总数的变化趋势,进而对不同奶牛乳房

清洗消毒方式、舍弃奶量、原料奶贮存温度、运输环节等进行研究,分析比较各个环节微生物污染的变化规律,探讨有效的控制措施,旨在为原料奶的质量提升提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

原料奶,某乳品企业奶站。挤奶机,上海利拉伐乳品机械有限公司;贮存罐,西安永兴食品药化机械有限公司;DRP-9162 电热恒温培养箱,上海森信实验仪器有限公司;SW-CJ-2D 型净化工作台,苏州净化设备有限公司;ES-315 高压灭菌锅,日本 TOMY KOGYO 公司;FA2004 电子分析天平,上海华岩仪器设备有限公司。平板计数琼脂培养基、8.5 g/L 的生理盐水等自配。

1.2 试验方法

1.2.1 原料奶不同生产环节微生物菌落总数的变化 选取挤奶机、贮存罐型号相同及距乳品企业运输时间相近的 3 个奶站,在各奶站原料奶生产线上分别采集环节 1(刚挤出的奶)、2(挤奶过程中的奶)、3(计量瓶中的奶)、4(进入贮存罐的新鲜原料奶)、5(进入贮存罐后经 15 h 低温贮存的奶)、6(从贮存罐转移至奶车奶罐中的奶)、7(经 3 h 奶车运输至乳品企业时奶罐中的奶)的奶样,每个环节取 9 组奶样,分别置于灭菌三角瓶中,进行菌落总数检测。

1.2.2 奶牛乳房清洗消毒方式对原料奶微生物菌落总数的影响 依次对奶牛乳房进行未清洗、40~43 °C 温水清洗、水洗后用一次性纸巾擦干、水洗擦干后用质量分数为 0.1% 的 KMnO_4 溶液消毒、水洗擦干消毒后再用一次性纸巾擦干 4 种方式进行处

理,采集每种方式处理后的奶样,每处理 9 个平行,进行菌落总数检测。

1.2.3 机械挤奶前舍弃奶量对原料奶微生物菌落总数的影响 机械挤奶前,先采用人工挤奶方式舍弃一定量奶样。随机选取 9 头奶牛,采集每头奶牛的奶样时,每采集 10 mL 置于 1 个灭菌三角瓶中。第 1 次挤出 10 mL 奶样置于 1 个灭菌三角瓶中,并视为舍弃奶 1 次;第 2 次再挤出 10 mL 奶样于三角瓶中,视为舍弃奶 2 次;依次进行 5 次,每头奶牛共采集 50 mL 奶样,进行菌落总数检测。

1.2.4 贮存温度对原料奶微生物菌落总数的影响 从贮存罐中取刚挤下的奶样,分为 2 组,1 组置于 0、4、8、18 及 37 ℃ 放置 2 h 后测定微生物菌落总数,另 1 组在相同温度条件下放置 15 h 后测其菌落总数,每组奶样在同一温度下设置 3 个平行。

表 1 原料奶生产各环节微生物菌落总数的变化

Table 1 Change trend of total bacterial counts content in the raw milk reception system				
生产环节 Production processes	奶样 Sample point	菌落总数/(cfu·mL ⁻¹) Total bacterial counts		
		奶站 1 Milk station 1	奶站 2 Milk station 2	奶站 3 Milk station 3
1	刚挤出的奶 Colostrums	4.64×10 ³ aA	5.41×10 ³ aA	4.07×10 ³ aA
2	挤奶过程中的奶 Freshly produced milk	9.73×10 ² aB	9.93×10 ² aA	1.03×10 ³ aB
3	计量瓶中的奶 Milk in the metering bottles	1.41×10 ⁴ aC	3.92×10 ⁴ bB	8.49×10 ³ aC
4	进入贮存罐的新鲜原料奶 Milk in the cooling tank	1.92×10 ⁴ aD	6.07×10 ⁴ bC	9.95×10 ³ cC
5	15 h 低温贮存后贮存罐中的奶 Milk in the cooling tank after refrigerate 15 h	3.72×10 ⁴ aE	9.13×10 ⁴ bD	1.28×10 ⁴ cD
6	从贮存罐转移至奶车奶罐中的奶 Milk in the milk vehicle	4.47×10 ⁴ aF	1.00×10 ⁵ bDE	1.53×10 ⁴ cE
7	经 3 h 运输至乳品企业时奶罐中的奶 Milk in the milk vehicle after transport 3 h	6.72×10 ⁴ aG	1.15×10 ⁵ bE	1.75×10 ⁴ cF

注:同行数据后标不同小写字母者表示显著差异($P<0.05$),同列数据后标不同大写字母者表示显著差异($P<0.05$)。

Note: Values with different small letter superscripts in the same row mean significant difference($P<0.05$) and values with different capital letter superscripts in the same column mean significant difference($P<0.05$).

表 1 表明,不同奶站刚挤出的奶、挤奶过程中奶的菌落总数差异均不显著;原料奶流经计量瓶后,不同奶站各环节奶样的菌落总数差异显著($P<0.05$),这可能是由于不同奶站设备的卫生状况不同所致。

同一奶站中,奶站 1 各环节奶样的菌落总数差异均达显著水平($P<0.05$);奶站 2 环节 1 与 2 奶样的菌落总数差异不显著,但均显著低于其他环节,环节 5 与 6、6 与 7 差异均不显著;奶站 3 除环节 3 与 4 差异不显著外,其他环节奶样菌落总数的差异均达显著水平。造成各环节差异的原因与乳房卫生状况、挤奶前舍弃奶量、挤奶设备卫生状况、运输时间及贮存条件等有关。

1.2.5 运输环节对原料奶微生物菌落总数的影响 根据某乳品企业下属奶站 30 d 的收奶记录(收奶次数、拒收次数、菌落总数、奶温、运输距离),对实际运输环节中影响微生物繁殖的时间及温度的变化规律进行分析。

1.2.6 微生物菌落总数的测定 按 GB 4789.2—2010^[12],选取 4 个稀释度,采用平板计数琼脂培养基倾注平皿法,在 37 ℃ 恒温培养 48 h 进行微生物菌落计数。

2 结果与分析

2.1 原料奶生产各环节微生物菌落总数的变化 测定环节 1 至 7 所采集奶样的微生物菌落总数,结果见表 1。

2.2 奶牛乳房清洗消毒方式对原料奶微生物菌落总数的影响 从图 1 可以看出,未清洗乳房获得的原料奶菌落总数最高,达到 2.65×10^4 cfu/mL;乳房经 40~43 ℃ 温水清洗后,所取奶样的菌落总数明显降低,为 9.20×10^3 cfu/mL;将水洗后的乳房擦干,所得奶样的菌落总数与未擦干时相比有所减少;用质量分数 0.1% KMnO₄ 溶液对水洗后擦干的奶牛乳房消毒,所得奶样的菌落总数进一步减少;而采用质量分数 0.1% KMnO₄ 对水洗擦干后的奶牛乳房消毒并擦干,所得奶样的菌落总数最低,仅为 2.56×10^3 cfu/mL。

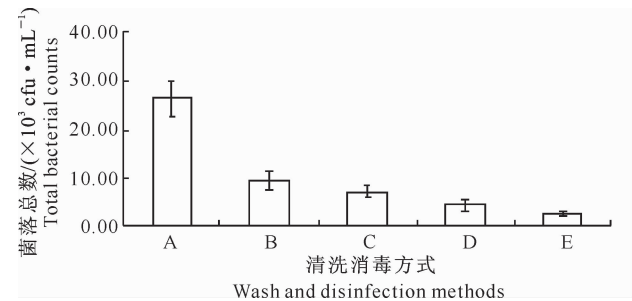


图 1 奶牛乳房清洗消毒方式对原料奶微生物菌落总数的影响

A. 未清洗;B. 温水清洗;C. 水洗后擦干;
D. 水洗后擦干消毒;E. 水洗擦干消毒后擦干

Fig. 1 Effects of wash and disinfection methods on total bacterial counts of raw milk

A. Unwashed;B. Washed;C. Wipe dry after washed;
D. Disinfect after washed and dry;E. Wipe dry after disinfect

究其原因,是因为受牛舍内粪便、土壤、饲料、草垫等影响,奶牛乳头表面易附着大量细菌,挤奶前对奶牛乳房进行水洗消毒,并用干净的毛巾或纸巾擦干,则可有效防止奶牛乳房上的细菌进入并污染原料奶,并能有效避免奶牛乳房受到病菌感染^[13-14]。故在机械挤奶前用温水清洗奶牛乳房擦干后并消毒乳头,然后将其擦干,则可有效控制原料奶的微生物污染。

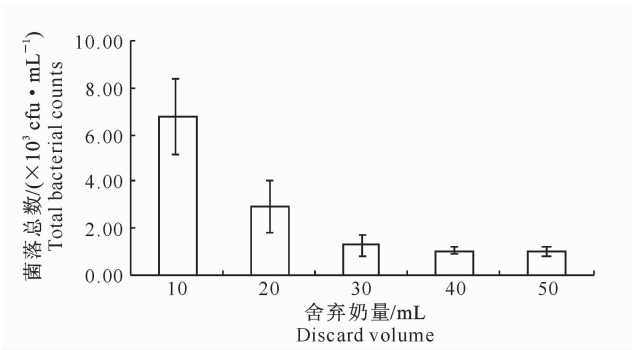


图 2 机械挤奶前舍弃奶量对原料奶微生物菌落总数的影响

Fig. 2 Effects of total bacterial counts of raw milk on different discard volumes

刚挤出的牛奶含有能抑制微生物繁殖的抗菌物质——乳抑菌素,使得牛奶本身具有抗菌特性,这种抗菌特性延续时间的长短与牛奶贮存温度高低和受细菌污染程度有关^[16]。现有的牛奶贮存罐已具有在短时间内将原料奶迅速冷却至所需温度的能力,因而同一批次原料奶微生物菌落总数的变化主要受贮存温度的影响。原料奶贮存温度越低,微生物的

2.3 机械挤奶前舍弃奶量对原料奶微生物菌落总数的影响

由图 2 可知,最初舍弃 10 mL 奶样的菌落总数最高,为 $6.32 \times 10^3 \text{ cfu/mL}$,其后舍弃 20~50 mL 奶样中的菌落总数逐渐降低,且舍弃 30,40,50 mL 奶样的菌落总数无明显变化,分别为 1.26×10^3 , 9.90×10^2 , $9.30 \times 10^2 \text{ cfu/mL}$ 。

由于奶牛喜欢卧地反刍和休息,当乳房接触地面时,乳头前段容易被外界细菌侵入,在乳管中常会形成菌块栓塞,致使刚挤出的牛奶含有较多的细菌,而含菌较多的牛奶与含菌较少的牛奶混合,更容易引起牛奶微生物的急剧增长^[15]。因此,在挤奶时应舍弃含菌较多的一部分牛奶。

由上述试验可知,当舍弃 4 次奶,即每个乳头挤出的奶量超过 40 mL 时,原料奶中菌落总数降低至 $1.00 \times 10^3 \text{ cfu/mL}$ 以下,因此生产中应结合操作实际,确保每个乳头舍弃的奶量在 40 mL 以上。

2.4 贮存温度对原料奶微生物菌落总数的影响

从图 3 可以看出,将奶样在不同温度下放置 2 h,菌落总数变化较小。在不同温度下放置 15 h,当贮存温度高于 4 ℃时奶样菌落总数明显增加;当贮存温度大于 8 ℃时,奶样菌落总数急剧增加,于 18 ℃(常温)时菌落总数已达到 $1.58 \times 10^5 \text{ cfu/mL}$;37 ℃时奶样已发生明显变质(未检测菌落总数)。

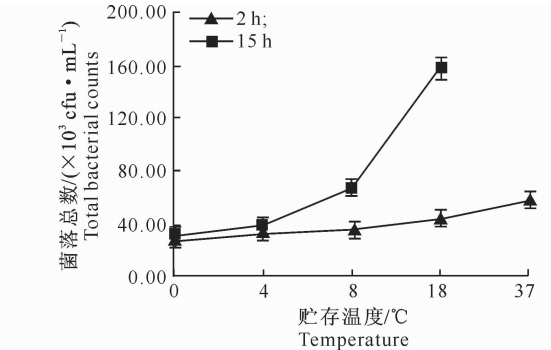


图 3 贮存温度对原料奶微生物菌落总数的影响

Fig. 3 Effects of storage temperature on total bacterial counts of raw milk

繁殖速度越慢。鉴于牛奶温度不能低于其冰点,综合分析将原料奶贮存温度控制在 0~4 ℃较为合理。

2.5 运输环节对原料奶微生物菌落总数的影响

原料奶运输环节微生物增长主要与车罐内奶温有关,企业也将奶温作为原料奶拒收与否的评判标准之一。本研究对某乳品企业 152 个奶站 30 d 内 4 927 次收奶记录的调查结果表明,共有 86 次拒收

记录,拒收率为1.75%,其中奶罐内奶温高(企业定义为 $>6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时)引起拒收的次数为9次,占总拒收次数的10.47%。在4 927次收奶过程中共进行了1 054次微生物抽检,其中91.46%的原料奶中菌落总数小于 $5.00\times 10^5\text{ cfu/mL}$,其平均奶温为 $4.27\text{ }^{\circ}\text{C}$,平均运输距离为93 km;1.99%的原料奶菌落总数大于 $2.00\times 10^6\text{ cfu/mL}$,其平均奶温为 $4.62\text{ }^{\circ}\text{C}$,平均运输距离为135 km。由此可见,原料奶中菌落总数会随着奶车内奶温的升高及运输距离的延长而增大。实际生产运输中,较长的运输距离、奶车运输途中意外修车、堵车等均会造成运输时间增加,当车罐保温性能不佳时会造成车罐内原料奶温度升高。

因此,在运输环节,较短的运输距离以及提前做好车体的检修工作,并针对路况合理选择线路,都可避免奶车运输时间延长,从而可控制奶温波动,抑制微生物繁殖。

3 讨 论

对原料奶生产环节微生物变化规律进行研究时,由于不同奶站环境卫生与设备状况存在差异,不同奶站原料奶在各环节微生物的繁殖速度也不同,因此在对各环节的影响进行分析时,同一环节有2个或2个以上奶站原料奶菌落总数差异显著,则认为该环节差异显著。正常挤出的奶进入计量瓶、计量瓶中奶进入贮存罐以及贮存罐中奶进入奶车后,菌落总数均明显增多,说明挤奶设备、贮存罐、奶车的卫生状况均对原料奶的菌落总数有一定影响。本研究主要探讨除设备清洗状况之外其他因素对原料奶中微生物菌落总数的影响,所提出的防控方法是在所有设备清洗状况良好的前提下实施的,若设备污染严重,即使再有效的防控措施也无法降低原料奶中微生物菌落总数。因此,做好奶站各项设备的清洗工作,是控制原料奶微生物污染,提高奶品质的有效手段之一。

企业检测原料奶各指标时,微生物指标需48 h后才有结果,故将奶温作为评判微生物的间接标准,随后按照微生物检测结果定级定价。为避免原料奶运输过程中奶温升高而导致微生物繁殖加快,乳制品企业通常要求验收时原料奶处于低温状态。不同奶站原料奶出站时奶温、微生物菌落总数、运输距离、运输时间均不同,无法分析同一批原料奶经过不同运输距离和时间时微生物的变化情况,故运输环节的研究主要依据企业收奶记录,在对微生物抽检结果进行统计的基础上,对所有奶站的入厂奶温、运

输距离、迟到情况进行分析,从而提出运输环节控制原料奶微生物数量的措施。

4 结 论

1)不同奶站卫生状况是造成奶站间原料奶微生物菌落总数差异明显的主要原因,奶站可以通过提高卫生水平提升原料奶质量。同一奶站奶牛乳房和设备卫生状况以及贮存条件,是造成奶站内各环节原料奶微生物菌落总数差异明显的原因,通过分析提出可以采用下列措施可对原料奶微生物污染进行有效防控:①温水清洗奶牛乳房擦干后并经质量分数0.1% KMnO_4 溶液消毒乳头后及时擦干;②机械挤奶前舍弃多于40 mL牛奶;③原料奶快速冷却至 $0\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮存。

2)1 054次原料奶微生物抽检记录表明,91.46%原料奶的菌落总数小于 $5.00\times 10^5\text{ cfu/mL}$,1.99%原料奶的菌落总数大于 $2.00\times 10^6\text{ cfu/mL}$,菌落总数随着奶车内奶温的升高及运输距离延长而增大。缩短运输距离、提前做好奶车检修工作、合理选择运输线路、确保车罐良好保温性能是减少贮运温度波动,控制原料奶微生物污染的有效措施。

[参考文献]

- [1] 工业和信息化部,国家发展和改革委员会. 乳制品工业产业政策:2009年修订 [EB/OL]. (2009-11-09) [2011-11-05]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2010/content_1519506.html.
Ministry of Industry and Information Technology, National Development and Reform Commission. Policy of dairy industry: 2009 amendment [EB/OL]. (2009-11-09) [2011-11-05]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2010/content_1519506.html. (in Chinese)
- [2] Han B Z, Mang Y. A survey on the microbiological and chemical composition of buffalo milk in China [J]. Food Control, 2007, 18: 742-746.
- [3] 中华人民共和国卫生部. GB 19301—2010 食品安全国家标准 [S]. 北京:中国标准出版社, 2010.
Ministry of Health of the People's Republic of China. GB 19301—2010 National food safety standards [S]. Beijing: Standards Press of China, 2010. (in Chinese)
- [4] 梁田康, 张风桐, 张玉香, 等. 乳品检验员 [M]. 北京:中国农业出版社, 2004: 28-29.
Liang T K, Zhang F T, Zhang Y X, et al. Dairy inspectors [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2004: 28-29. (in Chinese)
- [5] 范江平, 王明珠, 毛明华. 原料奶需检测的几项微生物指标 [J]. 中国乳业, 2003(12): 36-37.
Fan J P, Wang M Z, Mao M H. Several microbiology indicators

should be detected in raw milk. [J]. China Dairy, 2003(12): 36-37. (in Chinese)

[6] 李文红,李晨红. 原料奶分级收购标准的研究 [J]. 中国乳品工业, 2011, 39(1): 59-64.

Li W H, Li C H. Acquisition of raw milk standard of grading [J]. China Dairy Industry, 2011, 39(1): 59-64. (in Chinese)

[7] 韩永霞. 微生物引起 UHT 灭菌乳的质量问题及其控制 [J]. 乳业科学与技术, 2006, 29(4): 161-162.

Han Y X. Quality problem and control on UHT-milk from microbe [J]. Journal of Dairy Science and Technology, 2006, 29(4): 161-162. (in Chinese)

[8] 侯敏,徐庆,沐泽生. 一起由金黄色葡萄球菌引起的牛奶中毒事件 [J]. 中国卫生检验杂志, 2002, 12(6): 748-749.

Hou M, Xu Q, Mu Z S. One milk poisoning incident caused by *Staphylococcus aureus* [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2002, 12(6): 748-749. (in Chinese)

[9] Desmaures N, Opportune W, Guéguen M. *Lactococcus* spp. , yeasts and *Pseudomonas* spp. on teats and udders of milking cows as potential sources of milk contamination [J]. International Dairy Journal, 1997, 7(10): 643-646.

[10] 侯俊财,杨丽杰. 优质原料奶生产技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 25-26.

Hou J C, Yang L J. Production technology of high-quality raw milk [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010: 25-26. (in Chinese)

[11] 刘静,杨联芝. 原料奶安全质量控制研究 [J]. 中州大学学报, 2006, 23(3): 123-126.

Liu J, Yang L Z. Studies on the safe quality control of raw milk [J]. Journal of Zhongzhou University, 2006, 23(3): 123-126. (in Chinese)

[12] 中华人民共和国卫生部. GB 4789. 2—2010 食品安全国家标准 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

Ministry of Health of the People's Republic of China. GB 4789. 2—2010 National food safety standards [S]. Beijing: Standards Press of China, 2010. (in Chinese)

[13] Kelly A L, Leitner G, Merin U. Milk quality and udder health [M]//John W F, Patrick F, Paul M. Encyclopedia of dairy sciences, 2nd edition. Pittsburgh: Academic Press, 2011: 894-901.

[14] Isabelle Verdier-Metz, Valérie Michel, Céline Delbès, et al. Do milking practices influence the bacterial diversity of raw milk [J]. Food Microbiology, 2009, 26: 305-310.

[15] 王芳芳,罗欣,刘希山. 原料乳生产中的 HACCP 体系研究 [J]. 中国乳品工业, 2005, 33(1): 60-64.

Wang F F, Luo X, Liu X S. Studies on the HACCP system of raw milk [J]. China Dairy Industry, 2005, 33(1): 60-64. (in Chinese)

[16] 张和平,张列兵. 现代乳品工业手册 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2005: 107.

Zhang H P, Zhang L B. Manual of modern dairy industry [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2005: 107. (in Chinese)

(上接第 186 页)

[19] 周振民. 污水灌溉区土壤重金属污染对玉米生长影响研究 [J]. 中国农村水利水电, 2010(4): 62-66.

Zhou Z M. Influence of soil heavy metal pollution on corn caused by wastewater irrigaiton [J]. China Rural Water and Hydropower, 2010(4): 62-66. (in Chinese)

[20] Massa N, Andreucci F, Polif M, et al. Screening for heavy metal accumulators amongst autochtonous plants in a polluted site in Italy [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2010, 73: 1988-1997.

[21] 陈家武,卢以群,陈志辉. 铜和镉及铅在玉米根际土壤中的形态变化 [J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2007, 33(5): 626-629.

Chen J W, Lu Y Q, Chen Z H. Variations in form of copper, cadmium and lead in rhizosphere soil of corn [J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences, 2007, 33(5): 626-629. (in Chinese)

[22] 陈宏金,梅淑芳,梅忠,等. 锌在不同植物种苗中的吸收效应分析 [J]. 广东微量元素科学, 2010, 17(5): 42-44.

Chen H J, Mei S F, Mei Z, et al. The absorption effect of Zn in different crop seedings [J]. Guangdong Trace Elements Science, 2010, 17(5): 42-44. (in Chinese)

[23] 王丹,魏威,王松山,等. 铜、铬单一及复合污染对小白菜种子萌发及根长的生态毒性 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2010, 38(12): 63-74.

Wang D, Wei W, Wang S S, et al. Single and combined toxicity of chromium and copper to seed germination and root elongation of Pakchoi (*Brassica chinensis*) in soils [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2010, 38(12): 63-74. (in Chinese)