影响生牛乳冰点的因素分析

孙玉荣，胡文秀，李君冉，任利强，王海斌，胡冬梅，田晓芳*

蒙牛乳业（察北）有限公司，河北张家口 076481

摘　要：[目的]通过探究影响生牛乳冰点的因素，分析温度变化、掺水量及掺入糊精和氯化钠对冰点检测结果的作用规律，为生牛乳质量检测及掺假判定提供科学依据。[方法]通过逐步升高生牛乳样品温度，记录冰点随温度变化的趋势；向生牛乳中按体积比掺入水，测定不同掺水量下的冰点；分别添加糊精和氯化钠，定量分析冰点变化，采用线性回归模型计算温度、掺水量及掺假物质添加量与冰点的相关性。[结果]发现平均温度每上升1 ℃，冰点下降0.001 0 ℃。掺水量（体积比）为1%与2%时，无法判定生牛乳是否掺水；掺水量增至5%及以上时，可明显判定为掺水；平均每掺水1%，冰点平均上升0.003 0 ℃。糊精添加量为0.01 ~ 0.05 g/100 mL（折算掺入糊精每增加0.01 g/100 mL）时，冰点平均下降0.004 6 ℃；氯化钠添加量每增加0.01 g/100 mL时，冰点平均下降0.001 7 ℃。[结论]随生牛乳样品温度逐渐升高，冰点检测结果呈逐渐下降趋势；随掺水量增加，冰点相应升高；生牛乳掺入糊精和氯化钠后冰点逐渐下降，掺入量越多，冰点下降幅度越大。

关键词：生牛乳；冰点；温度效应；掺水检测；掺假物质

文章编号：1671–4393（2025）03–0065–06　　DOI:10.12377/1671–4393.25.03.11

0 引言

察北管理区位于河北省张家口市，是河北省最大奶源基地和张家口市鲜奶加工的核心基地，规模化养殖率达90 %，机械化挤奶率达100 %。牛乳因富含人体所需优质蛋白及多种维生素和矿物质，还含乳铁蛋白、免疫球蛋白等多种免疫调节功能性成

基金项目：呼和浩特市科技计划项目（2021–农–重–1）

作者简介：孙玉荣（1980–），女，黑龙江大庆人，本科，助理工程师，研究方向为食品、乳品营养与检测；
胡文秀（1990–），女，河北涿鹿人，本科，助理工程师，研究方向为食品、乳品营养与检测；
李君冉（1996–），女，内蒙古赤峰人，本科，助理工程师，研究方向为食品、乳品营养与检测；
任利强（1979–），女，河北张家口人，专科，助理工程师，研究方向为食品、乳品营养与检测；
王海斌（1980–），男，江苏宿迁人，本科，助理工程师，研究方向为食品、乳品质量与安全；
胡冬梅（1993–），女，河北张家口人，本科，助理工程师，研究方向为食品、乳品营养与检测。
*通信作者：田晓芳（1989），女，内蒙古丰镇人，本科，助理工程师，研究方向为食品、乳品营养与检测。

中国乳业编辑部

分，被誉为天然“营养品”[1]。生牛乳是乳制品的源头，其品质、安全直接影响乳制品的质量、安全和消费者的身体健康。从源头控制生牛乳品质有利于整个乳制品产业链的健康发展[2]。牛乳通常由87%的水和13%的固体组成，测定生牛乳的冰点可推测其外来水的含量，因此生牛乳冰点是乳制品质量的重要监控指标之一[3]。国际公认生牛乳的冰点平均值为−533 m℃，其变动范围（−533～−516） m℃[4]。利用冰点检测可确保生牛乳的质量，防止掺假，保障以质论价的社会公平交易秩序[5]。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品制备

10 份生牛乳样品，每份500 mL，用无菌瓶取样并于4 ℃冷藏柜中保存。

1.1.2 试剂和耗材

冷冻液；A校准液（冰点为−0.408 ℃）；B校准液（冰点为−0.557 ℃）；C质控液（冰点为−0.512 ℃）；调零液；清洗液；糊精（分析纯）、氯化钠（分析纯），福晨（天津）化学试剂有限公司；5 mL移液器；2.5 mL样品管；容量瓶。

1.1.3 仪器设备

Milkoscan FT120乳成分分析仪，丹麦福斯集团公司；HHW−21CU−600B恒温水箱，上海福玛实验设备有限公司；CryStar Ⅰ型冰点仪，德国芬克盖博公司；LC−263A冷藏柜，河南香雪海家电科技有限公司；MS105DU/A电子天平，梅特勒−托利多仪器（上海）有限公司；电子数显温度计。

1.2 方法

1.2.1 仪器校准

A校准：分别取2.5 mL A校准液，依次放入3 个样品管中，一个装有A校准液的样品管使用A Calibration（−0.408 ℃）模块进行校准，结果为−0.408 ℃，两个装有A校准液的样品管使用Measure模块进行检测，重复测量值结果符合（−0.408±0.002）℃，完成A校准。

B校准：分别取2.5 mL B校准液，依次放入3 个样品管中。一个装有B校准液的样品管使用B Calibration（−0.557 ℃）模块进行校准，结果为−0.557 ℃。两个装有B校准液的样品管使用Measure模块进行检测，重复测量值结果符合（−0.557±0.002 ）℃，完成B校准。

质控校准：每次开始测试前使用质控校准，连续测定生牛乳样品时，冰点仪每小时至少进行一次质控校准。质控校准符合两次测量的算数平均值与C校准液（−0.512 ℃）≤0.002 ℃要求，完成质控校准。

1.2.2 检测方法

温度影响：检测前，将保存在4 ℃冰箱的10 份生牛乳样品放置在45 ℃恒温水箱中，分别加热至20 ℃、22 ℃、24 ℃、26 ℃、28 ℃、30 ℃，使用Milkoscan FT120乳成分分析仪检测，利用Origin 2022软件和Excel对比分析结果。

掺水影响：生牛乳的冰点掺水（一级水）1%、2%、5%、10%、15%对冰点的影响，掺水比率指掺水量占掺水后总量的比率；将样品温度控制在（25～30）℃，使用Milkoscan FT120乳成分分析仪测定冰点，利用Origin 2022软件和Excel分析10 份生牛乳样品的冰点及不同掺水比率。

掺假影响：选择糊精和氯化钠为添加物，将10 份生牛乳样品分别配制成含有糊精、氯化钠（浓度为0.01 g/100 mL、0.02 g/100 mL、0.03 g/100 mL、0.04 g/100 mL、0.05 g/100 mL的溶液，使用Milkoscan FT120乳成分分析仪测定冰点，利用Origin 2022软件和Excel对比分析不同添加物浓度对生牛乳冰点的影响。

2 结果与分析

2.1 温度对生牛乳冰点的影响

将10 份生牛乳样品的冰点测定结果取平均值，

中国乳业线上阅读

利用Origin 2022软件绘制曲线图（图1）。

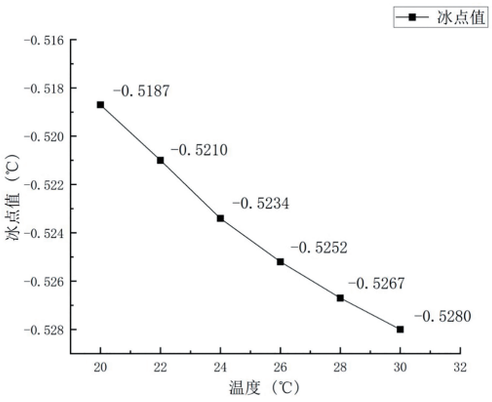


图 1 温度对生牛乳冰点的影响

由图1可知，6 个不同温度下使用Milkoscan FT120乳成分分析仪测定冰点，随生牛乳样品温度逐渐升高，冰点检测结果趋势逐渐下降，因此选择合适温度检测生牛乳冰点极为重要。

由表1可知 ，在20 ℃、22 ℃、24 ℃、26 ℃、28 ℃、30 ℃时，折算成温度每上升1 ℃，冰点分别下降0.001 1 ℃、0.001 2 ℃、0.001 1 ℃、0.001 0 ℃、0.000 9 ℃。随温度的升高，平均每上升1 ℃，冰点下降0.001 0 ℃。冰点的变异系数较低，表明检测结果有较好稳定性，不同温度下的变化幅度较小。

2.2 掺水对生牛乳冰点的影响

将10 份生牛乳样品冰点测定结果取平均值，利用Origin 2022软件绘制曲线图（图2）。

由图2可知，生牛乳掺水后冰点呈指数上升。掺水量（体积比）为1%、2%时，无法判定生牛乳冰点波动是否系人为因素导致；掺水量为5%及以上时，可明显判断系人为或外界环境因素导致生牛乳冰点异常。

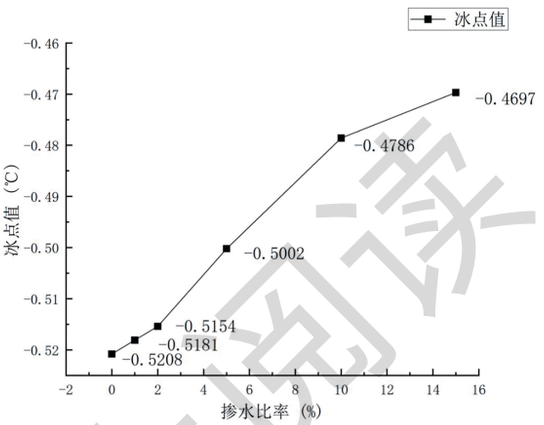


图 2 掺水对生牛乳冰点的影响

由表2可知，分别掺水1%、2%、5%、10%、15%后，折算成每掺水1 %，冰点分别上升0.002 7 ℃、0.002 7 ℃、0.003 0 ℃、0.003 2 ℃、0.003 4 ℃。随掺水量的增加，冰点的上升幅度也逐步增大。每掺水1%的上升率随掺水量增加而提高。冰点的变异系数较低，表明检测结果有较好稳定性，在相同掺水比例下的变化幅度较小。

2.3 掺假对生牛乳冰点的影响

将10 份生牛乳样品的冰点测定结果取平均值，利用OriginPro 2022软件绘制曲线图（图3）。

由图3可知，生牛乳掺入糊精和氯化钠后冰点逐渐下降，掺入量越大冰点下降幅度越大。添加量为0.01～0.05 g/100 mL时，冰点均在食品安全国家标准

表 1 不同温度下生牛乳冰点的变化

冰点（℃）	20	22	24	26	28	30
均值（n=10）	−0.518 7	−0.521 0	−0.523 4	−0.525 2	−0.526 7	−0.528 0
变异系数	0.31	0.34	0.32	0.36	0.38	0.34
范围	−0.519 6 ～ −0.518 0	−0.521 7 ～ −0.520 1	−0.524 2 ～ −0.522 4	−0.526 2 ～ −0.524 5	−0.525 8 ～ −0.427 7	−0.528 9 ～ −0.527 4
上升 / 上升率（℃ /%）	–	0.002 3/0.443 4	0.004 7/0.900 6	0.006 5/1.247 6	0.008 0/1.536 8	0.009 3/1.787 4
平均温度 1 ℃下降	–	0.001 1	0.001 2	0.001 1	0.001 0	0.000 9

中国乳业线上阅读

要求范围内，因此适量添加糊精与氯化钠可调控生牛乳冰点，使其满足相关标准要求。

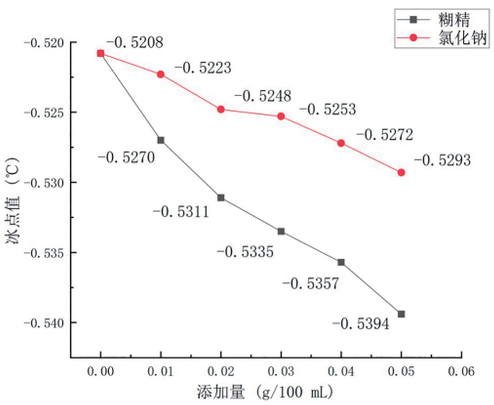


图 3 掺假对生牛乳冰点的影响

由表3可知，分别掺入浓度为0.01 g/100 mL、0.02 g/100 mL、0.03 g/100 mL、0.04 g/100 mL、0.05 g/100 mL的糊精后，折算每掺入糊精0.01 g/100 mL，冰点分别下降0.006 2 ℃、0.005 1 ℃、0.004 2 ℃、0.003 7 ℃、0.003 7 ℃。随糊精添加量增加，每增加0.01 g/100 mL的冰点下降率逐渐减小。冰点的变异系数较低，表明检测结果较稳定。

由表4可知，分别掺入浓度为0.01 g/100 mL、0.02 g/100 mL、0.03 g/100 mL、0.04 g/100 mL、0.05 g/100 mL的氯化钠后，折算每掺入氯化钠0.01 g/100 mL，冰点分别下降0.001 5 ℃、0.002 3 ℃、0.001 5 ℃、0.001 6 ℃、0.001 7 ℃。随氯化钠添加量增加，每增加0.01 g/100 mL的冰点下降率变化浮动较小，呈无规律波动。冰点的变异系数较低，表明检测结果较稳定，有参考意义。

3 结论

近年来，我国乳业发展迅速，正逐渐成为世界鲜乳与乳类加工产品生产、加工、消费的重要国家[6]。随着消费观念的转变、物质水平的提高[7]及乳制品需求的增大，乳制品逐渐成为人们日常营养的重要来源[8]。秦虹[9]研究表明，牛奶中可能存在掺水

表 2 不同掺水量下生牛乳冰点的变化

冰点（℃）	生牛乳	掺水 1%	掺水 2%	掺水 5%	掺水 10%	掺水 15%
均值（n=10）	−0.520 8	−0.518 1	−0.515 4	−0.500 2	−0.478 6	−0.469 7
变异系数	0.37	0.90	0.91	0.92	0.94	0.96
范围	−0.523 5 ~ −0.518 3	−0.520 9 ~ −0.515 1	−0.520 1 ~ −0.510 6	−0.502 7 ~ −0.497 8	−0.494 0 ~ −0.466 9	−0.471 8 ~ −0.467 7
上升 / 上升率（℃ /%）	–	0.002 7/0.518 4	0.005 4/1.036 9	0.015 2/2.918 6	0.032 2/6.182 8	0.051 1/9.811 8
平均掺水 1% 上升	–	0.002 7	0.002 7	0.003 0	0.003 2	0.003 4

表 3 不同糊精添加量下生牛乳冰点的变化

冰点（℃）	生牛乳	糊精 0.01g/100 mL	糊精 0.02 g/100 mL	糊精 0.03 g/100 mL	糊精 0.04 g/100 mL	糊精 0.05 g/100 mL
均值（n=10）	−0.520 8	−0.527 0	−0.531 1	−0.533 5	−0.535 7	−0.539 4
变异系数	0.37	0.61	0.61	0.62	0.62	0.61
范围	−0.523 5 ~ −0.518 3	−0.5293 ~ −0.5257	−0.5336 ~ −0.5298	−0.5355 ~ −0.5329	−0.5377 ~ −0.5342	−0.540 9 ~ −0.538 2
下降 / 下降率（℃ /%）	–	0.006 2/1.190 5	0.010 3/1.977 7	0.012 7/2.438 6	0.014 9/2.861 0	0.018 6/3.571 4
平均糊精 0.01 g/100 mL 下降	–	0.006 2	0.005 1	0.004 2	0.003 7	0.003 7

中国乳业线上阅读

表 4 不同氯化钠添加量下生牛乳冰点的变化

冰点（℃）	生牛乳	氯化钠 0.01 g/100 mL	氯化钠 0.02 g/100 mL	氯化钠 0.03 g/100 mL	氯化钠 0.04 g/100 mL	氯化钠 0.05 g/100 mL
均值（n=10）	–0.520 8	–0.522 3	–0.524 8	–0.525 3	–0.527 2	–0.529 3
变异系数	0.37	0.43	0.46	0.45	0.47	0.42
范围	–0.523 5 ~ –0.518 3	–0.523 9 ~ –0.521 4	–0.538 4 ~ –0.525 5	––0.5329 ~ –0.5229	–0.539 0 ~ –0.536 2	–0.538 2 ~ –0.540 9
下降 / 下降率（℃ /%）	–	0.001 5/0.288 0	0.004 0/0.883 3	0.004 5/0.864 1	0.006 4/1.228 9	0.008 5/1.632 1
平均氯化钠 0.01 g/100 mL 下降	–	0.001 5	0.002 0	0.001 5	0.001 6	0.001 7

以增加重量，以及添加加蔗糖、豆浆、淀粉、糊精等以提升营养和黏度的现象。本研究通过对生牛乳冰点影响因素进行探究，得出随生牛乳样品温度逐渐升高，冰点检测结果趋势逐渐下降，平均温度每上升1 ℃，冰点下降0.001 0 ℃。掺水量（体积比）为1%和2%时，无法判定生牛乳是否掺水；掺水量增至5 %及以上时，可明显判定为掺水；每掺水1%的上升率随掺水量的增加而上升，平均每掺水1%，冰点平均上升0.003 0 ℃。生牛乳掺入糊精和氯化钠后冰点逐渐下降，掺入量越多，冰点下降幅度越大；糊精添加量为0.01～0.05 g/100 mL（折算掺入糊精每增加0.01 g/100 mL）时，冰点平均下降0.004 6 ℃；氯化钠添加量每增加0.01 g/100 mL时，冰点平均下降0.001 7 ℃。

参考文献

[1] 王芯媛，姬玉梅.乳品的营养成分及免疫调节功能[J].中国乳业，2024（4）：91–95.

[2] 杨亚新，刘慧敏，孟璐，等.生乳酸度分析及影响因素研究进展[J].畜牧兽医学报，2024，55（7）：2836–2845.

[3] 韩可，许诚，拜慧雯，等.折射率法测定氯化钠溶液的冰点[J].理化检验–化学分册，2024，60（1）：116–118.

[4] 洪钏.生乳冰点仪示值误差测量结果的不确定度评定[J].煤炭与化工，2021，44（9）：155–156.

[5] 高健.生乳冰点异常分析[J].中国乳业，2016（9）：58–60.

[6] 张强.生鲜乳与乳品加工产品中高氯酸盐污染现状及检测方法研究进展[J].中国奶牛，2025（1）：47–52.

[7] 陈彬.基于指纹图谱技术的生鲜乳中掺假物质快速检测方法的建立与应用[D].上海：上海应用技术大学，2022.

[8] 邸亚荣，张明霞. 乳制品生产流程中热处理对乳品品质的影响研究[J].中外食品工业，2024（14）：31–33.

[9] 秦虹.牛奶掺假及检测方法研究现状[J].甘肃畜牧兽医，2018，48（11）：25–28.

Analysis of Factors Affecting the Freezing Point of Raw Milk

SUN Yurong，HU Wenxiu，LI Junran，REN Liqiang，WANG Haibin，HU Dongmei，TIAN Xiaofang*

Mengniu Dairy（Chabei）Co.，Ltd.，Zhangjiakou Hebei 076481

Abstract：[Objective]By exploring the factors affecting the freezing point of raw milk，the effects of temperature changes，water content and dextrin and sodium chloride on freezing point detection results were analyzed to provide scientific basis for quality detection and adulteration determination of raw milk.[Method]By gradually increasing the temperature of the raw milk samples，the trend of freezing point changed with temperature was recorded. Water was added into raw milk according to volume ratio to determine the freezing under different water content. Dextrin and

中国乳业编辑阅读

sodium chloride were added to quantitatively analyze the change of freezing point. Linear regression model was used to calculate the correlation between temperature，water content and adulterant addition and freezing point.[Result]It was found that the freezing point decreases by 0.001 0 ℃ for every 1 ℃ increase in average temperature. When the water content (volume ratio) was 1% and 2%，it was impossible to determine whether raw milk was watered. When the water content increased to 5% or more，it could be clearly judged as water addition on average，the freezing point value increased by 0.003 0 ℃ for each 1% water addition. The average freezing point decreased by 0.004 6 ℃ when the dextrin addition amount was 0.01~0.05 g/100 mL（calculated as an increase of 0.01 g/100 mL per dextrin addition）. The freezing point decreased by an average of 0.001 7 ℃ for every 0.01 g/100 mL increase of sodium chloride addition.[Conclusion]As the temperature of raw milk samples increased gradually，the freezing point showed a decreasing trend. With the increased of content，the freezing point increased correspondingly. The freezing point of raw milk decreased gradually when dextrin and sodium chloride were added，and the more the amount was added，the greater the freezing point decreased.

Keywords：raw milk；freezing point；temperature effect；water addition detection；adulterant

▲上接64页

Zhengshan Animal Husbandry Medical Station, Linshu Shandong 276700

Abstract：[Objective]To study the effects of dandelion extract on blood biochemical and immune indexes of dairy cows with persistent diarrhea.[Method]A total of 120 dairy cows with persistent diarrhea with similar weight，parity and average milk yield were selected as the study objects in a large-scale farm in Linshu County，and they were divided into 4 groups（n=30）by using random number table method，which were control group，experimental group 1，experimental group 2 and experimental group 3，respectively.Each experimental group was supplemented with 0.4%，0.6% and 0.8% dandelion extract under the basic diet，respectively.6 replicates were set in each group，with 5 dairy cows in each replicate.The pre-test period was 7 days，and the formal test period was 35 days.[Result]The BUN，TG and TC indexes of experimental groups were significantly lower than those of control group（$P<0.05$），and the BUN，TG and TC indexes of test group 2 were the lowest（$P<0.05$），but there was no significant difference between the other two groups（$P>0.05$）.The ALB index of experimental groups was significantly higher than that of control group（$P<0.05$），and the ALB index of experimental group 2 was the highest（$P<0.05$），but there was no significant difference between the other two groups（$P>0.05$）.The IgA and IL-2 indexes in experimental groups were significantly increased compared with control group（$P<0.05$），and the IgA and IL-2 indexes in experimental group 2 were the highest（$P<0.05$）.The IL-4 index of experimental groups was higher than that of control group（$P<0.05$），and there was no significant difference among the three experimental groups（$P>0.05$）.[Conclusion]Adding dandelion extract to the basic diet can improve the blood biochemical indexes and enhance the immune capacity of dairy cows with persistent diarrhea.Considering the experimental results，adding 0.6% dandelion extract to thebasic diet was the best.

Keywords：dandelion extract；dairy cows with persistent diarrhea；blood biochemical index；immune index

中国乳业线上阅读