不同储存温度下长保质期鲜奶中α–乳白蛋白、β–乳球蛋白含量变化的研究

陈维维，罗晓红*，尤　宏，闫渊博，李福赞，安美玲，李　梦

新疆天润生物科技股份有限公司，新疆乌鲁木齐 830000

摘　要：[目的]研究不同储存温度下长保质期鲜奶中α–乳白蛋白、β–乳球蛋白含量变化。[方法]将3 批次长保质期鲜奶分别在4 ℃、10 ℃储存，定期检测α–乳白蛋白、β–乳球蛋白含量。将3 批次长保质期鲜奶分别在25 ℃、4 ℃储存18 天后转25 ℃储存，定期观察感官变化。[结果]3 批次长保质期鲜奶中α–乳白蛋白含量在4 ℃、10 ℃储存温度下虽有波动但无明显变化趋势；3 批次长保质期鲜奶中β–乳球蛋白含量在4 ℃、10 ℃储存温度下总体呈下降趋势；3 批次长保质期鲜奶在25 ℃储存温度下24 h内感官正常，但到36 h已经结块、不可食用；3 批次长保质期鲜奶4 ℃储存18 天内感官正常，但转25 ℃储存36 h已结块、不可食用。[结论]消费者在购买长保质期鲜奶后需低温储存，一旦储存温度超过25 ℃，建议在24 h内饮用完毕。

关键词：长保质期鲜奶；α–乳白蛋白；β–乳球蛋白

文章编号：1671–4393（2025）08–0112–06　　DOI:10.12377/1671–4393.25.08.17

0 引言

牛奶富含多种营养物质（蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质等），在国民生活中不可或缺。牛奶含有α–乳白蛋白、β–乳球蛋白、乳铁蛋白等多种活性成分。因牛奶营养成分丰富，易成为微生物的天然培养基。因此，为确保安全，牛奶的杀菌处理是必不可少的。热处理等手段被广泛应用于牛奶杀菌中，其主要方式有低温长时、高温短时两种，例如，超高温灭菌乳经过超高温瞬时灭菌（135～150 ℃、4～15 s）处理，完全破坏牛奶中可生长的微生物和芽孢，使牛奶可常

基金项目：新疆维吾尔自治区奶产业技术体系资助（XJARS–11）

作者简介：陈维维（1987–），女，内蒙古赤峰人，硕士，中级工程师，研究方向为乳制品研究与开发；
尤　宏（1970–），男，新疆昌吉人，大专，畜牧师，研究方向为乳制品研发、加工及生产；
闫渊博（1989–），女，甘肃平凉人，本科，中级工程师，研究方向为乳及乳制品检验；
李福赞（1991–），男，新疆乌鲁木齐人，本科，中级工程师，研究方向为乳制品研究与开发；
安美玲（1992–），女，甘肃武威人，硕士，中级工程师，研究方向为菌种、乳制品研究与开发；
李　梦（1990–），女，新疆和田人，硕士，中级工程师，研究方向为乳制品研究与开发。

*通信作者：罗晓红（1973–），女，新疆呼图壁人，本科，副高级工程师，研究方向为乳制品研究与开发、乳制品加工生产。

中国乳业编辑阅读

温保存，且保质期较长，通常可达3~6 个月。而对牛奶采用较低温（72~85 ℃）的巴氏杀菌法处理[1]，可有效杀灭致病菌，既能确保安全饮用，又能最大限度保留活性营养物质。长保质期鲜奶经陶瓷膜过滤后72 ℃、15 s巴氏杀菌，属典型低温巴氏奶。

杀菌工艺对确保牛奶微生物安全性和维持其质量至关重要。然而，在杀菌过程中，复杂的物理化学变化不可避免地会对乳体系中的活性成分产生不利影响。加热尤其会导致活性成分的活性变化，进而影响其在乳制品中的功能特性[2]。夏忠悦等[3]研究不同热处理工艺对牛奶中5 种活性物质的影响，发现其对温度的敏感性顺序为乳过氧化物酶>乳铁蛋白>免疫球蛋白G>β-乳球蛋白>α-乳白蛋白。李梦凡等[4]研究不同热处理工艺对巴氏杀菌乳中乳清蛋白的影响发现，热处理的时间和温度与乳清蛋白的关系密切，72~75 ℃/15 s的热处理工艺能更好地保留乳清蛋白中的3 种活性蛋白（α-乳白蛋白、β-乳球蛋白和乳铁蛋白）。赵烜等[5]研究热处理对α-乳白蛋白变性及其与其他乳蛋白相互作用的影响发现，α-乳白蛋白的热稳定性受其分子内结合的Ca^{2+}影响，变性后无法自聚，但可与β-乳球蛋白和血清白蛋白形成聚集体。α-乳白蛋白可与免疫球蛋白G结合，采用高温短时间杀菌（HTST）、超巴氏杀菌和超高温灭菌处理可降低乳品的致敏性。对比巴氏杀菌和超高温瞬时杀菌（UHT）处理后的牛奶发现，低温长时间杀菌对α-乳白蛋白和β-乳球蛋白的热损伤小于HTST，且经巴氏杀菌后低温存放的鲜牛奶能最大程度保留α-乳白蛋白和β-乳球蛋白，UHT乳中α-乳白蛋白和β-乳球蛋白含量最低[6~8]。

本文研究不同储存温度下长保质期鲜奶（陶瓷膜微滤除菌+72 ℃巴氏杀菌）中α-乳白蛋白、β-乳球蛋白含量变化，为乳企提供理论依据和数据基础，并为消费者购买、储存和饮用长保质期鲜奶提供参考。

1 试验材料与仪器设备

1.1 试验材料

长保质期鲜奶，新疆天润生物科技股份有限公司。

1.2 试验试剂

冰乙酸（优级纯、纯度≥99.8%），上海麦克林生化科技股份有限公司；三氟乙酸（色谱纯、纯度≥99.0%），上海安谱实验科技股份有限公司；乙腈（色谱纯、纯度≥99.95%），赛默飞世尔科技（中国）有限公司；α-乳白蛋白标准品（CAS号：9051-29-0，纯度≥95%）；β-乳球蛋白标准品（CAS号：9045-23-2，纯度≥95%），西格玛奥德里奇贸易有限公司。

1.3 仪器与设备

超高效液相色谱仪，美国沃特世公司；液相色谱仪，美国安捷伦公司；天平（AL204）、pH计（PE28），梅特勒-托利多仪器（上海）有限公司；旋涡混合器（MX-S），大龙兴创实验仪器（北京）股份公司；离心机（H1850R），湖南湘仪实验室仪器开发有限公司。

2 试验方法

2.1 试验设计

2.1.1 试验一：为研究不同储存温度下长保质期鲜奶中α-乳白蛋白、β-乳球蛋白含量变化，将3 批次（每批次20 瓶）长保质期鲜奶分别在4 ℃、10 ℃储存，在第1天、第6天、第12天、第21天、第24天采样测定α-乳白蛋白、β-乳球蛋白含量，每个条件3个平行。

2.1.2 试验二：为研究长期保质期鲜奶在经过冷链长途运输、超市销售以及消费者购买后饮用过程中的品质变化情况，将3 批次长保质期鲜奶（每批次20瓶）分别在25 ℃、4 ℃储存18 天后转25 ℃储存，定期观察感官变化。

2.2 α-乳白蛋白、β-乳球蛋白含量测定

检测方法参考《NY/T 4630-2025 牛乳及其制品中α-乳白蛋白和β-乳球蛋白的测定 高效液相色谱法》中第一法反相液相色谱法[9]。

中国乳业线上阅读

2.3 数据统计分析

用EXCEL、Origin 2018统计软件进行分析。

3 试验结果

3.1 不同储存温度下长保质期鲜奶中 α－乳白蛋白含量变化

如图1所示，将长保质期鲜奶在4 ℃储存。在0～12 天内，第2和第3批次中α－乳白蛋白含量呈下降趋势；在0～6 天内，第1批次中α－乳白蛋白含量由1 894 mg/kg增至1 950 mg/kg，呈上升趋势。在12～24 天内，3 批次中α－乳白蛋白含量均呈上升趋势。但储存24 天结束时，3 批次中α－乳白蛋白含量均低于储存第0天时含量，降幅在1.4%～3.8%。

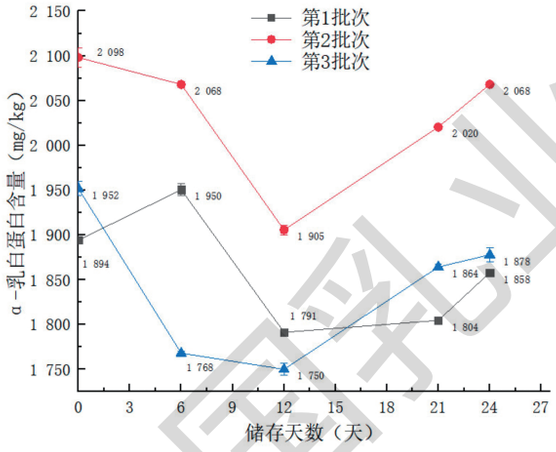


图1 4 ℃储存长保质期鲜奶中 α－乳白蛋白含量变化

如图2所示，将长保质期鲜奶在10 ℃储存，3 批次中α－乳白蛋白含量无明显变化趋势。在0～6 天内，第1批次和第3批次中α－乳白蛋白含量均呈上升趋势，分别由1 894 mg/kg增至1 912 mg/kg、由1 952 mg/kg增至1 961 mg/kg；第2批次中α－乳白蛋白含量呈下降趋势，由2 098 mg/kg降至2 065 mg/kg。在7～12 天内，第1和第2批次中α－乳白蛋白含量呈下降趋势，第3批次中呈上升趋势。在13～21 天内，第1和第3批次中α－乳白蛋白含量呈下降趋势，第2批次中呈上升趋势。在22～24 天内，3 批次中α－乳白蛋白含量均呈上升趋势。储存24 天结束时，第1和第2批次中α－乳白蛋白含量均低于储存第0天时的含量，降幅为2.2%～3.5%；第3批次中α－乳白蛋白含量（2 007 mg/kg）则高于储存第0天时的含量（1 952 mg/kg）。

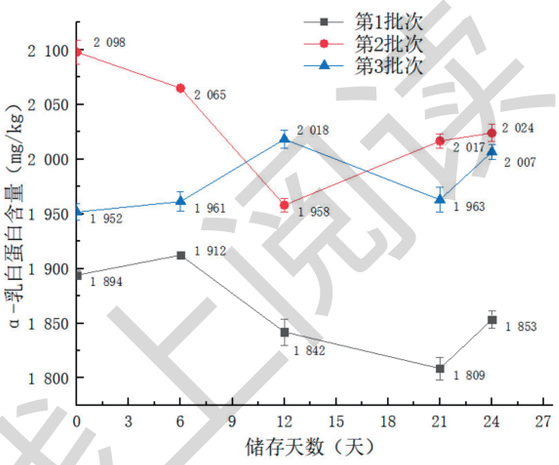


图2 10 ℃储存长保质期鲜奶中 α－乳白蛋白含量变化

3.2 不同储存温度下长保质期鲜奶中 β－乳球蛋白含量变化

如图3所示，将3 批次长保质期鲜奶在4 ℃储存，3 批次中β－乳球蛋白含量总体呈下降趋势，降幅为3.6%～10.0%。在0～6 天内，第1和第3批次中β－乳球蛋白含量呈上升趋势，第2 批次中呈下降趋势。在7～12 天内，3 批次中β－乳球蛋白含量均呈

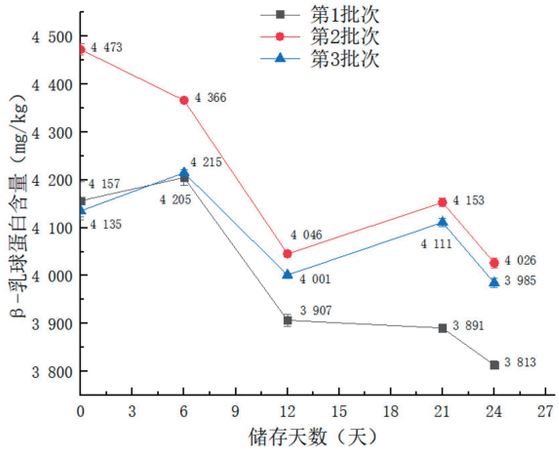


图3 4 ℃储存长保质期鲜奶中 β－乳球蛋白含量变化

中国乳业线上阅读

下降趋势。在第12～21 天内，第1批次中β－乳球蛋白含量呈略下降趋势，第2第3批次中呈上升趋势。在22～24 天内，3 批次中β－乳球蛋白含量均呈下降趋势。储存24 天结束时，3 批次中β－乳球蛋白含量均呈下降趋势，分别由4 157 mg/kg降至3 813 mg/kg、由4 473 mg/kg降至4 026 mg/kg、由4 135 mg/kg降至3 985 mg/kg。

如图4所示，将3 批次长保质期鲜奶在10 ℃储存，3 批次中β－乳球蛋白含量总体呈下降趋势，降幅为2.9%～10.2%。在0～6 天内，3 批次中β－乳球蛋白含量均呈下降趋势。在7～12 天内，第1和第2批次中β－乳球蛋白含量分别下降215 mg/kg、282 mg/kg，第3批次中增加90 mg/kg。在13～21 天内，第1和第2批次中β－乳球蛋白含量呈上升趋势，第3批次中呈下降趋势。在22～24 天内，3 批次中β－乳球蛋白含量总体呈下降趋势。

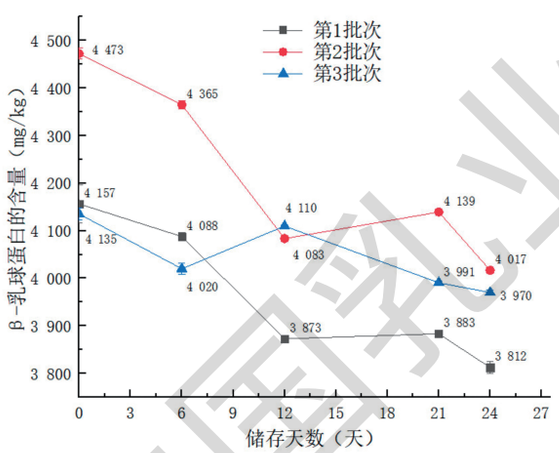


图 4 10 ℃储存长保质期鲜奶中 β－乳球蛋白含量变化

3.3 长保质期鲜奶分别在 25 ℃、4 ℃储存 18 天后转 25 ℃储存后感官变化

如表1所示，将3 批次长保质期鲜奶在25 ℃储存，在0～24 h内，3 批次均感官正常，呈乳白色、具有乳固有香味、呈均匀一致液体、无沉淀，微粘稠。在25～35 h 内，3 批次均有不同程度结块、酸败等，36 h时，3 批次均呈结块状态、具有明显酸败味道，不可食用。

表 1 25 ℃储存长保质期鲜奶感官变化

序号	储存时间		
	0~24 h	25 ～ 35 h	36 h
第 1、2、3 批次	乳白色、具有乳固有的香味、均匀一致液体、无沉淀、微黏稠	不同程度结块、酸败	有明显酸败味道，不可食用

如表2所示，将长保质期鲜奶在4 ℃储存18 天后转25 ℃储存，在0～24 h内，3 批次均感官正常，呈乳白色、具有乳固有香味、呈均匀一致液体、无沉淀。在25～35 h 内，3 批次呈不同程度结块、酸败等，36 h时，3 批次均呈结块状态、具有明显酸败味道，不可食用。

表 2 4 ℃储存 18 天后转 25 ℃储存长保质期鲜奶感官变化

序号	储存时间		
	0 ～ 24 h	25 ～ 35 h	36 h
第 1、2、3 批次	呈乳白色、具有乳固有的香味、呈均匀一致液体、无沉淀	不同程度结块、酸败	有明显酸败味道，不可食用

4 讨论

在4 ℃和10 ℃低温储存下，3 批次鲜奶的α－乳白蛋白含量虽有波动但无明显变化趋势，这与赵烜等[5]关于其热稳定性受分子内Ca^{2+}影响的研究相关，低温未破坏其结构稳定性，仅储存末期部分批次出现小幅下降。与之相比，β－乳球蛋白在4 ℃（降幅3.6%～10.0%）和10 ℃（降幅2.9%～10.2%）储存时总体呈下降趋势，印证了夏忠悦等[3]关于其对温度敏感的结论。结合李梦凡等[4]研究推测，这可能是72 ℃、15 s巴氏杀菌的后续影响与低温下缓慢蛋白变性共同作用的结果。感官方面，25℃储存时鲜奶24 h内正常，36 h即结块变质；4 ℃储存18 天内感官正常，但转至25 ℃后36 h即变质。这与微生物特性密切相关：高温加速微生物繁殖导致变质，低温则抑制其生长，凸显了低温储存的关键作用[1]。本研究为乳品企业和消费者提供指导，即乳品企业可优化冷链控制策略，消费者需低温储存长保质期鲜奶，超25 ℃时需24 h内饮用完毕，以保障安全与营养。本研究存在局

中国乳业线上阅读

限：仅测试4 ℃、10 ℃、25 ℃三个温度，未涉及其他温度及更多营养成分的变化。未来可扩大温度范围并监测更多指标，以全面揭示储存特性。

5 结论

3 批次长保质期鲜奶分别在4 ℃、10 ℃储存，其α-乳白蛋白含量虽有波动但无明显变化趋势，其β-乳球蛋白含量总体呈下降趋势；在4 ℃储存时，降幅为3.6%～10.0%，在10 ℃储存时，降幅为2.9%～10.2%。3 批次长保质期鲜奶在25 ℃储存，0～24 h内均感官正常，36 h时，已经结块、不可食用。3 批次长保质期鲜奶在4 ℃储存18 天内感官正常，但转25 ℃储存36 h时，已结块、不可食用。巴氏杀菌旨在除去乳中有害微生物，尽量保留营养物质[10]。长保质期鲜奶在运输及储存过程中不能脱离2～6 ℃的冷链。消费者在购买长保质期鲜奶后需低温储存，一旦储存温度超过25 ℃，建议在24 h内饮用完毕。

参考文献

[1] 国家卫生健康委员会.GB 19645—2010 巴氏杀菌乳[S].

[2] 李延华，孟岳成，陈杰.热处理对乳中重要生物活性成分影响的研究进展[J].食品与发酵工业，2014，40（9）：115-121.

[3] 夏忠悦，邱菊，谭莲英，等.不同热处理工艺对牛乳中5 种活性物质的影响[J].中国乳业，2023（6）：89-94.

[4] 李梦凡，陈小红，朱立民，等.不同热加工工艺对巴氏杀菌乳中乳清蛋白的影响[J].食品研究与开发，2023，44（24）：78-84.

[5] 赵烜，李向莹，秦于思，等.热处理对α-乳白蛋白变性及其与其他乳蛋白相互作用影响的研究进展[J].食品科学，2019，40（21）：260-265.

[6] 屈雪寅，郑楠，李松励，等.热处理对液态乳中乳清蛋白的影响研究进展[J].食品科学，2017，38（9）：307-313.

[7] 赵笑，白沙沙，孔凡华，等.不同热处理液态牛乳产品中主要活性蛋白质量浓度差异研究[J].中国乳品工业，2022，50（4）：26-31.

[8] 王象欣，张秋梅，魏雪冬，等.不同类型热处理方式对牛乳品质的影响[J].中国乳品工业，2019，47（4）：20-23.

[9] 中华人民共和国农业农村部.NY/T 4630-2025 牛乳及其制品中α-乳白蛋白和β-乳球蛋白的测定 高效液相色谱法[S].

[10] Tamime A Y.Milk processing and quality management[M].Chichester：Wiley-Blackwell Publishing Ltd.，2009.

Study on the Changes of α-lactalbumin and β-lactoglobulin Contents in Long-shelf-life Fresh Milk at Different Storage Temperatures

CHEN Weiwei，LUO Xiaohong*，YOU Hong，YAN Yuanbo，LI Fuzan，AN Meiling，LI Meng

Xinjiang Tianrun Biological Technology Co.，Ltd.，Urumqi Xinjiang 830000

Abstract：[Objective]To study the changes of α-lactalbumin and β-lactoglobulin Contents in long-shelf-life fresh milk at different storage temperatures.[Method]3 batches of long-shelf-life fresh milk were stored at 4 ℃ and 10 ℃ respectively，and the contents of α-lactalbumin and β-lactoglobulin were detected regularly.3 batches of long-shelf-life fresh milk were stored at 25 ℃ and 4 ℃ respectively for 18 days and then transferred to 25 ℃ for storage，and the sensory changes were observed regularly.[Result]The content of α-lactalbumin in 3 batches of long-shelf-life fresh milk fluctuated at 4 ℃ and 10 ℃，but there was no obvious changing trend.The content of β-lactoglobulin in 3 batches of long-shelf-life fresh milk generally showed an downward trend at 4 ℃ and 10 ℃. 3 batches of long-shelf-

下转123页

中国乳业编辑部