

不同储存条件对巴氏杀菌乳微生物与理化特性的动态影响研究

王青山，杨 波，张秀媛*

(河北北方学院农林科技学院，河北张家口 075000)

摘 要：[目的]研究不同储存条件对巴氏杀菌乳微生物与理化特性的影响。[方法]将巴氏杀菌乳分别在2、7、10、15、25和35 ℃下储存0~72 h，定期测定其微生物数量、pH值和酸度的变化。[结果]随储存时间延长和温度升高，巴氏杀菌乳中细菌总数、乳酸菌数和大肠菌群数均显著增加 ($P<0.05$)。在7 ℃储存的巴氏杀菌乳中微生物生长缓慢，72 h时细菌总数仍在安全范围内；在15 ℃储存时，微生物生长速度加快，36 h后细菌总数超出国标限量；25 ℃和35 ℃储存时，微生物迅速繁殖，远超国标限量。巴氏杀菌乳pH值随储存时间延长和温度升高逐渐下降，酸度则逐渐上升，两者变化趋势与其中微生物生长情况密切相关。[结论]7 ℃冷藏储存可有效抑制巴氏杀菌乳中微生物生长，延长其保质期。常温储存巴氏杀菌乳时，应尽快饮用，避免微生物超标引起的品质劣变。
关键词：巴氏杀菌乳；储存温度；储存时间；微生物；理化特性

文章编号：1671-4393 (2026) 02-0055-06

DOI:10.12377/1671-4393.26.02.09

Study on the Dynamic Effects of Different Storage Conditions on the Microbial and Physicochemical Properties of Pasteurized Milk

WANG Qingshan, YANG Bo, ZHANG Xiuyuan*

(College of Agriculture and Forestry Science and Technology, Hebei North University, Zhangjiakou Hebei 075000)

Abstract: [Objective]To study the effects of different storage conditions on the microbial and physicochemical properties of pasteurized milk.[Method]Pasteurized milk was stored at 2, 7, 10, 15, 25 and 35 ℃ for 0~72 h respectively, and the changes in microbial count, pH value and acidity were measured regularly.[Result]With the extension of storage time and the increase of temperature, the total bacterial count, the number of lactic acid bacteria, and the number of coliform bacteria in pasteurized milk all increased significantly ($P<0.05$) .

作者简介：王青山 (1982-)，男，河北清苑人，硕士，研究方向为食品质量与安全；

杨 波 (1987-)，男，河北石家庄人，硕士，研究方向为食品质量与安全。

通信作者：张秀媛 (1982-)，女，山西平遥人，博士，教授，硕士生导师，研究方向为食品安全与食品风味化学。

In pasteurized milk stored at 7 °C, the microbial growth was slow, and the total bacterial count remained within the safe range at 72 h; when stored at 15 °C, the microbial growth rate accelerated, and the total bacterial count exceeded the national standard limit after 36 h; when stored at 25 °C and 35 °C, the microorganisms proliferated rapidly, far exceeding the national standard limit. The pH value of pasteurized milk gradually decreased with the extension of storage time and the increase of temperature, while the acidity gradually increased. The changing trends of both were closely related to the growth of microorganisms.[Conclusion]Refrigeration at 7 °C could effectively inhibit the growth of microorganisms in pasteurized milk and extend its shelf-life. When storing pasteurized milk at room temperature, it should be consumed as soon as possible to avoid quality deterioration caused by excessive microbial growth.

Keywords: pasteurized milk; storage temperature; storage time; microorganism; physicochemical property

牛奶富含蛋白质、脂肪、乳糖、维生素和矿物质等多种营养成分，是人们日常生活中不可或缺的饮品。然而，牛奶也极易受到微生物污染，在储存过程中微生物的生长繁殖会导致其品质下降，出现变酸、变质等现象，不仅影响口感和风味，还可能对人体健康造成威胁。

储存温度和时间是影响牛奶品质的关键因素。适宜的储存条件能够有效抑制微生物生长，延缓牛奶变质，保持其营养和风味；而不当的储存条件则会加速微生物繁殖，缩短牛奶保质期。目前，市售牛奶的储存方式多样，消费者对不同储存条件下牛奶品质变化规律的认识尚不充分，易因储存条件控制不当导致食用安全风险。因此，研究不同储存条件对牛奶微生物及理化特性的影响，对指导消费者正确储存牛奶、保障牛奶质量安全有重要意义。

研究表明，低温储存可显著抑制牛奶中微生物的生长，但不同低温条件下微生物生长特性及理化条件控制变化的系统性研究，以及关于常温及较高温度下牛奶品质变化的动态过程分析，也有待进一步深入探究。本研究通过系统分析不同储存温度（2、7、10、15、25和35 °C）和储存时间（0~72 h）下，巴氏杀菌乳中微生物数量（细菌总数、乳酸菌数、大肠菌群数）、pH值和酸度的变化情况，揭示巴氏杀菌乳在不同储存条件下的品质变化规律，为其合理储存和

质量控制提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

牛乳（同批次巴氏杀菌乳、初始细菌总数 $<1\times10^3$ CFU/mL），河北集中饲养区域；平板计数琼脂、MRS培养基、月桂基硫酸盐胰蛋白胨肉汤，北京陆桥技术股份有限公司；氢氧化钠、酚酞（均为分析纯），国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

生化培养箱，上海一恒科学仪器有限公司；超净工作台，苏州净化设备有限公司；高压蒸汽灭菌锅，湖南力辰仪器科技有限公司；pH计，梅特勒-托利多仪器（上海）有限公司；酸碱滴定装置，陕西卓越仪器仪表有限公司。

1.3 试验方法

将巴氏杀菌乳样品充分摇匀后，分别装入无菌三角瓶中，每个温度梯度设置3个平行样。将三角瓶分别置于2、7、10、15、25和35 °C生化培养箱中储存。

分别在储存0、6、12、24、48、72 h时取样，进行微生物和理化指标检测。细菌总数依据《GB 4789.2—2022 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》^[1]中采用平板计数法测定，结果以

CFU/mL表示。乳酸菌数测定采用MRS培养基倾注平板法，结果以CFU/mL表示。大肠菌群数测定采用多管发酵法，按照《GB 4789.3—2022食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数》^[2]进行操作，结果以MPN/100 mL表示。pH值使用pH计测定；酸度采用酸碱滴定法，以酚酞为指示剂，用0.1 mol/L氢氧化钠标准溶液滴定至微红色，记录消耗氢氧化钠溶液的体积，以°T表示酸度（1°T=1 mL 0.1 mol/L氢氧化钠溶液/100 mL巴氏杀菌乳）^[3]。

1.4 数据处理

试验数据采用Microsoft Excel2016和IBM SPSS Statistics 27软件进行统计分析和绘图，结果以“平均值±标准差”表示。不同温度和储存时间下各指标间差异显著性采用双变量皮尔逊相关性系数进行分析，以 $P<0.05$ 作为差异显著判断标准^[4]。

2 结果与分析

2.1 不同温度下储存时间对巴氏杀菌乳微生物数量的影响

巴氏杀菌乳储存过程中，不同温度下细菌总数变化见图1。在7℃条件下，储存初期细菌总数较低，随储存时间延长，细菌总数缓慢增加，72 h时达 $(6.82 \pm 0.32) \times 10^3$ CFU/mL，低于《GB 19645—2010 食品安全国家标准 巴氏杀菌乳》^[5]规定的 $<1 \times 10^4$ CFU/mL。在10℃在下，细菌增长速度较7℃时明显加快，在24 h达 (0.91 ± 0.11)

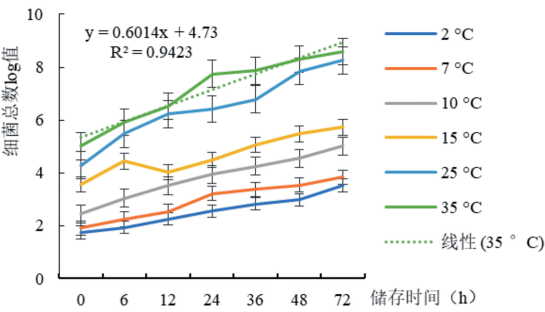


图1 不同温度下储存时间对巴氏杀菌乳中细菌总数的影响
Figure 1 The Influence of Storage Time at Different Temperatures on the Total Bacterial Count of Pasteurized Milk

$\times 10^4$ CFU/mL。在15℃条件下，24 h时细菌总数达 $(3.02 \pm 0.18) \times 10^4$ CFU/mL，36 h后接近并即将超出 1×10^6 CFU/mL的限量要求。在25℃和35℃条件下，细菌总数在储存初期即呈现迅速上升趋势，24 h时分别达 $(2.64 \pm 0.15) \times 10^6$ CFU/mL和 $(5.65 \pm 0.23) \times 10^7$ CFU/mL，远超GB 19645—2010限量标准，表明在较高温度下巴氏杀菌乳极易受到微生物污染而变质。

巴氏杀菌乳储存过程中，不同温度下乳酸菌数变化见图2。在7℃条件下，乳酸菌数增长缓慢，72 h时为 $(1.01 \pm 0.05) \times 10^3$ CFU/mL；在15℃条件下，乳酸菌数在48 h内增长相对平缓，之后快速上升，72 h时达 $(2.86 \pm 0.10) \times 10^5$ CFU/mL；在25℃和35℃条件下，乳酸菌数在短时间内急剧上升，24 h时分别达到 $(3.8 \pm 0.13) \times 10^5$ CFU/mL和 $(3.25 \pm 0.12) \times 10^6$ CFU/mL。乳酸菌的大量繁殖会导致巴氏杀菌乳发酵产酸，影响其风味和品质^[6]。

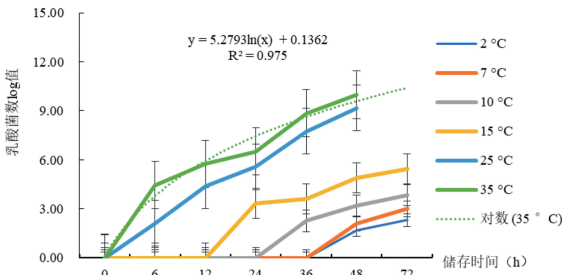


图2 不同温度下储存时间对巴氏杀菌乳中乳酸菌数的影响
Figure 2 The Influence of Storage Time at Different Temperatures on the Number of Lactic Acid Bacteria in Pasteurized Milk

大肠菌群是指示食品被粪便污染程度的重要指标^[7]，其数量变化反映了牛奶的卫生质量。巴氏杀菌乳储存过程中，不同温度下大肠菌群数变化见图3。在7℃条件下，储存72 h内大肠菌群数均未检出（检测限为1 MPN/100 mL）；在15℃条件下，24 h内未检出，48 h时少量检出，为 (3 ± 1) MPN/100 mL，72 h时增至 (11 ± 2) MPN/100 mL；在25℃和35℃条件下，12 h时已检出大肠菌群，24 h时分别达到 (45 ± 5) MPN/100 mL和 (110 ± 8) MPN/100 mL，其中，在35℃条件下储存72 h时大肠菌群数高达

(595±15) MPN/100 mL，表明较高温度下巴氏杀菌乳受粪便污染的风险增加，卫生安全性降低。

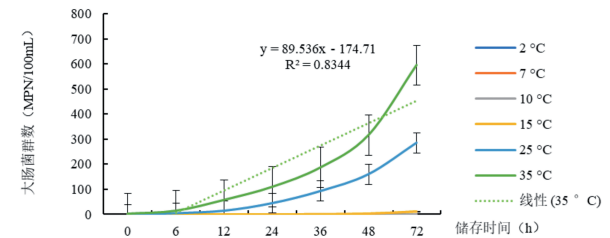


图 3 不同温度下储存时间对巴氏杀菌乳中大肠菌群数的影响

Figure 3 The Influence of Storage Time at Different Temperatures on the Number of Coliform Bacteria in Pasteurized Milk

2.2 不同温度下储存时间对牛奶 pH 值和酸度的影响

牛奶pH值和酸度是反映其品质变化的重要理化指标^[8]。不同温度下储存时间对巴氏杀菌乳pH值的影响见图4。随储存时间延长和温度升高，巴氏杀菌乳pH值逐渐下降。在7 °C条件下，pH值下降较缓，72 h时从初始的6.78降至6.53；在15 °C条件下，48 h内pH值的降幅较小，之后下降速度加快，72 h时降至5.95；在25 °C和35 °C条件下，pH值迅速下降，24 h时分别降至5.85和5.50，72 h时分别降至4.71和4.53。pH值的下降主要是由于微生物代谢产生酸性物质，如乳酸菌发酵乳糖产生乳酸，导致牛奶酸性增强。

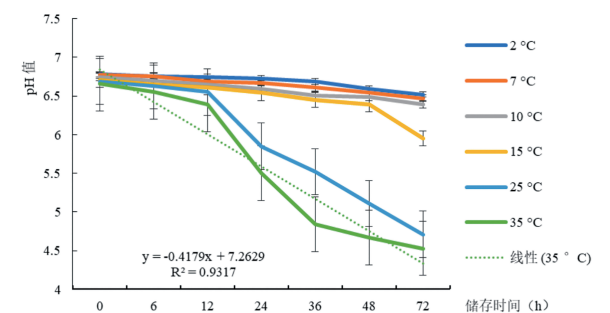


图 4 不同温度下储存时间对巴氏杀菌乳 pH 值的影响

Figure 4 The Influence of Storage Time at Different Temperatures on the pH Value of Pasteurized Milk

酸度变化与pH值变化呈相反趋势。随储存时间延长和温度升高，巴氏杀菌乳酸度逐渐上升（图5）。在7 °C条件下，酸度在72 h内缓慢上升，从初始的13.7 °T升至17.9 °T；在15 °C条件下，48 h后酸

度上升速度加快，72 h时达25.5 °T；在25 °C和35 °C条件下，酸度急剧上升，24 h时分别达到28.6 °T和33.8 °T，72 h时分别达到45.2 °T和58.5 °T。酸度的升高进一步表明巴氏杀菌乳在储存过程中发生了微生物发酵和品质劣变^[9]。

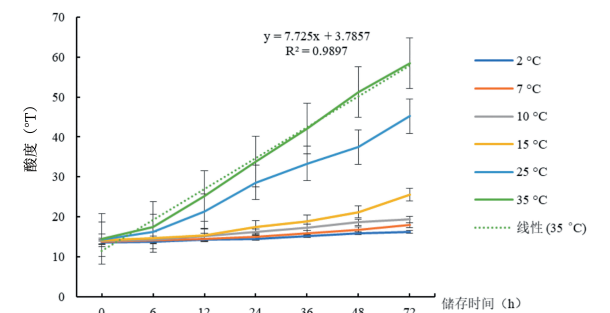


图 5 不同温度下储存时间对巴氏杀菌乳酸度的影响

Figure 5 The Influence of Storage Time at Different Temperatures on the Acidity of Pasteurized Milk

2.3 巴氏杀菌乳中微生物数量与 pH 值、酸度的相关性分析

本研究对巴氏杀菌乳中微生物数量（细菌总数、乳酸菌数、大肠菌群数）与pH值、酸度进行相关性分析（图6），结果见表1。细菌总数、乳酸菌数和大肠菌群数均与pH值呈极显著负相关（ $P < 0.01$ ），与酸度呈极显著正相关（ $P < 0.01$ ）。这表明随着微生物数量的增加，乳酸菌代谢乳糖产生乳酸，导致 H^+ 浓度增加，牛奶中酸性物质积累，pH

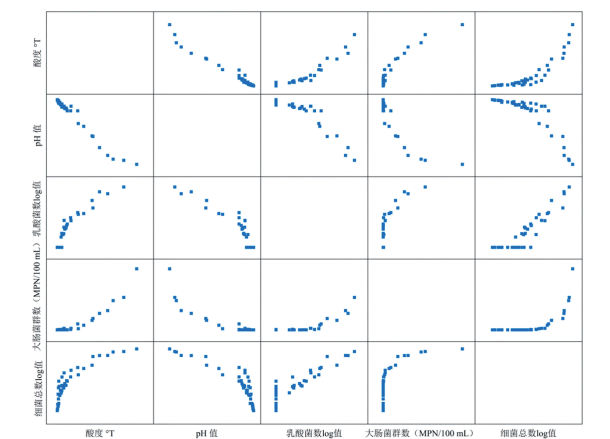


图 6 巴氏杀菌乳中微生物数量与 pH 值、酸度的相关性关系图

Figure 6 Correlation Diagram of Microbial Count in Pasteurized Milk with pH Value and Acidity

值下降，酸度上升，微生物的生长繁殖是导致牛奶pH值和酸度变化的主要原因，三者之间存在密切的相互关系。

表 1 巴氏杀菌乳中微生物数量与 pH 值、酸度的相关性分析
Table 1 Correlation Analysis of Microbial Counts in Pasteurized Milk with pH Value and Acidity

指标	细菌总数 log 值	大肠菌群数 (MPN/mL)	乳酸菌 log 值
酸度 (° T)	0.958**	0.959**	0.930**
pH 值	-0.938**	-0.939**	-0.916**

注：**表示在0.01水平上极显著相关

3 讨论

本研究结果表明，储存温度与时间对巴氏杀菌乳微生物及理化性质有显著影响。在低温（7℃）条件下储存能有效抑制微生物生长，延长保质期。开封后，建议于24 h内饮用完毕。在7℃条件下，巴氏杀菌乳中的细菌总数、乳酸菌数和大肠菌群数增长缓慢，在72 h内保持相对较低水平，pH值和酸度变化较小，巴氏杀菌乳品质较稳定。这是由于在低温条件下，微生物代谢与繁殖受到显著抑制，同时酶活性降低，有效延缓巴氏杀菌乳的变质进程。

随温度升高，微生物生长繁殖速度加快。在15℃条件下，微生物生长速度显著高于在7℃条件下，虽然在24 h内细菌总数仍符合国标限量，但48 h后已接近限量值，且乳酸菌数和酸度也显著上升，表明巴氏杀菌乳品质开始下降^[10]。在25℃和35℃条件下，微生物迅速繁殖，在24 h时细菌总数已远超国标限量，大肠菌群数检出量较高，pH值和酸度变化剧烈，巴氏杀菌乳在短时间内变质严重，失去食用价值^[11]。

乳酸菌作为牛奶中的优势菌群之一，在适宜温度下会大量繁殖并发酵乳糖产生乳酸，这是导致牛奶pH值下降和酸度上升的主要原因之一。同时，其他微生物如大肠菌群等生长也会产生有害代谢产物，对牛奶品质产生负面影响，并威胁人体健康。微生物数量与pH值、酸度之间的显著相关性

进一步证实微生物生长与巴氏杀菌乳品质变化存在密切关联。

在日常生活中，消费者应根据牛奶的杀菌方式和储存要求，合理选择适宜的储存条件。超高温灭菌（UHT）常温奶因其微生物灭活较为彻底，具备较高的储存安全性；而巴氏杀菌乳由于杀菌过程未能完全消除耐热微生物，应置于低温环境（通常为2~7℃）冷藏保存，并尽快饮用，以保障其质量和安全。若需在常温下短期储存，也应避免高温环境，且存放时间不宜过长，以防微生物超标和牛奶变质^[12]。

本研究分析了6个特定温度与时间条件下，巴氏杀菌乳在储存过程中的品质变化规律。未来研究可进一步拓展温度范围与储存时间，深入探究不同温度波动条件下巴氏杀菌乳品质的变化规律；同时，可结合现代分子生物学技术，分析微生物群落结构和多样性变化规律，为巴氏杀菌乳的保鲜措施与质量控制提供更全面的理论依据。

4 结论

储存温度和时间对巴氏杀菌乳微生物及理化性质影响显著。7℃以下冷藏可有效抑制其中微生物生长，延缓pH值下降和酸度上升，保持巴氏杀菌乳品质，保质期可延长约72 h；在15℃条件下储存，其中微生物生长速度加快，48 h后品质有显著下降；在25℃和35℃条件下储存，微生物迅速繁殖，24 h内已严重变质。消费者在购买和储存巴氏杀菌乳过程中，应优先选择低温冷藏条件，并避免长时间置于常温环境中，以保障其质量和营养价值。

参考文献

[1] 中华人民共和国国家卫生健康委员会，国家食品药品监督管理总局.GB 4789.2—2022 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].
[2] 中华人民共和国国家卫生健康委员会，国家食品药品监督管理总局.GB 4789.3—2022 食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数[S].
[3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会.GB 5413.34—2010 食品安全国家标准 乳和乳

制品酸度的测定[S].北京：中国标准出版社，2010.

[4] Sadighara P, Safta M, Limam I, et al.Association between food additives and prevalence of allergic reactions in children: A systematic review[J].Reviews on Environmental Health, 2023, 38 (1) : 181-186.

[5] 中华人民共和国国家卫生部.GB 19645—2010 食品安全国家标准 巴氏杀菌乳[S].

[6] 姜云芸, 张健, 杨贞耐.益生乳酸菌在乳制品中的应用研究进展[J].食品安全质量检测学报, 2017, 8 (3) : 808-813.

[7] 蒋云升, 薛菲.食品中大肠菌群检测技术进展[J].扬州大学烹饪学报, 2013, 30 (3) : 18-22.

[8] 孙荣鑫, 蔡永辉, 韩国林, 等.生鲜牛奶理化性状及其与酒精试验、酸度的关系[J].中国奶牛,2004 (6) : 50-52.

[9] Tamime A Y, Robinson R K. Tamime and robinson's Yoghurt: Science and technology[M].Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2007.

[10] Yuan H, Han S, Zhang S, et al.Microbial properties of raw milk throughout the year and their relationships to quality parameters[J].Foods, 2022, 11 (19) : 3077.

[11] Dimitrellou D, Salamoura C, Kontogianni A, et al.Effect of milk type on the microbiological, physicochemical and sensory characteristics of probiotic fermented milk[J]. Microorganisms (Basel), 2019, 7 (9) : 274.

[12] Fuquay J W, Fox P F, McSweeney P L H. Encyclopedia of Dairy Sciences[M]. Amsterdam: Elseviers, 2011.

参考文献著录说明及格式示例

本刊的参考文献著录采用“顺序编码制”，即在引文处对引用的文献按其在文章中出现的先后顺序，用阿拉伯数字加方括号标出。在文后的参考文献目录中，各条文献按在文章中标示的文献序号顺序排列并规范著录，著录项目应完整，内容应准确。以下是几类常见参考文献的著录格式示例。

[期刊]	[1] 张漫, 顾宪红, 陈小秋, 等. 我国兽药行业现状概述[J]. 中国猪业, 2012, 7 (5) : 57-59.
	[2] Tremblay G F, Matte J J, Dufour J J, et al. Survival rate and development of fetuses during the first 30 days of gestation after folic acid addition to a swine diet[J]. Journal of Animal Science, 1989, 67 (3) : 724-732.
[专著]	[3] 熊远著, 王林云. 中国养猪大成[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
[学位论文]	[4] 刘建波. 猪细小病毒与猪圆环病毒2型分子生物学特性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
[论文集]	[5] 陆昌华. 动物疫病综合防控兽医信息化的历史回顾、现状与展望[A]. 熊本海, 王文杰, 宋维平. 中国畜牧兽医学会信息技术分会第十届学术研讨会论文集[C]. 北京: 中国农业大学出版社, 2015.
[电子文献]	[6] 参考消息网. 中国进口加拿大猪蹄被检出瘦肉精 或影响两国贸易[EB/OL]. http: //www.cankaoxiaoxi. com/ china/20170601/2065606.shtml , 2017-06-21.
[标准]	[7] 中华人民共和国卫生部. GB19301—2010 食品安全国家标准 生乳[S].
[报纸]	[8] 常纪文. 反虐待动物不是崇洋[N]. 经济参考报, 2010-03-20 (A2) .

此外，作者不超过3 名需全部写出，超过3 名则只写前3名，后加“， 等.”，英文为“， et al.”。英文作者表示方法：Hosono T, Lee K K, Barford C C。

中文期刊和外文期刊均用全名，且全文统一。