液浸式冻结对巴氏杀菌奶冻藏过程中品质变化的影响

杨公明，岳希举，余铭，崔静
（华南农业大学食品学院，广东广州 510642）

摘要： 本研究以多元载冷剂为冷冻介质，在-40 ℃条件下处理巴氏杀菌奶并于-18 ℃下冻藏，观察其冻藏过程中品质的变化，并与传统的空气冻结方式（-40 ℃）进行对照。结果表明：液浸式冻结速率是相同介质温度下空气冻结速率的9倍，相同冻藏条件下（-18 ℃），液浸式冻结处理样与传统的空气冻结样相比，前者的感官指标、理化指标、营养指标及稳定性均优于后者，液浸式冻结处理样在冻藏3个月后，解冻与新鲜奶无异。综合各项指标说明液浸式冻结方式不仅冻结速度快，而且冻结品质佳。

关键词： 液浸式冻结；巴氏杀菌奶；冻藏；品质
文章篇号： 1673-9078(2013)7-1565-1568

Quality Change in ICF-treated Pasteurized Milk during Frozen Storage

YANG Gong-ming, YUE Xi-ju, YU Ming, CUI Jing
(Food Sciences, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Immersion chilling and freezing (ICF) using a refrigerating fluid composed of salt sodium, ethanol and glycol propylene was employed for treatment of pasteurized milk at -40 ℃ and compared with traditional air freezing (-40 ℃). Results indicated that the frozen rate of pasteurized milk by ICF exhibited 9 fold faster than that by air freezing. At the same freezing storage temperature of -18 ℃, ICF-treated pasteurized Milk had better sensory index, physicochemical index, nutrition index and stability than that with traditional air freezing treatment .After a 3-month storage, th ICF-treated samples showed similar quality to the new fresh milk. It was concluded that the pasteurized milk treated by ICF had a fast frozen speed and better quality than that treated by the air freezing method.

Key words: immersion chilling and freezing; Pasteurized Milk; frozen storage; quality

牛奶是完全营养食品，同时也是微生物的良好培养基，在奶和奶制品的生产过程中，很容易被微生物污染，必须对其有效的杀菌才能确保消费者的安全[1]。目前，国内外常用的牛奶杀菌技术主要是热杀菌，包括超高温瞬时杀菌（UHT）和巴氏杀菌，前者是在135~140 ℃条件下，处理4~10 s；后者包括低温长时杀菌法（62~65 ℃，30 min）和高温短时杀菌法（72~85 ℃，10~15 s）。两种杀菌方式各有利弊，UHT可将牛奶中的微生物及芽孢全部杀死，达到商业无菌的要求，保质期达12个月，但牛奶中的营养成分及风味物资也遭到严重破坏。巴氏杀菌奶通过低温长时间处理，营养损失少，能最大程度的保留原料奶的营养，但保质期短，在4 ℃条件下仅能保存3~6 d，也难以满足消费者的需求[2]。

近年来，随着越来越多的杀菌技术应用到食品加工领域，牛奶及其制品的保鲜也逐渐成为一个研究热点[3~4]，例如，紫外线保鲜技术[5]，超声波保鲜技术[6]，脉冲电场保鲜技术[7]，高密度CO_2保鲜技术[8]等，但液浸式冻结（Immersion chilling and freezing，ICF）技术对牛奶的保鲜作用还未有研究，所以本实验首次将此技术运用到巴氏杀菌奶的保鲜中来，以期延长巴氏杀菌奶的保质期。

收稿日期：2013-03-04
基金项目：广州市科技计划项目（2010Z1-E121）
作者简介：杨公明（1950-），男，教授，博导，研究方向：食品加工新技术

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

巴氏杀菌奶：华南农业大学乳品厂提供；

平板计数琼脂培养基，氢氧化钠，氯化钠，酚酞，氨水，浓硫酸，蒸馏水等。

1.2 试验仪器与设备

液浸式超速冷冻机，HH-4型数显恒温水浴锅，数显温度计，SP-150B生化培养箱，乌氏粘度计，美菱冰箱，KH-100SP型双频数控超声波清洗器，玻璃仪器等。

1.3 方法

1.3.1 冻结与解冻

将新鲜巴氏奶置于-40 ℃的液浸式速冻设备中进行冻结，当处理样中心温度降至-18 ℃时取出，样品表面残留的液体用滤纸吸干，然后置于（-18±0.5）℃冰箱中冻藏。分别取不同时段的巴氏杀菌奶在

（25±0.5）℃的温水中解冻，然后进行相关指标的测定。

1.3.2 速冻温度曲线的测定

温度的测定采用经校正的温度记录仪进行测定和记录。选择包装的几何中心作为测定点，每隔固定时间测定一次温度值。

1.3.3 感官指标的测定

8 人组成的品评小组对巴氏奶的色泽、气味、滋味、组织状态进行评定、评分。首先在自然光下观察样品的色泽、组织状态，其次闻样品的气味，最后品尝样品的滋味。

表 1 巴氏杀菌奶的感官评分标准

Table 1 The sensory evaluation standard of pasteurized milk

项目	特征	得分
滋味与气味/分	具有巴氏杀菌奶特有的纯香味，无异味	7~10
	乳香味平淡，不突出，无异味	3~7
	乳香味较淡，有稍许异味	0~3
色泽/分	具有均匀一致的乳白色或微黄色	7~10
	颜色有稍许异于正常的乳白色或微黄色	3~7
	颜色明显不是正常乳的乳白色或微黄色	0~3
组织状态/分	呈均匀的液体，无凝块，无粘稠现象	8~10
	呈均匀的液体，无凝块，无粘稠现象，少量沉淀	6~8
	有少量上浮脂肪絮片，无凝块，无可见外来杂质	4~6
	有较多沉淀有，出现凝块现象	0~4

1.3.4 营养指标的测定

蛋白质含量测定：凯氏定氮法，参考 GB 5009.5-2010；脂肪含量测定：罗紫-哥特里法，参考 GB 5413.3-2010。

1.3.5 增比粘度的测定

用乌式粘度计测量25 ℃的蒸馏水流经乌式粘度计的时间，记为t_0，然后测量经恒温和定容后的巴氏杀菌奶的流出时间t，令相对粘度$\eta_r=t/t_0$，增比粘度$\eta_{sp}=\eta_r-1$。

1.3.6 稳定性的测定

1.3.6.1 酒精试验

吸取2 mL牛乳与平皿中，根据需要加入2 mL不同体积分数的酒精，边加边摇，使酒精与牛奶充分混合，观察是否有絮片生成(絮片无论大小)，记录产生絮片时酒精的体积分数，重复三次。

1.3.6.2 煮沸试验

取10 mL牛乳放入试管，然后置于沸水中5 min，取出观察管壁是否有絮状沉淀产生。若有絮片或沉淀产生(无论大小)，即为“+”，表明牛乳已不新鲜；若没有为“-”。

1.3.7 菌落总数的测定

按照 GB4789.2-2010 进行测定。

2 结果与分析

2.1 巴氏杀菌奶冻结温度曲线

最大冰晶生成带，是指-1~-5 ℃的温度范围，在此温度范围内食品中的大部分（约80%）水分形成冰晶，其中心温度基本保持不变。一般来说，通过最大冰晶生成带的时间越短，形成的冰晶越细小，越有利于食品组织结构及营养成分的保存。

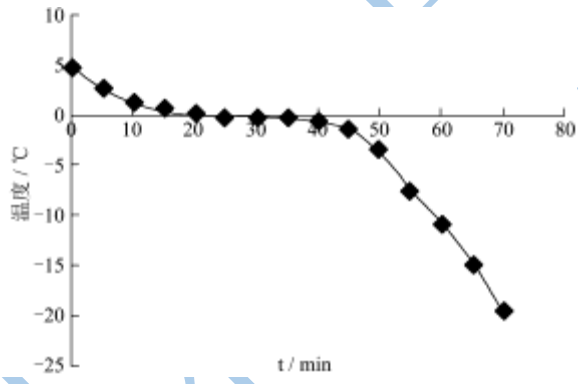


图 1 空气冻结曲线

Fig.1 The air freezing curve of pasteurized milk

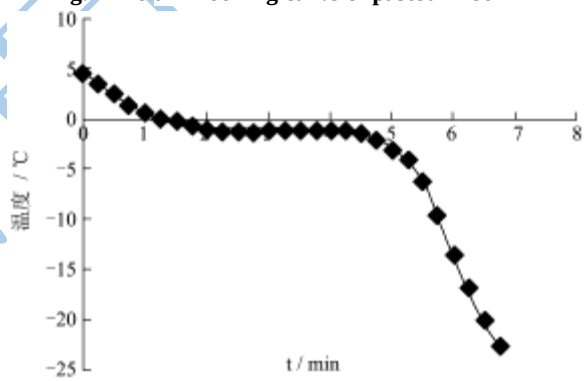


图 2 液浸式冻结曲线

Fig.2 The liquid freezing curve of pasteurized milk

由图1与图2对比可知，液浸式冻结巴氏杀菌奶通过最大冰晶生成带用了仅用了1.5 min，远优于空气冷冻方式所用的15 min，巴氏杀菌奶中心温度从5 ℃降至-18 ℃，两者耗时分别为7 min和68 min，可见，液浸式冻结方式具有更高的冻结效率。

2.2 冻藏过程中巴氏奶感官指标的变化

巴氏杀菌奶在-18 ℃冻藏过程中感官评价的变化见图 3。由图可见，冻藏过程中巴氏杀菌奶的感官评分总体呈下降趋势，尤其是空气冻结处理样的感官评分下降明显，冻藏 3 个月后，其气味和滋味变淡，组织状态不稳定，色泽变暗，感官评分仅为 30，而液浸式速冻处理样得分较高为 38，解冻后，其色泽、状态、气味与新鲜奶无差异。

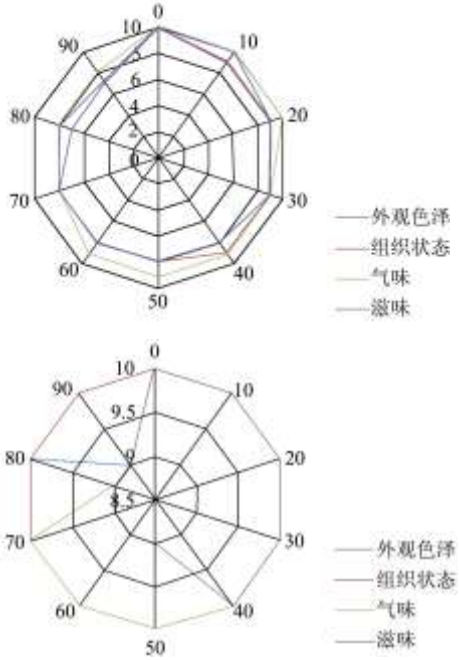


图 3 冻藏时间对巴氏杀菌奶感官评价的影响(左为空气冻结，右为液浸式冻结)

Fig.3 Effects of storage time on sensory evaluation of pasteurized milk treated by different frozen methods

2.3 冻藏过程中巴氏奶营养指标的变化

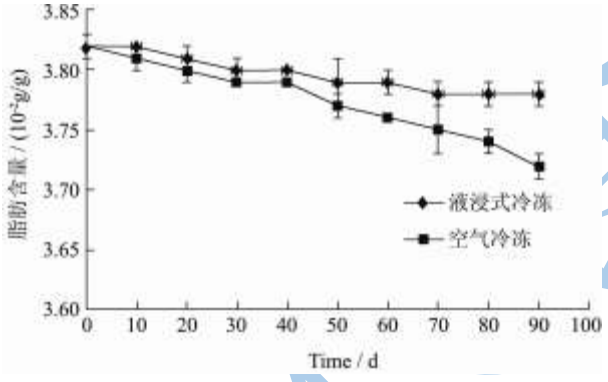


图 4 冻藏时间对乳脂肪的影响

Fig.4 Effects of storage time on fat content of the milk treated by different frozen methods

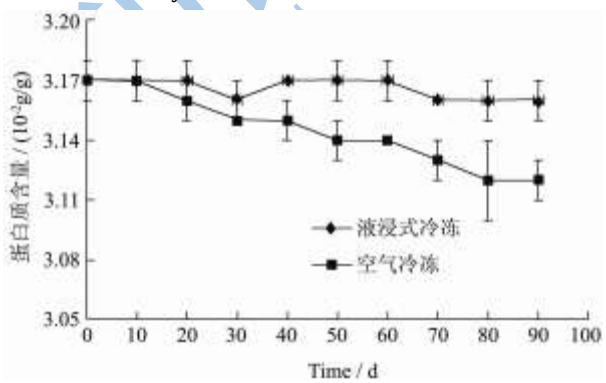


图 5 冻藏时间对乳蛋白质的影响

Fig.5 Effects of storage time on protein content of the milk treated by different frozen methods

本研究以脂肪和蛋白质的含量作为牛奶营养评价的重要指标，由图 4 和图 5 可知，随着贮藏时间的延长，二者都呈下降的趋势，其中，空气冷冻处理样下降比较明显，贮藏 3 个月后，脂肪和蛋白质的损失率达到 2.6%、1.6%，液浸式冻结处理样的营养成分虽然也有降低，但损失率仅仅为 0.8%、0.3%，优于空气冻结处理的样品。

2.4 冻藏过程中巴氏奶增比粘度的变化

牛奶是一种均匀稳定的悬浮状态和乳浊状态的胶体性液体，它的粘度会随着乳蛋白，乳脂肪，乳糖等含量及结构的不同而不同。

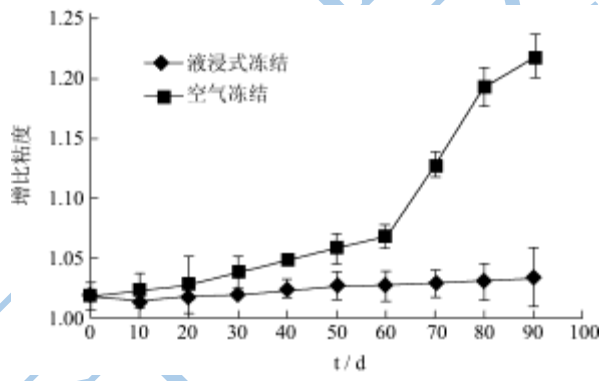


图 6 冻藏时间对巴氏杀菌奶增比粘度的影响

Fig.6 Effects of storage time on specific viscosity of pasteurized milk treated by different frozen methods

由图 6 可知，冻藏过程中，两种处理样的增比粘度均有增大的趋势，但空气冻结处理样的增比粘度变化明显，在 60 d 时其增比粘度突然增大，而液浸式冻结处理样的增比粘度基本未变。

2.5 冻藏过程中巴氏奶稳定性的变化

2.5.1 冻藏过程中酒精实验浓度的变化

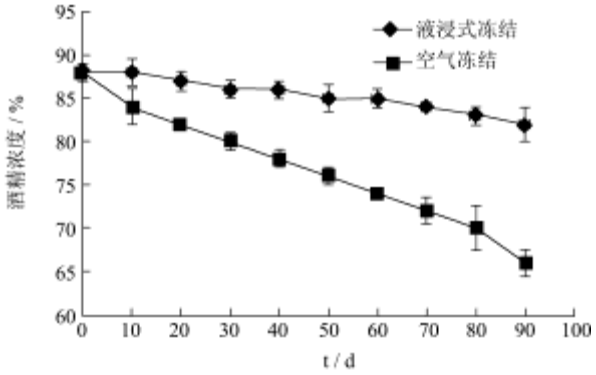


图 7 冻藏时间对巴氏杀菌奶酒精实验的影响

Fig.7 Effects of storage time on alcohol test of pasteurized milk treated by different frozen methods

在验收鲜乳时，酒精试验能够借酪蛋白在不同 pH 值时的凝结情况来判断乳的稳定性。检测时，在牛乳中添加等量的酒精，出现絮片，即为酒精阳性。呈现酒精阳性的酒精浓度越低，说明乳稳定性越差。新鲜

牛乳呈酒精阳性时的酒精体积分数一般为68%。

由图 7 可以看出，新鲜巴氏杀菌奶酒精阳性时的酒精体积分数为 88%。在冻藏期间，随着时间的延长，牛乳的酒精稳定性变差，3 个月后，空气冻结处理样呈酒精阳性时的酒精体积分数仅仅为 64%，稳定性极差，已不符合鲜乳的验收标准，而液浸式冻结处理样呈酒精阳性时的酒精体积分数仍可达 82%，稳定性极好。

2.5.2 冻藏过程中煮沸实验的变化

表 2 冻藏时间对巴氏奶煮沸实验的影响

Table 2 Effects of storage time on boiling test of pasteurized milk treated by different frozen methods

Time/d	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
液浸式冻结	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
空气冻结	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+

一般说来，巴氏杀菌奶的酸度较高，稳定性较差时，煮沸会有沉淀产生。由表 2 可知，液浸式冻结处理样在冻藏期煮沸一直未有沉淀产生，而空气冻结处理样在前期（前 2 个月）加热未有沉淀产生，但后期（70 d 后）巴氏奶的稳定性变差，加热有沉淀产生，这与图 6 增比粘度的突然增加相一致。

2.6 冻藏过程中巴氏杀菌奶菌落总数的变化

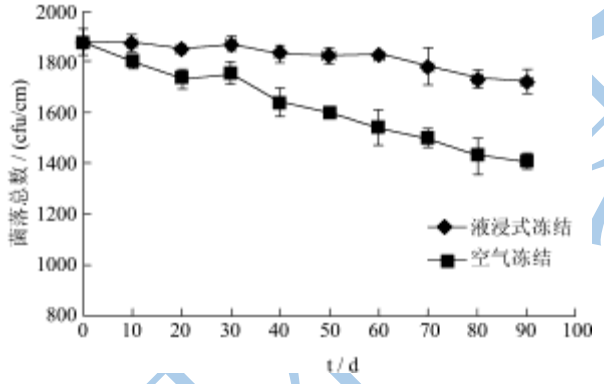


图 8 冻藏时间对巴氏杀菌奶菌落总数的影响

Fig.8 Effects of storage time on total plate count of pasteurized milk treated by different frozen methods

由图8可知，与新鲜的样品相比，液浸式冻结和空气冻结处理样的菌落总数在冻藏期间均有所下降，3个月后的致死率分别为8.3%和24.8%，即空气冷冻处理样中的菌落总数下降更为明显。这可能是因为空气冻结处理样中的冰晶较大，对微生物的损伤作用更大，从而造成更多的微生物死亡。

3 结论

液浸式冻结和空气冻结（均为-40 ℃）方式相比，其冻结速度更快，效率更高，约为空气冻结方式的9倍。在相同冻藏条件下（-18 ℃），液浸式冻结处理样的感官评价、营养成分、稳定性均高于传统的空气冻结方式，而增比粘度低于后者。综合各项指标来看，液浸式冻结巴氏杀菌奶在冻藏过程中的品质远优于传统的空气冻结样品。

参考文献

[1] 丘通强,林少宝,吴焕贞.鲜牛乳中体细胞数检测方法探讨[J].现代食品科技,2005,21(2):158-160
Qiu Tong-qiang, Lin Xiao-bao, Wu Huan-zhen. Detection Method Investigate of Somatic Number of Fresh Milk [J], Modern Food Science and Technology, 2005, 21(2): 158-160

[2] 巫庆华,龚广予.巴氏杀菌乳与 UHT 牛乳的差别[J].乳品科学与技术,2003,105(4):149-153
Wu Qing-hua, Gong Guang-yu. Study on Chemical and Physical Properties of Pasteurized Milk and UHT Milk [J]. Journal of Dairy Science and Technology, 2003, 105(4): 149-153

[3] 盖作启,李冰,李琳,等.非热杀菌技术在牛奶加工中的研究进展[J].食品工业科技,2009,30(1):330-332
GAI Zuo-qi, LI Bing, LI Lin. Advancement of non-thermal sterilization technologies in milk industry [J]. Science and Technology of Food Industry, 2009, 30(1): 330-332

[4] 余斌,潘成学,赵良利,等.鲜地黄牛奶饮品稳定性的研究[J].现代食品科技,2009,25(11):1345-1347
YU Bin, PAN Cheng-xue, ZHAO Liang-li. Study of the Stability of *Rehmannia glutinosa* Libosch-milk Drinks [J]. Modern Food Science and Technology, 2009, 25(11): 1345-1347

[5] Koutchma T N, Forney L J, Moraru C I. Ultraviolet light in food technology: Principles and applications [M]. NW, Suite, USA: CRC Press, Taylor& Francis Group, 2009

[6] KNORR D, ZENKER M, HEINZ V, et al. Application and Potential of Ultrasonic in Food Processing [J]. Food Science & Technology, 2004, 15(5): 261-266

[7] Kambiz Shamsi, Frank Sherkat. Alkaline phosphatase and microbial inactivation by pulsed eletric field in bovine milk [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2008,9: 217-223

[8] HONG S I, PYUN Y R. Embrace damage and enzyme inactivation of Lactobacillus plantarum by high pressure CO_2 Treatment [J]. International Journal of Food Microbiology, 2001, 63(9): 19-28