冷却与速冻对猪肉贮藏期品质影响的对比研究

夏列[1]，蒋爱民[1]，卢艳[2]，栗俊广[3]，闫小龙[4]，张大磊[5]
（1. 华南农业大学畜产加工与质量安全控制实验室，广东广州 510642）
（2. 广东省畜禽产品加工工程技术研究开发中心，广东广州 510642）

摘要：本文运用风冷冷却与浸渍式冷冻两种方式对猪背长肌进行处理，使预冷 12 h 后，温度约为 10 ℃的猪背长肌中心温度降为 0~4 ℃（风冷冷却），-5 ℃与-18 ℃（浸渍式冷冻）。然后把 0~4 ℃与-18 ℃的肉块放入相应温度的冰箱保藏，-5 ℃的肉块则分别放入-5 ℃（一段式）与-18 ℃（二段式）的冰箱保藏。并对四种保藏处理下的猪肉在一定贮藏期内（冷却肉 7 d，浸渍冷冻肉 7 周）的导电率、保水性、滴水损失、蒸煮损失、质构特性、TVB-N、菌落总数、pH、色泽（L*、a*、b*）进行了对比研究。研究表明：浸渍式冷冻工艺中，二段式冷冻没有一段式冷冻品质好。浸渍式冷冻肉-18 ℃贮藏 4 周内的品质与冷却肉贮藏 4 d 内的品质相当。冷却肉在保水性、质构特性、色泽方面要优于浸渍式冷冻组，但在 TVB-N、菌落总数方面则不如浸渍式冷冻肉。

关键词：风冷冷却；浸渍式冷冻；贮藏期；猪背最长肌

文章篇号：1673-9078(2014)6-174-180

A Comparative Study on Quality of Chilled and Quick-frozen Pork During the Storage Period

XIA Lie[1], JIANG Ai-min[1], LU Yan[2], LI Jun-guang[3], WEN Xiao-long[4], ZHANG Da-lei[5]
(1.South China Agricultural University Livestock Processing and the Quality and Safety Control Laboratories, Guangzhou 510642, China) (2.The Center of Livestock and Poultry Products processing and Development of Engineering Technology Research, Guangzhou 510642, China)

Abstract : Porcine longissimus muscle was processed by air-blast cooling and immersion-frozen to make its center temperature decreased from 10 ℃ to 0 - 4 ℃ (air-blast cooling), -5 ℃ and -18 ℃ (immersion-frozen) after 12 h. Then 0 ~ 4 ℃ and -18 ℃ chilling meats were preserved in the refrigerator with 0 ~ 4 ℃ and -18 ℃, while -5 ℃ processed meat was preserved in the -5 ℃ (one-stage frozen) and -18 ℃ (two-stage frozen) refrigerator respectively. Besides, a comparative study between these four preserved meats was carried out in terms of conductivity, water retention, drip loss, cooking loss, textural characteristics, TVB-N, the total number of colonies, pH and color (L^*, a^*, b^*). The experimental result showed that: one-stage frozen meat had better quality than two-stage frozen one among immersion-frozen process. Immersion-frozen meat (-18 ℃) that stored for 4 weeks or less had the same quality with cooling meat which stored for 4 days or less. However, the water retention, texture features and color of cooling meat were superior to the immersion-frozen groups, but in aspects of TVB-N and the total number of colonies, it showed a reverse result.

Key words: air-blast cooling; immersion freezing; storage; porcine longissimus muscle

目前，食品的冷藏方法主要有冷却与冷冻两种方法。采用冷却方式（24 h 内达到 0~4 ℃）生产出的冷却肉具有肉质细嫩、味道鲜美、营养卫生[1]等特点，因而倍受消费者的青睐。在我国某些发达城市，冷却肉的消费占到了人均消费肉量的 10%~15%。但因其货架期不长，在不同区域内流通与销售时倍受限制。通过冷冻冻结的冷冻肉，作为国家肉类储备、调节肉品市场、肉类进出口贸易的重要手段之一，在现代肉及肉制品加工业中占居着十分重要的地位[2]。在影响冷冻肉品质的因素中，最大的因素为冷冻速率，冷冻速率越快，冷冻肉的品质越好[4~5]。田锐花[6]等通过热鲜、冷却、冷冻三种方式处理猪背最长肌，对比研究了其动态粘弹性与凝胶特性的差异，结果表明，冷冻肉的凝胶保水性与动态粘弹性较差，但其凝胶强度和凝胶弹性低于热鲜肉却高于冷却肉。沈月新[7]等从理化测定和感官评定两个方面对冷却肉、热鲜肉及冷冻肉的食品质量进行了比较研究，结果显示，冷却肉中鲜味物质 IMP 含量高于热鲜肉和冷冻肉，剪切力小于热鲜

收稿日期：2013-12-30
基金项目：2011 年国家自然科学基金资助项目(31171710)
作者简介：夏列（1987-），男，硕士，研究方向为畜产品加工与安全控制
通讯作者：蒋爱民（1957-），男，教授，研究方向为畜产品加工与安全控制

肉和冷冻肉，感官分析中，冷却肉的嫩度和鲜味也更为优良。本实验以冷却与超速冷冻两种不同的方式来处理猪背最长肌，冷却是采用鼓风冷却（-35 ℃）的方式，风速约 4 m/s，湿度为 90%，在 24 h 内使猪肉的中心温度降到 0~4 ℃，并保藏于 0~4 ℃的冰箱，超速冷冻是采用浸渍式冷冻（-35 ℃）的方式，使猪肉的中心温度分别降到-5 ℃和-18 ℃，-5 ℃的肉块分别保藏于-5 ℃（一段式冻藏）与-18 ℃（二段式冻藏）的冰箱，-18 ℃的肉块则直接置于-18 ℃（一段式冻藏）的冰箱进行保藏。通过对比研究冷却与超速冷冻对于猪肉在贮藏期的品质的影响，以期探讨出既能延长肉的货架期，又能保存肉的良好食用品质的冷藏方法，为肉及肉制品生产行业灵活选择肉类的冷藏方法提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

鲜猪肉：来源于广州肉联厂；冷冻液（广州泽明试剂公司）。

1.2 设备

浸渍式冷冻机：定做；BS110S精密电子天平：北京赛多利斯天平有限公司；RC-30B Temperature data Logger温度记录仪：上海精创电器制造有限公司；TA-XT plus质构仪：英国SMS公司；Kjeltec TM8100凯氏定氮仪：福斯特卡托公司；DZQ400/ZD真空包装机：浙江葆春包装机械总厂；DHG-9073BS-Ⅲ型电热恒温鼓风干燥箱：上海新苗医疗器械制造有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 猪肉冷冻前的预冷处理

1.3.1.1 样品处理

猪肉背最长肌，取自广州市肉联厂宰后约 3~4 h 的猪胴体。先将猪肉切成 5×3×3 cm，重量为 200 g 的长方体块状后分装，采用聚酯/聚丙烯（PET/CPP）蒸煮袋，在真空度为 0.08 MPa 的真空包装机上进行真空包装备用。

1.3.1.2 预冷处理

将分割包装好的肉块置于（4±1）℃的冰箱中预冷 12 h，预冷后的温度为 10 ℃，预冷前的温度为 28 ℃左右。

1.3.2 冷藏处理

冷却是采用鼓风冷却（-35 ℃）的方式，风速约 4 m/s，湿度为 90%，在 24 h 内使猪肉的中心温度降到 0~4 ℃，并保藏于 0~4 ℃的冰箱，超速冷冻是采用浸渍式冷冻（-35 ℃）的方式，使猪肉的中心温度分别降到-5 ℃和-18 ℃，需要的时间分别约为 15 min 与 30 min。-5 ℃的肉块分别保藏于-5 ℃（一段式冻藏）与-18 ℃（二段式冻藏）的冰箱，-18 ℃的肉块则直接置于-18 ℃（一段式冻藏）的冰箱进行保藏。

1.3.3 解冻的方法

将冷冻后的猪肉放在 4 ℃的冰箱中，待肉块的中心温度达到 2 ℃左右时，取出检测各项指标。

1.3.4 测定方法

1.3.4.1 电导率

用试管收集样品流失的汁液直接用电导率仪进行测定，液体体积不少于 3 mL。

1.3.4.2 滴水损失率

样品分别在解冻前（W_1）和解冻后（W_2）称重，然后按照下面的公式计算滴水损失率，

$$X_t=\frac{W_1-W_2}{W_1}\times 100\%$$

注：X_t-解冻汁液流失率，%；W_1-解冻前样品质量，g；W_2-解冻后样品质量，g。

1.3.4.3 蒸煮损失率

一定大小（约 2 cm×2 cm×3 cm）的肉样在 85 ℃水浴锅中蒸煮 20 min,蒸煮前称重（W_b）。蒸煮后冷却到室温，用吸水纸吸干水分，然后再次称重（Wa）。蒸煮损失率表示为：

$$X_c=\frac{W_b-W_a}{W_b}\times 100\%$$

注：X_c-蒸煮损失率，%；W_b-蒸煮前样品质量，g；W_a-蒸煮后样品质量，g。

1.3.4.4 加压失水率

利用 TA-XT plus 质构仪，采用滤纸加压法（filter paper press method）进行测定。取完整肉块 1 g 置于滤纸上，另一片滤纸置于其上，定压 1000 g 挤压 1 min，加压前后分别称重，记录加压前重量（W_b）和加压后重量（Wa），则加压条件下的保水性可以用加压失水率：

$$X_p=\frac{W_2-W_1}{W_2}\times 100\%$$

注：X_p-加压失水率，%；W_2-加压后肉样重量，g；W_1-加压前肉样重量，g。

1.3.4.5 色泽测定

利用美国爱色丽公司 X-Rite SP60 型色差分析仪直接测定 L*（亮度）、a*（正值表示颜色向红色靠近，负值表示偏向绿色）、b*（正值表示颜色向黄色靠近，负值表示偏向蓝色）。测定前将肉样在空气中暴露 10

min，样品正反两面重复测定 3 次，计算平均值。

1.3.4.6 挥发性盐基氮测定（TVB-N）

参照 GB/T 5009.44-2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》中的半微量定氮法进行。

1.3.4.7 pH 值测定

按照 GB/T 9695.5-2008《肉与肉制品 pH 测定》进行。样品剪碎搅匀后，称取约 10.0 g，置于锥形瓶中，加入 100 mL 水进行均质，用 pH 计测定，重复三次，取其平均值。

1.3.4.8 菌落总数测定

按照 GB/T 4789.2-2008 食品卫生微生物学检验菌落总数测定。

1.3.4.9 质构分析

按照 NY/T 1180-2006《肉嫩度的测定 剪切力测定法》。

1.3.5 数据处理

运用 SPSS17.0 与 Excel 对所测指标进行分析。

2 结果与分析

2.1 导电率在贮藏期内的变化

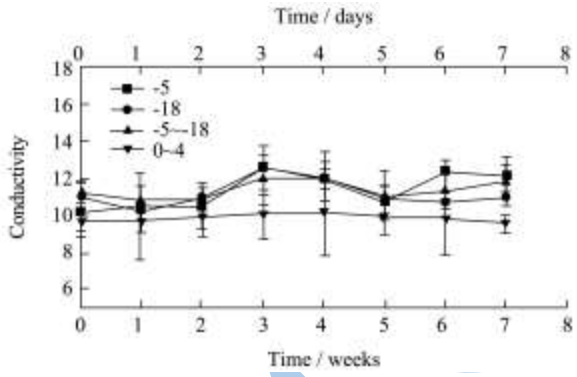


图 1 导电率在贮藏期内的变化

Fig.1 Conductivity changes during the storage period

如图 1，浸渍式冷冻组肉样的电导率整体都呈逐渐上升的趋势，而冷却肉的电导率则呈现平缓的变化，这与 YAO Lei[9]等的研究一致。浸渍式-5 ℃在贮藏第 3 周时与冷却组贮藏 3 d 时的电导率出现显著差异。浸渍式冷冻组电导率的最大值均出现在贮藏第 3 周时，且随着贮藏时间的延长，-5 ℃组电导率都要高于其他两组。

2.2 加压失水率在贮藏期内的变化

如图 2，四者的加压失水率都呈现先下降后上升的趋势，与袁先群[1]等研究不同温度下冷鲜肉的保水性和余小玲[2]等研究常规冷冻对猪肉保水性的影响的结果一致。冷却肉样（4~6 d）与浸渍式冷冻-5~-18 ℃肉样（4~6 周）的加压失水率差异显著（$p<0.05$），显著低于浸渍式冷冻-5~-18 ℃组，而在浸渍式冷冻组内，三种处理均未出现显著性差异（$p>0.05$），但-18 ℃组在贮藏 4 周前的加压失水率都具有较低的值，且变化较为平稳。

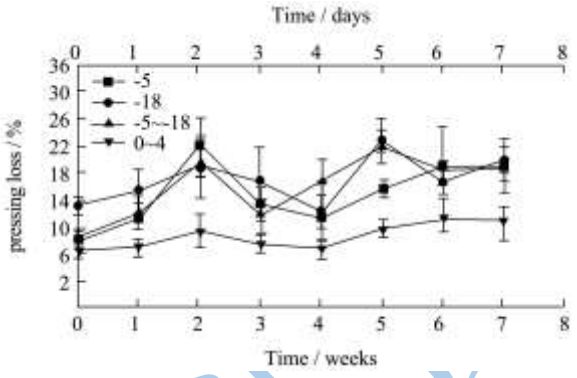


图 2 加压失水率在贮藏期内的变化

Fig.2 Changes of pressurized water loss rate in the storage period

2.3 滴水损失在贮藏期内的变化

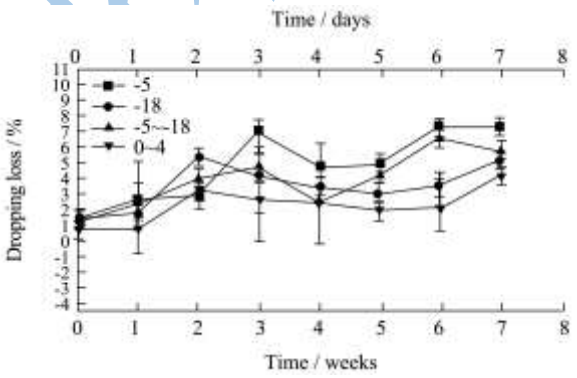


图 3 滴水损失在贮藏期内的变化

Fig.3 Changes of dripping loss during storage

如图 3，四者的滴水损失都呈现先下降后上升的趋势，冷却肉在贮藏 7 d 内都具有较低的滴水损失，冷却肉贮藏第 3 d 时与浸渍式冷冻肉-5 ℃与-5~-18 ℃贮藏第 3 周时的滴水损失出现显著差异（$p<0.05$），与浸渍式冷冻肉-18 ℃贮藏第 6 周时才出现显著差异（$p<0.05$），在浸渍式冷冻组内，滴水损失出现显著性差异是在贮藏第 3 周时，-5 ℃肉样显著高于其他两组（$p<0.05$）。

2.4 蒸煮损失的变化

如图 4，四种处理的蒸煮损失都呈先下降后逐渐上升的趋势，这与 BERTRAM H C[4]等研究冷却速率对猪肉中氟烷基因携带者与非携带者的水分动态变化和戚军[3]等研究冻融过程中羊肉持水力的变化的结果一致。冷却肉（2 d）与浸渍式冷冻各组肉样（2 周）

的蒸煮损失出现显著性差异（p<0.05），且显著低于浸渍式冷冻组。浸渍式冷冻-5 ℃组肉样在贮藏期 4 周后与冷却肉贮藏 4 d 后的蒸煮损失有显著差异(p<0.05)，显著高于冷却肉组。浸渍式冷冻组内，-5~-18 ℃与-5 ℃、-18 ℃肉样在贮藏 4 周时有显著性差异（p<0.05），且显著高于其他两组。

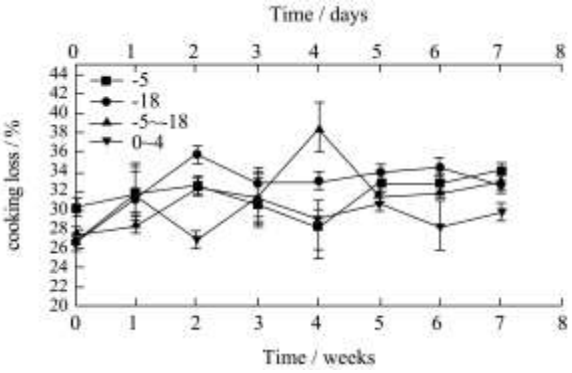


图 4 蒸煮损失在贮藏期内的变化

Fig.4 Changes of cooking loss during storage period

2.5 pH在贮藏期内的变化

如图 5，四种处理的肉样的 pH 值都呈先下降后上升的趋势，这与郭培源[11]等研究猪肉新鲜度智能检测系统的结果相同。但浸渍式-18 ℃肉样 pH 值的最低点出现在贮藏第 3 周，其他两组浸渍式冷冻肉样则出现在第 4 周。冷却肉的最低点出现在第 4 d，这与袁先群[1]等的研究结果一致。另外，冷却肉贮藏 7 d 与浸渍式冷冻-18 ℃肉样贮藏 7 周内的pH值均没有显著性差异（p>0.05），而在贮藏后 2 d 与浸渍式冷冻-5 ℃肉样后 2 周的 pH 值差异性显著（p<0.05）。

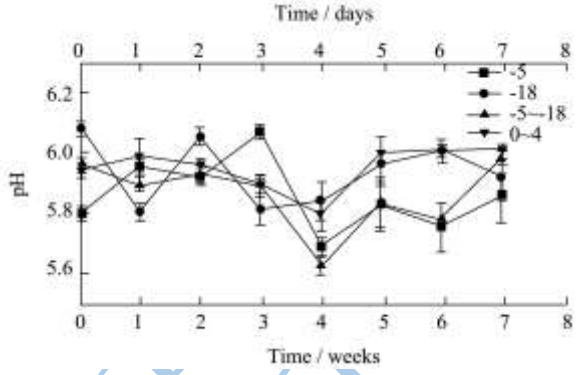


图 5 pH 在贮藏期内的变化

Fig.5 Changes of pH during storage period

2.6 色泽在贮藏期内的变化

表 1 色泽在贮藏期内的变化

Table 1 Changes of color during storage period

测试指标		储藏时间							
		0	1	2	3	4	5	6	7
b*/a*	-5	9.05±0.72^{c}	4.95±0.39^{b}	10.84±0.68^{c}	2.09±0.63^{a}	3.83±0.41^{a}	7.62±0.31^{b}	10.31±0.39^{b}	8.12±0.9^{c}
	-18	5.02±0.86^{b}	2.77±0.97^{a}	6.15±0.34^{a}	3.53±0.2^{b}	3.02±0.73^{a}	23.10±0.84^{c}	13.27±0.25^{c}	7.33±0.29^{b}
	-5~-18	5.41±0.46^{b}	18.81±0.47^{d}	10.56±0.45^{c}	8.79±0.86^{d}	3.63±0.4^{a}	39.23±0.27^{d}	16.73±0.4^{d}	12.46±0.64^{d}
	0~4	2.87±0.32^{a}	8.25±0.75^{c}	7.05±0.29^{b}	6.39±0.69^{c}	6.44±0.61^{b}	4.57±0.24^{a}	3.64±0.71^{a}	5.00±0.4^{a}
$\sqrt{a^{*2}+b^{*2}}$	-5	11.45±0.14^{b}	11.3±0.12^{c}	10.23±0.08^{c}	8.99±0.09^{b}	9.15±0.18^{b}	9.28±0.1^{b}	9.50±0.05^{bc}	7.74±0.04^{a}
	-18	8.92±0.11^{a}	10.69±0.01^{b}	9.39±0.16^{b}	11.46±0.12^{c}	10.79±0.2^{c}	7.94±0.12^{a}	8.69±0.09^{b}	7.03±0.09^{a}
	-5~-18	8.62±0.06^{a}	8.48±0.07^{a}	8.91±0.11^{ab}	7.81±0.09^{a}	10.59±0.13^{c}	8.37±0.06^{c}	10.16±0.09^{c}	7.58±0.02^{a}
	0~4	8.62±0.36^{a}	8.84±0.46^{a}	8.29±0.44^{a}	7.50±0.28^{a}	8.22±0.23^{a}	9.18±0.23^{b}	7.21±0.26^{a}	10.39±0.21^{b}

注：表头的 0、1、2、3、4、5、6、7 对于超速冷冻组（-5、-18、-5~-18）时间单位为周，对冷却组（0~4）时间单位为天，同列不同字母代表差异显著（p<0.05）。

b*/a*代表着肉色的有色度值，$\sqrt{a^{*2}+b^{*2}}$ 代表着肉色的饱和度值，有色度值越小，表明肉的颜色越鲜红，饱和度值越小则表明肉的颜色越浅[8]。由表 1 可知，超速冷冻组保藏 4 周之前与冷却组保藏 4 d之前相比较，-18 ℃呈现较好的有色度值（p<0.05），0~4 ℃组次之。而在饱和度值中，冷却组则一直呈现较低的值（p<0.05），在后期呈上升的趋势，这与 WULF D M[8]研究冷却牛肉中的饱和度值的变化趋势相同。而在超速冷冻组中，饱和度值则呈逐渐减小的趋势。

2.7 TVB-N在贮藏期间的变化

如图 6，四者的 TVB-N 值均成逐渐上升的趋势，这与 PENNACCHIA C[11]等研究不同包装对冷却牛肉的影响的结果相同。贮藏 4 d的冷却肉与贮藏 4 周的浸渍式-18 ℃肉样的 TVB-N 值差异显著（p<0.05），且显著高于浸渍式-18 ℃组。浸渍式冷冻组内，-5 ℃与-18 ℃组的 TVB-N 在贮藏第 2 周出现显著性差异（p<0.05），与-5~-18 ℃组在贮藏第 5 周时出现显著性

差异（p<0.05）。并且，浸渍式冷冻-5 ℃组在贮藏第 5 周时，其 TVB-N 值为 16.98×10^{-2} mg/g，冷却肉在贮藏第 7 d 时，其 TVB-N 值为 17.08×10^{-2} mg/g，大于 15×10^{-2} mg/g，超过一级鲜肉的标准。

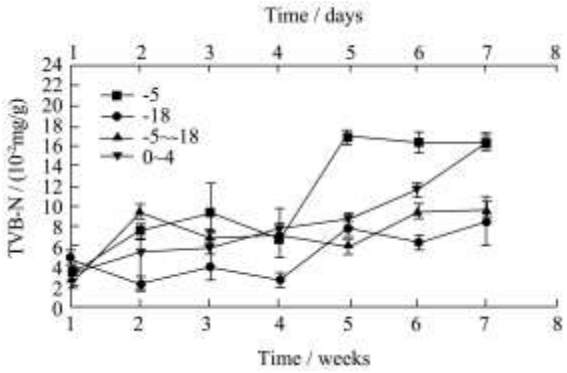


图 6 TVB-N 在贮藏期间的变化

Fig.6 Changes of TVB-N during storage

2.8 菌落总数在贮藏期内的变化

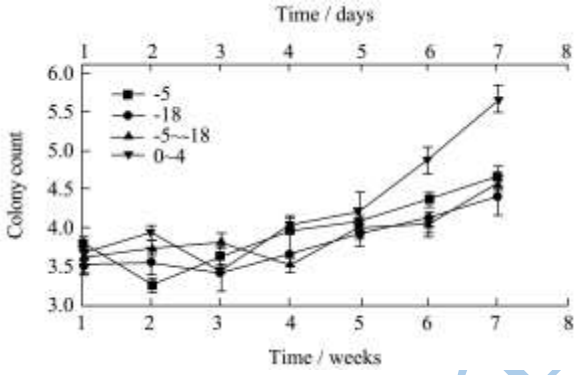


图 7 菌落总数在贮藏期内的变化

Fig.7 Changes of total number of colonies during storage period

如图7，四种处理的菌落总数都呈逐渐上升的趋势，其中，浸渍式冷冻-18 ℃（4~7周）与冷却肉（4~7 d）的菌落总数出现显著显著性差异（p<0.05），显著低于冷却肉（4~7 d）组。冷却肉在7 d贮藏期内与浸渍式冷冻-5 ℃、-5~18 ℃组贮藏7周内的菌落总数都无显著性差异（p>0.05）。表明，-18 ℃贮藏可以有效抑制微生物的生长，且冷却肉（第7 d）的菌落总数高达10$^{5.65}$ cfu/g，接近超过二级鲜肉的标准（>10^{6} cfu/g）。

2.9 硬度在贮藏期内的变化

如图 8，浸渍式冷冻组肉样的硬度都随着贮藏时间的延长而逐渐升高，这与戚军[3]等研究冻融羊肉剪切力的结果相同。而冷却肉的硬度则出现先升高后降低的趋势，这与袁先群[1]等的研究不同温度贮藏冷鲜肉的剪切力的结果一致。冷却肉（6~7 d）与浸渍式冷冻肉（6~7 周）的硬度值差异显著（p<0.05），显著低于浸渍式冷冻组。浸渍式冷冻组内，贮藏第 3 周时，-5 ℃组与-18 ℃组的硬度值差异显著（p<0.05），显著高于-18 ℃组。

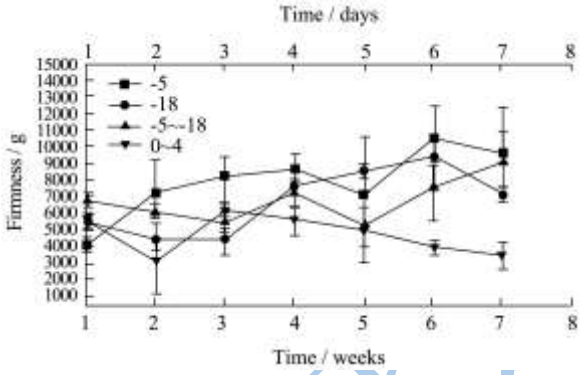


图 8 硬度在贮藏期内的变化

Fig.8 Changes of hardness during storage period

2.10 韧性在贮藏期内的变化

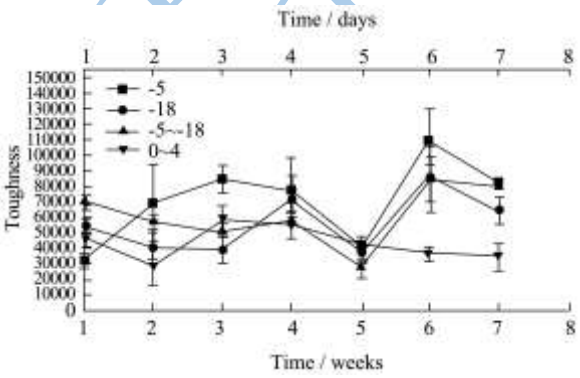


图 9 韧性在贮藏期内的变化

Fig.9 Changes of toughness during storage period

如图 9，浸渍式冷冻组肉样的韧性都随贮藏时间的延长而升高，而冷却肉则呈现下降的趋势。冷却肉（5~7 d）与浸渍式冷冻-5~-18 ℃（5~7 周）的韧性值差异显著（p<0.05），显著低于浸渍式-5~-18 ℃组。浸渍式冷冻组内，贮藏第 3 周时，-5 ℃组与-18 ℃组的韧性值差异显著（p<0.05），显著高于-18 ℃组。

3 讨论

3.1 冷却与浸渍式冷冻对猪肉保水性的影响

浸渍式冷冻组的导电率变化较大，整体呈上升的趋势，而冷却肉组则呈平缓的变化趋势，主要是由于冷冻过程中形成的冰晶对肌肉细胞具有一定伤害作用，使得细胞内部的电解质流出所致[9]。在滴水损失率、蒸煮损失、加压失水三个指标中，四者都呈先下降后上升的趋势，这主要与肉成熟变化中的 pH 值相关[1]，冷却肉组在贮藏 4 d 后与浸渍式冷冻组-18 ℃贮藏 4 周后呈现较接近的值，而且在浸渍式冷冻组中，

-5~-18 ℃在 7 周的贮藏期内都比其他两组要高，说明冷却肉（4 d 前）与浸渍式冷冻-18 ℃（4 周前）肉样具有相当的保水性，余小玲[2]等研究常规冷冻冻藏对猪肉保水性与组织特性的影响表明 1 个月的常规冷冻（-18 ℃）的冻藏期对猪肉的各种品质特性没有较大的影响。二段式冷冻（-5~-18 ℃）的保水性不如一段式（-5 ℃与-18 ℃）好，这主要是因为-5 ℃的肉块，其水分没有完全冻结，在后期的贮藏中出现重结晶，冰晶不断生长的现象，而-5~-18 ℃贮藏品质差可能是因为二段式冻藏就相当于一次温度波动，冰晶生长的速率更快导致的。

3.2 冷却与浸渍式冷冻对猪肉色泽的影响

表 1 中，浸渍式冷冻组的 b*/a*值随着贮藏时间的延长先降低后升高，这与正铁血红素氧化成高铁肌红蛋白有关，而冷却肉的则呈现逐渐降低的趋势，这是由于随着贮藏时间的延长，高铁肌红蛋白还原力增强， 氧合肌红蛋白不断积累所致。浸渍式冷冻各处理的$\sqrt{a^{*2}+b^{*2}}$值都呈逐渐上升的趋势，可能主要由于肌肉内部水分渗出，蓄积于肉块表面，从而增强对光的反射能力，使色泽变浅[10]，浸渍式肉样中，-5 ℃与-5~-18 ℃组与-18 ℃组相比呈现比较差的色泽的主要原因可能跟贮藏后期重结晶影响肉的保水性相关。

3.3 冷却与浸渍式冷冻对猪肉安全性的影响

四种处理的肉样的pH值都呈先下降后上升的趋势，主要原因是由于屠宰后肌肉中肌糖原通过无氧酵解方式产生乳酸，ATP分解产生磷酸根离子，从而pH降低，但随着贮藏的延长，肉中微生物开始以氨基酸、乳酸、葡萄糖等为代谢底物，代谢产生胺类物质[11]，使得贮藏后期的pH值上升。TVB-N是评价鲜肉新鲜度的一个重要标准，按TVB-N含量可将鲜肉分为三个等级：一级鲜肉（<0.15 mg/g）、次鲜肉（0.15~0.25 mg/g）、腐败肉（>0.25 mg/g）[17]，浸渍式冷冻-18 ℃在贮藏第7周时，其TVB-N值为9.5×10^{-2} mg/g，蒋立凤[15]等研究常规冷冻下猪肉在冻藏期内挥发性盐基氮含量的变化表明-18 ℃常规冷冻冻藏40 d时，其TVB-N约为0.11 mg/g。浸渍式冷冻-5 ℃组在贮藏第5周时，其TVB-N值为16.98×10^{-2} mg/g，冷却肉在贮藏第7 d时，其TVB-N值为17.08×10^{-2} mg/g，大于15×10^{-2} mg/g，超过一级鲜肉的标准。鲜肉质量卫生指标菌落总数一般为：新鲜肉为10^4 cfu/g以下，次鲜肉为10^4~10^6 cfu/g，变质肉为10^6 cfu/g以上[1]。-18 ℃贮藏可以有效抑制微生物的生长[12~13]，且冷却肉（第7 d）的菌落总数高达$10^{5.65}$ cfu/g，接近超过变质肉的标准（>10^6 cfu/g）。

3.4 冷却与浸渍式冷冻对猪肉质构特性的影响

浸渍式冷冻组肉样的硬度都随着贮藏时间的延长而逐渐升高，而冷却肉的硬度则出现先升高后降低的趋势。刚屠宰完的猪肉，其嫩度最好，之后由于肌肉僵直，嫩度变差，最后随着解僵成熟，嫩度随之提高[14]。冷却肉组的硬度及韧性主要受肉成熟过程的影响，而浸渍式冷冻组除了肉成熟机制对它的影响之外，还受到肌肉细胞水分流失与肌肉纤维致冷收缩的影响，所以整体上，冷却肉组在贮藏后期要呈现出比浸渍式冷冻组更好的质构特性。

4 结论

4.1 浸渍式冷冻工艺中，二段式冷冻没有一段式冷冻品质好。

4.2 浸渍式冷冻肉-18 ℃贮藏 4 周内的品质与冷却肉贮藏 4 d 内的品质相当。

4.3 冷却肉在色泽、保水性、质构特性方面要优于浸渍式冷冻组，但在安全性方面则不如浸渍式冷冻肉。

参考文献

[1] 袁先群,贺稚非,李洪军,等.不同贮藏温度托盘包装冷鲜猪肉的品质变化[J].食品科学,2012,33(6):264-268
YUAN Xian-qun, HE Zhi-fei, LI Hong-jun, et al. Chilled pork quality change in pallet package at different storage temperatures [J]. Food Science, 2012, 33(6): 264-268

[2] 余小玲,李学斌,赵良,等.常规冷冻冻藏对猪肉保水性和组织结构的影响[J].农业工程学报,2008,24(2):264-268
YU Xiao-ling, LI Xue-bin, ZHAO Liang, et al. Effects of conventional freezing processing and frozen storage on pork water-holding capacity and structure [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(12): 264-268

[3] 戚军,高菲菲,李春保,等.低场 NMR 研究冻融过程中羊肉持水力的变化[J].江苏农业学报,2010,26(3):617-622
QI Jun, GA0 Fei-fei, LI Chun bao, et al. Changes of water holding capacity of mutton during freeze-thaw cycles by a low field nuclear magnetic resonance [J]. Jiangsu j.of Agr.Sci, 2010, 26(3): 617-622

[4] Bertram H C, Karlsson A H, Andersen H J. The significance of cooling rate on water dynamics in porcine muscle from heterozygote carriers and non-carriers of the halothane gene-a low-field NMR relaxation study [J]. Meat Science, 2003, 65(4): 1281-1291

[5] 田锐花,朱易,万可慧,等.冷却与冷冻对猪背最长肌动态粘弹性和凝胶特性的影响[J].食品科学,2013,34(3):128-132

TIAN Rui-hua, JIN Hong-guo, ZHU Yi., et al. Effects of chilling and freezing on dynamic viscoelasticities and gel properties of porcine longissimus muscle [J]. Food Science, 2013, 34(3): 128-132

[6] 沈月新,宋立华.冷却肉与热鲜肉、冻肉食用质量的比较研究[J].制冷技术,2000,3:43-45
SHEN Yue-xin, SONG Li-hua, Comparative study on edible quality of chilled, fresh and frozen meat [J]. Refrigeration Technology, 2000, 3: 43-45

[7] LIU YL, LYON BG, WINDHAM WR, Et Al. Prediction of color, texture, and sensory characteristics of beef steaks by visible and near infrared reflectance spectroscopy: A feasibility study [J]. Meat Science, 2003, 65: 1107-1115

[8] WULF D M, WISE J W. Measuring muscle color on beef carcasses using the L*a*b*color space [J]. Journal of Animal Science, 1999, 77(6): 2418-2427

[9] YAO Lei, LUO Yong-kang, SUN Yun-yun, et al. Establishment of kinetic models based on electrical conductivity and freshness indictors for the forecasting of crucian carp (*Carassius carassius*) freshness [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 107: 147-151

[10] Nychas G-J E, Skandamis P N, Tassou C C, Et al. Meat spoilage during distribution [J]. Meat Science, 2008, 78(1/2): 77-89

[11] 郭培源,毕松,袁芳.猪肉新鲜度智能检测分级系统研究[J].食品科学,2010,31(15):68-72
GUO Pei-yuan, BI Song, YUAN Fang, et al. An Intellectual rating system for pork freshness [J]. Food science, 2010, 31(15): 68-72

[12] Nychas G-J E, Skandamis P N, Tassou C C, et al. Meat spoilage during distribution [J]. Meat Science, 2008, 78(1/2): 77-89

[13] Pennacchia C, Ercolini D, Villani F. Spoilage-related microbiota associated with chilled beef stored in air or vacuum pack [J]. Food Microbiology, 2011, 28(1): 84-93

[14] 李胜杰,徐幸莲,周光宏.宰后肌动球蛋白解离对肉品嫩度的影响[J].食品科学,2010,31(21):442-445
LI Sheng-jie, XU Xing-lian, ZHOU Guang-hong. Research Advances in the influence of actomyosin dissociation on postharvest meat tendemess [J]. Food Science, 2010, 31(21): 442-445

[15] 蒋立凤,叶扣贯.猪肉在冻藏中挥发性盐基氮含量的变化[J].肉类工业,2001,12:17-18
JIANG Li-feng, YE Kou-guan. Changes of TVB-N in pork during frozen storage [J]. Meat Industry, 2001, 12: 17-18

现代食品科技