

快速冷却对兔肉背最长肌肉品质的影响

樊金山, 黄明*, 汤春辉, 周光宏

(南京农业大学 教育部肉品加工与质量控制重点开放实验室, 江苏 南京 210095)

摘要:为探讨快速冷却对兔肉食用品质的影响, 选取 24 只獭兔进行屠宰, 取背最长肌, 按试验设计进行快速冷却和常规冷却处理后测定肉品质相关指标。结果表明: 快速冷却($-12^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 30min; $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ 储藏至 24h)能加快兔肉温度下降速率, 减缓 pH 值下降速率; 使肉色泽改善, 提高肉的保水性; 成熟 7d 内显著降低肌肉脂肪氧化, 但对兔肉的嫩度没有影响。

关键词: 兔肉; 食用品质; 快速冷却; 背最长肌

Effect of Rapid Chilling on *Longissimus dorsi* Meat Quality of Rabbit

FAN Jin-shan, HUANG Ming*, TANG Chun-hui, ZHOU Guang-hong

(Key Laboratory of Meat Processing and Quality Control, Ministry of Education, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: In order to explore the effect of rapid chilling on the edible quality of rabbit meat, *Longissimus dorsi* meat samples from twenty-four rabbits were subjected to two different treatments, namely rapid chilling and conventional chilling, and quality indices of chilled rabbit meat were then measured. The results showed that rapid chilling ($-12 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 30 min), accelerated the declining rate of carcass temperature, attenuated the drop of pH, improved the color of rabbit meat, enhanced water-holding capacity and retarded lipid oxidation within seven days of aging period when compared with the conventional chilling treatment ($0 \pm 4^{\circ}\text{C}$, 24 h). However, the rapid chilling treatment did not exhibit significant effect on shearing stress of rabbit meat.

Key words: rabbit; edible quality; rapid chilling; *Longissimus dorsi*

中图分类号: TS251

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)08-0274-05

冷却肉又称冷鲜肉、冰鲜肉^[1], 指将严格按照检疫制度要求屠宰的动物胴体迅速进行冷却处理, 使胴体温度在短时间内降为 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$, 并在后继的加工、流通和零售过程中始终保持在 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ 范围内的鲜肉。冷鲜肉克服了“热鲜肉”和“冷冻肉”的缺陷(热鲜肉不卫生, 细菌容易繁殖, 肉质下降, 保质期很短; 冷冻肉肉汁和营养流失、嫩度和鲜度降低), 吸取了两者的优点(新鲜、柔嫩、味美、营养、卫生), 是今后国内消费的主流和必然发展的趋势^[2]。

在 20 世纪 80 年代, 我国才开始冷却肉的研究与生产^[1], 特别是冷却猪肉、冷却牛肉, 也已经有了一定的研究进展, 但对家禽肉类的研究较为缺乏, 包括冷却兔肉。相比于其他肉类, 兔肉有其独特的营养价值。研究表明^[3]: 兔肉营养价值非常高, 兔肉富含蛋白质(20%~21%), 有高生物学价的氨基酸; 低胆固醇, 低脂, 富含多不饱和脂肪酸(占脂肪酸的 60%); 高消化

率, 低热量; 低 Na, 富含 VB、K、P 和 Mg。另外, 国际市场对兔肉需求发生了变化, 冻兔肉受冷遇, 而冷却兔肉(冷鲜兔肉)受青睐, 且由于东欧国家依靠地理优势, 将冷鲜兔肉用飞机快运, 抢占市场, 对我国冻兔肉出口带来了冲击, 国际市场竞争激烈^[4]。与此同时在国内, 冷却肉已成为肉类市场的新宠, 所以未来冷却兔肉的发展势在必行。

虽然国内冷却肉发展迅速, 但有关不同冷却方式对兔肉品质影响的研究数据报道很少, 因此, 本实验在借鉴前人相关研究的基础上, 研究快速冷却对皮肉兼用型经济动物獭兔肌肉品质的影响。

1 材料与方法

1.1 材料及处理

试验兔来自江苏连云港灌南县獭兔养殖基地, 品种均为法系獭兔, 采用笼饲, 在同一饲养环境下饲养,

收稿日期: 2011-03-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(30972133); 江苏省科技支撑计划项目(SBC200960038)

作者简介: 樊金山(1987—), 男, 硕士研究生, 研究方向为肉品加工与品质控制。E-mail: fjs12345@njau.edu.cn

* 通信作者: 黄明(1970—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为肉品质量控制。E-mail: mhuang@njau.edu.cn

饲料配方一样, 饲养约 150d, 平均体质量 2.5kg 左右。

试验设 2 种不同的冷却处理组: 常规冷却(conventional chilling, CC): 0~4℃冷却至宰后 24h, 相对湿度 90%~95%, 风速约 0.5m/s; 快速冷却(rapid chilling, RC): (-12±1)℃冷却 30min 后, 转入 0~4℃冷却至宰后 24h, 相对湿度 90%~95%, 风速约 0.5m/s。每组 12 只獭兔, 在宰前禁食 12~18h、宰前禁水 2h, 人工致昏后 0.5min 内用刀割开颈部动脉, 后腿吊挂, 充分放血 3~4min, 快速剥皮、分割胴体, 取背最长肌进行分割(屠宰分割过程约耗时 0.75h), 然后立即进行自封袋包装, 进行不同预冷处理及冷藏^[5]。于宰后 0.75(冷却前)、1、1.25、2、4、6、8h 测定肉的温度, 同时于宰后 0.75(冷却前)、2、4、6、8h 测定肉的 pH 值。在 0~4℃冷藏至 1、3、7d 测量兔肉的颜色(L^* 、 a^* 、 b^*)、加压失水率、蒸煮损失、剪切力值、硫代巴比妥酸值(thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)等指标。

1.2 试剂与仪器

735 温度计 德国德图集团公司; pH 计 瑞士梅特勒托利多集团; CR-400 型色度计 日本柯尼卡美能达集团; C-LM3B 数显式肌肉嫩度仪 北京维欣仪奥科技发展有限公司; ZKSY-600 智能恒温水浴锅 上海浦东荣丰科学仪器有限公司; YYW-2 型应变控制式无侧限压力仪 南京土壤仪器厂; 丙二醛试剂盒 南京建成生物工程研究所。

1.3 指标测定

温度: 采用插入式数字温度计测定胴体的温度测定, 探头插入深度为 2cm, 连续测定 3 次, 取平均值; pH 值: 取 1g 肉样剪碎, 加入 9mL 超纯水匀浆后, 将已校准的电极直接插入其中, 待稳定后读数。每个样品重复测定 3 次, 取平均值^[6]; 脂质氧化 TBARS 值: 采用丙二醛试剂盒进行测定。

肉色: 取背最长肌肉样, 去除结缔组织和脂肪, 用便携式色度计测定 L^* 、 a^* 、 b^* 。光源 D65, 测量直径 8mm。 b^*/a^* 表示肉的颜色, b^*/a^* 值越低, 说明肉色越鲜红, 越高则表示肉色越黄。测定前将肉样切开, 在空气中暴露 20min。每个样品测定 3 个位点, 取平均值^[7]。

加压失水率: 采用经 Farouk 等^[8]改进的加压滤纸法。在 1cm 厚均匀薄片使用直径为 2.532cm 的取样器取肉柱, 立即用感量为 0.001g 的天平称量, 然后放置于铺有 18 层定性滤纸的压力仪平台上, 肉样上方再放 18 层定性滤纸, 加压至 35kg 保持 5min。加压前后分别称质量, 记录加压前质量和加压后质量。

$$\text{加压失水率}/\% = \frac{\text{加压前质量} - \text{加压后质量}}{\text{加压前质量}} \times 100$$

蒸煮损失: 采用 Hoikel^[9]的方法。将背最长肌修去外边脂肪和结缔组织, 一定大小的肉样, 记录蒸煮前质量, 肉块封口包装后, 在 80℃水浴中加热至肉块中心温度达到 75℃, 保持 20min, 然后冷却到室温, 用吸水纸吸干水分, 然后记录蒸煮后质量, 计算蒸煮损失率。

$$\text{蒸煮损失率}/\% = \frac{\text{蒸煮前质量} - \text{蒸煮后质量}}{\text{蒸煮前质量}} \times 100$$

剪切力: 将背最长肌去除所有脂肪和结缔组织, 把切得的每块肉样各用塑料薄膜袋装好系紧, 置于恒温水浴锅内, 在 80℃水浴中加热至肉块中心温度达到 75℃, 保持 20min, 取出, 在空气中冷却至中心温度为室温, 用吸水纸吸干表面水分, 从每块肉样中顺肌纤维方向切取长×宽×高=2cm×1cm×1cm 的肉块 3 块。用肌肉嫩度仪测剪切力值。测时使切刀与肉样垂直, 将肉样切断, 最大用力值即为剪切值, 单位 kg·f/cm²^[10]。

1.4 数据的统计处理

数据分析均运用 SPSS 18.0 软件系统进行统计, 数据采用单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 冷却方式对胴体温度下降的影响

胴体宰后 0.75h(冷却前)平均温度为 26.1℃, 其中快速冷却是指宰后 0.75~1.25h 时间段肉样放入(-12±1)℃进行冷却。在快速冷却处理组中, 宰后 1、1.25、2、4h 的平均温度分别为 9.3、0.7、2.9、3.2℃, 相比与常规冷却处理组的 14.4、8.7、6.6、4.9℃, 在同一时间点的温度有极显著降低($P < 0.01$)(图 1)。两组处理间, 1.25h 时平均温度差异最大。后期冷却过程中, 两组处理温度差异不断缩小。宰后 6~24h, 处理组间均已无差异($P > 0.05$)。

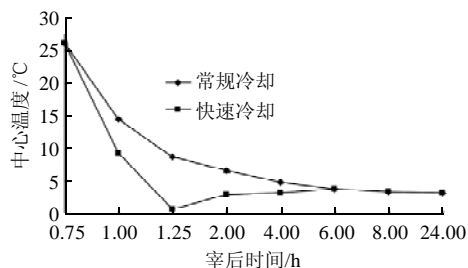


图 1 快速冷却对宰后胴体温度下降的影响
Fig.1 Effect of rapid chilling on temperature decline of carcasses

2.2 冷却方式对胴体 pH 值下降的影响

胴体宰后 45min, 背最长肌的 pH 值约为 6.51(图 2)。快速冷却组的背最长肌 2h 的 pH 值(6.42)显著高于常规冷

表1 不同处理组对兔肉肉色的影响
Table 1 Effects of different treatments on color of rabbit meat

| 成熟时间/d | L^* | | a^* | | b^* | | b^*/a^* | |
|--------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|-------|
| | CC | RC | CC | RC | CC | RC | CC | RC |
| 1 | 47.59 ^a ± 0.32 | 45.06 ^b ± 0.24 | 3.31 ^a ± 0.12 | 3.67 ^b ± 0.13 | 1.94 ^a ± 0.09 | 0.69 ^b ± 0.11 | 0.587 | 0.188 |
| 3 | 50.00 ^a ± 0.52 | 49.08 ^b ± 0.27 | 2.49 ^a ± 0.24 | 3.45 ^b ± 0.19 | 2.51 ^a ± 0.12 | 1.10 ^b ± 0.12 | 1.013 | 0.318 |
| 7 | 52.15 ^a ± 0.68 | 47.24 ^b ± 0.40 | 2.16 ^a ± 0.14 | 2.15 ^a ± 0.15 | 4.56 ^a ± 0.19 | 2.25 ^b ± 0.17 | 2.118 | 1.047 |

注：对于同一指标值，同行中上标字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)。下同。

却处理组的 pH 值(6.32)，两组处理的 pH 值差异最大。宰后 2、4、6h，快速冷却处理组 pH 值下降速率低于常规冷却处理组，且两组处理在同一时间的 pH 值差异都极其显著($P < 0.01$)。宰后 8h，处理组间已无显著差异($P > 0.05$)。宰后 24h，两种处理的胴体 pH 值都接近于 5.56，且差异不显著($P > 0.05$)。

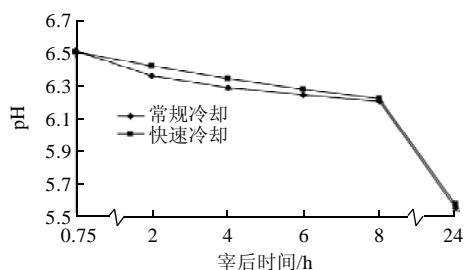


图2 快速冷却对宰后胴体 pH 值下降的影响
Fig.2 Effect of rapid chilling on pH of carcasses

2.3 冷却方式对兔肉颜色的影响

在冷藏至 1、3、7d，常规冷却处理和快速冷却处理对于肉色的亮度(L^*)、黄度(b^*)差异均为极显著($P < 0.01$)；在冷藏至 1、3d，红度(a^*)差异为极显著($P < 0.01$)，至 7d 时，差异不显著($P > 0.05$)(表 1)。成熟过程中 b^*/a^* 值越来越大，即肉色偏黄。在冷藏至 1、3、7d，快速冷却处理 b^*/a^* 均低于常规冷却处理，也就是说快速冷却处理相对于比常规冷却肉色鲜红。

2.4 冷却方式对兔肉加压失水率、蒸煮损失率的影响

表2 不同处理组对加压损失率、蒸煮损失率的影响
Table 2 Effects of different treatments on pressing loss and cooking loss rates

| 成熟时间/d | 加压失水率/% | | 蒸煮损失率/% | |
|--------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | CC | RC | CC | RC |
| 1 | 30.20 ^a ± 0.70 | 25.16 ^b ± 0.84 | 25.43 ^a ± 0.57 | 22.28 ^b ± 1.03 |
| 3 | 37.45 ^a ± 0.51 | 35.92 ^b ± 0.82 | 26.39 ^a ± 0.57 | 24.01 ^b ± 0.56 |
| 7 | 36.72 ^a ± 0.419 | 32.83 ^b ± 0.73 | 27.49 ^a ± 0.47 | 27.18 ^a ± 0.37 |

快速冷却能降低兔肉背最长肌加压失水率、蒸煮损失的影响(表 2)。由表 2 可见，相比于常规冷却组，快

速冷却组加压失水率在成熟 1、3、7d 差异均为极显著($P < 0.01$)，并分别比常规冷却组减少了 16.69%、4.09% 和 10.59%；而蒸煮损失在成熟 1、3d 差异极显著($P < 0.01$)，在成熟 7d 差异不显著($P > 0.05$)，并分别比常规冷却组减少了 12.39%、9.02% 和 1.13%。

2.5 冷却方式对兔肉剪切力值的影响

随着成熟时间的延长，两组处理剪切力值均呈现降低趋势，说明肉的成熟可显著改善肉的嫩度(图 3)。成熟 1d 时，快速冷却处理组背最长肌剪切力值要高于常规冷却处理组剪切力值，而成熟至 3、7d 时，快速冷却处理组背最长肌剪切力值要略低于常规冷却处理组剪切力值。另外，成熟至 1、3、7d 时，两处理组差异均不显著($P > 0.05$)。

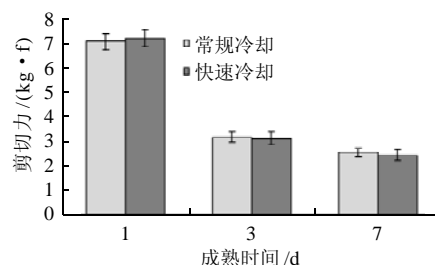


图3 不同处理组对兔肉剪切力值的影响
Fig.3 Effects of different treatments on shearing stress of rabbit meat

2.6 冷却方式对兔肉 TBARS 值的影响

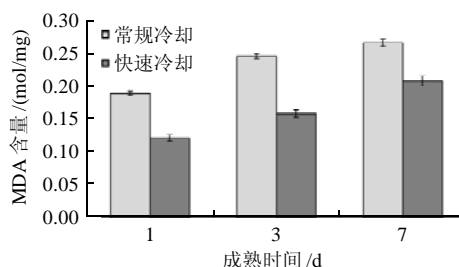


图4 不同处理组对兔肉 TBARS 值的影响
Fig.4 Effects of different treatments on TBARS of rabbit meat

由于兔肉富含多不饱和脂肪酸(占脂肪酸的60%)^[3],所以在冷藏成熟1、3、7d,两组间TBARS值(MDA含量)差异极显著($P < 0.01$),快速冷却组分别比常规冷却组减少了37.59%、36.04%和21.64%(图4)。可见采用快速冷却减缓了兔肉的脂肪氧化作用,有利于品质的提高和货价期延长。

3 讨 论

相比于猪肉、牛肉,兔肉个体较小,且快速冷却间的温度低,风速大,胴体和环境温度相差大,进而加快热量的传递速率。Li等^[11]和张文红等^[12]研究均发现快速冷却组的温度下降比常规冷却组的快,这样既减少微生物对胴体的污染,又提高肉品的食用安全性。

当动物屠宰后,氧气供应被中断,肌肉糖原的有氧过程终止,肌肉糖原经糖酵解途径形成乳酸,使得肉的pH值降低,而胴体温度的高低与肌体内的生化反应速率呈正相关性,进而快速冷却减缓了pH值下降速率。Bertram等^[13]认为温度影响肌肉的缓冲能力,这是探究快速冷却和常规冷却对pH值影响差异的重要因素。但快速冷却并不能改变肌肉最终的pH值,Long等^[14]也认为快速冷却主要对宰后3~4h的pH值有影响。

肉色也是衡量肉品质的重要指标之一。肉的颜色很大程度上取决于肌肉中的色素——肌红蛋白和血红蛋白,肌红蛋白(Mb)和氧合Mb均可被氧化生成高铁肌红蛋白(MetMb),呈褐色,使肉色变暗;有硫化物存在时,Mb还可被氧化生成硫代肌红蛋白,呈绿色,是一种异色^[15]。研究发现快速冷却可降低猪肉 L^* 值和 b^* 值,对 a^* 值没有影响^[16]。陈韬等^[17]研究结果显示,快速冷却1h可提高 a^* 值。Juncher等^[18]报道,最终的乳酸水平与光度值(L^*)是呈线性相关的,在高乳酸水平的贮藏条件下,肌肉的苍白度增加。还有学者研究发现生肉中MetMb的积累和脂肪氧化之间的相关系数达到了 $r=0.73$ ^[19]。而本实验发现,快速冷却能改善兔肉色泽可能与其减缓了糖酵解速率和脂肪氧化有一定关系。

研究发现快速冷却影响宰后肌肉的能量代谢和水分的迁移率及分布,从而提高肉的保水性^[17]。张振江等^[20]认为快速冷却可以减少敏感肌肉的汁液渗出和苍白肉的发生。陈韬等^[17]在猪肉上研究表明,快速冷却1h能有效提高猪肉的持水性。高淑娟等^[21]认为两段式冷却($-13\sim-15^{\circ}\text{C}$,冷却2h,随后转入常规冷却间至24h)对背最长肌的保水性无影响。Springer等^[22]对鲜肉加速冷却工艺进行了研究,结果显示宰后加速冷却可明显降低成品流汁率。一些研究表明pH值下降速度越快,保水性越差^[23]。与本研究结果一致,这主要可能是因为宰后快速冷却可在较短的时间内使肌肉内的各种酶的活

性降下来,这样可降低pH值下降速率,从而提高兔肉保水性。

有学者提出宰后肌肉pH值和温度下降的速度和程度影响肉的嫩度^[24]。研究发现快速冷却方式(-20°C ,冷却1.0h,随后转入常规冷却间至24h)对山羊肉的嫩度有显著改善^[25]。而Dransfield等^[26]采用的快速冷却处理(-15°C ,冷却3h,随后转入常规冷却间至24h),对宰后24h的猪肉剪切力值无影响。本实验结果显示快速冷却对嫩度无影响,可能由于快速冷却的条件不同,冷却对象的种类及个体大小差异,对肉嫩度的结果影响可能存在一定差异。

冷却肉在贮存过程中脂肪的氧化程度直接决定着冷却肉的感官品质。脂肪氧化是肉和肉制品贮藏过程中腐败的主要原因,氧化导致风味和营养价值(主要是脂肪酸和脂溶性维生素)的严重损失。导致脂类氧化的最主要的因素是肌肉内多不饱和脂肪酸的水平,而相比于其他肉类,兔肉的不饱和脂肪酸含量比较高,更容易脂肪氧化。当生肉的TBARS值超过 0.5mg/kg 时,人就能感觉到有氧化异味^[27]。从本实验结果可以看出在随着成熟时间的增加,脂肪氧化程度增加,而快速冷却组的脂肪氧化作用显著低于常规冷却,具体原因需有待进一步研究。

4 结 论

相比于常规冷却处理,快速冷却处理能在6h内加快胴体温度下降速率,8h内减缓pH值下降速率,有利于改善肉的色泽。快速冷却能显著降低胴体的加压失水率,宰后至成熟3d内,快速冷却处理对兔背最长肌的蒸煮损失影响显著,到7d影响不显著。快速冷却能明显降低脂肪氧化作用,对嫩度没有改善作用。

参考文献:

- [1] 夏天兰,蒋其斌,陈燕飞,等.冷却肉的研究进展[J].食品科技,2009,34(3):136-139.
- [2] 朴昌玉.大力发展冷却肉和低温肉制品[J].肉类工业,2007(5):47.
- [3] BIELANSKI P, ZAJAC J, FIJAL J. Effect of genetic variation of growth rate and meat quality in rabbits[C]//7th World Rabbit Congress. Valencia, Spain, 2000: 561-566.
- [4] 周永昌,稽生荣,余金苟.21世纪的兔肉加工业[J].肉类工业,2001(2):46-48.
- [5] 熊国远,朱秀柏,徐幸莲.贮藏温度对兔肉品质变化的影响[J].食品与发酵工业,2007,33(6):158-164.
- [6] 余小颖.常规冷冻贮藏对猪肉保水性和组织结构的影响[J].农业工程学报,2008,24(12):264-268.
- [7] HAMBRECHT E, EISSEN J J, de KLEIN W J H, et al. Rapid chilling cannot prevent inferior pork quality caused by high preslaughter stress[J]. Journal of Animal Science, 2004, 82(2): 551-556.
- [8] FAROUK M M, WIELICZKO K J, MERTS I. Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional

- properties of manufacturing beef[J]. Meat Science, 2004, 66(1): 171-179.
- [9] HONIKEL K O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat[J]. Meat Science, 1998, 49(4): 447-457.
- [10] 熊国远, 朱秀柏. 美系獭兔的胴体性状和肉品质特性研究[J]. 中国畜牧兽医, 2007, 34(5): 69-74.
- [11] LI C B, HUANG M, ZHOU G H, et al. Effects of low-voltage electrical stimulation and rapid chilling on meat quality characteristics of Chinese Yellow crossbred bulls[J]. Meat Science, 2006, 72(1): 9-17.
- [12] 张文红, 彭增起, 吉颜峰, 等. 低压电刺激和冷却方式对猪肉品质特性的影响[J]. 食品工业科技, 2006(7): 89-92.
- [13] BERTRAM H C, DONSTRUP S, KARLSSON A H, et al. Post mortem energy metabolism and pH development in porcine *M. longissimus dorsi* as affected by two different cooling regimes. A ³¹P-NMR spectroscopic study[J]. Magnetic Resonance Imaging, 2001, 19(7): 993-1000.
- [14] LONG V P, TARRANT P V. The effect of pre-slaughter showering and post-slaughter rapid chilling on meat quality in intact pork sides [J]. Meat Science, 1990, 27(3): 181-195.
- [15] 周光宏. 肉品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 115-116.
- [16] P SPRINGER M, CARR M A, RAMSEY C B, et al. Accelerated chilling of carcasses to improve pork quality[J]. Journal of Animal Science, 2003, 81: 1464-1472.
- [17] 陈韬, 周光宏, 徐幸莲. 快速冷却对猪肉品质的影响[J]. 南京农业大学学报, 2006, 29(1): 98-102.
- [18] JUNCHER D, RONN B, MORTENSEN E T, et al. Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of colour and lipid during chill storage of pork[J]. Meat Science, 2001, 58(4): 347-357.
- [19] HUTCHINS B K, LIU T H P, WATTS B M. Effect of additives and refrigeration on reducing activity, metmyoglobin and malonaldehyde of raw ground beef[J]. Food Sci, 1967, 32(2): 214-217.
- [20] 张振江, 方海田, 刘慧燕. 冷却肉肌肉保水性及其影响因素[J]. 肉类研究, 2008, 22(12): 15-19.
- [21] 高淑娟, 毛衍伟, 王秀江, 等. 两段式冷却对牛肉食用品质的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(10): 312-317.
- [22] SPRINGER M P, CARR M A, RAMSEY C B, et al. Accelerated chilling of carcasses to improve pork quality[J]. J Anim Sci, 2003, 81(6): 1464-1472.
- [23] STOIER S, AASLYNG M D, OLSEN E V, et al. The effect of stress during lairage and stunning on muscle metabolism and drip loss in Danish pork[J]. Meat Science, 2001, 59(2): 127-131.
- [24] REES M P, TROUT G R, WARNER R D. The influence of the rate of pH decline on the rate of ageing for pork. I : interaction with method of suspension[J]. Meat Science, 2003, 65(2): 791-804.
- [25] 赵红艳, 葛长荣, 吕东坡, 等. 快速冷却对山羊背最长肌肉品质的影响[J]. 肉类研究, 2008, 22(6): 7-9.
- [26] DRANSFIELD E, LEDWITH M J, TAYLOR A A. Effect of electrical stimulation, hip suspension and ageing on quality of chilled pig meat[J]. Meat Science, 1991, 29(1): 129-139.
- [27] 霍晓娜, 李兴民, 李海芹, 等. 不同部位冷却猪肉中脂肪酸组成与脂肪氧化的变化[J]. 食品科技, 2005, 30(12): 26-30.