

冷却方式对宰后分割牛肉肉用品质的影响

刘腾¹, 邱万伟¹, 张志伟¹, 饶德超¹, 王则金^{1,2*}

(1. 福建农林大学食品科学学院, 福建福州 350002; 2. 福建省农副产品保鲜技术开发基地, 福建福州 350002)

摘要 [目的] 研究不同冷却方式对宰后分割牛肉品质的影响, 为改善牛肉嫩度, 增强食用品质提供理论依据。[方法] 以宰后分割牛肉为材料, 用快速冷却、常规冷却、延迟冷却 3 种冷却方式对宰后分割牛肉进行处理, 于 4 ℃ 冷库成熟 7 d, 考察各冷却方式对牛肉品质的影响。[结果] 经快速冷却处理的分割牛肉由于降温速度快, 2 h 温度降至 4 ℃ 左右时, pH 高于 6.2, 出现肌肉冷收缩现象, 剪切力最大, 在成熟过程中嫩化效果不佳 ($P > 0.05$), 且对肉色影响不大。常规冷却的牛肉降温速率仍较快, 且冷却失重较大。延迟冷却后的牛肉因温度较高, 可以促进牛肉进入僵直期, 随着成熟的进行牛肉的嫩度不断增大, 亮度和红度得到改善, 虽然冷却损失较快速冷却的牛肉大, 但牛肉的嫩度改善程度最大, 牛肉的食用品质最佳。[结论] 延迟冷却很大程度上改善了牛肉嫩度, 增强了牛肉食用品质。

关键词 分割牛肉; 冷却方式; 肉用品质

中图分类号 TS251.4⁺⁴ 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)19-094-04

Effects of Cooling Methods on Quality of Beef Cuts after Slaughtering

LIU Teng¹, QIU Wan-wei¹, ZHANG Zhi-wei¹, WANG Ze-jin^{2*} et al (1. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002; 2. Fujian Agricultural and Sideline Product Fresh-keeping Technology Development Base, Fuzhou, Fujian 350002)

Abstract [Objective] To study the effects of different cooling methods on the quality of beef cuts after slaughtering, and provide theoretical basis for improving the beef tenderness and edible quality. [Methods] Taking beef cuts after slaughtering as materials, treatment was carried out by rapid cooling, conventional cooling and delayed cooling to mature for 7 days at a 4 ℃ cold storage, to evaluate the effects of cooling methods on quality of cut beef. [Results] Due to rapid cooling, the temperature of beef cuts treated by rapid cooling process dropped to 4 ℃ in 2 h, pH was higher than 6.2, cold shrinkage occurred, and shear stress was up to the maximum. The tenderizing effect on beef cuts was not significant during the maturation process ($P > 0.05$), and the effect on cuts color was weak. The cooling speed of beef cuts treated by conventional cooling was still rapid, and beef cuts suffered a large weight loss. Due to the high temperature, the beef cuts treated by delayed cooling entered into stiff stage quickly. Along with the maturity of beef, the tenderness increased, and the lightness and red degree improved. Although the weight loss of beef cuts was greater than the rapid cooling process, the improvement of beef tenderness and consumption quality got up to the maximum. [Conclusion] The beef tenderness and edible quality are both improved by delayed cooling.

Key words Beef cuts; Cooling methods; Meat quality

牛肉是一种蛋白含量高, 而脂肪和胆固醇含量低, 且具有独特风味的红色肉类, 富含多种维生素、矿物质 (Ca、P、Fe、Zn、Mg、K) 以及人体必需氨基酸等营养物质, 消化吸收率较高^[1-2], 其氨基酸组成与猪肉相比更接近人体所需, 是改善人体膳食结构的肉类之一, 深受广大群众的喜爱。在世界许多国家, 牛肉已是肉类消费的主体, 在我国牛肉是第二大肉类食品, 人均消费量仅低于猪肉^[3-4]。冷却肉与热鲜肉、冷冻肉相比, 具有安全卫生、味道鲜美、肉质细嫩等优点。冷却过程是冷却肉生产的关键因素, 对于肉类生产企业, 冷却过程是冷却肉整个生产过程中能源消耗最大的环节。因此, 选择合适的冷却方式, 具有重要的实际意义。

目前比较成熟的冷却肉冷却方式主要有以下几种: ①常规冷却。将宰后牛肉放置在 0~4 ℃ 环境下冷却, 除禽肉外其他肉类屠宰后冷却至胴体中心温度为 4 ℃ 一般需要 24~48 h。孙京新等研究表明, 在常规冷却工艺中, 宰后 45 min 时冷却肉的温度变化与 pH 变化会影响宰后 24 h 时的肉色变化^[5]。②快速冷却。将宰后胴体肉放入 -18~-25 ℃ 的低温库中快速冷却, 胴体肉温度下降至一定温度后转移至较高温度的冷库进行排酸。Joseph 研究表明, 牛肉胴体经快速冷却处理使牛肉剪切力显著增大^[6]。③延迟冷却。屠宰后

的胴体肉不直接放入冷库进行冷却, 而是在环境温度下胴体肉温度缓慢下降一段时间后, 再进入冷库开始冷却的过程。Mallikarjunan 等研究表明, 牛肉经延迟冷却处理感官品质如色泽和嫩度有较大的改善^[7]。笔者以宰后分割牛肉为研究对象, 比较分析不同冷却方式对牛肉成熟期品质的影响, 确定最佳的冷却方式, 改善牛肉嫩度, 提高牛肉食用品质。

1 材料与方法

1.1 材料 供试牛肉 (黄牛), 福建省闽侯县甘蔗屠宰场提供, 屠宰后牛肉取背最长脊后立即运回福建省农副产品保鲜技术开发基地 (福建农林大学校内), 用于试验的牛肉经过分割 (长 × 宽 × 高 = 15.0 cm × 10.0 cm × 5.0 cm) 放入经过灭菌的 PP 塑料托盘, 用 PE 保鲜膜包装后进行冷却, 用于试验的冷库需经臭氧灭菌处理。

主要仪器: TP-214 型电子分析天平 ($d = 0.1$ mg); ATA-GO DPH-2 型 pH 计; UV-1800PC 型紫外可见分光光度计; WSC-S 型色差计; SIGMA 2-16K 通用台式冷冻离心机; TA-XT plus A/MORS 探头; HWS26 型电热恒温水浴锅; NISSN 旋涡混合器; 美国 Delta TRAK 11036 型防水式探针温度计。

1.2 处理方法

1.2.1 常规冷却处理。 将宰后分割并包装的牛肉放入 4 ℃ 冷库进行冷却, 当牛肉中心温度达 4 ℃ 后, 继续成熟至宰后 7 d。

1.2.2 快速冷却处理。 将宰后分割并包装的牛肉先放入 -20 ℃ 冷库进行初步冷却, 当牛肉中心温度达 4 ℃ 时, 迅速

作者简介 刘腾 (1990-), 女, 山东淄博人, 硕士研究生, 研究方向: 农产品保鲜原理与技术。* 通讯作者, 教授, 博士生导师, 从事农产品贮藏保鲜工程、制冷工程、食品机械研究。

收稿日期 2016-04-26

转移至 4 ℃ 冷库成熟 7 d。

1.2.3 延迟冷却处理。将宰后分割并包装的牛肉先放入 10 ℃ 冷库,牛肉中心温度降至 10 ℃ 时,转移至常规冷却冷库进行冷却,当中心温度达 4 ℃ 时,继续成熟至宰后 7 d。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 pH 的测定^[8]。取一定量肉样用组织捣碎机充分搅碎后,将 pH 计电极插入搅碎的肉样中,与肉样充分接触,待 pH 计读数稳定后记录数据。每次 pH 读数需要精确到 0.01,每组肉样平行测定 3 次,取其平均值。

1.3.2 中心温度的测定。牛肉宰后进行分割处理,放入冷库进行冷却后用探针型数字温度计每 3 h 记录牛肉胴体的中心温度。

1.3.3 保水性的测定。

1.3.3.1 冷却失重。宰后分割牛肉冷却前称重记为 M_1 ,冷却结束后再次称重记为 M_2 ,冷却过程中失重 (W_A) 按以下公式计算:

$$W_A = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

1.3.3.2 蒸煮损失^[9]。切取去除脂肪和结缔组织的肉样 10 g 左右,称重记为 M_3 ,放入 85 ℃ 恒温水浴锅内加热,当肉样中心温度达到 75 ℃ 时,保持 5 min 后取出,冷却至室温后再次称重记为 M_4 ,每组测定 3 次,取平均值。蒸煮损失 (P_B) 计算公式为:

$$P_B = \frac{M_3 - M_4}{M_3} \times 100\%$$

1.3.4 剪切力值的测定^[10]。将牛肉样品表面脂肪及结缔组织去除,取厚度为 3 cm 的肉样,并装入塑料自封袋,放在 80 ℃ 的水浴锅中恒温加热,直至肉样中心温度达到 75 ℃,保持 5 min,冷却至室温。用质构仪 A/MORS 探头测定剪切力值,每个肉样平行测定 3 次,取平均值。

1.3.5 色泽的测定。切去肉样新鲜切面,用色差计测定肉样的亮度 (L^*)、红度 (a^*)、黄度 (b^*),每组测定 3 次,取平均值。

1.3.6 肌原纤维小片化指数 (MFI) 的测定^[11]。取 4 g 充分剪切并去除脂肪和结缔组织的肉样,加入 10 倍体积 2 ℃ 的分离介质中 (分离介质含 100 mmol/L KCl、20 mmol/L K_3PO_4 、0.1 mmol/L EDTA、1 mmol/L $CaCl_2$ 溶液,用 HCl 调节 pH 为 7.0),用组织捣碎机打碎搅匀;匀浆在 1 000 r/min 离心 15 min 后,缓慢倒出上清液,将沉淀中再次加入 10 倍体积的分离介质,用玻璃棒搅拌成悬液,再在 1 000 r/min 离心 15 min,倒出上清液并与第 1 次的上清液合并;将沉淀中加入 2.5 倍体积的分离介质后制成悬液,过 200 目筛网去除多余结缔组织等,继续加入 2.5 倍体积分离介质倒至筛网,使得肌原纤维通过筛孔。制得的肌原纤维一份等分悬液用分离介质稀释至蛋白浓度为 (0.50 ± 0.05) mg/mL,用双缩脲法测定蛋白质浓度;另一份等分肌原纤维悬液稀释后摇匀,立即用紫外分光光度计在波长 540 nm 处测定其吸光度值。肌原纤维小片化指数以每 0.5 mg/mL 的肌原纤维蛋白质浓度

的吸光度值乘以 200 记录。

1.3.7 统计与分析。使用 Microsoft Excel 2007 对数据进行分析并作图,通过 DPS V3.01 数据处理系统对数据进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同冷却方式对宰后分割牛肉 24 h 内中心温度的影响 牛肉胴体僵直前期冷却方式影响肌肉的僵直性质,肌肉僵直的收缩程度与温度有很大关系。如图 1 所示,快速冷却在 2 h 后,中心温度低于 4 ℃,明显降低了宰后牛肉胴体的中心温度 ($P < 0.01$),牛肉胴体温度下降速率过快容易产生肌肉的冷收缩。Bendall 研究表明,牛肉的 pH 在降低到 6.2 以下之前,中心温度低于 10 ℃ 极易产生冷收缩导致牛肉嫩度大大降低,并建议牛肉胴体完全僵直前或宰后 15 h 内,中心温度不低于 12 ℃,可预防冷收缩的产生^[12],但 Bendall 的研究是用宰后未分割的牛肉进行冷却,所以时间的控制与宰后分割肉冷却不同。

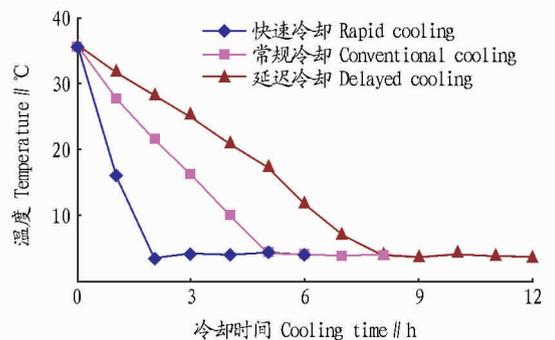


图 1 冷却方式对牛肉中心温度影响

Fig. 1 Effect of cooling methods on central temperature of beef cuts

常规冷却在宰后 5 h 胴体中心温度降至 4.6 ℃;延迟冷却在宰后 5.5 h 胴体温度降至 15 ℃ 左右,转移至 0 ℃ 冷库继续冷却 2.0 h 后,胴体温度下降至 4.1 ℃;延迟冷却方式有效减缓 ($P < 0.05$) 了牛肉宰后僵直前期胴体温度下降速度。Geesink 等^[13]、罗欣等^[14]的研究认为,宰后牛肉在 24 h 内冷却过程中 pH 与温度之间的相互关系是决定牛肉嫩度的关键因素,所以,不同冷却方式温度下降速率不能只作为试验过程中对牛肉品质影响的唯一因素。

2.2 不同冷却方式对宰后分割牛肉 24 h 内 pH 的影响 宰后分割牛肉通过不同冷却方式处理,pH 的下降速率各不相同。通过 O'Halloran 等的研究认为,pH 对肌肉中蛋白酶等内源酶活性有很大影响,牛肉嫩度的差异可能由宰后冷却过程中 pH 下降速率的差异引起^[15]。所以,选择合理的 pH 下降速率对牛肉的嫩度有利。

如图 2 所示,宰后 6 h 内,快速冷却与常规冷却的 pH 下降不显著 ($P > 0.05$)。由于低温抑制酶的活性,使糖酵解速率降低,进入僵直期需要时间较长。但延迟冷却与其他 2 种冷却方式相比,温度下降速率的减小显著加快牛肉胴体 pH 的下降 ($P < 0.05$),这是由于较高温度可提高宰后牛肉的内源酶活性,从而增大糖酵解速率,使 pH 下降较快,加快进入

僵直期。

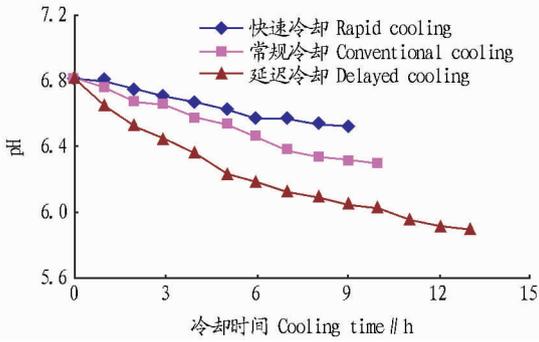


图2 冷却方式对牛肉 pH 影响

Fig.2 Effect of cooling methods on pH value

延迟冷却处理的牛肉胴体在 5 h 后 pH 为 6.24, 此时胴体中心温度为 17.6 °C, 进入僵直期前, 牛肉胴体温度控制在 15 ~ 18 °C。Devine 等对牛肉胴体在不同温度下进入僵直期牛肉嫩度的影响研究表明, 在 15 °C 下进入僵直期牛肉的肌纤维收缩程度小, 成熟后牛肉的嫩度最大。在进入僵直期前胴体中心温度低于 14 °C 会产生冷收缩, 产生肌肉痉挛, 肌肉韧度增大。同样, 在进入僵直期前胴体温度高于 20 °C 也会产生热收缩现象, 导致肌肉韧度增大。

通过快速冷却和常规冷却处理的宰后分割牛肉, 在胴体进入僵直期前, 由于温度下降速率过快, pH 未降至 6.2 °C 时温度已降至 4 °C, 这会导致在低温高 pH 条件下, 肌肉中肌浆网内的 Ca^{2+} 不能及时释放, 不断堆积的 Ca^{2+} 激活肌动球蛋白 ATP 酶, 从而产生肌肉痉挛, 肌纤维迅速收缩, 牛肉嫩度增大, 且在成熟阶段不能恢复, 影响牛肉品质。

2.3 不同冷却方式对宰后分割牛肉保水性的变化影响

2.3.1 不同冷却方式对宰后分割牛肉冷却失重的影响。如表 1 所示, 不同冷却方式对宰后分割牛肉的冷却失重影响不同, 快速冷却的牛肉冷却失重比常规冷却和延迟冷却的牛肉冷却失重显著减小 ($P < 0.05$), 分别减小 16.3% 和 18.2%。这可能是由于快速冷却处理, 使牛肉胴体温度下降速率增大, 在较低环境温度下牛肉表面会形成一层冰膜, 减小了水分的蒸发。此结果与 Janz 等研究结果相一致^[16]。但 Li 等的研究认为, 快速冷却与常规冷却的冷却失重不存在差异性^[17], 这可能由于 Li 的研究样品是未经分割的宰后牛肉胴体, 其温度和 pH 的下降速率不同引起。

表1 不同冷却方式对牛肉冷却失重的影响

Table 1 Effect of different cooling methods on cooling weight loss of beef cuts

编号 No.	冷却方式 Cooling method	冷却失重 Weight loss // %
1	快速冷却	1.08 ± 0.35 a
2	常规冷却	1.29 ± 0.28 b
3	延迟冷却	1.32 ± 0.18 b

注: 不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

Note: small letters denote significant difference at 0.05 level.

常规冷却和延迟冷却之间宰后分割牛肉的冷却失重没有明显差异 ($P > 0.05$), 这与王玉宁等研究结果统一^[18]。

Simmons 等认为, 降低干耗, 可以增加脂肪覆盖率, 减小瘦肉中的水分蒸发, 瘦肉比肥肉的保水性更差^[19]。

2.3.2 不同冷却方式对宰后分割牛肉蒸煮损失的影响。如图 3 所示, 宰后分割牛肉经过不同冷却方式处理后, 在成熟过程中, 3 组牛肉之间蒸煮损失的差异不明显 ($P > 0.05$)。与常规冷却方式相比, 延迟冷却没有对牛肉胴体的蒸煮损失有负面影响, 这与王玉宁等的研究结果相矛盾^[18], 可能原因是由于延迟冷却温度、冷却时间和取样大小不同, 降温速率不同引起。

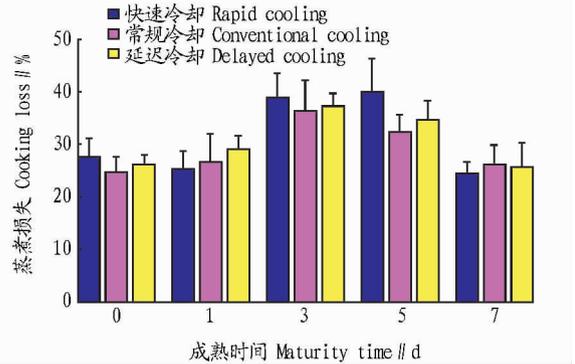


图3 冷却方式对牛肉蒸煮损失的影响

Fig.3 Effect of cooling methods on cooking loss of beef cuts

经快速冷却处理的牛肉, 蒸煮损失没有明显增大, 这与 Geesink 等的研究结果统一^[13], 他们认为进入僵直过程不同处理温度对牛肉的蒸煮损失没有显著性影响, 随成熟过程的不断进行, 蒸煮损失逐渐增大。可能是由于在成熟嫩化过程中肌肉骨架蛋白结构被破坏, 蛋白质变性, 结合水能力降低, 水分被逐渐释放直至达到稳定。

2.4 不同冷却方式对宰后分割牛肉剪切力值的变化影响 剪切力值是评价牛肉嫩度的重要指标之一。如图 4 所示, 快速冷却和常规冷却的宰后分割牛肉剪切力均呈先上升后下降趋势, 而延迟冷却则随着成熟时间延长, 剪切力逐渐减小。这是由于延迟冷却可以加速牛肉胴体进入僵直期, 随后进行成熟嫩化过程, 常规冷却和延迟冷却由于低温使牛肉进入僵直期较慢, 在宰后 2 d 内仍处于僵直期, 所以剪切力值在开始呈上升趋势。

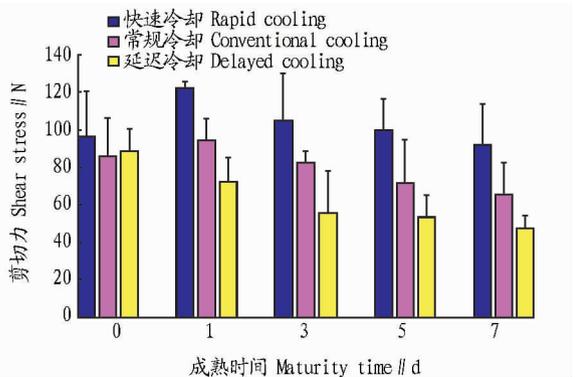


图4 冷却方式对牛肉剪切力的影响

Fig.4 Effect of cooling methods on shear stress of beef cuts

快速冷却处理的宰后分割牛肉与常规冷却和延迟冷却

相比显著增加了牛肉剪切力值($P < 0.05$),牛肉嫩度降低,这与 Janz 等的研究结果一致^[16]。如图 4 所示,随着成熟时间的延长,快速冷却的牛肉剪切力下降不显著,成熟过程并不能改善牛肉的嫩度。但 Jane 等的研究认为,快速冷却导致的嫩度下降,可通过成熟时间的延长所改善,但成熟时间需要 14 d 左右。毛衍伟^[20]、高淑娟^[21]、Tomberg^[22]认为,为防止快速冷却导致的牛肉冷收缩现象,可以采取对牛肉胴体进行宰前电刺激等措施,促进尸僵,提高牛肉的嫩度。

经延迟冷却处理的宰后分割牛肉的剪切力值在 1~3 d 显著下降($P < 0.05$),延迟冷却对牛肉的成熟嫩化有积极影响,促使牛肉成熟过程提前进行。随着成熟时间的延长,剪切力值均显著低于常规冷却和快速冷却($P < 0.05$),这是由于在较高温度下冷却时,促进肌糖原酵解的内源酶活性被激活,从而使糖酵解和肌纤维降解速度增大。

2.5 不同冷却方式对宰后分割牛肉色泽的变化影响

2.5.1 不同冷却方式对宰后分割牛肉 L^* 值的变化影响

如图 5 所示,经冷却处理的牛肉在成熟过程中, L^* 值均呈先上升后缓慢下降的趋势。快速冷却方式处理的宰后分割牛肉在成熟过程中 L^* 值与常规冷却对比,没有显著差异($P > 0.05$),说明快速冷却过程对分割牛肉的亮度没有负面影响,但 Janz 的研究认为,经快速冷却的牛肉在成熟过程会使肉色变暗,这一结论与该研究结果相矛盾,原因可能是因为样品大小和冷却温度不同造成的差异。延迟冷却处理的宰后牛肉样品在成熟过程中, L^* 值显著高于快速冷却($P < 0.05$)和常规冷却($P < 0.05$),在成熟第 1 和 3 天时, L^* 值显著上升($P < 0.05$)。这可能是由于宰后牛肉进入僵直期前在较高温度下冷却,pH 下降速率较快,使得某些蛋白质变性后对牛肉颜色有一定的改善作用。

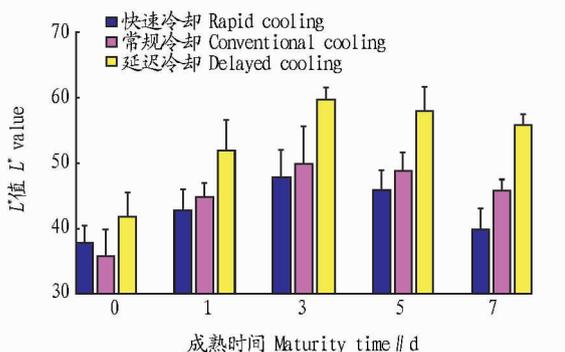


图 5 冷却方式对牛肉 L^* 值的影响

Fig. 5 Effect of cooling methods on L^* value of beef cuts

2.5.2 不同冷却方式对宰后分割牛肉 a^* 值的变化影响

如图 6 所示,经冷却后的牛肉随成熟时间延长, a^* 值均先下降后上升,但变化程度并不明显($P > 0.05$)。延迟冷却处理后成熟的牛肉 a^* 值显著高于常规冷却和快速冷却的牛肉,这可能是由于温度与 pH 相互影响促进肌肉中氧合肌红蛋白的形成,使肉色的红度增加。快速冷却与常规冷却之间肉色红度的变化不显著($P > 0.05$)。

2.5.3 不同冷却方式对宰后分割牛肉 b^* 值的变化影响

如

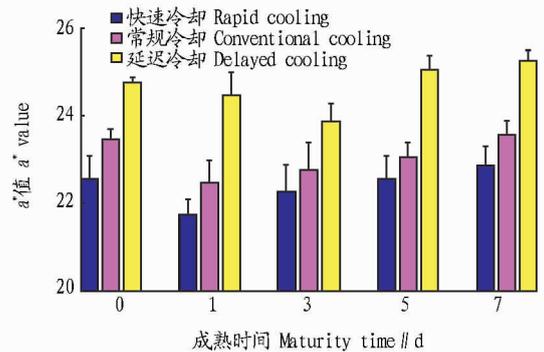


图 6 冷却方式对牛肉 a^* 值的影响

Fig. 6 Effect of cooling methods on a^* value of beef cuts

图 7 所示,不同冷却方式对宰后分割牛肉的 b^* 值的影响不显著,随成熟时间的不断延长,牛肉的 b^* 值均先增加后减小。此研究结果与 Aalhus 等的研究结果一致^[23]。

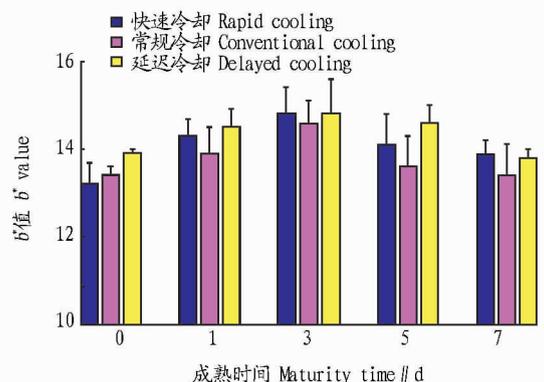


图 7 冷却方式对牛肉 b^* 值的影响

Fig. 7 Effect of cooling methods on b^* value of beef cuts

2.6 不同冷却方式对宰后分割牛肉 MFI 值的变化影响

如图 8 所示,随着成熟过程的进行,不同冷却方式的牛肉 MFI 值均呈上升趋势,这是由于成熟过程中,肌纤维不断

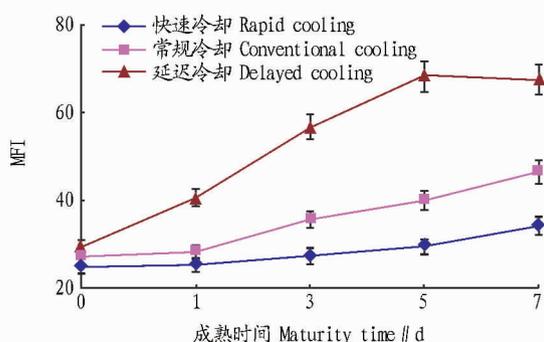


图 8 冷却方式对牛肉 MFI 值的影响

Fig. 8 Effect of cooling methods on MFI value of beef cuts

被内源酶破坏,纤维长度不断变短使牛肉嫩度逐渐增加,从而提高牛肉的食用品质。经延迟冷却处理的牛肉随成熟时间延长,在成熟 1~5 d,肌原纤维小片化增加明显($P < 0.05$),不断完成成熟嫩化过程;5~7 d 时,肌原纤维小片化变化程度趋于平稳,这是由于在随成熟过程的进行源酶不断

(下转第 116 页)

菌丝体生物量总体低于该研究的结果,这可能与菌种、培养条件(温度、转速、培养时间等)及培养基主要成分的来源(如玉米渣品质)不同有关。采用V号培养基作基础培养基也能获得较好的效果(液体培养菌丝体干重为10.25 g/L),但杨小方等^[8]用该基础培养基进行脱皮马勃液体培养,发现不同培养条件下所测得的菌丝体干重差异较大(5.3~28.0 g/L),说明在基础培养基上改变碳源和氮源、添加无机盐的种类及比例、优化组合不同条件等对结果均有很大影响。以III号培养基作基础培养基,液体培养仅获得2.17 g/L的菌丝体干重,可能与配方中碳源比例不足有关。VII号培养基接种后未见生长,可能与缺乏氮源有关。

从固体培养的菌落直径同样可以看出,IV号培养基相比其他培养基生长更为快速,这与生物量测定所反映出的结果一致,但III号和VI号培养基的菌落直径大小与其鲜重、干重并不成正比,可能与培养基不同导致菌丝体积累的干物质量不同有较大关系。孔超等^[10]对马勃464菌株进行固体培养,发现培养基中采用不同碳源或不同氮源时,对菌丝体日均生长量具有较大影响。

在基础培养基上,通过单因素试验或正交试验进行培养基配方和培养条件优化,可以大幅度提高菌丝体生物

量^[7-8],因此,该研究筛选获得的IV号培养基可以作为漏斗形马勃的基础培养基,有利于进一步开展最适碳氮源及最佳碳氮比筛选、无机盐添加以及培养条件优化等研究。

参考文献

- [1] 邓志鹏,孙隆儒. 中药马勃的研究进展[J]. 中药材,2006,29(9): 996-998.
- [2] 郭晶,江蔚新,范明松. 马勃化学成分及药理作用研究进展[J]. 现代医药卫生,2013,29(3):386-389.
- [3] ASGOK C, JAYASHREE K K, SUMA J, et al. Antibacterial, antifungal and preliminary phytochemical investigation of *Lycoperdon umbrinum* [J]. World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences, 2014, 3(3): 2105-2120.
- [4] 贺新生. 四川盆地食药药用菌图志[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 197-200.
- [5] 张帆,王淑敏. 大马勃菌种液体发酵培养条件的研究[J]. 中国食用菌, 2011,30(3):34-36.
- [6] 张华山,余响华,李亚芳,等. 土豆粉在白马勃液体培养中的应用研究[J]. 武汉工业学院学报,2006,25(1):39-41.
- [7] 王涛,田文,游玲,等. 大马勃深层培养条件初探[J]. 食用菌,2009,31(2):13-14.
- [8] 杨小方,薛璟,徐广忠,等. 马勃液体培养条件的研究[J]. 包装与食品机械,2009,27(5):106-110.
- [9] 张玲. 微生物学试验指导[M]. 北京: 北京交通大学出版社, 2007: 35-36.
- [10] 孔超,王丽华,宋爱荣,等. 马勃菌丝体碳氮源利用的研究[J]. 食用菌,2011,19(3):22-24.
- [11] 林谦,戴求仲,蒋桂韬,等. 玉米及其加工副产品的营养价值评定[J]. 中国饲料,2013(4):18-21.

(上接第97页)

消耗完全,使得蛋白质降解逐渐停止。经快速冷却和常规冷却处理的宰后分割牛肉,由于肌肉温度下降速率快,使肌肉进入僵直期时间较长,蛋白酶的活性较低,肌原纤维小片化指数变化不明显($P > 0.05$)。

3 结论与讨论

牛肉的嫩度是消费者评价牛肉食用品质高低的重要指标,影响牛肉嫩度的因素诸多,不仅受生理因素(如:肉牛品种、年龄等)影响,牛肉屠宰后不同的冷却方式对牛肉的嫩度也有显著影响。该试验对宰后分割牛肉分别采用快速冷却、常规冷却和延迟冷却3种冷却方式处理。快速冷却处理对宰后分割牛肉的冷却失重和肉色影响不显著,但由于分割肉冷却速率较快,抑制肌肉中的内源酶活性,使糖酵解速度缓慢,pH降低速率小,导致肌纤维发生痉挛产生冷收缩,剪切力变大,且在成熟7d后嫩化效果不明显。延迟冷却处理与常规冷却相比,宰后早期胴体温度下降速率较小,肌肉在较高温度下,内源酶活性较大,使糖酵解速度较快,进入僵直期所需要时间短。当中心温度达到15℃左右时转移至常规冷却温度下继续冷却,使肌肉完全僵直。此种冷却方式处理后经成熟的牛肉的肌原纤维小片化指数显著高于其他2种冷却方式,且嫩度最大,牛肉的食用品质最佳。

参考文献

- [1] 周光宏,罗欣,徐幸莲,等. 肉品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [2] 林清. 牛肉的营养价值[J]. 中国牛业科学,2013(1):66.
- [3] 时廷鑫. 中国牛肉消费现状及其影响因素分析[J]. 农场经济管理,2008(4):53-55.
- [4] 李建. 中国牛肉消费特征及其影响因素研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2006.
- [5] 孙京新,汤晓艳,周光宏,等. 宰后冷却工艺对冷却猪肉肉色、质量分类

- 的影响[J]. 农业工程学报,2006,22(8):203-208.
- [6] JOSEPH R L. Very fast chilling of beef and tenderness: A report from an EU concerted action [J]. Meat science,1996,43:217-227.
- [7] MALLIKARJUNAN P, MITTAL G S. Selection criteria for beef carcass chilling [J]. Food research international,1996,29(7):661-666.
- [8] 曾志宏. 肉的品质与pH值的相关性[J]. 肉类工业,2001(1):31-32.
- [9] 汤晓艳,周光宏,徐幸莲. 不同质量等级的中国黄牛肉在成熟过程中的品质变化研究[J]. 食品科学,2005,26(4):66-69.
- [10] 刘汉丽,张红霞,韩玲,等. 甘南牦牛肉成熟过程中剪切力、钙激活酶变化规律分析[J]. 畜牧兽医学报,2013,32(1):31-32.
- [11] 刘佳东,余群力,李永鹏. 宰后冷却对牦牛肉排酸过程中肉用品质的变化[J]. 甘肃农业大学学报,2011,46(2):111-114.
- [12] BENDALL J R. Variability in rates of pH fall and of lactate production in the muscles on cooling beef carcasses [J]. Meat science,1978,2(2):91-104.
- [13] GEESINK G H, BEKHIT A D, BICKERSTAFFE R. Rigor temperature and meat quality characteristics of lamb longissimus muscle[J]. Journal of animal science,2000,78(11):2842-2848.
- [14] 罗欣,周光宏. 电刺激和延迟冷却对牛肉食用品质的影响[J]. 中国农业科学,2008,41(1):188-194.
- [15] O' HALLORAN G R, TROY D J, BUCKLEY D J. The relationship between early post-mortem pH and the tenderisation of beef muscles [J]. Meat science,1997,45(2):239-251.
- [16] JANZ J A M, AALHUS J L, PRICE A M. Meat quality of bison(*Bison bison bison*) longissimus thoracis et lumborum following very fast chilling [J]. Canadian journal of animal science,2002,82:327-337.
- [17] LI C B, LI J, LI X, et al. Effect of low-voltage electrical stimulation after dressing on color stability and water holding capacity of bovine longissimus muscle[J]. Meat science,2011,88(3):559-565.
- [18] 王玉宁,罗欣,张先锋,等. 延迟冷却对牛肉品质影响的研究[J]. 食品与发酵工业,2006,32(5):147-150.
- [19] SIMMONS N J, DALY C C, CUMMINGS T L, et al. Reassessing the principles of electrical stimulation [J]. Meat science,2008,80:110-122.
- [20] 毛衍伟. 快速冷却和电刺激对牛肉品质的影响及其机理研究[D]. 泰安: 山东农业大学,2011.
- [21] 高淑娟. 两段式冷却及电刺激对牛肉食用品质和肌原纤维超微结构的影响[D]. 泰安: 山东农业大学,2009.
- [22] TORNBERG E. Biophysical aspects of meat tenderness[J]. Meat science,1996,43:175-191.
- [23] AALHUS J L, ROBERTSON W M, DUGAN M E R. Very fast chilling of beef carcasses [J]. Canadian journal of animal science,2002,82:59-67.