

# 不同温度贮藏热鲜肉品质变化比较

金鑫, 禹迎迎, 徐幸莲, 周光宏\*

(南京农业大学 肉品加工与质量控制教育部重点实验室, 江苏 南京 210095)

**摘要:** 比较研究 25、20、15、10℃ 和 4℃ 五种贮藏温度下的热鲜肉在食用品质(蒸煮损失率、剪切力、肉色)、pH 值、挥发性盐基氮(TVB-N)和微生物上的差异。结果表明: 25、20℃ 和 15℃ 热鲜肉无最佳消费时段, 10℃ 和 4℃ 最佳消费时段分别在 36h 和 48~72h 左右; 25、20、15、10℃ 和 4℃ 的热鲜肉一级鲜消费时段分别在 12、18、36、48h 和 96h 内。在 48h 内, 10℃ 贮藏的热鲜肉与 4℃ 贮藏相比, 在蒸煮损失率、肉色( $L$  值和  $a$  值)和 TVB-N 值方面无显著差异, 且剪切力变化优于 4℃ 贮藏的热鲜肉。

**关键词:** 贮藏; 温度; 热鲜肉; 猪肉; 食用品质

## Quality Change of Fresh Pork at Different Storage Temperatures

JIN Xin, YU Ying-ying, XU Xing-lian, ZHOU Guang-hong\*

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

**Abstract:** In order to examine the quality of fresh pork on the market, eating quality parameters including cooking loss, shear force, color, pH, total volatile basic nitrogen (TVB-N) and total bacterial count of fresh pork stored at 25, 20, 15, 10 °C and 4 °C were analyzed comparatively. The results showed that fresh pork stored at 25, 20 °C and 15 °C did not reveal the optimal consumption time; however, fresh pork stored at 10 °C and 4 °C revealed the optimal consumption time after storage for 36 hours and 48–72 hours, respectively. Fresh pork stored at 25, 20, 15, 10 °C and 4 °C could maintain the optimal consumption time within 12, 18, 36, 48 hours and 96 hours. Within 48 hours, fresh pork stored at 10 °C had no significant difference in cooking lose, color ( $L^*$  value and  $a^*$  value) and TVB-N, but had better shear force when compared with the fresh pork stored at 4 °C.

**Key words:** storage; temperature; fresh pork; edible quality

中图分类号: TS251.51

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)16-0261-05

热鲜肉是指宰后胴体未经预冷而直接上市销售的鲜肉<sup>[1-2]</sup>。“半夜宰猪, 早市卖肉”, 自古以来, 中国人早已习惯了消费热鲜肉。2009 年我国肉类总产量为 7649 万吨, 猪肉占 63.9%<sup>[3]</sup>。在生鲜猪肉中, 热鲜肉的市场占有率在 60% 以上, 而近年市场占有率有所增加的冷却肉只占 15%<sup>[4]</sup>。可见, 我国生鲜猪肉的消费结构在较长一段时间内还是以热鲜肉为主, 但是鲜见针对我国目前热鲜肉品质的研究。本实验比较研究在 25、20、15、10℃ 和 4℃ 贮藏的热鲜肉在品质上的差异, 为我国鲜肉的生产销售、消费食用及市场监督提供一定理论指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

收稿日期: 2011-06-20

基金项目: 国际科技合作项目(2009DFA31770)

作者简介: 金鑫(1985—), 男, 硕士研究生, 研究方向为肉类加工与安全。E-mail: 2009108079@njau.edu.cn

\* 通信作者: 周光宏(1960—), 男, 教授, 博士, 研究方向为肉品科学。E-mail: ghzhou@njau.edu.cn

宰后 1h 的第 6~11 根肋骨处的猪背最长肌 孝陵卫屠宰厂; 营养琼脂 北京陆桥技术有限公司; 所用常规化学试剂均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

pH-211 酸度计 意大利 Hanna 公司; Testo735 热电偶 德国 Testo 公司; C-II G 型全自动测色色差仪 日本 Minolta 公司; 低温生化培养箱(控温精度±0.1℃, 温度均匀度±1℃) 上海 STIK 设备有限公司; GM200 碾磨仪 德国 Retsch 公司; KJELTEC2300 全自动定氮仪 瑞典 Foss 公司; YYW-2 型剪切力仪 南京土壤仪器有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 样品采集与贮藏

选取宰后 1h 内的猪背最长肌(第 6~11 根肋骨处),

修整成5cm × 5cm × 12cm长条,盛在塑料盘内,盘口覆盖一层保鲜膜(氧气透过率14483cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> · 24h · atm),水蒸气透过量54g/(m<sup>2</sup> · 24h)),分别贮藏在25、20、15、10℃和4℃生化培养箱内,每隔一定时间取出肉样,测定指标值,待感官评定肉样发生刺鼻异味时,结束测定。

### 1.3.2 剪切力测定

参考周光宏等<sup>[5]</sup>的方法,将肉样分割成2.54cm × 4cm × 4cm的肉块,浸没在80℃水浴锅内至中心温度达70℃时取出,冷却至室温,用1.27cm取样器沿肌纤维方向切取肉柱,用剪切力仪测定剪切力。

### 1.3.3 蒸煮损失率测定

将肉样分割成2.5cm × 4cm × 4cm的肉块,置于蒸煮袋内,抽去袋内空气,使肉块表面与蒸煮袋紧贴,密封袋口,没入75℃水浴锅中保持30min,将肉块取出放置至室温,用滤纸擦去表面水分后称质量,用下式计算蒸煮损失率:

$$\text{蒸煮损失率}/\% = \frac{\text{肉块水浴煮制前质量} - \text{肉块水浴煮制后质量}}{\text{肉块水浴煮制前质量}} \times 100$$

### 1.3.4 肉色测定

参考李春保等<sup>[2]</sup>的方法,采用CIE  $L^*a^*b^*$ 法测定,每块肉样选取6点,分别用色差仪测定肉色值: $L^*$ 值(亮度)、 $a^*$ 值(红度)和 $b^*$ 值(黄度)。

### 1.3.5 挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)测定

参考姬勇<sup>[6]</sup>的方法,称取10g肉样加100mL蒸馏水

匀浆,浸渍30min后过滤,利用全自动定氮仪测定TVB-N值含量。

### 1.3.6 pH值测定

按1.3.5节方法制备肉样匀浆,未浸渍30min前测定pH值。

### 1.3.7 微生物测定

参考《食品卫生微生物学检验:肉与肉制品检验》进行微生物计数<sup>[7]</sup>。

### 1.3.8 统计分析

采用单因素方差分析和多变量间的相关分析,SPSS 13.0进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同贮藏温度条件下热鲜猪肉剪切力比较

如表1所示,刚贮藏时(0h)的肉样剪切力无显著差异,随着贮藏时间推移,各温度下的剪切力呈现先上升后下降的趋势。25、20℃和15℃条件下,肉样剪切力随时间上升较快,25℃贮藏肌肉剪切力值在12h时达到最大,20℃和15℃贮藏肌肉剪切力值最大出现在18h,而10℃和4℃贮藏肌肉剪切力值最大出现在24h。

### 2.2 不同贮藏温度条件下热鲜猪肉蒸煮损失率的比较

如表2所示,刚贮藏时(0h)肉样蒸煮损失率无显著差异,蒸煮损失率在22%~23%。25℃贮藏肉样的蒸煮损失率上升较快,18h达到最大值32.3%;其他4组蒸煮损失率的变化差异不显著,肉样的最大蒸煮损失率都在(29.5 ± 1)%内。

### 2.3 不同贮藏温度条件下热鲜猪肉pH值的比较

表1 不同温度贮藏热鲜猪肉剪切力的变化

Table 1 Shear force change of fresh pork stored at different temperatures

温度/℃	时间/h									
	0	6	12	18	24	36	48	72	96	120
25	3.730 ± 0.149 <sup>a</sup>	5.053 ± 0.189 <sup>a</sup>	5.694 ± 0.046 <sup>a</sup>	5.227 ± 0.034 <sup>b</sup>	4.467 ± 0.327 <sup>c</sup>	—	—	—	—	—
20	3.553 ± 0.215 <sup>a</sup>	4.860 ± 0.120 <sup>a</sup>	5.368 ± 0.096 <sup>b</sup>	5.514 ± 0.061 <sup>a</sup>	4.469 ± 0.091 <sup>c</sup>	—	—	—	—	—
15	3.597 ± 0.057 <sup>a</sup>	4.896 ± 0.107 <sup>a</sup>	5.125 ± 0.065 <sup>c</sup>	5.378 ± 0.054 <sup>a</sup>	4.892 ± 0.095 <sup>b</sup>	4.376 ± 0.057 <sup>a</sup>	3.663 ± 0.165 <sup>a</sup>	—	—	—
10	3.540 ± 0.021 <sup>a</sup>	4.369 ± 0.011 <sup>b</sup>	4.809 ± 0.074 <sup>d</sup>	5.041 ± 0.161 <sup>c</sup>	5.440 ± 0.025 <sup>a</sup>	3.087 ± 0.198 <sup>b</sup>	3.281 ± 0.343 <sup>a</sup>	3.101 ± 0.023 <sup>a</sup>	—	—
4	3.532 ± 0.109 <sup>a</sup>	4.428 ± 0.373 <sup>b</sup>	5.145 ± 0.282 <sup>b,c</sup>	5.382 ± 0.097 <sup>b</sup>	5.624 ± 0.048 <sup>a</sup>	4.490 ± 0.216 <sup>a</sup>	3.128 ± 0.087 <sup>a</sup>	3.210 ± 0.347 <sup>a</sup>	2.928 ± 0.104	2.711 ± 0.201

注:同一列中肩标不同字母表示差异显著,  $P < 0.05$ ; “—”表示未测定。下同。

表2 不同温度贮藏热鲜猪肉蒸煮损失率的变化

Table 2 Cooking loss change of fresh pork stored at different temperatures

温度/℃	时间/h									
	0	6	12	18	24	36	48	72	96	120
25	22.1 ± 0.009 <sup>a</sup>	29.7 ± 0.052 <sup>a</sup>	31.8 ± 0.029 <sup>a</sup>	32.3 ± 0.008 <sup>a</sup>	30.6 ± 0.010 <sup>a</sup>	—	—	—	—	—
20	22.6 ± 0.003 <sup>a</sup>	27.0 ± 0.011 <sup>a</sup>	27.9 ± 0.006 <sup>b</sup>	29.9 ± 0.018 <sup>b</sup>	29.5 ± 0.039 <sup>a</sup>	—	—	—	—	—
15	22.0 ± 0.003 <sup>a</sup>	25.4 ± 0.008 <sup>a</sup>	27.7 ± 0.018 <sup>b</sup>	28.0 ± 0.020 <sup>b</sup>	28.2 ± 0.010 <sup>a</sup>	30.3 ± 0.009 <sup>a</sup>	31.1 ± 0.009 <sup>a</sup>	—	—	—
10	22.9 ± 0.016 <sup>a</sup>	23.6 ± 0.025 <sup>a</sup>	26.9 ± 0.006 <sup>b</sup>	28.4 ± 0.004 <sup>b</sup>	29.4 ± 0.018 <sup>a</sup>	29.7 ± 0.008 <sup>a</sup>	29.6 ± 0.009 <sup>a</sup>	29.6 ± 0.008 <sup>a</sup>	—	—
4	22.7 ± 0.023 <sup>a</sup>	24.6 ± 0.014 <sup>a</sup>	26.6 ± 0.003 <sup>b</sup>	27.9 ± 0.008 <sup>b</sup>	28.6 ± 0.019 <sup>a</sup>	30.4 ± 0.003 <sup>a</sup>	30.1 ± 0.001 <sup>a</sup>	28.6 ± 0.004 <sup>a</sup>	28.4 ± 0.001	28.8 ± 0.011

表3 不同温度贮藏热鲜猪肉 pH 值的变化  
Table 3 pH change of fresh pork stored at different temperatures

温度/℃	时间/h									
	0	6	12	18	24	36	48	72	96	120
25	6.130 ± 0.053 <sup>a</sup>	5.690 ± 0.142 <sup>c</sup>	5.550 ± 0.111 <sup>c</sup>	5.723 ± 0.064 <sup>b</sup>	5.870 ± 0.046 <sup>a</sup>	—	—	—	—	—
20	6.180 ± 0.028 <sup>a</sup>	5.780 ± 0.014 <sup>a</sup>	5.685 ± 0.021 <sup>c</sup>	5.565 ± 0.120 <sup>c</sup>	5.855 ± 0.064 <sup>a</sup>	—	—	—	—	—
15	6.193 ± 0.031 <sup>a</sup>	6.037 ± 0.045 <sup>a</sup>	5.753 ± 0.095 <sup>b</sup>	5.660 ± 0.030 <sup>b</sup>	5.683 ± 0.076 <sup>b</sup>	5.767 ± 0.090 <sup>a</sup>	5.860 ± 0.035 <sup>a</sup>	—	—	—
10	6.175 ± 0.035 <sup>a</sup>	5.925 ± 0.049 <sup>b</sup>	5.815 ± 0.035 <sup>ab</sup>	5.740 ± 0.057 <sup>b</sup>	5.685 ± 0.021 <sup>b</sup>	5.605 ± 0.064 <sup>a</sup>	5.740 ± 0.014 <sup>a</sup>	5.845 ± 0.078 <sup>a</sup>	—	—
4	6.165 ± 0.007 <sup>a</sup>	6.100 ± 0.042 <sup>a</sup>	6.015 ± 0.177 <sup>a</sup>	5.920 ± 0.042 <sup>a</sup>	5.810 ± 0.099 <sup>ab</sup>	5.715 ± 0.205 <sup>a</sup>	5.735 ± 0.092 <sup>a</sup>	5.765 ± 0.007 <sup>a</sup>	5.800 ± 0.042	5.895 ± 0.007

如表3所示,刚贮藏时肉样pH值为6.15左右,随着贮藏时间推移,各温度的pH值呈现先下降后略上升的过程。25℃贮藏肉样12h到达极限pH值,20℃和15℃贮藏肉样需要18h达到极限值,而10℃和4℃贮藏肉样需要36h,呈现出在相同贮藏时间温度越高pH值变化越快的现象。

2.4 不同贮藏温度条件下热鲜猪肉肉色比较

2.4.1 L\* 值

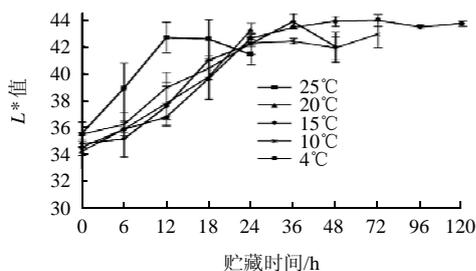


图1 不同温度贮藏热鲜猪肉 L\* 值的变化

Fig.1 L\* value change of fresh pork stored at different temperatures

如图1所示,宰后刚结束的肉样L\*值在35左右,随着贮藏时间推移,各贮藏温度肉样的L\*值呈现逐渐上升的过程。其中,25℃贮藏肉样的L\*值上升最快,在12h时L\*值达到最大值42.659;其他4组的变化相似,L\*值都逐渐上升到43 ± 1。

2.4.2 a\* 值

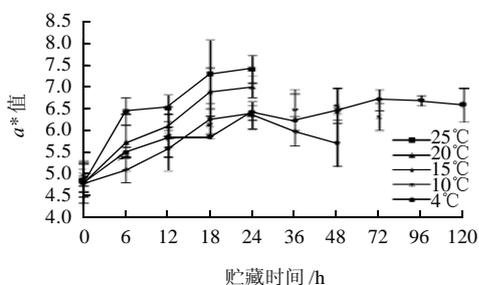


图2 不同温度贮藏热鲜猪肉 a\* 值的变化

Fig.2 a\* value change of fresh pork stored at different temperatures

如图2所示,随着贮藏时间推移,各温度条件a\*值呈现逐渐上升的过程。在25℃和20℃贮藏条件,a\*

值上升较快,且最大值较大,从6h开始,25℃贮藏肉样的a\*值变化与15、10℃和4℃三组差异显著,与20℃贮藏肉样差异不显著。15、10℃和4℃贮藏温度,肉样a\*值变化相似,差异不显著。

2.5 不同贮藏温度条件下热鲜猪肉细菌总数的比较

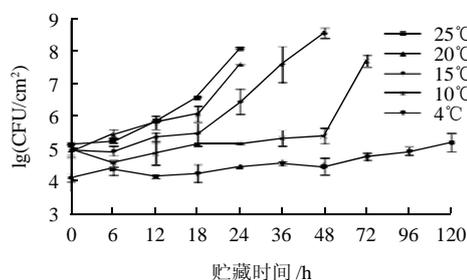


图3 不同温度贮藏热鲜猪肉细菌总数的变化

Fig.3 Total bacterial count change of fresh pork stored at different temperatures

如图3所示,贮藏温度越高,肉样中的微生物生长繁殖越快。25、20℃和15℃贮藏条件下,微生物生长较快,10℃贮藏48h后微生物开始快速生长,4℃生长缓慢。

2.6 不同贮藏温度条件下热鲜猪肉 TVB-N 值的比较

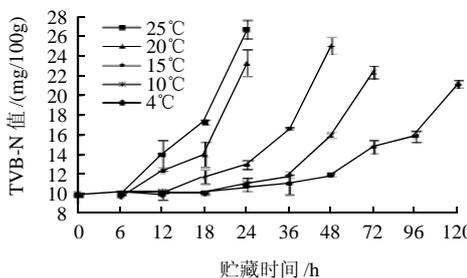


图4 不同温度贮藏热鲜猪肉 TVB-N 值的变化

Fig.4 TVB-N change fresh pork stored at different temperatures

如图4所示,贮藏温度越高,肉样TVB-N含量上升越快。6h之前,各温度下肉样TVB-N含量差异并不显著,此后,25℃和20℃贮藏肉样TVB-N含量快速上升,24h时已明显腐败;15、10℃和4℃贮藏肉样TVB-N含量在24h之前差异不明显。

2.7 不同贮藏温度条件下热鲜肉各指标间的相关系数利用 SPSS 13.0 进行多变量间的相关性分析, 表 4 列举了部分相关系数较大的指标之间的相关系数。

表 4 不同温度贮藏热鲜肉各指标间的相关系数

Table 4 Correlation between eating quality parameters of fresh pork stored at different temperatures

温度/℃	4	10	15	20	25
剪切力/pH值	0.098	0.149	0.633	0.988**	0.988**
蒸煮损失率/pH值	-0.959**	-0.861**	-0.748	-0.865	-0.871
蒸煮损失率/L*值	0.928**	0.988**	0.873*	0.834	0.955**
蒸煮损失率/a*值	0.894**	0.982**	0.737	0.971**	0.911**
pH值/L*值	0.944**	0.822*	0.769*	0.457	0.793
pH值/a*值	0.877**	0.908**	0.951**	0.739	0.601
L*值/a*值	0.945**	0.965**	0.867*	0.931*	0.874
TVB-N值/总细菌数	0.937**	0.942**	0.952**	0.983**	0.997**

注: \*表示显著相关,  $P < 0.05$ ; \*\*表示极显著相关,  $P < 0.01$ 。

### 3 讨论

刚屠宰结束的猪肉嫩度最好, 随后发生宰后僵直, 嫩度变差, 最后发生解僵成熟, 嫩度得以改善<sup>[8]</sup>。本实验宰后 1h(贮藏 0h)的热鲜肉剪切力值较低, 随后发生宰后僵直, 剪切力值逐渐上升。由于温度大于 15℃, 肌肉发生热收缩<sup>[9]</sup>, 所以 25℃和 20℃贮藏肉样呈现温度越高肌肉收缩越快且越剧烈的现象(表 1)。25℃和 20℃贮藏肉样 12h 时开始成熟, 但 24h 内变质(图 4), 未能经历充分成熟过程; 10℃和 4℃贮藏肉样 24h 时开始成熟, 但由于贮藏期较长, 有充分的成熟时间使嫩度得以改善。

肌肉的系水力与 pH 值存在相关性(表 4), 这是由于在 pH 值下降过程中, 肌蛋白带有的正电荷逐渐被中和, 导致肌肉系水力逐渐变差, 蒸煮损失率上升, 当肌肉处于极限 pH 值时, 接近肌蛋白等电点, 此时肌肉系水力最差。宰后肌肉 pH 值下降是由于肌肉中肌糖原无氧酵解产生乳酸和 ATP 分解产生磷酸根离子造成的<sup>[10]</sup>, 随着贮藏时间的推移, 腐败微生物开始以葡萄糖、氨基酸、乳酸等为底物, 代谢产生胺类物质<sup>[11]</sup>, 导致贮藏后期肉样 pH 值上升。本实验还呈现出贮藏温度越高 pH 值变化越快的现象, 这是由于贮藏温度高, 肌肉内的 ATP 和肌糖原分解快, 所以肌肉 pH 值下降快, 同时贮藏温度高腐败微生物生长也快, 而腐败微生物的快速生长需要代谢乳酸和产生胺类物质, 所以 pH 值上升也快。

肉色是影响猪肉外观和吸引消费者购买最重要的因素。贮藏时间对肉色有较大影响, 本研究表明, 随着贮藏时间的延长, 鲜肉 L\* 值和 a\* 值有所升高(图 1、2),

肉色变的鲜红, 这是由于随着贮藏时间的延长, 高铁肌红蛋白还原力升高, 导致氧合肌红蛋白的积累, Feldhusen 等<sup>[12]</sup>发现宰后储藏 3d 的牛肉, 氧合肌红蛋白含量一直升高。同时贮藏温度也对肉色有较大影响, 本研究发现 25℃和 20℃贮藏肉样的 a\* 值上升较快, 研究表明纯化的高铁肌红蛋白还原酶的最适温度 25℃, 此时其还原高铁肌红蛋白为氧合肌红蛋白的能力最强, 有助于肌肉保持鲜红色。然而, 25℃和 15℃贮藏肉样, 在贮藏后期 L\* 值有所下降(图 1), 这可能与肉样后期腐败相对严重(图 3、4), 产生大量高铁肌红蛋白使肉变得暗红有关。

热鲜肉表面的微生物主要来源于猪的表皮及屠宰销售过程中的环境, 最常见的微生物有假单胞菌、热死环丝菌和来自粪便的肠杆菌科细菌等。4℃低温几乎抑制了所有微生物的生长, 但也有少数嗜冷菌能够生长, 如假单胞菌是 -1~25℃有氧贮藏肉类的主要腐败菌<sup>[11]</sup>。所以, 本实验中 10℃和 4℃贮藏肉样微生物的生长缓慢, 4℃贮藏 120h 热鲜肉微生物未达到 10<sup>5</sup> 水平。

TVB-N 是评价鲜肉新鲜度的唯一标准。按照 TVB-N 含量/(mg/100g)可将鲜肉分为三个等级: 一级鲜肉(< 15)、次鲜肉(15~25)、腐败肉(> 25)<sup>[13]</sup>。15℃贮藏的热鲜肉在 36h 时超过一级鲜的水平, 而 10℃和 4℃贮藏肉样分别在 48h 和 96h 超过一级鲜的水平(图 4)。各温度下肉样的 TVB-N 含量与总细菌数呈正相关( $P < 0.01$ )(表 4), 这是由于热鲜肉腐败微生物的次级代谢分解肉上含氮化合物(如氨基酸、蛋白质)产生大量氨和胺等碱性含氮物。

### 4 结论

25、20℃和 15℃贮藏热鲜肉食用品质各项指标不能统一达到相对最佳点, 无最佳消费时段; 10℃和 4℃贮藏的最佳消费时段分别在 36h 和 48~72h 左右, 此时肌肉已经充分成熟, 肉色鲜红, 为一级鲜肉, 总细菌数在 10<sup>5</sup> 以内; 在 25、20、15、10℃和 4℃贮藏条件, 热鲜肉一级鲜的消费时段分别在 12、18、36、48h 和 96h 以内。

冷却肉是指在整个生产流通过程中温度严格控制在 0~4℃范围内的鲜肉<sup>[14-15]</sup>, 本实验 4℃处理的热鲜肉类类似于冷却肉。在 48h 内, 10℃贮藏的热鲜肉与 4℃相比, 在蒸煮损失率、肉色(L 值和 a 值)和 TVB-N 含量方面无显著差异, 且剪切力变化优于 4℃贮藏的肉样, 所以面对当前节能减排的要求, 消费者可以选择食用 10℃贮藏 48h 内的热鲜肉。

### 参考文献:

[1] 王菁莎, 刘景彬. 热鲜肉、冻结肉和冷却肉之比较[J]. 肉品卫生,

- 2005(9): 32-34.
- [2] 李春保, 周光宏, 徐幸莲, 等. 热鲜猪肉、普通冷却猪肉和真空包装冷却猪肉加工过程中品质变化研究[J]. 肉类工业, 2008(3): 24-32.
- [3] 中国肉类协会. 2009年中国畜禽养殖和肉类禽蛋生产的概述[J]. 中国肉类协会简报, 2010(6): 8-10.
- [4] 中国肉类协会. “十二五”期中国肉类工业发展战略研究的报告[J]. 中国肉类协会简报, 2010(8): 9-14.
- [5] 周光宏, 李春保, 徐幸莲. 肉类食用品质评价方法研究进展[J]. 中国科技论文在线, 2007, 2(2): 75-82.
- [6] 姬勇. KJ ELTEC2300全自动定氮仪测定羊肉中的挥发性盐基氮[J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 2005, 23(5): 538-540.
- [7] 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所. GB/T 4789.17—2003 食品卫生微生物学检验: 肉与肉制品检验[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [8] 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研究进展[J]. 食品科学, 2010, 31(21): 442-445.
- [9] 周光宏. 肉品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 63-64.
- [10] LAWRIE. Lawrie's 肉品科学[M]. 7版. 周光宏, 译. 北京: 中国农业大学出版社, 2009: 55-60.
- [11] 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.
- [12] FELDHUSEN F, WARNATZ A, ERDMANN R, et al. Influence of storage time on parameters of colour stability of beef[J]. Meat Science, 1995, 40(2): 235-243.
- [13] 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.
- [14] 吴菊清, 周光宏, 徐幸莲, 等. 宰后成熟过程中冷却牛肉、猪肉色泽和嫩度的变化[J]. 食品科学, 2008, 29(10): 136-139.
- [15] GILL C O. Extending the storage life of raw chilled meats[J]. Meat Science, 1996, 43(Suppl 1): 99-109.