

# 冷藏条件下猪肉 pH 变化及采样时间对滴水损失影响

郭建凤<sup>1,2</sup>

(1. 山东省农业科学院畜牧兽医研究所 山东省畜禽疫病防治与繁育重点实验室, 山东 济南 250100;  
2. 农业农村部畜禽生物组学重点实验室)

**摘要:** 研究测定了商品猪肉肉质性状、宰后猪肉 pH 的变化及采样时间和储藏时间对猪肉失水率和滴水损失的影响。结果表明:猪肉 45 min pH 为 6.01, 肉色和大理石纹评分分别为 3.57 和 3.63, 失水率和 24 h 滴水损失分别为 14.77% 和 1.33%。0~4 °C 条件下, 肌肉 pH 随储藏时间的延长总体呈降低趋势, 宰后 5 h 肌肉 pH 显著降低, 宰后 7 h pH 极显著降低, 之后趋于平稳, 到 120 h 宰后 pH 又升高到 5.85, 但仍显著低于 45 min。宰后 2 h 取样测定的肌肉失水率比宰后 6 h、24 h 分别降低 32.59% ( $P < 0.05$ )、38.23% ( $P < 0.05$ ), 宰后 9 h 采样的失水率比 24 h 采样的失水率降低 32.33% ( $P < 0.05$ )。宰后 2 h 取样 0~4 °C 冷藏条件下测定的 24 h 滴水损失随冷藏时间延长逐渐降低, 24 h 至 72 h 之间极显著降低, 72 h 至 168 h 之间降低幅度较小, 没有明显差异。胴体 0~4 °C 冷藏排酸 24 h 后取样测定的 24 h 滴水损失随冷藏时间延长逐渐降低, 其中, 48 h、72 h、96 h、120 h、144 h 的滴水损失比 24 h 的滴水损失分别降低 52.65% ( $P < 0.01$ )、70.09% ( $P < 0.01$ )、77.57% ( $P < 0.01$ )、82.87% ( $P < 0.01$ )、69.47% ( $P < 0.01$ ); 96 h、120 h 的滴水损失比 48 h 的分别降低 52.63% ( $P < 0.05$ )、63.82% ( $P < 0.01$ )。不同采样时间测定的 24 h 滴水损失不同, 以排酸后采样测定的 24 h 滴水损失较高。

**关键词:** 猪; 肉质性状; pH; 失水率; 滴水损失

[中图分类号] S879.2 [文献标识码] A [文章编号] 1004-6704(2024)03-0018-04

## Effect of pH Change and Sampling Time on Drip Loss of Pork under Refrigeration Condition

GUO Jianfeng<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Shandong Key Laboratory of Animal Disease Controlling and Breeding Province, Jinan Shandong 250100, China;  
2. Key Laboratory of Animal Biomics of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs)

**Abstract:** In the study, we investigated the effects of meat quality traits, pH change of pork after slaughter, sampling time and storage time on the water loss rate and drip loss of pork. The results showed that the pH of pork at 45min was 6.01, the meat color and marbling scores were 3.57 and 3.63, respectively, and the water loss rate and drip loss at 24 h were 14.77% and 1.33%, respectively. At 0 ~ 4°C, muscle pH showed a general decreasing trend with the extension of storage time, and significantly decreased at 5 h after slaughter, extremely significantly decreased at 7 h after slaughter, and then stabilized, and increased to 5.85 at 120 h after slaughter, but was still significantly lower than 45 min. Compared with 6 h and 24 h, the muscle moisture content at 2 h after slaughter was decreased by 32.59% ( $P < 0.05$ ) and 38.23% ( $P < 0.05$ ), respectively. Compared with 24 h, the muscle water moisture content at 9 h after slaughter was decreased by 32.33% ( $P < 0.05$ ). The 24 h drip loss measured at 0 ~ 4°C 2 h after slaughter gradually decreased with the extension of refrigeration time, and the decrease was extremely significant between 24 h and 72 h, and the decrease was small between 72 h and 168 h, with no significant difference. The 24 h drip loss measured by sampling after the carcass was refrigerated at 0 ~ 4°C for 24 h after acid discharge gradually decreased with the extension of refrigeration time. Drip loss at 48 h, 72 h, 96 h, 120 h and 144 h decreased by 52.65% ( $P < 0.01$ ), 70.09% ( $P < 0.01$ ), 77.57% ( $P < 0.01$ ), 82.87% ( $P < 0.01$ ) and 69.47% ( $P < 0.01$ ) compared with that at 24 h, respectively. The drip loss at 96 h and 120 h was 52.63% ( $P < 0.05$ ) and 63.82% ( $P < 0.01$ ) lower than that at 48 h, respectively. The 24 h drip loss measured by different sampling time is different, and the 24 h drip loss measured by sampling after acid discharge is higher.

**Key words:** pigs; meat quality traits; pH; moisture content; drip loss

[收稿日期] 2023-12-03

[作者简介] 郭建凤(1973-), 女, 山东莒县人, 硕士, 研究员, 主要从事猪的遗传育种及肉质研究工作。E-mail: g250100@126.com

猪肉 pH、肉色、系水力、肌肉脂肪和剪切力等是反映猪肉肉质性状的主要指标。pH 大小代表猪肉的酸碱度, 也是判断生理正常肉或异常肉(PSE 或

DFD 肉)的依据。猪肉水分含量与其多汁性、肉色、嫩度等密切相关,影响肉质的口感,因此系水力是评价肉质的重要指标。系水力的测定主要有压力法失水率、离心法失水率、滴水损失和熟肉率四种方法。根据屠宰现场的条件及可操作性,多采用压力法失水率和滴水损失这两个指标来评定猪肉系水力的大小。为探讨试验猪宰后背最长肌于冷藏条件下 pH 变化情况,及不同采样时间对肌肉失水率和滴水损失的影响进行了本试验,旨在为猪肉保鲜与加工、储存等提供理论依据。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验材料

试验猪及猪肉样品来源于某食品有限公司屠宰的 10 头商品猪。

### 1.2 测定指标与方法

1.2.1 常规肉质指标测定 试验猪只屠宰后取倒数第 4 肋骨至第 6 腰椎处背最长肌,测定肉色、大理石纹、失水率、pH、L、a、b 等常规指标,具体参照郭建凤等的测定方法。

1.2.2 不同储藏时间点的 pH 值测定 宰后取胴体倒数第 3 肋骨处背最长肌测定 45 min 的 pH,然后将样品于 0~4 °C 条件下放置,测定宰后 2 h、5 h、7 h、9 h、24 h、26 h、48 h、72 h、96 h、120 h 的 pH。

1.2.3 宰后不同采样时间猪肉失水率测定 宰后 2 h、6 h、9 h、24 h 分别于胴体第 2~3 腰椎处背最长肌采样测定猪肉失水率。

1.2.4 不同储藏时间点的 24 h 滴水损失测定 宰后 2 h 内于胴体第 4~5 腰椎处背最长肌取样 0~4 °C 冷藏条件下分别测定储藏 24 h、48 h、72 h、96 h、120 h、144 h、168 h 的 24 h 滴水损失。

1.2.5 胴体冷藏排酸 24 h 后滴水损失测定 宰后猪胴体 0~4 °C 冷藏排酸 24 h 后采样测定 0~4 °C 冷藏条件下储藏 24 h、48 h、72 h、96 h、120 h、144 h、168 h 的 24 h 滴水损失。

### 1.3 数据统计

采用 SPSS15.0 统计软件中的 One-Way-ANOVA 程序对试验所得数据进行方差分析,差异显著则进行 Duncan 氏法多重比较分析,结果以平均数±标准误表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 宰后 45 min 内采样肉质性状测定结果

由表 1 可见,试验猪宰后 45 min 内采样测得猪肉 45 min pH 为 6.01,肉色和大理石纹较高,分别

为 3.57 和 3.63,表示肉色亮度、红度和黄度的 L、a、b 都在正常范围内,失水率和 24 h 滴水损失较低,分别为 14.77% 和 1.33%。

表 1 宰后 45 min 内采样肉质性状测定结果(n=10)

测定指标	结果	测定指标	结果
pH45	6.01±0.08	a	14.96±0.76
肉色	3.57±0.50	b	5.41±0.43
大理石纹	3.63±0.26	失水率%	14.77±8.69
L	48.16±1.64	24 h 滴水损失%	1.33±0.25

### 2.2 宰后 45 min 内采样测定 pH 随储藏时间延长变化结果

由表 2 可见,肌肉 pH 随宰后 0~4 °C 条件下储藏时间的延长总体呈降低趋势,宰后 7 h pH 极显著降低,之后趋于平稳趋势。宰后 45 min 肌肉 pH 为 6.01,5 h 降至 5.83,差异显著,宰后 7~96 h 肌肉降到 5.64~5.76 之间,与 45 min 肌肉 pH 差异极显著,而 120 h pH 又升高到 5.85,但仍显著低于 45 min 肌肉 pH;2 h pH 显著高于 7 h pH,极显著高于 9 h、24 h、26 h、48 h、72 h、96 h pH;5 h pH 显著高于 9 h pH;9 h pH、48 h pH 和 72 h pH 显著低于 120 h pH,其它差异不显著。

表 2 pH 随冷藏时间延长变化结果(n=10)

宰后时间	pH
45 min	6.01±0.05 <sup>a</sup>
2 h	5.93±0.06 <sup>ab</sup>
5 h	5.83±0.05 <sup>bce</sup>
7 h	5.76±0.04 <sup>cd</sup>
9 h	5.64±0.05 <sup>d</sup>
24 h	5.71±0.05 <sup>de</sup>
26 h	5.70±0.05 <sup>de</sup>
48 h	5.67±0.05 <sup>d</sup>
72 h	5.68±0.05 <sup>d</sup>
96 h	5.71±0.07 <sup>de</sup>
120 h	5.85±0.05 <sup>bce</sup>

注:同列数据肩标相邻小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),相隔字母表示差异极显著( $P < 0.01$ ),含相同字母或无肩标表示差异不显著( $P > 0.05$ ),下同。

### 2.3 宰后不同采样时间猪肉失水率测定结果

由表 3 可见,宰后不同采样时间测定的猪肉失水率部分差异显著。宰后 2 h 内取样测定的失水率最低,比宰后 6 h、24 h 采样测定的失水率分别降低 32.59% ( $P < 0.05$ )、38.23% ( $P < 0.05$ ),宰后 9 h

采样测定的失水率比 24 h 采样测定的失水率降低 32.33% ( $P < 0.05$ ), 其它差异不显著。

表 3 宰后不同采样时间猪肉失水率测定结果 ( $n=10$ )

取样时间	失水率 %
宰后 2 h 内	14.77±2.75 <sup>b</sup>
宰后 6 h	21.91±1.25 <sup>ac</sup>
宰后 9 h	16.18±3.39 <sup>bc</sup>
宰后 24 h	23.91±1.22 <sup>a</sup>

#### 2.4 宰后 2 h 内采样 0~4℃ 冷藏条件下 24 h 滴水损失随时间延长变化结果

由表 4 可见,宰后 2 小时内取样 0~4℃ 冷藏条件下测定的 24 h 滴水损失随冷藏时间延长逐渐降低,24 h 至 72 h 之间极显著降低,72 h 至 168 h 之间降低幅度较小,差异不显著。其中,48 h、72 h 的滴水损失分别比 24 h 滴水损失降低 32.33% ( $P < 0.01$ )、62.41% ( $P < 0.01$ ),72 h 的滴水损失比 48 h 的降低 44.44% ( $P < 0.01$ ),96 h、120 h、144 h、168 h 的滴水损失分别比 24 h、48 h 的降低 60.90% ( $P < 0.01$ )、42.22% ( $P < 0.01$ )、61.65% ( $P < 0.01$ )、43.33% ( $P < 0.01$ )、70.68% ( $P < 0.01$ )、56.67% ( $P < 0.01$ )、75.19% ( $P < 0.01$ )、63.33% ( $P < 0.01$ )。

表 4 宰后 2 h 内采样 24 h 滴水损失随时间延长变化结果 ( $n=10$ )

0~4℃ 冷藏时间	滴水损失 %
24 h	1.33±0.08 <sup>a</sup>
48 h	0.90±0.15 <sup>c</sup>
72 h	0.50±0.08 <sup>e</sup>
96 h	0.52±0.09 <sup>e</sup>
120 h	0.51±0.09 <sup>e</sup>
144 h	0.39±0.06 <sup>e</sup>
168 h	0.33±0.07 <sup>e</sup>

#### 2.5 胴体 0~4℃ 冷藏排酸 24 h 后取样其 24 h 滴水损失随时间变化结果

由表 5 可见,宰后猪胴体 0~4℃ 冷藏排酸 24 h 后取样测定的 24 h 滴水损失随冷藏时间延长逐渐降低,其中,48 h、72 h、96 h、120 h、144 h 的滴水损失比 24 h 的滴水损失分别降低 52.65% ( $P < 0.01$ )、70.09% ( $P < 0.01$ )、77.57% ( $P < 0.01$ )、82.87% ( $P < 0.01$ )、69.47% ( $P < 0.01$ );96 h、120 h 的滴水损失比 48 h 的分别降低 52.63% ( $P < 0.05$ )、63.82% ( $P < 0.01$ ),其它差异不显著。

表 5 胴体 0~4℃ 冷藏排酸 24 h 后取样 24 h 滴水损失随时间变化结果 ( $n=10$ )

0~4℃ 冷藏时间	滴水损失 (%)
24 h	3.21±0.42 <sup>a</sup>
48 h	1.52±0.19 <sup>c</sup>
72 h	0.96±0.16 <sup>cde</sup>
96 h	0.72±0.14 <sup>de</sup>
120 h	0.55±0.10 <sup>e</sup>
144 h	0.98±0.07 <sup>ce</sup>

#### 2.6 不同采样时间对 24 h 滴水损失影响

由表 6 可见,不同采样时间测定的 24 h 滴水损失不同,以排酸后采样测定的 24 h 滴水损失较高。相同时间段排酸后采样测定的 24 h 滴水损失分别比现场采样测定的 24 h 滴水损失提高 141.35% ( $P < 0.01$ )、68.89% ( $P < 0.05$ )、92% ( $P < 0.05$ )、38.46% ( $P > 0.05$ )、7.84% ( $P > 0.05$ )、151.28% ( $P < 0.01$ )。

表 6 猪胴体排酸与否对肌肉 24 h 滴水损失测定结果影响 ( $n=10$ )

0~4℃ 储藏时间	宰后采样滴水损失 %	排酸后采样滴水损失 %
24 h	1.33±0.08 <sup>c</sup>	3.21±0.42 <sup>a</sup>
48 h	0.90±0.15 <sup>b</sup>	1.52±0.19 <sup>a</sup>
72 h	0.50±0.08 <sup>b</sup>	0.96±0.16 <sup>a</sup>
96 h	0.52±0.09	0.72±0.14
120 h	0.51±0.09	0.55±0.10
144 h	0.39±0.06 <sup>e</sup>	0.98±0.07 <sup>a</sup>

注:同行数据肩标相邻小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ),相隔字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ),含相同字母或无肩标表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

### 3 讨论与小结

#### 3.1 试验猪肉品质

猪肉占肉类食品的 60% 左右,是消费者主要的动物源蛋白质来源。猪肉的色泽是直接影响消费者是否购买的重要因素之一,正常肉呈鲜红色,按 5 分制标准评定,3 分为鲜红色,4 分为深红色,都属正常肉色。大理石纹是可见的肌肉脂肪,与肌肉的多汁性、嫩度和滋味密切相关,若采用 5 级分制评定,评分为 3~4 分代表肌肉脂肪呈适量分布。肌肉 pH 是反映猪屠宰后肌糖原酵解速率的重要指标,正常肉 45 min 时 pH 在 6.0~6.9 之间,24 h 时 pH 为 5.5~5.9 之间。肌肉系水力是肌肉受外力作用时保持其原有水分和添加水分的能力,与肉的风味、多汁性、嫩度、颜色、加工及贮藏功能等密切相关,通常

用失水率、滴水损失指标来间接反映肌肉的系水力,失水率和滴水损失越小,表明肌肉的系水力越大。本次结果得出,试验猪 45 min 时 pH 为 6.01,24 h 时 pH 为 5.71,肉色和大理石纹较高,分别为 3.57 和 3.63,表示肉色亮度、红度和黄度的 L、a、b 都在正常范围内,分别为 48.16、14.96、5.41,失水率和 24 h 滴水损失较低,分别为 14.77% 和 1.33%,表明试验猪只肉色鲜红、肌肉风味、多汁性、嫩度等方面良好。

### 3.2 0~4℃ 储藏时间对猪肉 pH 影响

pH 是评定肌肉品质的重要指标之一,其与肉品的保鲜、储藏、加工等密切相关,刚屠宰的试验猪肌肉 pH 为 6.0~7.0,随着肌肉成熟时间的延长,pH 先降低而后又缓慢回升。王永辉等报道杂交野猪在宰后 0~8 h 内 pH 下降速率较快,而杜洛克猪在 0~4 h 内 pH 下降速度快。本次测得试验猪只在宰后 0~9 h 内 pH 下降速率较快;24 h、26 h、48 h、72 h、96 h 肌肉 pH 均呈逐渐下降的趋势,而到第 120 h 又逐渐升高。与于家丰等报道的长白、杜洛克、约克夏及其杂交组合育肥猪宰后 24 h、48 h、72 h、96 h、120 h 肌肉 pH 均呈逐渐下降的趋势,而到第 144 h 又逐渐升高;及刘梦竹等研究得出的在 4℃ 条件下贮藏的猪肉,pH 呈现先下降后上升的趋势,第 4 天的 pH 最低为 4.7,而后数值逐渐升高,到第 10 天时 pH 上升到 6.6 的结论相类似,但不完全一致,原因可能与试验猪品种及 pH 测定的时间点不完全相同等有关,有待进一步研究。

### 3.3 宰后采样时间对猪肉失水率影响

失水率是反映猪肉系水力的主要指标之一,猪肉的保水性受品种、饲养管理、个体差异、宰前管理等综合因素影响。猪肉失水率的测定结果受取样时间、部位等因素影响。本次试验结果显示,不同取样时间测定的失水率不同,部分差异显著。如宰后 2 h 内取样测定的失水率最低,24 h 采样测定的失水率最高;宰后 2 h 内采样测得失水率比 6 h、24 h 采样测定的失水率分别显著降低 32.59%、38.23%,宰后 9 h 采样测定的失水率比 24 h 采样测定的失水率显著降低 32.33%。为此,失水率测定时要明确指出取样的时间、存储温度及时间,同时要表明测定的部位,否则影响试验结果的使用和可比性。

### 3.4 宰后采样时间及 0~4℃ 储藏时间对猪肉滴水损失影响

滴水损失也是反映猪肉系水力的重要指标之一。宰后不同采样时间及储藏时间对猪肉滴水损失影响显著。猪宰后 2 h 取样在 0~4℃ 冷藏条件下测定的 24 h 滴水损失随冷藏时间延长逐渐降低,

24 h 至 72 h 之间极显著降低,72 h 至 168 h 之间降低幅度较小,处于 0.52%~0.33% 之间,差异不显著。其中,24 h 时间点的 24 h 滴水损失最大,与 48 h、72 h、96 h、120 h、144 h、168 h 各时间点的 24 h 滴水损失形成极显著差异;其次是 48 h 时的 24 h 滴水损失较大,与 72 h、96 h、120 h、144 h、168 h 各时间点的 24 h 滴水损失形成极显著差异;72 h、96 h、120 h、144 h、168 h 各时间点的 24 h 滴水损失呈平稳降低趋势,未形成显著差异。宰后猪胴体 0~4℃ 冷藏排酸 24 h 后取样测定的 24 h 滴水损失随冷藏时间不同呈先降低后升高的趋势。其中,24 h 时间点的 24 h 滴水损失最大,与 48 h 时间点的 24 h 滴水损失形成明显差异,与 72 h、96 h、120 h、144 h 各时间点的 24 h 滴水损失形成极显著差异;其次是 48 h 时的 24 h 滴水损失较大,比 96 h、120 h 各时间点的 24 h 滴水损失明显升高,形成显著或极显著差异;72 h、96 h、120 h、144 h 各时间点的 24 h 滴水损失变化趋势趋于平稳,没有明显差异。

### 3.5 宰后猪胴体排酸与否对 24 h 滴水损失影响

试验结果表明,胴体排酸与否对 24 h 滴水损失影响明显。0~4℃ 冷藏条件下,宰后 2 h 内采样测得的 24 h 滴水损失比相同时间点的胴体排酸 24 h 后采样测定的结果低,其中,24 h、144 h 时间点的 24 h 滴水损失极显著低于猪胴体排酸 24 h 后采样测得的滴水损失,48 h、72 h 时间点的 24 h 滴水损失显著低于胴体排酸 24 h 后采样测得的滴水损失;96 h、120 h 两个时间点的 24 h 滴水损失二者未形成明显差异。

本次试验得出猪肉 pH 在 0~4℃ 冷藏条件下随储藏时间的延长,先呈现显著降低后平稳降低再升高的趋势;猪肉失水率和滴水损失受取样时间和胴体是否排酸影响明显,冷藏条件下,相同时间点的 24 h 滴水损失排酸后取样测定的结果更大,表明胴体排酸后猪肉的系水力即保水性相对更小。试验结果提示在肉品生产、储运过程中可在不同时间节点采取有效措施提高猪肉保水性,改善肉品口感。

#### 参考文献:

- [1] 郭建凤, 蔺海朝, 张印, 等. 不同储藏条件下杜洛克及大约克猪肌肉 pH、糖原、乳酸及  $\alpha$ -巯代巴比妥酸含量比较[J]. 畜牧与兽医, 2015, 47(8): 28-34.
- [2] 李颢, 郑恩琴, 王塑天, 等. 猪肉中四种系水力测定方法的比较研究[J]. 广东畜牧兽医科技, 2023, 48(2): 46-51.
- [3] 袁迪. 猪肌红蛋白基因的基因组定位、调控模式的预测与对肉色影响[D]. 长春: 吉林大学, 2022.