

张 印,郭建凤,蔺海朝,等. 不同储藏条件下长白猪和大约克猪肌肉 pH 值、TBA 值、糖原及乳酸含量比较[J]. 江苏农业科学,2016,44(6):361-365.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.06.107

不同储藏条件下长白猪和大约克猪肌肉 pH 值、TBA 值、糖原及乳酸含量比较

张 印,郭建凤,蔺海朝,王继英,王 诚,武 英

(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)

摘要:测定了长白猪及大约克猪屠宰后 10 h、4 ℃ 冷藏 6 d、-20 ℃ 冷冻 5 d 的肌肉 pH 值、TBA 值、糖原及乳酸含量。结果表明,宰后 10 h,宰后时间对长白猪肌肉 pH 值、乳酸的影响极显著,对糖原、TBA 值的影响不显著;宰后时间对大约克猪肌肉 pH 值的影响极显著,对糖原、乳酸、TBA 值的影响不显著。猪种间比较,大约克猪 3、5、10 h 的肌肉 pH 值分别比长白猪高 5.21% ($P < 0.01$)、5.64% ($P < 0.05$)、5.59% ($P < 0.05$);长白猪 10 h 的乳酸含量比大约克猪高 56.04% ($P < 0.05$);大约克猪 10 h 的 TBA 含量比长白猪高 89.19% ($P < 0.01$);品种间糖原含量的差异不显著。在 4 ℃ 冷藏条件下,储存时间对长白猪肌肉 pH 值、糖原含量的影响不显著,对滴水损失、乳酸及 TBA 含量的影响显著;储存时间对大约克猪肌肉 pH 值、糖原及 TBA 含量的影响不显著,对滴水损失的影响极显著,对乳酸含量的影响显著。于 4 ℃ 冷藏条件下储藏 6 d,大约克猪 24 h 的肌肉 pH 值比长白猪高 6.56% ($P < 0.05$);长白猪 24、48、72、96、120、144 h 的糖原含量分别比大约克猪高 84.90% ($P < 0.05$)、78.40% ($P < 0.01$)、101.87% ($P < 0.05$)、83.80% ($P < 0.05$)、83.59% ($P < 0.05$)、67.25% ($P < 0.01$);长白猪 72 h 的滴水损失、144 h 的 TBA 含量分别比大约克猪高 55.70% ($P < 0.05$)、141.33% ($P < 0.01$);品种间乳酸含量的差异不显著。在 -20 ℃ 冷冻条件下,储存时间对长白猪肌肉 TBA 含量的影响显著,对肌肉 pH 值、解冻失水率、糖原及乳酸含量的影响不显著;储存时间对大约克猪肌肉 pH 值、解冻失水率、糖原及 TBA 含量的影响不显著,对乳酸含量的影响显著。于 -20 ℃ 冷冻条件下储藏 5 d,大约克猪 24 h 的肌肉 pH 值比长白猪高 5.43% ($P < 0.05$);长白猪 24、48、72、96、120 h 的糖原含量分别比大约克猪高 85.08% ($P < 0.05$)、108.66% ($P < 0.01$)、72.69% ($P < 0.05$)、90.31% ($P < 0.01$)、70.38% ($P > 0.05$);长白猪 24、72 h 的解冻失水率分别比大约克猪高 160.14% ($P < 0.05$)、74.32% ($P < 0.05$);相同时间点测得的乳酸及 TBA 含量在品种间差异不显著。

关键词:猪肉;冷藏;冷冻;pH 值;糖原;乳酸;TBA 值

中图分类号: TS205 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)06-0361-05

随着人们生活水平的提高和健康意识的增强,猪肉品质日益引起广大养猪者和消费者的关注。肉品质是鲜肉物理特性和化学特性的综合体现。猪肉的肉质性状主要包括肌内脂肪、pH 值、肉色、大理石纹、失水率、滴水损失、嫩度等。肌肉 pH 值是重要的肉质性状指标,反映猪屠宰后肌糖原的酵解速率,也是判断生理正常肉(PSE 肉)或异常肉(DFD 肉)的依据。然而,肌肉 pH 值对肉质的影响只是一种表面现象,而肉中糖原含量则是影响肉质的本质所在^[2]。屠宰后肌肉 pH 值下降,主要由肌糖原无氧酵解产生乳酸以及 ATP 分解产生的磷酸导致,前者为主要因素。一般认为,除微生物腐败外,脂类氧化是肉品变质的主要原因。肉类在贮存过程中,脂类氧化产生醛、醇、酮等有机化合物,其气味难以被消费者接受。

脂类氧化始于亚细胞膜上的磷脂,这不仅使肌肉产生异味,如熟肉在贮存过程中产生的陈腐味,同时也使生物膜的完整性被破坏,导致更多的滴汁损失,使肉类的食用品质和加工产量下降。脂类氧化也使肉中多不饱和脂肪酸、脂溶性维生素、色素含量下降,且其过氧化产物可能对人体健康有害,导致癌变和致畸形等。本试验旨在研究长白猪及大约克猪屠宰后 10 h 的肌肉 pH 值、脂类氧化(TBA 值)、糖原及乳酸含量的变化,并探讨在 4 ℃ 冷藏、-20 ℃ 冷冻条件下,肌肉 pH 值、失水率、TBA 值、糖原及乳酸含量随储存时间的延长而产生的变化,以及不同猪种间的差异,以期为肉品的生产、加工、储存提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试猪选择

选择生长发育良好、日龄基本一致、体质量约为 30 kg 的仔猪,长白仔猪、大约克仔猪分别选择 50、30 头。

1.2 饲养试验

将试验猪饲养在同一栋封闭式水泥地面猪舍内。根据公母分开、质量相近的原则,将长白猪、大约克猪分别随机分为 10、7 组,每组 5 头饲养在同一个栏内。试验猪自由采食相同

收稿日期:2015-05-11

基金项目:山东省现代农业产业技术体系生猪创新团队建设项目(编号:SDAIT-06-011-03);山东省农业良种工程项目(编号:2011LZ013-01);国家生猪产业技术体系(编号:CARS-36)。

作者简介:张 印(1979—),男,山东曹县人,助理研究员,主要从事养猪生产研究。E-mail:13964194466@163.com。

通信作者:郭建凤,硕士,研究员,主要从事猪遗传育种研究。E-mail:g250100@126.com。

的玉米-豆粕型干粉料,自由饮水。日粮营养水平为(前期/后期):消化能(MJ/kg)13.18/12.80、粗蛋白(%)16.6/14.6、赖氨酸(%)0.90/0.75。试验猪组的平均体质量约达100 kg 时结束育肥试验。

1.3 屠宰试验

育肥试验结束后,分别挑选质量中等、生长发育良好的 11 头杜洛克猪、7 头大约克猪,空腹 24 h 后称质量,进行屠宰测定和肉品质分析。屠宰方法依据《全国肉质协作组修正方案》(1987 年)。

1.4 测定指标与方法

取倒数第 1~2 胸椎段背最长肌,于 45 min 时测定 pH 值(即 pH1),然后每隔 1 h 测定 1 次 pH 值,连续测定 10 h;同时取样置于 4 ℃ 冰箱冷藏,每 24 h 测定 1 次 pH 值,连续测定 6 次。取倒数第 3~4 胸椎段背最长肌测定滴水损失,每 24 h 测定 1 次,连续测定 6 次。取第 6 至倒数第 4 胸椎段背最长肌,储存于-20 ℃ 冰箱冷冻,每 24 h 测定 1 次 pH 值及解冻失水率,连续测定 5 次。肌肉 pH 值、失水率、滴水损失的测定方法参考文献[1],解冻失水率的测定按 NY5029—2001 中附录 A 执行。

屠宰后 10 h 每隔 1 h 测定 1 次 pH 值,同时采样置于液氮中保存。于 4 ℃ 冷藏、-20 ℃ 冷冻条件下贮存的样品,测定 pH 值的同时也取样置于液氮中保存,备测 TBA 值、糖原及乳酸含量。采用南京市建成生物工程研究所生产的肌糖原试剂盒、乳酸试剂盒、丙二醛试剂盒进行测定。

1.5 数据统计

采用 SPSS 19 统计软件中的 One - Way - ANOVA 程序,

分别对同一品种猪所得试验数据进行方差分析,差异显著则进行 Duncan’s 法多重比较分析。应用独立样本 *t* 检验对长白猪和大约克猪种间试验数据进行均值比较,结果以“平均值±标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 宰后 10 h 内肌肉 pH 值和肌糖原含量的变化

由表 1 可知,长白猪宰后 10 h 之内的肌肉 pH 值为 6.33~5.55,并随着宰后时间的延长呈降低趋势;宰后 45 min 的肌肉 pH 值(6.33)最高,宰后 10 h 的肌肉 pH 值(5.55)最低,两者间差异极显著。大约克猪宰后 10 h 的肌肉 pH 值为 6.49~5.76,并随着宰后时间的延长总体呈降低趋势;宰后 45 min 的肌肉 pH 值(6.49)最高,宰后 8 h 的肌肉 pH 值(5.76)最低,两者间差异极显著。长白猪与大约克猪种间比较,宰后相同时间点测定长白猪、大约克猪的肌肉 pH 值,除 3、5、10 h 的 pH 值两者差异极显著或显著外,其他时间点测定的 pH 值差异均不显著。其中,大约克猪 3、5、10 h 的肌肉 pH 值分别比长白猪高 5.21% (*P* < 0.01)、5.64% (*P* < 0.05)、5.59% (*P* < 0.05)。

长白猪宰后 10 h 的肌肉糖原含量变化范围为 0.878 2~1.174 5 mg/g,随着宰后时间的延长变化趋势不规律,不同时间点测定的糖原含量间差异不显著。大约克猪宰后 10 h 的肌肉糖原含量变化范围为 0.901 3~1.925 6 mg/g,随着宰后时间的延长总体呈降低趋势,不同时间点测定的糖原含量间差异不显著。长白猪与大约克猪种间比较,宰后相同时间点测定的糖原含量间差异不显著。

表 1 宰后时间对长白猪和大约克猪肌肉 pH 值、肌糖原含量的影响

宰后取 样时间 (h)	长白猪		大约克猪		长白猪		大约克猪	
	样本数 (头)	pH 值	样本数 (头)	pH 值	样本数 (头)	糖原 (mg/g)	样本数 (头)	糖原 (mg/g)
0.75	12	6.33 ± 0.08aA	7	6.49 ± 0.11aA	7	0.982 6 ± 0.15aA	7	1.925 6 ± 0.58aA
1			7	6.39 ± 0.10aAB			6	1.771 8 ± 0.65aA
2	12	6.13 ± 0.09abAB	7	6.17 ± 0.13abcdABCD	10	1.174 5 ± 0.35aA	7	1.694 2 ± 0.59aA
3	12	5.95 ± 0.06bcBCD **	7	6.26 ± 0.09abABC **	12	1.120 3 ± 0.25aA	8	1.405 2 ± 0.37aA
4	12	5.99 ± 0.10bcBC	7	6.22 ± 0.08abcABCD	11	1.165 6 ± 0.14aA	5	1.519 1 ± 0.41aA
5	12	5.85 ± 0.09cdBCDE *	7	6.18 ± 0.09abcdABCD *	9	1.059 9 ± 0.17aA	10	1.534 8 ± 0.46aA
6	12	5.86 ± 0.09cdBCDE	7	5.97 ± 0.11bcdeBCD	11	0.945 2 ± 0.13aA	7	0.901 3 ± 0.21aA
7	12	5.77 ± 0.07cdeCDE	7	5.84 ± 0.12deCD	11	0.959 9 ± 0.15aA	7	0.959 7 ± 0.33aA
8	12	5.78 ± 0.09cdeDE	4	5.76 ± 0.13eD	11	0.878 2 ± 0.11aA	9	1.001 4 ± 0.30aA
9	11	5.63 ± 0.03deDE	4	5.79 ± 0.12eCD	12	0.965 7 ± 0.09aA	4	0.984 8 ± 0.45aA
10	11	5.55 ± 0.04eE *	4	5.86 ± 0.14cdeCD *	9	1.036 0 ± 0.12aA	0	

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著(*P* < 0.05),不同大写字母表示差异极显著(*P* < 0.01);同行数据后“*”“**”分别表示差异显著(*P* < 0.05)、差异极显著(*P* < 0.01)。下表同。

2.2 宰后 10 h 内肌肉乳酸含量和 TBA 值的变化

由表 2 可知,长白猪宰后 10 h 的肌肉乳酸含量为 0.780 2~1.468 2 mmol/g prot,并随着宰后时间的延长呈升高趋势,且部分时间点测定的乳酸含量差异显著或极显著;宰后 45 min 测得的乳酸含量(0.780 2 mmol/g prot)最低,宰后 7 h 测得的乳酸含量(1.468 2 mmol/g prot)最高,两者间差异极显著。大约克猪宰后 10 h 的肌肉乳酸含量为 0.872 6~1.266 8 mmol/g prot,随着宰后时间的延长变化不规律,但总体呈升高趋势,且不同时间点测定的乳酸含量差异不显著;宰

后 45 min 测得的乳酸含量(0.872 6 mmol/g prot)最低,宰后 9 h 测得的乳酸含量(1.266 8 mmol/g prot)最高。宰后相同时间点测定不同猪种的乳酸含量,除宰后 10 h 差异显著外,其他时间点乳酸含量的种间差异均不显著。其中,长白猪宰后 10 h 的乳酸含量比大约克猪高 56.04% (*P* < 0.05)。

长白猪宰后 10 h 的肌肉 TBA 值变化范围为 0.247 1~0.360 0 mg/kg,随着宰后时间的延长变化不规律,宰后前 9 h 总体呈升高趋势,9~10 h 则降低,但不同时间点差异不显著。大约克猪宰后 10 h 的肌肉 TBA 值变化范围为 0.226 0~

0.467 5 mg/kg,随着宰后时间的延长变化不规律,但总体呈升高趋势,不同时间点差异不显著;宰后 0.75 h 测得的 TBA 含量(0.226 0 mg/kg)最低,宰后 10 h 测得的 TBA 含量(0.467 5 mg/kg)最高。长白猪与大约克猪种间比较,宰后相

同时间点测定长白猪、大约克猪的 TBA 含量,除 10 h 差异显著外,其他时间点差异均不显著。其中,大约克猪宰后 10 h 的 TBA 含量比长白猪高 89.19% ($P<0.01$)。

表 2 宰后时间对长白猪和大约克猪肌肉乳酸及 TBA 含量的影响

宰后取样时间(h)	长白猪		大约克猪		长白猪		大约克猪	
	样本数 (头)	乳酸 (mmol/g prot)	样本数 (头)	乳酸 (mmol/g prot)	样本数 (头)	TBA (mg/kg)	样本数 (头)	TBA (mg/kg)
0.75	12	0.780 2±0.08dB	8	0.872 6±0.09aA	17	0.260 8±0.04aA	6	0.226 0±0.07aA
1			8	0.893 8±0.11aA			9	0.300 0±0.07aA
2	12	0.868 9±0.07cdB	8	0.881 4±0.08aA	17	0.258 2±0.04aA	6	0.289 0±0.09aA
3	11	1.112 7±0.10bcAB	7	0.950 7±0.15aA	20	0.334 3±0.05aA	9	0.274 7±0.06aA
4	12	1.134 9±0.10abcAB	7	0.933 4±0.16aA	16	0.286 9±0.04aA	7	0.272 0±0.07aA
5	11	1.201 2±0.10abAB	8	1.252 2±0.15aA	15	0.302 5±0.05aA	9	0.226 8±0.07aA
6	12	1.337 6±0.12abA	8	1.077 9±0.09aA	14	0.270 2±0.03aA	7	0.368 5±0.12aA
7	11	1.468 2±0.12aA	8	1.141 4±0.12aA	11	0.323 0±0.05aA	10	0.303 2±0.08aA
8	11	1.402 3±0.15abA	6	1.223 3±0.12aA	12	0.338 6±0.09aA	8	0.295 9±0.14aA
9	11	1.396 1±0.10abA	7	1.266 8±0.16aA	12	0.360 0±0.07aA	9	0.257 6±0.09aA
10	11	1.447 0±0.11abA	5	0.927 3±0.09aA	14	0.247 1±0.03aA	6	0.467 5±0.06aA

2.3 4℃冷藏条件下肌肉 pH 值、糖原及乳酸含量的变化

由表 3 可知,长白猪于 4℃冷藏条件下储藏 6 d 的肌肉 pH 值为 5.49~5.64,并随着储藏时间的延长趋于升高和稳定,不同时间点测得的 pH 值差异不显著。大约克猪于 4℃冷藏条件下储藏 6 d 的肌肉 pH 值为 5.85~5.62,并随着储藏时间的延长趋于降低和稳定,不同时间点测得的 pH 值差异不显著。长白猪和大约克猪品种间比较,大约克猪、长白猪宰后 24 h 的肌肉 pH 值分别为 5.85、5.49,大约克猪比长白猪提高 6.56%,两者间差异显著,其他时间点两者间差异不显著。

于 4℃冷藏条件下储藏 6 d,长白猪的肌肉糖原含量变化范围为 0.800 8~1.093 1 mg/g,大约克猪则为 0.478 8~0.595 4 mg/g,随着储藏时间的延长两者总体变化趋势均不规律,且不同时间点测定的糖原含量差异均不显著。长白猪和大约克猪品种间比较,相同时间点测得糖原含量品种间差

异显著或极显著,且均以长白猪的糖原含量较高。其中,长白猪宰后 24、48、72、96、120、144 h 的糖原含量分别比大约克猪高 84.90% ($P<0.05$)、78.40% ($P<0.01$)、101.87% ($P<0.05$)、83.80% ($P<0.05$)、83.59% ($P<0.05$)、67.25% ($P<0.01$)。

长白猪于 4℃冷藏条件下储藏 6 d 的肌肉乳酸含量为 0.943 7~1.750 2 mmol/g prot,随着储藏时间的延长总体变化不规律,不同时间点测得的乳酸含量差异显著。大约克猪于 4℃冷藏条件下储藏 6 d 的肌肉乳酸含量为 1.264 2~1.595 8 mmol/g prot,随着储藏时间的延长总体变化趋势不明显,不同时间点测得的乳酸含量差异不显著。长白猪和大约克猪品种间比较,相同时间点测得乳酸含量品种间差异不显著。

表 3 4℃冷藏条件下不同储藏时间对长白猪和大约克猪肌肉 pH 值、糖原及乳酸含量的影响

储存时间(h)	长白猪		大约克猪		长白猪		大约克猪		长白猪		大约克猪	
	样本数 (头)	pH 值	样本数 (头)	pH 值	样本数 (头)	糖原 (mg/g)	样本数 (头)	糖原 (mg/g)	样本数 (头)	乳酸 (mmol/g prot)	样本数 (头)	乳酸 (mmol/g prot)
24	12	5.49±0.09aA *	7	5.85±0.15aA *	11	0.929 3±0.12aA *	8	0.502 6±0.09aA *	12	1.337 8±0.08bAB	8	1.411 0±0.12abA
48	12	5.60±0.05aA	7	5.65±0.05aA	10	0.872 4±0.09aA **	9	0.489 0±0.07aA **	12	1.176 3±0.08bcB	9	1.289 5±0.04abA
72	12	5.57±0.04aA	7	5.63±0.07aA	11	1.025 1±0.17aA *	9	0.507 8±0.07aA *	12	1.750 2±0.13aA	9	1.595 8±0.11aA
96	12	5.59±0.05aA	7	5.69±0.05aA	10	1.033 3±0.14aA *	10	0.562 2±0.08aA *	11	1.339 0±0.13bAB	8	1.370 0±0.10abA
120	12	5.64±0.05aA	7	5.62±0.04aA	11	1.093 1±0.16aA *	8	0.595 4±0.05aA *	12	1.177 0±0.11bcB	7	1.532 9±0.13abA
144	12	5.59±0.05aA	7	5.63±0.04aA	11	0.800 8±0.06aA **	8	0.478 8±0.07aA **	11	0.943 7±0.11cB	7	1.264 2±0.09bA

2.4 4℃冷藏条件下肌肉滴水损失及 TBA 含量的变化

由表 4 可见,长白猪于 4℃冷藏条件下储藏 6 d 的肌肉滴水损失变化范围为 0.828 2%~4.237 4%,随着储藏时间的延长总体变化趋于降低,除 24 h 的滴水损失与其他时间点滴水损失差异极显著外,48~144 h 之间不同时间点测得的滴水损失差异不显著。大约克猪于 4℃冷藏条件下储藏 6 d 的肌肉滴水损失变化范围为 0.466 3%~2.287 2%,随着储藏时间的延长总体变化趋于降低,除 24 h 的滴水损失与其他时间点滴水损失差异极显著外,48~144 h 之间不同时间点测得

的滴水损失差异不显著。长白猪和大约克猪品种间比较,长白猪宰后 72 h 的滴水损失比大约克猪高 55.70%,两者间差异显著,其他时间品种间差异不显著。

长白猪于 4℃冷藏条件下储藏 6 d 的肌肉 TBA 值变化范围为 0.192 2~0.471 8 mg/kg,并随着储藏时间的延长呈升高趋势,24 h 与 144、72 h 的差异极显著、显著,其他不同时间点差异不显著。大约克猪于 4℃冷藏条件下储藏 6 d 的肌肉 TBA 值变化范围为 0.195 5~0.524 0 mg/kg,随着储藏时间的延长先升后降再升再降,变化不规律且与常理不符,有待进

表 4 4℃冷藏条件下不同储藏时间对长白猪和大约克猪肌肉滴水损失、TBA 含量的影响

储存时间 (h)	长白猪		大约克猪		长白猪		大约克猪	
	样本数 (头)	滴水损失 (%)	样本数 (头)	滴水损失 (%)	样本数 (头)	TBA (mg/kg)	样本数 (头)	TBA (mg/kg)
24	12	4.237 4 ± 1.08aA	7	2.287 2 ± 0.41aA	10	0.192 2 ± 0.05bB	8	0.341 5 ± 0.08aA
48	12	1.251 2 ± 0.15bB	7	0.812 5 ± 0.18bB	10	0.296 5 ± 0.09abAB	9	0.524 0 ± 0.13aA
72	12	1.025 3 ± 0.08bB *	7	0.658 5 ± 0.15bB *	10	0.417 8 ± 0.08aAB	8	0.407 5 ± 0.11aA
96	12	0.828 2 ± 0.12bB	7	0.901 6 ± 0.23bB	10	0.367 1 ± 0.07abAB	8	0.510 7 ± 0.23aA
120	12	0.951 0 ± 0.23bB	7	0.466 3 ± 0.10bB	11	0.389 4 ± 0.06abAB	8	0.472 0 ± 0.17aA
144	12	1.314 1 ± 0.27bB	7	0.612 3 ± 0.18bB	11	0.471 8 ± 0.04aA **	6	0.195 5 ± 0.03aA **

一步研究,不同时间点差异不显著。长白猪和大约克猪品种间比较,长白猪宰后 144 h 的 TBA 含量比大约克猪高 141.33%,两者间差异极显著,其他时间差异不显著。

2.5 -20℃冷冻条件下肌肉 pH 值、糖原及乳酸含量的变化

由表 5 可知,长白猪于 -20℃冷冻条件下储藏 5 d 的肌肉 pH 值为 5.51~5.72,随着储藏时间的延长呈升高趋势并逐渐稳定,不同时间点测得的 pH 值差异不显著。大约克猪于 -20℃冷冻条件下储藏 5 d 的肌肉 pH 值为 5.82~5.65,随着储藏时间的延长呈降低趋势并逐渐稳定,不同时间点测得的 pH 值差异不显著。长白猪和大约克猪品种间比较,大约克猪宰后 24 h 的肌肉 pH 值比长白猪高 5.43%,两者间差异显著,其他相同时间点的 pH 值品种间差异不显著。

长白猪于 -20℃冷冻条件下储藏 5 d 的肌肉糖原含量变化范围为 0.826 5~1.110 0 mg/g,随着储藏时间的延长变化趋势为先降低后升高,且不同时间点测定的糖原含量差异均不显著。大约克猪于 -20℃冷冻条件下储藏 5 d 的肌肉糖原

含量变化范围为 0.434 3~0.651 5 mg/g,随着储藏时间的延长总体变化趋势不规律,且不同时间点测定的糖原含量差异不显著。长白猪和大约克猪品种间比较,相同时间点测定的糖原含量均以长白猪较高,除宰后 120 h 品种间差异不显著外,其他均差异显著或极显著。其中,长白猪宰后 24、48、72、96、120 h 的糖原含量分别比大约克猪高 85.08% ($P<0.05$)、108.66% ($P<0.01$)、72.69% ($P<0.05$)、90.31% ($P<0.01$)、70.38% ($P>0.05$)。

长白猪于 -20℃冷冻条件下储藏 5 d 的肌肉乳酸含量为 1.206 1~1.638 8 mmol/g prot,随着储藏时间的延长总体变化呈升高趋势,不同时间点测得的乳酸含量差异不显著。大约克猪于 -20℃冷冻条件下储藏 5 d 的肌肉乳酸含量为 1.296 1~1.678 3 mmol/g prot,随着储藏时间的延长总体变化趋势不明显,不同时间点测得的乳酸含量除 48 h 与 120 h 差异显著外,其他差异不显著。长白猪和大约克猪品种间比较,相同时间点测得的乳酸含量品种间差异不显著。

表 5 -20℃条件下不同储藏时间对长白猪和大约克猪肌肉 pH 值、糖原及乳酸含量的影响

储存时间 (h)	长白猪		大约克猪		长白猪		大约克猪		长白猪		大约克猪	
	样本数 (头)	pH 值	样本数 (头)	pH 值	样本数 (头)	糖原 (mg/g)	样本数 (头)	糖原 (mg/g)	样本数 (头)	乳酸 (mmol/g prot)	样本数 (头)	乳酸 (mmol/g prot)
24	12	5.52 ± 0.09a *	7	5.82 ± 0.11a *	12	1.026 8 ± 0.13a *	8	0.554 8 ± 0.11a *	12	1.286 3 ± 0.08a	7	1.430 0 ± 0.13ab
48	10	5.51 ± 0.06a	7	5.67 ± 0.09a	10	0.963 6 ± 0.10a **	10	0.461 8 ± 0.09a **	12	1.206 1 ± 0.07a	7	1.296 1 ± 0.08b
72	12	5.58 ± 0.05a	7	5.69 ± 0.10a	11	0.838 6 ± 0.13a *	7	0.485 6 ± 0.08a *	12	1.638 8 ± 0.16a	7	1.509 7 ± 0.10ab
96	12	5.57 ± 0.05a	7	5.68 ± 0.07a	12	0.826 5 ± 0.05a **	7	0.434 3 ± 0.07a **	12	1.452 5 ± 0.15a	7	1.375 4 ± 0.07ab
120	8	5.72 ± 0.09a	5	5.65 ± 0.09a	7	1.110 0 ± 0.30a	5	0.651 5 ± 0.06a	6	1.466 3 ± 0.04a	5	1.678 3 ± 0.22a

2.6 -20℃冷冻条件下解冻失水率和 TBA 含量的变化

由表 6 可见,长白猪于 -20℃冷冻条件下储藏 5 d 的肌肉解冻失水率变化范围为 4.120 0%~5.493 4%,随着储藏时间的延长总体呈降低趋势,不同时间点测得的解冻失水率差异不显著。大约克猪于 -20℃冷冻条件下储藏 5 d 的肌肉解冻失水率变化范围为 1.577 2%~2.503 4%,随着储藏时间的延长变化趋势为先升高后降低,但不同时间点测得的解冻失水率差异不显著。长白猪和大约克猪品种间比较,宰后 24 h 与 72 h 差异显著,其他时间点品种间差异不显著。其中,宰后 24、72 h 的解冻失水率均以长白猪较高,分别比大约克猪高 160.14% ($P<0.05$)、74.32% ($P<0.05$)。

长白猪于 -20℃冷冻条件下储藏 5 d 的肌肉 TBA 值变化范围为 0.153 7~0.974 9 mg/kg,随着储藏时间的延长变化不规律,产后 120 h 最高,达到 0.974 9 mg/kg,与其他时间点差异极显著。大约克猪于 -20℃冷冻条件下储藏 5 d 的肌肉 TBA 值变化范围为 0.241 4~0.454 0 mg/kg,随着储藏时间

的延长变化不规律且与常理不符,有待进一步研究,不同时间点差异不显著。长白猪和大约克猪品种间比较,相同时间点测得的 TBA 含量品种间差异不显著。

3 结论与讨论

生猪屠宰后的肌肉 pH 值变化是复杂的生理生化过程。猪屠宰后,随着肌糖原的酵解,乳酸大量积累,肌肉 pH 值由宰前的 7.0~7.4 逐渐下降至 5.2~5.7^[4]。王永辉等测定了在 0~4℃冷藏条件下杂交野猪和杜洛克猪宰后 92 h 内的肌肉 pH 值,每隔 4 h 测定 1 次;结果表明,杂交野猪在宰后 0~8 h 内 pH 值下降速率较快,而杜洛克猪在宰后 0~4 h 内 pH 值下降速率较快^[5]。本试验表明,在宰后 10 h 内,长白猪背最长肌 pH 值随着时间的延长逐渐降低,从 6.33 逐渐下降至 5.55;大约克猪的肌肉 pH 值随着宰后时间的延长呈降低趋势,从 6.49 下降至 5.76。猪种间比较,宰后 3、5、10 h 的肌肉 pH 值均以大约克猪较高,分别比长白猪高 5.21% ($P<0.01$)、

表 6 -20 ℃条件下不同储藏时间对长白猪和大约克猪肌肉解冻失水率、TBA 含量的影响

储存时间 (h)	长白猪		大约克猪		长白猪		大约克猪	
	样本数 (头)	解冻失水率 (%)	样本数 (头)	解冻失水率 (%)	样本数 (头)	TBA (mg/kg)	样本数 (头)	TBA (mg/kg)
24	12	5.493 4 ± 1.16aA *	7	2.111 7 ± 0.31aA *	10	0.290 2 ± 0.08aB	7	0.259 5 ± 0.04aA
48	12	4.517 0 ± 0.94aA	7	2.352 9 ± 0.40aA	9	0.153 7 ± 0.02aB	7	0.385 5 ± 0.12aA
72	12	4.657 5 ± 0.86aA *	7	2.503 4 ± 0.47aA *	11	0.362 7 ± 0.08aB	7	0.253 1 ± 0.04aA
96	12	4.703 7 ± 1.24aA	7	2.360 6 ± 0.59aA	13	0.261 4 ± 0.05aB	7	0.454 0 ± 0.16aA
120	6	4.120 0 ± 1.13aA	5	1.577 2 ± 0.28aA	6	0.974 9 ± 0.45A	5	0.241 4 ± 0.07aA

5.64% ($P < 0.05$)、5.59% ($P < 0.05$)。长白猪的肌肉糖原含量随着宰后时间的延长总体变化不规律,大约克猪的肌肉糖原含量随着宰后时间的延长总体呈降低趋势,且长白猪与大约克猪品种内不同时间点测定的糖原含量、品种间相同时间点测定的糖原含量差异均不显著。长白猪及大约克猪的肌肉乳酸含量均随着宰后时间的延长呈升高趋势,宰后 10 h 的乳酸含量以长白猪较高,比大约克猪高 56.04% ($P < 0.05$)。

肉类食品中脂质的氧化通常采用 2-硫代巴比妥酸试验法(TBA 值法)进行评价,该方法相对比较简单,且一般与感官分析的数据具有良好相关性,是被广泛用于评价脂肪氧化程度的试验之一。随着氧化程度的加深,次级产物不断增多,TBA 值不断增大。一般来讲,当生肉的 TBA 值超过 0.5 mg/kg 时,人可感觉到氧化异味^[3]。长白猪宰后 10 h 的肌肉 TBA 值为 0.247 1~0.360 0 mg/kg,大约克猪宰后 10 h 的肌肉 TBA 值为 0.226 0~0.467 5 mg/kg,总体呈升高趋势,变化不显著且均低于 0.5 mg/kg。长白猪和大约克猪品种间比较,宰后 10 h 的 TBA 含量以大约克猪较高,比长白猪提高 89.19% ($P < 0.01$)。

关于不同储存温度和时间对长白猪及大约克猪肌肉 pH 值、失水率、糖原及乳酸含量、脂质氧化的影响,以及 2 个猪种间的变化比较尚未见报道。本试验表明,4 ℃冷藏条件下储存时间对长白猪的肌肉 pH 值、糖原含量影响不显著,对滴水损失、乳酸及 TBA 含量影响显著;对大约克猪的肌肉 pH 值、糖原及 TBA 含量影响不显著,对滴水损失影响极显著,对乳酸含量影响显著。长白猪和大约克猪品种间比较,于 4 ℃冷藏条件下储藏 6 d,大约克猪宰后 24 h 的肌肉 pH 值比长白猪高 6.56%,两者间差异显著;长白猪宰后 24、48、72、96、120、144 h 的糖原含量分别比大约克猪高 84.90% ($P < 0.05$)、78.40% ($P < 0.01$)、101.87% ($P < 0.05$)、83.80% ($P < 0.05$)、83.59% ($P < 0.05$)、67.25% ($P < 0.01$);品种间乳酸含量的差异不显著;长白猪宰后 72 h 的滴水损失比大约克猪高 55.70%,两者间差异显著;长白猪宰后 144 h 的 TBA 含量比大约克猪高 141.33%,两者间差异极显著。

在 -20 ℃冷冻条件下,储存时间对长白猪的肌肉 TBA 含量影响显著,对肌肉 pH 值、解冻失水率、糖原及乳酸含量影响不显著;对大约克猪的肌肉 pH 值、解冻失水率、糖原及

TBA 含量影响不显著,对乳酸含量影响显著。在 -20 ℃冷冻条件下储藏 5 d,长白猪和大约克猪品种间比较,大约克猪宰后 24 h 的肌肉 pH 值比长白猪高 5.43%,两者间差异显著;长白猪宰后 24、48、72、96、120 h 的糖原含量分别比大约克猪高 85.08% ($P < 0.05$)、108.66% ($P < 0.01$)、72.69% ($P < 0.05$)、90.31% ($P < 0.01$)、70.38% ($P > 0.05$);宰后 24、72 h 的解冻失水率均以长白猪较高,分别比大约克猪高 160.14% ($P < 0.05$)、74.32% ($P < 0.05$);相同时间点测得的乳酸及 TBA 含量品种间差异不显著。

本试验结果表明,鲜肉于 4 ℃冷藏条件下储存,大约克猪宰后 48 h 的 TBA 值达到 0.524 0 mg/kg,96 h 达到 0.510 7 mg/kg,均超过了 0.5 mg/kg,即有氧化异味;因此,鲜肉于 4 ℃冷藏条件下不宜储存太久,否则不仅会发生氧化,还易孳生微生物^[6],建议于 48 h 内食用。鲜肉于 -20 ℃冷冻条件下可保存较长时间,一般为 3 个月左右。本试验测得长白猪肉于 -20 ℃冷冻条件下储存 120 h,其氧化指标 TBA 值达到 0.974 9 mg/kg,超出了临界值 0.5 mg/kg,这与冷冻条件下肉制品可储存较长时间的常理不符,有待进一步研究。

生鲜肉应在排酸之后尽快加工食用,在任何温度下储藏时间都不宜过长,否则肉的品质、风味等均会发生变化;若猪肉发生变质则不能加工食用。

参考文献:

[1]陈清明,王连纯. 现代养猪生产[M]. 北京:中国农业大学出版社,1997:352-357.
[2]赵广民. 冻猪肉肌糖原是确保肉质的重要因素[J]. 肉类工业,1993(6):35-37.
[3]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(12):26-30.
[4]周利华,段艳宇,麻骏武. 白色杜洛克×二花脸资源群体中屠宰季节对猪肉 pH 值和肉色的影响[J]. 江西农业大学学报,2009,31(4):585-588.
[5]王永辉,马佃珍,张亚杰,等. 杂种野猪宰后肌肉品质特性的研究[J]. 肉类研究,2006,50(1):48-52.
[6]余倩,温冬玲. 冷鲜肉中腐败菌抑菌技术研究进展[J]. 江苏农业科学,2015,43(8):296-299.