

高压静电熟化对牛肉食用品质的影响

解祥学 孟庆翔 刘萍 李德勇 任丽萍*

(动物营养学国家重点实验室/中国农业大学 动物科学技术学院,北京 100193)

摘要 为探究高压静电熟化技术对牛肉食用品质的影响,选择6头中国西门塔尔牛左侧腰大肌,每块均匀分成两部分,分别进行普通和高压静电熟化处理72 h,并在0、4、8、12、24和72 h测定肉色(L 、 a^* 和 b^*)、过氧化物值(PV)及硫代巴比妥酸反应物(TBARS);熟化72 h后取样测定pH、剪切力及蒸煮损失。研究发现在熟化72 h后,高压静电处理组牛肉的剪切力值(1.99 kg)极显著($P<0.01$)小于普通熟化处理(2.74 kg),pH和蒸煮损失在2个处理间差异不显著($P>0.05$);除了0 h,其余小时高压静电处理组肉色 L 、 a^* 值均高于普通处理,且在12及72 h L 值显著高于普通处理($P<0.05$),在4、8、12和24 h a^* 值显著高于普通处理($P<0.05$);随着熟化时间延长,2个处理组的PV、TBARS值均升高。除了0 h,其余小时高压静电处理组的PV及TBARS值均低于普通处理,且在8 h之后,高压静电处理组的PV及TBARS值均显著低于普通处理($P<0.05$),排酸72 h后,静电熟化处理组的PV和TBARS值分别为226.96和104.42 $\mu\text{mol}/\text{kg}$,普通熟化处理组为330.20和142.14 $\mu\text{mol}/\text{kg}$ 。高压静电熟化处理可以显著提高牛肉嫩度、延长理想肉色时间、减缓牛肉氧化速度,有助于改善牛肉品质和延长货架期。

关键词 牛肉; 高压静电熟化; 嫩度; 肉色; 抗氧化

中图分类号 S 823.92

文章编号 1007-4333(2012)05-0144-05

文献标志码 A

Effect of high voltage electrostatic field aging on meat quality of beef

XIE Xiang-xue, MENG Qing-xiang, LIU Ping, LI De-yong, REN Li-ping*

(State Key Laboratory of Animal Nutrition/College of Animal Science and Technology,
China Agriculture University, Beijing 100193, China)

Abstract The objective of this study was to investigate the effect of high voltage electrostatic field ageing on meat quality of beef. Six psoases major of left carcass of Simmental cattle were selected. Each sample was divided into two equal parts. One part was treated by high voltage electrostatic field aging (treatment group) and the other part was treated by normal aging (control group). Meat color, lipid peroxides(PV) and Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) were measured at 0, 4, 8, 12, 24, 48 and 72 h, and pH, Warner-Bratzler-Shear (WBS) and cooking loss were detected after 72 h aging. There is no significant differences in pH and cooking loss between the two treatments after 72 h aging. The Warner-Bratzler-Shear was significantly lower ($P<0.01$) in treatment group (1.99 kg) than in control group (2.74 kg) at 72 h. The L and a^* values of the beef is higher in treatment group than control group at all aging times except for 0 h. Compared with control group, the L values in treatment group were significantly higher at 12 and 72 h ($P<0.05$), and the a^* values in treatment group were significantly higher at 4, 8, 12 and 24 h ($P<0.05$). The values of PV and TBARS were increased gradually during ageing time. Except for 0 hour, the values of PV and TBARS were lower in treatment group than in control group. After 8 hour aging, the values of PV and TBARS were significantly lower ($P<0.05$) in treatment group than in control group at other ageing hours. After ageing 72 h, the values of PV and TBARS in treatment group were 226.96 and 104.42 $\mu\text{mol}/\text{kg}$, and in control group were 330.20 and 142.14 $\mu\text{mol}/\text{kg}$.

收稿日期: 2012-02-25

基金项目: 中国农业大学研究生科研创新专项(KYCX2011044); 国家肉牛牦牛产业体系(CARS-38)

第一作者: 解祥学, 博士研究生, E-mail: xhzyzu@sina.com

通讯作者: 任丽萍, 教授, 博士生导师, 主要从事饲料营养价值评定、牛肉品质评价研究, E-mail: renlp@cau.edu.cn

In conclusion, the high voltage electrostatic field aging can improve the tenderness, meat color, and prevent lipid oxidation of beef, which will be helpful for meat quality and shelf time.

Key words beef; high voltage electrostatic field aging; tenderness; meat color; antioxidation

近年来随着消费者对牛肉品质的要求越来越高,生产者迫切需要进一步提高牛肉品质。宰后胴体熟化是改善牛肉食用品质的有效途径,牛肉在一定条件下熟化可以改善风味、提高牛肉嫩度^[1-2],目前应用最广的熟化方式主要有低温吊挂和交流电刺激与低温倒挂结合。低温倒挂可以在一定程度上改善嫩度,但此种方式存在占用冷库时间长、耗能大、易氧化和费用高等缺点^[3];低温倒挂结合电刺激可以较好的提高牛肉嫩度,避免冷收缩^[4]。交流电刺激技术目前已经被国内外许多大型屠宰企业应用,但一些小型的、传统的屠宰场,由于没有足够的空间来安全实施电刺激技术而未能使用^[1],因此开发新型的宰后熟化技术对于改善牛肉食用品质越来越重要。

高压静电场是指由高压静电器产生的几千伏至几万伏的高压直流静电场,但电流非常小,功率只有几瓦至十几瓦,非常安全^[5],高压静电熟化是指在普通低温倒挂排酸基础上加以高压静电完成排酸过程。目前高压静电已经用于农业生产,可以通过影响种子^[6]和水果^[7]的酶活性,提高种子的发芽率,延长水果的货架期。高压静电熟化本质上属于电刺激,可能对牛肉嫩度及相关食用品质产生有益效果,但由于高压静电在农业领域的应用属于初始阶段,目前尚未有高压静电熟化对牛肉品质影响的报道,基于此,本研究探究高压静电熟化对牛肉食用品质的影响,旨在为牛肉屠宰加工行业提供新型的熟化技术打基础。

1 材料与方法

1.1 样品选择及处理

试验牛肉取自中国农业大学肉牛屠宰试验基地的中国西门塔尔牛。屠宰后,立刻选取6头体重接近牛的左侧腰大肌,每条腰大肌平均分成2部分,一部分做普通熟化处理(0~4℃);另一部分做高压静电熟化处理,其中高压静电熟化仪器由北京金鑫水森制冷有限公司提供,其高压静电场强为30 kV/m,温度可调控在0~4℃。2种熟化时间均为72 h。

1.2 肉品质指标测定

2种处理方式在0、4、8、12、24、48和72 h,运用色差仪(CR400,美达能,北京)测定肉色(L 、 a^* 、

b^*),并取各时段肉样放入-80℃冰箱留作抗氧化指标测定用。不同处理的肉样在熟化72 h后,分别取样测定蒸煮损失率、剪切力(Salter Brecknell, 2356X,美国),pH(Eutech, pH Spear,美国)。每个样品测定3个平行。

1.3 脂类抗氧化测定

从-80℃冰箱取出肉样,参考Richards^[8]方法,运用双光束紫外/紫外分光光度计(8500,无锡科技,上海)测定2种处理0、4、8、12、24、48和72 h肉样的过氧化物值(PV)及硫代巴比妥酸反应物(TBARS),每个样品做3个平行。

1.4 统计方法

运用SAS软件(For Windows Version 8.0)对试验数据进行配对 t 检验分析,并采用Execl制图工具作图。

2 结果与分析

2.1 不同熟化处理对牛肉食用品质的影响

由表1可以看出在熟化72 h后,2个处理的牛肉pH均达到了正常值,且处理之间没有显著差异($P>0.05$);2组牛肉的蒸煮损失率在统计上差异不显著($P=0.149$),而静电熟化组的数值偏低;高压静电熟化组牛肉的剪切力值极显著小于普通熟化组($P=0.001$),说明高压静电熟化可以改善牛肉嫩度。

表1 不同熟化处理对牛肉食用品质的影响($n=6$)

Table 1 Effect of different aging treatment on meat quality of beef ($n=6$)

指标	处理		P
	普通熟化	静电熟化	
pH	5.86±0.14	5.85±0.10	0.932
剪切力/kg	2.74±0.21 A	1.99±0.22 B	0.001
蒸煮损失率/%	20.11±3.11	17.08±6.97	0.149

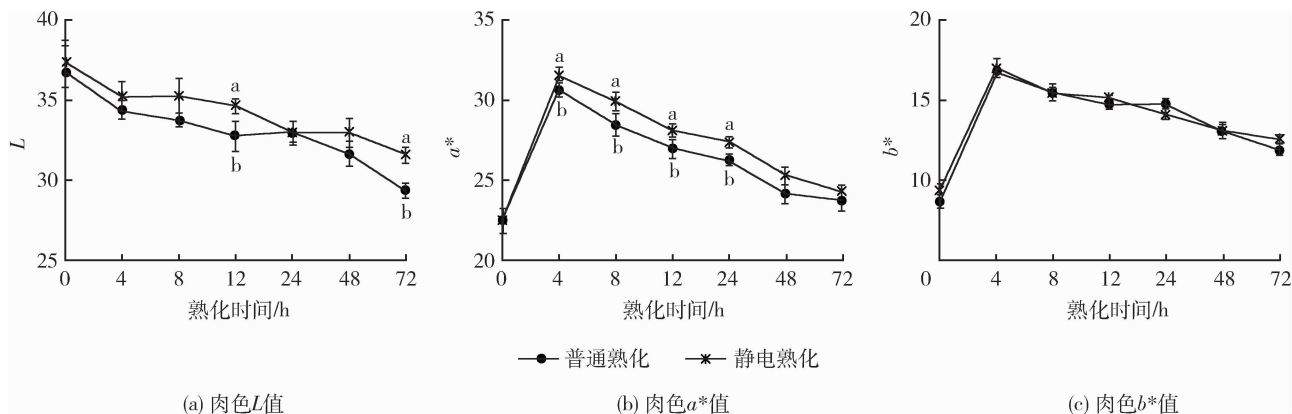
注:不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。

2.2 不同熟化方式对牛肉肉色的影响

图1是在2种熟化方式下,牛肉肉色(L 、 a^* 、 b^*)随着时间的变化趋势。从图1可以看出,随着时间延长,2个处理组牛肉的 L 值均呈下降趋势,但高压静电组的 L 值在各时刻均高于普通熟化组,且在

12及72 h显著高于普通熟化组($P < 0.05$);从图1(b)可以看出,随着时间延长,2个处理的 a^* 值均先升高,后呈下降趋势。除了0时刻,其余时刻高压静电熟化组的 a^* 值均高于普通熟化组,且在4、8、12

和24 h显著高于普通熟化组($P < 0.05$),后期逐渐趋于一致;从图1(c)看出,随着时间延长 b^* 值也呈先升高后下降趋势,在不同时刻2个处理间的 b^* 值没有显著差异($P > 0.05$)。



数据用(平均值±标准差)表示($n=6$);同时间段,不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下图同。

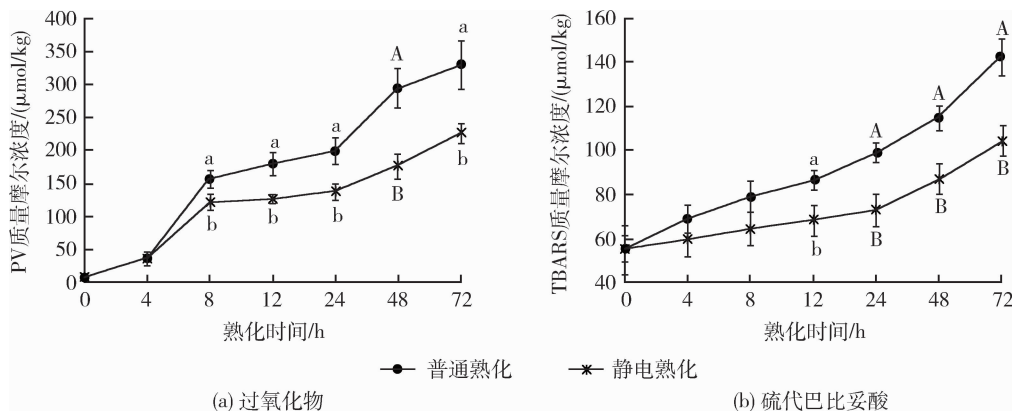
图1 不同熟化处理下牛肉肉色随时间的变化

Fig. 1 Comparison of meat color of different treatments in psoas major at different time

2.2 不同熟化方式对牛肉中脂类抗氧化性能的影响

图2显示牛肉的过氧化物(PV)及硫代巴比妥酸反应物(TBARS)在不同熟化处理下随时间的变化情况。从图2(a)可以看出,随着熟化时间延长,2个处理组牛肉的PV值均呈上升趋势,除了0、4 h,其余时刻普通组PV值均显著或者极显著高于静电熟化组。熟化72 h后,普通熟化组PV值达到

330.20 $\mu\text{mol/kg}$,高压静电熟化组为226.96 $\mu\text{mol/kg}$;从图2(b)可以看出,随着时间延长,2种熟化方式的TBARS值均呈升高趋势,除了0 h,其余小时普通组的TBARS均高于静电组,且在12、24、48和72 h显著或者极显著高于静电组。熟化72 h后,普通熟化组的TBARS达到142.14 $\mu\text{mol/kg}$,高压静电熟化组为104.42 $\mu\text{mol/kg}$ 。



同时段,不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。

图2 不同熟化处理下牛肉脂类氧化产物随时间的变化

Fig. 2 Comparison of PV and TBARS values of different treatments in Psoas major at different time

3 讨论

3.1 不同熟化处理对牛肉食用品质的影响

pH是指牛肉的酸度,是衡量肉品质的一个关

键参数,主要与肌肉中葡萄糖及氨基酸降解有关^[9]。它不仅直接影响肉的适口性、货架时间,还与牛肉持水力、肉色相关^[9-10]。本研究发现在熟化72 h后,2种处理之间pH相差不大,且都处于正常的范围之

内^[11-12],说明2种方法都可以使牛肉达到较好的pH;牛肉的蒸煮损失与系水力紧密相关,它不仅影响加工肉的产量、颜色和结构等,还影响鲜肉的色泽、质地、嫩度、营养和风味等食用品质^[9],蒸煮损失与牛肉中水分存在的形式、肌细胞的完整性等因素有关。本研究中发现2种熟化处理后,牛肉的蒸煮损失差异不显著,但高压静电组的蒸煮损失在数值上有减小的趋势。Wang等^[6]研究发现高压静电具有提高水稻种子活力,改善细胞膜系统的功能。高压静电是否也能通过影响肌细胞膜的完整性,来改善牛肉的保水功能还需要进一步研究。

剪切力是表示牛肉嫩度的肉品质指标,也是最容易发生变化的指标^[9,13],其数值大小与主要与肌肉内的结缔组织含量,肌内脂肪含量(大理石纹)以及肌纤维特点等因素有关^[13]。Jones等^[14]研究发现大理石花纹对牛肉嫩度的贡献仅为5%~9%,Wheeler等^[15]的研究认为大理石花纹对牛肉适口性的贡献最多为5%,同时也有研究发现大理石花纹和结缔组织两者合并起来对牛肉嫩度的贡献率也只能达到20%^[16]。所以,大理石花纹和结缔组织不是影响牛肉嫩度的主要因素,肌纤维特性才是影响嫩度的关键因素,而肌纤维中的肌原纤维是肌肉嫩度的决定因素。肌原纤维由多种蛋白构成,已证实肌联蛋白(titin)、伴肌动蛋白(nebulin)、肌钙蛋白(troponin)和肌间线蛋白(desmin)等骨架蛋白的降解和肉的嫩度关系密切^[17-18]。且研究表明钙激活酶系统(calpain system)在肌原纤维骨架蛋白降解起着关键作用,titin、nebulin、troponin和desmin等蛋白是calpain的良好底物^[19]。牛肉熟化过程中肌原纤维在Z盘附近断裂,肌原纤维小片化增加,而这些变化都与calpain有关^[20-23]。Hope-Jones等^[24]和胡鹏^[25]研究发现电刺激可以通过显著提高降解骨架蛋白的 μ -calpain的活性,来改善肌肉嫩度。本研究中发现高压静电熟化组可以显著的改善牛肉嫩度,高压静电本质上也属于电刺激,它是否也是通过影响calpain酶系统,促进肌原纤维骨架蛋白降解,从而改善嫩度还需要进一步研究。

3.2 不同熟化处理对肉色的影响

牛肉色泽也是肉品质的一个关键指标,是人们对所购牛肉的第一印象,对感官评定和购买决定有重要作用^[9,26]。肉色与肌红蛋白色素的数量和所处的状态有关,当缺氧时,肌红蛋白色素以还原形式存在,肉色成紫红色,如果放置在空气中,色素与氧结

合形成氧合肌红蛋白,肉色鲜红色,这时的肉色最吸引消费者,继续放置在氧气中,形成高铁血红蛋白,肉色变暗淡呈棕褐色,影响消费者购买^[26-27]。Brewer等^[28]研究认为L值与视觉肉色显著相关,且L值和 a^* 结合起来对粉红色可变性的贡献多达69%。一般认为 b^* 值对视觉肉色贡献不大,易受到肌内脂肪及血红素氧化状态的影响。 a^* 值与血红素的含量及氧化状态有关,而L值与这2个因素相关性不大^[26,28]。本研究中发现2种处理的 a^* 值和 b^* 随时间延长,都有小幅升高后都变小,分析可能是牛肉放在空气中先形成氧合血红蛋白后逐步氧化为高铁血红蛋白的原因。脂类氧化生成的氢过氧化物、自由基促进色素氧化,形成高铁血红蛋白,肉色成褐色,影响消费者购买欲望^[29],本试验中发现高压静电组的L和 a^* 值在不同时间段均高于普通处理组,同时也发现脂类氧化的产物PV及TBARS也呈相似结果,这与李卫春^[30]脂类氧化同肉色变化呈现同步性相一致。说明高压静电处理可以较好的保存肉色,减缓脂类氧化,有利于延长货架期。

3.3 不同熟化处理对脂类氧化的影响

脂类随着储存时间延长易发生氧化反应,在自由基或者脂肪氧合酶的作用下,脂质产生过氧化,过氧化物是过氧化链式反应的中间产物和继续氧化的媒介。不稳定的过氧化物继续氧化生成醛、酮、醇等终产物,导致肉品质变差^[10,31]。本研究发现随着熟化时间延长2个处理的PV及TBARS值均升高,且从4h开始,普通处理组均高于高压静电组。脂类氧化的强弱与底物的多少及内源性抗氧化体系有关^[32]。底物主要指多不饱和脂肪酸含量,本试验采用的是配对实验设计,可不考虑2个处理之间脂肪酸含量的差异,因此不是底物因素致使普通熟化组脂类抗氧化能力差。内源性抗氧化体系包括谷胱甘肽、肌肽、维生素E及一些抗氧化酶类如谷胱甘肽过氧化物酶、超氧化物歧化酶歧化酶等^[32]。目前尚未有关于高压静电对牛肉酶活影响的研究,农业生产有一定应用,叶青^[7]研究发现高压静电处理能够有效提高过水果氧化物酶和超氧化物酶的活性,降低丙二醛的产量。Wang^[6]研究也发现高压静电处理可以提高水稻种子过氧化氢酶、氧化物酶和超氧化物酶的活性,从而提高种子活力。Zhao^[33]研究发现高压静电处理不仅可以提高番茄的上述酶活性,而且提高了还原性谷胱甘肽、抗坏血酸及多酚的含量。因此推测在本试验中,高压静电可能是通过改

善了牛肉内源性抗氧化系统,从而减缓脂类的氧化,达到改善牛肉品质的效果。

4 结 论

高压静电熟化处理能够显著提高牛肉嫩度、延长牛肉鲜艳肉色时间、减缓脂类氧化速度,改善了牛肉品质和货架期,可以作为一种新型的熟化技术运用肉牛屠宰加工行业,后期还需对高压静电熟化改善牛肉品质的机理进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 汤晓艳,周光宏,徐幸莲,等.肉嫩度决定因子及牛肉嫩化技术研究进展[J].中国农业科学,2007,40(12):2835-2841
- [2] 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
- [3] 李春莲,王维民.牛肉嫩化技术的研究进展[J].肉类工业,2009,11:53-55
- [4] Hwang I H, Devine C E, Hopkins D L. The biochemical and physical effects of electrical stimulation on beef and sheep meat tenderness[J]. Meat Sci, 2003, 65: 677-691
- [5] 谢晶.高压静电场中食品冻结和解冻过程的实验研究[D].上海:上海理工大学,2000
- [6] Wang G X, Huang J L, Gao W N, et al. The effect of high-voltage electrostatic field (HVEF) on aged rice (*Oryza sativa* L) seeds vigor and lipid peroxidation of seedlings [J]. J Electros, 2009, 67: 759-764
- [7] 叶青,李里特,丹阳,等.高压静电场对“早艳”桃活性氧代谢的影响[J].食品科学,2005,26(3):232-234
- [8] Richards M P, Dettmann M A. Comparative analysis of different hemoglobins: Autoxidation, reaction with peroxide, and lipid oxidation[J]. J Agric Food Chem, 2003, 51: 3886-3891
- [9] 万发春,张幸开,张丽萍,等.牛肉品质评定的主要指标[J].中国畜牧兽医,2004,31(12):17-19
- [10] Hur S J, Park G B, Joo S T. Effect of storage temperature on meat quality of muscle with different fiber type composition from Korean native cattle (Hanwoo)[J]. J Food Qual, 2009, 32: 315-333
- [11] Muchenje V, Dzama K, Chimonyo M, et al. Meat quality of Nguni, Bonsmara and Aberdeen Angus steers raised on natural pasture in the Eastern Cape, South Africa[J]. Meat Sci, 2008, 79: 20-28
- [12] Bispo E, Monserrat L, González L, et al. Effect of weaning status on animal performance and meat quality of Rubia Gallega calves[J]. Meat Sci, 2010, 86: 832-838
- [13] Kemp C M, Sensky P L, Bardsley R G, et al. Tenderness-An enzymatic view[J]. Meat Sci, 2010, 84: 248-256
- [14] Jones B K, Tatum J D. Predictors of beef tenderness among carcasses produced under commercial conditions[J]. J Anim Sci, 1994, 72: 1492-1501
- [15] Wheeler T L, Cundiff L V, Koch R M. Effect of marbling degree on beef palatability in bos taurus and bos indicus cattle [J]. J Anim Sci, 1994, 72: 3145-3151
- [16] 黄明.牛肉成熟机制及食用品质研究[D].南京:南京农业大学,2003
- [17] Trinick J. Understanding the functions of titin and nebulin[J]. Feder Eur Biochem Soc, 1992, 307: 44-48
- [18] Muhle-Goll C, Habeck M, Cazorla O, et al. Structural and functional studies of titin's fn3 modules reveal conserved surface patterns and binding to myosin S1-A possible role in the frank-starling mechanism of the heart [J]. J Mol Biol, 2001, 313: 431-447
- [19] Lee S, Stevenson-Barry J M, Kauffman R G, et al. Effect of ion fluid injection on beef tenderness in association with calpain activity[J]. Meat Sci, 2000, 56: 301-310
- [20] Steen D, Claeys E, Uytterhaegen L, et al. Early post-mortem conditions and the calpain/calpastatin system in relation to tenderness of double-musled beef[J]. Meat Sci, 1997, 45(3): 307-319
- [21] Pulford D J, Dobbie P, Fraga Vazquez S, et al. Variation in bull beef quality due to ultimate muscle pH is correlated to endopeptidase and small heat shock protein levels [J]. Meat Sci, 2009, 83: 1-9
- [22] Castillo A, Nowak R, Littlefield, K P, et al. A nebulin ruler does not dictate thin filament lengths[J]. Biophys J, 2009, 96: 1856-1865
- [23] Lonergan E H, Zhang W G, Lonergan S M. Biochemistry of postmortem muscle - lessons on mechanisms of meat tenderization[J]. Meat Sci, 2010, 86: 184-195
- [24] Hope-Jones M, Strydomb P E, Frylinck L, et al. The efficiency of electrical stimulation to counteract the negative effects of β -agonists on meat tenderness of feedlot cattle[J]. Meat Sci, 2010, 86: 699-705
- [25] 胡鹏.电刺激和延迟冷却对牛背最长肌中Calpains活性及嫩度的影响[D].泰安:山东农业大学,2008
- [26] Mancini R A, Hunt M C. Current research in meat color[J]. Meat Sci, 2005, 71: 100-121
- [27] Hood D E, Riordan E B. Discolouration in pre-packaged beef: Measurement by reflectance spectrophotometry and shopper discrimination[J]. J Food Technol, 1973, 8(3): 333-343
- [28] Brewer M S, Zhu L G, Bidner B, et al. Measuring pork color: Effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters[J]. Meat Sci, 57(2): 169-176
- [29] 黄光菊,俞颂东.维生素E调控肉品质的研究进展[J].饲料工业,2005,26(19):27-30
- [30] 李卫春.日粮中添加高水平的硒与茶多酚对肉鸡生产性能、肉品质和肌肉抗氧化的影响研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2008
- [31] Richard B, Bingcan C, Francesc G, et al. Determination of lipid and protein hydroperoxides using the fluorescent probe diphenyl-1-pyrenylphosphine[J]. Food Chem, 2010, 123: 892-900
- [32] Chan K M, Decker E A. Endogenous skeletal muscle antioxidants[J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 1994, 34(4): 403-426
- [33] Zhao R P, Hao J X, Xue J, et al. Effect of high-voltage electrostatic field pretreatment on the antioxidant system in stored green mature tomatoes[J]. J Sci Food Agric, 2011, 91: 1680-1686