

肉制品脂肪氧化控制研究进展

施佩影, 李仁伟

(浙江北极品水产有限公司, 浙江 杭州 310000)

摘要: 本文综述了近年来人们针对肉制品脂肪氧化控制开展的研究, 分别从养殖、贮藏、加工和成品等方面进行总结。养殖过程中, 目前普遍采取的是饲喂草本植物及其提取物、谷物物质和其他农副产物及其提取物等物质, 适度的饲喂天然产物具有良好的维持抗氧化活性作用, 氧化稳定性与饲喂物质的数量和种类相关; 贮藏过程中, 脂肪氧化的程度与贮藏环境的温度、氧气浓度和添加抗氧化物质的种类和数量相关; 在加工过程中, 添加不同的活性物质, 均能起到不同的作用; 在成品加工中, 添加适当的活性物质, 或者进行适当的预处理, 均会对产品的风味、物化性状等品质产生影响。人们在肉制品脂肪氧化方面的研究报道显示, 通过天然物质的添加均可以达到良好的抑制脂肪氧化的效果, 尽管效果的可转移性以及量效关系尚需更进一步的研究, 但是为突破通过化学合成抗氧化剂以及采用绿色手段提升肉制品的品质提供了重要的参考。

关键词: 脂肪氧化; 牛肉; 猪肉; 养殖; 贮藏

Progress in Research on the Control of Fat Oxidation in Meat Products

SHI Peiying, LI Renwei

(Zhejiang North Best Aquatic Product Co. Ltd., Hangzhou 310000, China)

Abstract: This paper provides a review of recent studies dealing with the control of fat oxidization in meat products with respect to livestock and poultry farming, meat storage and processing and finished meat products. Currently, herbal plants and their extracts, cereal materials and other agricultural byproducts are prevalently used to feed livestock and poultry. The appropriate supplementation of natural products to the diet of animals maintains their antioxidant capacity and the efficacy depends on the amount and types of added ingredients. The extent of fat oxidation during meat storage is associated with storage temperature, oxygen concentration in the storage atmosphere, and the amount and types of antioxidant added. The addition of different actives during meat processing can play different roles. During the processing of finished products, their quality traits such as flavor and physicochemical properties are improved by either the addition of proper actives or appropriate pretreatment. Previous studies regarding fat oxidation in meat products demonstrate that the addition of natural substances is highly successful in inhibiting fat oxidation, providing vital references to enhance the quality of meat products by using synthetic chemical antioxidants and green approaches. However, further research is needed to find out the transferability of this finding as well as the dose-effect relationship.

Key words: lipid oxidation; beef; pork; farming; storage

DOI: 10.15922/j.cnki.rlyj.2016.06.011

中图分类号: TS207.7

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2016) 06-0052-05

引文格式:

施佩影, 李仁伟. 肉制品脂肪氧化控制研究进展[J]. 肉类研究, 2016, 30(6): 52-56. DOI: 10.15922/j.cnki.rlyj.2016.06.011. <http://rlyj.cbpt.cnki.net>

SHI Peiying, LI Renwei. Progress in research on the control of fat oxidation in meat products[J]. Meat Research, 2016, 30(6): 52-56. (in Chinese with English abstract) DOI: 10.15922/j.cnki.rlyj.2016.06.011. <http://rlyj.cbpt.cnki.net>

脂肪氧化是肉制品风味呈现的基础, 尤其是直链风味醛类对腌腊肉制品传统风味的形成有重要作用^[1], 但是脂肪在不限条件下会发生过氧化反应, 产生大量的过氧化物、自由基、有害的醛酮等物质, 不仅导致了产品

的酸败, 造成产品品质的下降, 而且会给消费者的食用安全带来潜在危害^[2]。

针对脂肪氧化的控制, 目前主要是在养殖过程中进行抗氧化物质的补充, 来增强活体内的抗氧化物质含

收稿日期: 2016-01-09

作者简介: 施佩影 (1986—), 女, 工程师, 本科, 研究方向为水产品贮藏与加工。E-mail: bingspy@163.com

量。另外在加工过程中,主要是添加抗氧化物质,鉴于化学合成抗氧化剂潜在的毒害作用,天然物质以及天然物质抗氧化提取物是目前研究的重点^[3]。

本文对近年来肉制品生产、贮藏、加工和产品等相关方面开展的脂肪氧化研究,进行了综述说明,以期为肉制品加工,尤其是脂肪氧化控制提供参考。

1 养殖过程中的脂肪氧化

现代农业的发展,一方面为生产生活提供了充足的物质基础,但是同时也带来了大量的农副产物,如石榴籽、苹果渣,以及各种产品加工的边角料,这些产品有些可以作为提取活性物质的基料,实现变废为宝,争产创收的目的。

1.1 猪养殖过程的控制

养殖过程中,饲料成分的种类和供给量会影响到肉制品的品质,在饲喂过程中,人们普遍会将饲料多元化以满足生长过程中的各种营养素的需求。Moroney等^[4]在猪饲养过程中,选择性的添加了褐藻作为补充料,并就补充褐藻的数量和时间长短对猪肉的品质进行了分析,在猪养殖过程中补充褐藻多糖,不仅明显增加了猪肉产品的抗氧化物质含量,降低了脂肪氧化程度,而且对猪肉的可食品质有显著提升作用。

草本植物及其提取物很早就被应用于人类和动物的药物治疗, Hanczakowska等^[5]分析了饲喂草本植物提取物和不同油种类对猪生长性能和肉品质影响,其考察了油菜籽油、大豆油与鼠尾草、苜蓿、柠檬叶和金花菊等草本植物提取物,其发现饲喂草本植物提取物并未对猪的生产性能产生影响,饲喂大豆油和菜籽油之间亦没有显著差异,但是饲喂草本植物提取物能够改善肉的脂肪酸组成,对肉品的氧化稳定性有明显的推动作用。

1.2 羊养殖过程中的脂肪氧化

羊养殖过程中,以草料为基料,部分会选择性的添加谷物为补充料,随着现代养殖业的发展和口料对肉制品品质影响的研究的开展,人们逐渐选择补充一些中草药、农副产物等物质。Emami等^[6]利用石榴籽浆饲喂山羊,并对产出山羊肉品质进行了分析。其分别对不同实验组饲喂不同量的石榴籽浆,随着食用石榴籽浆量的增加,产品的硫代巴比妥酸反应物值(thiobarbituric acid reactive substances, TBARs)明显降低($P<0.0001$),说明摄食石榴籽能够抑制羊肉的氧化反应;Zhang等^[7]使用甘草提取物来增强羊背脊抗氧化能力,对滩羊饲喂甘草提取物能够增强滩羊肉的抗氧化能力($P<0.05$)和自由基清除能力($P<0.05$),并能够降低TBARs的含量,效果显著。

1.3 牛养殖过程中的脂肪氧化

相比于饲喂精饲料,在放牧情况下产出的牛肉,不仅脂肪酸组分更为健康,而且脂肪的总体含量也会有所降低。考虑到肉牛的需求旺盛和回报率,目前饲喂肉牛的普遍做法是在放牧的同时补充谷物等物质。

Pouzo等^[8]在放牧情况下,研究了对牛补充玉米和亚麻籽对排酸牛肉的抗氧化性、脂质和颜色稳定性产生的影响,发现相较于常规老化,其进行真空老化的样品的脂肪氧化稳定性均得到增强,经5 d空气暴露后,饲喂亚麻籽量最大组所产生的牛肉的脂肪氧化程度最高($P<0.05$),而处于中度饲喂水平组的脂肪氧化程度最小,说明适度的饲喂亚麻籽和玉米可以改善牛肉的脂肪氧化稳定性,但是当大量饲喂时,肉品的不饱和脂肪酸含量过度增加,极易发生氧化反应,会加剧牛肉脂肪的氧化。

Cardenia等^[9]在养殖过程中给牛饲喂亚麻籽油、VE、亚油酸等强化物质,并分析了对牛肉脂肪氧化的影响,发现饲喂了90 d VE和亚麻籽油的牛肉过氧化值最小,而饲喂90 d VE的牛肉样品具有更高的氧化稳定性,在贮藏期间,荧光照射会对TBARs的大小产生影响。说明在牛饲养过程中,饲喂物质的种类和数量,会对肉品质产生影响,同样在加工过程中的条件控制也是影响肉品脂肪氧化的因素。

1.4 兔养殖过程中的脂肪氧化

相较于红肉,兔肉的营养成分更为均衡,脂肪和胆固醇含量低,且脂肪多为不饱和脂肪酸。dal Bosco^[10]、Purrinos^[11]等在兔子养殖过程中,膳食添加了苜蓿芽和亚麻芽,发现亚麻芽的添加使得兔肉含有较高含量的 α -亚麻酸、 $n-3$ 脂肪酸和总不饱和酸含量,但是同时TBARs也较高;苜蓿芽的添加也使得总植物雌激素含量增高,所以两者都可以用来改良兔肉的脂肪含量、脂肪酸和植物化学成分,但是亚麻芽的添加使得不饱和脂肪酸含量增加,亦加剧了兔肉的氧化。

2 贮藏过程中的氧化控制

2.1 畜产品贮藏过程中的脂肪氧化

饲喂部分草本植物及提取物等能够增强畜产品的氧化稳定性,同时,气调包装和排酸、添加防腐剂一样都可以有效地延长肉品的货架期和维持肉制品的良好品质。Ortuño等^[12]在羊饲喂过程中喂食迷迭香二萜(鼠尾草酸和鼠尾草酚),然后进行气调包装,针对贮藏过程中的抗氧化和抑菌作用进行了分析。发现饲喂迷迭香二萜的羊肉在抑制微生物生长方面效果显著,但是饲喂迷迭香二萜和VE的羊肉抗氧化能力得到很大程度的增强,两者的货架期较之未添加的羊肉分别延长了5 d和10 d,效果显著。

冯晓琳等^[13]对猪肉进行电子束照射,然后真空包装下低温冷藏,发现在真空包装条件下,辐射剂量的改变并不会对脂肪氧化产生显著影响,但是感官品质有所提升,以1.9 kGy剂量辐照效果最优。说明良好的贮藏环境也是维持肉品质的重要保障。

肉制品含有丰富的营养物质,能够为微生物的生长提供足够的营养来源,所以针对肉制品品质的分析时,微生物指标是一个重要的参考。Nakyinsig等^[14]在对兔肉的品质进行分析研究时发现,兔肉中丙二醛含量在贮藏过程中变化明显,巯基含量呈现下降的趋势,肌球蛋白重链谱带变浅,肌钙蛋白T明显减少,其结果显示,考察兔肉品质的好坏不仅要考察微生物指标,还应考虑到脂肪氧化和蛋白氧化的程度。同时,鉴于兔肉中含有大量的不饱和脂肪酸,极易发生氧化变质,产生异味,很大程度上限制了兔肉产品的加工。Mancini等^[15]在加工兔肉汉堡包时,选择性的在产品添加了姜黄素和VC,试图缓解产品的脂肪氧化,在7 d的贮藏期内,姜黄素的添加对样品的外观颜色产生了影响,抗氧化能力接近添加VC的产品,但是其烹饪损失较小,说明姜黄素具有作为兔肉汉堡包天然抗氧化剂的潜力。

2.2 水产品贮藏过程中的脂肪氧化

水产品,尤其是远洋海产品,以优良的品质很大程度上弥补了人们对肉制品的需求,但是同时,水产品不饱和脂肪酸和各种酶也给水产品的良好贮藏带来了挑战。施佩影等^[16]针对不同温度下贮藏南美白对虾黑变进行了研究,发现温度直接影响到南美白对虾的黑变速率,温度越高越不利于贮藏,南美白对虾在0、4、8℃条件下较适宜贮藏,但贮藏时间亦不应超过36、24、12 h。王丹丹等^[17]在分析茶多酚对冷藏带鱼品质及抗氧化效果的影响时发现,当茶多酚质量浓度为0.20 g/100 mL时,能够有效抑制冷藏过程中细菌的生长,并能有效延缓脂肪的氧化,对贮藏期间的品质稳定具有良好的促进作用。黎柳等^[18]对茶多酚、植酸生物保鲜剂对鲳鱼的保鲜效果研究时,也发现茶多酚、植酸均能够有效地延缓细菌生长及挥发性盐基氮的含量、TBARs和K值的升高,且茶多酚的效果更为显著。李颖畅等^[19]在鲈鱼进行品质保持的研究时,采用蓝莓叶多酚作为生物保鲜剂,发现在4℃条件下冷藏过程中,蓝莓叶多酚能够抑制细菌繁殖、减缓脂肪氧化,并能够延长鲈鱼的货架期。

3 加工过程中的脂肪氧化

3.1 畜肉加工过程中的脂肪氧化

适宜的饲喂和良好的贮藏为肉制品的加工提供了良好的基础,但是肉制品的加工过程也是影响肉制品品质的重要因素。Soltanizadeh等^[20]在进行牛肉汉堡包加工时

添加了芦荟汁,并分析芦荟汁对牛肉汉堡包的脂肪氧化和质构变化的影响,结果显示,添加芦荟汁可以改变汉堡包的吸水性、组织结构和持油能力,并能对脂肪的氧化起到一定的抑制作用;Jones等^[21]将茶提取物添加到羊肉香肠中,分析其对抗氧化效果的影响,将茶提取物添加到白脸牛羚和跳羚羊肉香肠中,当添加量为1.0%时,香肠在2周内均具有良好的抗氧化效果,且对产品的风味产生影响;刘文营等^[22]在进行干腌咸肉的加工过程中,在辅料中添加鼠尾草,结果显示,添加鼠尾草能够降低加工过程及产品中的过氧化物含量,并对产品中挥发性物质的种类和含量产生影响。

3.2 水产品加工过程中的脂肪氧化

水产品除了鲜食外,还要进行适当的加工,来弥补因为销售、环境等导致的品质保持等问题。我们海岸线广阔,腌鱼是一项很普遍的加工手段,鱼类体内含有丰富的不饱和脂肪酸,极易发生脂肪氧化变质。陈霞霞等^[23]先将鲑鱼经饱和食盐水腌制10 min,然后添加复合烟熏液腌制,制得的产品抗氧化能力最强,过氧化值最低。

在水产品解冻过程中,由于解冻速率的不同,对水产品品质的影响亦不同,温度越低,越利于抑制脂肪氧化^[24]。

4 成品的脂肪氧化

香味是肉制品的一个重要特征,是人们评判对产品喜好度的一个重要参数。人们对产品风味的影响控制上,多是对挥发性的物质进行调控。Watanabe等^[25]对老化对牛肉挥发性物质的影响进行了分析,其先行对牛肉进行老化处理,然后采用固相微萃取(solid-phase micro-extraction, SPME)-气相色谱质谱法(gas chromatograph-mass spectrography, GC-MS)共分析出70余种挥发性物质,而甲苯含量的增加预示着在老化过程中脂肪发生了氧化,也就是说老化会影响到脂肪的氧化,进而影响到产品的风味特征。

脂肪氧化程度是影响产品货架期的一个重要关键参数。目前肉类市场上应对脂肪氧化,主要是添加叔丁基羟基茴香醚(butyl hydroxyanisole, BHA)或者二叔丁基羟基甲苯(dibutylhydroxytoluene, BHT)等化学合成抗氧化剂,但是鉴于化学合成抗氧化剂的潜在危害,目前的研究多集中在天然产物提取物上。Almeida等^[26]将嘉定果皮提取物加入到波罗尼亚香肠中,分析了香肠冷藏期间的脂肪氧化、微生物和感官性质的变化,结果显示,尽管嘉定果皮提取物对微生物没有明显的影响作用,但是其对脂肪氧化有明显的抑制作用($P<0.05$),添加量为0.5%时,亦并未对感官性质产生影响,但是很大程度上避免了感官品质的下降。



熟肉制品因无需加工、使用方便等优点,然而熟肉制品营养丰富,极易受到微生物污染,导致品质下降^[27]。殷燕等^[28]将迷迭香提取物应用于真空包装的熟猪肉饼,迷迭香提取物不仅能够有效抑制微生物的生长,而且能显著提升脂肪的抗氧化能力,也能够有效的维持产品的颜色和质构。

5 其他研究

随着社会的发展和人们对于动物生命尊重意识的加强,以及一些宗教信仰的要求,人们对现代畜禽屠宰提出了更高的要求。现代屠宰不仅要保障产品的安全卫生,还要考虑到动物福利,排除潜在的隐患。同时,伴随着现代畜牧业的发展,以及人们生活的大量需求,生产者对生产成本、肉制品品质和回报率的关注也逐渐增强。

Sabow等^[29]研究了采取最小麻醉与采用伊斯兰教法屠宰山羊的品质差异,并考察了流血速率、微生物特性和脂肪氧化,结果显示,考察量均没有明显差异($P>0.05$),2种屠宰方式对产品的品质没有明显的影响。

Wen等^[30]在对屠宰年龄对牛肉氧化稳定性的影响分析时发现,不同部位牛肉的氧化稳定性均不相同,牛胸最长肌拥有最低的肌红蛋白含量($P<0.05$),且随着年龄的增加,含量持续降低,抗氧化酶活性亦逐渐增强($P<0.05$)。

刘文营等^[3,31]对添加抗氧化剂对猪脂肪的诱导氧化进行了分析,在国家标准限定的使用量下,化学合成抗氧化剂对猪脂肪的抗氧化效果要比天然抗氧化剂的效果明显,针对添加天然抗氧化剂的增强抗氧化作用尚需要更多和更深入的研究,以期达到化学合成抗氧化剂同等的效果,同时规避副作用的产生。

6 结 语

在对家畜放牧养殖过程中,补加饲喂草本植物及其提取物、谷物物质和其他农副产物及其提取物等物质,在一定程度上能够改善家畜的脂肪酸组分、增强脂肪的抗氧化活性和氧化稳定性,这种效果与饲喂天然物质的数量和种类相关;在肉制品贮藏过程中,脂肪氧化的程度与贮藏环境的温度、氧气浓度和添加抗氧化物质的种类和数量相关;进行肉制品加工过程中,添加不同的活性物质,均能在一定方面起到良好的效果;在成品中,添加适当的活性物质,或者进行适当的预处理,均会对产品成品的风味、物化性状等品质产生影响。

人们在肉制品脂肪氧化方面的研究报道显示,通过添加天然物质可以达到良好的抑制脂肪氧化的效果,尽管效果的可转移性以及量效关系尚需更进一步的研究,但是为突破通过化学合成抗氧化剂、采用绿色手段、提升肉制品的品质提供了重要的参考。

参考文献:

- [1] LORENZO J M, CARBALLO J. Changes in physico-chemical properties and volatile compounds throughout the manufacturing process of dry-cured foal loin[J]. Meat Science, 2015, 99: 44-51. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.08.013.
- [2] MEYNUER A, GENOT C, GANDEMER G. Volatile compounds of oxidized pork phospholipids[J]. Journal of the American Oil Chemists Society, 1998, 75(1): 1-7. DOI: 10.1007/s11746-998-0001-3.
- [3] 刘文营, 戚彪, 成晓瑜, 等. 猪脂肪诱导氧化过程及添加迷迭香精油的抗氧化活性[J]. 肉类研究, 2014, 28(12): 21-23.
- [4] MORONEY N C, O'GRADY M N, ROBERTSON R C, et al. Influence of level and duration of feeding polysaccharide (laminarin and fucoidan) extracts from brown seaweed (*Laminaria digitata*) on quality indices of fresh pork[J]. Meat Science, 2015, 99: 132-141. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.08.016.
- [5] HANCZAKOWSKA E, ŚWIĄTKIEWICZ M, GRELA E R. Effect of dietary inclusion of a herbal extract mixture and different oils on pig performance and meat quality[J]. Meat Science, 2015, 108: 61-66. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.05.020.
- [6] EMAMI A, NASRI M H, GANJIKHANLOU M, et al. Effects of dietary pomegranate seed pulp on oxidative stability of kid meat[J]. Meat Science, 2015, 104: 14-19. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.01.016.
- [7] ZHANG Y W, LUO H L, LIU K, et al. Antioxidant effects of liquorice (*Glycyrrhiza uralensis*) extract during aging of *longissimus thoracis* muscle in Tan sheep[J]. Meat Science, 2015, 105: 38-45. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.03.002.
- [8] POUZO L B, DESCALZO A M, ZARITZKY N E, et al. Antioxidant status, lipid and color stability of aged beef from grazing steers supplemented with corn grain and increasing levels of flaxseed[J]. Meat Science, 2016, 111: 1-6. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.07.026.
- [9] CARDENIA V, MASSIMINI M, POERIO A, et al. Effect of dietary supplementation on lipid photooxidation in beef meat, during storage under commercial retail conditions[J]. Meat Science, 2015, 105: 126-135. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.02.010.
- [10] dal BOSCO A, CASTELLINIC, MARTINO M, et al. The effect of dietary alfalfa and flax sprouts on rabbit meat antioxidant content, lipid oxidation and fatty acid composition[J]. Meat Science, 2015, 106: 31-37. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.03.021.
- [11] PURRIÑOS L, BERMÚDEZ R, FRANCO D, et al. Development of volatile compounds during the manufacture of dry-cured "Lacón" a Spanish traditional meat product [J]. Food Science, 2011, 76(1): 1750-3841. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2010.01955.x.
- [12] ORTUÑO J, SERRANO R, BAÑÓN S. Antioxidant and antimicrobial effects of dietary supplementation with rosemary diterpenes (carnosic acid and carnosol) vs vitamin E on lamb meat packed under protective atmosphere[J]. Meat Science, 2015, 110: 62-69. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.07.011.
- [13] 冯晓琳, 王晓拓, 王丽芳, 等. 电子束辐照对真空包装冷鲜猪肉品质的影响[J]. 中国食品学报, 2015, 15(2): 126-131. DOI: 10.16429/j.1009-7848.2015.02.019.
- [14] NAKYINSIGE K, SAZILI A Q, AGHWAN Z A, et al. Development of microbial spoilage and lipid and protein oxidation in rabbit meat[J]. Meat Science, 2015, 108: 125-131. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.05.029.
- [15] MANCINI S, PREZIUSO G, BOSCO A D, et al. Effect of turmeric powder (*Curcuma longa* L.) and ascorbic acid on physical characteristics and oxidative status of fresh and stored rabbit burgers[J]. Meat Science, 2015, 110: 93-100. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.07.005.

- [16] 施佩影, 李仁伟, 刘文营. 不同贮藏温度对南美白对虾黑变的影响[J]. 潮州师范学院学报, 2014, 36(8): 35-39. DOI: 10.3969/j.issn.1009-1734.2014.08.007.
- [17] 王丹丹, 李婷婷, 刘焯, 等. 茶多酚对冷藏带鱼品质及抗氧化效果的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(2): 210-215. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-201502041.
- [18] 黎柳, 谢晶, 苏辉, 等. 含茶多酚、植酸生物保鲜剂冰对鲳鱼保鲜效果的研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(1): 338-343. DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.01.063.
- [19] 李颖畅, 刘明爽, 李乐, 等. 蓝莓叶多酚对冷藏鲈鱼品质的影响[J]. 中国食品学报, 2015, 15(2): 120-125. DOI: 10.16429/j.1009-7848.2015.02.018.
- [20] SOLTANIZADEH N, GHIASI-ESFAHANI H. Qualitative improvement of low meat beef burger using Aloe vera[J]. Meat Science, 2015, 99: 75-80. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.09.002.
- [21] JONES M, HOFFMAN L C, MULLER M. Effect of rooibos extract (*Aspalathus linearis*) on lipid oxidation over time and the sensory analysis of blesbok (*Damaliscus pygargus phillipsi*) and springbok (*Antidorcas marsupialis*) droëwors[J]. Meat Science, 2015, 103: 54-60. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.12.012.
- [22] 刘文营, 张振琪, 成晓瑜, 等. 干腌咸肉成熟过程及挥发性成分分析[J]. 肉类研究, 2016, 30(1): 6-10. DOI: 10.15922/j.cnki.rlyj.2016.01.002.
- [23] 陈霞霞, 邓思瑶, 杨文鸽, 等. 半干鲈鱼肉腌制品脂肪氧化的控制技术[J]. 中国食品学报, 2015, 15(8): 141-147. DOI: 10.16429/j.1009-7848.2015.08.021.
- [24] 王凤玉, 曹荣, 赵玲, 等. 解冻方式对冷冻秋刀鱼品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(11): 4584-4590.
- [25] WATANABE A, KAMADA G, IMANARI M, et al. Effect of aging on volatile compounds in cooked beef[J]. Meat Science, 2015, 107: 12-19. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.04.004.
- [26] ALMEIDA P L, LIMA S N, COSTA L L, et al. Effect of jabuticaba peel extract on lipid oxidation, microbial stability and sensory properties of Bologna-type sausages during refrigerated storage[J]. Meat Science, 2015, 110: 9-14. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.06.012.
- [27] GEORGANTELIS D, AMBROSIADIS I, KATIKOU P, et al. Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4 °C[J]. Meat Science, 2007, 76(1): 172-181. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.06.012.
- [28] 殷燕, 张万刚, 周光宏, 等. 迷迭香提取物对真空包装熟猪肉饼抗氧化和抑菌效果的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(6): 236-241. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-201506045.
- [29] SABOW A B, SAZILI A. Q, ZULKIFLI I, et al. A comparison of bleeding efficiency, microbiological quality and lipid oxidation in goats subjected to conscious halal slaughter and slaughter following minimal anesthesia[J]. Meat Science, 2015, 104: 78-84. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.03.014.
- [30] WEN W T, LUO X L, XIA B X, et al. Post-mortem oxidative stability of three yak (*Bos grunniens*) muscles as influenced by animal age[J]. Meat Science, 2015, 105: 121-125. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.03.014.
- [31] 刘文营, 成晓瑜, 戚彪, 等. 添加抗氧化剂对猪脂肪的诱导氧化影响[J]. 肉类研究, 2015, 29(10): 6-10. DOI: 10.15922/j.cnki.rlyj.2015.10.002.