

天然抗氧化剂在肉制品中的应用研究进展

章 林, 黄 明*, 周光宏

(南京农业大学 国家肉品质量安全控制工程技术研究中心, 江苏 南京 210095)

摘 要: 肉制品中的脂肪、蛋白质含量丰富, 水分活度高, 在贮运过程中易被氧化而产生酸败味和褪色, 从而失去食用价值和商业价值。因此, 如何提高肉制品的货架期成为肉品工业的挑战之一。天然抗氧化剂具有安全性高、抗氧化能力强、无副作用和防腐保鲜等优点, 将在肉类工业领域具有广阔的前景。文章概述了天然抗氧化剂的来源、活性成分和抗氧化作用机理以及天然抗氧化剂在肉制品中的应用, 讨论了天然抗氧化剂的研究现状及以后的研究趋势。

关键词: 天然抗氧化剂; 活性物质; 抗氧化机理; 肉制品

Research Progress in Applications of Natural Antioxidants in Meat Products

ZHANG Lin, HUANG Ming*, ZHOU Guang-hong

(National Centre of Meat Quality and Safety Control, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Meat products, which are rich in fat and protein and have high water activity, are easily oxidized to produce rancid flavor and lose color, thus resulting in a loss of edible and commercial value during storage and transportation. Accordingly, how to extend the shelf life of meat products becomes one of the challenges in meat industry. Natural antioxidants, which have the advantages of high safety, anti-oxidation ability, anti-bacterial activity, and no side effects will have great potential for applications in the field of meat industry. The resources of natural antioxidants and bioactive substances, antioxidant mechanisms, and applications in meat products are summarized in this paper. In addition, current studies and future development trends of natural antioxidants are discussed.

Key words: natural antioxidants; bioactive substances; antioxidant mechanisms; meat products

中图分类号: TS251.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)07-0299-05

肉和肉制品在加工和流通过程中, 经常会出现氧化酸败和褪色现象, 脂肪和蛋白质的氧化是除微生物污染外最大的影响因素。肉类食品中的氧化作用可引起脂类和蛋白质降解, 使得食品风味和香气失去, 对营养价值和感观品质产生不良影响^[1]。因此, 为了防止肉制品变质以及变质所带来的危害, 抑制肌肉中脂肪氧化是非常重要的。除了在肉制品的加工和流通环节中采真空包装等物理措施外, 在肉制品中添加适量安全、高效的抗氧化剂也是一种很好的方法。据美国食品药品监督管理局(FDA)定义, 所谓抗氧化剂是指“作为延滞因氧化所引起的劣变、酸败、或变色的物质”^[2]。目前工业上使用的大多数是合成抗氧化剂, 虽然抗氧化效果好, 但其安全性一直受到质疑, 如丁基羟基茴香醚(butyl hydroxy anisole, BHA)虽然有很强的抗脂质氧化的能力,

但是大剂量的摄入会导致老鼠前胃发生癌变并与DNA的氧化损伤有关, 二丁基羟基甲苯(butylated hydroxytoluene, BHT)有抑制人呼吸酶的作用, 摄入量过多会引发癌症和畸形^[3-4]。天然抗氧化剂是从天然可食用的食品中提取出来的具有抗氧化活性的物质, 它具有安全性高、抗氧化能力强、无副作用和防腐保鲜等优点^[4-5]。因此, 天然抗氧化剂的开发利用成为肉品工业领域研究的一大热点, 大力开发天然抗氧化剂并应用于肉品工业领域具有重要而广阔的前景。

1 天然抗氧化剂简介

1.1 天然抗氧化剂的主要来源及有效活性成分

天然抗氧化剂在自然界分布很广泛, 其中人类的饮食中主要的天然抗氧化剂来源有: 谷物类、蔬菜、水

收稿日期: 2011-03-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(30972133); 江苏省自然科学基金项目(BK2009314)

作者简介: 章林(1988—), 男, 硕士研究生, 研究方向为肉类质量与安全控制。E-mail: 2010108024@njau.edu.cn

*通信作者: 黄明(1970—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为肉类质量与安全控制。E-mail: mhuang@njau.edu.cn

果、油料作物种子、豆科植物、可可产品、饮料、香辛料以及中草药等^[6]。在体内也有大量的物质被认为具有抗氧化剂的作用,如: β -胡萝卜素、金属硫蛋白、肌肽、鹅肌肽、高肌肽、黏液、植酸、牛磺酸、胆红素、雌激素、肌酸酐、二氢硫辛酸、多胺、褪黑素等^[3]。植物源的抗氧化剂分布广,含量高,抗氧化效果好,最具有研究发展前景。很多植物组织的提取物具有抗氧化活性,如甜菜根^[7]、野生黄莓^[7]、柳草^[7]、葡萄籽提取物^[8]、迷迭香油^[8]、水溶性牛至提取物^[8]、洋金花中的生物碱^[9]、燕麦生物碱^[10]、松仁多肽^[11]、女贞子^[12]、石榴皮多酚^[13]等。植物源抗氧化剂按其结构和成分可分类为表1所示^[6],由于这些具有抗氧化活性的植物中可能含有一种或多种抗氧化成分,分类起来不太方便,故在使用时常按其来源和作用分类为:香辛料提取物、中草药提取物、茶叶提取物和果蔬提取物等。

表1 植物中常见的抗氧化剂分类
Table 1 Classification of natural antioxidants from plants

常见抗氧化剂分类	常见物质
水杨酸类	香草酸
羟基肉桂酸类	阿魏酸、绿原酸
类黄酮	槲皮素、儿茶素、芦丁
花青素类	花翠素
单宁类	原花青素、鞣花酸、单宁酸
木酚素类	芝麻酚
二苯代乙烯类	白藜芦醇
香豆素类	邻香豆素
精油类	香芹酮

天然抗氧化剂大部分含有一个邻苯二酚或焦没食子酸基团(图1),它们是邻位二取代酚类物质^[6]。酚类是极好的氢或电子供体,由于形成的酚类游离基中间体的共振非定域作用和没有适合分子氧进攻的位置,因而比较稳定,不会引发新的游离基或者由于链反应而被迅速氧化,所以是很好的抗氧化剂^[14]。

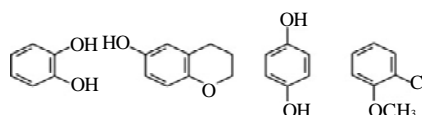


图1 抗氧化剂基本的化学机构
Fig.1 Basic chemical structures of antioxidants

1.2 天然抗氧化剂的抗氧化机理

关于脂肪氧化的机理已经研究得较为清楚,主要是由自由基的自动催化引起的,它包括3个阶段:链的引发、传递和终止^[5-6]。天然抗氧化剂的作用机制是从多

个方面抑制该反应链的起始和发展,主要有这几种方式:抑制氢过氧化物的生成、清除活性氧、螯合起催化作用的金属离子、将氢过氧化物还原、抑制有关酶的活性等。

2 天然抗氧化剂在肉制品中的应用

目前,已开发利用或正在研究中的天然抗氧化剂主要有以下几类物质:香辛料提取物、中草药提取物、茶叶提取物、果蔬提取物、维生素类物质、含氮化合物以及其他抗氧化活性物质。这些抗氧化剂可以在一段时间内减缓肉制品中的脂肪氧化,保持其食用品质,延长产品的货架期。

2.1 香辛料提取物在肉制品中的应用

人们很早就知道香辛料可以延长某些食物的保存期,现在人们知道它的抗氧化能力主要是由于其含有酚类物质,这些物质具有螯合金属离子,猝灭单线态氧,切断脂质自动氧化反应链和作为增效剂等多种抗氧化机制。将香辛料、香辛料混合物和香辛料提取物应用于调理肉制品中对其货架期和食用安全性是很有利的,因为香辛料可以抑制加热或冷藏过程中脂质的过氧化^[15]。如迷迭香、肉桂和丁香的提取物具有显著的抗氧化、抑制衰败、防腐和稳定风味等作用,加之纯天然、功效多和无毒副作用等优势,在食品工业上应用十分广泛。

人类很早就使用发酵和干制的方法来保存食品。发酵香肠一般是通过先将肉切碎,然后选择适宜的微生物,控制温度和相对湿度,经过几天至几个月的时间成熟后得到的。此类产品的货架期限因素一般不是细菌污染,但其在加工过程中有搅碎和混合等操作,很容易遭受脂肪氧化而产生不良气味,添加抗氧化剂可以很好的控制这一点。迷迭香提取物对发酵羊肉香肠具有有效的抗氧化作用,且浓度越高抗氧化效果越好^[16]。

冷却肉的汁液流失少,营养价值高,是今后生鲜肉消费的主流,但冷却肉在贮运和销售过程中易被空气中的氧氧化成褐色,从而影响其商业价值。肌肉中肌红蛋白的含量和化学状态决定了肉的颜色,肉的颜色变化主要是高铁肌红蛋白在肉表面的蓄积所致的褐变^[17]。如何降低冷却肉中高铁肌红蛋白含量延长其保质期是目前急待解决的问题。据报道^[18]肉桂、丁香、迷迭香3种天然香辛料对冷却肉具有良好的保鲜效果,能够降低高铁肌红蛋白百分含量,有效的保持冷却肉的颜色。香辛料提取物可以抑制肉中脂肪氧化,具有护色的效果也被张慧芸等^[19]和 Cheah 等^[20]报道。因此,香辛料提取物已可能是应用于肉及肉制品上的潜在天然抗氧化剂。

2.2 中草药提取物在肉制品中的应用

我国中草药资源丰富,用药历史悠久,很多中草药都具有抗氧化的功能。翁新楚等^[21]对700余种中草药

和香辛料的抗氧化性进行了大规模的筛选,发现64种植物有明显的抗氧化活性。由于中草药的天然性、绿色性并且无毒副作用,与人工合成的抗氧化剂相比具有明显的优势。中草药的抗氧化能力归因于其中的黄酮类、苯酚类、皂苷类、鞣质类、生物碱类和多糖类等物质。甘草抗氧化物含有黄酮类功能成分可以螯合金属离子、清除自由基、终止自由基链式反应,因此具有很强的抗氧化及防腐保鲜的功能,并且安全高效。甘草抗氧化物与BHT复配后抗氧化性显著提高,能够使冷却肉的货架期延长一周左右^[22]。由鼠尾草叶提取的主要抗氧化物有鼠尾草酚和鼠尾草酸,这类物质都是有邻酚结构的酚类物质,故鼠尾草对各种食品均具有较好的抗氧化性,且鼠尾草对猪肉的抗氧化效果明显优于茶多酚^[23]。

一些中草药提取物可以抑制高铁肌红蛋白的形成,因此其还具有护色的作用。如牛膝草可以抑制熟肉中由加热与贮存引起的亚铁血红素的降解和高铁肌红蛋白的形成,从而稳定熟肉制品在贮藏期的肉色^[24]。很多中草药具有抗氧化活性,但其应用于肉制品上的研究较少,因此,开发中草药提取物应用于肉类工业上的抗氧化是很有潜力的。

2.3 茶叶提取物在肉制品中的应用

茶多酚(tea polyphenol, TP)是一种从茶叶中提取的天然多酚类物质,它可以直接清除活性氧自由基、抑制脂质过氧化反应、螯合金属离子和激活细胞内抗氧化防御系统,值得大力研究和开发。目前,茶多酚在肉类产业中已经应用广泛。

腊肉是一种风味独特的传统肉制品,在贮藏过程中脂质会酸败,导致酸价、过氧化值升高。酸败的主要原因是脂质氧化,添加茶多酚可以阻止其酸价和过氧化值升高^[25]。绿茶提取物能够显著抑制意大利发酵香肠的氧化,而对其pH值、颜色和感官品质的影响不明显^[26]。当茶多酚与其他天然保鲜剂复合使用时,抗氧化效果更好。茶多酚对冷却肉具有显著的保鲜效果,它与VE和VC联合使用时有增效作用^[27]。茶多酚、迷迭香提取物、肌肽3种天然抗氧化剂对冷却羊肉均具有显著的抗氧化作用,但3种抗氧化剂复合使用时效果比单独使用时好^[28]。

2.4 果蔬提取物在肉制品中的应用

从食用价值的角度来看,饮食中最重要的抗氧化剂来源是谷物、蔬菜和水果,比如菠菜叶中含有大量的黄酮类物质,洋葱的外表皮含有大量的槲皮素和原儿茶酸,十字花科的蔬菜中含有大量的酚类物质,故它们均具有抗氧化活性。还有一些果蔬的提取物,如大豆蛋白、苹果多酚、芦荟汁等由于含有抗氧化活性物质,因此也具有抗氧化能力^[29-30]。

不同浓度的野生黄莓、甜菜和柳草的提取物对熟猪

肉具有良好的抗氧化效果^[24],紫米糠提取物可以作为肉制品的一种天然保鲜剂^[31]。角豆果实提取物可以成功的应用于熟制猪肉在冷藏和冷冻条件下以改善脂肪的稳定性和毒理学的安全性问题^[32]。葡萄籽提取物是生产葡萄酒和葡萄汁的副产物,其中含有高浓度的原花青素。这些原花青素具有强大的抗氧化活性,因为它可以清除自由基,螯合金属离子,并且对其他抗氧化剂起到增效的作用。Sasse等^[18]将葡萄籽提取物用于预煮的猪肉饼中,发现葡萄籽提取物可以和现行的合成抗氧化剂具有相当的抑制脂质氧化酸败的能力。果蔬类产品在我国产量十分丰富,很有可能成为天然抗氧化剂的重要来源。

2.5 维生素类物质在肉制品中的应用

VA、VC、VE及其衍生物,既是食品营养素,又可作为抗氧化剂。 β -胡萝卜素是VA的前体,有很好的抗氧化性能,能通过提供电子抑制活性氧的生成达到清除自由基的目的,是单线态氧的淬灭剂,也可以减少光过敏作用对脂质氧化的影响。VC又叫L-抗坏血酸,是一种水溶性维生素,在冷却肉中具有良好的护色和抗氧化功能^[33]。而且,VC具有和合成抗氧化剂没食子酸丙酯(propyl gallate, PG)相类似的抗氧化能力,可以有效地作为PG的替代物^[34]。VE又称生育酚(tocopherol),它起抗氧化作用的机制是由于VE首先代替其它物质被氧化,因而可以延缓不饱和脂肪酸的氧化作用。VE还可以延长肉品保存时间,改善肉的味道,减少肉类中水分损失,改善肉品的色泽。以VC为增效剂,可以提高其抗氧化效能。在新鲜的和冷冻的猪肉中VE和迷迭香提取物、绿茶提取物等具有等同的抑制脂肪氧化的能力^[35]。 α -生育酚还可以有效抑制贮藏和熟制的火鸡肉中己醛的含量^[36]。

2.6 含氮化合物在肉制品中的应用

具有抗氧化活性的含氮化合物主要有生物碱、多肽、有机胺类、美拉德反应产物(maillard reaction products, MRPs)和酶类等。这些物质多含有杂环结构,杂环中的氮原子裸露,利于接近活性氧并与之反应,消除活性氧,从而具有抗氧化活性。不过此类物质在生物体内含量较少,且不易分离纯化,这将可能限制其在食品工业中大规模的应用。

肌肽和鹅肌肽是天然存在于脊椎动物体内的一类组氨酸二肽,具有水溶性和较强的热稳定性,而且具有显著的抗氧化、抗癌和抗衰老等功能,在食品工业中已用作天然的抗氧化剂。肌肽能够抑制由转运金属、血红蛋白、单线态氧、脂氧合酶、自由基等催化的脂质氧化,且在肉类食品加工条件下都很有效^[37]。据报道^[38],不同浓度肌肽可以抑制脂肪氧化、稳定肉色。肌肽还可以延长冷鲜肉的保存时间,添加了肌肽的冷鲜肉保藏时间可以延长一周左右,其效果要优于抗坏血酸^[39]。

美拉德反应产物(MRPs)是氨基酸和糖类反应的产物,很多学者报道该产物具有抗氧化活性。Jayathilakan等^[34]报道MRPs可以控制肉类产品中过熟味(warmed-over-flavor)的产生,具有和特丁基对苯二酚(*tert*-butylhydroquinone, TBHQ)相类似的抗氧化活性,并可以在肉制品中取而代之。

2.7 其他抗氧化活性物质在肉制品中的应用

国标中允许应用于肉制品中的天然抗氧化剂还有植酸和竹叶抗氧化物。植酸又叫环己六醇六磷酸酯,大多以钙、镁、钾的复盐形式存在于谷物、豆类及油料作物的种子和胚芽中,植酸有很强的螯合能力,由于金属离子(如铁离子、铜离子)与其形成了螯合物,可减少金属离子所催化的氧化作用^[40]。竹叶抗氧化物是从以淡竹为代表的刚竹属竹子的干青叶中提取的酚类物质,具有与茶多酚和TBHQ等相当的抗氧化性能,兼具抗菌、抑制亚硝化反应等生物学功效,在西式灌肠中添加适当比例的竹叶抗氧化物对产品原有的色泽、风味和口感无不良影响,在一定程度上还能增加产品的保水性^[40]。蜂胶是蜜蜂采自植物的枝条、叶芽及愈伤组织等分泌物与上颚腺、蜡腺等分泌物同少量花粉混合后所形成的黏性物质^[41]。蜂胶具有抗菌和氧化的能力,其抗氧化成分主要为黄酮类和酚酸类,用蜂胶的乙醇提取液处理猪肉可起到较好的防腐作用,且不会影响猪肉的口感和色泽^[42]。

一些从植物中提取纯化的物质同样具有很强的抗氧化能力,如白藜芦醇、槲皮素、芦丁、咖啡酸等^[17,43]的体外抗氧化效果已被广泛的研究。槲皮素和芦丁属于黄酮类化合物,可以直接清除活性氧自由基,螯合金属离子,从而具有抗氧化功能。白藜芦醇是一种新型的抗氧化剂,其抗氧化效果要好于槲皮素和芦丁,但其抗氧化效果与浓度和应用肉制品中的方式有关^[14]。Rey等^[7]报道咖啡酸在熟猪肉中的抗氧化活性要高于芦丁。此类物质由于产量限制、安全性等因素,目前仍处于科学研究阶段。

3 展 望

添加抗氧化剂是控制肉类产品脂肪氧化最简便的方法之一。我国具有丰富的植物资源,具有开发天然抗氧化剂的潜力。天然抗氧化剂取代化学合成抗氧化剂必将是食品工业的发展趋势之一,开发安全、高效、成本低廉的天然抗氧化剂应用于肉制品中是今后的研究方向。但在研究过程中仍需注意下列问题:1)我国天然抗氧化剂资源的开发应向资源丰富、含量高的植物发展,扩大规模,降低成本,实现工业化生产,运用现代化生物技术开发高性能、高纯度、高稳定性的产品。2)单一活性成分抗氧化作用往往弱于混和物,应重视对抗氧

化活性成分之间抗氧化协同作用的研究,寻找并合成高效、低毒、复合型抗氧化剂。3)天然抗氧化剂的作用机制、应用范围和影响因素还不十分清楚,而且并非所有天然抗氧化剂都是绝对的安全、无毒,因此在决定使用某种天然抗氧化剂时仍需要通过毒理学检验。

人体内许多慢性疾病是由于氧化产生的自由基导致的,而天然植物中的许多抗氧化成分如黄酮、多酚、生物碱、萜烯类化合物都有抗氧化作用,这些物质可能具有预防疾病的功效。在研究天然抗氧化剂控制肉制品中脂肪氧化的同时也可考虑其保健功能和医疗价值。

参考文献:

- [1] 张梦寒,徐幸莲,周光宏.肌肽对肌肉中脂类氧化的抑制作用[J].肉类研究,2001,15(4):16-18.
- [2] 李文林,黄凤洪.天然抗氧化剂研究现状[J].粮食与油脂,2003(10):10-13.
- [3] HALLIWELL B, AESCHBACH R, LÖLIGER J, et al. The characterization of antioxidants[J]. Food Chem Toxic, 1995, 33(7): 601-617.
- [4] 肖雷,姚菁华,朱红菊,等.茶多酚防腐机理及其在肉制品加工中的应用[J].食品研究与开发,2009,30(6):160-162.
- [5] 郝婕,董金皋.天然抗氧化剂的提取分离及功能研究[J].河北林果研究,2005,20(4):369-372.
- [6] POKORNY J. Are natural antioxidants better and safer than synthetic antioxidants?[J]. Eur J Lipid Sci Technol, 2007, 109(8): 629-642.
- [7] REY A I, HOPIA A, KIVIKARI R, et al. Use of natural food/plant extracts: cloudberry (*Rubus chamaemorus*), beetroot (*Beta vulgaris* "vulgaris") or willow herb (*Epilobium angustifolium*) to reduce lipid oxidation of cooked pork patties[J]. Swiss Society of Food Science and Technology, 2004, 38(4): 363-370.
- [8] SASSE A, COLINDRES P, BREWER M S. Effect of natural and synthetic antioxidants on the oxidative stability of cooked, frozen pork patties[J]. Journal of Food Science, 2009, 74(1): 30-35.
- [9] 何丽娅,王梅娟,李映红,等.洋金花总生物碱抗氧化作用的实验研究[J].中药药理与临床,1994(3):32-33.
- [10] 任伟,任贵兴,马挺军,等.燕麦生物碱的提取及其抗氧化活性研究[J].农业工程学报,2008,24(5):265-269.
- [11] 慕蕾,王振宇.松仁多肽的抗氧化活性研究[J].食品科技,2010,35(10):110-113.
- [12] 刘新,夏雪奎,袁文鹏,等.女贞子体外抗氧化活性研究[J].山东中医药大学学报,2010,34(4):364-365.
- [13] 李建科,李国秀,赵艳红,等.石榴皮多酚组成分析及其抗氧化活性[J].中国农业科学,2009,42(11):4035-4041.
- [14] 朱将伟.天然抗氧化剂的研究概况[J].农产品食品科技,2008,2(1):59-63.
- [15] EL-ALIM S S L A, LUGASI A, HOVARI J, et al. Culinary herbs inhibit lipid oxidation in raw and cooked minced meat patties during storage[J]. Journal of Science of Food and Agriculture, 1999, 79(2): 277-285.
- [16] NASSUR T, GONCALVES L A G, PEREIRA da SILVA M A A, et al. Oxidative stability of fermented goat meat sausage with different levels of natural antioxidant[J]. Meat Science, 2003, 63(1): 43-49.
- [17] 周光宏.肉品加工学[M].北京:中国农业出版社,2008:115-117.
- [18] 夏秀芳,孔保华,于长青.几种天然香辛料提取物延长冷却肉货架期的研究[J].食品与机械,2008,24(3):55-59.
- [19] 张慧芸,孔保华,孙旭.香辛料提取物对熟肉糜的抗氧化作用[J].食品工业,2009(1):44-45.

- [20] CHEAH P B, HASIM N H A. Natural antioxidant extract from galangal (*Alpinia galanga*) for minced beef[J]. Journal of The Science of Food and Agriculture, 2000, 80: 1565-1571.
- [21] 翁新楚, 任国谱, 段杉, 等. 天然抗氧化剂的筛选[J]. 中国粮油学报, 1998, 13(4): 46-48.
- [22] 彭雪萍, 马庆一, 刘艳芳, 等. 甘草抗氧化物在冷却肉保鲜中的应用研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28(4): 67-69.
- [23] 孙京新, 罗欣, 黄明, 等. 茶多酚和鼠尾草对猪肉的抗氧化效果[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(10): 31-34.
- [24] FEMANDSZ-LOPEZ J, SEVILLA L, SAYAS-BARBERA E, et al. Evaluation of the antioxidant potential of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extracts in cooked pork meat[J]. Journal of Food Science, 2003, 68(2): 660-664.
- [25] 吴少雄, 刘光东. 茶多酚对腊肉制品抗氧化作用的研究[J]. 肉类工业, 1999(8): 33-34.
- [26] 曹娟, 高红亮, 常忠义, 等. 绿茶提取物对意大利发酵香肠品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(11): 5882-5884.
- [27] 蒋建平, 陈洪, 周晓媛. 以茶多酚为主体的抗氧化剂联用对冷却肉保鲜作用的研究[J]. 株洲工学院学报, 2005, 19(1): 17-19.
- [28] 莎丽娜, 李晓波, 李秀丽. 三种天然抗氧化剂对冷却羊肉抗氧化效果的比较试验[J]. 肉类工业, 2008(1): 31-33.
- [29] MCCARTHY T L, KERRY J P, KERRY J F, et al. Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties[J]. Meat Science, 2001, 58(1): 45-52.
- [30] 孙承锋, 杨建, 贺红军. 苹果多酚对鲜肉色泽稳定性及脂肪氧化的影响[J]. 食品科学, 2005, 26(9): 153-157.
- [31] MIN B, CHEN M H, GREEN B W. Antioxidant activities of purple rice bran extract and its effect on the quality of low-nacl phosphate-free patties made from channel catfish (*Ictalurus punctatus*) belly flap meat[J]. Journal of Food Science, 2009, 74(3): 268-277.
- [32] BASTIDA S, SÁNCHEZ-MUNIZ F J, OLIVERO R, et al. Antioxidant activity of Carob fruit extracts in cooked pork meat systems during chilled and frozen storage[J]. Food Chemistry, 2009, 116(3): 748-754.
- [33] 付丽, 孔保华, 马微. 天然抗氧化剂对含氧气调包装冷却肉的护色效果[J]. 食品科技, 2008(6): 235-240.
- [34] JAYATHILAKAN K, SHARMA G K, RADHAKRISHAN K, et al. Antioxidant potential of synthetic and natural antioxidants and its effect on warmed-over-flavour in different species of meat[J]. Food Chemistry, 2007, 105(3): 908-916.
- [35] HAAK L, RAES K, SMET S D. Effect of plant phenolics, tocopherol and ascorbic acid on oxidative stability of pork patties[J]. J Sci Food Agric, 2009, 89(8): 1360-1365.
- [36] VARA-UBOL S, BOWERS J A. Effect of α -tocopherol, β -carotene, and sodium tripolyphosphate on lipid oxidation of refrigerated, cooked ground turkey and ground pork[J]. Journal of Food Science, 2001, 66(5): 662-667.
- [37] 王维民. 浅谈天然抗氧化剂[J]. 医药化工, 2008(10): 38-40.
- [38] 刘芳, 朱金媛, 戴瑞彤. 肌肽对牛肉糜肉色及脂肪氧化的影响[J]. 食品工业科技, 2009(11): 140-142.
- [39] 邢子鑫, 秋劲. 肌肽对猪肉的氧化抑制和保鲜作用[J]. 肉类研究, 2009, 23(10): 8-12.
- [40] 楼鼎鼎, 戚炯炯, 张英, 等. 竹叶抗氧化物在双汇西式肉制品中的应用研究[J]. 中国食品学报, 2006, 6(3): 111-114.
- [41] 孙静, 薛瑞, 刘洁琼. 蜂胶提取工艺的改进[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(5): 33-36.
- [42] 乞永艳, 骆尚骅, 刘富海. 蜂胶乙醇提取液对猪肉防腐作用的初步研究[J]. 食品科技, 2002(1): 42-45.
- [43] BEKHIT A E D, GEESINK G H, LLIAN M A, et al. The effects of natural antioxidants on oxidative processes and metmyoglobin in reducing activity in beef patties[J]. Food Chemistry, 2003, 81(2): 175-187.