



天然香辛料在肉制品中抗氧化活性研究进展

罗雨婷, 谷大海, 徐志强, 王桂瑛, 王雪峰, 范江平, 普岳红, 廖国周*
(云南农业大学食品科学技术学院, 云南省畜产品加工工程技术研究中心, 云南 昆明 650201)

摘要: 肉制品在加工过程中常出现氧化褪色和酸败现象, 从而降低其质量和营养价值。由于合成抗氧化剂具有潜在毒性, 天然抗氧化剂日益受到关注。天然香辛料是天然植物抗氧化剂的重要来源, 也是肉制品加工过程中不可缺少的调味品。本文主要介绍了丁香、迷迭香、肉桂和八角茴香等天然香辛料的特性及其在肉制品中的应用研究进展, 为天然香辛料的开发利用提供理论参考。

关键词: 天然香辛料; 肉制品; 抗氧化活性

Antioxidant Activity of Natural Spices Used in Meat Products

LUO Yuting, GU Dahai, XU Zhiqiang, WANG Guiying, WANG Xuefeng, FAN Jiangping, PU Yuehong, LIAO Guozhou*
(Livestock Product Processing Engineering and Technology Research Center of Yunnan Province, College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: Oxidative color fading and rancidity often occur during the processing of meat products, reducing the quality and nutritional value. Because of the potential toxicity of synthetic antioxidants, natural antioxidant products are of increasing interest. Natural spices are an important source of natural antioxidants and are also indispensable condiments in processed meat products. This paper is focused on the antioxidant characteristics of natural spices such as clove, rosemary, cinnamon and star anise and their applications in meat products, which will provide useful information for the development and utilization of natural spices.

Key words: natural spice; meat products; antioxidant activity

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201710010

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2017) 10-0053-05

引文格式:

罗雨婷, 谷大海, 徐志强, 等. 天然香辛料在肉制品中抗氧化活性研究进展[J]. 肉类研究, 2017, 31(10): 53-57.

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201710010. <http://www.rlyj.pub>

LUO Yuting, GU Dahai, XU Zhiqiang, et al. Antioxidant activity of natural spices used in meat products[J]. Meat Research, 2017, 31(10): 53-57. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201710010. <http://www.rlyj.pub>

肉制品富含蛋白质和脂肪, 在其加工过程中不仅会出现由微生物引起的腐败变质, 还会出现氧化导致的褪色和酸败现象, 产生令人不愉快的气味, 降低肉制品的质量和营养价值, 甚至产生有毒物质, 危及人体健康, 因此防止肉制品的氧化变质十分重要^[1-3]。在肉制品的加工和流通过程中, 除了利用真空包装等物理措施控制产品氧化外, 添加安全、高效且适量的抗氧化剂也是一种常用方法。目前, 抗氧化剂虽然能够阻遏并延缓肉制品的氧化腐败, 但合成抗氧化剂, 如丁基羟基茴香醚 (butyl hydroxy anisole, BHA)、二丁基羟基

甲苯 (butylated hydroxytoluene, BHT)、叔丁基氢醌 (2-tert-butylhydroquinone, TBHQ) 和没食子酸丙酯 (propyl gallate, PG) 等的使用可能会对人体产生一定危害^[4], 例如大剂量摄入BHA会导致大鼠前胃发生癌变, 还能引发人类癌症和畸形^[5-6]。近年来的研究表明, 天然香辛料具有较强的抗氧化性能, 是天然植物抗氧化剂的重要来源, 其不仅能延缓和遏制肉制品的氧化腐败, 还可以增强肉制品风味^[7]。但分离提纯后的各种香辛料在实际应用中还存在诸多问题, 少量添加香辛料时可能会达不到抗氧化效果, 而大量添加时可能会影响肉制品的风

收稿日期: 2017-06-22

基金项目: 云南省科技计划项目重大科技专项 (2016ZD008); 云南省现代农业 (生猪) 产业技术体系建设专项 (2017KJTX007); 昆明市畜产品加工与质量控制重点实验室项目 (2015-1-A-00563)

作者简介: 罗雨婷 (1993—), 女, 硕士研究生, 研究方向为肉品加工与质量控制。E-mail: 853243314@qq.com

*通信作者: 廖国周 (1978—), 副教授, 博士, 研究方向为畜产品加工与质量控制。E-mail: liaoguozhou@ynau.edu.cn

味和品质,还可能产生某些副产物。基于此,本文着重介绍了丁香、迷迭香、肉桂和八角茴香等天然香辛料的特性及其在肉制品中的应用研究进展,旨在为天然香辛料的开发利用提供参考。

1 天然香辛料的主要来源及有效活性成分

香辛料是一类由植物的种子、根块、叶茎、花蕾、果实或其提取物制成的、具有香、辛、麻、辣、甜等各种典型风味的天然植物性原料的统称^[8-9]。这类植物主要有丁香、迷迭香、肉桂、八角茴香、花椒、鼠尾草、甘草、生姜、辣椒和大蒜等,其含有的抗氧化成分主要为酚类、黄酮类、鞣质类、生物碱类及多糖类物质等^[10-12]。目前,世界上已发现了多达500种的香辛料,其中有68种已列入我国国家标准^[13]。在肉制品加工过程中香辛料是不可缺少的调味品,它不仅能够产生芳香,增加肉制品风味,而且具有防腐、抗菌、抗氧化的作用,能够提高肉制品的贮藏性^[14-15]。同时天然香辛料还具有多种其他功能,例如它能够增进食欲、对肉制品有着色作用,而且对人体具有一定的食疗保健作用,如抗氧化、抗菌消炎、防癌、抗癌等^[16]。天然香辛料中几种有效活性成分的分子结构如图1~4所示。

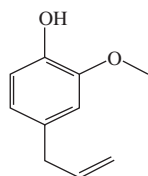


图1 丁香酚分子结构

Fig. 1 Molecular structure of eugenol

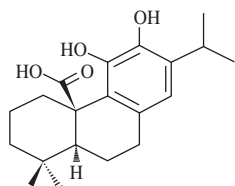


图2 鼠尾草酸分子结构

Fig. 2 Molecular structure of carnosic acid

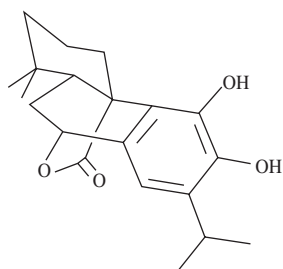


图3 鼠尾草酚分子结构

Fig. 3 Molecular structure of sage phenol

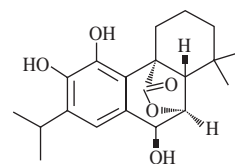


图4 迷迭香酚分子结构

Fig. 4 Molecular structure of rosemary phenol

2 天然香辛料的抗氧化机理

脂肪氧化是由自由基的自动催化引起的,主要包括链的引发、传递和终止3个反应阶段^[17-18]。许多研究表明,天然香辛料的抗氧化机理主要与其酚类、黄酮类等抗氧化成分密切相关,这些物质的分子结构中含有活性氢,能够与活泼的过氧自由基结合,清除自由基,同时自身转变成稳定半醌式结构的酸基自由基,螯合金属离子,减缓自动氧化链反应的传递速度,阻断链反应^[19-21]。同时香辛料的抗氧化成分主要包含多酚类及其衍生物、黄酮类、豆香精类等,这些成分可以减缓由氧化物酶(peroxidase, POD)导致的肉制品腐败变质,其抗氧化机理主要包含以下四方面:直接抑制或清除自由基;激活抗氧化体系,同时抑制与自由基有关的酶;螯合过渡金属离子;抗氧化成分间协同作用^[22-23]。

3 天然香辛料在肉制品中的应用

3.1 丁香在肉制品中的应用

丁香是桃金娘科植物丁香的干燥花蕾,它不仅是一种药食两用的中草药,还是一种很好的天然香辛料,其味辛、性温,有温中降逆、温肾助阳的功效^[24]。丁香中的丁香精油具有较强的抗氧化作用^[25-26]。采用气相色谱(gas chromatography, GC)法和气相色谱-质谱联用(GC-mass spectrometry, GC-MS)法对丁香花蕾粉末和丁香叶浓缩精油中的挥发性成分进行分析,发现丁香花蕾粉末挥发油中丁香酚的含量最高(相对含量高达68%),丁香叶浓缩精油中的主要成分也是丁香酚(76%)^[27-28]。丁香的抗氧化活性物质主要存在于弱极性的乙酸乙酯部位,酸水解处理能进一步提高丁香有效部位的抗氧化活性;丁香酚的化学名称为2-甲氧基-4-(2-丙烯基)苯酚,其在pH>9.5的碱性条件下可以产生自由基,清除活性氧^[29-32],这是由于含有酚羟基的物质容易失去氢原子,是良好的电子供体,氢原子能够捕获烷基过氧化基团(ROO·)的氧原子,且其反应速率远高于过氧化基团氧化食品作用底物的速率,丁香酚还能抑制低密度脂蛋白的氧化,这是由于它能够清除顽固自由基(2,2-二苯基-1-苦基胍(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, DPPH)自由基)、减少过渡金属离子,如清除二价铜离



子、降低铁离子浓度,从而有效延缓多不饱和脂肪酸反应生成过氧化氢和烷氧基的过程,减少脂质过氧化启动物铁氧系螯合物的产生。Burt^[32]认为丁香酚等芳香精油类物质具有疏水性,疏水性氨基酸可以捕获脂类自由基、加强抗氧化肽与疏水性多不饱和脂肪酸的相互作用,从而延缓脂质氧化反应。

姚成强等^[33]发现用丁香精油和桂皮精油处理冷却猪肉能在一定程度上延缓其腐败变质。吕心泉等^[34]发现在30℃条件下将丁香等香辛料提取物与尼生素混合,同时利用浸膜的方法处理烧鸡和酱鸭,其保鲜时间可达6个月。Kumudavally等^[35]将丁香醇提取物添加到新鲜羊肉中,结果表明,用有机酸处理羊肉表面,使其pH值降低后,在(25±2)℃条件下的保存过程中,丁香醇提取物可以有效抑制新鲜羊肉的变质,同时延长其保质期至4d。章斌等^[36]发现与单一丁香提取液或壳聚糖溶液相比,将二者的复合液应用于牛肉丸的保鲜时具有更好的效果。

3.2 迷迭香在肉制品中的应用

迷迭香是唇形科迷迭香属植物,其本身与其提取物是畜禽类产品中研究及应用最多的天然抗氧化剂^[37]。刘杰^[38]、祖歌^[39]、肖露平^[40]等的研究表明,迷迭香提取物作为天然抗氧化剂,其主要活性成分为迷迭香酚、迷迭香酸、鼠尾草酚和鼠尾草酸,其中鼠尾草酸的活性最强。鼠尾草酸的主要作用机理是其能够作为断链型自由基终止剂,通过捕获过氧自由基抑制过氧化链式反应;迷迭香酸是一种多酚,是天然存在于迷迭香、鼠尾草和马郁兰等植物中的水溶性含多酚羟基的化合物,其所含酚羟基能够提供氢原子,与油脂自动氧化过程中形成的过氧自由基结合,从而发挥其抗氧化作用。

Nissen等^[41]在熟猪肉馅饼中使用迷迭香作为天然抗氧化剂,结果表明,与空白对照组相比,添加迷迭香肉饼的硫代巴比妥酸反应物质(thiobarbituric acid reaction substances, TBARs)值和己糖值均显著下降($P<0.05$)。Mielnik等^[42]向机械去骨火鸡肉中分别添加3个不同水平的5种市售迷迭香产品,经过7个月的贮藏后,迷迭香处理组火鸡肉的TBARs值均低于对照组($P<0.05$),且迷迭香产品的质量和添加水平在抑制脂质氧化中起着重要作用。Ahn等^[43]研究了油树脂迷迭香对熟牛肉中脂质氧化的影响,将样品置于无菌塑料袋中,4℃条件下保存9d,结果表明,与对照组相比,用油树脂迷迭香处理样品的TBARs值和己醛值均有所降低($P<0.05$)。Sebranek等^[44]的研究表明,在肉制品中添加迷迭香比添加BHA和BHT复配物的抗氧化效果更好。张慧芸等^[45]通过测定熟肉糜贮藏期间的pH值、色差及TBARs值来研究迷迭香提取物对熟肉糜的抗氧化效果,同时与BHA的抗氧化效果进行比较,结果表明,0.05%的迷迭香提取物与0.02%的BHA效果相当,且抑制氧化效

果显著,还能够增加肉糜鲜红的色泽。陈璐等^[46]测定了在一18℃贮藏期间添加不同水平迷迭香的速冻牛肉丸的品质变化,结果表明,随着贮藏时间的增加,与对照组牛肉丸相比,迷迭香的添加能够抑制牛肉丸中微生物的生长,并显著延缓脂肪氧化($P<0.05$);贮藏120d后,迷迭香组牛肉丸仍具有较好的色泽与气味,且随添加量的增加,样品的过氧化物值和TBARs值增长速率均显著下降($P<0.05$)。

3.3 肉桂在肉制品中的应用

肉桂亦称桂皮、大桂等,肉桂既是香辛料,又是一种药材,有温中散寒、温肾补阳、明暖脾胃、除积冷及通血脉等功效。肉桂又是一种极为常见的香料,既可作为烹饪中的调味料,又可作为香料调配出各种香型(如玫瑰香型、薰衣草香型)的香精^[47]。同时,肉桂还是一类值得开发的天然保鲜剂和抗氧化剂,这是由于肉桂中含有1%~2%的挥发油(桂皮油),其主要成分包括黄酮类、酚类、醛类、皂苷类、萜类、生物碱类和多糖类物质,这些物质的分子结构中含有活性氢,在适当的条件下能够释放活性氢,与活泼的自由基形成稳定的氢过氧化物,而自身则转变成稳定半醌式结构的酸基自由基,与金属离子螯合,清除引发链反应的活性自由基,捕捉链传递阶段产生的过氧自由基,减缓自动氧化链反应的传递速度,继而阻断链反应,从而抑制脂类的进一步氧化^[48-49]。

夏秀芳等^[50]对添加不同浓度肉桂提取物的冷却肉中的细菌总数、高铁肌红蛋白(metmyoglobin, metMb)含量、pH值等指标进行测定,结果表明,贮藏21d时,冷却肉的各项指标均处于鲜肉水平,这说明肉桂提取物对冷却肉具有良好的保鲜效果。然而Jayathilakan等^[51]发现将牛肉、猪肉和羊肉用不同种类的抗氧化剂处理,在沸水浴中煮熟,并在大气压下煮制35min,5℃条件下保存6d,用肉桂处理的样品和用BHA及0.02%的PG处理,样品间的TBARs值没有显著差异($P>0.05$)。

3.4 八角茴香在肉制品中的应用

八角茴香又名大茴香,是我国的特产调味料和中药,其味甘、性温,具有祛风理气、温阳散寒、和胃调中、理气止痛等功效,且其富含具有抗氧化作用的黄酮、多酚和多糖等化合物^[52-53],这类化合物能够提供氢原子,氢原子容易与氧化基团(ROO·)的氧原子结合,从而阻断脂质氧化反应,发挥抗氧化作用。

Singh^[54]、龚苏晓^[55]等的研究表明,八角茴香是一种兼具抗氧化和抑菌作用的天然香辛料,与合成抗氧化剂相比,八角茴香的抗亚油酸氧化能力、还原能力以及DPPH自由基清除能力与之相当,同时还能够显著降低食用油中丙二醛的含量。殷燕等^[56]发现八角茴香能够显著提高冷藏猪肉饼的蛋白质抗氧化效果

($P < 0.05$)，且在10 d的冷藏过程中，质量浓度为0.06、0.09 g/100 mL的八角茴香提取物的抗氧化效果与0.02 g/100 mL的BHT相当，且能够在一定程度上改善肉制品色泽，提高其感官品质。

3.5 其他香辛料在肉制品中的应用

由于多酚、类黄酮、木脂体和萜类化合物的存在，香料已被证明具有抗氧化性能。El-Alim等^[57]将香辛料（主要包括马郁兰、野马郁兰、丁香、薄荷、肉豆蔻、肉桂、罗勒、百里香和姜等）及其提取物添加到生鸡肉和猪肉中，发现样品的TBARs形成被抑制（ $P < 0.05$ ）；同时发现鼠尾草、百里香和罗勒提取物在抑制猪肉中TBARs的生成方面比姜更有效（ $P < 0.05$ ）。Park等^[58]研究了大蒜和洋葱粉在新鲜猪肚和猪腰中的抗氧化作用，将样品真空包装，并在8℃条件下贮藏28 d，结果表明，与空白对照组相比，添加大蒜和洋葱粉的样品TBARs值降低（ $P < 0.05$ ）；然而用大蒜或洋葱粉处理猪肉的TBARs值没有显著降低（ $P > 0.05$ ）。Dwivedi等^[59]评估了肉桂、丁香、茴香、胡椒粉和八角茴香粉5种香料的混合物对熟牛肉的抗氧化作用，发现混合物中0.5%肉桂、0.1%丁香、0.5%茴香、0.5%胡椒粉和0.5%八角茴香（均为质量分数，下同）为最佳添加水平，此时熟牛肉样品的TBARs值与对照组相比最低。卢付青^[8]通过感官评定及汁液流失率、菌落总数、TBARs值、总挥发性盐基氮（total volatile basic nitrogen, TVB-N）值、pH值、嫩度及色差等指标测定，评价洋葱、辣椒和藿香提取物对冷却猪肉的保鲜效果，结果表明，随着贮藏时间的延长，0.5%洋葱单一保鲜液及0.5%辣椒和0.3%藿香复合保鲜液的保鲜效果较好，在真空包装和冷藏条件下，冷却猪肉的保鲜期可延长至23 d。Vasavada等^[60]研究了天然香辛料在加工牛肉中的抗氧化效果，发现黑胡椒、辣椒、香菜、小茴香、茴香、姜、肉豆蔻和八角茴香的最低有效添加水平均为0.5%，小豆蔻为1.0%。

4 结 语

香辛料是一类天然植物性原料，是肉制品加工过程中不可缺少的调味品，它不仅能够在肉制品中产生芳香，增加其风味，增进食欲，而且具有防腐、抗菌、抗氧化的作用，能够提高肉制品的贮藏性，还对人体具有一定的食疗保健功能。丁香、迷迭香和肉桂都表现出比一些合成抗氧化剂更强的抗氧化性能，但某些成分可能会影响产品的质量，从而影响其可接受性，如迷迭香提取物用于某些肉制品时会引起颜色变化，这可能会被认为产品未煮熟，同时它还会影响肉制品原有的味道。通过对香辛料中的有效单一活性成分进行提纯，并对各种抗氧化活性成分之间的增效作用进行多方面的深入研究可以排除限制其应用的各种

因素，解决其在添加过程中对肉制品滋味和风味等感官品质的影响，为高效抗氧化剂的合成提供科学依据，以期生产出具有增效作用且无毒害的“天然复合抗氧化剂”。同时，随着天然抗氧化剂种类的增多以及生产成本的进一步降低，在不久的将来，天然香辛料作为天然抗氧化剂的一种，其研究将不仅应用于食品行业，而且对于医疗、保健行业均具有重要意义。

参考文献：

- [1] 魏秋霞, 杨勇. 天然抗氧化剂肌肽及其在肉制品中的应用[J]. 肉类研究, 2006, 20(12): 14-17.
- [2] 宋利国, 贺显书, 张红涛. 天然抗氧化剂在肉制品中的应用研究[J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40(11): 221-224. DOI:10.3969/j.issn.1001-8123.2006.12.007.
- [3] 章林, 黄明, 周光宏. 天然抗氧化剂在肉制品中的应用研究进展[J]. 食品科学, 2012, 33(7): 299-303.
- [4] KARRE L, LOPEZ K, GETTY K J K. Natural antioxidants in meat and poultry products[J]. Meat Science, 2013, 94(2): 220-227. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.01.007.
- [5] HALLIWELL B, AESCHBACH R, LÖLIGER J, et al. The characterization of antioxidants[J]. Food and Chemical Toxicology, 1995, 33(7): 601-617. DOI:10.1103/PhysRevLett.80.4721.
- [6] 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. DOI:10.3969/j.issn.1001-8123.2006.12.007.
- [7] SUHAJ M. Spice antioxidants isolation and their anti radical activity: a review[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2006, 19(6): 531-537. DOI:10.1016/j.jfca.2004.11.005.
- [8] 卢付青. 天然香辛料提取物对冷却猪肉保鲜作用的研究[D]. 成都: 西南民族大学, 2016: 3.
- [9] 朱新武, 曾晓房, 鲁长海, 等. 天然香辛料及其复配对脂肪氧化的影响[J]. 中国食品添加剂, 2015(2): 146-150. DOI:10.3969/j.issn.1006-2513.2015.02.017.
- [10] 陈璐. 香辛料提取物在肉糜制品中抗氧化效果的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2012: 3-4.
- [11] HINNEBURG I, DAMIEN DORMAN H J, HILTUNEN R. Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices[J]. Food Chemistry, 2006, 97(1): 122-129. DOI:10.1016/j.foodchem.2005.03.028.
- [12] LU Y R, FOO L Y. Antioxidant activities of polyphenols from sage (*Salvia officinalis*)[J]. Food Chemistry, 2001, 75(2): 197-202. DOI:10.1016/S0308-8146(01)00198-4.
- [13] 中华全国供销合作总社南京野生植物综合利用研究院. GB/T 12729.1—2008 香辛料和调味品 名称[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 2-3.
- [14] 孙明珠, 燕玉富, 王秋生. 天然香辛料的种类和功能[J]. 肉类工业, 1997, 14(6): 39-41.
- [15] 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.
- [16] 彭林, 李明泽, 任文瑾, 等. 香辛料生理功能的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(2): 157-162. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2012.02.033.
- [17] 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. DOI:10.3969/j.issn.1007-4961.2005.04.015.
- [18] POKORNY J. Are natural antioxidants better and safer than synthetic antioxidants?[J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2007, 109(6): 629-642. DOI:10.1002/ejlt.200700064.
- [19] LU Mei, YUAN Bo, ZENG Maomao, et al. Antioxidant capacity and major phenolic compounds of spices commonly consumed in China[J]. Food Research International, 2011, 44(2): 530-536. DOI:10.1016/j.foodres.2010.10.055.



- [20] HERNANDEZ-HERNANDEZ E, PONCE-ALQUICIRA E, JARAMILLO-FLORES M E, et al. Antioxidant effect rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.) extracts on TBARs and colour of model raw pork batters[J]. Meat Science, 2009, 81(2): 410-417. DOI:10.1016/j.meatsci.2008.09.004.
- [21] 张慧芸, 孔保华, 孙旭. 香辛料提取物抗氧化活性及其作用模式的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(5): 111-115.
- [22] 谭福新, 叶涛, 刘湘新, 等. 植物提取物抗氧化成分及机理研究进展[J]. 食品科学, 2010, 31(15): 288-292.
- [23] 罗成, 周达, 鲁晓翔. 天然产物抗氧化机理的研究进展[J]. 食品工业科技, 2009, 30(4): 335-339.
- [24] 张珂, 李华, 陆启玉. 丁香的药理学特性及其在食品中的应用研究进展[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2015, 36(6): 125-129.
- [25] KARUPPIAH P, RAJARAM S. Antibacterial effect of *Allium sativum* cloves and *Zingiber officinalis* rhizomes against multiple-drug resistant clinical pathogens[J]. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2012, 2(8): 597-601. DOI:10.1016/S2221-1691(12)60104-X.
- [26] ALVS-SILVA J M, SANTOS S M D D, PINTADO M E, et al. Chemical composition and *in vitro* antimicrobial, anti fungal and antioxidant properties of essential oils obtained from some herbs widely used in Portugal[J]. Food Control, 2013, 32(2): 371-378. DOI:10.5352/JLS.2014.24.3.266.
- [27] 孔秋莲, 宋义忠, 章丽丽, 等. 丁香挥发油中天然抗菌成分研究[J]. 上海农业学报, 2004, 20(3): 68-72. DOI:10.3969/j.issn.1000-3924.2004.03.018.
- [28] JIROVETZ L, BUCHBAUER G, STOLLOVA I, et al. Chemical composition and antioxidant properties of clove leaf essential oil[J]. Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(17): 6303-6307. DOI:10.1021/jf060608c.
- [29] 沈勇根, 蔡志鹏, 江慎华, 等. 丁香非挥发性成分抗氧化活性[J]. 农业机械学报, 2012, 43(10): 131-137. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.10.024.
- [30] 蔡志鹏. 丁香抗氧化活性研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2012: 16-18.
- [31] ITO M, MURAKAMI K, YOSHINO M. Antioxidant action of eugenol compounds: role of metal ion in the inhibition of lipid peroxidation[J]. Food and Chemical Toxicology, 2005, 43(3): 461-466. DOI:10.1016/j.fct.2004.11.019.
- [32] BURT S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review[J]. International Journal of Food Microbiology, 2004, 94(3): 223-253. DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022.
- [33] 姚成强, 郑俏然. 桂皮精油和丁香精油对冷却猪肉保鲜效果的研究[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(17): 3604-3606. DOI:10.3969/j.issn.0439-8114.2011.17.045.
- [34] 吕心泉, 江芸, 林岩, 等. 香辛料提取液和乳酸链球菌素对禽肉制品的保鲜[J]. 中国食品添加剂, 2000(3): 29-32.
- [35] KUMUDAVALLY K V, TABASSUM A, RADHAKRISHNA K, et al. Effect of ethanolic extract of clove on the keeping quality of fresh mutton during storage at ambient temperature ((25±2) °C)[J]. Journal of Food Science and Technology, 2011, 48(4): 466-471. DOI:10.1007/s13197-010-0181-3.
- [36] 章斌, 侯小楨, 黄桂珍, 等. 壳聚糖-丁香复合液对牛肉丸的保鲜效果[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(6): 1406-1409. DOI:10.3969/j.issn.0439-8114.2013.06.044.
- [37] ROJAS M C, BREWER M S. Effect of natural antioxidants on oxidative stability of cooked, refrigerated beef and pork[J]. Journal of Food Science, 2007, 72(4): S282-S288. DOI:10.1111/j.1750-3841.2007.00335.x.
- [38] 刘杰. 纯天然高效速溶迷迭香及其复合抗氧化剂的开发[D]. 广州: 广州中医药大学, 2012: 7-8.
- [39] 祖歌. 迷迭香主要活性成分的绿色分离技术及其应用研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2012: 18-20.
- [40] 肖露平, 陈季武, 孔静思, 等. 迷迭香叶非精油组分的清除自由基和抗氧化作用[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 38(1): 53-59. DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2010.01.034.
- [41] NISSEN L R, BYRNE D V, BERTELSEN G, et al. The antioxidative activity of plant extracts in cooked pork patties as evaluated by descriptive sensory pro-filing and chemical analysis[J]. Meat Science, 2004, 68(3): 485-495. DOI:10.1016/j.meatsci.2004.05.004.
- [42] MIELNIK M B, AABY K, SKREDE G. Commercial antioxidants control lipid oxidation in mechanically deboned turkey meat[J]. Meat Science, 2003, 65(3): 1147-1155. DOI:10.1016/S0309-1740(02)00345-5.
- [43] AHN J, GRUN I U, MUSTAPHA A. Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef[J]. Food Microbiology, 2007, 24(1): 7-14. DOI:10.1016/j.fm.2006.04.006.
- [44] SEBRANEK J G, SEWALT V J H, ROBBINS K L, et al. Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage[J]. Meat Science, 2005, 69(2): 289-296. DOI:10.1016/j.meatsci.2004.07.010.
- [45] 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.
- [46] 陈璐, 孔保华, 刘寒. 香辛料提取物对速冻牛肉丸脂肪氧化控制的研究[J]. 食品科学, 2012, 33(14): 281-285.
- [47] 曾正渝, 兰作平. 肉桂的研究现状及应用进展[J]. 现代医药卫生, 2007, 23(1): 59-60. DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2007.01.046.
- [48] 李品艾, 丁素君. 肉桂挥发油的抗氧化作用研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(24): 13547-13548; 13551. DOI:10.3969/j.issn.0517-6611.2010.24.227.
- [49] 库咏峰. 肉桂总黄酮提取分离分析及抗氧化活性研究[D]. 南宁: 广西大学, 2012: 9-10. DOI:10.7666/dy2154804.
- [50] 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. DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2008.03.016.
- [51] JAYATHILAKAN K, SHARMA G K, RADHAKRISHNA 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. DOI:10.1016/j.foodchem.2007.04.068.
- [52] 国家药典委员会. 中国药典(一部)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 4.
- [53] 何冬梅, 刘红星, 黄初升. 八角茴香醇提物的抗氧化活性研究[J]. 食品工业, 2016(11): 126-128.
- [54] SINGH G, MAURYA S, MARIMUTHU P, et al. Antioxidant and antibacterial investigations of essential oils and acetone extracts of some spices[J]. Natural Product Radiance, 2007, 6(2): 114-121.
- [55] 龚苏晓. 茴香和海茴香中精油的抗氧化和抗菌活性[J]. 国外医学(中医中药药), 2002, 24(1): 38.
- [56] 殷燕, 张万刚, 周光宏. 八角茴香提取物在冷藏调理猪肉饼中抗氧化及抑菌效果的研究[J]. 南京农业大学学报, 2014, 37(6): 89-96. DOI:10.7685/j.issn.1000-2030.2014.06.013.
- [57] 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 the Science of Food and Agriculture, 1999, 79(2): 277-285. DOI:10.1002/(sici)1097-0010(199902)79:2<277::aid-jsfa181>3.0.co;2-s.
- [58] PARK S Y, YOO S S, CHIN K B. Physicochemical properties, and antioxidant and antimicrobial effects of garlic and onion powder in fresh pork belly and loin during refrigerated storage[J]. Journal of Food Science, 2008, 73(8): 577-584. DOI:10.1111/j.1750-3841.2008.00896.x.
- [59] DWIVEDI S, VASAVADA M N, CORNFORTH D. Evaluation of antioxidant effects and sensory attributes of Chinese 5-spice ingredients in cooked ground beef[J]. Journal of Food Science, 2010, 71(1): C12-C17. DOI:10.1111/j.1365-2621.2006.tb12381.x.
- [60] VASAVADA M N, DWIVEDI S, CORNFORTH D. Evaluation of garam masala spices and phosphates as antioxidants in cooked ground beef[J]. Journal of Food Science, 2006, 71(5): C292-C297. DOI:10.1111/j.1750-3841.2006.00039.x.