

植物提取物在肉制品保鲜中的作用研究进展

李红艳 徐明磊 翟赛亚

(河南质量工程职业学院食品与化工学院, 河南 平顶山 467001)

摘要:植物多酚与精油类化合物是目前应用于肉制品工业的主要植物提取物,具有抗氧化、抑菌活性等特点,有望作为天然保鲜剂替代传统化学防腐剂应用于肉制品保鲜。文章阐述了肉制品在贮藏过程中的主要品质变化,重点总结了植物多酚与精油对肉制品的保鲜作用机制,介绍了目前植物提取物在肉制品保鲜中的应用。

关键词:植物提取物;肉制品;抗氧化;抑菌;防腐保鲜

Research progress of plant extracts in preservation of meat products

LI Hongyan XU Minglei ZHAI Saiya

(Department of Chemical Engineering and Food Science, Henan Quality Polytechnic, Pingdingshan, Henan 467001, China)

Abstract: Plant extracts contain natural active ingredients, offering benefits such as health, ecofriendliness, and sustainability. Traditional chemical preservatives, however, can contribute to environmental pollution and pose health risks, limiting their suitability for long-term use. This underscores the need for natural, eco-friendly preservative solutions. Plant polyphenols and essential oil are the primary plant-derived compounds currently applied in the meat industry, valued for their antioxidant and antibacterial properties. These compounds show promise as natural preservatives, potentially replacing chemical options while preserving the sensory quality and extending the shelf life of meat products. In addition to ensuring food safety and supporting essential processing qualities, plant extracts help preserve the sensory attributes of meat products, thereby extending shelf life. This article reviews the primary quality changes meat products undergo during storage and highlights the common preservation techniques. Emphasis is placed on the preservation mechanisms of plant polyphenols and essential oils in meat products, as well as their current applications. This overview aims to provide a theoretical foundation for advancing the development of natural, plant-based preservatives for the meat industry.

Keywords: plant extracts; meat products; antioxidant; antibacterial activity; anti-corrosion and preservation

肉制品是为人类提供能量和营养素的重要食品类别,其富含水分、蛋白质、矿物质及维生素等,极易受到微生物侵害及酶促反应影响而腐烂变质,在给规模化生产带来经济损失的同时,还直接威胁到人类健康^[1]。传统的肉制品保鲜方法主要包括低温保鲜和化学保鲜,但大部分方法存在效果差、易破坏营养成分、易产生毒副作用等缺陷^[2-3]。相比之下,使用保鲜剂对肉制品进行防腐和保鲜,具有简便易操作、可控性好、成本低、绿色环保等优点。随着肉制品保鲜技术的不断进步,从天然动植物和微生物中提取的天然保鲜剂逐步取代过去单一的化学合成保鲜剂。植物提取物凭借绿色、健康、安全且高效的优势而被广泛应用于肉制品保鲜^[4]。因此,文章拟综述肉制品贮藏过程中的品质变化与常见保鲜技术,重点介绍植

物多酚与精油对肉制品的保鲜作用,并阐述目前植物提取物在肉制品保鲜中的应用现状,以期开发出更具针对性的肉制品保鲜剂提供理论参考。

1 贮藏期间肉制品品质变化

肉制品除了为人类提供优质蛋白质,还富含脂质、维生素和矿物质,在加工或贮藏过程中,容易受自身和环境的影响而发生脂质氧化、蛋白质降解、必需氨基酸和其他营养素的损失,导致肉制品的品质劣化^[5]。肉制品贮藏过程中的品质变化主要是受自身酶解自溶反应和有机物的氧化反应、微生物繁殖代谢等因素的影响,导致食品发生的色泽变化、营养物质以及原有食用价值被破坏、安全性降低等后果^[6]。党美琪等^[7]研究发现猪肉—鱼肉复合狮子头在贮藏期间出现 L^* 、 b^* 和感官评分下降,pH值先升高后

基金项目:河南省高等学校重点科研项目(编号:23B210008)

通信作者:李红艳(1981—),女,河南质量工程职业学院副教授,硕士。E-mail:lihongyan19811@163.com

收稿日期:2023-10-24 改回日期:2024-08-14

降低,硫代巴比妥酸值(TBARs)和总挥发性盐基氮(TVB-N)值升高,硬度、内聚性等质构特性变差以及菌落总数上升等品质劣化。

2 植物提取物主要功能成分

植物提取物是指采用物理、化学或生物等手段从植物中提取出来的一种或多种活性成分,主要来源于植物在生长发育过程中的次级代谢产物,包括多酚类、色素类、生物碱类和植物多糖类等,具有广谱抑菌、抗癌和抗氧化活性,且公认安全,常作为食品添加剂或保鲜剂应用到肉制品领域,以延缓氧化反应和色泽的改变,改善产品的感官特性等^[8]。

2.1 植物多酚

植物多酚多存在于植物的皮、根、叶、果实中,主要包括一些小分子的酚类化合物,如花青素、儿茶素、没食子酸、鞣花酸、熊果苷等。来自绿茶、苹果、柑橘、橄榄等植物的多酚已被证实可以抑制美拉德反应,这对维持肉制品的色泽具有重要意义^[9]。此外,多酚还可通过增强肉制品的持水能力、质地、凝胶特性等提升肉质^[10]。Lund等^[9]研究表明,植物多酚在肉制品中通过结合蛋白质以减少羰基形成、抑制美拉德反应等机制起到保鲜作用。

2.2 植物精油

植物精油是从芳香植物中提取的复杂化合物,主要由挥发性次生代谢物组成,包含酚类、萜类、萜烯等多种生物活性成分^[11]。植物精油作为香料和调味品已被广泛应用于食品、药品、化妆品等,具有包括抗氧化、镇痛、抗菌/抗真菌和抗癌活性等生物学特性,是一种天然、安全、

无毒和高效的食品香料、着色剂和防腐剂^[12]。

2.3 植物多糖

植物多糖是指从植物体内分离提取的高纯度多糖物质。植物多糖具有抗肿瘤、降血糖、抑菌和抗氧化等多种功效,在食品、医药、化妆品领域有巨大的应用潜力^[13]。将植物多糖应用于肉制品中可改善产品的质构、风味、色泽等,部分植物多糖可使加工后的肉制品具有功能特性,延长保质期。植物多糖还可替代部分脂肪,减少肉制品中的脂肪含量,起到促进健康的作用^[14]。

2.4 其他成分

植物提取物种类繁多,除植物多酚、精油和多糖外,目前应用于肉制品工业中的植物提取物还包括黄酮类化合物、萜类化合物、生物碱类化合物等^[15]。

3 植物提取物对肉制品的保鲜机制

植物提取物通常以食品添加剂和保鲜剂两种形式应用于肉制品防腐保鲜,当植物提取物作为食品添加剂时,其主要通过抑制脂肪和蛋白质氧化、抑制亚硝酸盐的产生、抑制微生物的增殖等方式,有效改善肉制品的品质,改善贮藏稳定性;而当植物提取物作为保鲜剂时,则往往通过结合纳米技术、微胶囊化技术、涂膜或涂层等技术,可使植物活性物缓慢释放并持续作用,对肉制品起到抑菌、抗氧化的作用,延长产品的货架期^[16],植物提取物对肉制品保鲜机制如图1所示。Smaoui等^[17]研究表明,多酚和精油是目前应用于肉制品工业的主要植物提取物,主要通过抗氧化和抑菌作用发挥其保鲜作用。因此,以植物多酚与精油为代表,阐述植物提取物在肉制品保鲜中的主要作用与机制。

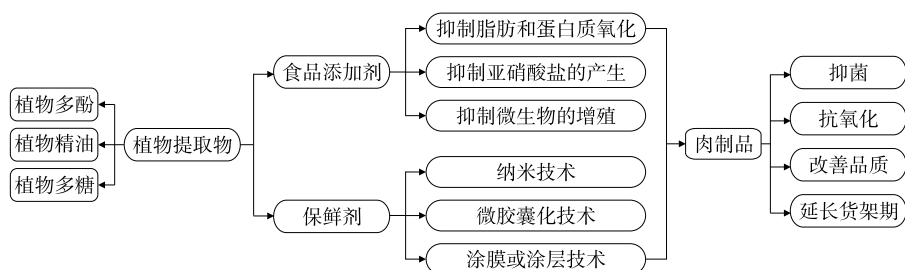


图1 植物提取物对肉制品的保鲜机制

Figure 1 Fresh preservation mechanism of plant extract on meat products

3.1 抗氧化作用

肉制品质量下降的主要非微生物原因是氧化反应。由于肉制品中含有高浓度的不饱和脂质、血红素色素、金属催化剂和氧化剂,蛋白质和脂质更易发生氧化降解。氧化过程导致肉制品变色、异味生成、形成有毒化合物、保质期缩短,并造成营养成分和水分的流失。植物提取物中的活性成分可有效清除活性氧自由基或螯合金属离子,起到缓解蛋白质和脂质氧化的作用,延缓肉制品的保质期^[18]。

Ni等^[19]研究表明,植物精油的抗氧化机制可能在于

阻断多种链式反应、清除自由基、本身作为还原剂、终止过氧化物的形成、防止连续分离出氢、抑制单线态氧的形成和过渡金属离子催化剂的结合等。Wang等^[20]研究了丁香精油在中式培根中的保鲜应用,结果表明丁香精油可显著抑制丙二醛的产生而达到抑制脂质氧化的效果,同时使用微胶囊化技术不仅可以增强抑制效果并减弱丁香精油自身的刺激性气味,还可以提高稳定性。

植物多酚抑制蛋白及脂质的氧化机理为清除活性氧自由基。在这一过程中,酚类物质中的邻羟基与蛋白质

自由基进行结合并提高其稳定性,进而减缓或终止蛋白质氧化反应过程。

此外,酚类化合物还能通过螯合金属离子和过氧化物,抑制金属催化的氧化反应。此外,酚类化合物还可以与氧化酶结合以抑制酶活性,终止氧化反应^[21]。Cheng 等^[22]研究发现桑葚多酚可通过抑制—SH 向 S—S 的转化、巯基的形成等,有效抑制肉制品中蛋白质的氧化,提高肉制品中蛋白质的稳定性。

3.2 抑菌作用

肉类及其衍生产品容易受到食源性病原体的污染,例如大肠杆菌、沙门氏菌属、金黄色葡萄球菌、弯曲杆菌属和单核细胞增生李斯特菌等,微生物的繁殖会导致挥发性化合物和表层黏液的产生、颜色变化等,直接影响食品安全并导致肠道和泌尿系统的严重损害、食物中毒和食源性感染等不利后果^[23]。

植物精油的抗菌活性取决于其活性成分,并与官能团和排列有关,不同活性分子的抑菌效果具有协同作用,并且提取于植物不同部位的精油的抑菌活性不同。在植物精油的活性成分中,酚类和醛类具有最强的抗菌活性,其次是醇类、酮类、酯类和碳氢化合物^[24]。亲脂性酚羟基、甲氧基和烯烃键等可通过消耗质子动力、改变细胞内 pH 值并阻断细菌中氧化磷酸化反应等途径,来增强植物精油中活性成分的抗菌能力,例如植物精油中香芹酚、百里酚、肉桂醛和丁香酚等,活性物质的抗菌活性来源于上述官能团^[25]。Aljaafari 等^[26]研究表明,植物精油的抑菌机制主要在于破坏细菌细胞壁、改变细胞膜脂肪酸谱等,引起细胞质凝固、消耗质子动力,影响三磷酸腺苷(ATP)的合成和水解、降低膜电位、抑制群体感应、抑制细菌生物膜形成和毒力因子等。Šojić 等^[27]研究发现,从鼠尾草中提取的鼠尾草植物精油(主要是表桂花醇、绿花白千层醇和樟脑)减少了新鲜猪肉香肠生产中需氧嗜温性细菌的数量。Esmaeili 等^[28]研究发现,提取于大蒜的精油含有二烯丙基三硫化物、二烯丙基四硫化物和二烯丙基二硫化物等抑菌活性物,可延长肉制品保质期。

植物多酚对微生物的抑菌效果受多酚的种类、结构、添加量以及微生物菌株类别等多种因素的影响。Bouarab-Chibane 等^[29]研究表明,植物多酚的抑菌机制主要有:破坏微生物细胞壁结构及降低其细胞膜通透性,使其死亡;抑制微生物酶的活性,导致蛋白质、DNA 和 RNA 等生物大分子的合成受限;破坏微生物的细胞壁;抑制微生物 ATP 的合成来影响微生物的正常生长等。陈琛等^[30]研究发现,茶多酚通过破坏细菌细胞壁结构及细胞膜通透性,导致细菌死亡。此外,研究人员还发现了其他抑菌机制,例如 Chen 等^[31]发现浆果多酚可以诱导细菌发生氧化应激,氧化应激期间累积的 ROS 可能导致细胞脂质过氧化、蛋白质氧化、代谢功能破坏和 DNA 损伤,最终导致细胞死亡。

4 植物提取物在肉制品保鲜中的应用

植物提取物在肉制品中的应用研究主要围绕抗氧化与抑菌作用展开。植物提取物富含多酚、维生素、生物碱、皂苷、多糖、活性肽等抗氧化成分,同时含有生物碱类、挥发油类、黄酮类、有机酸类、多糖类、单宁类等抑菌活性成分,将这些具有抗氧化和抑菌活性的成分应用于肉制品,可起到良好的保鲜作用,有助于延长产品货架期^[32]。已有大量的研究报道了植物提取物在肉制品中的保鲜应用,包括畜禽类动物肉制品和水产品。

4.1 畜禽肉制品

高志鑫等^[33]在几种天然植物提取物对扒鸡保鲜作用的研究中发现,韭菜提取液、白芷水煎液和连翘水煎液具有显著抑菌效果,其中白芷水煎液具有最佳抑菌效果,其最低抑菌质量浓度为 0.25 g/mL,最小杀菌质量浓度为 0.75 g/mL。在 4℃、9 d 贮藏期内,添加最小杀菌质量浓度的白芷水煎液可使菌落总数从 3.73×10^5 CFU/g 降低至 1.21×10^5 CFU/g,同时,TVB-N 含量降低幅度约 10 mg/100 g,表明其抑菌效果显著,且具有减缓蛋白质氧化速率的效果。与之类似的,洪军等^[34]研究发现,与对照组相比,连翘及葡萄皮提取物能够显著抑制鸡肉中致病菌的生长,并且两种提取物均显著延长了鸡肉的保鲜期。Burri 等^[35]研究表明,甜菜和橄榄中的酚类物质可降低猪肉中 TBARs 值至空白对照组的 13.5%。Fan 等^[36]将 0.03% 茶多酚溶液应用于猪肉香肠的保鲜中,研究表明,与对照组相比,处理组香肠贮藏过程中菌落总数更低,色泽、TBARs 值和感官品质更佳,货架期更长。Cao 等^[37]研究发现,天然植物提取物(0.3% 聚赖氨酸,0.75% 马齿苋提取物和 0.03% 木犀草素)可显著抑制微生物繁殖,使牛肉在低温贮藏过程中 pH 值维持在二级鲜肉水平(pH 6.3~6.6),并有效缓解了蛋白质与脂质的氧化,使牛肉在低温贮藏过程中 TVB-N、TBARs、羰基维持在较低水平,将货架期从 16 d 延长至 24 d,同时提升了牛肉的感官品质。因此,植物提取物对于畜禽类肉制品保鲜具有积极作用,在缓解营养物质的氧化和腐败速率并延长肉制品货架期的同时,可减少因理化特性变化而引起的感官品质劣化。

4.2 水产品

闵娟等^[38]研究表明,不同浓度的龙须菜寡糖(GLO)、大蒜提取物(GE)、迷迭香提取物(RE)和生姜提取物(GRE)对马鲛鱼片具有显著的保鲜效果,0.5% GLO、1.0% GE 和 1.0% GRE 抑菌效果最佳,将原先 4 d 保质期延长至 6 d,贮藏过程中的 pH 值、TVB-N 值、K 值、生物胺的变化趋势表明,4 种天然植物提取物均能较好地抑制各指标的上升,达到防腐保鲜的目的,同时,单一保鲜剂的抗菌性能各有侧重点,复配使用有利于达到更好的保鲜效果。Hung 等^[39]研究了 8 种植物精油(EO)对虾仁贮藏品质的影响,结果显示柠檬 EO 对虾仁中 *Brochothrix thermosphacta*、*Carnobacterium maltaromaticum*、*Providencia vermicola*、

*Vagococcus penaei*等主要腐败菌的抑制作用最强,保鲜效果最好。在25℃贮藏过程中,柠檬EO处理组菌落总数明显低于未处理对照组;贮藏72 h后,对照组TVB-N含量为32.95 mg/100 g,大于标准值(25 mg/100 g),而柠檬EO处理组TVB-N值仅为9.03 mg/100 g;同时,柠檬EO处理有效维持了虾仁物理特性,在贮藏120 h后,对照组硬度、弹性、内聚力分别为0.43, 0.33, 0.30 N,而柠檬EO处理组硬度、弹性、内聚力分别为2.18, 0.51, 0.44 N。相比于在畜禽类肉制品中的应用,植物提取物在水产品保鲜中的应用相对较少,但总的来说,植物提取物是一种高效且健康的天然保鲜剂,其在肉制品保鲜中的应用也会逐渐普及。

5 结语

肉制品作为重要的膳食蛋白质来源,因其富含蛋白质、脂质等营养物质而在贮藏过程中容易发生氧化和腐败变质。传统化学防腐剂对人体具有潜在的致癌和毒副作用,因而对天然防腐剂的需求不断高涨。植物提取物所具有抗菌性强、抗氧化能力强、抑菌谱广、安全低毒等特性,是化学防腐剂所不能及的,具有广阔的发展前景,并有望作为天然保鲜剂替代化学防腐剂应用于肉制品保鲜,成为未来肉制品保鲜剂的主要来源。目前,植物提取物在肉制品中被允许作为防腐保鲜剂的种类以及添加量比较有限,且未被广泛普及,其原因主要是:由于提取工艺水平有限,导致提取物产量低、成本高、稳定性差、并自带挥发性气味以及其他不可控因素;植物提取物往往在与其他活性物或技术结合使用时,能产生更好的保鲜效果,然而目前关于植物提取物中功效成分的作用机制以及相互作用的研究还不足支撑良好配伍性与兼容性的形成,导致应用过程存在盲目性与未知性,而且缺乏完善的标准或体系作为应用指导与参考;在防腐保鲜的研究过程中,未充分考虑植物提取物对肉制品感官品质的影响;应用研究的覆盖面不够广,例如植物提取物在预制肉制品以及其他预制菜中的应用研究目前还处于空白,而预制肉制品的保鲜手段还停留于传统技术等。

参考文献

[1] 刘爽,李翔,唐华丽.类PSE禽肉肉鸡、火鸡加工特性及蛋白质功能性质改善研究进展[J].食品与机械,2021,37(5): 209-214.
LIU S, LI X, TANG H L. Research progress on the improvement of processing properties and protein functionalities of PSE-like poultrymeat (broiler and turkey) [J]. Food & Machinery, 2021, 37(5): 209-214.
[2] SANLIER N, SORMAZ Ü, GÜNEŞ E. The effect of food safety education on food safety knowledge, attitudes, behaviors of individuals who work in food and beverage departments in Turkey[J]. International Journal of Gastronomy & Food Science, 2020, 22: 100259.
[3] JONGBERG S, TRNGREN M, AGUNVIG A, et al. Effect of

green tea or rosemary extract on protein oxidation in Bologna type sausages prepared from oxidatively stressed pork[J]. Meat Science, 2013, 93(3): 538-546.
[4] VINCEKOVIĆ M, VISKIĆ M, JURIĆ S, et al. Innovative technologies for encapsulation of Mediterranean plants extracts [J]. Trends in Food Science & Technology, 2017, 69: 1-12.
[5] DOMÍNGUEZ R, PATEIRO M, GAGAOUA M, et al. A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products[J]. Antioxidants, 2019, 8(10): 429.
[6] CASABURI A, PIOMBINO P, NYCHAS G J, et al. Bacterial populations and the volatilome associated to meat spoilage[J]. Food Microbiology, 2015, 45: 83-102.
[7] 党美琪,杨眉,安玥琦,等.猪肉—鱼肉复合狮子头贮藏期间的品质变化规律[J].肉类研究,2023,37(2): 26-31.
DANG M Q, YANG M, AN Y Q, et al. Quality changes in pork-fish composite meatballs during storage[J]. Meat Research, 2023, 37(2): 26-31.
[8] JAYAWARDANA B C, WARNASOORIYA V B, THOTAWATTAGE G H, et al. Black and green tea (*Camellia sinensis* L.) extracts as natural antioxidants in uncured pork sausages[J]. Journal of Food Processing & Preservation, 2019, 43(2): e13870.
[9] LUND M N, RAY C A. Control of maillard reactions in foods: strategies and chemical mechanisms[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2017, 65(23): 4 537-4 552.
[10] TANG C B, ZHANG W G, ZOU Y F, et al. Influence of RosA-protein adducts formation on myofibrillar protein gelation properties under oxidative stress[J]. Food Hydrocolloids, 2017, 67(1): 197-205.
[11] MUNEKATA P, ROCCHETTI G, PATEIRO M, et al. Addition of plant extracts to meat and meat products to extend shelf-life and health-promoting attributes: an overview[J]. Current Opinion in Food Science, 2020, 31: 81-87.
[12] HASHEMINEJAD N, KHODAIYAN F, SAFARI M, et al. Improving the antifungal activity of clove essential oil encapsulated by chitosan nanoparticles[J]. Food Chemistry, 2019, 275: 113-122.
[13] 刘傲兵,段君雅,化稳,等.植物多糖的功能性及其在肉制品中的应用研究进展[J].中国调味品,2023,48(4): 205-210.
LIU A B, DUAN J Y, HUA W, et al. Research progress on the functionality of plant polysaccharides and their application in meat products[J]. Chinese Condiment, 2023, 48(4): 205-210.
[14] ELJOUDI S, FEKI A, BKHAIRIA I, et al. New polysaccharides extracted from *Malcolmia triloba*: structure characterization, biological properties and application to beef meat preservation[J]. Journal of Food Composition & Analysis, 2022, 107: 104380.
[15] 臧芳波,牟德华,冯随,等.植物提取物在肉类加工制品中的应用与研究进展[J].肉类工业,2021(5): 30-37.
ZANG F B, MOU D H, FENG S, et al. Application and research progress of plant extracts in processed meat products

- [J]. Meat Industry, 2021(5): 30-37.
- [16] 李月凡, 章思嘉, 洪宇, 等. 植物提取物在肉制品中的应用研究进展[J]. 食品工业, 2023, 44(1): 247-252.
- LI Y F, ZHANG S J, HONG Y, et al. Research progress in the application of plant extracts in meat products[J]. Food Industry, 2023, 44(1): 247-252.
- [17] SMAOUI S, HLIMA H B, BRAĚEK O B, et al. Recent advancements in encapsulation of bioactive compounds as a promising technique for meat preservation[J]. Meat Science, 2021, 181: 108585.
- [18] AMOLI P I, HADIDI M, HASIRI Z, et al. Incorporation of low molecular weight chitosan in a low-fat beef burger: assessment of technological quality and oxidative stability[J]. Foods, 2021, 10(8): 1959.
- [19] NI Z J, WANG X, SHEN Y, et al. Recent updates on the chemistry, bioactivities, mode of action, and industrial applications of plant essential oils[J]. Trends in Food Science & Technology, 2021, 10: 78-89.
- [20] WANG Y, DU Y T, XUE W Y, et al. Enhanced preservation effects of clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil on the processing of Chinese bacon (preserved meat products) by beta cyclodextrin metal organic frameworks (β -CD-MOFs) [J]. Meat Science, 2023, 195: 108998.
- [21] JIANG J, XIONG Y L. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: a review[J]. Meat Science, 2016, 120: 107-117.
- [22] CHENG J R, XU L, XIANG R, et al. Effects of mulberry polyphenols on oxidation stability of sarcoplasmic and myofibrillar proteins in dried minced pork slices during processing and storage[J]. Meat Science, 2020, 160: 107973.
- [23] HEREDIA N, GARCÍA S. Animals as sources of food-borne pathogens: a review[J]. Animal Nutrition, 2018, 4(3): 250-255.
- [24] MEENU M, PADHAN B, PATEL M, et al. Antibacterial activity of essential oils from different parts of plants against *Salmonella* and *Listeria* spp.[J]. Food Chemistry, 2023, 404: 134723.
- [25] ZHANG D, GAN R Y, ZHANG J R, et al. Antivirulence properties and related mechanisms of spice essential oils: a comprehensive review[J]. Comprehensive Reviews in Food Science & Food Safety, 2020, 19(3): 1018-1055.
- [26] ALJAAFARI M N, ALALI A O, BAQAIS L, et al. An overview of the potential therapeutic applications of essential oils[J]. Molecules, 2021, 26(3): 628.
- [27] ŠOJIĆ B, PAVLIĆ B, ZEKOVIĆ Z, et al. The effect of essential oil and extract from sage (*Salvia officinalis* L.) herbal dust (food industry by-product) on the oxidative and microbiological stability of fresh pork sausages[J]. LWT- Food Science and Technology, 2018, 89: 749-755.
- [28] ESMAEILI H, CHERAGHI N, KHANJARI A, et al. Incorporation of nanoencapsulated garlic essential oil into edible films: a novel approach for extending shelf life of vacuum-packed sausages[J]. Meat Science, 2020, 166: 108135.
- [29] BOUARAB-CHIBANE L, FORQUET V, LANTÉRI P, et al. Antibacterial properties of polyphenols: characterization and QSAR (Quantitative structure-activity relationship) models[J]. Frontiers in Microbiology, 2019, 10: 829.
- [30] 陈琛, 徐尤美, 蒯蓓蓓, 等. 秦岭绿茶茶多酚抑菌活性及其机理研究[J]. 四川农业大学学报, 2019, 37(6): 821-827.
- CHEN C, XU Y M, LIN B B, et al. Antibacterial activity and mechanism of green tea polyphenols from Qinling mountains [J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2019, 37(6): 821-827.
- [31] CHEN F, WANG H J, LIN Z X, et al. Enzymatic and non-enzymatic bioactive compounds, and antioxidant and antimicrobial activities of the extract from one selected wild berry (*Rubus coreanus*) as novel natural agent for food preservation[J]. LWT-Food Science and Technology, 2022, 171: 114133.
- [32] 廖志强, 于立梅, 陈海光, 等. 植物提取物在肉制品中的应用研究进展[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(19): 215-219.
- LIAO Z Q, YU L M, CHEN H G, et al. Advances in the application of plant extracts in meat products[J]. Food Research and Development, 2019, 40(19): 215-219.
- [33] 高志鑫, 刘晓柳, 张菊, 等. 几种天然植物提取物对扒鸡保鲜作用的研究[J]. 中国调味品, 2021, 46(4): 96-101.
- GAO Z X, LIU X L, ZHANG J, et al. Study on the preservation effect of several natural plant extracts on braised chicken[J]. Chinese Condiment, 2021, 46(4): 96-101.
- [34] 洪军, 卢文静, 郭梦婷, 等. 植物提取物的抑菌活性及其在冷却鸡肉保鲜中应用[J]. 河南城建学院学报, 2020, 29(2): 81-87.
- HONG J, LU W J, GUO M T, et al. Antibacterial activity of plant extracts and its preservative application in chilling chicken[J]. Journal of Henan Urban Construction College, 2020, 29(2): 81-87.
- [35] BURRI S C M, EKHOLM A, BLEIVE U, et al. Lipid oxidation inhibition capacity of plant extracts and powders in a processed meat model system[J]. Meat Science, 2020, 162: 108033.
- [36] FAN W J, CHEN Y C, SUN J X. Effects of tea polyphenol on quality and shelf life of pork sausages[J]. Journal of Food Science & Technology, 2014, 51(1): 191-195.
- [37] CAO Y J, HAO R, GUO Z L, et al. Combined effects of superchilling and natural extracts on beef preservation quality [J]. LWT-Food Science and Technology, 2022, 153: 112520.
- [38] 闵娟, 刘红, 李传勇, 等. 4种植物提取物对马鲛鱼保鲜效果研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(8): 2847-2855.
- MIN J, LIU H, LI C Y, et al. Preservative effects of 4 kinds of plant extracts on mackerel[J]. Food Safety Quality Inspection Journal, 2017, 8(8): 2847-2855.
- [39] HUNG Y H R, LIN H J, LEE E C, et al. Effect of lemon essential oil on the microbial control, physicochemical properties, and aroma profiles of peeled shrimp[J]. LWT-Food Science and Technology, 2023, 173: 114340.