

香辛料在水产品保鲜应用中的研究进展

蔡路昀^{1,2}, 马 帅¹, 曹爱玲³, 励建荣^{1,2*}

(1. 渤海大学食品科学与工程学院, 生鲜农产品贮藏加工及安全控制技术国家地方联合工程研究中心, 辽宁省食品安全重点实验室, 锦州 121013; 2. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 3. 萧山出入境检验检疫局, 杭州 311208)

摘 要: 水产品中蛋白质、水分、脂肪含量丰富, 容易引起氧化和微生物繁殖导致腐败变质, 因此水产品贮藏保鲜技术是水产领域的重要研究方向之一。香辛料作为一种新型、健康、无副作用的生物保鲜剂, 对水产品具有明显的抑菌及抗氧化作用, 进而能保持水产品的贮藏品质并延长其货架期, 在水产品的保鲜及贮运上具有巨大的潜在应用价值。本文主要介绍了香辛料对水产品保鲜的作用机制, 尤其论述了香辛料在水产品贮藏保鲜应用中的最新研究进展, 并分析了目前存在的问题, 同时对其应用前景进行了展望。

关键词: 香辛料; 水产品; 保鲜技术

Research progress in application of spices on preservation of aquatic products

CAI Lu-Yun^{1,2}, MA Shuai¹, CAO Ai-Ling³, LI Jian-Rong^{1,2*}

(1. College of Food Science and Engineering of Bohai University, National & Local Joint Engineering Research Center of Storage, Processing and Safety Control Technology for Fresh Agricultural and Aquatic Products, Food Safety Key Lab of Liaoning Province, Jinzhou 121013, China; 2. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; 3. Xiaoshan Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Hangzhou 311208, China)

ABSTRACT: Aquatic products are rich in protein, moisture and fat, which lead to oxidation and propagation of microorganisms that cause spoilage easily. Therefore, aquatic products preservation technology is one of the important researches in aquatic products domain. Spices as biological preservatives are new-type, healthy and have no side effects. Spices could extend the storage period of aquatic products based on their antimicrobial and antioxidant effects, which exhibits a great potential in the aquatic products industry. This paper mainly introduces the action mechanism of spices to aquatic products, especially discusses the latest research progress of the spices which applied in preservation of aquatic products, and analyzes the existing problems, and the prospects of its application is proposed.

KEY WORDS: spices; aquatic products; preservation technology

基金项目: 国家自然科学基金(31401478, 31471639)、中国博士后基金面上项目(2015M570760)、“十二五”国家科技支撑计划(2012BAD29B06)、辽宁省科技攻关项目(201500098)

Fund: Supported by National Natural Science Foundation of China (31401478, 31471639), National Postdoctoral Science Foundation of China (2015M570760), the National Key Technologies R&D Program of China during the 12th Five-Year Plan Period (2012BAD29B06), and the Science and Technology Project of Liaoning Province (201500098)

*通讯作者: 励建荣, 教授, 主要研究方向为水产品 and 果蔬贮藏加工与安全控制。E-mail: lijr6491@163.com

*Corresponding author: LI Jian-Rong, Professor, College of Food Science and Engineering of Bohai University, National & Local Joint Engineering Research Center of Storage, Processing and Safety Control Technology for Fresh Agricultural and Aquatic Products, Food Safety Key Lab of Liaoning Province, Jinzhou 121013, China. E-mail: lijr6491@163.com

1 引言

我国是水产品生产大国,2013年全国水产品总产量达6172万吨,约占全球总产量的1/3,连续多年居世界首位^[1]。新鲜的鱼、虾、贝类等水产品因其风味鲜美、味道独特,深受广大消费者的青睐^[2],不仅是人体日常蛋白质、脂肪、矿物质的重要来源,而且是一种高蛋白、低脂肪、低热量的健康食品,是人类合理膳食结构的一个重要组成部分,已成为目前人们摄取动物性蛋白的主要来源之一^[3]。然而,水产品的渔获不仅存在着地域性、多样性和季节性等诸多差异,同时,水产品作为鲜活商品,因其肌肉组织含水量高,组织柔软细嫩,体内富含高活性水解酶类,易使水产品腐烂变质,不耐贮运,在捕获后极易失鲜,导致品质下降,从而使其营养价值降低,经济价值减小^[4]。因此,旨在实现水产品的常年均衡供应,除了提高品种选择、分区养殖、分开捕获等养殖技术外,还要做好水产品捕获后的贮藏、运输等工作,使淡旺季的供需矛盾得到调节、市场上水产品的种类得到完善。因此,加强新型保鲜技术的创新研发,提高鱼类等生鲜水产品品质,延长其货架期,对加大水产品的有效供给,减少行业经济损失等方面具有重要意义^[5]。

水产品死亡的同时,其肌肉仍进行着一系列与活体时不同的生物化学和生物学的变化。水产品死后变化的整个过程有早期生化变化、僵硬与解僵、自溶与腐败三个阶段。首先,水产品死后机体在酶的作用下进行着无氧酵解,糖原和ATP减少到一定程度,鱼体开始变硬,随着降解程度的加深,肌肉pH下降,硬度不断增加进而进入僵硬期^[6,7];在僵硬后期,糖原和ATP进一步减少而代谢产物乳酸、次黄嘌呤、氨不断累积,基质网中的Ca²⁺被释放出来,激活肌肉中所含的Ca²⁺激活蛋白酶,水解肌球蛋白Z线部位,从而导致僵直肌肉硬度的逐渐降低而进入解僵期;随后肌肉组织进入自溶、腐败阶段,在自溶、腐败过程中,肌肉蛋白质在内源蛋白酶和微生物分泌的蛋白酶作用下分解为肽、氨基酸,氨基酸再在细菌作用下,发生脱氢、脱羧反应或被分解,而产生有机酸、氨、胺类(尸胺、腐胺、组胺)、硫化氢及吲哚类化合物,从而引起鱼贝类形态、色泽及风味的变差,使水产品品质进一步劣变^[8]。因此,在水产品的加工、贮运及销售等过程中,水产品的保鲜技术发挥着至关重要的作用,并且由于人们对水产品的安全性、新鲜度要求的提高,对水产品保鲜技术也提出了更高的要求^[9]。

2 现有水产品保鲜方法优劣比较

目前,水产品保鲜方法主要有冻藏保鲜、气调保鲜、辐照保鲜以及生物保鲜等^[10]。此外,超高压技术在水产品保鲜上也有所应用^[11]。冻藏保鲜虽然可使水产品得到长时

间保藏,但因温度变化而形成的不同大小的冰晶会对组织造成破坏,从而加剧蛋白质变性,同时解冻后汁液流失导致肉质变硬、风味变差、造成品质劣变;气调保鲜对水产品有一定的保鲜效果,但存在操作繁琐、投资巨大等问题;辐照保鲜技术尚处于试验研究阶段,对其使用的安全性尚无定论^[12],因而限制了其在水产品保鲜中的应用;传统的化学保鲜剂处理对水产品贮藏有一定的保鲜效果,但大量化学合成保鲜剂的使用,使水产品的食用安全性降低,对人类健康会产生不良的影响,且可使病原菌产生抗药性^[13]。目前国内主要采用冰温结合气调对水产品进行贮藏保鲜,仍然存在着诸多不足,如贮藏期间水产品容易发生品质劣变,效果不是很理想,因此,迫切要求科研工作者寻找一种新型、高效、低成本且操作简便的保鲜技术^[3]。近年来,生物保鲜技术,尤其是天然植物提取物,因其安全无毒、活性强、富含营养成分等,受到人们的广泛关注^[14]。生物保鲜剂可以有效防止病原菌的抗药性,从而使水产品的安全性得到提高,货架期得到延长,已成为水产品贮藏保鲜技术领域的发展趋势之一,其主要来源于生物体的有效活性成分及其代谢产物,主要分为植物源、动物源和微生物源生物保鲜剂等^[15]。

近年来,香辛料作为生物保鲜剂的一大类别被不断应用到水产品保鲜中,受到研究者的广泛认可。翟欢^[16]等研究表明:生姜汁具有一定的保鲜效果,以质量分数5%、25%、50%的鲜姜汁浸泡基围虾,于5℃、15℃、25℃三种条件下贮存,观察感官品质及菌落总数变化情况,发现使用25%浓度的姜汁对短时保鲜的基围虾的品质较好。吴涛^[17]研究表明:生姜提取液能够有效延长白鲢鱼肉的货架期,延缓鱼肉pH、硫代巴比妥酸值(TBA)、挥发性盐基总氮值(TVB-N)以及菌落总数的升高,对白鲢鱼肉有显著的保鲜效果。周强^[18]等研究表明:生姜、八角、大葱-黄酒复合提取液能够有效地保持虾肉的贮藏品质,延缓虾肉pH、挥发性盐基氮(TVB-N)及菌落总数的升高,对明虾虾肉有明显的保鲜效果。随着人们对香辛料研究的不断深入,发现一些香辛料如大蒜,其有效活性成分大蒜素,不但具有抑菌、抗氧化等作用,而且还有降血脂、降血压、调节机体免疫力等营养功效^[19-21],因此,可作为安全无毒、高效、营养的生物保鲜剂应用于水产品保鲜中。下面主要就香辛料在水产品贮藏保鲜的作用机制以及目前在水产品保鲜中的应用情况进行概述。

3 香辛料概述

香辛料(*Spices*)是利用植物的种子、叶、茎、花蕾、根、果实或其提取物制成的一类具有特殊香味,赋予食物以风味、使人增进食欲、帮助消化和吸收的天然植物性原料的统称^[22]。它是一类用作食物调理或饮料调配的香料植物,

广泛应用于烹饪和食品工业中, 主要起调香、调味、调色等作用^[23]。常用的香辛料有热感和辛辣感的香料, 如生姜、辣椒、花椒等; 有辛辣作用的香料, 如大蒜、洋葱、韭菜等; 有芳香性的香料, 如肉桂、丁香、肉豆蔻等; 有香草类香料, 如茴香、甘草、百里香、迷迭香等^[24,25]。目前, 世界上已知的香辛料种类有 500 多种, 1997 年经 ISO 确认并列入标准的香辛料达 110 种, 其中列入国标 GB/T 12729.1-2008 的品种有 68 种。香辛料的主要产地集中在热带国家和地区, 但大规模生产种植仅限于中国、巴基斯坦、印度、斯里兰卡等国家, 我国拥有丰富的香辛料资源, 是世界上香辛料主要生产国和出口国之一^[26]。

4 香辛料的保鲜机制

4.1 香辛料的抑菌机制

迄今为止, 关于香辛料抑菌机制的相关报道较少且不够完整。不同香辛料的活性提取物成分不同, 其抑菌机制不同, 所表现出的抑菌效果也有差异。目前已知的抑菌物质的作用方式有: 损伤细胞壁, 改变细胞膜的通透性, 改变蛋白质和核酸分子, 抑制细胞内酶的作用, 作为抗代谢产物和抑制核酸的合成等^[27]。关文强^[28]研究表明丁香酚是通过使细胞膜中的蛋白质变性、与细胞膜中的磷脂反应破坏细胞膜的通透性, 从而抑制微生物的生长, 达到保鲜的效果。宋卫国等^[29]提出大蒜提取物的抑菌作用机制主要有以下三点: (1) 大蒜素通过从膜外渗透到膜内与巯基蛋白结合, 从而达到抑菌效果; (2) 大蒜素与生物体内的半胱氨酸、谷胱氨酸等含巯基化合物结合, 从而达到抑菌效果; (3) 大蒜素与真菌含巯基的酶结合后, 抑制了与酶相关的细胞代谢。也有研究表明^[30]大蒜提取物抑菌机制是由于含硫成分与重要的巯基包含酶相互作用, 使酶失活。Muller-Riebau 等^[31]研究发现, 芳香类植物精油对植物病原真菌的抑制效果与酚类组分的浓度有直接关系。张国珍^[32]等从麻黄、细辛中提取的麻黄油和细辛油具有抑制黑斑病菌 (*A.panax*) 分生孢子和蕈苡黑粉菌 (*U.coicis*) 冬孢子萌发的作用。杨粟艳^[33]研究表明: 大葱水提取物对细菌和真菌均有抑制作用, 其中对白色葡萄球菌具有很强的抑制作用, 对粘红酵母黑曲霉、大肠杆菌和枯草芽孢杆菌也有一定的抑制作用。

4.2 香辛料的抗氧化机制

香辛料所含有的一些酮、醇和酚类成分具有较强的抗氧化作用, 目前研究发现, 抗氧化能力较突出的是迷迭香和鼠尾草^[34]。迷迭香提取物具有广谱、高效及耐高温的抗氧化性能^[35], 已成为近年来食品加工中的重要抗氧化剂^[36]。与茶多酚相比, 迷迭香提取物表现出更强的抗氧化能力, 并具有更好的稳定性及可溶性^[37]。此外, 迷迭香提取物也具有明显的抑菌效果^[38,39]。国内外研究者对其提取物

在食品保鲜以及稳定肉制品风味等方面做了大量的研究^[33-40], 结果均显示迷迭香提取物具有无可比拟的抗氧化性能, 是一种理想的天然生物保鲜剂。李婷婷^[40]研究表明: 当迷迭香的添加量为 200 mg/kg 时, 多种新鲜度指标综合反映出的鱼丸保鲜效果最好, 可延长鱼丸的货架期 8~10 d, 其主要是利用迷迭香较强的抗氧化性对鱼丸起到保鲜的效果, 说明该生物保鲜剂在鱼糜制品保鲜中具有明显作用, 应用前景广阔。中谷延二^[41]从迷迭香中分离出四种抗氧化的萜类化合物, 其抗氧化活性为合成抗氧化剂 BHA 或 BHT 的 4 倍。桂向东^[42]研究表明, 8%~32% 浓度的生姜提取物均具有很强的抗氧化作用。总之, 具有抗氧化作用的香辛料很多, 它们的抗氧化特性对易氧化 (尤其含多不饱和脂肪酸) 食品的保存有着突出的意义。

5 香辛料在水产品贮藏保鲜中的应用研究进展

如表 1 所示, 目前利用香辛料来保鲜的水产品主要有: 明虾、大黄鱼、白鲢、美国红鱼、海鲈鱼、虹鳟、黑鱼、基围虾、鳕鱼等。香辛料应用于鱼类等水产品保鲜, 能够有效地抑制肌肉蛋白质和脂质氧化, 抑制微生物的生长繁殖, 延缓腐败变质, 从而维持鱼类等水产品的品质, 并延长其货架期。迄今, 本领域研究主要集中于香辛料的成分和浓度、贮藏条件以及其应用于水产品的贮藏保鲜效果。

6 问题与展望

近年来, 关于香辛料在水产品贮藏保鲜中的应用研究逐渐增多, 但从现有的报道可知还存在一些问题, 主要表现在以下几个方面:

(1) 不同类型的水产品具有不同的贮藏特性, 对特定的鱼、虾、贝类等水产品进行贮藏保鲜时的最优提取液浓度难以确定, 在选择提取液浓度时, 往往要反复的尝试, 因此, 需要研究者不断的研究找到一种简易且可行的方法来克服这一难题。

(2) 香辛料对水产品具有显著的保鲜效果, 但由于其香辛料本身所具有的特殊气味, 使用不当可能会对肉的颜色、风味等产生不良影响, 如何消除这些影响是亟待解决的一个问题^[51]。

(3) 香辛料虽然总体上是安全的, 但并非总是安全无毒, Lima 等^[52]经毒理学试验发现低于 0.02% 的鼠尾草精油安全无毒, 但当浓度增大十倍 (0.2%) 时, 就可显著地损伤小鼠细胞的活性。Manabe 等^[53]研究表明: 百里香酚、丁香酚、薄荷醇均对牙龈根管有一定的刺激性, 对这些成分进行细胞毒性试验研究发现, 它们的刺激会加强细胞膜渗透作用以及对脂膜溶解。有些成分在安全性方面还有待研究, 如肉桂醛、香芹酚和百里香酚在动物体内毒性评价试验中没有表现出毒性, 但在体外细胞试验中表现出低毒性^[54]。因此, 使用时应注意添加量的问题。

表1 近年来国内外研究者对香辛料在水产品贮藏保鲜中的主要应用实例
Table 1 The main application of spices on the fresh-keeping of aquatic products

水产品种类	保鲜剂成分	贮藏条件	保鲜效果	参考文献
明虾	0.1 g/mL 生姜、八角、大葱-黄酒复合提取液	4 °C, 6 d	延缓虾肉 pH、TVB-N 值及菌落总数的升高, 有效地保持虾肉的贮藏品质, 对明虾有一定的保鲜效果	周强等 ^[18]
大黄鱼	0、0.1%、0.2%、0.3%迷迭香提取物	4 °C, 60 d	pH、TVB-N 值、K 值及细菌总数等指标明显低于对照组, 当迷迭香提取物浓度为 0.2%时, 保鲜效果最佳, 有效减缓蛋白质降解及脂肪氧化, 从而有效延长大黄鱼的货架期 5~6 d	李婷婷等 ^[43]
白鲢	0.2 g/mL 生姜提取液或 0.3 g/mL 洋葱提取液	4 °C, 9 d	生姜提取液或洋葱提取液都能够有效地保持鱼肉的货架期品质, 延缓鱼肉 pH、TVB-N 值、TBA 值以及菌落总数的升高, 对白鲢鱼肉有一定的保鲜效果	吴涛 ^[17] 吴涛, 陈家平 ^[44]
美国红鱼	洋葱中含硫化物	4 °C, 18 d	抑制了微生物的生长繁殖, 从而减缓了鱼肉中蛋白质的分解, 有一定的保鲜效果	Maidment 等 ^[45]
海鲈鱼	1.5%壳聚糖复合 0.5%柠檬酸或 1.5%壳聚糖复合 1%甘草萃取液	4 °C, 12 d	抑制了脂质氧化和腐败菌的生长繁殖, 保鲜期显著增长	Qiu 等 ^[46]
虹鳟	1%肉桂油复合 1%壳聚糖	4 °C, 16 d	延缓了 TVB-N 值、POV 值、TBARS 值的升高, 使其保质期在 4 °C 条件下延长到了 16 d	Nowzari 等 ^[47]
黑鱼	含 10 μL/mL 肉桂油的海藻酸钠抗菌膜	4 °C, 15 d	抑制了鱼肉总嗜温菌、总嗜冷菌和假单胞菌的增殖, 并维持较低的 pH、TVB-N 值和脂氧化值, 保持鱼肉良好品质	Lu 等 ^[48]
基围虾	5%、25%、50%鲜姜汁	5 °C, 53 h	抑制了菌落总数的增长, 姜汁浓度在 25%时保鲜效果较好, 对基围虾有一定的保鲜效果	翟欢等 ^[16]
大黄鱼	0.2%迷迭香、0.2%壳聚糖、0.2%茶多酚	4 °C, 20 d	延缓了 TVB-N 值、PH、TBA 值的升高, 与对照组相比能够延长大黄鱼货架期 8~10 d, 对大黄鱼有一定的保鲜效果	Li 等 ^[49]
鳕鱼	0.1%丁香精油-壳聚糖复合保鲜液	2 °C, 12 d	对比对照组, 延缓了 TVB-N、三甲胺等指标的升高, 贮藏 11 d 后仍较好地保持鳕鱼的感官品质, 有效的延长了鳕鱼的货架期	Gomez-Estaca J 等 ^[50]

随着人们生活水平的不断提高, 对饮食健康的要求也逐步提升, 因此, 需要更为健康安全的水产品保鲜剂以保证水产品的常年供应及人们的食用安全。许多欧美国家已先后取消或限制人工合成保鲜剂的使用, 在水产品及肉类食品保鲜中以天然物质代替化学合成物质已成为保鲜剂研究的趋势。随着人们消费观念的转变, 天然活性物质的需求量会随之增加, 相信通过对其安全性、增效作用、抑菌、抗氧化机制等方面的更为全面和深入的研究, 香辛料的应用前景会更为广阔。

参考文献

- [1] 农业部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014.
The Authority of Agriculture Fishery and Fishery Administration. Chinese fishery statistical yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2014.
- [2] 励建荣. 生鲜食品保鲜技术研究进展[J]. 中国食品学报, 2010, 10(3): 1-12.
Li JR. Research progress of fresh-keeping technique for fresh food [J]. J Chin Instit Food Scie Technol, 2010, 10(3): 1-12.
- [3] 胡晓亮, 沈建. 壳聚糖及其衍生物在水产品贮藏保鲜中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(8): 226-230.
Hu XL, Shen J. Application of chitosan and its derivatives on the preservation of aquatic products [J]. Food Ferment Ind, 2012, 38(8): 226-230.
- [4] Artés F, Gómez P A, Aguayo E, *et al.* Modified atmosphere packaging [J]. Handbook Food Saf Engineer, 2012: 543-573.
- [5] 田超群, 王继栋, 盘鑫. 水产品保鲜技术研究现状及发展趋势[J]. 农产品加工, 2010, 3(8): 17-22.
Tian CQ, Wang JD, Pan X. Research status and developed prospect of technology of keeping fresh of aquatic products [J]. Farm Produce Process, 2010, 3(8): 17-22.
- [6] 赵海鹏. 生物保鲜剂在南美白对虾保鲜中的应用及菌相研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2010.
Zhao HP. Study on natural preservative in keeping fresh and microorganism composition of *penaeus vannamei* [D]. Shanghai: Shanghai Fisheries University, 2010.
- [7] Sun HJ, Wang J, Tao XM, *et al.* Purification and characterization of polyphenol oxidase from rape flower [J]. J Agric Food Chem, 2012, 60(3): 823-829.

- [8] 熊善柏. 水产品保鲜储运与检测[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015, 36-45.
Xiong SB. Aquatic transportation and testing [M]. Beijing: Chem Indus Press, 2015, 36-45.
- [9] 刘淑集, 吴成业, 刘智禹. 水产品生物保鲜技术的应用及展望[J]. 天津农业科学, 2012, 18(5): 46-50.
Liu SJ, Wu ZY, Liu ZY. Application of bio-preservation technology on aquatic products [J]. Tianjin Agric Sci, 2012, 18(5): 46-50.
- [10] Guo J, Lu E, Lu H, *et al.* Numerical simulation on temperature field effect of stack method of garden stuff for fresh-keeping transportation [J]. Transactions Chin Soc Agric Eng, 2012, 28(13): 231-236.
- [11] 陆海霞, 毛逸涛. 超高压技术及其在水产品保鲜中的应用[J]. 食品研究与开发, 2013, 6(34): 111-113.
Lu HX, Mao YT. Ultra high pressure technology and its application in aquatic product freshening [J]. Food Res Dev, 2013, 6(34): 111-113.
- [12] Aubourg S, Sotelo C, Gallardo J. Quality assessment of sardines during storage by measurement of fluorescent compounds [J]. J Food Sci, 1997, 62(5): 295-299.
- [13] 代亨燕. 挥发性天然蔬菜固体保鲜剂加工技术的研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2010.
Dai HY. The research of volatile solid natural vegetables antistaling agent processing technology [D]. Guiyang: Guizhou University, 2010.
- [14] Olafsdottir G, Nesvadba P, Di natale C, *et al.* Multisensors for fish quality determination [J]. Trends Food Sci Technol, 2004, 15: 86-93.
- [15] 王玉婷. 复合生物保鲜剂在大黄鱼保鲜中的应用研究[D]. 济南: 山东轻工业学院, 2011.
Wang YT. Application research of composite biological preservatives in large yellow croaker preservation [D]. Jinan: Shandong Institute of Light Industry, 2011.
- [16] 翟欢, 何余梁, 熊海燕. 鲜姜汁在基围虾防腐保鲜中的应用研究[J]. 食品工程, 2011, 3(1): 46-48.
Zhai H, He YL, Xiong HY. Application research of ginger juice in fresh-keeping preservation of greasyback shrimp [J]. Food Engineer, 2011, 3(1): 46-48.
- [17] 吴涛. 生姜提取液对白鲢鱼肉的保鲜作用研究[J]. 长江大学学报, 2010, 7(1): 79-82.
Wu T. Research of extract of ginger(*Zingiber officinale* Roscoe) in the preservation of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) [J]. J Changjiang Univ, 2010, 7(1): 79-82.
- [18] 周强, 刘蒙佳, 连玉念. 超声辅助提取香辛料液对明虾保鲜效果的研究[J]. 中国调味品, 2014, 39(5): 32-35.
Zhou Q, Liu MJ, Lian YN. Research on ultrasonic-assisted extraction of liquid spice to prawn preservation effect [J]. China Condiment, 2014, 39(5): 32-35.
- [19] Sazali M. Comparative Inhibition of Garlic as natural-antiseptic and iodine as synthetic-antiseptic against bacillus subtilis [C]. Proceeding International Conference on Global Resource Conservation, 2014.
- [20] Shirzad H, Taji F, Rafieian-Kopaei M. Correlation between antioxidant activity of garlic extracts and WEHI-164 fibrosarcoma tumor growth in BALB/c mice [J]. J Med Food, 2011, 14(9): 969-974.
- [21] Davis LE. Invitro synergism of concentrated allium sativum extract and amphotericin B against cryptococcus neoformans [J]. Planta Med, 1994, 60(6): 546-549.
- [22] 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): 157-159.
Peng X, Li MZ, Ren WJ, *et al.* The advance of physiology functions of spices [J]. Food Ferment Ind, 2012, 38(2): 157-159.
- [23] Bajpai VK, Baek KH, Kang SC. Control of *Salmonella* in foods by using essential oils: a review [J]. Food Res Int, 2012, 45(2): 722-734.
- [24] Tajkarimi MM, Ibrahim SA, Cliver DO. Antimicrobial herb and spice compounds in food [J]. Food Control, 2010, 21(9): 1199-1218.
- [25] 刘柳, 孔保华, 刘骞. 香辛料提取物在培养基及冷却猪肉中对单核细胞增生性李斯特菌的抑制作用[J]. 食品工业科技, 2008, 29(9): 87-90.
Liu L, Kong BH, Liu Q. The inhibition effect of spices extraction on *Listeria monocytogenes* in culture medium and in chilled pork [J]. Sci Technol Food Ind, 2008, 29(9): 87-90.
- [26] Zhang H, Kong B, Xiong YL, *et al.* Antimicrobial activities of spice extracts against pathogenic and spoilage bacteria in modified atmosphere packaged fresh pork and vacuum packaged ham slices stored at 4 °C [J]. Meat Sci, 2009, 81(4): 686-692.
- [27] 韩淑琴, 杨洋, 黄涛, 等. 仙人掌提取物的抑菌机理[J]. 食品科技, 2007, 32(3): 130-134.
Han SQ, Yang Y, Huang T, *et al.* The bacteriostatic mechanism of the cactus extracts [J]. Food Sci and Technol, 2007, 32(3): 130-134.
- [28] 关文强, 李淑芬. 天然植物提取物在果蔬保鲜中应用研究进展[J]. 农业工程学报, 2006, 24(7): 200-204.
Guan WQ, Li SF. Research advances in application of natural plant extracts to postharvest preservation of fruits and vegetables [J]. J Chin Agric Eng, 2006, 24(7): 200-204.
- [29] 宋卫国. 大蒜提取液有效成分抑菌活性及其作用机理研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2004.
Song WG. Garlic extract effective components bacteriostatic activity and its mechanism of action research [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2004.
- [30] Fernandez-Lopen J, Zhi N, Aleson-Carbonell L, *et al.* Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs [J]. Meat Sci, 2005, 95: 371-380.
- [31] Muller-Riebau F, Berger B, Yegen O. Chemical composition and fungitoxic-56 properties to phytopathogenic fungi of essential oils of selected aromatic plants growing wild in Turkey [J]. J Agric Food Chem, 1995, (43): 2262-2266.
- [32] 张国珍, 樊瑛. 麻黄和细辛挥发油的抗真菌作用[J]. 植物保护学报, 1995, 22(4): 373-374.
Zhang GZ, Fan Y. The antifungal effect of ephedra and methyleugenol [J]. J Plant Protec, 1995, 22(4): 373-374.
- [33] 杨粟艳. 大葱提取物抑菌活性及作用机制研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2009.
Yang SY. Antibacterial activity and mechanism of action research of welsh onion extracts [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2009.
- [34] Carlsen MH, Halvorsen BL, Holte K, *et al.* The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide [J]. J Nutr, 2010, 9(3): 1-11.
- [35] Hossain MB, Barry-Ryan C, Martin-Diana AB, *et al.* Optimisation of accelerated solvent extraction of antioxidant compounds from rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), marjoram (*Origanum majorana* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.) using response surface methodology [J].

- Food Chem, 2011, 126(1): 339–346.
- [36] 郑秋闾. 迷迭香抗氧化剂的提取和鉴定[J]. 潍坊学院学报, 2010, 10(4): 95–98.
Zheng QK. Extraction and identification of rosemary antioxidant [J]. J Weifang Coll, 2010, 10(4): 95–98.
- [37] 黄文, 蒋予箭, 汪志君, 等. 食品添加剂[M]. 北京: 中国计量出版社, 2006.
Huang W, Jiang YJ, Wang ZJ, *et al.* Food additives technology [M]. Beijing: China Metrology Press, 2006.
- [38] Widmer TL, Laurent N. Plant extracts containing caffeic acid and rosmarinic acid inhibit zoospore germination of *Phytophthora* spp. pathogenic to *Theobroma cacao* [J]. Europ J Plant Pathol, 2006, 115(4): 377–388.
- [39] Del Campo J, Amiot MJ, Nguyen-The C. Antimicrobial effect of rosemary extracts [J]. J Food Protect, 2000, 63: 1359–1368.
- [40] 李婷婷, 励建荣, 胡文忠, 等. 迷迭香对冷藏鲢鱼蔬菜鱼丸的保鲜效果[J]. 中国食品学报, 2012, 12(11): 91–96.
Li TT, Li JR, Hu WZ, *et al.* Effect of rosemary extract on the quality of the vegetable fish-ball during chilled storage [J]. J Chin Instit Food Sci Technol, 2012, 12(11): 91–96.
- [41] 中谷延二. 天然抗酸化物质的研究[J]. 日本工志, 1990, 37(7): 473–576.
Zhong GYE. The research of natural resistance to acidic substances [J]. Japan Ind, 1990, 37(7): 473–576.
- [42] Maizura M, Aminah A, Wan Aida WM. Total phenolic content and antioxidant activity of kesum (*Polygonum minus*), ginger (*Zingiber officinale*) and turmeric (*Curcuma longa*) extract [J]. Int Food Res J, 2010, 17: 45–53.
- [43] 李婷婷, 励建荣, Jinru Chen, 等. 迷迭香提取物对大黄鱼货架期的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(16): 313–317.
Li TT, Li JR, Chen Jinru, *et al.* Influence of rosemary extracts on the shelf life of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) [J]. Sci Technol Food Ind, 2013, 34(16): 313–317.
- [44] 吴涛, 陈加平. 洋葱提取液对白鲢鱼肉的保鲜作用研究[J]. 长江大学学报(自然科学报), 2010, 7(2): 79–82.
Wu T, Chen JP. Research of aqueous extract of onion (*Allium Cepa* L.) in the preservation of fresh silver carp [J]. J Changjiang Univ, 2010, 7(2): 79–82.
- [45] Maidment DCJ, Deebny Z, Watts DI. The anti-bacterial activity of 12 Alliums against *Escherichia coli* [J]. Nutrit Food Sci, 2001, 31: 238–241.
- [46] Qiu X, Chen S, Liu G, *et al.* Quality enhancement in Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicas*) filets stored at 4 °C by chitosan coating incorporated with citric acid or licorice extract [J]. Food Chem, 2014, 162: 156–160.
- [47] Nowzar F, Shabanpour B, Ojagh SM. Comparison of chitosan-gelation composite and bilayer coating and film effect on the quality of refrigerated rainbow trout [J]. Food Chem, 2013, 141: 1667–1672.
- [48] Lu F, Ding Y, Ye X, *et al.* Cinnamon and nisin in alginate-calcium coating maintain quality of fresh northern snakehead fish filets [J]. LWT-Food Sci Technol, 2010, 43: 1331–1335.
- [49] Li TT, Hu WZ, Li JR, *et al.* Coating effects of tea polyphenol and rosemary extract combined with chitosan on the storage quality of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) [J]. Food Control, 2012, 25(1): 101–106.
- [50] Gomez-Eataca J, Lopez de Lacey A, Lopez-Caballero ME. Biodegradable gelatin-chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation [J]. Food Microbiol, 2010, 27, (1): 889–896.
- [51] 梁俊芳, 张保军. 冷却肉保鲜技术的研究[J]. 农产品加工(学刊), 2009, (1): 55–56, 74.
Liang JF, Zhang BJ. The fresh technology of chilled meat [J]. Agric Prod Process, 2009, (1): 55–56, 74.
- [52] Lima CF, Carvalho F, Fernandes E, *et al.* Evaluation of toxic/protective effects of the essential oil of *Salvia officinalis* on freshly isolated rat hepatocytes [J]. Toxicol in Vitro, 2004, 18: 457–465.
- [53] Manabe A, Nakayama S, Sakamoto K. Effects of essential oils on erythrocytes and hepatocytes from rats and dipalmitoyl phosphatidylcholine-liposomes [J]. Japan J Pharmacol, 1987, (44): 77–84.
- [54] Stammati A, Bonsi P, Zucco F, *et al.* Toxicity of selected plant volatiles in microbial and mammalian short-term assays [J]. Food Chem Toxicol, 1999, (37): 813–823.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



蔡路, 博士, 副教授, 主要研究方向为水产品贮藏加工。

E-mail: clyun2007@163.com



励建荣, 博士, 教授, 主要研究方向为水产品 and 果蔬贮藏加工与安全控制。

E-mail: lijr6491@163.com