

鲜切果蔬中致腐微生物污染及其非热杀菌的研究进展

宋晓雪¹, 胡文忠^{2,*}, 毕阳¹, 姜爱丽², 邓淑玲², 姜燕蓉²

(1. 甘肃农业大学食品科学与工程学院, 甘肃兰州 730070;

2. 大连民族学院生命科学学院, 辽宁大连 116600)

摘要:新鲜果蔬经过切割处理后, 组织极易变软、腐烂, 致使产品品质下降。鲜切果蔬的腐烂主要是由微生物生长繁殖所引起的。新鲜果蔬表面一般存在的致腐菌主要包括: 欧文氏菌(*Erwinia*)、假单胞菌(*Pseudomonas*)、黄单胞菌(*Xanthomonas*)、芽孢杆菌(*Bacillus*)等细菌以及灰霉(*Bortytis*)、青霉(*Penicillium*)、根霉(*Rhizopus*)和黑曲霉(*Aspergillus*)等霉菌。目前应用于鲜切果蔬中的主要非热杀菌技术主要有物理杀菌、植物源杀菌和生物杀菌。据此对引起鲜切果蔬腐烂的致腐微生物种类的文献进行综述, 并对控制鲜切果蔬腐烂的非热杀菌技术进行了论述。

关键词:鲜切果蔬, 微生物, 种类, 控制方法

Research progress in decay microbial infection and safety control of fresh-cut fruits and vegetables

SONG Xiao-xue¹, HU Wen-zhong^{2,*}, BI Yang¹, JIANG Ai-li², DENG Shu-ling², JIANG Yan-rong²

(1. College of Food engineering, Gansu agricultural university, Lanzhou 730070, China;

2. College of Life Science, Dalian Nationalities university, Dalian 116600, China)

Abstract: The quality of fresh-cut fruits and vegetables decreased rapidly due to cutting-wound damage, such as tissue softening and decay. The occurrences of decay were mainly caused by microorganism's growth and reproduction. These microorganisms which on the surface of fresh-cut fruits and vegetables mainly included bacteria such as *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Bacillus* and mycete such as *Bortytis*, *Penicillium*, *Rhizopus* and *Aspe-rgillus*. At present the main use of non thermal sterilization means has physical sterilization, biological sterilization and plant source sterilization. Research results recently on the species of the microorganisms in tissue decay of fresh-cut fruits and vegetables and non-thermal sterilization methods by postharvest technology which could control the tissue decay of fresh-cut fruits and vegetables were reviewed.

Key words: fresh-cut fruits and vegetables; microorganism; species; control methods

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2014)10-0351-04

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2014.10.069

随着现代人们生活水平和生活节奏的提高, 鲜切果蔬产品作为新鲜、营养、快捷的新型鲜活加工农产品, 受到消费者和餐饮行业的青睐, 市场对这类产品的需求在不断增加, 其市场发展前景广阔。鲜切果蔬由于受到切割伤害, 组织细胞中的汁液大量外流, 为微生物的生长提供了具有营养的天然培养基, 进而造成微生物的大量生长和繁殖, 使鲜切果蔬迅速腐烂变质^[1], 这严重影响了鲜切果蔬的感官品质并且也会大

大缩减其货架期。微生物污染是鲜切果蔬贮藏与运输中的一大难题, 严重阻碍了鲜切果蔬行业的发展, 控制鲜切产品中微生物的生长和繁殖成为亟待解决的关键问题。近年来随着人们对食品安全越来越重视, 鲜切果蔬的市场需求日益增大, 应用安全、快速有效的防控方法来减少鲜切果蔬由于切割伤害造成的微生物大量生长和繁殖, 确保产品质量并延长其货架期成为新的研究热点。本文主要通过综述污染鲜切果蔬的致腐微生物种类以及国内外采用非热杀菌来控制致腐微生物的技术方法, 以期对致腐微生物污染导致的鲜切果蔬腐烂变质的研究提供更多参考依据。

1 鲜切果蔬的主要致腐微生物种类

一方面加工处理鲜切果蔬会对新鲜果蔬造成不可修复的机械损伤, 营养汁液的外流给微生物提供了有力的生长条件, 促进了微生物的生长繁殖, 另一

收稿日期: 2013-09-24 * 通讯联系人

作者简介: 宋晓雪(1987-), 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 食品科学。

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD38B05); 国家自然科学基金项目(31172009, 30972038); 大连市科技计划项目(2012E13SF106); 大连市金州新区科技计划项目(2012-A1-049)。

方面在加工的过程中,产品清洗、去皮后暴露于空气中,易受到微生物的污染^[2]。在鲜切果蔬表面一般只存在腐败菌而无致病菌,这是因为欧式杆菌(*Erwinia*)、假单胞杆菌(*Pseudomonas*)等细菌对大肠杆菌(*E.coli*)、沙门氏菌(*Salmonella*)、李斯特氏菌(*Listeria*)和耶尔森氏菌(*Yersinia*)等致病菌有竞争优势^[3]。

由于大多数水果的pH较低,低于细菌的最适生长pH,所以能引起鲜切水果腐烂变质的微生物主要为霉菌和酵母菌^[4]。常见的能引起水果腐烂变质的霉菌有青霉属(*Penicillium*)、灰葡萄孢霉(*Botrytis cinerea*)、黑曲霉(*Aspergillus niger*)、匍枝根霉(*Rhizopus stolonifer*)等^[5]。细菌是污染鲜切蔬菜的主要微生物,蔬菜上常见的细菌主要是欧文氏菌属(*Erwinia*)、假单胞菌属(*Pseudomonas*)、芽孢杆菌属(*Paenibacillus*),这些菌可以引起蔬菜发生细菌性软化腐烂^[6]。蔬菜中假单胞菌属(*Pseudomonas*)一般可以占总菌数的50%~90%^[7],是主要的致腐菌。

但是不同种类和不同品种的水果的生理环境不同,其感染的微生物也有很大的差异,不同的蔬菜也是因为品种的不同,其细菌群落差别很大,如新鲜叶菜类中主要微生物是欧文氏菌属(*Erwinia*)、假单胞菌属(*Pseudomonas*),新鲜番茄果实中主要的微生物是黄单胞菌(*Xanthomonas*)、假单胞菌(*Pseudomonas*)^[8]。

2 鲜切果蔬表面致腐微生物的控制

鲜切果蔬防止微生物的生长和繁殖主要是通过控制水分活度和酸度,应用防腐剂及低温冷藏等影响因子^[9]。传统的化学杀菌剂等方法虽然已经得到了广泛的应用,但是随着人们消费意识和水平的提高,对食品质量和安全的要求也越来越高。非热杀菌技术是指在加工过程中食品温度正价不显著,非常适合果蔬的加工,除了有可以显著的杀菌钝酶效果,还能更好地保持产品的营养成分、风味和新鲜度,具有更好地应用前景^[10]。

2.1 物理杀菌

物理杀菌是指通过物理的方法杀灭鲜切果蔬中的微生物,与化学杀菌等方法相比,物理杀菌最大的优点是不会产生化学副产物,是健康、安全的杀菌技术^[11]。

2.1.1 短波紫外杀菌 紫外线可根据波长不同分为短波紫外线(280~180nm)、中波紫外线(320~280nm)、长波紫外线(400~320nm),在这三种波长中短波紫外线生物学效应最明显^[12]。紫外辐照杀菌对细菌、霉菌、酵母菌等微生物通过抑制DNA复制导致微生物突变或者死亡来达到杀菌效果,虽然短波的紫外线的穿透力较弱,只能进行表面杀菌,但作为一种传统有效的杀菌技术,短波紫外线杀菌的安全性和有效性更有保障^[10,13]。Benito^[14]等研究用短波紫外线处理鲜切花椰菜,结果显示对照组在5℃贮藏条件下第0、9d的霉菌和酵母菌检测数分别为3.1、3.0lgCFU·g⁻¹,而经过短波紫外线处理的在相同条件贮藏下的霉菌和酵母菌检测数则分别为2.9lgCFU·g⁻¹和2.4lgCFU·g⁻¹。刘玲^[15]用紫外线处理鲜切辣椒的结果表明未经紫外线照射的鲜切辣椒的细菌总数总是多于紫外线处理过

的鲜切辣椒的细菌总数,并且经过15min紫外线处理的鲜切辣椒微生物下降的最快,为最佳杀菌时间。Lara^[16]等的研究也报道过与对照相比低剂量的紫外线处理可以充分降低鲜切苹果片的微生物生长。

2.1.2 臭氧杀菌 臭氧是一种强氧化剂,可以较好地杀灭鲜切果蔬表面的各类微生物,并且臭氧有来源广、无二次污染和高效性等优点^[17],所以说臭氧杀菌是保持果蔬生鲜品质的理想方法。臭氧能杀灭鲜切果蔬表面的细菌、霉菌类微生物,是通过作用于微生物的细胞膜,破坏细胞膜结构,导致微生物新陈代谢障碍而抑制其生长,臭氧再继续渗透破坏细胞膜内的组织,直至微生物死亡^[18]。富新华^[19]用臭氧水处理鲜切西兰花的研究表明臭氧水可以有效地降低鲜切西兰花的微生物污染,使鲜切西兰花酵母菌和霉菌总数降低一个数量级,细菌总数降低2~3个数量级。黄春秋^[20]等的研究也显示了相似的结果,鲜切菠萝菌落总数随着贮藏时间的增加而增加,用臭氧处理鲜切菠萝对细菌有明显的杀灭作用,处理当天,臭氧水处理2、4、6、8min的鲜切菠萝的菌落总数分别为8.31×10⁴、3.66×10³、2.24×10³、1.68×10³CFU/g,分别是对照组菌落总数的36.6%、1.6%、0.98%和0.74%,由此可以看出臭氧杀菌效果显著。

2.1.3 酸性电解水杀菌 酸性电解水也叫酸性氧化电位水,具有低的pH、高氧化还原电位和一定的有效氯含量,其杀菌后可完全还原成无毒、无残留的普通水,排放后对生态环境没有污染,并且使用电解水的成本低,是一种安全、高效的杀菌剂^[21]。李华贞^[22]等的研究表明微酸性电解水(有效氯浓度为31.73mg/L、pH为5.92、氧化还原电位为836.5mV)处理鲜切菠菜的杀菌效果比相同有效氯浓度的次氯酸钠溶液的杀菌效果好。A. Tomás-Callejas^[23]等的研究也显示出了相似的结果,对照组鲜切日本沙拉菜幼叶的酵母菌和霉菌初始量为3.19logCFUg⁻¹,而用酸性电解水处理过的鲜切日本沙拉菜幼叶与对照相比菌量下降了大约1logCFUg⁻¹,并且菌量在整个货架期都保持恒定。

此外,其他的物理杀菌技术如超声杀菌^[24]、高压杀菌^[25]、脉冲强光杀菌^[26]等也可以有效降低鲜切果蔬的微生物数量。

2.2 植物源杀菌

植物天然提取液具有广谱、高效抑菌和无毒、无化学残留等特性,已经成为一种新型的天然防腐保鲜剂,常应用于果蔬的保鲜^[27]。目前,有较多的报道显示中草药、香辛料的提取物,薄荷、橘皮、柠檬等天然物质中提取的植物精油等都可以有效杀灭鲜切果蔬表面微生物数量。

2.2.1 提取液杀菌 目前在果蔬保鲜上使用较多的中草药和香辛料主要包括黄连、大黄、甘草、鱼腥草、大青叶、玄参、连翘、蒲公英、乌梅、丁香、肉桂、生姜等^[28]。中草药是我国的宝贵遗产,具有显著地抑菌作用,已有大量研究证实了中草药的杀菌成分可以对果蔬起到很好的保鲜作用,乌梅属于药食同源对果蔬的保鲜起到积极的作用,耿飞^[29]等的实验表明在整个鲜切皇冠梨保鲜贮藏期间,经过乌梅提取液浸

泡过的鲜切皇冠梨的菌落总数比没有用乌梅提取液浸泡的对照组菌落总数少一个数量级,这说明乌梅提取液对鲜切皇冠梨的致腐菌有较强的抑制作用。另外李伟峰^[20]的研究也显示了相似的结果,分别用0.02、0.05、0.1、0.2g·mL⁻¹的生姜提取液对鲜切红富士苹果进行浸泡处理,以无菌蒸馏水为对照处理,结果表明生姜提取液可以显著减少微生物对鲜切富士苹果的侵染,较好地保持了鲜切苹果的品质,并且0.1g·mL⁻¹的生姜提取液效果最佳。

2.2.2 精油杀菌 植物精油是植物体内具有一定芳香气味的次生代谢物质,有较小分子量的简单化合物组成,在常温下即能挥发的油状液体物质^[21]。潘磊庆^[22]等的研究就表明用从丁香精油处理樱桃番茄可以显著地抑制根霉、灰霉的生长,有效降低樱桃番茄果实的腐烂指数,并且120μL/L的丁香精油熏蒸对樱桃番茄的防腐保鲜效果最好,贮藏19d后的腐烂指数比对照组降低了70.6%。也有研究表明结合可食性涂膜比单一采用植物精油对于果蔬的杀菌效果要更好,可食性涂膜可以作为载体承载植物精油,它们可以延长产品的货架期并且减少食品表面的病原菌的生长^[23]。A. Perdonés^[24]等人研究表明经过3d的低温贮藏,单独应用壳聚糖涂膜的处理组与没有涂膜的对照相比可以降低草莓的真菌侵染,但是对草莓应用壳聚糖-柠檬精油涂膜处理后可以更加显著地增加壳聚糖的抗真菌活性有效降低草莓的腐烂。

2.3 生物拮抗菌杀菌

生物拮抗菌杀菌是近年来鲜切果蔬产品杀菌的研究热点,它主要是采用微生物和其代谢物来延长产品的货架期,保证产品安全、绿色、健康的一种方法^[25]。目前研究人员发现的拮抗菌抑菌机理主要有:靠产生抗菌素抑制病菌生长、与病菌竞争营养和空间、诱导记住产生抗性、直接与病原菌作用,但在生物防治过程中并不是只有一种机理起主导作用,而是在拮抗菌、寄主、病菌和果蔬组织上其他微生物群落的相互作用下,不同的拮抗机理共同作用完成的^[26]。

袁兵兵^[27]等采用由拟威克酵母菌产生的糖脂类生物表面活性剂-槐糖脂抑制水果致腐真菌的作用,包括抑菌圈直径、抑菌率和对菌丝蔓延,结果显示槐糖脂对9株致腐真菌有很好的抑制作用,浓度达到2.0g/L时,致腐菌抑制率达到了75%以上,并且3.0g/L的槐糖脂能够明显抑制菌丝蔓延。Bai^[28]等人的研究显示用腐生酵母*Cryptococcus infirmo-miniatum*处理接种*M. fructicola*分生孢子、在1℃条件下贮藏的鲜切甜樱桃可以完全控制其褐腐现象的发生,并且也可以抑制在20℃条件下贮藏、自然受微生物污染的鲜切甜樱桃的褐腐现象。

3 展望

目前研究的主要目的就是通过非热杀菌的方式减轻或延缓鲜切果蔬腐烂变质的发生,确保鲜切产品的营养以及保持鲜切果蔬的外观品质并且延长其货架期。为了确保鲜切果蔬的最佳品质,更有效地控制微生物的污染,未来将两种或者两种以上的非热杀菌技术联合应用于鲜切果蔬产品中将有广阔的

研究前景。系统研究影响致使鲜切果蔬腐烂的关键微生物,明确不同果蔬中致腐微生物的种类和特点,明确各种非热杀菌的抑制机理和效果,这为更好的保持鲜切产品的质量提供了有力的依据。

参考文献

- [1] Martin-Belloso O, Soliva-Fortuny R, Oms-Oliu G. Fresh-cut fruits In: Hui, Y.H. (Ed.) Handbook of Fruits and Fruit Processing [M]. Oxford: Blackwell Publishing, 2006.
- [2] 果雅凝, 陆胜民, 谢晶. 鲜切果蔬中的微生物及其控制[J]. 保鲜与加工, 2005, 31(6): 1-4.
- [3] 范贤贤, 田密霞, 姜爱丽, 等. 鲜切果蔬表面微生物侵染途径及控制[J]. 保鲜与加工, 2009, 51(2): 15-17.
- [4] Gemma Oms-Oliu, M- Alejandra Rojas-Grati, Laura Alandes González, et al. Recent approaches using chemical treatment to preserve quality of fresh-cut fruit: A review[J]. Postharvest Biol Technol, 2010, 57: 139-148.
- [5] 吴晓斌, 胡文忠, 刘程惠, 等. 鲜切果蔬微生物污染及控制研究进展[J]. 食品工业科技, 2011, 32(4): 415-417.
- [6] 方强, 乔勇进, 王海宏, 等. 切割果蔬加工中冷杀菌技术研究进展[J]. 行业综述, 2011(6): 17-24.
- [7] Devon Zagory. Effect of post-processing handling and packaging on microbial populations[J]. Postharvest Biol Technol, 1999, 15: 313-321.
- [8] 江洁, 胡文忠. 鲜切果蔬的微生物污染及其杀菌技术[J]. 食品工业科技, 2009, 30(6): 319-323.
- [9] 高雪丽, 高愿军. 鲜切果蔬加工与微生物控制[J]. 食品工程, 2006(2): 11-13.
- [10] 张甫生, 李蕾, 陈芳, 等. 非热加工在鲜切果蔬安全品质控制中的应用进展[J]. 食品科学, 2011, 32(9): 329-334.
- [11] 王成, 陈于阆, 刘忠义, 等. 新型鲜切果蔬杀菌技术研究进展[J]. 农产品加工·学刊, 2011(10): 7-13.
- [12] 祖鹤, 潘永贵, 陈维信, 等. 短波紫外线照射对鲜切菠萝微生物的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(17): 67-69.
- [13] 杨炳南, 刘斌, 杨廷辰, 等. 国内外果蔬鲜切加工及保鲜技术研究现状[J]. 农产品加工·学刊, 2011, 259(10): 36-40.
- [14] Ginés Benito Martínez-Hernández, Francisco Artés-Hernández, Perla A Gómez, et al. Combination of electrolysed water, UV-C and superatmospheric O₂ packing for improving fresh-cut broccoli quality[J]. Postharvest Biol Technol, 2013, 76: 125-134.
- [15] 刘玲, 郑盟雯. 紫外线处理鲜切辣椒的微生物二级模型建立[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(4): 182-184.
- [16] Escalona V H, Aguayo E, Martínez-Hernández G B, et al. Effect of UV-C on pathogen and spoilage bacterial growth in vitro and in inoculated baby spinach leaves[J]. Postharvest Biol Technol, 2010, 56: 221-223.
- [17] Zeynep B Guzel-Seydim, Annel K Greene, A C Seydim. Use of ozone in the food industry[J]. Lebensmittel-Technol, 2004, 37: 453-460.
- [18] 王瑾, 林向阳, 阮榕生, 等. 高浓度臭氧水对鲜切花椰菜保鲜的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 607-611.
- [19] 富新华. 臭氧水对鲜切西兰花微生物污染的控制作用[J].

北方园艺,2012(21):124-126.

[20] 黄春秋,农少林,覃海元,等. 臭氧水不同处理时间对鲜切菠萝的保鲜效果[J]. 广西农学报,2012,27(3):37-39.

[21] 王春芳,于勇,和劲松,等. 酸性电解水杀菌技术在农业中的应用[J]. 农业工程,2012,9(2):33-37.

[22] 李华贞,刘海杰,宋曙辉,等. 微酸性电解水杀灭菠菜表面微生物的影响因素[J]. 食品科学,2011,32(17):95-99.

[23] A Tomás-Callejas, G B Martínez-Hernández, F Artés, *et al.* Neutral and acidic electrolyzed water as emergent sanitizers for fresh-cut mizuna baby leaves[J]. *Postharvest Biol Technol*, 2011, 59:298-306.

[24] 燕平梅,苏丽荣,赵惠玲,等. 超声波气泡清洗对鲜切豇豆菜品质的影响[J]. 现代食品科技,2010,26(2):140-144.

[25] Torres J A, Velazquez G. Commercial opportunities and research challenges in the high pressure processing of foods[J]. *Journal of Food Engineering*, 2005, 67(2):95-112.

[26] Francisco Artés, Perla Gómez, Encarna Aguayo, *et al.* Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities[J]. *Postharvest Biol Technol*, 2009, 51:287-296.

[27] 鲁丽莎,张俊芳,王海宏,等. 鲜切生菜发展现状及保鲜技术研究进展[J]. 滨州学院学报,2011,27(3):87-91.

[28] 周建新. 植物源天然食品防腐剂的研究现状、存在问题及前景[J]. 食品科学,2006,27(1):263-268.

[29] 耿飞,王伟,刘梦茵,等. 乌梅提取液对鲜切皇冠梨保鲜研究[J]. 食品科学,2011,32(16):347-351.

[30] 李易峰. 生姜提取液对鲜切苹果防腐保鲜研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2012.

[31] 李殿鑫,江琳琳,朱娜,等. 植物精油在食品保鲜中的研究进展[J]. 食品工业科技,2012,33(12):396-399.

[32] 潘磊庆,朱娜,邵兴锋,等. 丁香精油对樱桃番茄保鲜作用的研究[J]. 食品工业科技,2012,33(23):335-338.

[33] Pranoto Y, Salokhe V, Rakshit K S. Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil[J]. *Food Res Int*, 2005, 38:267-272.

[34] A Perdonés, L Sanchez-Gonzalez, A Chiralt, *et al.* Effect of chitosan-lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry[J]. *Postharvest Biol Technol*, 2012, 70:32-41.

[35] 韩俊华,李全宏,牛天贵,等. 切割果蔬的微生物及其生物控制[J]. 食品科学,2005,26(10):262-266.

[36] 范青. 果实采后病害生物防治及其机理研究[D]. 北京:中国科学院农业研究所,2001.

[37] 袁兵兵,杨姗姗,陈静. 微生物源槐糖脂对水果致腐真菌的抑制作用[J]. 应用与环境生物学报,2011,17(3):330-333.

[38] Jinhe Bai, Anne Plotto, Robert Spotts, *et al.* Ethanol vapor and saprophytic yeast treatments reduce decay and maintain quality of intact and fresh-cut sweet cherries[J]. *Postharvest Biol Technol*, 2011, 62:204-212.

(上接第331页)

[3] Hiratsuka S, Aoshima S, Koizumi K, *et al.* Changes of the volatile flavor compounds in dark muscle of skipjack tuna during storage[J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 2011, 77(6):1089-1094.

[4] 王远红,徐家敏. 食品检验与分析实验技术[M]. 青岛,中国海洋大学出版社,2006,9:14-15.

[5] Ryder J. Determination of adenosine triphosphate and its breakdown products in fish muscle by high performance liquid chromatography[J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 1985, 33:678-680.

[6] 丁玉庭,刘化章,周晓云,等. 猪PSE肉与正常肉的肌原纤维形态学比较研究[J]. 中国食品学报,2005,5(2):28-33.

[7] Brauer J M E, Leyva J A S, Alvarado L B, *et al.* Effect of dietary protein on muscle collagen, collagenase and shear force of farmed white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) [J]. *European Food Research and Technology*, 2003, 217(4):277-280.

[8] 董庆利,郭黎洋,龚海斌,等. 亚硝酸盐对猪肉腌制过程中颜色的影响[J]. 食品与发酵工业,2006,32(7):37-41.

[9] 李志军,吴永宁,刘祥亮,等. 不同贮存及加工条件对海产品中组胺与TVBN的影响[J]. 食品工业科技,2009,12:347-349.

[10] 中华人民共和国卫生部. GB2733-2005鲜、冻动物性水产品卫生标准[S]. 北京:中国标准出版社,2005.

[11] Oyelese O A. Organoleptic and Chemical Studies on the Storage Characteristic of the Skip Jack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) [J]. *Journal of Fisheries International*, 2006(2):127-131.

[12] Agustini T W, Suzuki T, Hagiwara T, *et al.* Change of K value and water state of yellowfin tuna *Thunnus albacares* meat stored in a wide temperature range (20°C-84°C) [J]. *Fisheries Science*, 2001, 67(2):306-313.

Science, 2001, 67(2):306-313.

[13] 刘书臣,廖明涛,赵巧灵,等. 不同贮藏温度下大目金枪鱼鲜度及组胺变化[J]. 食品与发酵工业,2013,39(5):213-218.

[14] Shakila R J, Vijayalakshmi K, Jeyasekaran G. Changes in histamine and volatile amines in six commercially important species of fish of the Thoothukkudi coast of Tamil Nadu, India stored at ambient temperature[J]. *Food Chemistry*, 2003, 82(3):347-352.

[15] Davey CL, Dickson MR. Studies in meat tenderness 8 Ultrastructural changes during aging[J]. *Journal of Food Science*, 1970, 35:56-60.

[16] Nafiseh Soltanizadeh, Mahdi Kadivar, Javad Keramat, *et al.* Comparison of fresh beef and camel meat proteolysis during cold storage[J]. *Meat Science*, 2008, 80:892-895.

[17] Olson D G, STROMER M H. Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage[J]. *Journal of Food Science*, 1976, 41(5):1036-1041.

[18] Sallam K I, Ahmed A M, Elgazzar M M, *et al.* Chemical quality and sensory attributes of marinated Pacific saury (*Cololabis saira*) during vacuum-packaged storage at 4°C [J]. *Food Chemistry*, 2007, 102(4):1061-1070.

[19] Thiansilakul Y, Benjakul S, Richards M P. Isolation, characterisation and stability of myoglobin from Eastern little tuna (*Euthynnus affinis*) dark muscle [J]. *Food Chemistry*, 2011, 124(1):254-261.

[20] 林婉玲,曾庆孝,朱志伟,等. 脆肉鲩冷藏保鲜过程中暗色肉颜色的变化[J]. 食品工业科技,2012,33(22):355-359.