

闵 婷,谢 君,郑梦林,等. 果蔬采后酶促褐变的机制及控制技术研究进展[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):273-276.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.01.081

果蔬采后酶促褐变的机制及控制技术研究进展

闵 婷,谢 君,郑梦林,易 阳,王丽梅,王宏勋

(武汉轻工大学食品科学与工程学院/湖北省生鲜食品工程技术研究中心,湖北武汉 430023)

摘要:果蔬因其富含维生素、有机酸、无机盐以及植物纤维等营养物质,越来越受消费者青睐。然而果蔬在采后运输、贮藏和加工过程中极易发生褐变,不仅影响产品的外观、风味、营养,而且还大大降低贮藏加工性能,因此褐变一直是果蔬采后研究的热点。本文从果蔬褐变的原因、酶促褐变的机制、果蔬褐变控制技术 3 个方面综述了果蔬采后酶促褐变研究进展。

关键词:果蔬;褐变;研究进展;酶;保鲜;控制技术

中图分类号: TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)01-0273-03

许多新鲜果蔬在加工、物流及销售过程中造成的损伤,易使果蔬原有色泽发生改变,这种现象称为褐变。目前,普遍认为引起果蔬褐变表现在两方面:酶促褐变和非酶促褐变。酶促褐变是组织中的酚类物质在酶的作用下氧化成醌类,醌类聚合形成褐色物质从而导致组织变色;非酶促褐变是指由各种非酶原因引起的化学反应而造成的果肉或果皮的褐变。果蔬产品的褐变,不仅影响其外观,而且严重影响其风味和营养价值,已经成为制约果蔬产业发展的“瓶颈”。

1 果蔬褐变的原因

果蔬褐变从本质上可分为两大类,即非酶促褐变和酶促褐变。非酶促褐变是由各种非酶原因引起化学反应导致的褐变,包括焦糖化反应、美拉德反应、维生素 C 氧化分解、多元酚氧化缩合反应等^[1]。酶促褐变是果蔬组织体内的酚类物质在酶的作用下氧化成醌类,醌类再聚合形成褐色物质,从而导致组织变色。众多研究表明果蔬褐变以酶促褐变为主^[1-2]。

2 果蔬酶促褐变的机制

酶促褐变机制一直是科学工作者研究的热点,曾先后提出乙醛乙醇毒害学说、氧自由基假说、维生素 C 保护假说、酚-酚酶区域分布等学说,其中酚-酚酶区域分布学说最具说服力^[3]。在植物组织细胞中,质膜形成天然的保护屏障,能保证膜内外物质交换顺利进行,酚类物质通常分布在组织细胞液泡内,而酚酶主要存在于各种质体或细胞质内。在正常情况下,酚酶和底物酚类物质不接触,因而不易发生褐变;但当一些果蔬制品在加工或贮藏过程中,由于切分、挤压和包装等工艺使组织细胞破碎,膜屏障被破坏,酚类物质与酚酶接触,在活性氧的参与下被氧化成醌,醌类化合物再经过脱水、聚合反应形成黑褐色物质引起褐变反应^[4]。因此,酚酶、底

物和氧是产生酶促褐变的 3 个重要条件。

2.1 酚酶

目前报道与酶促褐变有关的酶主要包括:苯丙氨酸解氨酶(PAL)、过氧化物酶(POD)和多酚氧化酶(PPO)^[5]。其中导致果蔬制品发生酶促褐变的主要酶类是多酚氧化酶。

苯丙氨酸解氨酶是苯丙烷类物质代谢途径中重要的酶之一,催化 L-苯丙氨酸解氨生成反式肉桂酸,再经过一系列转变形成各种酚、木质素、花青素、生物碱等,形成的酚为褐变反应提供底物^[6]。Chen 等研究发现香蕉在切割后 *MaPAL2* 基因表达量上升, PAL 酶活性升高,进而总酚含量增加^[7]。Loaiza-Velarde 等研究发现鲜切芹菜褐变与 PAL 活性呈现正相关^[8]。庞坤等研究发现鲜切苹果中酚类物质的含量和 PAL 活性变化趋势一致^[9]。许传俊等研究发现蝴蝶兰叶片外植体褐变过程中 PAL 基因的表达变化与其褐变进程相一致^[10]。闫红波等在鸭梨中克隆到 2 个 PAL 基因: *PbPAL1* 和 *PbPAL2*,机械伤诱导 2 个基因表达进而引起组织褐变^[11]。李正国等研究发现奉节脐橙 *PAL2* 基因表达与果皮褐变有着密切相关性^[12]。

过氧化物酶是广泛存在于植物中的铁卟啉金属有机催化剂, POD 在 H_2O_2 存在的情况下,能将酚类物质和类黄酮氧化聚合而形成褐色物质引起褐变^[13-14]。蒋益虹研究发现百合在贮藏过程中 POD 活性与褐变度呈正相关,且 POD 活性变化是引起百合褐变的主要因素^[15]。刘野等研究发现西瓜汁的褐变度与 POD 活性呈正相关^[16]。

多酚氧化酶是植物体内普遍存在的一种含铜的氧化酶^[17],负责催化酚类底物氧化,属于氧化还原酶类;是引起鲜切果蔬酶促褐变的主要酶类。多酚氧化酶被 Keilin 和 Mann 于 1938 年从蘑菇中首次分离得到并命名为 polyphenol oxidase (PPO)之后,逐渐成为酶促褐变的研究热点,主要表现在植物组织中 PPO 的酶学特性和褐变机制。随着分子生物学技术的飞速发展, PPO 基因在马铃薯^[18]、苹果^[19]、香蕉^[20]、梨^[21]、甘薯^[22]、莲藕^[23]、石榴^[24]等中相继被克隆。

2.2 底物

褐变底物主要是酚类物质,果蔬中含有丰富的酚类物质,酚类物质在果蔬生长发育和成熟过程中合成,并且机械伤等

收稿日期:2015-07-02

基金项目:湖北省自然科学基金(编号:2015CFB352);武汉轻工大学引进(培养)人才科研启动项目(编号:2015RZ02)。

作者简介:闵 婷(1987—),女,湖北天门人,博士,讲师,主要研究方向为果蔬保鲜与品质生物学。E-mail: minting1323@163.com。

逆境胁迫能诱导其合成^[25]。在正常情况下因为细胞膜系统将酚类物质和褐变酶分布在细胞的不同部位,一旦膜系统遭到破坏,酚和酶接触,在酶的催化下生成醌,再进一步聚合形式褐色物质^[1]。

不同果蔬中参与酶促褐变的底物不一样,郁志芳等初步确定儿茶酚是鲜切莲藕的主要褐变底物^[26]。郁志芳等还鉴定出引起鲜切山药酶促褐变的主要底物是绿原酸^[27]。杜传来等鉴定出鲜切慈菇酶促褐变的主要底物为愈创木酚^[28]。

2.3 氧气

氧是果蔬酶促褐变的必要条件。正常情况下,外界的氧气不能直接作用于酚类物质发生酶促褐变。这是因为酚类物质分布于液泡中,褐变相关酶 PPO 位于质体中,PPO 与底物不能相互接触。在果蔬贮存、加工过程中,由于外界因素擦伤、割切、失水、细胞损伤等使果蔬的膜系统破坏,打破了酚类与酶类的区域化分布,导致褐变发生^[4]。林启训等研究发现要减少某一温度下干燥过程中蘑菇的褐变度,关键要控制干燥过程中气体的氧气含量^[29];米热班古·木太力甫等研究发现隔离氧气能较好地控制苹果汁的褐变^[30]。

3 果蔬褐变控制技术

3.1 化学方法

目前,化学方法是控制鲜切果蔬褐变最广泛的方法。使用较多的褐变抑制剂主要有柠檬酸、维生素 C、焦磷酸钠、EDTA、氯化钙、4-己基间苯二酚、谷胱甘肽等^[31-36]。一般实际生产中化学抑制剂的复合处理护色效果往往比单独使用要好。胡明等研究发现采用 0.3% L-半胱氨酸+0.01% 水杨酸+1.2% 柠檬酸复合处理比单一使用 1.0% 柠檬酸、0.01% 水杨酸、0.3% L-半胱氨酸处理对鲜切梨褐变抑制效果更佳^[37]。丁捷等研制马铃薯切片最佳复合防褐剂配方组合为 0.005% 曲酸+0.045% 异抗坏血酸钠+0.045% 半胱氨酸+0.01% CaCl₂+0.299 2% EDTA-2Na^[38]。张芳等研制的鲜切苹果复合护色液最佳配方(1.00% 柠檬酸+0.80% 氯化钠+0.16% 二胺四乙酸二钠+0.50% D-异抗坏血酸钠),相比于单独处理,该护色液浸泡鲜切苹果 10 min 的护色效果最佳^[39]。

3.2 物理方法

低温贮藏过程中,PPO、POD 等酶活性受抑制,从而减慢褐变的发生,货架期延长^[40]。王静等研究发现 1℃ 冷藏下 PPO 和 POD 活性被抑制,进一步延缓鲜切牛蒡的褐变^[41]。杨霞等研究发现鲜切莴笋在 2℃ 和 8℃ 的低温下贮藏,PPO 活性降低,褐变明显受到抑制^[42]。王志华等研究发现砀山酥梨贮藏于 0℃ 和 1.5℃ 下果心褐变指数较低^[43]。

热处理在鲜切果蔬上应用较广泛。热处理包括热水处理、热蒸汽处理、热空气处理等^[44]。项丽霞研究表明 45℃ 热空气处理抑制了莲藕表皮 PPO 和 POD 活性,延缓了莲藕表皮褐变^[45]。杨志娟等研究发现通过先热处理钝化褐变酶后添加食品添加剂相结合的方法可降低香蕉酱褐变度,提高香蕉酱品质^[46]。冯岩岩等研究发现切后 50℃ 6 min、55℃ 3 min 和切前 50℃ 10 min 3 种不同热激处理均较好地抑制了贮藏期间鲜切牛蒡的褐变^[47]。

包装技术的应用对抑制果蔬褐变效果良好。因保鲜期

长、无污染等优点,气调包装在果蔬贮藏过程中得到了广泛应用^[48]。姜爱丽等研究发现 5% O₂+5% CO₂ 气调贮藏可抑制鲜切富士苹果腐烂,降低呼吸速率,有效减弱褐变程度^[49]。赵迎丽等研究发现适宜的气调贮藏参数(5% CO₂,3%~5% O₂)可抑制石榴果皮多酚氧化酶活性的增加,并减少酚类物质的氧化,有效地减轻石榴褐变的发生^[50]。研究发现,与气调包装相比纯氧条件可保护细胞膜完整性,改善厌氧生物发酵产生的乙醇及乙醛的堆积,抑制褐变。100% O₂ 气调处理鲜切莲藕可明显抑制 PPO 的活性,维持维生素 C 的含量,减缓褐变和保持新鲜程度,延长其货架期^[51]。也有研究表明,高氧可以抑制鲜切梨、鲜切马铃薯的色泽变化^[52]。

3.3 其他方法

目前,越来越多的天然保鲜剂开始用于果蔬采后保鲜。王展华等研究发现洋葱提取物对鲜切马铃薯具有较好的防褐变效果^[53]。一定浓度的柑橘皮精油对鲜切马铃薯的褐变抑制效果优于柠檬酸、CaCl₂ 和 Na₂SO₃^[54]。生姜提取液能显著降低鲜切红富士苹果的失重率和褐变度,有效抑制 PPO 活性及丙二醛(MDA)的积累,减少可滴定酸的损失,维持产品的硬度,较好地保持了鲜切红富士苹果的品质^[55]。

蛋白酶可有效抑制果蔬褐变,木瓜蛋白酶^[56]、无花果蛋白酶^[57]和菠萝蛋白酶^[58]已经被证实抑制酶促褐变效果明显。

乙醇在果蔬保鲜中亦用于褐变的抑制。龚吉军等研究发现乙醇处理可抑制 PPO 和 POD 的活性,从而抑制褐变^[59];徐莉等研究发现乙醇熏蒸处理可延迟鲜切茼蒿表面褐变,使产品在贮藏过程中保持优良品质^[60]。

另外,通过果蔬基因改良,利用反义 RNA 来控制 PPO 的表达,从而选育抗褐变品种^[61]。在马铃薯中转入番茄 PPO 的正义和反义基因,可延缓其褐变^[62]。

4 展望

果蔬酶促褐变问题一直是农产品研究的热点之一,主要包括酶促褐变机制和褐变控制技术探索。其中酶促褐变机制研究主要集中在生理生化方面。而褐变控制技术主要集中在物理、化学和生物方法,相对于传统的物理和化学方法,基因工程技术用于果蔬褐变控制将成为趋势。而果蔬褐变分子机制研究的匮乏限制了基因工程技术在果蔬褐变控制中的应用。因此果蔬褐变分子机制以及基于褐变分子机制的基因工程技术在果蔬褐变控制中的应用是今后将要关注的课题。

参考文献:

- [1] 曾朝珍,张永茂,康三江,等. 果蔬褐变抑制机理研究进展[J]. 北方园艺,2013(5):186-190.
- [2] 沈金玉,黄家音,李晓莉. 果蔬酶促褐变机理及其抑制方法研究进展[J]. 食品研究与开发,2005,26(6):150-156.
- [3] 叶梅. 植物组织褐变的研究进展[J]. 重庆工商大学学报:自然科学版,2005,22(4):326-329,381.
- [4] 程双,胡文忠,马跃,等. 鲜切果蔬酶促褐变机理及控制研究进展[J]. 食品与机械,2009,25(4):173-176.
- [5] 宋晓雪,胡文忠,毕阳,等. 鲜切果蔬酶促褐变关键酶的研究进展[J]. 食品工业科技,2013,34(15):390-393.

- [6] 马杰, 胡文忠, 毕阳, 等. 鲜切果蔬苯丙烷代谢的研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(15): 391–393.
- [7] Chen J Y, He L H, Jiang Y M, et al. Expression of PAL and HSPs in fresh-cut banana fruit [J]. Environmental and Experimental Botany, 2009, 66(1): 31–37.
- [8] Loaiza-Velarde J G, Mangrich M E, Campos-Vargas R, et al. Heat shock reduces browning of fresh-cut celery petioles [J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 27(3): 305–311.
- [9] 庞坤, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 鲜切苹果贮藏期间生理生化变化的影响[J]. 食品与机械, 2008, 24(1): 50–54.
- [10] 许传俊, 李红, 李玲. 蝴蝶兰叶片外植体褐变过程中 PAL 基因的表达变化[J]. 热带亚热带植物学报, 2007, 15(1): 50–54.
- [11] 闫洪波, 程玉豆, 何近刚, 等. 鸭梨 PAL 克隆及其在果实发育和机械伤害过程中的表达[J]. 中国农业科学, 2014, 47(21): 4341–4348.
- [12] 李正国, 高雪, 樊晶, 等. 奉节脐橙果实苯丙氨酸解氨酶活性及其基因表达与果皮褐变的关系[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2006, 32(3): 381–386.
- [13] Serrano-Martínez A, Fortea M I, del Amor F M, et al. Kinetic characterisation and thermal inactivation study of partially purified red pepper (*Capsicum annum* L.) peroxidase [J]. Food Chemistry, 2008, 107(1): 193–199.
- [14] Serrano-Martínez A, Venkatachalam K, Meenune M. Changes in physicochemical quality and browning related enzyme activity of longkong fruit during four different weeks of on-tree maturation [J]. Food Chemistry, 2012, 131: 1437–1442.
- [15] 蒋益虹. 百合褐变与多酚氧化酶和过氧化物酶活性关系的研究[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2003, 29(5): 518–522.
- [16] 刘野, 张超, 赵晓燕, 等. 高压二氧化碳抑制西瓜汁褐变的试验[J]. 农业工程学报, 2010, 26(8): 373–378.
- [17] 雷东锋, 冯怡, 蒋大宗. 植物中多酚氧化酶的特征[J]. 自然科学进展, 2004, 14(6): 606–614.
- [18] Hunt M D, Eannetta N T, Yu H, et al. cDNA cloning and expression of potato polyphenol oxidase [J]. Plant Molecular Biology, 1993, 21(1): 59–68.
- [19] Boss P K, Gardner R C, Janssen B J, et al. An apple polyphenol oxidase cDNA is up-regulated in wounded tissues [J]. Plant Molecular Biology, 1995, 27(2): 429–433.
- [20] Gooding P S, Bird C, Robilison S P. Molecular cloning and characterization of banana fruit polyphenol oxidase [J]. Planta, 2001, 213: 748–757.
- [21] Nishimura M, Fukuda C, Murata M. Cloning and some properties of Japanese pear (*Pyrus pyrifolia*) polyphenol oxidase and changes in browning potential during fruit maturation [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2003, 83: 1156–1162.
- [22] Liao Z, Chen R, Chen M, et al. Molecular cloning and characterization of the polyphenol oxidase gene from sweetpotato [J]. Molecular Biology, 2006, 40(6): 907–913.
- [23] 张跃进, 郝晓燕, 梁宗锁, 等. 莲藕多酚氧化酶基因 (PPO) 的克隆与表达分析[J]. 农业生物技术学报, 2011, 19(4): 634–641.
- [24] Wang J B, Liu B H, Xiao Q, et al. Cloning and expression analysis of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) polyphenol oxidase gene and relationship with postharvest pericarp browning [J]. PLoS One, 2014, 9(4): e93982.
- [25] 胡增辉, 杨迪, 沈应柏. 不同损伤形式诱导合作杨叶片中酚类物质含量的差异[J]. 西北植物学报, 2009, 29(2): 332–337.
- [26] 郁志芳, 赵友兴, 李宁, 等. 鲜切莲藕酶促褐变的底物确定[J]. 食品科学, 2002, 23(4): 41–44.
- [27] 郁志芳, 彭贵霞, 夏志华, 等. 鲜切山药酶促褐变机理的研究[J]. 食品科学, 2003, 24(5): 44–49.
- [28] 杜传来, 郁志芳, 董炳发. 鲜切慈菇酶促褐变底物的分析确定[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(2): 46–49.
- [29] 林启训, 陈颖, 陆则坚. 干燥过程气体的温度和氧气含量对蘑菇褐变度的影响[J]. 食品工业科技, 2002, 23(9): 39–41.
- [30] 米热班古·木太力甫, 马泽鑫, 敬思群. 苹果汁褐变影响因素的研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(14): 8604–8606.
- [31] 覃海元, 杨昌鹏, 陈智理, 等. 草酸与柠檬酸抑制鲜切香蕉酶褐变的比较研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(4): 75–77.
- [32] 赖艳艳, 许传俊, 陈冬茵, 等. 柠檬酸和抗坏血酸对蝴蝶兰叶外植体褐变发生的影响[J]. 生物技术, 2010, 20(2): 70–72.
- [33] 郝亚勤. 鲜切莲藕酶促褐变控制的研究[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(11): 2620–2623.
- [34] 罗金国, 李洁, 王清章. 鲜切莲藕片的防褐变研究[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(6): 74–76.
- [35] 苏新国, 蒋跃明, 李月标, 等. 4-HR 对鲜切莲藕褐变以及贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2003, 24(12): 142–145.
- [36] 高愿军, 南海娟, 郝亚勤. 鲜切苹果品质保持研究[J]. 食品科学, 2006, 27(8): 254–258.
- [37] 胡明, 胡云峰, 陈嘉, 等. 鲜切梨褐变抑制的研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(12): 91–93, 173.
- [38] 丁捷, 刘书香, 张雪军, 等. 鲜切马铃薯复合褐变抑制剂组合的筛选[J]. 食品科学, 2011, 32(6): 288–292.
- [39] 张芳, 张永茂, 康三江. 鲜切苹果褐变抑制的研究[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(7): 58–60.
- [40] 魏敏, 周会玲, 陈小利, 等. 低温贮藏对鲜切富士苹果褐变的影响[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(5): 131–134, 144.
- [41] 王静, 徐为民, 诸永志, 等. 贮藏温度对鲜切牛蒡褐变的影响[J]. 江苏农业学报, 2008, 24(4): 492–496.
- [42] 杨霞, 舒晓斌, 吴广辉, 等. 贮藏温度对鲜切莴笋品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(5): 156–158, 189.
- [43] 王志华, 姜云斌, 王文辉, 等. 不同低温贮藏对杨山酥梨货架期组织褐变和品质的影响[J]. 园艺学报, 2014, 41(12): 2393–2401.
- [44] 凌喆, 郑淑芳, 孙程旭, 等. 热处理在果蔬保鲜贮藏方面的研究与应用[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(8): 2399–2400.
- [45] 项丽霞. 热处理、半胱氨酸、赤霉素、真空处理对莲藕品质及表皮褐变的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2006.
- [46] 杨志娟, 雷晓凌, 孔嘉碧. 降低香蕉酶促褐变的工艺条件研究[J]. 现代食品科技, 2010, 26(9): 962–964.
- [47] 冯岩岩, 王庆国. 热激处理抑制牛蒡切片褐变的研究[J]. 园艺学报, 2012, 39(11): 2258–2264.
- [48] 崔立华, 黄俊彦. 气调保鲜包装技术在食品包装中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(6): 100–103.
- [49] 姜爱丽, 胡文忠, 代喆, 等. 箱式气调贮藏对鲜切富士苹果抗氧化系统的影响[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(10): 187–191.
- [50] 赵迎丽, 李建华, 施俊凤, 等. 气调对石榴采后果皮褐变及贮藏品质的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(23): 109–113.
- [51] 高晗, 孙俊良, 高愿军, 等. 气调包装对鲜切莲藕保鲜效果研

胡彦新,李 清,王 英,等. 传统发酵食品中产细菌素乳酸菌的筛选与鉴定[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):276-278.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.01.082

传统发酵食品中产细菌素乳酸菌的筛选与鉴定

胡彦新^{1,2}, 李 清^{1,2}, 王 英², 刘小莉², 董明盛², 周剑忠^{1,2}

(1. 江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏南京 210014; 2. 南京农业大学食品科技学院, 江苏南京 210095)

摘要:从侗族酸肉、贵州酸汤、苗族酸鱼等传统发酵食品中分离 63 株乳酸菌,通过琼脂扩散牛津杯法从中筛选出 M-M₄、SS₂-6、SR₄-1 这 3 株对指示菌均具有明显抑菌作用的菌株。3 株菌株经排除有机酸和过氧化氢作用、胰蛋白酶和胃蛋白酶发酵处理、70% 硫酸铵沉淀发现,这 3 株菌株经排除有机酸和过氧化氢作用仍具有一定的抑菌活性;用胰蛋白酶和胃蛋白酶处理,菌株活性消失;经硫酸铵沉淀的盐析液抑菌能力明显增大。通过形态学观察、生理生化试验和 16S rRNA 序列分析方法,鉴定这 3 株菌株分别是香肠乳杆菌、乳酪短杆菌、植物乳杆菌。

关键词:发酵食品;乳酸菌;细菌素;硫酸铵沉淀;筛选鉴定

中图分类号: TS201.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)01-0276-03

细菌素是一类在细菌代谢过程中通过核糖体合成机制产生、具有抑菌活性的蛋白质或多肽^[1],一般只对亲缘关系较近的细菌有毒害作用,对自己产生的细菌素具有自身免疫力^[2-3]。乳酸菌是公认的安全微生物和益生菌,在许多食品发酵中广泛应用,历史长达几千年。乳酸菌素是乳酸菌产生的一类蛋白类抑菌物质,可以改善肠道生态,对动物无毒性,易被人体消化道中的蛋白酶降解,不会在体内蓄积而引起不良反应,被认为是一种具有广阔应用前景的天然食品防腐剂和饲料添加剂^[4]。目前,研究最为深入的是乳球菌乳酸亚种所产细菌素 Nisin,现已被 60 多个国家广泛应用于乳制品和罐头制品等的保藏。

近年来,发现的新型细菌素种类繁多,但对其进行深入研究的很少,而投入生产的更是少之又少,对新型细菌素的研究和开发显得尤为重要。为获得结构新颖、抑菌活性更为稳定的细菌素,国内外学者从当地传统的发酵食品中,尤其是发酵

肉制品中进行产细菌素乳酸菌的分离筛选。如 De Carvalho 等从意大利 Salami 香肠中分离到 1 株能抑制李斯特氏菌的乳酸菌^[5];Noonpakdee 等从泰国传统发酵香肠 Nham 中分离到 1 株产 Nisin 的乳酸乳球菌^[6];而我国学者则多从四川腊肉香肠、宣威火腿、泡菜、传统乳制品等发酵食品中分离得到产细菌素的乳酸菌^[7]。

本试验以侗族发酵酸肉、贵州酸汤和苗族酸鱼等传统发酵食品中分离出的 63 株乳酸菌为材料,采用琼脂扩散牛津杯法对产细菌素乳酸菌进行筛选,利用 16S rRNA 序列分析法进行乳酸菌鉴定,以期从原生态的发酵食品中筛选出有益的乳酸菌,对充分挖掘本地传统发酵食品中的乳酸菌资源具有一定的理论和实践意义,为生鱼保鲜和食品生物防腐提供优质菌种资源。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 菌株 63 株供试乳酸菌分离于苗族酸鱼、侗族酸肉、贵州酸汤等传统发酵食品中;3 种指示菌分别为金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、沙门氏菌(*Salmonella*)、志贺氏菌(*Shigella*),均来源于江苏省农业科学院农产品加工研究所微生物实验室。

1.1.2 培养基与主要试剂 培养基主要有 MRS 培养基、LB

究[J]. 食品科学,2008,29(10):612-614.

[52]梁小玲. 高氧气调包装对鲜切果蔬品质的影响——鲜切梨和土豆的研究[D]. 无锡:江南大学,2008.

[53]王展华,李 洁,高 琼,等. 洋葱提取液对鲜切马铃薯褐变的影响[J]. 食品研究与开发,2007,28(5):137-140.

[54]陈林林. 柑橘皮精油对鲜切马铃薯褐变及冷却猪肉保鲜的影响[J]. 食品工业科技,2012,33(2):106-109.

[55]李伟峰,何 玲,张江利,等. 生姜提取液对鲜切苹果贮藏品质的影响[J]. 北方园艺,2012(3):157-160.

[56]沈金玉,李晓莉,黄家音. 木瓜蛋白酶抑制芦荟褐变的研究[C]. 中国酶工程学术研讨会,2005.

[57]郭冬青,纪付江,程绍杰,等. 无花果蛋白酶的研究进展[J]. 北

方园艺,2010(7):210-211.

[58]吴茂玉,马 超,乔旭光,等. 菠萝蛋白酶的研究及应用进展[J]. 食品科技,2008(8):17-20.

[59]龚吉军,李忠海,钟海雁,等. 乙醇处理对萎蒿采后生理生化的影响[J]. 中南林学院学报:自然科学版,2006,26(4):61-64,84.

[60]徐 莉,张兵兵,王庆国. 乙醇熏蒸对鲜切菊芋保鲜效果的研究[J]. 食品与发酵工业,2007,33(9):169-173.

[61]孙芝杨,钱建亚. 果疏酶促褐变机理及酶促褐变抑制研究进展[J]. 中国食物与营养,2007(3):22-24.

[62]赵东海,王 云,张建平. 果疏酶促褐变的条件及控制方法研究[J]. 长江蔬菜,2005(7):32-34.

收稿日期:2014-12-08

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:SCX(14)2297]。

作者简介:胡彦新(1990—),男,河北张家口人,硕士研究生,从事食品微生物研究。E-mail:15996228500@163.com。

通信作者:周剑忠,博士,研究员,从事食品生物技术研究。E-mail:zjzluck@126.com。