

提高山梨酸及钾盐防腐效果的研究进展

丁文慧, 陆利霞, 熊晓辉

(南京工业大学食品与轻工学院, 江苏南京 210009)

摘要:山梨酸在人体内能参加正常的新陈代谢,是迄今为止国际公认最好的食品防腐剂之一。山梨酸是酸性防腐剂,不易溶于水,且在中性条件下,抑菌效果差;而常用的山梨酸钾在水中的溶解性好,但在酸性条件下很难形成真正具有抑菌作用的山梨酸分子。本文主要介绍了目前国内外对提高山梨酸及钾盐防腐效果的研究进展。

关键词:山梨酸,山梨酸钾,抗菌作用,复合防腐剂

Research progress in advancing sorbic acid and potassium sorbate's effect in antiseptis

DING Wen-hui, LU Li-xia, XIONG Xiao-hui

(College of Food Science and Light Industry, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

Abstract: Sorbic acid has been recognized so far as one kind of the best antiseptic agents that can participate in normal metabolism of human body. Sorbic acid is well-known food preservative, but it has little preservative effect in the neutral condition and it also has poor water solubility. Potassium sorbate has good water solubility, but it can not turn into sorbic acid molecular which has preservative effect in the acid condition. The study on advancing sorbic acid and potassium sorbate's effect in antiseptis was summarized.

Key words: sorbic acid; potassium sorbate; antibiotic action; compound antiseptic

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)03-0410-04

山梨酸是国际粮农组织和卫生组织推荐的高效安全的防腐保鲜剂,广泛应用于食品、饮料、烟草、农药、化妆品等行业,作为不饱和酸,也可用于树脂、香料和橡胶工业。山梨酸(sorbic acid)化学名2,4-己二烯酸或2-丙基丙烯酸,俗名B二烯酸、花楸酸、清凉茶酸,是一种分子结构特殊的不饱和有机酸类,为不饱和六碳酸,分子式为 $C_6H_8O_2$,结构式为 $CH_3CH=CHCH=CHCOOH$,分子量为112。基于结构的共轭双键,山梨酸的化学反应活性高,易于进行加成、卤代、加氢、氧化、酯化、脱羧及共聚等多种反应^[1]。山梨酸为无色针状结晶或白色结晶性粉末,熔点130~135℃,沸点228℃(分解),无臭或稍有刺激性气味,对光、热稳定。在密封状态下稳定,暴露在潮湿的空气中易吸水,氧化而变色,在30℃水中溶解度为0.25%,100℃时为3.8%,溶于丙二醇(5.5g/100mL)、乙醚(1g/20mL)、乙醇(1g/10mL)等^[2]。山梨酸钾是山梨酸的钾盐(2,4-己二烯钾),为无色至白色鳞片状结晶或结晶性粉末,无臭或稍有臭味,易溶于水,暴露在空气中不稳定,有吸湿性,能被氧化着色。食品大多数是动物和

植物的组织,它含有一定的营养物质、水分和能分解食品组成的酸类。在存放食品时,由于温度、湿度、环境卫生条件等因素控制不当,各种细菌微生物中的酶就会不断发生新陈代谢作用,食品中的饱和脂肪酸被氧化并发生脱氢现象,形成不饱和脂肪酸,导致食品腐烂变质。但是,加入适量的山梨酸控制脱氢酶的活动,阻止脂肪酸氧化、脱氢,从而抑制各种细菌微生物在食品中进行繁殖。同时山梨酸属于一种酸性防腐剂,它可以被人体的代谢系统吸收而又迅速分解,产生二氧化碳和水,因此山梨酸对人体是无害的^[3]。

1 微乳化法提高山梨酸抑菌范围的研究

1.1 微乳化法扩大山梨酸抑菌的pH范围

山梨酸的抑菌效果主要取决于其未解离的酸分子,酸性越大效果越好,在碱性条件下抑菌效果较差,且在水中溶解度小,这些都限制了山梨酸在食品中的应用范围。

目前,有研究报道乳化后的防腐剂的抑菌效果不受pH的制约,可在中性环境下发挥抑菌作用。桂玲等^[4]在这个启发下,通过微乳化的办法改性山梨酸来提高其抑菌的pH范围,即称取一定量的司盘20,于60℃恒温水浴锅中预热10min,缓慢加入一定量的山梨酸,冷却到室温,即得乳化山梨酸。研究发现当乳化温度60℃,乳化时间20min,乳化剂含量95%,该条

收稿日期:2011-02-17

作者简介:丁文慧(1987-),女,硕士研究生,研究方向:食品科学、食品添加剂等。

件下的乳化山梨酸最稳定。新鲜牛奶的pH为6.86,接近中性,乳化后山梨酸对中性牛奶具有很好的抑菌作用,可知乳化后的山梨酸在中性条件下也有了抑菌效果。乳化山梨酸有一定抑菌效果是因为山梨酸的乳化,抑制了它在中性条件下的解离,使其以分子态存在,分子态的山梨酸可以透过微生物的细胞壁进入细胞内从而发挥抑菌活性。

1.2 微乳化法扩大山梨酸的水溶性

王素梅等^[9]将一定量的山梨酸置于乳化剂中,搅拌,再用高速均质机高速均质10min,后用冰水浴降至15℃以下后,3000r/min离心5min,弃去沉淀,液体部分所含的山梨酸即为水溶性山梨酸,没有被乳化的山梨酸残留在沉淀中,即水溶性山梨酸产率=水溶性山梨酸量/山梨酸添加量×100%。主要研究了乳化剂乳化温度、均质速度以及乳化剂种类对水溶性山梨酸产率的影响,并通过比较其对几种常见微生物的最低抑菌浓度研究其抑菌性能。最后发现采用HLB值(亲水亲油平衡值)为16.7的复合乳化剂、均质速度15000r/min、乳化温度为40℃,所制备的水溶性山梨酸的含量为18.2%,且制备的水溶性山梨酸对受试菌的抑菌能力是山梨酸钾的10倍。

2 山梨酸及钾盐在可食性膜中的应用

可食性膜可以有效地控制食品污染,将防腐剂添加到可食性膜中的研究在国内外越来越受到重视。可食性膜作为食品的一部分,它必须符合每个国家对食品中防腐剂添加量的相关法律。Silvia Flores等^[10]研究了山梨酸钾在不同的明胶化技术下制备的木薯淀粉-甘油可食性膜中的释放和抗菌活性,及对酵母生长的影响进行了讨论。可食性膜制备的方法中缓慢糊化和干燥速度在很大程度上影响了平衡状态下山梨酸钾的释放。膜的糊化率和干燥率越高,防腐剂释放到平衡状态的时间越短,这可能是淀粉基质的高无定形程度导致的。在pH为4.5时,直接添加防腐剂与从膜中释放的山梨酸钾在延缓酵母生长上的效力是一样的。膜作为抗污染的屏障,膜中释放的防腐剂可以阻止外部酵母的污染,同时能够控制在一个酸性环境(pH=4.5)和高水活性($A_w=0.98$)的半固态产品中的酵母的生长。可食性膜应用到食品模型中,在经过4h的贮存后,释放到食品模型中的山梨酸钾大约为可食性膜中的61%,释放率和释放总量比在液体介质中得到的值要低。可食性膜在液体介质中浸泡30min后山梨酸钾几乎完全释放。L.R. Franssen等^[7]评估了乳清蛋白膜作为抗菌载体的能力,并且研究了膜的组成对防腐剂的影响。乳清蛋白膜中山梨酸钾的扩散系数随着乳清分离蛋白-甘油增塑剂的比例的增加而下降。

3 山梨酸及钾盐在涂膜保鲜中的应用

王四维等^[8]将经过山梨酸处理后的青虾浸渍于不同的壳聚糖涂膜溶液后冰藏保鲜,其中壳聚糖复合液是将山梨酸加入壳聚糖溶液中制得的。实验结果表明,仅经过山梨酸处理的青虾保鲜效果不佳,而在山梨酸处理后再进行涂膜保鲜可以抑制虾体细菌总数的增长,维持较低的TVB-N(挥发性盐基氮)值,

改善青虾的感官质量,延长青虾的货架期约3d。Su-il Park等^[9]制备2%的壳聚糖或1%的羟丙基甲基纤维素为基础的涂膜应用于新鲜草莓,来评估涂膜的抗真菌效果。山梨酸钾也被配方到壳聚糖涂膜中,用以加强草莓在贮存过程中对霉菌的抑制。但是添加了山梨酸钾的壳聚糖涂料对新鲜草莓中的真菌生长没有显著的结合抑制作用。然而,在体外实验中当山梨酸钾被添加到壳聚糖中可以观察到显著的抑菌活性。娄爱华等^[10]用蜂胶、CMC(羟甲基纤维素钠)和山梨酸钾复合制成保鲜涂膜剂,对冷鲜肉涂膜处理、保鲜膜包装后,(4±1)℃储藏鲜肉,以细菌总数和TVB-N作为评价鲜肉储藏效果的指标。以正交实验探讨这种复合涂膜保鲜剂对冷鲜肉保鲜效果的影响,结果表明,蜂胶、CMC和山梨酸钾对冷鲜肉的抑菌保鲜具有明显的协同增效作用,并由0.6%蜂胶醇溶液、1% CMC、0.05%山梨酸钾和0.6%蜂胶醇溶液、1.5% CMC、0.1%山梨酸钾两种配方所配制成的涂膜剂对冷却肉的保鲜效果最显著。

4 山梨酸形成聚合物后的应用

E.Charvalos等^[11]合成6个水溶性高分子,聚合了山梨酸与不同分子量的聚乙烯吡咯烷酮(PVP)。聚合物(SC1、SC2、SC3、SC4、SC5、SC6)分为低摩尔重(SC1、SC2、SC3)和高摩尔重(SC4、SC5、SC6)来分析。红外吸收光谱表明,聚合是以氢键的形式。山梨酸及其聚合物对所有菌株体现的最低抑菌浓度(MICs)低于山梨酸钾。从MICs的结果和杀菌曲线可以看出,聚合物的抗菌活性随着摩尔重的增加而减小。山梨酸和SC3在浓度为2.5mg/mL时,对念珠菌均表现为抑菌,而SC1和SC2在同浓度时表现为杀菌。对于寄生曲霉山梨酸在2.5mg/mL时表现为抑菌,而SC1、SC2、SC3为杀菌。PVP本身促进真菌生长,但当与山梨酸分子利用氢键连接后,形成了高分子结构,在新合成的聚合物中抗菌性能是由氢键的连接与断开来达到控释抑菌性能的效果。虽然这些聚合物的作用机理不能充分解释清楚,但是相信聚合物的构型对它们的控释性能发挥着重要的作用。

5 山梨酸及钾盐与其他防腐剂复配的应用

山梨酸作为酸性防腐剂,在抗菌效果上,受到pH的制约比较大。并且山梨酸及钾盐对霉菌、酵母和好氧性细菌的抑制很有效,而对厌氧性芽孢杆菌等则不敏感。因此将山梨酸及钾盐与其他抗菌物质复配使用,提高防腐剂的抑菌广谱性,在目前的研究中也很受重视。本文主要介绍目前常见的山梨酸及钾盐的复配研究实例。

5.1 山梨酸钾复配后在果汁中的应用

冯治平等^[12]将山梨酸钾和脱氢醋酸钠组成复合防腐剂对雪梨果汁作保藏实验研究,用试样菌落总数的变化、糖分变化和 V_c 的变化来反映防腐剂的保藏效果,考察单一防腐剂与复合防腐剂的抑菌能力,从而得出添加防腐剂能有效抑制雪梨汁中微生物的生长和降低雪梨汁在保藏中糖分的损耗,而复合防腐剂的效果要更好,防腐剂的添加对雪梨汁中 V_c 的损失有促进作用。

生物化学复合防腐剂的研究也越来越多,焦晶晶等^[13]以天然生物防腐剂乳酸链球菌素(Nisin)、化学防腐剂山梨酸钾、乙二胺四乙铵(EDTA)以及食品抗氧化剂异V_C钠为原料,对通过复配后得到的各组复合防腐剂在橙汁保鲜中的协同增效作用进行研究,并且与单一防腐剂的保鲜效果进行比较,得出一组适合在橙汁中使用的高效复合型防腐剂。上述几种抑菌剂单独使用时均不能完全抑制橙汁中微生物的生长,由正交实验结果表明,当选择0.05g/kg Nisin、0.1g/kg山梨酸钾、0.01g/kg异V_C钠、0.03g/kg EDTA作为复配型抑菌剂的最佳添加配比时,能显著抑制橙汁中微生物的生长。

5.2 山梨酸及钾盐复配后在肉制品中的应用

山梨酸及钾盐是肉制品中使用很广泛的一种化学防腐剂。肉制品的防腐是一个综合性的问题,这是一个完整的系统工程,要很好地达到肉制品的防腐就要注重防腐剂选择和添加、工艺控制、原辅料控制等^[14]。李爱江等^[15]研究发现,Nisin、乳酸钠、柠檬酸钠、EDTA复合使用与4种防腐剂单独使用相比可以显著延长肉制品低温货架期,有效克服了单一保鲜剂不能抑制某些菌群或者需要提高浓度才能抑制微生物的缺陷。

曹英超^[16]在对低温牛肉制品的保鲜的研究中,将山梨酸钾0.75g、蔗糖酯15g、D葡萄糖内酯30g、甘氨酸200g、V_C 5g复合后加入到低温牛肉制品中,发现复合山梨酸钾的抑菌保鲜效果明显优于空白组和山梨酸钾单独使用组。山梨酸钾对厌氧芽孢杆菌几乎无效,而甘氨酸对枯草杆菌、大肠杆菌的繁殖有抑制作用。D葡萄糖内酯既能抑制一般细菌、霉菌,又能增强防腐剂效果,尤其在肉中分解为葡萄糖酸与内酯,能降低pH,形成酸性环境,从而进一步增强了山梨酸钾的抑菌保鲜效果。V_C除防止亚硝胺形成外,还具有很强的抗氧化还原性,它与甘氨酸等均能延缓肉中脂肪被氧化的速度,防止脂肪酸败,从而延缓了肉质的劣变。此外,蔗糖酯、葡萄糖内酯等具有乳化性和稳定乳化的性能,使蛋白质溶胶凝结成蛋白质凝胶,附在肉外层形成薄膜,既有涂膜保鲜,又有增加保水性和肉质弹性的良好作用。

天然防腐剂鱼精蛋白是具有广谱杀菌作用的蛋白质,其作用机制是抑制线粒体电子传递系统中的一些特定成分,抑制一些与细胞膜有关的新陈代谢过程。王陆玲等^[17]研究了鱼精蛋白单独使用时对几种肉制品中常见微生物的最低抑菌浓度,并将鱼精蛋白与山梨酸钾复配,以及将鱼精蛋白与甘氨酸、醋酸钠复配的抗菌性比较。鱼精蛋白与山梨酸钾的复合抗菌剂的抗菌作用最强。山梨酸钾为酸性防腐剂,在pH6以下时防腐效果较好,鱼精蛋白正好相反,在pH6以上时抗菌效果明显,两者协同使用会得到较宽的pH范围抗菌性。

鱼糕是湖北省的一种特色鱼糜制品,具有蛋白质含量高、脂肪含量低的特点,但由于其水分含量高、营养丰富,不利于保藏。黄友琴等^[18]通过单因素实验从Nisin、ε-聚赖氨酸、山梨酸钾、纳他霉素、尼泊金乙

酯和苯甲酸钠6种防腐剂中选取了Nisin、ε-聚赖氨酸、山梨酸钾3种对鱼糕腐败菌抑制作用较强的防腐剂;运用响应面法,复配出最优组合复合防腐剂,其配比量Nisin质量分数0.023%~0.034%、ε-聚赖氨酸质量分数0.022%~0.028%、山梨酸钾质量分数0.04%~0.06%。该配方的复合防腐剂能够延长低温(0~4℃)储藏的鱼糕的保质期近两倍,可达到10周左右。

5.3 山梨酸及钾盐复配后的其他应用研究

山梨酸及钾盐的复配应用不仅仅在果汁、肉制品中,还有很多用在其它食品或者非食品中的应用研究。灰葡萄孢是鲜食葡萄采后贮运中的主要病原菌,李自强等^[19]在研究亚致死量的乙醇与山梨酸钾结合使用对鲜食葡萄的灰葡萄孢的抑制作用中发现,亚致死浓度的乙醇结合山梨酸钾可以有效地抑制由灰葡萄孢引起的葡萄采后病害。刘书亮等^[20]对不同浓度纳他霉素与山梨酸及其复配后在MRS培养基中防止杂菌生长的情况进行了研究,结果表明,单独使用10mg/L纳他霉素可防止MRS培养基中真菌的生长;单独使用2000mg/L山梨酸可抑制真菌及常见细菌的生长;纳他霉素与山梨酸复配后可适当降低二者的使用浓度并具有协同增效的作用,但均没有抑制乳酸菌的生长,由此初步得到了一种新的改良MRS培养基。

6 总结与展望

山梨酸及钾盐的优点包括防腐效果良好、不改变食品特性、应用范围宽广、使用方便等。山梨酸及钾盐的抗菌效果因为其本身的特点有一定的局限性,微乳化法改良山梨酸的研究开始引起国内外学者的重视;将山梨酸及钾盐添加到可食性膜和涂膜保鲜中的应用在近年来也越来越广泛;与不同物质复配后可以得到不同的抑菌效果,可以根据需要来选择配方也更加体现了山梨酸及钾盐的优势。山梨酸及钾盐作为国际公认的安全防腐剂越来越受到国内外的重视,人们对其的关注程度也在迅速提高。

参考文献

- [1] 汪多仁. 山梨酸的开发与应用[J]. 综述与述评, 2007, 10(10): 5-6.
- [2] 王亚飞, 王志力. 新型食品防腐剂山梨酸的合成[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2006, 18(1): 67-69.
- [3] 陈彦玲, 高丽娟, 王敬平, 等. 山梨酸的应用与制取[J]. 长春师范学院学报, 2002, 21(2): 31-34.
- [4] 桂玲, 高红亮, 王雪梅, 等. 山梨酸的乳化及在牛奶保鲜中的应用研究[J]. 山东农业大学学报, 2009, 40(3): 349-352.
- [5] 王素梅, 陆丽霞, 孟少华, 等. 水溶性山梨酸的开发及其抑菌性能的研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(12): 297-299.
- [6] Flores S, Haedo A S, Campos C, et al. Antimicrobial performance of potassium sorbate supported in tapioca starch edible films[J]. Eur Food Res Technology, 2007, 225: 375-384.
- [7] Franssen L R, Rumsey T R, Krochta J M. Whey protein film composition effects on potassium sorbate and natamycin diffusion[J]. Journal of Food Science, 2004, 69(5): 347-350.

(下转第416页)

- site-directed mutagenesis, and EPR spectroscopy[D]. Fachbereich Biologie, Universität Konstanz, Germany, 2004.
- [13] Chippaux M, Giudici D, Abou-Jaoud A, et al. A mutation leading to the total lack of nitrite reductase activity in *Escherichia coli* K 12[J]. *Molec Gen Genet*, 1978, 160:225-229.
- [14] Williams PA, Fülöp V, Leung YC, et al. Pseudospecific docking surfaces on electron transfer proteins as illustrated by pseudoazurin, cytochrome c550 and cytochrome cd1 nitrite reductase[J]. *Nat Struct Biol*, 1995, 2:975-982.
- [15] Pearson IV, Page MD, van Spanning RJ, et al. A mutant of *Paracoccus denitrificans* with disrupted genes coding for cytochrome c550 and pseudoazurin establishes these two proteins as in vivo electron donors to cytochrome cd1 nitrite reductase[J]. *J Bacteriol*, 2003, 185:6308-6315.
- [16] 张庆芳, 迟乃玉, 郑燕, 等. 乳酸菌降解亚硝酸盐机理的研究[J]. *食品与发酵工业*, 2002, 28(8):27-31.
- [17] Schumacher W, Kroneck P M H. Dissimilatory hexaheme c nitrite reductase of "Spirillum" strain 5175 purification and properties[J]. *Arch Microbiol*, 1991, 156:70-74.
- [18] Olmo-Mira M F, Cabello P, Pino C, et al. Expression and characterization of the assimilatory NADH-nitrite reductase from the phototrophic bacterium *Rhodobacter capsulatus* E1F1[J]. *Arch Microbiol*, 2006, 186:339-344.
- [19] Vigarà J, García-Sánchez M I, Garbayo I, et al. Purification and characterization of ferredoxin nitrite reductase from the eukaryotic microalga *Monoraphidium braunii*[J]. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2002, 40:401-405.
- [20] Solov'Ev V, Prokosheva G. The activity of nitrite reductase isolated from *Achromobacter guttatus* (strain 921) [J]. *Trudy, Vsesoyuznyi Nauchno - Issledovatel'skii Institut Myasnoi Promyshlennosti*, 1970, 23(1):365-374.
- [21] Pfeil E, Liepe H. The effect of the nitrite reductase system on the residual nitrite content of dry sausages, and its dependence on external conditions[J]. *Fleischwirtschaft*, 1973, 53(12):1745-1747.
- [22] Sawada E, Satoh T, Kitamura H. Purification and properties of a dissimilatory nitrite reductase of a denitrifying phototrophic bacterium[J]. *Plant and Cell Physiology*, 1978, 19(8):1339-1351.
- [23] Neubauer H, Pantel I, Gotz F. Molecular characterization of the nitrite-reducing system of *Staphylococcus carnosus* [J]. *Journal of Bacteriology*, 1999, 181(5):1481-1488.
- [24] Giovanni V, Michele D, Elisabetta C. Nitrite metabolism in *Debaryomyces hansenii* TOB-Y7, a yeast strain involved in tobacco fermentation[J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2007, 75(3):633-645.
- [25] 李春, 韩建, 春郑凯. 乳酸菌混合生长降解亚硝酸盐能力的研究[J]. *工业微生物*, 2008, 38(6):23-26.
- [26] 张庆芳, 迟乃玉, 郑学仿. 短乳杆菌 *Lactobacillus brevis* 去除亚硝酸盐的研究[J]. *微生物学通报*, 2004, 31(2):55-60.
- [27] 李艳青, 于长青. 利用乳酸菌发酵生产低硝牛肉香肠的研究[J]. *食品科技*, 2008(4):67-69.
- [28] 蒋欣茵, 李晓晖, 张伯生. 腌制食品中降解亚硝酸盐的乳酸菌分离与鉴定[J]. *中国酿造*, 2008(1):13-16.
- [29] 夏岩石, 孙春风. 乳酸菌降解亚硝酸盐的动态研究[J]. *湖南科技学院学报*, 2008, 29(8):44-46.
- [30] 王昌禄, 隋志文, 武晋海. 亚硝酸盐降解菌的分离及其降解特性[J]. *中国酿造*, 2008(9):33-36.
- [31] 龚钢明, 管世敏, 邵海, 等. 降解亚硝酸盐乳酸菌的分离鉴定[J]. *食品工业*, 2009(5):12-13.
- [32] Götterup J, Olsen K, Knöchel S, et al. Relationship between nitrate/nitrite reductase activities in meat associated staphylococci and nitrosylmyoglobin formation in a cured meat model system[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2007, 120:303-310.
- [33] Tikhonova T V, Slutsky A, Antipov A N, et al. Molecular and catalytic properties of a novel cytochrome c nitrite reductase from nitrate reducing haloalkaliphilic sulfur oxidizing bacterium *Thioalkalivibrio nitratireducens*[J]. *Biochimica et Biophysica Acta*, 2006, 1764:715-723.
- [34] 郑怀忠. 产亚硝酸还原酶菌株发酵特性及酶在肉制品中的应用[D]. 集美大学, 2009.

(上接第412页)

- [8] 王四维, 蒋蕴珍, 过世冬. 山梨酸和涂膜联合作用延长青虾货架期的效果[J]. *食品工业科技*, 2007, 28(10):211-213.
- [9] Park S, Stan S D, Daeschel M A, et al. Antifungal coatings on fresh strawberries (*Fragaria × ananassa*) to control mold growth during cold storage [J]. *Journal of Food Science*, 2005, 70(4):202-207.
- [10] 娄爱华, 李宗军, 刘焱. 蜂胶、CMC、山梨酸钾在冷却肉保藏中的交互效应[J]. *食品工业*, 2010(2):55-57.
- [11] Charvalos E, Tzatzarakis M, Tsatsakis A, et al. Controlled release of water-soluble polymeric complexes of sorbic acid with antifungal activities[J]. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2001, 57:770-775.
- [12] 冯治平, 吴世业. 复合防腐剂用于雪梨果汁保藏性能研究[J]. *食品研究与开发*, 2009, 30(10):135-136.
- [13] 焦晶晶, 章宇, 张巨林, 等. 生物化学复合防腐剂在橙汁防腐保鲜中的协同增效作用[J]. *农业工程学报*, 2006, 22(12):238-241.
- [14] 马玉山, 梁咏梅. 山梨酸钾在肉制品中的应用实例[J]. *肉制品加工与设备*, 2006(8):3-4.
- [15] 李爱江, 刘丽莉, 杨协立. 低温灌肠肉制品中复合防腐剂的研究[J]. *肉类加工*, 2006(1):20-23.
- [16] 曹英超. 复合山梨酸钾对低温牛肉制品保鲜的研究[J]. *肉类研究*, 2006(2):31-33.
- [17] 王陆玲, 全明晓, 韩红梅, 等. 鱼精蛋白抑菌效果及在肠肉制品中的应用研究[J]. *食品科学*, 2007, 28(2):215-217.
- [18] 黄友琴, 李孚杰, 冯希, 等. 复合防腐剂延长鱼糕保质期研究[J]. *食品科学*, 2010, 31(8):285-289.
- [19] 李自强, 林济君, 孙鸿举. 乙醇和山梨酸钾对鲜食葡萄采收后灰霉菌的抑制作用[J]. *食品研究与开发*, 2006, 127(9):130-133.
- [20] 刘书亮, 詹莉. 纳他霉素与山梨酸复配改良MRS培养基的研究[J]. *中国酿造*, 2008(1):33-35.