

芥末精油对芒果采后病原真菌抑制效果和保鲜效应的研究

张娜, 关文强*, 阎瑞香

(国家农产品保鲜工程技术研究中心, 天津市果蔬采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

摘要:以“小腰芒”品种为材料, 研究芥末精油熏蒸处理对芒果采后病原菌的抑制效应及对芒果采后保鲜效果。体外实验表明, 在室温 20~22℃ 下, 芥末熏蒸对炭疽病菌和蒂腐病菌具有较强的抑制活性, 0.002 mL/L 能完全抑制病原菌的生长, 且随浓度增大, 抑制效应增强。活体实验表明, 0.005~0.01 mL/L 空间熏蒸处理, 能明显抑制芒果炭疽病菌和蒂腐病菌在芒果果实上的生长, 20℃ 下 6d 对照果实整果发病, 0.01~0.05 mL/L 处理的芒果果实没有发病。经芥末精油熏蒸 24h, 浓度在 0.05 mL/L 以下的芒果常温贮藏 12d 对其食用品质没有明显的影响。

关键词: 芒果, 芥末精油, 采后病原菌, 熏蒸, 保鲜

Effects of mustard essential oil on postharvest pathogens and quality of mango

ZHANG Na, GUAN Wen-qiang*, YAN Rui-xiang

(National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products, Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, Tianjin 300384, China)

Abstract: Using “Xiaoyaomang” mango as material, the inhibitory effect of mustard essential oils on postharvest pathogens of mango as well as the post-harvest physiology and quality were studied. In vitro, the mustard had strong antifungal effect on *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. and *Botryodiplodia theobromae* Pat., 0.002 mL/L can completely inhibit the growth of pathogenic. With concentration increasing, inhibitory effect enhanced at 20~22℃. In vivo, 0.005~0.01 mL/L headspace fumigation treatment could inhibit the growth of the mango *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. and *Botryodiplodia theobromae* Pat. 6 days later, *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. spots were covered with in control fruit. The fruit treated by 0.01~0.05 mL/L had no *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. spots, the same effect to *Botryodiplodia theobromae* Pat. By mustard oil fumigation 24h, the concentration of 0.05 mL/L blow, following 12 days storage at 20~22℃, the quality of mango had not been obviously influenced.

Key words: mango; mustard essential oils; postharvest pathogen; fumigation; storage

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2011)03-0349-05

芒果 (*Mangifera indica* L.) 属漆树科植物, 核果类, 果实鲜艳美观、肉质嫩滑, 营养价值很高, 尤其是维生素 A 含量远高于其他水果, 风味浓郁, 素有“热带果王”之称。但果实采收后室温 (25~34℃) 下 7~9d 即后熟软化, 果实品质下降较快, 风味散失并出现腐烂^[1]。芒果采后的生理特性及其易受病原菌感染是导致采后腐烂的主要因素。多数报道认为引起芒果采后腐烂的主要病害包括炭疽病和蒂腐病^[2]。

目前, 芒果采后真菌病害的控制主要采用化学药剂结合物理方法。范镇基报道国外常用 50~55℃ 的热苯来特或特克多溶液处理来控制芒果采后的炭疽病和蒂腐病, 有较好的抑菌效果^[3]。张海德、廖宇兰认为用 52~54℃ 热水浸泡 8~10min 和用 1000ppm 咪唑霉 (或扑海、异菌咪、异菌脲) 浸果, 可以防止炭疽病的发生, 并且用 100ppm 赤霉素溶液浸泡 10min, 既可防腐又可延迟后熟^[4]。随着人们环境与健康意识的提高, 化学药剂在果蔬保鲜上的应用已经并将进一步减少。植物源保鲜剂因没有化学防腐保鲜剂所带来的环境污染、农药残留及抗药性等问题, 近年来在果蔬采后保鲜领域日益受到重视^[5-6]。芥末具有抗氧化性、抗菌性、抗寄生虫性等功能^[7-8]。Nielsen 等报道了在 250mL 培养瓶中加入 1μL 芥子精油, 就能抑制受试真菌超过 2 周^[9]。林丽软将浸泡有山葵汁液

收稿日期: 2009-12-17 * 通讯联系人

作者简介: 张娜 (1982-), 女, 学士, 主要从事生物工程与果蔬保鲜研究工作。

基金项目: 国家科技支撑计划课题 (2006BAD30B01); 天津市科技支撑计划 (07ZCKFNC00100); 天津市农业科学院院长基金项目 (08028)。

的脱脂棉放置于培养有致病菌的试管口,致病菌在12h后死亡,包括霍乱菌、伤寒菌、大肠菌、肺炎菌、白喉菌、结核菌及金黄色葡萄球菌^[7]。Delaquis等研究了辣根提取物的抑菌性能,200ng/L时,可以完全抑制青霉属、黄曲霉、灰葡萄孢霉的生长,并能杀死孢子;300ng/L时,可抑制莴苣中分离的假单胞菌;100~2000ng/L时,单核细胞增生李斯特菌、鼠伤寒沙门氏菌、大肠杆菌 O157:H7 被抑制^[10]。目前尚未见关于芥末精油对芒果致病菌抑制效果及对芒果采后保鲜效果的研究报道。本实验研究了“小腰芒”在常温贮藏过程中芥末精油熏蒸对芒果采后致病原菌的抑制效果及其防腐保鲜机理,为有针对性地控制芒果采后致病菌提供理论依据,以期为植物源保鲜剂在芒果保鲜及其它果蔬保鲜中的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用芒果 于2008年5月在天津红旗市场购买,品种为“小腰芒”,成熟度8.5成左右;供试芥末精油 市购,低温、密封、避光保藏备用。

1.2 贮藏期致病菌的分离及纯化

将贮藏过程中发病的芒果在病健交界处切取3mm见方的组织块,放入70%的酒精中浸泡30s,迅速用灭菌滤纸吸干酒精后,用1%的次氯酸钠溶液浸泡1min,再用灭菌水冲洗3次,用无菌滤纸吸干组织块,植入PDA培养基上,25℃下培养。当菌落直径生长至1cm时,用接种针挑取菌丝尖端植入另一皿PDA培养基内培养;再重复上述操作3次即可作为纯化菌种转接入试管,4℃冰箱保存。

1.3 致病菌的鉴定

将分离的菌株反接回芒果表面,如果发病症状与贮藏中腐烂症状相符,便可作为采后病原菌进一步鉴定到属或种,鉴定方法参照相关真菌鉴定手册^[11]。

1.4 抑菌实验

1.4.1 实验设计 采用果实有伤接种熏蒸和直接熏蒸两种方法。芥末精油熏蒸浓度为0.005、0.01、0.05mL/L空间。

1.4.2 实验步骤 挑选出成熟度一致、无病虫害和机械伤的果实,用清水轻轻清洗果实表皮,晾干。实验设2个处理,处理I有伤接种熏蒸,在果皮待接种处,用大头针扎伤(每个伤口处7个针眼),伤口处接种(芒果炭疽病病菌,蒂腐病病菌,菌块直径:6mm)。每个熏蒸浓度10个果实,每个果实1个接种处。接种果实在室温(20~22℃)下经芥末精油熏蒸24h后,取出放入PE袋,室温贮藏,2d测量病斑直径1次。处理II室温下直接熏蒸,将果实放入密闭容器,每个浓度20kg,芥末油熏蒸24h后,取出放入PE袋,室温贮藏,每3d测定生理指标1次,每次取15个果实。

1.5 测定指标及方法

病斑直径测量(cm):采用量尺进行测量。硬度(kg·cm⁻²):采用英国产质构分析测量仪(TA.XT.plus,England)进行测定,去皮后穿刺深度为

5mm,探针直径为2mm,穿刺速度为2.0mm/s。可溶性固形物(%):采用数字手持折射仪PAL-1(日本)测定。V_C含量(mg/100g):采用直接碘量法。TA含量(%):采用(GB/T12456-90)方法。丙二醛含量:采用硫代巴比妥酸比色法。过氧化物酶活性:参照蒋跃明的方法^[12]。多酚氧化酶:采用儿茶酚比色法。腐烂指数:根据果实腐烂程度将果实分级:0级-无腐烂;1级-轻微腐烂,但腐烂部分小于1/10;2级-腐烂部分为1/10~1/6;3级-腐烂部分为1/6~1/4;4级-全部腐烂1/4~1/2;5级-全部腐烂1/2~3/4;6级-全部腐烂。褐变指数:根据果皮的色泽变化将果实分级:0级-无褐变;1级-轻微褐变,但褐变面积小于1/10;2级-褐变面积为1/10~1/6;3级-褐变面积为1/6~1/4;4级-褐变面积为1/4~1/2;5级-褐变面积为1/2~3/4;6级-全部褐变。计算公式如下:

$$\text{腐烂指数} = \frac{\sum(\text{各级果数} \times \text{腐烂级数})}{\text{总果数} \times \text{最高腐烂级数}}$$

$$\text{褐变指数} = \frac{\sum(\text{各级果数} \times \text{褐变级数})}{\text{总果数} \times \text{最高褐变级数}}$$

1.6 数据处理

文中相关数据采用Excel和SPSS软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 病原菌的鉴定

从贮藏中的芒果病果上分离出2种致病菌A和B,用显微镜观察、测量,根据各病原菌的形态特征并查阅文献资料^[11]对其进行鉴定。

2.1.1 病原菌A 芒果接近成熟时被病原菌A侵染发病,初期果皮上出现褐色小点,后逐渐扩大为圆形或近圆形的略凹陷的黑色斑块,多个病斑往往愈合连成大斑块。该菌在PDA上培养5d即长满9cm的培养皿,菌落白色至浅灰色,气生菌丝绒状。显微镜下观察菌丝有隔膜、分支、无色。分生孢子无色,大小为(14~20)×(4~6)μm,多为束集,依据文献,致病菌A鉴定为盘长孢状刺盘菌(*Colletotrichum gloeosporioides* Penz),侵染引起芒果炭疽病。

2.1.2 病原菌B 病原菌B侵染初期果实蒂部呈灰白色至深褐色,无光泽,病健交界明显,病部逐渐向果身扩展,同时病果表皮皱缩、干巴,发病部位有裂缝,腐烂变黑。该菌在PDA上菌落呈毛茸状,平展,生长快,初为白色后转至暗灰色或灰黑色,菌丝体生长不旺盛。分生孢子器近球形、黑色,具突起状孔口,分生孢子为双细胞,褐色,椭圆形或卵圆形,大小(18~32.5)×(10~16.5)μm。依据文献鉴定该菌为球二孢菌(*Botryodiplodia theobromae* Pat),侵染导致芒果蒂腐病。

2.2 芥末对芒果采后致病菌的抑制作用

2.2.1 芥末熏蒸对接种芒果的抑菌效果 通过测量有伤接种芒果病斑直径的大小判断芥末精油对芒果炭疽病和蒂腐病的抑制效果,并找出芥末熏蒸芒果抑菌的最佳浓度。芥末油熏蒸处理后接种芒果的炭疽病和蒂腐病病斑直径在20℃贮藏过程中的变化情况如表1、表2。

表1 20℃条件下不同浓度芥末精油
对接种芒果炭疽病的抑制效果

| 贮藏天数 (d) | 直径 (cm) | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| | CK | 0.005mL/L | 0.01mL/L | 0.05mL/L |
| 2 | 1.30 ± 0.22 | — | — | — |
| 4 | 2.04 ± 0.33 | — | — | — |
| 6 | 6.03 ± 0.97 | 0.80 ± 0.12 | — | — |
| 8 | — | 2.44 ± 0.63 | — | — |
| 10 | — | 4.41 ± 1.01 | 1.15 ± 0.51 | — |
| 12 | — | — | 2.23 ± 0.74 | — |

注: ---表示菌斑长满果身, —表示菌斑未生长; 表2同。

表2 20℃条件下不同浓度芥末精油
对接种芒果蒂腐病的抑制效果

| 贮藏天数 (d) | 直径 (cm) | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| | ck | 0.005mL/L | 0.01mL/L | 0.05mL/L |
| 2 | 0.81 ± 0.21 | — | — | — |
| 4 | 1.13 ± 0.25 | — | — | — |
| 6 | 1.59 ± 0.46 | 1.02 ± 0.43 | — | — |
| 8 | 2.31 ± 0.67 | 2.04 ± 0.56 | — | — |
| 10 | 3.43 ± 0.99 | 2.86 ± 0.76 | 0.81 ± 0.34 | — |
| 12 | 4.72 ± 1.12 | 3.79 ± 0.87 | 1.23 ± 0.57 | — |

由表1、表2可以看出,芥末精油对两种病原菌均有抑制作用,随着浓度增大,抑制作用增大,在贮藏的12d内,0.05mL/L的处理可以完全抑制芒果病斑直径的生长。0.05mL/L空间芥末油熏蒸4d后果皮有明显的褐变,0.005、0.01mL/L处理后8d内芒果没有明显药害现象。

2.2.2 芥末精油对芒果过氧化物酶(POD)活性的影响 过氧化物酶是果实体内的一类重要氧化酶,可以清除活性氧自由基,减少对膜的损伤,达到延缓细胞衰老的目的,POD活性的高低可以反映果实衰老的程度^[14]。林伟振研究认为POD活性随着果实贮藏时间的变化有较大变化^[15]。如图1所示,处理前果实中过氧化物酶活性很低,经过密闭熏蒸后,所有处理和对照组都在3d时出现活性高峰,然后总体呈现下降趋势。在贮藏过程中,芥末精油处理过的芒果POD活性始终低于对照,这说明芥末精油能够抑制POD活性的增高。

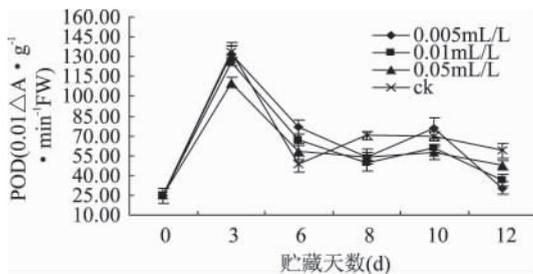


图1 不同浓度处理芒果过氧化物酶活性的变化

2.2.3 芥末精油对芒果多酚氧化酶(PPO)活性的影响 PPO是引起果实褐变的重要物质,PPO能催化果实中酚类物质转化为醌,然后合成黑色素,随着时间延长发生褐变^[16]。由图2可知,在贮藏期间芒果果实PPO的活性变化呈先降低再升高而后又降低的变化趋势,这与杨桃(胡艳妮,2008)、荔枝(吴振先等,1998)果实贮藏过程中PPO活性变化趋势一致。实验结果表明,芥末精油处理过的芒果PPO活性高

于对照,这说明芥末精油熏蒸处理能够提高芒果PPO活性。

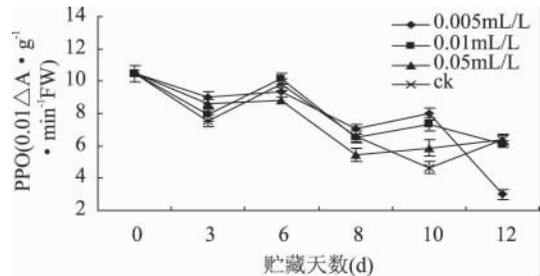


图2 不同浓度处理芒果多酚氧化酶活性的变化

2.2.4 芥末精油对芒果丙二醛含量的影响 果实采收后贮藏和完熟过程中,由于自身的衰老过程,易造成果实组织电解质和膜透性的增加,膜透性的增加将引起膜脂过氧化物丙二醛(MDA)含量的增加,因此其含量的增多是果实衰老的重要标志^[13]。如图3所示,随着贮藏期的延长,处理和对照组的MDA含量均呈上升趋势。贮藏6d后,对照MDA含量上升幅度较大,不同浓度芥末精油熏蒸处理有效抑制了芒果MDA含量的上升,其值均低于对照,对照与处理组差异显著($P < 0.05$),但是各浓度处理间差异均不显著($P > 0.05$)。说明芥末精油熏蒸能够抑制芒果果实细胞中膜脂的过氧化作用。

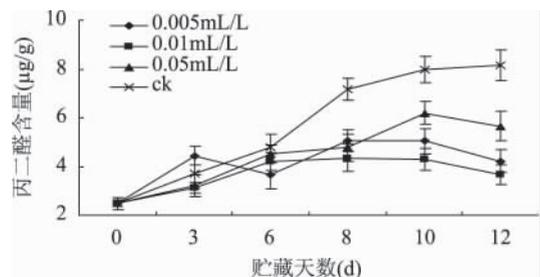


图3 不同浓度处理芒果丙二醛含量的变化

2.2.5 芥末精油对芒果维生素C含量的影响 V_C 含量是衡量果实营养成分的一个重要指标。从图4中可以看出,在常温贮藏过程中处理和对照果实 V_C 含量均呈下降趋势。0.005和0.01mL/L处理的芒果 V_C 含量始终高于对照,且下降趋势缓慢,而0.05mL/L处理的果实 V_C 含量下降最快,后期 V_C 含量明显低于对照。结果表明,芥末精油在一定程度上可以抑制芒果果实 V_C 含量的下降,其中0.005、0.01mL/L处理效果最佳,但二者之间差异不显著($P > 0.05$)。

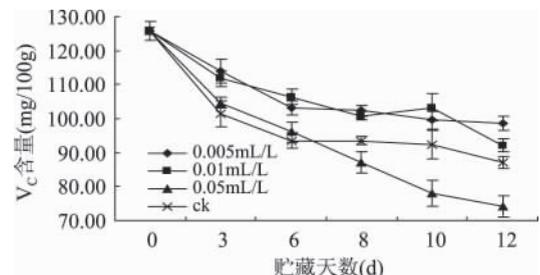


图4 不同浓度处理芒果 V_C 含量的变化

2.2.6 芥末精油对芒果可滴定酸含量的影响 酸是影响果实风味的重要物质之一,果实未成熟前其酸度较高,随着果实的后熟和贮藏时间的延长,果实中可滴定酸含量逐渐下降。从图5可以看出,各处理

和对照之间果实酸含量均下降较快,经方差分析各处理之间和对照之间差异均不显著($P > 0.05$),说明芥末精油熏蒸处理对芒果可滴定酸变化的影响不显著。

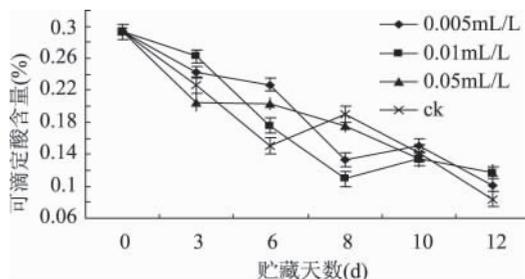


图5 不同浓度处理芒果可滴定酸含量的变化

2.2.7 芥末精油对芒果可溶性固形物(TSS)含量的影响 TSS是决定水果口感和风味的重要指标。由图6可以看出,贮藏期中芒果TSS含量变化趋势很平缓,初期呈轻微下降趋势,处理组和对照组分别在贮藏6d后和8d后有小幅的上升。贮藏期出现的TSS含量的先下降后上升的现象主要可能是因为随着呼吸作用的消耗,一些其他不可溶的糖类物质转化为可溶性物质,从而出现一个升高的过程,之后又随着呼吸作用的消耗,TSS含量继续下降。0.05mL/L处理在整个贮藏过程中有利于防止可溶性固形物的下降,但其它浓度和对照相比差异不明显,说明芥末熏蒸处理不能抑制采后芒果TSS下降。

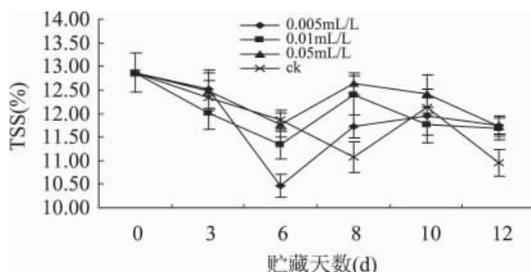


图6 不同浓度处理芒果可溶性固形物含量的变化

2.2.8 芥末精油对芒果保鲜效果的影响 由表3可以看出,芒果处理后在室温(20℃)下贮藏12d时,除0.05mL/L的由于药害果实硬度明显下降、褐变指数升高、腐烂率增加之外,其它两个处理与CK之间没有明显的区别。芥末0.005、0.01mL/L处理的芒果果实硬度远远高于对照果实。

表3 不同浓度芥末熏蒸芒果腐烂和品质的调查结果

| 处理 | 硬度(kg/cm ²) | 腐烂指数 | 褐变指数 |
|-----------|-------------------------|------|------|
| CK | 2.39 ± 0.61 | 0.15 | 0.19 |
| 0.005mL/L | 3.0 ± 0.97 | 0.13 | 0.27 |
| 0.01mL/L | 2.98 ± 0.70 | 0.16 | 0.45 |
| 0.05mL/L | 1.46 ± 0.33 | 0.25 | 0.73 |

注:芒果果实硬度初值:3.23 ± 0.74kg/cm²。

3 讨论与结论

采后的后熟软化和病害侵染是影响芒果商品价值的重要因素,常温下放置15d腐烂率高达40%,成为限制其鲜供期的重要因素。本实验通过对常温贮藏过程中危害“小腰芒”的病原菌研究,分离鉴定了引起采后病害的两种致病菌盘长孢状刺盘菌和球二孢菌,这与多数关于芒果采后病原菌的报道

一致^[1-2]。

接种实验结果表明,芒果常温贮藏过程中,采用芥末精油熏蒸处理显著抑制了接种炭疽病菌和蒂腐病菌后期果实的病斑直径的生长,这与前人在土豆、苹果树根部、苜蓿种子以及大麦、核桃、大豆种子上取得的芥末精油能够有效抑制采后病原菌侵染的结果基本一致。

芥末精油处理对芒果的采后生理和质量的效果,从实验结果来看抑制了芒果POD活性的升高和MDA含量的增加,提高了PPO活性,在一定程度上延缓了果实的成熟;同时能够抑制V_C含量的下降,但对TA、TSS没有影响。芥末精油对芒果的最佳熏蒸浓度为0.005~0.01mL/L空间,并且对芒果食用品质没有影响。熏蒸浓度低于0.05mL/L的处理芒果其品质与对照的差异不显著($P > 0.05$)。

上述研究结果为芥末熏蒸对芒果采后致病菌抑制机理的研究奠定了基础,也为进一步有针对性地控制芒果采后致病菌提供了理论依据,但仍有许多问题有待解决,如芥末精油在什么浓度下能抑菌而又不会影响果蔬的风味特性,避免高浓度芥末的毒害作用,哪些作用方式可以提高芥末精油处理芒果的保鲜效果,这些都将是下一步急需深入研究的课题。

参考文献

- [1]罗远婵,黄思良,黎起秦.芒果蒂腐病菌 *Diplodina* sp.生物学特性的研究[J].石河子大学学报,2004(22):159-163.
- [2]刘秀娟,李继勇,杨业铜.海南岛芒果果实真菌潜伏侵染的研究[J].植物病理学报,1986,16(1):47-51.
- [3]范镇基.国外芒果保鲜技术研究概况[J].广州食品工业科技,1993(4):9-10.
- [4]张海德,廖宇兰.芒果贮藏与保鲜技术概述[J].食品研究与开发,1997,18(4):53-56.
- [5]Wilson C L, Wisniewski M E. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables: An emerging technology [J]. Annu Rev Phytopatho, 1989, 27: 425-441.
- [6]Pramila Tripathi, N K Dubey. Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables [J]. Postharvest Biology and Technology, 2004, 32: 235-245.
- [7]林丽钦.山葵、辣根、芥末的辛辣成分及功能[J].福建轻纺,1999(9):1-4.
- [8]林丽钦.十字花科植物的风味物质及其降解化学[J].福建轻纺,1999(4b):1-4,7.
- [9]Nielsen P V, Rios R. Inhibition of fungal growth on bread by volatile components from spices and herbs, and the possible application in active packaging, with special emphasis on mustard essential oil [J]. International Journal of Food Microbiology, 2000, 60: 219-229.
- [10]Delaquis P J, Graham H S, Mazza G. Antimicrobial properties of volatile horseradish distillates [J]. Journal of Food Protection, 1995b, 58(Suppl):34-35.
- [11]魏景超.真菌鉴定手册[M].上海:上海科学技术出版社,1979.

- [12] Yue M J. Purification and some properties of polyphenol oxidase of longan fruit [J]. Food Chemistry, 1999, 66: 75-79.
- [13] 陈贵等. 提取植物体内 MDA 的溶剂及 MDA 作为衰老指标的探讨 [J]. 植物生理学通讯, 1991, 27(1): 44-46.
- [14] 郝建军, 刘延吉. 植物生理学实验技术 [M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2001.

- [15] 林伟振. 广东主要柑桔果实过氧化物酶活性及其同工酶谱 [J]. 华南农业大学学报, 1988, 9(1): 11-16.
- [16] 王红艳. 丁香叶油对桃果实保鲜作用研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2007.

(上接第 348 页)

白酒和高度白酒浸泡特定样品, 比较特定成型品中 BPA 残留量和迁移量的差别, 结果见表 2。

结果表明, PC1 中的 BPA 残留量明显低于 PC2。但在水和 65% 乙醇中, PC1 中 BPA 的迁移量分别比 PC2 高出 32.5% 和 35.3%, 说明不同厂家的 PC 成型品质量有很大差异。对 PC 材料外观仔细观察后认为, PC2 材质更紧实, 硬度比 PC1 略强, 且外观也更为透明。不同的 PC 材质结构对 BPA 的溶出有一定的影响。质地紧密的 PC 结构可能会减少 BPA 向食品中的迁移。

3 讨论

实验建立了高效液相色谱-荧光检测分析 PC 成型品中 BPA 残留及特定迁移量的方法。方法快速简便, 准确度高。实验结果表明, PC 成型品中含有一定量的双酚 A, 与文献 [4, 6] 报道一致。双酚 A 在水和不同浓度的乙醇浸泡液中有微量溶出, 其迁移量因不同材质、不同的浸泡液、与实际食品的真实接触面积等而不同。

基于 PC 合成中可能的双酚 A 残留以及所用双酚 A 原料中苯酚等可能存在的杂质, PC 用于食品包装材料的安全性一直受到质疑。目前, 加拿大认为聚碳酸酯材料可能存在双酚 A 及苯酚等污染, 因而禁止其在部分食品包装材料(如婴儿奶瓶)上使用。美国食品与药品管理局(FDA)规定双酚 A 可作为食品接触材料的原料使用。EPA(1993)规定, BPA 最大可接受剂量或者参考剂量是 0.05mg/kg·bw。我国 GB14942-94《食品容器、包装材料用聚碳酸酯成型品卫生标准》中, 要求 PC 成型品不宜接触含高浓度乙醇的食品, 但尚未规定 PC 成型包装材料中双酚 A 的卫生标准。本研究结合 GB14942-94 中蒸发残渣的浸泡条件, 并参考最新国家标准 GB/T23296.16-2009 中对双酚 A 的迁移量测定方法, 对两种 PC 成型品和三种食品体系进行了模拟分析, 在给定的条件下 PC 成型品与高浓度乙醇(65%)溶液接触会有较多双酚 A 的溶出, PC1 在此浓度乙醇模拟条件下迁移量为 2.49mg/kg, 接近了欧盟 2002/72/EC 法则规定双酚 A 在塑料食品接触材料中的迁移限量为 3mg/kg 的限值。本实验从双酚 A 的角度证明了我国 PC 成型品卫生规范的合理性。但同时也表明, PC 成型品不宜大面积接触食品, 而作为食品包装的辅助材料(如瓶盖等)似乎更为安全、合理。

本研究只是对有限样品、有限食品体系的模拟实验。PC 材料在实际应用中情况复杂, 在与食品接触、储存等真实条件下的双酚 A 迁移特性, 有待于进行更多的实验证明。

参考文献

- [1] 杜艳, 代汉慧, 伍颀等. 双酚 A 毒理学特性及各国对其用于食品包装材料的评估意见 [J]. 食品科技, 2007, 32(10): 1-3.
- [2] Samuelsen M, Olsen C, Holme JA, et al. Estrogen-like properties of brominated analogs of bisphenol A in the MCF-7 human breast cancer cell line [J]. Cell Bio Toxicol, 2001, 17(3): 139-151.
- [3] Yang MH, Ryu JH, Jeon R, et al. Effects of bisphenol A on breast cancer and its risk factors [J]. Arch Toxicol, 2009, 83(3): 281-285.
- [4] 彭青枝, 李涛, 潘思轶. 食品包装材料聚碳酸酯中双酚 A 残留量的测定 [J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(4): 798-799.
- [5] 俞晔, 张文国, 何松涛. PC 奶瓶中双酚 A 的检测方法研究 [J]. 食品科技, 2009, 34(12): 324-326.
- [6] 卫碧文, 缪俊文, 于文佳. 气相色谱-质谱法分析食品包装材料中双酚 A [J]. 分析实验室, 2009, 28(1): 107-109.
- [7] Hoa HL, Emily MC, Scott MB, et al. Bisphenol A is released from polycarbonate drinking bottles and mimics the neurotoxic actions of estrogen in developing cerebellar neurons [J]. Toxicology Letters, 2008, 176(2): 149-156.
- [8] Kang JH, Kito K, Kondo F. Factors influencing the migration of bisphenol A from cans [J]. J Food Prot, 2003, 66(8): 1444-1447.
- [9] Takao Y, Lee HC, Kohra S, et al. Release of bisphenol from food can lining upon heating [J]. J Health Sci, 2002, 48: 331-334.
- [10] Watabe Y, Kondo T, Morita M, et al. Determination of bisphenol A in environmental water at ultra-low level by HPLC with an effective on-line pretreatment device [J]. Chromatogr A, 2004, 1032(1-2): 45-49.
- [11] 王玉飞, 陈衡平, 陈晖. 桶装饮用水中双酚 A 的溶出及 GC-MS 分析 [J]. 中国卫生检测杂志, 2003, 13(5): 581-582.
- [12] Liu M, Hashi Y, Pan F, et al. Automated on-line liquid chromatography-photodiode array-mass spectrometry method with dilution line for the determination of bisphenol A and 4-octylphenol in serum [J]. Chromatogr A, 2006, 1133(1-2): 142-148.
- [13] 李学锋, 张立科等. 环境雌激素双酚 A 的化学发光法测定 [J]. 分析与测试, 2009, 32(6): 59-61.
- [14] Wang FR, Yang JQ, Wu KB. Mesoporous silica-based electrochemical sensor for sensitive determination of environmental hormone bisphenol A [J]. Analytica Chimica Acta, 2009, 638(1): 23-28.