中国芒果输出蒸热杀虫处理研究*

林明光[1,2] 曾 玲[2**] 汪兴鉴[1,3] 李伟东[1] 韩玉春[1] 敖 苏[1] 徐 卫[1] 刘福秀[1]

(1. 海南出入境检验检疫局 海口 570311; 2. 华南农业大学昆虫生态研究室 广州 510642;
3. 中国科学院动物研究所 北京 100101)

Study on vapor heat treatment to disinfest Oriental fruit fly in Chinese mango fruits for exporting to foreign countries. LIN Ming-Guang[1], ZENG Ling[2**], WANG Xing-Jian[1,3], LI Wei-Dong[1], HAN Yu-Chun[1], AO Su[1], XU Wei[1], LIU Fu-Xiu[1] (1. *Hainan Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau*, Haikou 570311, China; 2. *Laboratory of Insect Ecology*, *South China Agricultural University*, Guangzhou 510642, China; 3. *Institute of Zoology*, *Chinese Academy of Sciences*, Beijing 100101, China)

Abstract The use of vapor heat treatment (VHT) to eradicate infestations of the Oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel) from shipments of Chinese mango fruits (*Mangifera indica* L.) destined for export to foreign countries was investigated. There were three main areas of research: 1. A heat tolerance test of the eggs and different instar larvae of *B. dorsalis* in various Hainan mango varieties (cv. Jinhuang, Aiwen, Xiaya and Tainong 1). 2. A small and large-scale trial of the effectiveness of VHT in eradicating fruit flies from fresh mango fruits. 3. A study of the effect of VHT on mango fruit quality. The results show that when the temperature of treatment chamber increased to 50℃ (by saturated hot air) and the temperature of the innermost fruit pulp was raised to 47℃ and thereafter maintained at 47℃ for 0, 5, 10, 15, 20 min respectively, the relative heat tolerance of eggs and larvae of *B. dorsalis* was, from most to least tolerant, 2nd then 3rd then 1st instar larvae, then eggs. The most heat tolerant developmental stage was 2nd instar larvae infesting "Jinhuang" mangoes (the largest of the Hainan mango varieties with an average weight of 856 g). Exposure to a temperature of 47℃ for 20 min killed all eggs and larvae in all varieties of mangoes tested. The results of a small and large-scale trial of VHT to eliminate the 2nd instar larvae from fresh "Jinhuang" mango fruits indicated that VHT completely killed estimated larval populations of 14 000 and 35 000 larvae respectively, and can therefore provide greater than a Probit 9 level of quarantine security (100% mortality). Meanwhile, with the exception of vitamin C which was decreased slightly, the quality of fresh "Jinhuang" mango fruits, including color, reduced sugar content, sucrose, total sugar, total acidity, and soluble solids, was not significantly affected by VHT treatment (20 min at 47℃).

Key words vapor heat treatment (VHT), mango, *Bactrocera dorsalis*, disinfestation

摘 要 中国芒果输出蒸热杀虫处理研究,包括海南产金煌、爱文、象牙和台农1号4个品种芒果鲜果内橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel)的卵和不同龄期幼虫的耐热力试验;芒果小规模、大规模蒸热杀虫处理试验;以及蒸热处理对芒果品质的影响等。结果显示,当蒸热室温度逐步达到50℃,芒果果心温度上升至47℃(使用饱和热蒸汽)并保持这一温度时,在不同处理时间(0、5、10、15、20 min)条件下,不同品种芒果内橘小实蝇的耐热力由强至弱的发育期依次为2龄幼虫→3龄幼虫→1龄幼虫→卵,其中以金煌芒果(海南产芒果品种中果体最大,平均重量856 g)内2龄幼虫的耐热力最强。完全杀灭海南产金煌芒果内橘小实蝇的卵和幼虫的蒸热条件是果心温度保持在47℃和使用饱和热蒸汽处理20 min。金

* 资助项目:国家质检总局科技计划项目(No. 2007IK215)。

**通讯作者,E-mail: zengling@scau.edu.cn

收稿日期:2009-12-25,修回日期:2010-04-12

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

煌芒果的小规模、大规模蒸热杀虫处理试验的结果进一步确认和验证，在上述的蒸热处理条件下，总计数量分别为 14 000 头和 35 000 头最具耐热力的供试橘小实蝇 2 龄幼虫全部被杀灭（死亡率 100%），完全可确保其检疫安全。同时，经蒸热杀虫处理后第 7 d 和第 12 d 的金煌芒果鲜果与对照鲜果品质（包括色泽，以及还原糖、蔗糖、总糖、总酸、维生素 C 和可溶性固形物的含量）的比较测定数据表明，蒸热温度 47℃和使用饱和热蒸汽处理 20 min，除维生素 C 的含量有微量损失外，基本可保持鲜果的品质不变。

关键词 蒸热处理，芒果，橘小实蝇，杀虫

蒸热处理（vapor heat treatment）是进出口农产品（水果和蔬菜）检疫除害处理的主要方法之一，尤其适用于实蝇（fruit flies）害虫发生分布区生产的芒果、荔枝及木瓜等热带、亚热带鲜果的输出杀虫处理，现已得到广泛应用[1~9]。蒸热处理必须借助由官方认可的有效蒸热处理设备（vapor heat treatment facility）才能得以进行[7,9]。目前，世界上主要芒果生产国和地区对于鲜果出口所采用的蒸热杀虫技术程序大致相同[10,11]，但其处理条件因芒果品种及所针对检疫性靶害虫的不同而具一定的差异[7]。据统计，东南亚国家和地区为确保完全杀灭橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis*（Hendel）和瓜实蝇 *B. cucurbitae*（Coquillett）的活体所使用的芒果蒸热处理条件如下：菲律宾：果心温度保持在 46℃，处理 10 min；泰国：果心温度保持在 47℃，处理 20 min；在印度和台湾地区：分别为果心温度保持在 47.5℃，处理 20 min 与 46.5℃，处理 30 min。澳大利亚为确保完全杀灭地中海实蝇 *Ceratitis capitata*（Wiedemann）和昆士兰果实蝇 *B. tryoni*（Froggatt）的活体所使用的蒸热处理条件为果心温度保持在 47℃，处理 15 min。对于国产芒果而言，迄今尚无可供国外官方检疫机构认可的研究数据。

中国是世界上芒果生产的大国之一，产地集中分布在海南、广东、广西、云南和福建等南方省区，其产量约占世界总产量的 9%。为尽快实现国产优质芒果出口和占领国外市场，为此，本研究以海南产不同品种芒果和橘小实蝇为材料，研究和探讨既能确保完全杀灭芒果内橘小实蝇又可保持鲜果品质不变的有效蒸热杀虫处理条件和技术程序，其结果将为中国芒果顺利出口提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试实蝇害虫和芒果的来源

从采自海南省三亚、昌江、万宁等市县芒果园中的染虫芒果获取橘小实蝇虫源，供试害虫为其室内人工大量饲养和繁殖的第 9 代和第 10 代的卵和第 1 ~ 3 龄幼虫。供试芒果（*Mangifera indica* L.）为海南生产的金煌、爱文、象牙和台农 1 号共 4 个品种，其成熟度约 70% ~ 80%，平均重量分别为 856、456、293、210 g。蒸热处理前的果实置于温度 15 ~ 16℃，相对湿度 60% ~ 75% 的条件下保存。

1.2 蒸热处理设备

蒸热处理设备（海南文龙实业有限公司 2003 年制造，是集蒸热杀虫处理和冷却防褐变的水果保鲜于一体的装置，经中、日双方认可），主要由蒸热处理室（treatment chamber，容积 30 m^3，共有 8 个承载水果的托盘，满载时 1 次可处理水果量 6 000 kg）、加热换气装置和蒸热温湿度自动监控仪（日本制造，通入蒸热处理室的 12 个温度探针通过监控仪自动监测、保存、记录和打印蒸热室与果心的温度，以及到达某一温度所需的时间）等部分组成。蒸热室内的温度范围是从室温至 60℃，相对湿度范围 40% ~ 100%。蒸热处理前需对温度探针进行校正。

1.3 芒果内橘小实蝇不同发育期耐热力比较试验

1.3.1 试验果量和虫量 蒸热处理前选取上述 4 个品种芒果共 960 个，每种各 240 个，按 3 个处理和 1 个对照分为 4 组，每组 60 个果。分别按每果接入橘小实蝇的卵 100 粒和第 1 ~ 3 龄幼虫各 100 头，再用蜡封。每种芒果的蒸热

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

处理供试虫量为18 000头。

1.3.2　试验温湿度和处理时间　设定处理温度(果心温度)47℃,使用饱和热蒸汽(相对湿度≥95%),处理时间依次为0、5、10、15、20 min 5个梯度。

1.3.3　蒸热处理程序　蒸热处理组的4种芒果分3次重复进行试验,每次按5个处理时间分别装筐置于5个托盘上进入蒸热室,将10个温度探针插入不同品种和部位的芒果果心。蒸热室由室温逐渐加热至43℃(果心温度)时,保持相对湿度90%以上;当果心温度达47℃后使用饱和热蒸汽(相对湿度≥95%),依次处理0 min→5 min→10 min→15 min→20 min,此时蒸热室内的温度维持在50℃左右,试验连续进行,按蒸热处理时间梯度逐一将承载芒果的托盘从处理室推出。处理后的鲜果冷却至常温,除去封蜡置于25~26℃的条件下培养一定时间(卵和1龄幼虫培养3 d,2龄幼虫培养2 d,3龄幼虫培养1 d)后,分别剖果检查和统计不同芒果品种及处理时间条件下橘小实蝇的卵和1~3龄幼虫的死亡数。

1.3.4　计算和比较害虫的死亡率和校正死亡率

死亡率(%) = 死亡虫数 / 供试虫数 × 100,

校正死亡率(%) =

(处理组死亡率 - 对照组死亡率)/

(1 - 对照组死亡率) × 100。

根据公式分别计算害虫的死亡率和校正死亡率,比较不同蒸热处理时间条件下4种芒果内橘小实蝇各发育期的死亡率和校正死亡率,从而确定其耐热力最强的虫态/虫期及其芒果品种,以及在所设定的蒸热处理条件下,能完全杀灭该耐热力最强的虫态/虫期的处理时间。

1.4　芒果蒸热杀虫处理试验

芒果蒸热杀虫处理试验按供试果量占蒸热室半载量与满载量的不同,分小规模和大规模2次处理试验。

1.4.1　芒果小规模蒸热杀虫处理试验

1.4.1.1　供试果量和虫量　供试芒果(包括染虫果和其他填充芒果)的量约占蒸热室的半载量。

(1)染虫果　在橘小实蝇不同发育期耐热力比较试验的基础上,以耐热力最强的虫态/虫期和芒果品种作杀虫处理试验代表虫、果样。选取其鲜果300个(蒸热处理1、2组和对照果各100个),按上述接虫方法每果接入虫量70头。除对照外,蒸热处理的供试总虫量14 000头。

(2)其他填充芒果　海南产台农1号、红玉、鸡蛋芒等其他芒果品种,用量2 500 kg,供2次重复试验循环使用。

1.4.1.2　蒸热处理程序　预先将2 500 kg填充果装筐分别堆放于5个托盘上,然后把染虫果分装于10筐内,每筐10个果分别置于5个托盘上的上、中或中、下不同部位进入蒸热室,用10个温度探针插入不同部位的芒果果心。对照果置于室温下保存。

蒸热室内温、湿度调控与耐热力试验相同,持续处理至能完全杀灭害虫的时间,然后将托盘从蒸热室推出。

处理后的芒果放置冷却至常温,除去封蜡置于温度25~26℃和相对湿度80%的条件下培养一定时间后,与对照果一起同时剖果检查和记录橘小实蝇的死亡数。重复试验1次。

1.4.1.3　计算害虫的死亡率和校正死亡率　统计小规模蒸热处理2次重复试验的杀虫效果,计算其死亡率和校正死亡率。

1.4.2　芒果大规模蒸热杀虫处理试验

1.4.2.1　供试果量和虫量　大规模蒸热杀虫处理试验模仿芒果鲜果出口前的消毒处理技术程序,要求供试芒果(包括染虫果、品质测定果和其他填充芒果)的量接近或达到蒸热室的满载量,供试虫量在30 000头以上。

(1)染虫果　处理试验代表虫、果样同上。选取其鲜果750个(蒸热处理1、2组和对照果各250个),按上述接虫方法每果接入虫量70头,蒸热处理供试总虫量达35 000头。对照果置于室温下保存。

(2)品质测定果　正常的健康样果40个,分为2组,每组有蒸热处理和对照果各10个。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

对照果置于 15℃条件下保存。

(3)其他填充芒果　台农 1 号、红玉、鸡蛋芒等其他芒果品种,用量 5 000 kg,供 2 次重复试验循环使用。

1.4.2.2　蒸热处理程序　预先将 5 000 kg 填充果装筐分别堆放于 8 个托盘上,再分别把染虫果和品质测定果分装于 10 筐内,分别置于 8 个托盘上的上、中与中、下不同部位进入蒸热室,用 10 个温度探针插入不同部位的芒果果心。

蒸热处理程序与小规模试验相同,注意将蒸热处理后的品质测定果冷却至常温后,另置于 15℃条件下储存。试验重复 1 次。

1.4.2.3　计算害虫的死亡率和校正死亡率　统计大规模蒸热处理的 2 次重复杀虫效果,计算害虫的死亡率和校正死亡率。

1.5　芒果品质的比较测定

芒果蒸热处理后的品质测定果在 15℃条件下储存 15 d,从第 3 d 开始每天观察其外表有无烫伤现象,每隔 2 d 检查 1 次果实的色泽、口感和硬度有无变化。第 7 d 和第 12 d 分别测定 1 次处理果(4 个重复)与对照(CK)果的糖分(包括还原糖、蔗糖和总糖)、酸度(总酸)、维生素 C 及可溶性固形物的含量等(委托海南省产品质量监督检验所进行检测),比较和分析蒸热处理对鲜果品质的影响程度。

2　结果与分析

2.1　芒果内橘小实蝇不同发育期的忍耐力试验

试验结果(表 1)显示,在蒸热室内芒果果心温度 47℃、处理时间介于 0 ~ 10 min 时,4 种芒果鲜果内橘小实蝇的卵和 1 ~ 3 龄幼虫的死亡率随着处理时间的延长而增加,但其校正死亡率均不达 100%,仍有少量卵和幼虫存活。处理 10 min 时,橘小实蝇各发育期在不同品种芒果鲜果内的校正死亡率由低至高依次为 2 龄幼虫,3 龄幼虫,1 龄幼虫和卵;其中,卵,99.05%(金煌)→99.16%(爱文)→99.53%(象牙)→99.64%(台农 1 号);1 龄幼虫,98.35%(金煌)→98.94%(爱文)→99.05%(象牙)→99.39%(台农 1 号);2 龄幼虫,97.52%(金煌)→97.75%(爱文)→98.01%(象牙)→98.67%(台农 1 号);3 龄幼虫,97.63%(金煌)→98.45%(爱文)→98.57%(象牙)→99.03%(台农 1 号)。数据表明,以金煌芒果内卵和幼虫的校正死亡率最低,其次是爱文和象牙,而台农 1 号果内的最高。其中,第 2、3 龄幼虫在不同品种鲜果内的校正死亡率大致相同,明显低于 1 龄幼虫和卵。当处理时间为 15 min 时,不同品种芒果鲜果内卵和 1 龄幼虫的校正死亡率均为 100%,台农 1 号和象牙果内害虫各发育期的死亡率也均达 100%;而爱文和金煌鲜果内尚有少数 2、3 龄幼虫存活,二者在这两种果内的校正死亡率分别为 99.64% 和 99.06%,99.76% 和 99.17%。其中,3 龄幼虫的校正死亡率略高于 2 龄幼虫。当处理时间达 20 min 时,害虫各发育期的校正死亡率均为 100%。

根据上述数据的比较与分析,可以看出橘小实蝇的耐热力由强至弱的发育期依次为:2 龄幼虫→3 龄幼虫→1 龄幼虫→卵。同时,在相同的蒸热温度和持续时间条件下,橘小实蝇不同发育期的忍耐力与其寄主品种果实的平均重量相关,卵和各龄幼虫忍耐力由强至弱与不同品种芒果平均重量由大至小的顺序一致,害虫各发育期在金煌芒果(海南产 4 个芒果品种中果体最大,平均重 856 g)内表现最强的耐热力。

从芒果内橘小实蝇不同发育期忍耐力试验结果可以确认:(1)该害虫的 2 龄幼虫及其寄主金煌芒果分别是耐热力最强的虫期和寄主鲜果;(2)完全杀灭海南产金煌芒果内橘小实蝇耐热力最强虫期的蒸热条件是果心温度保持在 47℃和使用饱和热蒸汽(相对湿度≥95%),处理时间 20 min。

2.2　芒果蒸热杀虫处理效果

小、大规模的芒果蒸热杀虫处理均以橘小实蝇耐热力最强的 2 龄幼虫和海南产金煌芒果(平均重量 856 g)作供试代表虫和果样,处理

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　橘小实蝇卵和 1 ~ 3 龄幼虫在 47℃不同蒸热处理时间的死亡率统计表(2008.05.23,海口)

芒果品种	处理时间(min)	卵		1 龄幼虫		2 龄幼虫		3 龄幼虫	
		死亡率(%)	校正死亡率(%)	死亡率(%)	校正死亡率(%)	死亡率(%)	校正死亡率(%)	死亡率(%)	校正死亡率(%)
台农 1 号	0	95.33	94.94	95.22	94.84	93.22	92.63	93.66	93.13
象牙	0	92.22	91.63	89.33	88.61	83.78	82.75	84.56	83.46
爱文	0	89.33	88.65	87.22	86.31	83.56	82.32	84.0	82.73
金煌	0	84.67	83.81	83.22	82.34	71.44	69.72	70.56	68.57
台农 1 号	5	98.56	98.45	98.78	98.68	97.33	97.10	97.67	97.45
象牙	5	96.22	95.95	95.88	95.61	95.0	94.53	95.33	94.98
爱文	5	95.67	95.34	92.33	91.66	91.22	90.52	92.67	92.15
金煌	5	89.33	88.62	87.55	86.71	86.67	85.82	86.22	85.29
台农 1 号	10	99.67	99.64	99.44	99.39	98.78	98.67	99.11	99.03
象牙	10	99.56	99.53	99.11	99.05	98.11	98.01	98.67	98.57
爱文	10	99.22	99.16	99.0	98.94	97.89	97.75	98.56	98.45
金煌	10	99.11	99.05	98.44	98.35	97.67	97.52	97.78	97.63
台农 1 号	15	100	100	100	100	100	100	100	100
象牙	15	100	100	100	100	100	100	100	100
爱文	15	100	100	100	100	99.67	99.64	99.78	99.76
金煌	15	100	100	100	100	99.11	99.06	99.22	99.17
台农 1 号	20	100	100	100	100	100	100	100	100
象牙	20	100	100	100	100	100	100	100	100
爱文	20	100	100	100	100	100	100	100	100
金煌	20	100	100	100	100	100	100	100	100

的条件是保持果心温度 47℃和使用饱和热蒸汽,处理 20 min。

2.2.1　芒果小规模蒸热杀虫处理效果　小规模蒸热杀虫处理(2008 年 6 月 5 日)2 次重复试验的统计结果(表 2)显示,金煌芒果内的 14 000头 2 龄幼虫全部死亡,死亡率和校正死亡率均为 100%。在供试芒果(包括染虫果和其他填充芒果)的量约占蒸热室半载量时,初步验证了果心温度保持在 47℃和使用饱和热蒸汽(相对湿度≥95%)处理 20 min 是有效杀灭海南产芒果内橘小实蝇活体(死亡率 100%)的蒸热处理条件。

表 2　芒果小规模蒸热杀虫处理(47℃,20 min)效果统计表(2008.06.05,海口)

序号	芒果品种及试果量		试虫量(头)	死亡数(头)	死亡率(%)	校正死亡率(%)
1	金煌	100	7 000	7 000	100	100
2	金煌	100	7 000	7 000	100	100
CK	金煌	100	7 000	386	5.51	

2.2.2　芒果大规模蒸热杀虫处理效果　大规模蒸热杀虫处理(2008 年 6 月 6 日)的 2 次重复试验统计数据(表 3)表明,在蒸热室装有 5 000 kg 填充果,保持果心温度 47℃、使用饱和热蒸汽和处理 20 min 的蒸热处理条件下,金煌芒果内总计35 000头供试 2 龄幼虫全部死亡,死亡率和校正死亡率均为 100%。进一步证实经上述蒸热杀虫处理的中国产金煌芒果能确保鲜果不携带任何橘小实蝇活体,完全可以达到检疫安全的目的。

表 3　芒果大规模蒸热杀虫处理(47℃,20 min)效果统计表(2008.06.06)

序号	芒果品种及试果量		试虫量(头)	死亡数(头)	死亡率(%)	校正死亡率(%)
1	金煌	250	17 500	17 500	100	100
2	金煌	250	17 500	17 500	100	100
CK	金煌	250	17 500	856	4.89	

2.3　芒果品质的比较测定

2.3.1　芒果外观　依据对蒸热处理后第 3 ~ 15 d 的金煌芒果连续进行观察与检查的结果,可以看出处理果的外观与对照果相同,果皮正

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

常无烫伤，果肉口感、色泽和硬度也无变化。

2.3.2 芒果糖分、酸度、维生素 C 和可溶性固形物的含量 蒸热处理后第 7 d（2008 年 6 月 13 日）对金煌芒果品质比较测定的结果（表 4）显示，鲜果的还原糖、蔗糖、总糖、可溶性固形物的百分含量、总酸的含量与对照果大致相同，分别为 4.6% 与 5.3%、4.43% 与 3.58%、9.3% 与 9.0%、11.95% 与 11.3%、4.35 mg/kg 与 4.44 mg/kg；但维生素 C 的含量比对照略有减少，二者分别为 13.5 mg/100g 与 17.1 mg/100 g。

表 4 金煌芒果糖份、酸度和维生素 C 的含量比较测定结果表（2008.06.13，海口）

序号	检测项目	检测结果					
		重复 1	重复 2	重复 3	重复 4	平均	对照
1	还原糖（%）	4.9	4.8	4.4	4.5	4.6	5.3
2	蔗糖（%）	3.31	5.42	4.80	4.19	4.43	3.58
3	总糖（%）	8.3	10.5	9.4	8.9	9.3	9.0
4	总酸（g/kg）	6.0	3.1	3.1	5.2	4.35	4.44
5	维生素 C（mg/100g）	14.9	13.1	16.0	10.1	13.5	17.1
6	可溶性固形物（%）	11.0	12.7	12.1	12.0	11.95	11.3

蒸热处理后第 12 d（2008 年 6 月 18 日）对金煌芒果品质比较测定的结果（表 5）表明，鲜果的还原糖、蔗糖、总糖、可溶性固形物的百分含量与对照果基本一致，分别为 3.0% 与 2.6%、8.5% 与 8.33%、11.98% 与 11.4%、14.5% 与 13.9%；总酸的含量也与对照果基本相同，分别为 0.55 mg/kg 和 0.5 mg/kg；而维生素 C 的含量也略有降低，分别为 9.7 mg/100g 和 12.6 mg/100g。

表 5 金煌芒果糖份、酸度和维生素 C 的含量比较测定结果表（2008.06.18，海口）

序号	检测项目	检测结果					
		重复 1	重复 2	重复 3	重复 4	平均	对照
1	还原糖（%）	2.7	3.5	3.0	2..9	3.0	2.6
2	蔗糖（%）	7.70	9.38	9.15	7.82	8.5	8.33
3	总糖（%）	10.8	13.4	12.6	11.1	11.98	11.4
4	总酸（g/kg）	0.6	0.3	1.0	0.3	0.55	0.5
5	维生素 C（mg/100g）	9.1	8.8	11.1	9.6	9.7	12.6
6	可溶性固形物（%）	13.6	15.9	14.8	13.5	14.5	13.9

尽管蒸热后的金煌芒果 2 次测得维生素 C 的平均含量分别比对照减少 3.6 mg/100g 和 2.7 mg/100g，但蒸热处理过程对芒果维生素 C 的轻度影响仍视为在允许变化范围之内。

另外，从表 5 和表 4 中 2 次不同贮存时间测得的结果来看，蒸热处理后第 12 d 的芒果蔗糖、总糖和可溶性固形物的含量明显高于处理后第 7 d 的含量，这说明果实贮存时间越长，其成熟度相应提高，糖分的含量也随之增加，而总酸和维生素 C 的含量则随之降低。

总之，海南产金煌芒果在完全杀灭橘小实蝇（死亡率和校正死亡率 100%）的蒸热条件下（保持果心温度 47℃ 和使用饱和热蒸汽，处理 20 min），除维生素 C 的含量有微量损失外，基本可保持鲜果的品质不变。

3 讨论

海南产 4 个不同品种芒果内橘小实蝇的忍耐力试验结果显示，针对同一检疫性实蝇害虫的有效蒸热杀虫处理条件应视输出芒果品种的果体大小和平均重量的差异而有所不同，当蒸热处理温度相同时，处理时间应依据芒果品种实际的果体和平均重量大小而作相应改变。

中国芒果的主产区现有橘小实蝇和瓜实蝇

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的发生和分布[12],本研究未将瓜实蝇列入供试靶害虫一并进行试验,其主要理由如下:(1)海南产芒果鲜果至今尚未发现瓜实蝇的危害,也从未从海南果园的受害芒果果实中饲养出该害虫;(2)根据室内和野外笼罩条件下瓜实蝇在芒果上产卵和发育的试验,结果发现该害虫的幼虫在芒果内发育不良,个体较小,且存活率低。这表明芒果为瓜实蝇的非适宜寄主(林明光等,2008,未发表资料);(3)国外有关研究表明,橘小实蝇比瓜实蝇更具耐热力[13]。据此推测,适用于芒果内橘小实蝇的蒸热杀虫处理的条件也完全能杀灭瓜实蝇,达到检疫安全的目的。

参 考 文 献

1 Halman G. J. Vapor-heat treatment of the Carambolas infested with Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.*, 1990, **83**(6): 2 340 ~ 2 342.

2 Jacobi K. K., MacRae E. A., Suzan E. H. Postharvest heat disinfestation treatments of mango fruit. *Scientia Horticulturae*, 2001, **89**(3): 171 ~ 193.

3 Mohamed M. S., Sulaiman Z., Latifah M. N., *et al.* Disinfestation of Oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* Hendel and melon fly *Bacterocera cucurbitae* Coquillett (Dipetra: Tephritidae) in Malaysian mangoes (*Mangifera indica* Linnaeus var. Harumanis) using vapor heat treatment. Report to Japanese MAFF by Malaysian Agricultural Research and Development Institute. MARDI, Kuala Lumpur, Malysia. 1994. 87.

4 Unahawatti U., Chettanachitara C., Poomthong M., *et al.* Vapor heat treatment for 'Nang Klangwan' mango, *Mangifera indica* Linn. infested with eggs and larvae of the Oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel and the Melon fly, *D. cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae). Agriculture Regulatory Division, Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Co-operations, Bangkok, Thailand. 1986. 108.

5 Mangan R. L. Ingle S. J. Forced hot-air quarantine treatment for mangoes infested with West Indian fruit fly. *J. Econ. Entomol.*, 1992, **85**: 1 859 ~ 1 864.

6 Heather N. W., Kopittke R. A., Pike E. A. A heated air quarantine disinfestation treatment against Queensland fruit fly (Diptera: Tephritidae) for tomatoes. *Austr. J. Exp. Agr.*, 2002, **42**(8) 1 125 ~ 1 129.

7 FAO. Regional standards for phytosanitary measures, guidelines for the development of heat disinfestations treatments of fruit fly host commodities. 2004, APPPC RSPM No. 1, Bangkok.

8 Heard T. A., Heather N. W., Peterson P. M. Relative tolerance to vapor heat treatment of eggs and larvae of *Bactrocera tryoni* (Diptera: Tephritidae) in mangoes. *J. Econ. Ent.*, 1992, **85**(2): 461 ~ 463.

9 APEDA, Guidelines for export of Indian mangoes to Japan. APEDA, Ministry of Commerce, Govt. of India, New Delhi. 2007.

10 Tsuda T., Chachin K., Lizada M. C. C., *et al.* Effects of vapor heat treatment (VHT) on peel color, respiration, organic acid, sugar and starch contents of 'Carabao' Mangoes. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.*, 1999, **68**(4): 877 ~ 882.

11 Hasbullah R., Kawasaki S., Kojima T., *et al.* Effect of heat treatment on respiration and quality of "Irwin" mango. *J. Soc. Agri. Struc. Japan*, 2001, **32**(2): 59 ~ 67.

12 Wang X. J. The fruit flies (Diptera: Tephritidae) of the East Asian region. *Acta Zootaxon Sinica*, 1996, **21** (Suppl.): 1 ~ 338.

13 杉本民雄,砂川邦男. 利用蒸热处理杀灭鲜果内实蝇的方法. 植物防疫,1987,**41**(3): 34 ~ 38.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net