

# 质地多面分析不同脱涩处理后磨盘柿质地变化

张霁红\*, 郑 娅, 宋 娟, 康三江, 张海燕

(甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所, 兰州 730070)

**摘 要:** **目的** 研究3种人工脱涩方法的脱涩效果以及脱涩过程和货架期磨盘柿质地变化规律 **方法** 分别在脱涩处理后0、2、4、6、8、10、12 d利用质构仪质地多面分析(texture profile analysis, TPA)法测定磨盘柿果肉, 得到不同脱涩方法处理后磨盘柿脱涩和货架期果肉质地参数变化规律。**结果** 温水处理2 d后完全脱涩; 酒精和CO<sub>2</sub>处理5 d后, 可溶性单宁物质含量低于味觉阈值; TPA测试反映3种脱涩处理过程中及货架期磨盘柿果肉各项质地参数变化呈现下降趋势; 果肉硬度与咀嚼性呈正相关( $r=0.951$ ), 与弹性和内聚性呈负相关( $r=-0.725$ ,  $r=-0.704$ ); 果肉咀嚼性与硬度( $r=0.972$ )、弹性、内聚性呈较好的正相关性。**结论** 3种脱涩方法都可有效地降低柿果中可溶性单宁物质含量, 处理过程中及货架期磨盘柿果肉各项质地参数变化呈现下降趋势。硬度、弹性、内聚性、咀嚼性四个参数可综合反应磨盘柿脱涩和货架期的质地变化, 为磨盘柿质地分析提供评价依据。

**关键词:** 质地多面分析; 脱涩; 质地变化

## Texture profile analysis of Mopanshi persimmon texture variation by deastringency

ZHANG Ji-Hong\*, ZHENG Ya, SONG Juan, KANG San-Jiang, ZHANG Hai-Yan

(Agricultural Product Storage and Processing Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

**ABSTRACT: Objective** To research the effect of 3 kinds of artificial deastringency method and texture changes of Mopanshi persimmon during process of deastringency and shelves period. **Method** Texture profile analysis was used to determine Mopanshi persimmon pulp respectively in 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 d by deastringented process, so as to obtain the change rules of Mopanshi persimmon pulp texture parameter by different deastringency method and shelves period. **Results** Mopanshi persimmon were fully deastringented after 2 days hot water treatment, soluble tannin content was below the taste threshold after 5 days alcohol and CO<sub>2</sub> treatment. TPA test results showed that the texture parameters of Mopanshi persimmon fruit had a downtrend during process of deastringency and shelves period. Flesh firmness was positively correlated with chewiness ( $r=0.951$ ) and negatively correlated with resilience and cohesion ( $r=-0.725$ ,  $r=-0.704$ ), and fruit hardness and chewiness ( $r=0.972$ ) and elasticity, cohesion had a good correlation. **Conclusion** Three kinds of artificial deastringency method can effectively reduce the content of soluble persimmon tannin substance, and the texture parameters of Mopanshi persimmon fruit had a downtrend during process of deastringency and shelves period.

基金项目: 甘肃省农科院科技创新工程学科团队项目(2014GAAS03)

**Fund:** Supported by Gansu Provincial Academy of Agricultural Science and Technology Innovation Team Project Engineering Disciplines (2014GAAS03)

\*通讯作者: 张霁红, 副研究员, 主要研究方向为果蔬加工。E-mail: zhangjihong962@163.com

\*Corresponding author: ZHANG Ji-Hong, Associate Professor, Agricultural Product Storage and Processing Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China. E-mail: zhangjihong962@163.com

Hardness, flexibility, cohesiveness and chewiness can comprehensively reflect the shelf-life and texture changes of destringented Mopanshi persimmon, which provides a basis for the texture analysis evaluation of Mopanshi persimmon.

**KEY WORDS:** texture profile analysis; destringency; texture variation

## 1 引言

磨盘柿属涩柿品系中的优良主栽品种之一,在我国种植历史悠久,栽植面积较大,近年来,随着产量的提高和采后果实脱涩、保脆、防褐变及贮运技术的发展,磨盘柿的销售前景越来越好。磨盘柿为含核涩柿,采收时不能鲜食,需经过冬贮脱涩或采取人工脱涩才能食用,目前采用酒精、CO<sub>2</sub>、石灰水脱涩等方法<sup>[1,2]</sup>使柿果脱涩后变得甜脆,但随着货架期的延长,脱涩后的柿果硬度降低,容易软烂、褐变,故脱涩后的硬度、脆度、耐贮性等成为磨盘柿品质评价的重要指标<sup>[3]</sup>。实践中常使用感官评价的方法,个体差异影响较大,结果不稳定,质构仪质地多面分析(texture profile analysis, TPA)是通过对试样进行两次压缩的机械过程来模拟人口腔的咀嚼运动,利用力学测试方法来模拟食品质地的感官评价,采用该方法对柿果脱涩及贮藏期间硬度、弹性、内聚性等指标进行测试,有效地减少了个体间主观判断误差,同时,仪器测试方法所获得的数据较客观,重复性好,可从力学性能方面客观的反映物质的质构<sup>[4,5]</sup>。因此,TPA质构分析法在判断食品质地变化方面被广泛应用,如面条、面包、馒头、香肠、饼干、蛋糕、奶酪、酸奶<sup>[6,7]</sup>、土豆<sup>[8]</sup>、番茄<sup>[9]</sup>及水果<sup>[10,11]</sup>等, Suzuki 等<sup>[12]</sup>利用声学方法测量日本甜柿的质地, Sakurai 等<sup>[13]</sup>利用锐度指数来表征日本“fuyu”柿子质地,国内在涩柿的质地变化方面研究较少。本试验拟通过质构 TPA 测试法,对不同脱涩方法处理的柿果脱涩及货架期间的果肉质地参数变化规律进行研究,旨在揭示脱涩及货架期磨盘柿果肉质地变化规律,为磨盘柿的脱涩保脆技术提供理论及评价依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料与试剂

供试产品:磨盘柿产自甘肃舟曲,于 2014 年 10 月 6 日当地采收(果实八成熟,表面 70%~80%呈橙黄色,果底部分为黄绿),选择中等大小、无腐烂、无病

虫害的柿子运回实验室,进行人工脱涩。

### 2.2 试剂及实验设备

#### 2.2.1 试剂

乙醇、氧化钙、磷酸、磷钼酸、钨酸钠、碳酸钠等均为分析纯,购于天津市光复科技发展有限公司。

F-D(钨酸钠-钼酸钠混合溶液)显色剂的配制:取水约 350 mL,至于圆底烧瓶内,加钨酸钠 50 g,磷钼酸 12 g 及磷酸 25 mL,接以回流冷凝器,煮沸 2 h,放冷,加水稀释至 500 mL,混合均匀,制得,本品应置于密塞玻璃瓶中于冷暗处贮之。

75 g/L 碳酸钠溶液:称取 37.5 g 无水碳酸钠溶于 250 mL 温水中,混匀,冷却,稀释至 500 mL,过滤到储液瓶中备用。

#### 2.2.2 实验设备

TGL-16M 冷冻离心机(上海安亭);BSA224S-CW 电子天平(赛多利斯);HWS24 电热恒温水浴锅;KQ-200VDB 超声波清洗器(昆山超声仪器);UV2400 紫外可见分光光度计(上海舜宇恒平科学有限公司);CT3 质构仪(美国博勒飞公司)。

### 2.3 试材处理

脱涩处理:试验原料分为 A、B、C、D 四组, A 组温水脱涩:用容器装入涩果,达容器的 70%,放入 40 °C 的恒温水浴中,温水将柿果浸没,隔绝空气; B 组酒精脱涩:喷 45%酒精于柿果上,密封; C 组 CO<sub>2</sub> 脱涩:果实装于密闭袋内,用钢瓶分别通入 70%浓度的二氧化碳,然后封死进气口; D 组室内常温放置做对照。在常温下(18~20 °C)脱涩 1、2、3、4、5、6、7 d 后,每个处理随机取样 6 个,重复测定 3 次,取平均值,并进行感官评定和可溶性单宁物质含量的测定。

### 2.4 测试指标及方法

2.4.1 可溶性单宁含量测定:参照 NY/T 1600-2008 中的方法<sup>[14]</sup>

采用紫外分光光度法,以没食子酸为标准品作标准曲线,建立回归方程,于 765 nm 处测定。

### 2.4.2 果实质地分析

脱涩后用 0.05 mm 聚乙烯薄膜封装、20 °C 恒温放置, 每 2 d 随机挑选不同脱涩处理的单个柿果, 放置于质构仪测试平板上, 采用 CT3 质构仪进行 TPA 质构分析, 夹具 TA-TPB, 探头 TA5, 测试速度 0.5 mm/s, 目标距离 5 mm, 触发点 7 g, 数据频率 10 点/s, 室温, 选择硬度、弹性、咀嚼性、内聚性等作为质地评价参数, 这些参数可直接由物性分析仪计算机软件计算得出, 每个处理随机取样 6 个, 重复测定 3 次, 取平均值。

### 2.5 数据处理

实验分析中所有图表的绘制采用 Excel 进行处理, 利用 SPSS16.0 统计软件对试验数据进行相关性分析及统计。

## 3 结果与分析

### 3.1 样品中可溶性单宁含量的测定

CO<sub>2</sub>、酒精、温水处理后磨盘柿果实中可溶性单宁含量逐渐降低, 5 d 后可溶性单宁含量降至 3 mg/g 以下, 柿果涩味低于味觉阈值 3 mg/g, 6 d 以后基本检测不到可溶性单宁物质, 果实完全脱涩。三种脱涩方法相比较, 其中温水脱涩速度较快, 2 d 后涩味消除<sup>[15]</sup>。酒精脱涩和 CO<sub>2</sub> 脱涩速度较慢, 需要 1 w 左右的时间。柿果酒精脱涩、CO<sub>2</sub>、温水脱涩机制是将果实置于无氧条件下, 使果肉细胞进行无氧呼吸产生乙醇, 再由柿果中的乙醇脱氢酶将乙醇转变为乙醛, 乙醛与可溶性单宁结合变为不溶性的树脂状物质, 使果实失去涩味<sup>[16]</sup>, 温水脱涩过程中, 由于有适宜的温度条件, 参与反应的酶活性增大, 反应加速, 脱涩速度较快, 但同时也容易引起果肉褐变及质地变化。

### 3.2 柿果质地分析结果

#### 3.2.1 脱涩处理后磨盘柿果肉硬度变化规律

硬度是磨盘脆柿贮藏期间品质评价的重要指标, 在一定硬度的支持下, 才能体现出脆的口感, TPA 测试反映了 3 种脱涩方法处理后及柿子真空包装常温贮存下硬度的变化趋势, 其硬度均随货架期的延长呈现降低趋势, 且 3 种脱涩方法处理后的磨盘柿果肉硬度有着相似的下降变化规律。说明在不同的脱涩条件下, TPA 测试能够很好反映柿子果肉硬度变化规律, 该结果与林菲等<sup>[17]</sup>利用硬度计对柿果不同温度贮藏期硬度的变化测试结果相似, 3 种脱涩方法脱涩

后柿果的硬度发生变化, 其中温水脱涩后硬度最低, 在贮藏 5 d 后果实变褐发软, 失去商品价值, 酒精脱涩和 CO<sub>2</sub> 脱涩后的硬度较大, 色泽鲜艳, 但由于脱涩过程破坏了果肉内部结构, 常温条件下, 果肉内的酶系开始反应, 酒精脱涩后 8 d 硬度开始下降, 10 d 时迅速下降变软, 相对而言 CO<sub>2</sub> 脱涩后的柿果硬度较大, 真空包装 10 d 后变软失去脆性。

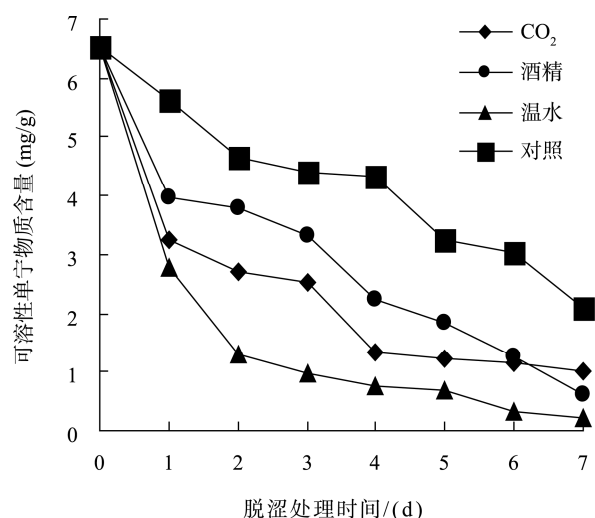


图 1 脱涩处理后磨盘柿果肉中可溶性单宁物质含量变化

Fig. 1 Change of soluble tannin material content in the deastringented Mopanshi persimmon

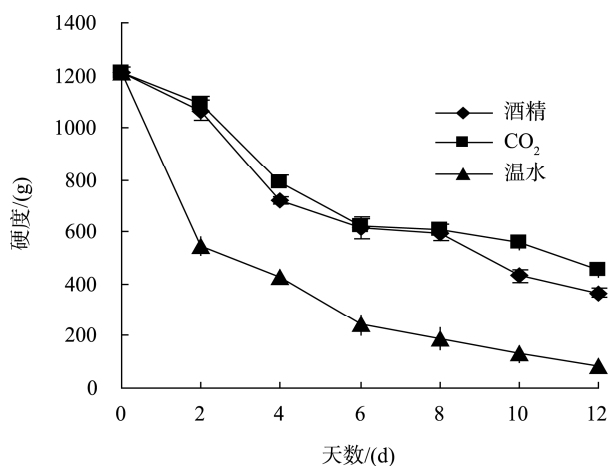


图 2 脱涩处理后磨盘柿果肉硬度变化规律

Fig. 2 Change rule of the fruit hardness in the deastringented Mopanshi persimmon

#### 3.2.2 脱涩处理后磨盘柿果肉内聚性变化规律

内聚性是反映咀嚼果肉时, 果肉抵抗牙齿咀嚼破坏而表现出的内部结合力, 反映了果肉组织细胞

间结合力的大小。如图 3 所示, 在整个脱涩及货架期间, 3 种脱涩方法处理的磨盘柿果肉内聚性随货架期延长总体均呈现下降趋势, 且各处理后的柿果肉有相似的下降规律, 脱涩期间内聚力变化幅度较小, 温水处理的较稳定时间在脱涩后 2~3 d, 后有明显的减小, 5~6 d 缓慢上升, 而 8 d 后又开始出现缓慢的下降趋势, 而酒精脱涩和 CO<sub>2</sub> 脱涩法, 脱涩过程较长脱涩期间磨盘柿果肉维持着较高的内聚力, 随着脱涩后货架期的延长内聚力表现为缓慢上升和下降的趋势, 其整个过程都较温水脱涩延迟。说明不同脱涩方法对果肉内部结合力存在一定影响<sup>[18]</sup>。

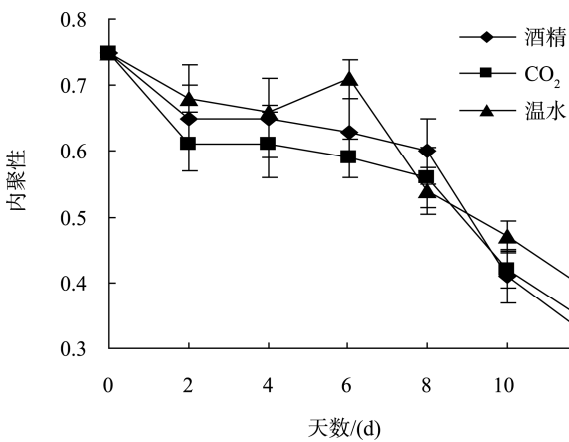


图 3 脱涩处理后磨盘柿果肉内聚性变化规律  
Fig. 3 Change rule of pulp internal cohesion in the deastringented Mopanshi persimmon

### 3.2.3 脱涩处理后磨盘柿果肉弹性变化规律

弹性反映的是磨盘柿果肉经第一次压缩变形后, 在去除变形力的条件下所能恢复的程度。如图 4 所示, 在整个脱涩期间, 3 种脱涩方法对磨盘柿果肉弹性有着相似的变化规律, 果肉弹性呈下降趋势, 而在脱涩后 4 d 温水脱涩的果肉弹性开始以较小的幅度上升, 但上升时间较短, 6 d 开始又出现缓慢的下降趋势, 其次是酒精、CO<sub>2</sub> 脱涩, 8 d 果实弹性缓慢上升 10 d 下降, 这是因为温水脱涩后常温存放极易变软, 果实变软的过程就是弹性先增加再降低, 这一变化差异和感官评价结果相一致, 说明 TPA 测试能很好地表征不同脱涩及货架期柿子果肉弹性的变化规律, 同时也反映出酒精脱涩、CO<sub>2</sub> 脱涩能暂时缓解果肉弹性的下降。

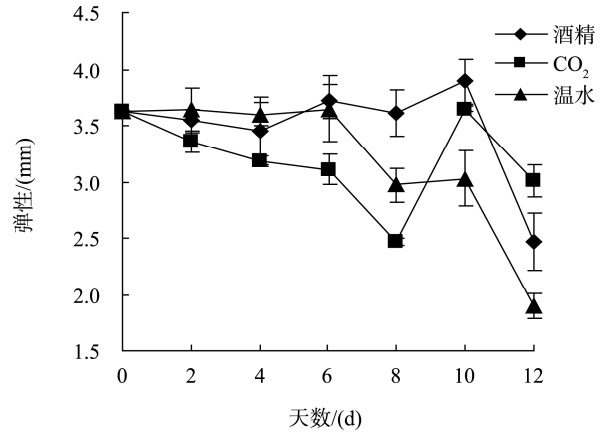


图 4 脱涩处理后磨盘柿果肉弹性变化规律  
Fig. 4 Change rule of the flesh elasticity of the Mopanshi persimmon after removed astringency

### 3.2.4 脱涩处理后磨盘柿果肉咀嚼性变化规律

咀嚼性是牙齿将固体样品咀嚼成吞咽稳定状态时所需要的能量, 其综合反映了果肉在牙齿咀嚼过程中对外力的持续抵抗作用。如图 5 所示, 在磨盘柿脱涩和货架期间, 磨盘柿果肉咀嚼性随脱涩和货架期的延长总体均呈降低趋势, 脱涩期间果肉质地坚硬, 咀嚼性大, 随脱涩后货架期存放时间的延长呈平缓的降低趋势, 但下降幅度均不大。这一变化说明了 CO<sub>2</sub> 脱涩存放中后期对果肉的咀嚼性保持较好, 同时也充分体现 TPA 测试模拟牙齿咀嚼柿子果肉所需作用力大小的变化情况, 贮藏 10 d 时磨盘柿果肉咀嚼性均比脱涩后有较大幅度降低。

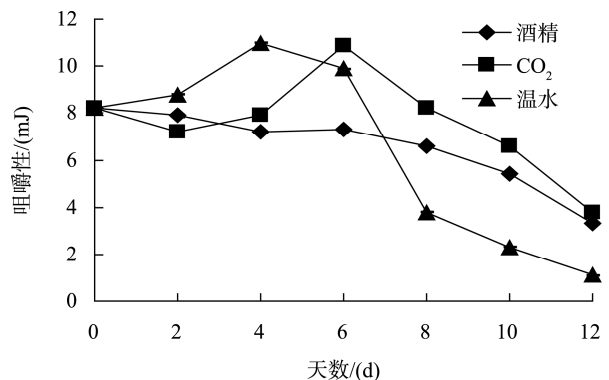


图 5 脱涩处理后磨盘柿果肉咀嚼性变化规律  
Fig. 5 Change rule of the pulp chewiness in the deastringented Mopanshi persimmon

### 3.3 磨盘柿果肉 TPA 测试相关性分析

磨盘柿果肉 TPA 测试的相关性分析结果如表 1 所示。在不同脱涩及货架期间, 柿子果肉硬度与咀嚼性呈较好的正相关性( $r=0.951$ ), 与果肉弹性和内聚性呈负相关性( $r=-0.725$ ,  $r=-0.704$ )说明柿子果肉硬度越大, 果肉的咀嚼性越强, 而果肉弹性和内聚性越差, 故果肉硬度和咀嚼性均能反映果实的致密度及坚实度, 此外, 果肉弹性与内聚性和咀嚼性呈正相关性( $r=0.972$ ,  $r=0.612$ ), 说明柿子果肉弹性越好, 内聚性和咀嚼性也较好, 同时, 果肉的内聚性和咀嚼性也呈较好的相关性( $r=0.695$ ), 说明柿子果肉内聚性越强, 则果肉咀嚼性越大。即果肉硬度与咀嚼性呈正相关, 与弹性和内聚性呈负相关; 果肉咀嚼性与硬度、弹性、内聚性呈较好的正相关性, 故果肉硬度、弹性、咀嚼性和内聚性均能很好反映果肉的质地变化, 可作为磨盘柿脱涩和货架期的质地指标进行研究。

表 1 磨盘柿果肉质地各项参数之间的相关性  
Table 1 Correlation of texture parameters of the mopanshi persimmon pulp quality by TPA test

因素	硬度	弹性	内聚性	咀嚼性
硬度	1			
弹性	-0.725**	1		
内聚性	-0.704*	0.972**	1	
咀嚼性	0.951**	0.612	0.695	1

\*\*表示极显著水平 0.01(双侧), \*表示显著水平 0.05 水平(双侧)

## 4 讨论

磨盘柿质地硬、脆是果实脱涩后的重要品质指标, 但不同的脱涩方法影响果实的质地以及货架期, 张昆明等<sup>[19]</sup>在测定葡萄贮藏期果肉质参数变化规律时, 选用了硬度、弹性、凝聚性、咀嚼性等指标综合反映葡萄贮藏期果肉质地的变化。张永茂等<sup>[20]</sup>在苹果干装罐头质地分析上采用了硬度、弹性、弹性指数、内聚性、咀嚼性、恢复性等指标进行综合评价, 本试验在预试验的基础上选择硬度、弹性、内聚性、咀嚼性为 TPA 测定参数, 分析不同脱涩方法及货架期磨盘柿果肉质变化, 初步得到了磨盘柿果肉质变化评价指标。

综上所述, 3 种脱涩方法在脱涩过程中对果实质地影响不明显, 相比较温水脱涩时间较短, 2 d 后柿

果完全脱色, 但由于高温激活了果肉内酶的活性, 产品极易褐变、发软, 酒精脱涩和 CO<sub>2</sub> 脱涩相对时间较长, 5 d 左右涩味低于味觉阈值, 在整个脱涩期间果实保持较好的质地。脱涩后真空包装货架期间, 3 种脱涩方法所得的柿果随着时间延长, TPA 测试反应的柿果果肉各项质地参数变化规律总体均呈现下降趋势, 其下降幅度明显大于脱涩过程。

果肉硬度与咀嚼性呈正相关, 与弹性和内聚性呈负相关; 果肉咀嚼性与硬度、弹性、内聚性呈较好的正相关性, 故硬度、弹性、内聚性、咀嚼性 4 个参数可综合反应磨盘柿脱涩和货架期的质地变化, 为磨盘柿的产品开发及贮藏贮运提供评价依据。

### 参考文献

- [1] 冷平, 李宝, 张文, 等. 磨盘柿的二氧化碳脱涩技术研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(11): 1333-1336.  
Leng P, Li B, Zhang W, *et al.* Study on de-astringent of Mopan persimmon by carbon dioxide [J]. *Sci Agric Sin*, 2003, 36(11): 1333-1336.
- [2] Chen XN, Fan JF, Yue X, *et al.* Radical scavenging activity and phenolic compounds in persimmon (*Diospyros kaki L.cv.Mopan*) [J]. *J Food Sci*, 2008, 73 (1): 24-28.
- [3] Bo Z, Xiao QD, Zhen Z, *et al.* Development of suitable standards for quantitative determination of persimmon phenol contents in Folin-iocalteu and vanillin assays [J]. *Eur Food Res Technol*, 2014, 7: 239-343.
- [4] Alasalvar C, Taylor KD, Ksüz A, *et al.* Freshness assessment of culture dsea bream (*Sparus aurata*) by chemical physical and sensory methods [J]. *Food Chem*, 2001, 72: 33-40.
- [5] Yan RA, Lin N, Lu YY. Application of neotame in cakes [J]. *Food Sci Res J*, 2013, 4(2):107-110.
- [6] Anamika N, Chopra CS, Anil K, *et al.* Changes in hardness of fried edible coated paneer cubes packed under modified atmospheric conditions [J]. *Food Sci Res J*, 2013, 4(2): 107-110.
- [7] Wang YT, Guo WK, Chi T, *et al.* Process of yogurt by nanofiltration concentration from raw milk [J]. *Chin Soc Agric Eng*, 2014, 30(15): 317-324.
- [8] Zdunek A, Bednarczyk J. Effect of mannitol treatment on ultrasound emission during texture profile analysis of potato and apple tissue [J]. *J Texture Stud*, 2006, 37(3): 339-359.
- [9] Lee SY, Luna GI, Chang S. Relating descriptive analysis and instrumental texture data of processed diced tomato [J]. *Food Qual Prefer*, 1999, 10: 447-455.
- [10] Go LJ, Bejcek L, Gratz P. Mechanical resonance method for

- evaluation of peach fruit firmness [J]. Hortscience, 2003, 30(1): 1-6.
- [11] Hu YY. Application of texture analyzer in the assessment for grape quality [J]. Food Res Dev, 2013, 34(21): 123-127.
- [12] Suzuki T, Niikawa T, Sakurai N. Texture evaluation of 'Taishuu' persimmon using an acoustic vibration method [J]. Hort Res, 2013, 12(4): 433-438.
- [13] Sakurai N, Iwatani S, Terasaki S, *et al.* Evaluation of 'Fuyu' persimmon texture by a new parameter, "Sharpness index" [J]. J Jpn Soc Hortic Sci, 2005, 74(2): 150-158.
- [14] 农业部果品及苗木质量检验测试中心. NY/T 1600—2008 农业行业标准[S]. Ministry of Agriculture, fruit and nursery stock Quality Testing Center. NY/T 1600—2008 Agriculture industry standards [S].
- [15] Yamada M, Taira S, Ohtsuki M, *et al.* Varietal differences in the ease of astringency removal by carbon dioxide gas and ethanol vapor treatments among oriental astringent persimmons of Japanese and Chinese origin [J]. Sci Hortic, 2002, 94:63-72
- [16] Taira S, Ono M, Matsumoto N. Reduention of persimmon astringency by complex formation between pectin and tannins [J]. Postharvest Biol Technol, 1997, 12(3): 265-270.
- [17] 林菲. 柿子保鲜及脱涩技术研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013. 6.  
Lin F. Studies on Fresh-keeping and postharvest de-astringency handles of persimmon fruits [D]. Fuzhou: Fujian Agric Forest Univ, 2013.6.
- [18] Salvador A, Arnal L, Besada C, *et al.* Physiological and structural changes during ripening and deastringency treatment of persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante' [J]. Postharvest Biol Technol, 2007, 46(2): 181-188.
- [19] 张昆明, 张平, 李志文, 等. 葡萄贮藏期间果肉质地参数变化规律的 TPA 表征[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(3): 353-358.  
Zhang KM, Zhang P, Li ZW, *et al.* Study on the variation of grape berry texture properties during storage by texture profile analysis [J]. J Food Sci Biotechnol, 2011, 30(3):353-358.
- [20] 张永茂, 张海燕, 张芳, 等. 正交试验优化干装苹果罐头固化护色剂配方[J]. 食品科学, 2013, 14(34): 51-56.  
Zhang YM, Zhang HY, Zhang F, *et al.* Optimization of hardener selection and color fixative formulation for canned solid pack apple by orthogonal array design [J]. Food Sci, 2013, 14(34):51-56.

(责任编辑: 金延秋)

#### 作者简介



张霁红, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为果蔬加工。

E-mail: zhangjihong962@163.com