

# 不同渗糖方式对芒果果脯品质及组织细胞的影响

盛金凤, 李丽, 孙健, 李昌宝, 李杰民, 郑凤锦, 刘国明, 何雪梅, 廖芬, 张雅媛

(广西农业科学院农产品加工研究所, 广西作物遗传改良重点开放实验室, 广西南宁 530007)

**摘要:** 本文以芒果残次果为原料, 在常温条件下, 研究了超声波、微波和真空三种渗糖处理方式对芒果果脯色泽、质地、复水率、总糖含量以及对芒果组织细胞的影响。结果表明: 真空渗糖方式对芒果色泽和质构影响最明显, 得到的芒果果脯色泽红度值降低, 色泽、硬度、胶着性和咀嚼性与常压对照存在显著性差异 ( $P < 0.05$ ); 而超声波和微波渗糖方式对芒果果脯色泽和质构影响较小; 超声波渗糖方式最有利于促进芒果果脯的渗糖, 得到的果脯总糖含量最高; 三种渗糖方式与常压对照组相比降低了芒果果脯复水率, 但影响较小, 复水 150 min 时三种渗糖方式下芒果果脯复水率在 189.27%~191.10% 之间; 通过显微镜观察渗糖后芒果组织切片, 发现超声波渗糖方式能明显降低渗糖对芒果组织细胞结构的破坏作用。

**关键词:** 芒果果脯; 渗糖方式; 品质; 组织细胞

文章编号: 1673-9078(2014)6-202-206

## Effects of Different Sugar Osmosis on the Quality and Tissue Cells of Preserved Mango

SHENG Jin-feng, LI Li, SUN Jian, LI Chang-bao, LI Jie-min, ZHENG Feng-jin, LIU Guo-ming, HE Xue-mei, LIAO Fen, ZHANG Ya-yuan

(Institute of Agro-food Science & Technology, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Guangxi Crop Genetic Improvement and Biotechnology Lab, Nanning 530007, China)

**Abstract:** At room temperature, mango slices were immersed in sugar solution assisted by ultrasonic, microwave and vacuum to produce the preserved mangoes. Color, texture, total sugar content and rehydration rate were analyzed. Meanwhile, the histiocyte of mango was examined using microscope. The results showed that color and texture of the preserved mango assisted by vacuum changed obviously in comparison with atmospheric sugar osmotic, while its color, hardness, conglutination and chewiness showed significant difference from those of the control ( $P < 0.05$ ). Ultrasonic and microwave assisted treatments exhibited little effects on color and texture of mango. Ultrasonic enhanced infiltration rate of sugar and the total sugar content was the highest in ultrasonic-assisted preserved mango. Rehydration behavior was reduced by three kinds of new methods to some extent, and the rehydration rate of the preserved mango was among 189.27%~191.10% after being immersed for 150 min in water. By examining mango tissue section using microscope, it was found that ultrasonic infiltration method obviously reduced mango cellular structure damage during sugar osmosis.

**Key words:** preserved mango; sugar osmotic; quality; histiocyte

芒果是一种亚热带水果, 富含多种维生素, 还含有较多的膳食纤维等功效成分。芒果的落果、疏果占芒果总产量的 70% 左右, 这些资源除少数被用作饲料外, 大部分都作为废物被丢掉, 浪费严重。果脯作为我国的传统食品, 深受消费者喜爱, 开展芒果残次果

收稿日期: 2014-01-24

基金项目: 广西农业科学院基本科研业务专项 (桂农科 2013J004、桂农科 2013YM23)

作者简介: 盛金凤 (1987-), 女, 硕士, 研究实习员, 研究方向: 农产品加工技术

通讯作者: 李丽 (1983-), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 食品加工技术

果脯的开发, 对提升芒果的产值具有重要的意义。

渗透脱水是果脯加工过程的关键工艺, 果蔬在高渗透压溶液中, 在细胞膜的半渗透性作用下, 物料中的水分转移到溶液中, 达到脱除果蔬组织中部分水分的目的<sup>[1-2]</sup>。为提高果蔬的渗透脱水效果, 不断有新技术应用在果蔬的加工过程中。超声波技术应用于果蔬的渗透脱水已得到广泛关注, Nowacka 等<sup>[3]</sup>研究发现将猕猴桃浸泡在 61.5% 的蔗糖溶液中, 超声波处理 10 min 对其脱水有显著影响, 且超声波处理使果肉形成微细通道; Ashwini 等<sup>[4]</sup>研究确定超声波条件下可提高姜黄素在椰肉的扩散速率, 且溶剂 (蔗糖或氯化钠) 浓度越高, 扩散越快; 马道荣等<sup>[5]</sup>研究了微波渗糖不

同参数对苹果脯的影响;谭红军等<sup>[6]</sup>研究了枇杷果脯真空渗糖和微波真空干燥工艺。目前,国内在如何将新技术应用于果蔬加工方面开展了较多的研究,但大都通过感官评价的方式确定工艺的优劣,对不同新技术对果脯的品质特性影响量化分析较少。本文以残次芒果为原料,对超声波渗糖、真空渗糖以及微波渗糖三种方式对芒果果脯的色泽、质构特性、总糖含量、复水率的影响进行量化分析,并结合显微镜切片观察不同渗糖方式对芒果果肉组织细胞的影响,以期对芒果果脯渗糖优化工艺提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 原料与试剂

芒果,2013年8月采自广西百色田东县芒果园,品种为凯特,贮存于0~4℃冰箱中;白砂糖、盐,市售;氯化钙、麦芽糖浆、柠檬酸,食品级;苯酚、硫酸,分析纯。

#### 1.1.2 主要仪器设备

DZX-6210B真空干燥箱,上海福玛实验设备有限公司;KQ5200B型超声波发生器,昆山市超声仪器有限公司;Galanz微波炉(700W,2450MHz),广东格兰仕微波炉电器有限公司;热风干燥箱,天津市泰斯特仪器有限公司;HP200精密色差仪,上海汉谱光电科学有限公司;CT3质地分析仪,美国Brookfield;TU-1810紫外分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司;BX51正置荧光显微镜,OLYMPUS公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 工艺流程

原料验收→去核→硬化护色→渗糖→烘干整形→包装成品

##### 1.2.1.1 原料验收

选新鲜、较成熟的芒果,清水洗去表皮泥浆杂物。

##### 1.2.1.2 去核

将清洗干净的芒果放入85~100℃的热水中热烫1min,取出放入冷水中,人工去皮去核。

##### 1.2.1.3 硬化护色

将去皮去核后的芒果肉切成长宽高5cm×2cm×1.5cm的长条,为使成品外观饱满,将芒果条常温浸泡在硬化护色液中3h,固液比1:2(m:V)。硬化护色液为质量分数0.4%CaCl<sub>2</sub>、0.2%柠檬酸、0.1%NaCl的混合液;其中CaCl<sub>2</sub>起硬化作用,NaCl有利

于改善果块透明度。

##### 1.2.1.4 渗糖

渗糖液为质量分数40%白砂糖和10%麦芽糖浆混合液;常压对照渗糖工艺:将一份加入糖液的芒果条室温下渗糖,保持60min后取出;真空渗糖工艺:将一份加入糖液的芒果条放入真空箱内,开启真空泵抽真空至0.09MPa,保持60min;超声波渗糖工艺:将一份加入糖液的芒果条置入超声波发生器中,超声波条件下渗糖60min;微波渗糖工艺:将一份加入糖液的芒果条放入微波炉中,开启30%的火力(210W),微波条件下渗糖30min。

##### 1.2.1.5 烘干整形

渗糖完毕后,将芒果条捞出,沥去芒果条表面的糖液,放在烘盘内,送入烘箱,干燥温度控制在55~60℃,干燥期间进行2次翻盘,使其干燥均匀,同时可以对果脯进行整形,当芒果脯水分含量降到18%~20%时即可取出。

### 1.2.2 芒果脯各项参数的测定

#### 1.2.2.1 色泽

使用精密色差仪测定样品的L\*、a\*、b\*值;每组样品平行测定6次。

#### 1.2.2.2 质构特性分析

质地分析仪测定样品的质构特性,测试探头型号TA44、TPA模式,距离目标值5mm,出发点负荷5g,测试速度2mm/s;每组样品平行测定6次。

#### 1.2.2.3 总糖含量

苯酚-硫酸法。

#### 1.2.2.4 复水试验

将10g样品置于烧杯中,加入150mL蒸馏水,每隔30min称样品的重量;

### 1.2.3 显微切片

样品按1.2.1方法处理后,将已处理的渗糖样品在45℃下放置30~40min,以凉干表面糖液。然后在-20~-10℃条件下进行冷冻切片,切片固定于载玻片后在显微镜下观察并拍照记录。

## 1.3 统计分析

采用SPSS 17.0软件(美国SPSS公司)中的Duncan test进行单因素方差分析(P<0.05),Excel 2003作图。图表中各数据结果为三次试验均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同渗糖方式对果脯颜色的影响

表1 不同渗糖方式对芒果果脯色泽的影响

Table 1 Color of the preserved mango by different sugar

osmotic methods			
渗糖方式	L*	a*	b*
常压	61.76±2.30 <sup>a</sup>	9.98±4.34 <sup>a</sup>	35.42±6.36 <sup>a</sup>
超声波	59.27±4.31 <sup>a</sup>	9.30±1.02 <sup>ab</sup>	27.38±6.55 <sup>b</sup>
微波	61.31±2.65 <sup>a</sup>	11.23±1.21 <sup>a</sup>	31.30±2.45 <sup>ab</sup>
真空	46.60±2.51 <sup>b</sup>	6.40±1.74 <sup>b</sup>	9.489±3.34 <sup>c</sup>

注:表中同一竖栏中数字后面的不同字母表示在  $P<0.05$  水平上差异显著,下同。

L\*表示样品的亮度,  $L^*=0$  为黑色,  $L^*=100$  为白色, L\*越大,表明样品表面越亮;从表1不同渗糖方式对芒果果脯色泽的影响实验结果看出:常压渗糖、超声波渗糖和微波渗糖三种渗糖方式 L\*值均在 59.27~61.76 之间,三者不存在显著性差异 ( $P>0.05$ ),真空渗糖条件下芒果果脯 L\*值为 46.60,与其他三种渗糖方式存在显著性差异 ( $P<0.05$ ); a\*代表样品红绿度,正 a\*表示红色, a\*值越大,样品表面越红;超声波渗糖和微波渗糖与常压对照渗糖三种渗糖方式得到的芒果果脯 a\*值在 9.30~11.23 之间,没有显著性差异 ( $P>0.05$ ),而真空渗糖 a\*值为 6.40,表明真空渗糖条件下制备的芒果果脯色泽红度降低; b\*值代表样品黄蓝度,正 b\*值表示黄色; b\*值越大,黄色越深,不同渗糖条件芒果果脯色泽 b\*值之间的显著性  $P=0$ ,表明不同渗糖方式对芒果果脯 b\*值影响显著,从表中看出

表2 不同渗糖方式对芒果果脯质地的影响

Table 2 Texture of the preserved mango by different sugar osmotic methods

渗糖方式	硬度/g	内聚性	弹性/mm	胶着性/g	咀嚼性/mj
常压	682.20±388.20 <sup>a</sup>	0.41±0.22 <sup>a</sup>	4.29±0.34 <sup>a</sup>	259.78±147.88 <sup>a</sup>	10.98±6.58 <sup>ab</sup>
超声波	844.00±382.36 <sup>a</sup>	0.44±0.19 <sup>a</sup>	5.34±3.59 <sup>a</sup>	357.50±218.94 <sup>ab</sup>	16.76±9.70 <sup>ac</sup>
微波	505.60±237.28 <sup>a</sup>	0.45±0.22 <sup>a</sup>	4.02±0.34 <sup>a</sup>	194.60±84.72 <sup>a</sup>	7.69±3.42 <sup>b</sup>
真空	1425.90±751.26 <sup>b</sup>	0.35±0.18 <sup>a</sup>	4.91±2.20 <sup>a</sup>	450.80±204.94 <sup>b</sup>	22.20±14.30 <sup>c</sup>

### 2.3 不同渗糖方式对果脯总糖含量的影响

超声波、微波和真空三种方式处理得到的芒果果脯总糖含量均高于常压对照处理组。三种渗糖技术都提高了芒果果脯的渗糖速率,从图1不同渗糖方式对芒果果脯总糖含量的影响结果可见:超声波处理得到的芒果果脯含糖量最高为 56.97%,微波渗糖得到芒果果脯总糖含量为 45.05%,真空渗糖得到芒果果脯总糖含量为 38.80%,远高于常压对照组 29.48%的总糖含量。超声波可在液体中产生“空穴作用”,所引起的冲击波和射流的强度足以在瞬间击穿植物细胞的细胞膜, Simal 等对多孔苹果丁进行的实验证明超声波可

微波渗糖方式制备的芒果果脯 b\*值和常压对照没有显著差异,而超声波渗糖和真空渗糖得到的芒果果脯 b\*值与常压对照组有显著差异。综合来看,真空条件下渗糖得到的芒果果脯色泽变化最明显,这与刘卫华等人<sup>[7]</sup>研究结果相似。

### 2.2 不同渗糖方式对果脯质地的影响

硬度表示物体发生形变所需要的力,从表2不同渗糖方式对芒果果脯质地的影响结果可见:真空条件得到的芒果果脯硬度为 1425.90 g,与其他三种渗糖方式存在显著性差异 ( $P<0.05$ );内聚性又称凝聚性,指物体维持原有形态所需要的内应力,从表中可见,不同渗糖方式对芒果果脯内聚性没有显著差异;弹性反映了受到外力作用恢复原来形态的能力;不同渗糖方式得到的芒果果脯弹性没有显著性差异 ( $P=0.502$ );胶着性是指将食品咀嚼呈可咽状态所需要的能量,和食品的硬度、凝聚性有关,超声波渗糖和真空渗糖得到的芒果果脯胶着性与常压对照存在显著性差异,表明这两种渗糖技术能显著改变芒果果脯的胶着性;咀嚼性与食品的硬度、弹性、凝聚性有关,它是指将固体食物咀嚼到能够被咽状态所需要的能量,不同渗糖方式得到的芒果果脯咀嚼性组间存在显著性差异 ( $P=0.008$ ),其中微波和真空渗糖与常压渗糖对照组存在显著性差异。综合质构的各项指标来看,真空条件下得到的芒果果脯对改变芒果的质构特性最明显。

提高渗透过程水分渗出和溶质渗入的速率<sup>[8]</sup>。

### 2.4 不同渗糖方式对果脯复水性的影响

从图2不同渗糖方式对芒果果脯复水率的影响结果可见:超声波渗糖、微波渗糖和真空渗糖处理得到的芒果果脯的复水性略低于常压对照组,超声波渗糖的复水性最低。Deng 报道了苹果片由于糖分吸收过多,组织结构紧密会导致其复水率降低<sup>[11]</sup>,由2.3的研究结果已知三种渗糖方式得到芒果果脯总糖含量高于常压对照组,所以果脯的复水率低于常压对照组。常压渗透脱水芒果果脯的吸湿性较高,在潮湿的贮藏条件下更易败坏,超声波渗糖脱水芒果果脯吸湿性较低,

不易吸潮变质。

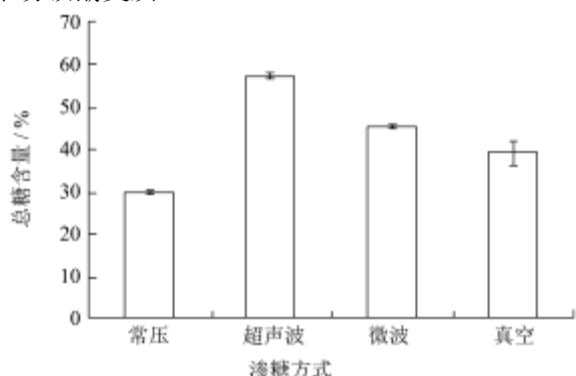


图 1 不同渗糖方式对芒果果脯总糖含量的影响

Fig.1 Total sugar content of the preserved mango by different sugar osmotic methods

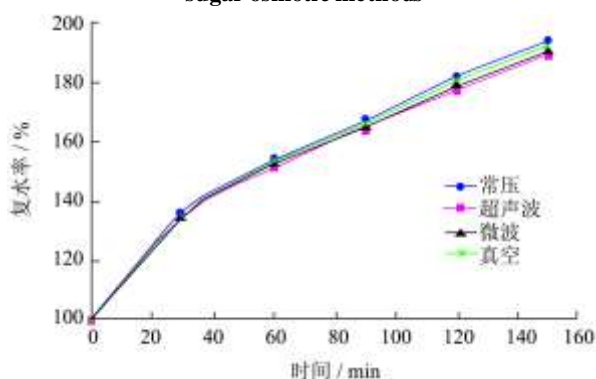


图 2 不同渗糖方式对芒果果脯复水率的影响

Fig.2 Rehydration behavior of the preserved mango by different sugar osmotic methods

### 2.5 不同渗糖方式对芒果组织细胞的影响

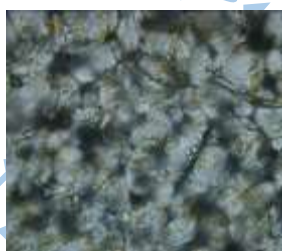


图 3 常压渗糖对芒果组织细胞的影响 (400 倍)

Fig.3 Effect of atmospheric sugar osmotic on mango histiocyte (400)

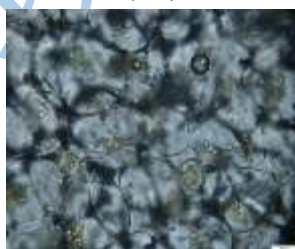


图 4 超声波渗糖对芒果组织细胞的影响 (400 倍)

Fig.4 Effect of ultrasonic-assisted sugar osmotic on mango histiocyte (400)



图 5 微波渗糖对芒果组织细胞的影响 (400 倍)

Fig.3 Effect of microwave-assisted sugar osmotic on mango

histiocyte (400)



图 6 真空渗糖对芒果组织细胞的影响 (400 倍)

Fig.6 Effect of vacuum-assisted sugar osmotic on mango

histiocyte (400)

对常压渗糖、超声波渗糖、微波渗糖、真空渗糖后的芒果样品进行显微切片分析,结果如图 3~6。超声波不但可以显著地提高果蔬组织的渗糖效率,而且可以明显降低糖煮对芒果组织细胞结构的破坏作用。超声波只是在微观水平对芒果的细胞膜结构产生破坏作用,从而促进芒果的渗糖作用,但是在相对宏观水平上,超声波并不对芒果的组织细胞外形产生破坏作用。

超声波可在液体中产生“空穴作用”,而“空穴作用”所产生的冲击波和射流的强度足以在瞬间击穿植物细胞的细胞膜,这为在较低的糖煮温度下大幅度提高果蔬的渗糖效率提供了可能,同时由于超声波只是在瞬间击穿细胞膜而对果蔬组织的结构和细胞外形并不产生破坏作用<sup>[12]</sup>,因此通过超声波生产果脯,其果蔬组织原有的结构和外形还会得到很好的保持。

### 3 结论

本文研究了超声波、微波和真空三种方式处理对芒果果脯色泽、质地、复水率、总糖含量以及对芒果组织细胞影响,得出真空渗糖方式对芒果色泽和质构影响最明显,芒果果脯色泽红度降低,色泽、硬度、胶着性和咀嚼性与常压对照存在显著性差异 ( $P < 0.05$ );超声波和微波渗糖方式对芒果果脯色泽和质构影响较小;超声波渗糖对提高芒果渗糖速率最明显,总糖含量最高,三种渗糖方式降低了芒果果脯复水率,但影响较小;超声波在显著提高芒果组织的渗糖速率的同时,还可以明显降低渗糖对芒果组织细胞

结构的破坏作用。

### 参考文献

- [1] 曹晖,张懋.高新技术在果蔬渗透脱水中的应用研究[J].扬州大学烹饪学报,2007,24(3):55-58  
CHAO Hui, ZHANG Min. The research of application of new and high technologies in the osmotic dehydration of fruit and vegetable [J]. Culinary Science Journal of Yang zhou University, 2007, 24(3): 55-58
- [2] Falade K O, Igbeka J C. Osmotic dehydration of tropical fruits and vegetables [J]. Food Reviews Intemational, 2007, 23(4): 373-405
- [3] Nowacka M, Tylewicz B U, Laghi L, et al. Effect of ultrasound treatment on the water state in kiwifruit during osmotic dehydration [J]. Food Chemistry, 2014, 144(1): 18-25
- [4] Ashwini N. Bellary, Navin K. Rastogi. Effect of hypotonic and hypertonic solutions on impregnation of curcuminoids in coconut slices [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2012, 16: 33-40
- [5] 马道荣,潘丽军,毛丽琴.预处理及微波渗糖对苹果脯加工的影响研究[J].食品科学2006,27(1),119-121  
MA Dao-rong, PAN Li-jun, MAO Li-qin, et al. Study on effects of various pretreatments respectively with microwave for sugar permeability during processing sugared apple [J]. Food science, 2006, 27(1), 119-121
- [6] 谭红军,杨勇,吴振,等.枇杷果脯真空渗糖和微波真空干燥工艺参数优化[J].安徽农业科学,2013,41(5):2254-2256  
TAN Hong-jun YANG Yong, WU Zhen, et al. Optimization of vacuuming sugar infusion and microwave vacuum drying processing parameters for preserved fruit of eribotrya japonica [J]. Journal of Anhui Agri Sci. 2013, 41(5): 2254-2256
- [7] 刘卫华,傅锋,田益玲,等.常压真空和脉冲真空渗透脱水加工芒果脯[J].食品研究与开发.2010,31(3):108-111  
LIU Wei-hua, FU Feng, TIAN Yi-ling, et al. Processing of preserved mango by osmotic dehydration at atmosphere pressure, vacuum pressure and pulsed vacuum pressure [J]. Food Research and Development, 2010, 31(3):108-111
- [8] SIMAL S, BENEDIT O J, SANCHEZ E S, et al. Use of ultrasound to increase mass transport rates during osmotic dehydration [J]. Journal of Food Engineering, 1998, 36: 323-336
- [9] FITO P, PASTEUR R. Non-diffusion mechanism occurring during vacuum osmotic dehydration [J]. Journal of Food Engineering, 1994, 21: 513-519
- [10] FITO P. Modeling of vacuum osmotic dehydration of food [J]. Journal of Food Engineering, 1994, 22: 313-328
- [11] Deng Y, Zhao Y Y. Effect of pulsed vacuum and ultrasound osmopretreatments on glass transition temperature, texture, microstructure and calcium penetration of dried apples(Fuji) [J]. Food Science and Technology/LWT, 2008, 41(9): 1575-1585
- [12] 李军生,何仁,侯革非,等.超声波对果蔬渗糖及组织细胞的影响[J].食品与发酵工业,2002,28(8):33-35  
LI Jun-sheng, HE Ren, HOU Ge-fei, et al. Effect of ultrasonic wave on sugar permeability and cell Tissue completeness of candied fruit and vegetable [J]. Food and Fermentation Industries, 2002, 28(8): 33-35