

原料成熟度对番木瓜冻干脆片品质的影响

滕建文, 韦保耀*, 董会龙, 黄 丽

(广西大学轻工与食品工程学院, 广西南宁 530004)

摘 要: 选用五组不同成熟度番木瓜制备冻干脆片, 评价成熟度对冻干产品品质的影响。研究表明低成熟度番木瓜所需冷冻干燥的时间较短; 番木瓜冻干脆片色泽因成熟度而异, 随着成熟度升高, 产品 L^* 值变大; 低成熟度原料制备的冻干脆片塌陷程度较为严重, 高成熟度产品的多孔率和复水率较高。最终确定可溶性固形物含量为 $(8.46 \pm 0.01)^\circ\text{Brix}$ 的成熟度原料加工番木瓜冻干脆片, 其产品色泽亮黄、硬度适中, 具有较好的多孔率及复水率。

关键词: 番木瓜, 成熟度, 冻干脆片

Effect of maturities on quality of papaya freeze-dried chips

TENG Jian-wen, WEI Bao-yao*, DONG Hui-long, HUANG Li

(Institute of Light Industry and Food Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: Choosing five levels maturities of papaya to make freeze-dried chips, effect of the ripeness on raw materials and freeze-dried products were evaluated. Experimental investigation showed that the time required to produce freeze-dried chips which were with low-maturity papayas as raw materials was shorter. The color of productions was different according to maturity, L^* value of products increased with maturity. The degree of freeze-dried chips collapsed seriously. The porosity and rehydration of freeze-dried chips were higher, which originated from high-maturity papayas. Synthesizes each kind of situation, the papaya materials which soluble solid content was $(8.46 \pm 0.01)^\circ\text{Brix}$ was chosen to process freeze-dried chips. The products had bright yellow color, moderate hardness, good porosity and rehydration.

Key words: papaya; maturity; freeze-dried chips

中图分类号: TS255.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2013)17-0078-04

番木瓜 (*Carica papaya* L.), 属于番木瓜科番木瓜属, 因其果肉厚实、营养丰富并且具有助消化、抗癌变等药用价值, 素有“百益之果”、“水果之皇”、“万寿瓜”之雅称, 是岭南四大名果之一。番木瓜冻干脆片是利用真空冷冻干燥技术 (Vacuum Freeze drying, FD) 生产的产品, 因其具备冻干食品天然、松脆以及营养丰富等特点从而深受人们喜爱。同时冻干脆片产品易运输、易保藏, 解决了番木瓜鲜果季节性带来的贮藏和运输难题, 提高了深加工附加值, 因此具有广阔的市场前景和良好的经济效益。冻干加工中原料成熟度对产品品质具有较大的影响^[1-3], 对于番木瓜而言, 成熟度较低的原料其冻干产品香气及色泽不足, 而且产品变形较为严重; 成熟度较高的原料, 预处理过程中损失较大, 不利于加工。本文对不同成熟度的番木瓜果实进行冷冻干燥, 通过硬度、色泽、复水率、多孔率等指标分析番木瓜冻干脆片产品的品质特性, 确定最合适加工原料的成熟度, 为番木瓜冻干脆片的加工提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

收稿日期: 2013-01-23 * 通讯联系人

作者简介: 滕建文 (1969-), 男, 硕士, 教授, 研究方向: 果蔬加工。

基金项目: 广西南宁市科技攻关项目 (201102099G)。

“大白皮”番木瓜 购于广西南宁市五里亭水果批发市场, 采购后于 14°C 冷库过夜, 清洗并挑选出果形完整、无病虫害和机械损伤的果实, 按照果皮转黄率分为五级成熟度, R-01 为 20% 转黄率的七成熟组、R-02 为 40% 转黄率七五成熟组, R-03 为 60% 转黄率八成熟组、R-04 为 80% 转黄率八五成熟组、R-05 为完熟组, 10 个/组; 葡萄糖、正庚烷、浓硫酸、萘酮 均为分析纯。

JDG-0.2 真空冷冻干燥机 兰州科近真空冻干技术有限公司; DSC-PC2000 差示扫描量热仪 德国耐驰仪器制造有限公司; TA-XT Plus 物性测定仪 英国 Stable Micro System 公司; CM-3600D 分光测色仪 日本柯尼卡美能达公司; BM-2 阿贝折射仪 上海彼爱姆光学仪器制造有限公司; AL204 电子天平、Delta320 pH 计 梅特勒-托利多 (上海) 有限公司; DHG-9053A 电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏实验设备仪器有限公司; JJ-2 高速组织捣碎机 上海比朗仪器有限公司; 79HW-1 恒温磁力搅拌器 江苏协易机床城有限公司; 751-GW 可见分光光度计 上海精密科学仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 原料理化指标测定方法

1.2.1.1 水分含量 直接干燥法 (GB/T 5009.3-2003), 平行 3 次。

表1 不同成熟度番木瓜理化指标测定结果
Table 1 Physicochemical indexes of papaya with different maturities

样品编号	水分含量 (g/100g)	总糖含量 (g/100g)	可溶性固形物 含量(°Brix)	ΔE	硬度 (g)
R-01	85.01 ± 0.06 ^a	5.42 ± 0.07 ^a	5.76 ± 0.12 ^a	23.19 ± 0.74 ^a	1035.00 ± 59.51 ^a
R-02	85.50 ± 0.19 ^a	5.82 ± 0.04 ^b	6.53 ± 0.23 ^b	13.40 ± 0.64 ^b	908.67 ± 23.03 ^b
R-03	86.21 ± 0.58 ^b	6.19 ± 0.09 ^c	7.19 ± 0.21 ^c	11.72 ± 1.06 ^c	768.67 ± 51.83 ^c
R-04	87.23 ± 0.52 ^c	7.81 ± 0.12 ^d	8.46 ± 0.11 ^d	7.92 ± 0.06 ^c	484.33 ± 37.90 ^d
R-05	88.98 ± 0.25 ^d	8.78 ± 0.05 ^e	9.51 ± 0.15 ^e	0 ^d	363.67 ± 18.88 ^e

注:结果表示为平均值 ± 标准差;同列中不同上标字母表示在 $p < 0.05$ 区间存在显著性差异;表2、图2、图3同。

- 1.2.1.2 总糖含量 蒽酮比色法,平行3次。
- 1.2.1.3 可溶性固形物含量 折射仪法(GB/T 12295-90),平行3次。
- 1.2.1.4 色泽 色泽:色差计法,选定 R-5 组为标准对照组,以总色差 ΔE 表示,平行6次,计算公式如下:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2}$$

式中, $\Delta a^* = a_{\text{样品}}^* - a_{\text{标准}}^*$, $\Delta b^* = b_{\text{样品}}^* - b_{\text{标准}}^*$, $\Delta L^* = L_{\text{样品}}^* - L_{\text{标准}}^*$ 。

- 1.2.1.5 硬度 硬度:质构仪法,平行6次。
- 1.2.1.6 共晶点温度、共熔点温度以及玻璃化转变温度 将10mg的样品放入铝坩埚,DSE样品室初始温度为室温,先以5°C/min降温至-80°C,保持10min;然后以5°C/min升温至-30°C,保持60min;再以5°C/min降温至-80°C,保持5min,最后以5°C/min升温至120°C,维持1min。以N₂为吹扫气,速率为50mL/min。利用仪器自备分析软件对曲线进行分析,将冷冻过程中得到的DSC曲线的放热峰值为样品的共晶点温度,升温过程得到的DSC曲线的吸热峰切线与基线的交点为样品的共熔点温度,玻璃化转变温度的确定则参考onset点读取法^[4]并用软件进行分析。

1.2.2 冷冻干燥工艺流程 工艺流程见图1。

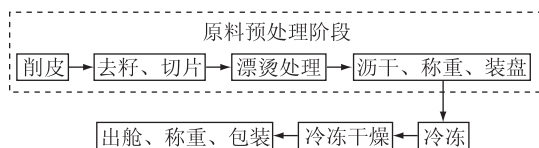


图1 冷冻干燥实验工艺流程图

Fig.1 Process drawing of freeze-drying

1.2.3 番木瓜冻干脆片产品质量评价指标及测定方法

- 1.2.3.1 色泽与硬度测定 同1.2.1.4和1.2.1.5
- 1.2.3.2 多孔率测定 将一定质量样品浸入正庚烷中,测定表观体积;将一定质量样品磨成粉末状,排除空气,装入比重瓶测定密度,根据质量和实际密度计算出实际体积,每组样品平行3次。计算公式如下:

$$\varepsilon(\%) = \frac{(V_i - V_p)}{V_i} \times 100$$

式中: V_i :样品表观体积, mL; V_p :样品实际体积, mL; ε :多孔率, %。

1.2.3.3 体积收缩率测定 排沙法,每组样品平行3

次。计算公式如下:

$$\Phi(\%) = \frac{V_0 - V_f}{V_0} \times 100$$

式中: V_0 :冻干前样品体积, mL; V_f :冻干后样品体积, mL; Φ :体积收缩率, %。

1.2.3.4 复水率测定 样品置于30°C蒸馏水中,样/液为50:1,10min后将样品取出沥干,用滤纸吸干表面水分并称重,重复上述步骤直至连续两次测定质量变化小于0.001g,每组样品平行3次。计算公式如下:

$$RR = \frac{W_f}{W_0}$$

式中: W_f :复水后样品的质量, g; W_0 :复水前样品的质量, g; RR:复水率, 倍数表示。

1.2.4 数据分析与处理 采用PASW Statistics18.0统计软件对数据进行方差分析(ANOVA)和均值差异性分析,显著性水平 $p < 0.05$ 。利用Origin 8.0进行绘图。

2 结果与分析

2.1 不同成熟度番木瓜原料的理化指标

番木瓜属于呼吸跃变型水果,采收后具有后熟过程,该过程番木瓜理化特性及营养成分均发生较大的变化,而且与成熟度影响紧密。从表1中可知,五组原料样品中水分、总糖、可溶性固形物含量随着成熟度的提高而增加,组间都表现显著性差异,硬度随之降低。原因是随着果实成熟,细胞中纤维素、半纤维素、多糖、原果胶质等物质不断降解,果实软化,从而提高了总糖、可溶性固形物含量,降低了硬度。这与Roberts^[5]、Savarni^[6]、Jr HT^[7]等人研究结果相吻合。同时以100%转黄率完熟组R-05为标准计算各组总色差ΔE,结果表明R-01、R-02和R-05组具有显著性差异。综上所述,本实验所选五级不同成熟度原料具有代表性。

物料共晶点温度和共熔点温度与其种类、组织结构以及浓度等因素相关,与物料所处的环境无关^[7]。从表2可知,原料成熟度越高,共晶点温度和共熔点温度越低,其中五组原料共晶点温度具有显著性差异,各组共熔点温度存在差异性,但组间差异不明显。工业生产中,为使物料在冷冻干燥过程中完全冻结,一般将物料冷冻至低于共晶点5~10°C。

番木瓜含有大量水分,冷冻难以达到完全玻璃化,常用冷冻浓缩溶液发生最大玻璃化时的温度来

表示,称为部分玻璃化转变温度 T_g' 。由表 2 可知, T_g' 随着成熟度增加而升高, R-01、R-02、R-03 组 T_g' 具有显著性差异。物料含糖种类、结构和分子量等因素影响 T_g' 变化,物料糖类分子量越低其 T_g' 越高^[8-10]。高成熟度番木瓜中淀粉等大分子碳水化合物已水解为小分子糖类;而低成熟度的番木瓜因其含有较多的大分子糖类而具有较低的 T_g' ,水分含量也较低,因此,所需冷冻干燥时间较短。

表 2 不同成熟度番木瓜共晶点温度、共熔点温度及玻璃化转变温度

Table 2 The effect of papaya maturity on eutectic temperature, melting temperature and glass transition temperature

样品编号	共晶点温度 (°C)	共熔点温度 (°C)	玻璃化转变温度 (°C)
R-01	-15.27 ± 0.25 ^a	-3.63 ± 0.15 ^{ab}	-39.63 ± 0.8 ^a
R-02	-16.50 ± 0.36 ^b	-3.27 ± 0.31 ^a	-38.84 ± 0.28 ^b
R-03	-18.27 ± 0.55 ^c	-3.67 ± 0.42 ^{ab}	-38.03 ± 0.31 ^c
R-04	-20.53 ± 0.67 ^d	-4.23 ± 0.47 ^{bc}	-36.31 ± 0.23 ^d
R-05	-24.00 ± 1.11 ^e	-4.87 ± 0.40 ^c	-36.60 ± 0.21 ^d

2.2 成熟度对番木瓜冻干脆片品质的影响

色泽、硬度、多孔率、体积收缩率和复水率等结构特性参数常作为评价冻干产品品质的依据。对不同成熟度冻干产品的相关参数进行测定,分析原料成熟度对冻干产品品质的影响。

2.2.1 成熟度对番木瓜冻干脆片色泽的影响 色泽是冻干产品品质的重要特性,利用测色仪对冻干脆片色泽进行测定,结果如图 2 所示。

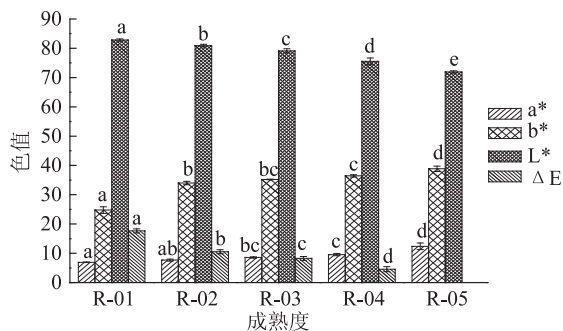


图 2 成熟度对冻干番木瓜脆片色泽的影响

Fig.2 Effect of maturities on color of papaya freeze-dried chips

低温冷冻干燥能够抑制番木瓜酶促褐变及非酶促褐变反应,受冻干条件影响较小,因此能够保持原料原有色泽,但成熟度对脆片色泽有较大的影响,如图 2 所示。脆片 a^* 随成熟度增加而升高, R-05 与其它组产品具有显著性差异;产品 b^* 值随原料成熟度的升高而递增,成熟度为 R-01、R-02 的 b^* 值存在显著性差异,而 R-04、R-05 的 b^* 值存在显著性差异; L^* 值随原料成熟度的升高而降低,组间具有显著性差异。R-05 为 100% 转黄率完熟组,色泽鲜黄,以此为总色差 ΔE 的标准组,各组间表现出显著性差异。综上考虑,选择 R-04、R-05 组原料能够获得外观色泽光鲜的产品。

2.2.2 成熟度对冻干番木瓜脆片硬度的影响 冷冻

干燥过程中番木瓜水分不断升华,其硬度逐渐增加。图 3 表明, R-01 组冻干脆片的硬度与其他组相比均存在显著性差异。低成熟度番木瓜具有较高硬度,随着成熟度的升高,冻干产品硬度呈现降低的趋势。低成熟度番木瓜冻干过程中组织塌陷,使得多孔层结构破坏,使其硬度增加。硬度可能与样品成分相关,低成熟度番木瓜含有大量的果胶酸酯,也会促使冻干产品硬度增加。因此,通过分析比较不同成熟度番木瓜冻干产品的硬度,应选择 R-04、R-05 成熟度原料生产口感软硬适宜的冻干脆片。

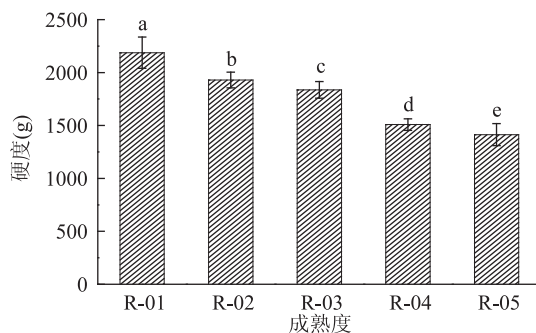


图 3 成熟度对冻干番木瓜脆片硬度的影响

Fig.3 Effect of maturities on hardness of papaya freeze-dried chips

2.2.3 成熟度对番木瓜冻干脆片多孔率、体积收缩率的影响 如图 4 所示,随着原料成熟度的逐渐升高,番木瓜冻干产品的多孔率随之上升,而体积收缩率呈下降的趋势。低成熟度冻干脆片体积收缩率较大,多孔率较低,这是由于低成熟度原料玻璃化转变温度较低,冷冻干燥时塌陷收缩现象比高成熟度原料严重。玻璃化转变理论认为,当温度高于 T_g' 时,其扩散系数呈几何级增长,对化学反应及生化反应的动力学造成影响。因此,从理论上讲,具有较高 T_g' 的样品其冻干产品的组织结构和外形变化较小^[2]。由表 2 可知,五组样品玻璃化转变温度之间存在显著性差异,因此低成熟度 R-01、R-02、R-03 组塌陷较明显,多孔率较低;高成熟度 R-04、R-05 组多孔率与体积收缩率不存在显著性差异。

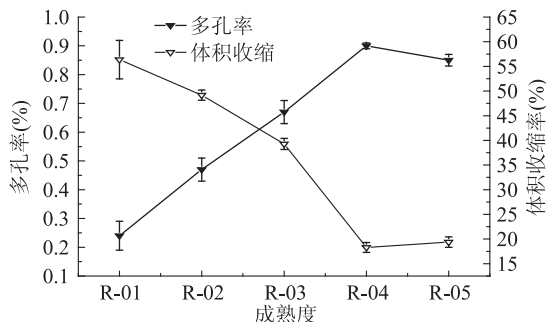


图 4 成熟度对番木瓜冻干脆片多孔率、体积收缩率的影响

Fig.4 Effect of maturity on porosity and volumetric shrinkage characteristics of Freeze-dried papaya chips

2.2.4 成熟度对番木瓜冻干脆片复水率的影响 冻干产品具有蜂窝状的多孔层结构,因此具有较高多孔率并且能够短时间内复水。但在冻干过程中产品会出现塌陷收缩等不良现象,严重时导致毛细管收

缩剧烈,降低了冻干产品的复水率。

从图5可知,高成熟度R-04、R-05组原料制备的冻干产品能够在10s左右迅速达到6~7倍的复水率,而低成熟度R-01、R-02、R-03组的冻干产品复水时间较长,且成熟度越低复水率越低,复水速度也较为缓慢。主要是由于番木瓜冻干过程中出现塌陷现象。由图4可知,低成熟度冻干脆片体积收缩较为明显,造成组织细胞不可逆转破坏和毛细管收缩,降低了多孔层结构亲水性功能,致使复水率降低,高成熟度的番木瓜因具有较高的多孔率从而具有较好的复水性。但对于冻干产品,并不是成熟度越高越好,如R-05组为完熟的番木瓜原料,其果实已有软化,导致漂烫时组织结构较之其他组软化加剧,其产品的体积收缩率要略高于R-04组番木瓜。综上所述,成熟度为R-04的番木瓜最适合冻干加工,该成熟度原料可溶性固形物含量为 $(8.46 \pm 0.01)^\circ\text{Brix}$ 。

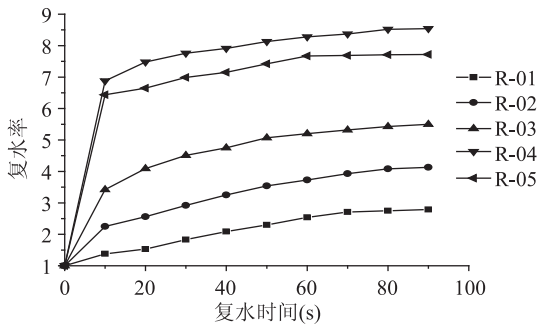


图5 成熟度对番木瓜冻干脆片复水率的影响

Fig.5 Effect of maturity on rehydration characteristics of Freeze-dried papaya chips

3 结论

番木瓜经冷冻干燥后, L^* 值随原料成熟度的升高而降低, 组间具有显著性差异。随着成熟度的升高, 其冻干产品的硬度呈现降低的趋势。我们在研究中发现成熟度低的番木瓜冻干产品塌陷程度较为严重, 成熟度高的番木瓜冻干产品具有较高的复水率和多孔率。

综合考虑番木瓜冷冻干燥所需时间以及产品品质。确定可溶性固形物含量为 $(8.46 \pm 0.01)^\circ\text{Brix}$ 的番木瓜最适合冻干脆片的加工, 其产品色泽、硬度、多孔率、复水率都比较理想, 能够符合消费者需求。

参考文献

- [1] Sablani S S, Rahman M S. Pore formation in selected foods as a function of shelf temperature during freeze-drying [J]. *Drying Technology*, 2002, 20(7): 379-1391.
- [2] Genin N, Rene F. Influence of freezing rate and the ripeness state of fresh courgette on the quality of freeze-dried products and freeze-drying time [J]. *Journal of Food Engineering*, 1996, 29(2): 201-209.
- [3] 杨昌鹏. 不同品种与成熟度原料对香蕉片真空干制品质的影响 [J]. *安徽农业科学*, 2009(23): 11172-11173.
- [4] ROOS Y H. Effect of Moisture on the Thermal Behavior of Strawberries Studied Using Differential Scanning Calorimetry [M]. Blackwell Publishing Ltd. 1987, 146-149.
- [5] Roberts M. Assessment of compositional changes during ripening of transgenic papaya modified for protection against papaya rings pot virus [M]. John Wiley & Sons, Ltd, 2008, 1911-1920.
- [6] Savarni T. Nutritive composition of Rainbow papaya, the first commercialized transgenic fruit crop [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2011, 24(2): 140-147.
- [7] JR HT. Sugar composition of papayas during fruit development [J]. *Hort Science*, 1979, 14: 140-141.
- [8] Seo J. The glass transition temperatures of sugar mixtures [J]. *Carbohydrate Research*, 2006, 341(15): 2516-2520.
- [9] Levine H, Slade L. Cryostabilisation technology: thermo analytical evaluation of food ingredients and systems [J]. *Thermal Analysis of Foods*, 1989, 1: 221-305.
- [10] Levine H, Slade L. A food polymer science approach to the practice of cry stabilization technology [J]. *Comments Agriculture and Food Chemistry*, 1989, 1: 315-396.

(上接第77页)

Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork fat with olive oil on the quality characteristics of low-fat frankfurters [J]. *Meat Science*, 2004, 68: 383-389.

[17] Pietrasik Z, Jarmolu K A. Effect of sodium caseinate and κ -carrageenan on binding and textural properties of pork muscle gels enhanced by microbial trans-glutamines as addition [J]. *Food Research International*, 2003, 36(3): 285-294.

[18] Carballo J, Mot A N, Barret O G, et al. Binding properties and color of bologna sausage made with varying fat levels, protein levels and cooking temperatures [J]. *Meat Science*, 1995, 41(3):

301-313.

[19] GB/T 5538-2005. 动植物油脂过氧化值测定 [S]. 2005.

[20] GB/T 14195-1993. 感官分析选拔与培训 感官分析 [S]. 1993.

[21] 张红宾. 低温肉制品的微生物控制 [J]. *肉类工业*, 2006(10): 4-6.

[22] Dorte J, Birgitte R, Tina B H, et al. Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of color and lipid during chill storage of sliced, retail packed roast ham [J]. *Meat Science*, 2003, 63: 151-159.