

减压冷藏对芒果贮藏品质的影响

Effects of hypobaric and refrigerated preservation on
postharvest quality of mango fruit

谢建华^{1,2} 翁建淋³ 郑俊峰¹ 郭巧玲¹ 庞杰³

XIE Jian-hua^{1,2} WEN Jian-ling³ ZHENG Jun-feng¹ GUO Qiao-ling¹ PANG Jie³

(1. 漳州职业技术学院食品与生物工程系, 福建 漳州 363000; 2. 农产品深加工及安全福建省高校应用
技术工程中心, 福建 漳州 363000; 3. 福建农林大学食品科学学院, 福建 福州 350002)

(1. Department of Food and Biology Engineering, Zhangzhou Profession and Technology Institute, Zhangzhou,
Fujian 363000, China; 2. The Applied Technical Engineering Center of Further Processing and Safety of
Agricultural Products, Higher Education Institutions in Fujian Province, Zhangzhou, Fujian 363000, China;
3. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China)

摘要:以台农一号芒果为试验材料,研究了减压条件对其采后贮藏品质的影响。结果表明:减压冷藏技术能够有效地减缓果实中可滴定酸、V_C以及可溶性固形物含量的降低,且保持了芒果的硬度,对其黄化以及膜透性的增加具有良好的抑制作用。其中,10, 20 kPa 下芒果的贮藏品质明显优于 30 kPa 的;10 kPa 下的芒果可以保持较低的转黄指数和较高的硬度;20 kPa 下的芒果能更好地维持 V_C、有机酸等营养物质。实际生产中,兼顾贮藏效果和贮藏成本,选择 20 kPa 的压力较为适宜。

关键词:芒果;减压冷藏;品质特性

Abstract: The effect of different hypobaric conditions on the storage quality of postharvest mangos with Tainong No. 1 is studied in this paper. The results showed that the hypobaric and refrigerated preservation technology could effectively slow down the reduction of titratable acid, V_C and soluble solids content of the fruit, keep the hardness of mango, inhibit the yellowing of mango and the increasing of membrane permeability. The preservation effect of 3 kinds of pressure by comparison showed that the storage quality of mango under the 10 kPa and the 20 kPa was better than under the 30 kPa, the mango under 10 kPa could keep lower yellowing index and higher hardness, and the mango under 20 kPa could sustain the V_C, organic acids and any other nutrients better. In practical production, take both storage effect and costs into account, 20 kPa pressure is relatively appropriate for the postharvest storage of mango.

Keywords: mango; hypobaric and refrigerated preservation; quality

基金项目:漳州市自然科学基金项目(编号:ZZ2014J06)
作者简介:谢建华(1976—),男,漳州职业技术学院副教授,硕士。
E-mail: xiejh2001@163.com

收稿日期:2017-04-30

characteristic

芒果为漆树科芒果属植物,核果类,为热带地区特有的一种水果^[1],外形为圆形或椭圆形,果肉细腻、风味独特,富含多种维生素、矿物质、蛋白质以及叶酸等营养物质,有解渴、益胃、利尿、润肺止咳等功效^[2]。但芒果为呼吸跃变型果实^[3-4],采后代谢十分旺盛,且属于乙烯敏感型果实^[1],易后熟而变黄、变软,极易发生腐烂变质,因此迫切需要解决芒果的贮藏保鲜问题。

目前针对芒果的贮藏保鲜有化学试剂处理、可食性涂膜处理、辐照^[5]、臭氧杀菌^[6]、低温冷藏法^[7]、气调贮藏法^[8]以及热处理^[9]等方法。化学药剂处理会产生药物残留,损害人体健康,气调贮藏成本高,低温冷藏、涂膜、辐照处理存在贮藏时间短等问题。

减压贮藏技术属于物理保鲜技术,具有低能耗、无污染等特点^[10],它能显著抵制果蔬的成熟衰老和抑制微生物生长,保持果蔬品质,从而延长果蔬贮藏期^[11-12]。该技术已应用于杨梅^[12]、杏鲍菇^[13]、双孢菇^[14]和水蜜桃^[15]等果蔬的保鲜,并取得良好效果,但在芒果保鲜方面的应用研究尚未见报道。本试验拟以芒果为试材,探讨不同压力条件对芒果贮藏品质的影响,通过分析芒果贮藏过程中的各种生理生化指标的变化,确定芒果适宜的贮藏保鲜方法,为芒果减压冷藏保鲜研究提供思路 and 参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 原料及药品

芒果:台农一号,采自海南三亚。挑选大小适中,无机械

损伤、无病虫害,成熟度为七、八成熟的芒果;

氢氧化钠、氯化钡、硫酸铜、2,4-二硝基苯胍、抗坏血酸、酒石酸钾钠、盐酸、甲基红:分析纯,杭州惠普化工有限公司。

1.1.2 仪器及设备

手持式糖度计:WYT 型,ATAGO(爱拓)中国分公司;
紫外分光光度计:UV1800PC 型,上海美谱达仪器有限公司;
气相色谱仪:GC2010 型,岛津企业管理(中国)有限公司;
酸度计:PHS-25 型,上海仪电科学仪器股份有限公司。

1.2 方法

1.2.1 处理方法 将挑选的芒果分装于规格为 30 cm×40 cm×60 μm,0.07 mm 厚的低密度聚乙烯袋中(先用直径为 2 mm 的打孔器在保鲜袋的周围均匀打孔),每袋控制在 500 g 左右,封口后按贮藏条件进行处理。

将包装好的芒果分别置于 10(A 组),20(B 组),30(C 组) kPa 3 种低压条件下,以常压为对照组,置于 12 ℃冷库贮藏,贮藏环境湿度(RH)90%~100%。每隔 5 d 对各组芒果的理化指标进行测定,每组重复 3 次。

1.2.2 测定方法

- (1)呼吸强度:采用静置法^[16]。
- (2)乙烯释放速率:采用气相色谱仪测定^[17]。
- (3)病变指数:以果皮病斑大小作为分级标准。0 级果:无病斑;1 级果:肉眼可见针头大小的病斑;2 级果:病斑面积与果皮面积之比<1/5;3 级果:病斑面积占果皮面积 1/5~2/5;4 级果:病斑面积占果皮面积 2/5~3/5;5 级果:病斑面积占果皮面积>3/5。每个处理测 30 个果,并按式(1)计算病斑指数^[18]。

$$K_1 = \frac{0 \times n_0 + 1 \times n_1 + \dots + 5 \times n_5}{m \times n_5} \times 100\%, \quad (1)$$

- 式中:
- K_1 ——病斑指数,%;
 - n_0 ——0 级果数,个;
 - n_1 ——1 级果数,个;
 - n_5 ——5 级果数,个;
 - m ——总果数,个。
- (4)总糖含量:采用斐林试剂滴定法^[19]。
 - (5)可滴定酸含量:采用自动电位滴定仪测定^{[20]28}。
 - (6)可溶性固形物含量:采用手持式糖度计测定^[21]。
 - (7) V_C 含量:采用 2,4-二硝基苯胍比色法^[22]。

(8)果实细胞膜透性:以相对电导率来表示^{[23]43}。从 9 个果实的胴部,距表皮 1~10 mm 处,利用打孔器取直径为 9 mm,厚度为 4 mm 的果肉组织圆片,共 36 片。将圆片组织在去离子水中浸泡 3 min,取出将组织表面的水吸干,分成 3 份每份 12 片,浸入 40 mL 0.4 mol/L 的甘露醇溶液中,20 ℃条件下静置 3 h,用电导率测定仪测定溶液的电导率,记为 EC_1 ;然后将圆片组织及浸泡液在 95 ℃水浴中加热 30 min,测定溶液电导率,记为 EC_2 。以 EC_1 和 EC_2 之比为膜透性指标。

(9)转黄指数^[24]:以表 1 标准进行统计,按式(2)计算。

$$K_2 = \frac{\sum (P \times a)}{4 \times b} \times 100\%, \quad (2)$$

- 式中:
- K_2 ——转黄指数,%;
 - P ——转黄级别;
 - a ——该级别果数,个;
 - b ——检查果数,个。

表 1 转黄级别设计
Table 1 The design of yellow level

转黄级别	表皮特征
0	全绿
1	果蒂黄
2	果蒂黄,果面发黄<1/3
3	果面转黄(1/3~2/3),有少量绿色斑块
4	全黄,少量绿点

1.3 数据处理

使用 Origin 7.5 软件作图,采用 SPSS 19.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 对芒果呼吸强度的影响

呼吸作用是果蔬在采后最重要的生理活动之一,呼吸强度反应了其采收后生命活动情况^{[20]46}。由图 1 可知,芒果贮藏过程其呼吸强度先降后升,而低压贮藏组在贮藏后期呼吸强度又降低。从 CK 组与减压组看,CK 组的呼吸强度显著高于减压处理组($P<0.05$),说明低压可抑制芒果的呼吸作用。而 3 个减压处理组呼吸强度变化几乎一致,均呈先下降后上升再下降的趋势。在第 15 天时 A 组呼吸强度达到最高,且与 B、C 组差异显著($P<0.01$);B、C 组 20 d 才达到最高,然后再降低,而此时 B、C 组差异显著($P<0.05$)。说明低压条件可推迟芒果呼吸高峰的出现及抑制其呼吸作用。

2.2 对芒果乙烯含量的影响

由图 2 可知,贮藏过程中乙烯呈现先升后降的趋势。在第 5 天时 CK 组的乙烯释放速率显著高于减压组($P<0.05$),

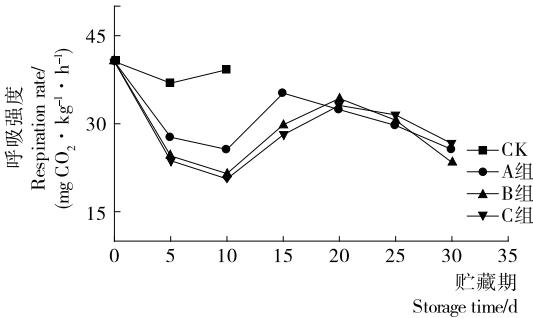


图 1 贮藏期间呼吸强度的变化

Figure 1 The changes of respiration rate during storage

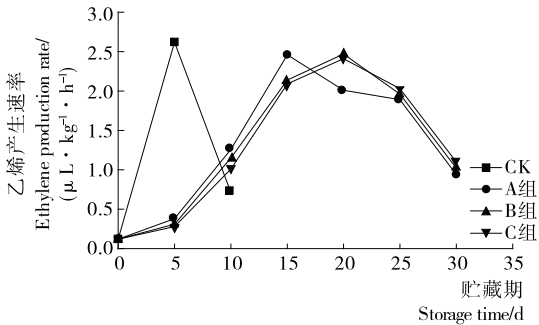


图 2 贮藏期间乙烯产生速率的变化

Figure 2 The changes of ethylene production rate during storage

说明低压条件能够很好地减缓芒果果实乙烯释放速率,并推迟乙烯高峰的出现。而 A 组在第 15 天时乙烯释放出现高峰,B、C 组则在第 20 天时出现高峰,且 A 组释放速率显著高于 B、C 组($P<0.05$)。

2.3 对芒果病变指数的影响

由表 2 可知,对照组贮藏 10 d 病变指数为 70.1%,而减压条件下的芒果贮藏 30 d 其病变指数分别为 54.4%,44.3%,51.7%,均显著低于对照处理($P<0.01$)。B 组病变指数均显著低于其他处理组($P<0.01$)。可能是在低压条件下,氧和二氧化碳含量较低有利于延长芒果贮藏,但不同低压存在差别,所以值得进一步研究探讨。

表 2 贮藏期间病变率的变化[†]

Table 2 The changes of disease index during storage %

处理	0 d	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d	30 d
CK	0 ^a	35.70±0.17 ^a	70.10±0.28 ^a	—	—	—	—
A	0 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	9.07±0.15 ^a	20.70±0.17 ^a	35.3±0.27 ^a	54.37±0.06 ^a
B	0 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	6.07±0.12 ^b	14.63±0.06 ^b	28.1±0.20 ^b	44.33±0.06 ^b
C	0 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	9.60±0.17 ^a	19.50±0.20 ^a	33.3±0.17 ^a	51.70±0.10 ^a

† “—”表示腐烂丢弃,未测定;同列不同小写字母表示不同处理存在显著性($P<0.01$)。

2.4 对芒果总糖含量的影响

糖是果蔬代谢所需的主要物质,对果蔬品质和贮藏保鲜具有重要意义。根据植物生理学特点,其营养成分变化越小,果实品质就越好。由图 3 可知,芒果采后总糖含量呈先上升后下降的趋势。CK 组在贮藏第 5 天时总糖含量达到最高值,且与低压组的差异显著($P<0.05$),然后开始下降,到第 10 天仅为 12.2%。在贮藏 30 d 时 B 组总糖含量显著高于 A、C 组($P<0.05$),说明 20 kPa 有利于保持芒果总糖含量。

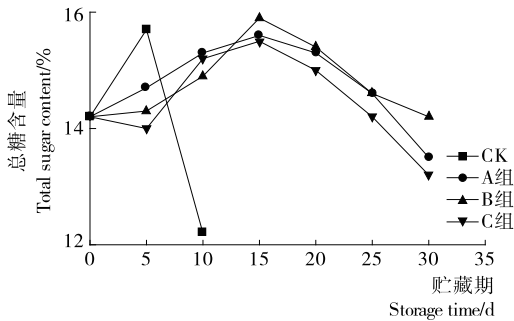


图 3 贮藏期间总糖含量的变化

Figure 3 The changes of total sugar content during storage

2.5 对芒果可滴定酸含量的影响

可滴定酸含量是决定芒果果实风味和贮藏品质的重要指标。由图 4 可知,各组芒果的可滴定酸含量均逐渐下降,且 CK 组可滴定酸含量均低于减压组,在第 10 天时 CK 组和减压组的差异显著($P<0.05$),可能是在贮藏过程中,有机酸首先作为呼吸底物被消耗。C 组可滴定酸含量均显著低于 A、B 组($P<0.01$);B 组可滴定酸含量高于 A 组,且在第 25 天时差异显著($P<0.05$)。由此可见,20 kPa 有利于保持

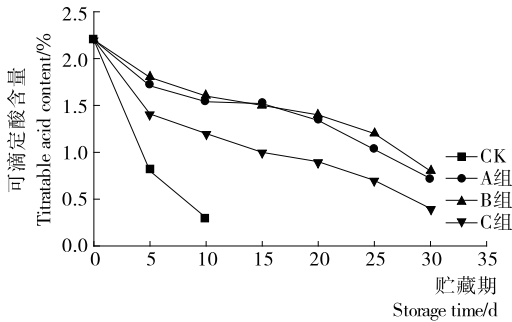


图 4 贮藏期间可滴定酸含量的变化

Figure 4 The changes of titratable acid content during storage

芒果可滴定酸含量。

2.6 对芒果可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物(Total Soluble Solid,TSS)主要包括果实中能溶于水的糖、酸、矿物质等物质。由图 5 可知,3 个减压处理组可溶性固形物含量先升高后缓慢降低。在贮藏前期(0~10 d),4 组芒果可溶性固形物含量均呈上升趋势;第 10 天之后,3 个处理组可溶性固形物含量有所下降,且差异不显著。可能是芒果贮藏期,其果实的原果胶在代谢过程中转化为可溶性果胶,淀粉等多糖类物质在代谢过程中转化为可溶性低聚糖,从而使可溶性固形物含量升高,而在贮藏后期,可溶性固形物含量随呼吸作用而被消耗。CK 组可溶性固形物含量高于减压处理组,可能是减压抑制芒果的生理作用,从而降低其转化速度。贮藏结束时,A、B、C 3 组可溶性固形物含量分别为 10.6%,10.0%,10.9%。A、C 组可溶性固形物含量差异不显著($P>0.05$),稍高于 B 组($P<0.05$),表明芒果贮藏过程中减压处理压力的大小对可溶性固形物含量影响不大。

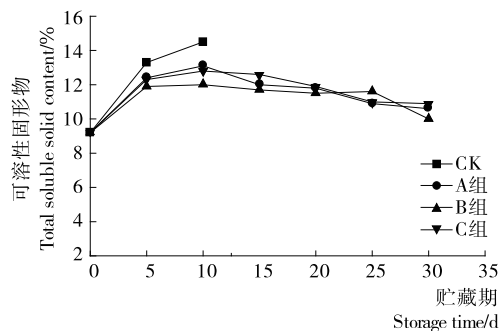


图 5 贮藏期间可溶性固形物含量的变化

Figure 5 The changes of total soluble solid content during storage

2.7 对芒果 V_C 含量的影响

果蔬 V_C 含量是评价新鲜程度的重要指标之一。在贮藏期间, V_C 极易被氧化降解。由图 6 可知, 不同处理组芒果的 V_C 含量在贮藏期间均呈持续下降的趋势。整个贮藏期间, CK 组的 V_C 含量下降趋势最为明显, 与减压组差异显著 ($P<0.05$)。贮藏第 10 天后, 各减压组差异显著 ($P<0.01$)。贮藏结束, A、B、C 3 组芒果 V_C 含量分别为 52.4, 60.1, 27.9 mg/100 g。说明减压贮藏有利于保持芒果 V_C 含量, 且 B 组效果优于其它组。

2.8 对芒果转黄指数的影响

色泽在芒果成熟过程中变化最为显著, 转黄指数是判断芒果是否后熟的主要外观依据之一。由图 7 可知, 转黄指数在贮藏过程中呈持续上升的趋势, 与 3 个减压处理组相比, CK 组上升趋势尤为明显, 说明减压贮藏有效地抑制了芒果

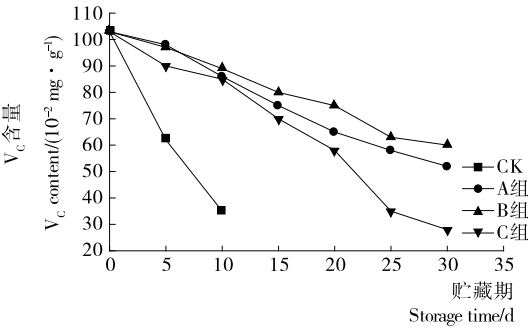


图 6 贮藏期间果实 V_C 含量的变化

Figure 6 The changes of V_C content in fruits during storage

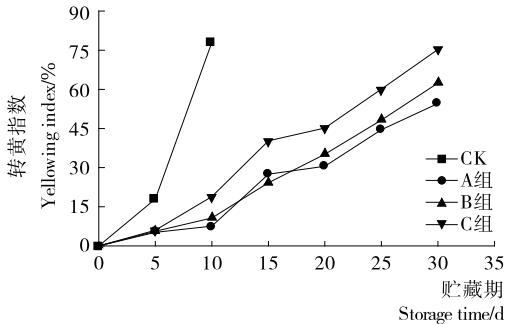


图 7 贮藏期间转黄指数的变化

Figure 7 The changes of yellowing index during storage

的转黄速率。贮藏初期 (0~5 d), 3 个减压处理组的转黄率几乎一致 ($P>0.05$), 5 d 后 A、B 组转黄率明显低于 C 组 ($P<0.01$); 贮藏后期 (20~30 d), 3 个处理组的转黄程度由高到低依次为 C 组、B 组、A 组。说明 10 kPa 的压力更有利于抑制芒果的后熟。

2.9 对芒果膜透性的影响

膜透性是膜脂过氧化指标, 可用相对电导率表示, 是指果蔬的细胞膜渗透率和果蔬的细胞膜衰老或遭受不良环境胁迫 (如高温、低温、机械伤、病原菌侵染等) 的程度^{[23]44}。由图 8 可知, 在整个贮藏期间, 减压处理组芒果的膜透性远远低于 CK 组。在贮藏前 15 d, 3 组的膜透性差异不显著 ($P>0.05$), 20 d 之后, 3 个处理组的膜透性出现显著差异 ($P<0.01$), B 组明显低于 A、C 组, 且 A、C 组膜透性差异不显著 ($P>0.05$); 贮藏第 30 天时, A、B、C 3 组的膜透性分别为 82%, 76%, 86%。从贮藏后期可以看出, B 组芒果的膜透性增长缓慢且较小, 更有助于芒果品质的维持。

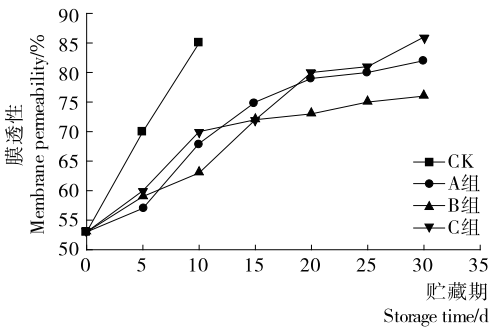


图 8 贮藏期间膜透性的变化

Figure 8 The changes of membrane permeability during storage

3 结论

本研究结果表明, 减压保鲜方法能比较好地推迟乙烯高峰出现的时间并减少乙烯的产生, 从而延缓呼吸高峰和呼吸强度, 降低果实病变率, 减缓芒果膜透性及转黄指数的升高, 并延缓了可滴定酸、V_C 以及可溶性固形物含量的降低, 提高了芒果贮藏品质, 延长了贮藏期, 与陈文恒等^[25]研究黄金梨的减压贮藏结果相一致。对比不同减压条件下的贮藏效果发现, 10, 20 kPa 下芒果的贮藏品质明显优于 30 kPa; 10 kPa 下的芒果可以保持较低的转黄指数, 而 20 kPa 下的芒果更好地维持了 V_C、有机酸等营养物质的含量。在实际生产中, 综合考虑贮藏效果和成本, 20 kPa 的压力最适宜芒果的采后贮藏。

参考文献

[1] 胡映霞, 胡云峰, 欧燕. 保鲜剂与保鲜膜在芒果贮藏保鲜中的应用实验[J]. 中国农业通报, 2005, 21(10): 93-95.
[2] 刘颖, 王硕, 周小雷, 等. 芒果叶药理作用研究进展[J]. 中华中医药杂志, 2017, 32(2): 662-665.
[3] BURG S P, BURG E. Role of ethylene in fruit ripening[J]. Plant Physiol, 1962, 37: 179-189.

质量浓度下百香果籽油的还原能力不如 V_C,但随着质量浓度的增大,百香果籽油对 Fe³⁺ 还原力也呈现不断增高的趋势。

3 结论

采用超临界 CO₂萃取法提取百香果籽油,通过响应面法对萃取工艺进行优化,确定了最佳萃取条件为:萃取温度 53.1 ℃,萃取压力 33.9 MPa,萃取时间 3.6 h。在此条件下,百香果籽油的得率为 27.86%。体外抗氧化研究结果表明,百香果籽油具有较好的还原力,且对 DPPH· 清除力较强,呈量效依赖关系。Zahedi 等^[12]利用中心组合试验设计优化所得百香果籽油提取率为 26.55%,何冬梅等^[5]利用索氏提取法提取百香果籽油的得率为 26.9%,程谦伟等^[4]利用超声波辅助提取得到的百香果籽油提取率为 19.72%。相比之下,本研究所得优化工艺条件下籽油提取率稍高,且超临界 CO₂萃取后处理简单,产物中无有机溶剂残留,比传统的试剂提取法更绿色、环保。综合研究发现,超临界 CO₂萃取百香果籽油的工艺稳定可行,提取的百香果籽油具备天然的抗氧化活性,具有广阔的开发前景,为百香果资源的进一步充分利用提供了理论依据。由于百香果籽油的含量和抗氧化性受产地、品种、成熟度等因素的影响,在后续的研究中,还有待进一步探索。

参考文献

[1] 霍丹群,蒋兰,马璐璐,等. 百香果功能研究及其开发进展[J].
[4] LAKSHMINARAYANA S. Respiration and ripening patterns in the life cycle of mango fruit[J]. J Hort Sci, 1973, 48: 227-233.
[5] 刘继红,徐小勇,邓秀新. 我国园艺产品辐射保鲜研究进展[J]. 核农学报, 2002(6): 414-417.
[6] 滕建文,曾文谨,姬晨,等. 芒果的臭氧保鲜研究[J]. 食品科技, 2008(8): 233-235.
[7] CONEY M H. Chilling injury in crops of tropical and subtropical origin[J]. Hotscience,1986(17): 162-165.
[8] 吴振麟. 芒果采后生理及贮藏保鲜技术研究进展[J]. 安徽农业通报, 2011, 17(19): 82-84.
[9] LU Jian-bo, VIGNEAULT C, CHARLES M T, et al. Heat treatment application to increase fruit and vegetable quality[J]. Stewart Postharvest Review, 2007, 3: 1-7.
[10] 康明丽,张平. 减压贮藏理论及技术研究进展[J]. 食品与机械, 2001(2): 9-10.
[11] HASHMI M S, EAST A R, PALMER J S, et al. Hypobaric treatment stimulates defence-related enzymes in strawberry[J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 85(11): 77-82.
[12] 杨虎清,吴峰华,周存山,等. “东魁”杨梅在减压贮藏过程中品质及相关酶活性的变化[J]. 中国食品学报, 2010, 10(1): 161-166.
[13] 李志刚,宋 婷,郝利平,等. 适宜压力条件保持减压贮藏杏鲍菇品质[J]. 农业工程学报, 2015, 31(18): 296-303.

食品工业科技, 2012, 33(19): 391-395.
[2] 林日高. 沙田柚和西番莲复合果汁饮料的研制[J]. 食品与机械, 2014, 30(4): 204-206.
[3] 许晓静,陶志华. 黄色和紫色百香果籽油抗氧化作用的对比研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(11): 49-52, 57.
[4] 程谦伟,孟陆丽,何仁,等. 响应面优化超声波辅助提取百香果籽油工艺研究[J]. 粮油加工, 2010(8): 6-9.
[5] 何冬梅,刘红星,黄初升,等. 百香果籽挥发油的提取研究[J]. 中国酿造, 2010, 29(3): 150-153.
[6] 王亚琦,陈奕洪,黄卫文,等. 超临界 CO₂萃取崖柏精油的研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(3): 175-178.
[7] 李松,吴光斌,陈发河. 超临界萃取瑛溪蜜柚精油工艺优化及组分分析[J]. 食品与机械, 2013, 29(1): 113-117.
[8] 付复华,潘兆平,谢秋涛,等. 超临界 CO₂萃取条件对紫苏籽油脂肪酸组成的影响及工艺优化[J]. 食品与机械, 2016, 32(7): 166-170.
[9] 昝春桃,吴斌,唐宏伟,等. 山桐子油的超临界 CO₂萃取工艺优化及脂肪酸组成分析[J]. 食品与机械, 2016, 32(11): 154-157.
[10] 张婷婷,郭夏丽,黄学勇,等. 辛夷挥发油 GC-MS 分析及其抗氧化、抗菌活性[J]. 食品科学, 2016, 37(10): 144-150.
[11] 李旭,刘停. 杜仲叶总黄酮微波辅助提取工艺的优化及其抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2013(4): 243-248.
[12] ZAHEDI G, AZARPOUR A. Optimization of supercritical carbon dioxide extraction of Passiflora, seed oil[J]. Journal of Supercritical Fluids, 2011, 58(1): 40-48.
[14] 程曦,张敏,傅阳,等. 减压贮藏对双孢菇保鲜品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(8): 110-114.
[15] 陈文烜,宋丽丽,廖小军. 减压对水蜜桃采后呼吸途径和活性氧代谢的影响[J]. 中国食品学报, 2016, 16(7): 171-175.
[16] 薛应龙. 植物生理学实验手册[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1990: 129-131.
[17] 王瑞庆,马书尚,武春林,等. 嘎拉苹果对不同浓度 1-MCP 处理的反应[J]. 西北植物学报, 2005, 25(2): 256-261.
[18] 郑小林,吴小业. 柠檬酸处理对采后芒果保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 381-383.
[19] 张意静. 食品分析技术[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2001: 114-118.
[20] 曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2007.
[21] 居益民,周慧娟,叶正文,等. 1-MCP 处理对猕猴桃贮藏保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2010, 26(6): 40-43.
[22] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2001: 248.
[23] 张长峰. 细胞膜脂和膜蛋白在果实抵御低温逆境中的作用[D]. 北京:中国科学院, 2010.
[24] 龚国强. 芒果常温贮藏保鲜技术的研究[J]. 中国农业科学, 1994, 27(3): 82-88.
[25] 陈文恒,郇海燕,毛金林,等. 黄花梨减压贮藏保鲜技术研究[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 326-329.