

常见浆果的真空冷冻干燥特性研究

赵凤敏, 李树君, 张小燕, 曹有福, 杨延辰, 刘威, 杨炳南

(中国农业机械化科学研究院, 北京 100083)

摘要: 浆果不耐贮藏、易腐烂变质, 需进行及时的采后处理。真空冷冻干燥技术可有效保存物料中的营养成分和感官特征, 尤其适合高附加值水果的加工。试验以香蕉、葡萄、猕猴桃和蓝莓 4 种常见浆果为原料进行冻干加工, 分别记录动态干燥过程, 并对冻干产品特性进行分析。试验表明: 香蕉、猕猴桃和蓝莓均能保持新鲜物料的形态, 疏松多孔、质地酥脆, 葡萄出现体积收缩、表面褶皱; 香蕉、猕猴桃、蓝莓在升华干燥中出现了恒速干燥阶段, 而葡萄无明显的恒速干燥阶段; 冻干香蕉、猕猴桃和蓝莓 3 种浆果复水性分别为 72.34%、76.23% 和 55.88%, 维生素 C 保存率分别为 88.47%、96.67% 和 78.11%, 而葡萄复水性和维生素 C 仅为 33.53% 和 22.67%。含糖量较高的浆果冻干效果不太理想, 需继续进行干燥工艺研究。试验为浆果冻干提供了适宜性评价依据, 在货架期延长、方便快捷运输等方面也具有一定的参考价值。

关键词: 浆果; 真空冷冻干燥; 复水性; 维生素 C 保存率

文章编号: 1673-9078(2014)4-220-225

Vacuum Freeze-drying Characteristics of Common Berries

ZHAO Feng-min, LI Shu-jun, ZHANG Xiao-yan, CAO You-fu, YANG Yan-chen, LIU Wei, YANG Bing-nan

(Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Berries are difficult to store and easy to rot. Therefore timely post-processing is required. Vacuum freeze drying technology can effectively maintain nutrition and sensory characteristics of fresh materials, especially for dehydration of high value-added fruits. Four common berries including banana, grape, kiwi fruit and blueberry were used as raw materials, and dehydrated by vacuum freeze drying. Results showed that banana, kiwi fruit and blueberry maintained the original status of fresh materials and the products were porous and crispy. However, shrinkage and distortion were occurred in freeze-dried grapes. Constant speed drying stages were appeared during vacuum freeze drying of berries except grape. Rehydration rates of banana, grape, kiwi fruit and blueberry were 72.34%, 76.23% and 55.88% respectively, and their preserving rates of vitamin C were 88.47%, 96.67%, and 78.11%, respectively. The rehydration rate and the preservation rate of grape were only 33.53% and 22.67%, respectively. Suitability evaluation of vacuum freeze drying for common berries is provided in the experiment, and it has a certain reference value in shelf life extension and convenient transportation of berries.

Key words: berries; vacuum freeze-drying; reconstitution properties; preserving rate of vitamin C

浆果 (Berry) 是由子房或联合其他花器发育而成柔软多汁的肉质果, 芳香味美, 极富营养价值和药用价值^[1]。据中国统计年鉴数据显示, 2011 年我国水果总量为 22768.18 万 t, 其中浆果类约占水果总量的 19.3%。随着人们生活水平的提高, 对优质、健康的浆果类水果的需求逐渐旺盛, 浆果类食品逐渐展现出巨大的市场潜力。然而, 由于新鲜浆果的组织结构特性, 极易在收获、贮藏和运输中发生各种机械损伤和理化生物学变化, 产生变色、腐烂、发霉, 产生水

收稿日期: 2013-10-18

基金项目: 智利果蔬产品安全监控与真空冻干技术研究与推广应用 (120130009); “十二五”农村领域国家科技计划课题 (2011BAD20B12-01)

作者简介: 赵凤敏 (1972-), 女, 博士, 研究员, 研究方向为农产品加工及贮藏技术

通讯作者: 杨炳南 (1962-), 男, 研究员, 研究方向为农业加工机械

渍状斑点、变味等现象, 严重影响浆果的感官品质和营养价值, 造成巨大的经济损失^[2]。

干燥是一种古老的保藏食品的方法, 使脱水制品具有较长的保存期, 但传统的热风干燥、微波干燥等方式会破坏果蔬产品中的活性物质和营养成分, 极大降低了干燥产品的品质^[3]。真空冷冻干燥技术是一项高新加工技术, 被认为是生产高品质脱水食品的最好方法^[4]。其原理是在真空状态下, 使预先冻结的物料中水分不经过冰的熔化直接以气态升华而被除去, 使物料干燥而不破坏其中的营养成分^[5-6]。

香蕉、葡萄、猕猴桃、蓝莓作为高附加值浆果类水果, 含有大量的维生素、多酚、黄酮等活性成分, 营养丰富、口感极佳, 具有极强的市场竞争力和国际贸易发展潜力。试验以香蕉、葡萄、猕猴桃、蓝莓 4 种浆果为原料, 分别进行真空冷冻干燥加工, 对物料

水分变化数据进行全程在线记录,分析不同浆果物料的动态干燥过程,并对冻干产品感官、质构及营养理化指标进行测定,从而得出不同浆果种类的真空冷冻干燥特性和真空冷冻干燥加工适宜性,试验可为开发全营养浆果产品的加工工艺、冻干产品货架期预测、贮藏运输等提供参考和借鉴。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

香蕉、葡萄、猕猴桃和蓝莓 4 种常见浆果均采购于北京市农贸市场,材料初始状态如下:

香蕉:品种为国产北蕉;表皮呈明亮金黄色,无破损现象;单果长 18~24 cm,平均质量为 159.46 g,整齐度高;果肉甜滑,浅黄色,成熟度高,无软烂现象。

葡萄:品种为美国红提;果穗较大,果粒呈卵圆形,平均单粒重 10.71 g,最大单粒重 13.25 g,整齐度高,果皮红色或紫红色,肉质坚实脆硬。

猕猴桃:品种为米良 1 号;果实呈圆柱形,果皮呈棕褐色,茸毛长而密,平均单果重 83.55 g,整齐度高;果肉绿色,质地较软,有香味。

蓝莓:品种为兔眼“粉蓝”;果实呈蓝紫色,有白色果粉包裹;单果重 0.60~2.50 g;果肉细软,多浆汁,甜酸适口,具有香爽宜人的气味。

试验用主要药品或试剂有:草酸溶液(2%,*m/V*)、抗坏血酸(纯度 99.5%以上)、2,6-二氯酚靛酚钠盐(分析纯)、葡萄糖标准溶液(1 mg/mL,分析纯)、碱性酒石酸铜甲液、碱性酒石酸铜乙液、盐酸(分析纯)等。

1.2 仪器与设备

试验中使用的主要的仪器设备:

LG-0.2 微波真空冷冻干燥机,配备物料速冻系统及数据采集系统,处理量约 3 kg/次,中国农业机械化科学研究院自主研发;S-3400N 电子扫描显微镜,可放大 10~200000 倍,配备有 E-1010 离子溅射仪,日本日立(HITACHI)公司;TMS-PRO 食品物性分析仪,配备单刀剪切探头,最大检测力 250 N,检测精度优于 0.015%,美国 FTC 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 真空冷冻干燥浆果的工艺流程

考虑 4 种浆果尺寸、共晶点及共熔点温度^[7-10]、食用方式等特性不同,并根据干燥试验过程中物料升

温曲线平稳程度,分别确定真空冷冻干燥工艺为:

新鲜香蕉、猕猴桃→去皮→切片(3~4 mm)→预冻(-20℃,4 h)→真空冷冻干燥(冷阱温度-40℃,真空度≤100 Pa,干燥至恒重)→包装(5 层 PE 薄膜)

新鲜葡萄→清洗→晾干→对半切分→预冻(-40℃,4 h)→真空冷冻干燥(冷阱温度-40℃,真空度≤60 Pa,干燥至恒重)→包装(5 层 PE 薄膜)

新鲜蓝莓→清洗→晾干→预冻(-40℃,4 h)→真空冷冻干燥(冷阱温度-40℃,真空度≤80 Pa,干燥至恒重)→包装(5 层 PE 薄膜)

1.3.2 理化指标的测定方法

试验分别测定了 4 种浆果的水分、维生素 C 和可溶性糖 3 个理化指标,指标测定方法均依照国家或国家推荐标准^[11-13]。

1.3.3 复水性与维生素 C 保存率的测定方法

复水性指新鲜果蔬食品于制后吸水恢复原来新鲜程度的能力^[14],计算公式为:

$$Y_1 = \frac{m_2 / (1 - X_2)}{m_1 / (1 - X_1)} \times 100 \quad (1)$$

注: Y_1 -浆果复水率,%; m_1 -真空冷冻干燥浆果复水前的质量, g; m_2 -真空冷冻干燥浆果复水 1 min 后的质量, g; X_1 -新鲜浆果的含水率,%; X_2 -真空冷冻干燥后浆果的含水率,单位: %。

维生素 C 保存率计算公式为:

$$Y_2 = \frac{V_2 / (1 - X_2)}{V_1 / (1 - X_1)} \times 100 \quad (2)$$

注: Y_2 -浆果的维生素 C 保存率,%; V_1 -新鲜浆果中维生素 C 的含量, 10^2 mg/g; V_2 -真空冷冻干燥后浆果中维生素 C 的含量, 10^2 mg/g; X_1 -新鲜浆果的含水率,%; X_2 -真空冷冻干燥后浆果的含水率, %。

1.3.4 含水率及干燥速率的测定

根据 LG-0.2 微波真空冷冻干燥机的物料质量实时采集系统,可计算出物料的实时含水率 W_t 。计算公式为:

$$W_t = \frac{m_t - m_d}{m_t - m_0} \times 100\% \quad (3)$$

注: W_t -物料在 t 时刻的含水率,%; m_t -物料干燥至 t 时刻的质量, kg; m_d -物料试样干燥后的质量, kg; m_0 -物料盘的质量, kg。

干燥速率 N 是指单位时间内(本试验中数据采集时间间隔为 20 min)在单位干燥面积上被干燥物料除去的水分质量。计算公式为:

$$N = \frac{\Delta W_t}{\Delta t} = \frac{W_{t_i} - W_{t_{i-1}}}{t_i - t_{i-1}} \times 100\% \quad (4)$$

注: N-物料的干燥速率, %/min; ΔW_t -物料在 Δt 时间内

含水率的变化, %; W_t -物料在 t 时刻的含水率, %; Δt -时间间隔, min。

2 结果与分析

2.1 感官分析结果

由 8 名食品专业的师生组成评价小组, 按色泽、质地口感、气味三方面对 4 种真空冷冻干燥后的浆果

样品(简称“冻干样”)进行感官描述, 结果如表 1 所示。

由表 1 可知, 4 种浆果均保持了鲜果特有香味, 香蕉、猕猴桃、蓝莓经真空冷冻干燥后色泽变化不大, 质地酥脆、疏松多孔, 形状基本无收缩; 而葡萄经真空冷冻干燥后形态改变严重, 体积收缩, 出现褶皱, 质地发生了较大变化, 颜色比鲜样更深。

表 1 4 种浆果冻干样的感官分析结果

Table 1 Sensory evaluation of four kinds of freeze-dried berries

	色泽	质地、口感	气味
香蕉	浅黄色, 同鲜样	片形完好, 疏松多孔, 无收缩, 入口酥脆香甜	具有香蕉特有的香味
葡萄	紫红色, 比鲜样深	单果收缩严重, 外皮褶皱且被糖液包裹, 粘度大, 干燥后回潮快, 较难咀嚼, 口感甜	具有葡萄特有的香味
猕猴桃	浅绿色, 比鲜样稍浅	片形完好, 疏松多孔, 无收缩, 入口酥脆, 较酸	具有猕猴桃特有的香味
蓝莓	蓝紫色, 同鲜样	形状较完好, 基本无收缩, 内部层次较明显, 果实皮肉间孔隙大, 入口酥	具有蓝莓特有的香味

注: “鲜样”指新鲜浆果样品。

2.2 浆果真空冷冻干燥过程分析

不同物料的冻干机理不同^[15], 得到的动态干燥曲线也不同, 根据干燥过程中含水率及干燥速率变化得出 4 种浆果的动态干燥曲线, 分别如图 2 所示。

对于香蕉物料, 升华干燥从物料外表面开始, 干燥初期传热和传质阻力较小, 含水率迅速下降, 升华速率迅速提高(A 点至 B 点)。随着升华界面不断向内推移, 香蕉整体导热系数逐渐减小, 传质阻力逐渐增大, 出现了较明显的恒速干燥阶段, 干燥速率维持在较高水平(B 点至 C 点), 且持续时间较长。C 点后, 传热与传质阻力变大, 升华干燥速度先缓慢下降(至 D 点)而后急剧下降(至 E 点), 至此, 物料内部冰晶全部升华消失, 而在物料多孔结构组织中还残留少量水分, 这部分水分需通过解析干燥去除。在解析干燥初期(E 点), 伴随较高的加热温度, 残留在物料多孔基质中的游离水和物理结合水融化蒸发, 以扩散和渗透方式逸出, 物料含水率缓慢下降, 干燥速率小幅上升(至 F 点)。解析干燥至 F 点后, 物料水分含量趋于稳定, 干燥速率急剧下降(至 G 点)。少量化学结合水不能被去除, 成为冻干香蕉的残留水分, 解析干燥过程结束。

猕猴桃物料的动态干燥过程与香蕉极为相似, 猕猴桃微观组织比香蕉致密, 所以恒速阶段干燥速率稍有波动, 持续时间比香蕉略短; 在解析干燥过程中, 由于猕猴桃水分中残留游离水和物理结合水含量较

少, 熔化过程不明显, 含水率波动平缓, 干燥速率急剧下降至终点。

蓝莓物料外部有一层较厚表皮, 水分升华过程中, 干燥速率缓慢上升(A 点至 B 点), 恒速阶段的干燥速率比其他物料稍快, 但持续时间很短(B 点至 C 点), 其他干燥过程与香蕉类似。

葡萄可溶性糖含量高, 且浆果表面有一层致密表皮, 动态干燥曲线与其他物料有明显差异。干燥初期物料表面水分快速升华, 干燥速率也逐渐升高(A 点至 B 点)。随着升华界面向内推移, 原本用于升华水分的热量也促使可溶性糖融化, 阻碍了水分逸出, 干燥速率快速下降(B 点至 C 点)。当升华界面继续向内推移, 水分升华同时受传热传质阻力及可溶性糖融化的影响, 干燥速率出现先增大后减小的情况(C 点至 E 点)。升华干燥后期, 可溶性糖全部融化, 水分升华加快, 干燥速率迅速上升至 F 点。葡萄物料从 F 点开始含水率波动平缓, 干燥速率急剧下降至点 G, 干燥过程结束。

2.3 真空冷冻干燥浆果复水性分析

香蕉、葡萄、猕猴桃和蓝莓 4 种浆果冻干后复水率如图 3 所示, 猕猴桃和香蕉的复水性最好, 表明这两种浆果具有快速良好的吸水恢复原来新鲜程度的能力, 能在极短的时间内恢复初始的感官形态; 其次是蓝莓, 复水性较好, 1 min 内能恢复大部分鲜样的初始形态; 冻干葡萄的复水性最差, 较难恢复鲜样的感官风味和质地结构。

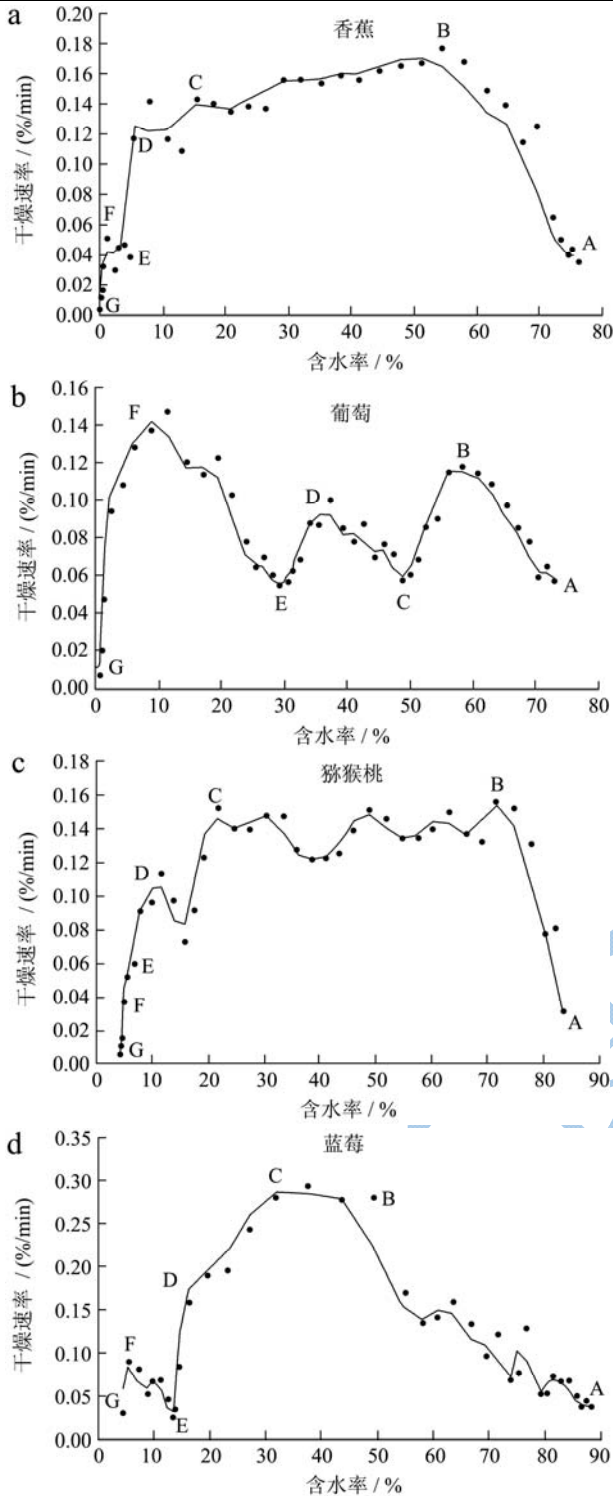


图2 干燥速率随含水率变化曲线

Fig.2 Curve of freeze-drying rate varying with moisture content

注: a: 香蕉, b: 葡萄, c: 猕猴桃, d: 蓝莓。

2.4 真空冷冻干燥浆果维生素 C 保存率

香蕉、葡萄、猕猴桃和蓝莓 4 种浆果冻干后的维生素保存率如图 4 所示。冻干猕猴桃的维生素 C 保存率最高, 基本无损失; 香蕉、蓝莓次之; 冻干葡萄的维生素 C 保存率只有 22.67%, 这是由于葡萄在干燥

过程初期, 加热板提供的大部分热量用于可溶性糖的熔化, 葡萄果肉组织中水分用于溶解糖分而得不到升华, 干燥后期加热板提供的热量则用于水分的蒸发, 使得维生素 C 在加热过程中受到破坏。维生素 C 作为一种重要的热敏感活性营养物质, 其含量在猕猴桃、香蕉及蓝莓的冻干过程中受影响较小, 表明冻干猕猴桃、香蕉及蓝莓这 3 种浆果, 能有效地保存鲜样中的活性成分和营养价值。

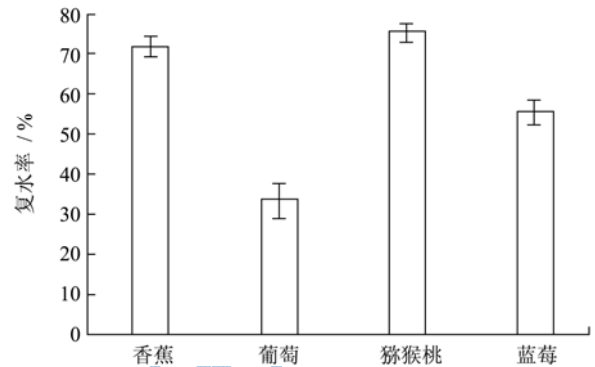


图3 4种浆果冻干样的复水率比较

Fig.3 Comparison of reconstitution properties among four kinds of freeze-dried berries

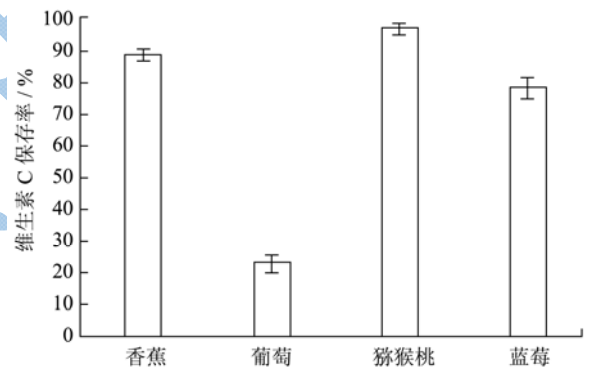


图4 4种浆果冻干样的维生素 C 保存率比较

Fig.4 Comparison of preserving rate of vitamin C among four kinds of freeze-dried berries

2.5 真空冷冻干燥浆果质构特性

利用美国 FTC 公司 TMS-PRO 食物物性分析仪测定 4 种浆果的剪切力, 利用单刀剪切探头模拟人的咀嚼效果, 对物料进行剪切试验并绘制质构曲线。设置探头下降速度为 2 mm/s, 下降距离为 20 mm, 4 种物料断裂时的作用力与位移大小见图 5。

由图 5 可见, 除葡萄外, 其他 3 种浆果均出现明显的断裂峰, 而且断裂峰尖锐, 无粘滞现象, 峰面积较小, 断裂后力量立即为零; 香蕉、猕猴桃、蓝莓的最大断裂力分别为 8.47 N、14.23 N、3.51 N, 断裂所需力量较小, 表明 3 种浆果都具有脆而酥的特性; 葡萄经真空冷冻干燥后, 最大断裂力为 28.48 N, 比其他

3 种浆果质地更硬, 断裂曲线无明显断裂峰。

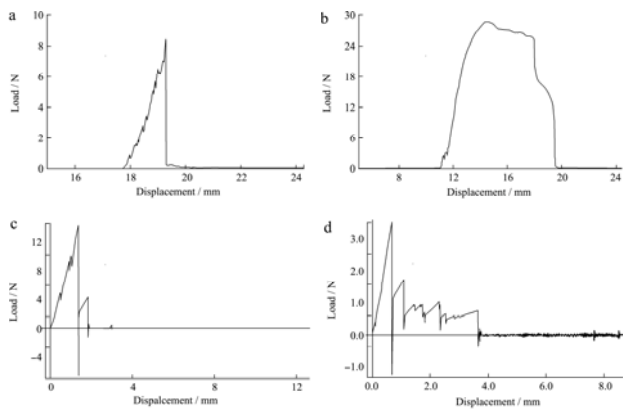


图5 4种浆果冻干样的质构特性

Fig.5 Texture properties of four kinds of freeze-dried berries

注: a: 香蕉, b: 葡萄, c: 猕猴桃, d: 蓝莓。

香蕉和猕猴桃的质构特性较接近, 当探头与物料接触时, 压力迅速提高, 当超过物料断裂强力时, 迅速破裂, 探头压力归零。蓝莓在质构测试过程中出现较多明显的二次断裂峰, 可推测蓝莓经真空冷冻干燥后, 内部呈现有层次的半中空结构, 导致剪切探头检测到蓝莓内部组织结构多次断裂的情况, 但由于蓝莓单果尺寸小、重量轻, 所以断裂力比香蕉和猕猴桃小2~4倍。葡萄经真空冷冻干燥后, 质构曲线平滑但不规则, 在剪切过程中无明显断裂峰, 表明冻干葡萄组织绵软, 对探头有较强的粘滞作用, 可推断出冻干后的葡萄已不具备酥脆的质地和疏通多孔的组织结构。

2.6 真空冷冻干燥浆果微观结构变化

为验证4种浆果的质构特性, 观察冻干浆果内部的微观结构变化, 试验利用S-3400电子扫描显微镜进行观察。首先将4种冻干的浆果样品切分, 截面朝上以利于观察内部结构, 用导电胶固定在样品台上; 由于冻干样品导电性较差, 需将固定好的4个样品置于真空离子喷溅器中镀Pt膜, 镀膜厚度约80nm; 将镀好Pt膜的样品精确测量高度后, 放入仪器样品仓; 选择合适探针电流与工作距离, 进行样品表面特征的扫描。为比较不同样品之间结构的差异, 放大倍数均确定为500倍, 结果如图6。

图6中, 香蕉和猕猴桃扫描电镜图像中纤维清晰可见, 结构疏松, 猕猴桃内部纤维成股分布, 股与股之间有较大孔隙, 而香蕉内部纤维较分散, 纤维之间有空隙, 因此在质构测定中, 猕猴桃比香蕉所需断裂力更大, 断裂峰也更尖锐些。蓝莓的微观结构为片状, 片与片之间有纤维联接, 部分区域存在较大孔隙, 导致质构测定中会有二次断裂现象。葡萄由于原料含可溶性糖含量较高(21.61%), 粘度大, 使得葡萄内部

组织完全被糖裹住, 体积收缩, 只留有为数不多的大孔隙使得水分得以挥发。扫描电镜结果表明, 可溶性糖随着水分的升华而凝固, 进而堵塞物料内部孔隙影响水蒸气流出, 造成物料体积收缩, 感官品质下降, 因此, 真空冷冻干燥技术在含糖量高的浆果干燥方面还存在一定的应用局限性。

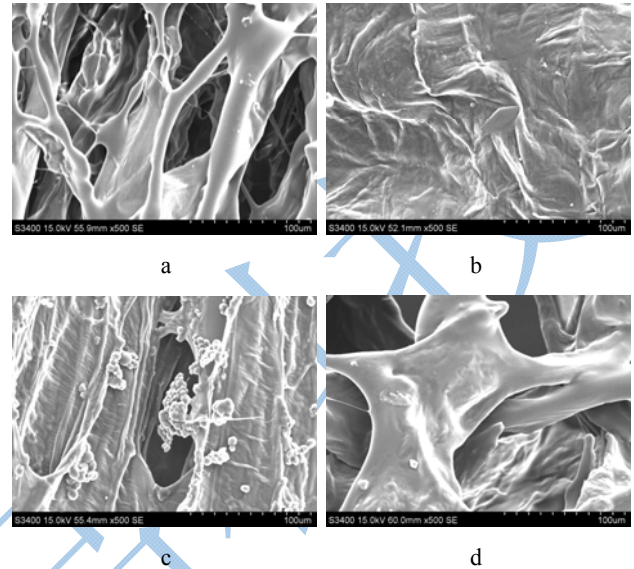


图6 4种浆果冻干样的微观结构

Fig.6 Microstructure of four kinds of freeze-dried berries

注: a: 香蕉, b: 葡萄, c: 猕猴桃, d: 蓝莓。

3 结论

3.1 真空冷冻干燥技术有利于提高浆果的感官品质。通过对真空冷冻干燥后的不同浆果进行感官评价、质构分析和微观结构扫描发现, 香蕉、葡萄、猕猴桃和蓝莓均能保持新鲜物料的色泽和气味, 除葡萄出现体积收缩、表面褶皱外, 香蕉、猕猴桃和蓝莓均能保持新鲜物料的形态, 疏松多孔、质地酥脆。

3.2 通过对浆果的动态干燥过程进行分析, 可基本划分4种浆果的升华干燥和解析干燥阶段, 其中升华干燥持续时间长, 物料大部分水分在此阶段逸出。香蕉和猕猴桃升华干燥中出现了明显的恒速干燥阶段且持续时间较长, 蓝莓物料有恒速干燥阶段且干燥速率高、持续时间短; 由于葡萄中可溶性糖的熔化, 使物料干燥速率出现先增大后减小波动情况, 无明显的恒速干燥阶段。

3.3 真空冷冻干燥后的香蕉、猕猴桃和蓝莓3种浆果均具有良好的复水性, 分别为72.34%、76.23%和55.88%, 即冻干物料能够快速恢复鲜果的色泽和形态。然而, 由于可溶性糖含量太高, 葡萄物料的微观组织结构在真空冷冻干燥过程中受粘滞而收缩, 复水性较差, 仅为33.53%。

3.4 真空冷冻干燥可极大地保存物料中的活性营养成分。以维生素 C 为例,香蕉、猕猴桃和蓝莓的维生素 C 保存率分别为 88.47%、96.67%和 78.11%,猕猴桃经真空冷冻干燥后维生素 C 基本无损失,香蕉和蓝莓维生素 C 保存率也超过维生素 C 总量的 3/4,保存率很高。冻干葡萄的维生素 C 保存率较低,仅为 22.67%。

3.5 真空冷冻干燥技术可用于低含糖量浆果的干燥加工,能有效保持物料的色泽、香味和营养物质,形成疏松多孔的组织结构;同时,干燥后的产品质量极轻,可为后续运输和贮藏提供便利,也有利于延长干燥产品货架期和产业链,提高浆果的食用价值和经济效益。然而,含糖量较高的浆果在本次试验中未取得良好的效果,建议后期重点针对可溶性糖含量高的部分浆果开发合适的干燥方法和加工工艺。

参考文献

- [1] Basu A, Rhone M, Lyons T J. Berries: emerging impact on cardiovascular health [J]. Nutrition reviews, 2010, 68(3): 168-177
- [2] Paredes-López O, Cervantes-Ceja M L, Vigna-Pérez M, et al. Berries: improving human health and healthy aging, and promoting quality life-A review [J]. Plant foods for human nutrition, 2010, 65(3): 299-308
- [3] 徐小东,崔政伟.农产品和食品干燥技术及设备的现状和发展[J].农业机械学报,2005,36(12):171-174
Xu X, Cui Z. Current situation and development of agricultural products and food drying technology and equipment [J]. Transactions of the Chinese Society For Agricultural Machinery, 2005, 36(12): 171-174
- [4] Foerst P, Kulozik U, Schmitt M, et al. Storage stability of vacuum-dried probiotic bacterium *Lactobacillus paracasei* F19 [J]. Food and Bioproducts Processing, 2012, 90(2): 295-300
- [5] Ratti C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review [J]. Journal of food engineering, 2001, 49(4): 311-319
- [6] Li H, Jiao X, Geng L. The Present Status and Prospect of Research on Rapid Freeze-drying Food in China [J]. Journal of Advances in Chemistry, 2013, 1(1): 33-38
- [7] 陈仪男.冻干香蕉共晶点和共熔点的研究[J].华南热带农业大学学报,2007,13(1):9-12
CHEN Y. Study on Eutectic Point and Consolute Point of Frozen-Dried Bananas [J]. Journal of South China University of Tropical Agriculture, 2007, 13(1): 9-12
- [8] King C J. Applications of freeze drying to food products[J]. Freeze Drying and Advanced Food Technology, 1975: 333-350
- [9] 李忠宏,杨公明.猕猴桃果浆真空冷冻干燥工艺优化研究[J].食品科学,2004,25(8):94-96
LI Z, YANG G. Optimization on Freeze-Drying of Kiwifruit Pulp [J]. FOOD SCIENCE, 2004, 25(8): 94-96
- [10] Miller V, Miller V. Fruit Infused Fat Based Table Spread: U.S. Patent Application 11/756,872[P]. 2007-6-1.
- [11] GB 5009.3-2010 食品安全国家标准.食品中水分的测定[S]
GB 5009.3-2010 National food safety standard Determination of moisture in foods [S]
- [12] GB/T 6195-1986 水果、蔬菜维生素 C 含量测定法(2,6-二氯酚滴定法)[S]
GB/T 6195-1986 Determination of vitamin C in vegetables and fruits (2, 6-dechloro-indophenol titration method) [S]
- [13] GB/T 5009.8-2008 食品中蔗糖的测定[S]
GB/T 5009.8-2008 Determination of saccharose in foods [S]
- [14] 李强,唐虎利.枸杞子冷冻干燥和热风干燥的品质比较[J].安徽农业科学,2010,26:14779-14780
LI Q, TANG H. Comparison of the Quality of Chinese Wolfberry Fruit under the Treatment of Freeze-dried and Hot-air Dried [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 26: 14779-14780
- [15] 李蔚,陈民.番茄冻干过程的传热传质研究[J].西安公路交通大学学报,1999,19(1):112-115
LI W, CHEN M. Study on Heat and Mass Transfer in Freeze-drying of Tomatoes [J]. Journal of Xi'an Highway University, 1999, 19(1): 112-115