

## 热风干燥与真空冷冻干燥对果蔬酚类物质含量的影响

张倩茹, 尹蓉, 王贤萍\* (山西省农业科学院果树研究所, 果树种质创制与利用山西省重点实验室, 山西太原 030031)

**摘要** [目的]研究干燥方式对常见果品、蔬菜酚类物质含量的影响。[方法]以11种常见果品、蔬菜为原料,采用Folin-Ciocalteu法、正丁醇-盐酸法测定热风干燥和真空冷冻干燥的果品、蔬菜粉中总酚、原花色素含量。[结果]通过热风干燥而得的果品、蔬菜粉总酚的保留率在85.94%~93.27%,原花色素的保留率在66.17%~72.58%;真空冷冻干燥的果品、蔬菜粉总酚保留率在93.50%~96.98%,原花色素的保留率在95.24%~98.15%。[结论]真空冷冻干燥可较好地保持果品、蔬菜原有的酚类物质,得到的果品、蔬菜粉感官品质和营养价值均更优质。

**关键词** 果蔬粉;酚类物质;热风干燥;真空冷冻干燥

中图分类号 TS255 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)16-0106-03

## Comparison of Phenolic Content of the Fruit and Vegetable Powder by Hot-air Drying and Vacuum Freeze Drying

ZHANG Qian-ru, YIN Rong, WANG Xian-ping\* (Shanxi Key Laboratory of Germplasm Innovation and Utilization in Pomology, Pomology Institute, Shanxi Academy of Agricultural Science, Taiyuan, Shanxi 030031)

**Abstract** [Objective] The aim was to investigate the effects of drying methods on the content of phenolic substances in common fruits and vegetables. [Method] Taking 11 kinds of fruit, vegetable as test material, Folin-Ciocalteu method was used to determine the content of total phenols, while N-butyl alcohol-hydrochloric acid method for the content of proanthocyanidins, to compare the effect of phenolic substances between hot air drying and vacuum freeze drying. [Result] The result showed that the retention rate of total phenols of fruit and vegetable powder by hot air drying was from 85.94% to 93.27%, the retention rate of proanthocyanidins was from 66.17% to 72.58%; the retention rate of total phenols of fruit and vegetable powder by vacuum freeze drying was from 93.50% to 96.98%, the retention rate of proanthocyanidins was from 95.24% to 98.15%. [Conclusion] The vacuum freeze drying can maintain original total phenols and proanthocyanidins of fruit and vegetable, fruit and vegetable powder have higher quality and nutritional value.

**Key words** Fruit and vegetables powder; Phenols; Hot-air drying; Vacuum freeze drying

农业部农情统计资料显示,2016年我国水果种植面积0.123亿hm<sup>2</sup>,总产量1.75亿t;蔬菜种植面积0.782亿hm<sup>2</sup>,总产量超过7.00亿t。随着果品、蔬菜产业的发展壮大,产品过剩现象和损伤与变质问题亦日益凸显,为解决上述问题,国家大力发展果品加工业,以提高其加工转化率。在这些精深加工果品、蔬菜制品中,果品、蔬菜粉以耐贮藏、原料利用率高、营养损耗少、应用范围广等优点深受消费者喜爱。

酚类物质是植物的主要次生代谢产物之一,对植物的品质、色泽、风味等有一定的影响,同时还具有抗氧化、抗癌等重要的作用<sup>[1]</sup>。近年来,国内外学者对果品、蔬菜加工品中的酚类物质进行了深入研究。李晓娇等<sup>[2]</sup>研究了果醋中酚类物质特征,对其中的总酚进行了分析;王行等<sup>[3]</sup>以超高压处理的鲜榨蓝莓汁为研究对象,研究了其贮藏35d内总酚、总黄酮、花色苷含量的变化;林耀盛等<sup>[4]</sup>采用Folin-Ciocalteu法测定了桑葚片中总多酚含量,pH示差法测定了总花青素含量。

热风干燥技术是目前生产上常用的干燥方法之一<sup>[5]</sup>,对于含糖量低及对热不敏感的蔬菜原料特别适用。真空冷冻干燥技术对于含糖高及对热敏感的果品原料特别适用。目前国内外关于果品、蔬菜粉加工方式与工艺的研究较多,对于加工前后营养成分的比较主要集中在可溶性糖、蛋白质、维生素C等物质上,而对果品、蔬菜加工前后酚类物质的比较研究较少,特别是野菜粉至今尚未见报道。杨华等<sup>[6]</sup>研究

了不同干燥方式对西兰花蔬菜粉品质的影响,结果表明:真空冷冻干燥方式制得的西兰花粉品质比喷雾干燥的好;闫旭等<sup>[7]</sup>比较了不同干燥方法对番石榴总酚、黄酮及抗坏血酸含量的影响,结果显示真空干燥和真空冷冻干燥得到的总酚、抗坏血酸含量较高。

笔者研究了热风干燥和真空冷冻干燥对果品、蔬菜粉总酚保留率、原花色素保留率的影响,以期为果品、蔬菜粉的实际生产加工、营养评价奠定理论基础。

## 1 材料与方法

## 1.1 材料

**1.1.1 原料及主要试剂。**苹果皮、沙棘皮、山楂、核桃、杏仁、紫薯、胡萝卜、南瓜,购自美特好超市;蒲公英、马齿苋、车前草,采自山西省农业科学院果树研究所。碳酸钠、钨酸钠、磷钼酸、正丁醇、盐酸、硫酸铁铵等试剂均为分析纯。

**1.1.2 主要仪器设备。**DHG-9146A型电热恒温鼓风干燥箱,上海精宏试验设备有限公司;SCIENTZ-10冻干机,宁波新芝生物科技股份有限公司;UV-7520型紫外分光光度计,上海分析仪器厂;DZKW-4恒温水浴锅,北京中兴伟业仪器有限公司;FA2004电子天平,上海精科实业有限公司。

**1.2 原料预处理** 挑选新鲜干净、无腐烂变质的原材料,清洗干净,山楂、紫薯、胡萝卜、南瓜切片,将处理好的原料分成2份,分别用于热风干燥和真空冷冻干燥,贮藏在4℃冰箱。

## 1.3 方法

**1.3.1 热风干燥<sup>[8]</sup>。**原料→清洗→预处理(切片或小块)→热风干燥(65℃,18h)→粉碎100目过筛→包装→果品、蔬菜粉成品。

**1.3.2 真空冷冻干燥<sup>[8]</sup>。**原料→清洗→预处理(切片或小

基金项目 山西省农业科学院项目(yjkt1424)。

作者简介 张倩茹(1985—),女,江苏常州人,研究实习员,硕士,从事果品加工与质量安全研究。\*通讯作者,研究员,从事农产品安全与果品加工研究。

收稿日期 2017-05-12

块)→预冷冻(-18℃,1h)→冷冻干燥(-80℃,0.01MPa)→粉碎100目过筛→包装→果品、蔬菜粉成品。

**1.3.3 总酚含量的测定。**采用FC法,取0.5mL样液于具塞试管中,加入0.250mL FC试剂后再加入1.25mL碳酸钠溶液,旋摇试管,于暗条件下保存反应试样40min后,测定波长725nm条件下的吸光值。

**1.3.4 原花色素含量的测定。**采用正丁醇-盐酸法,取1mL样液于具塞试管中,依次加入6mL正丁醇-盐酸溶液

及0.2mL硫酸铁铵溶液,然后于沸水中加热40min后迅速冷却,以试剂空白作参比,在波长546nm处测定其吸光值。

## 2 结果与分析

**2.1 热风干燥与真空冷冻干燥对果品、蔬菜粉总酚含量的影响** 多酚在不同温度、不同的储存时间下,其氧化程度不同,多酚酶的活性不同,含量也会发生变化<sup>[9]</sup>,热风干燥及真空冷冻干燥会在一定程度上影响果品、蔬菜粉中总酚的含量,结果见表1。

表1 2种干燥方式对果品、蔬菜粉总酚含量的影响

Table 1 Effects of two drying methods on total phenolic content in fruit and vegetable powder

样品 Sample	新鲜原料总酚含量 Total phenolic content of fresh raw materials//mg/kg	热风干燥 Hot-air drying		真空冷冻干燥 Vacuum freeze drying	
		总酚含量 Total phenolic content//mg/kg	保留率 Retention rate//%	总酚含量 Total phenolic content//mg/kg	保留率 Retention rate//%
苹果皮 Apple pericarp	664.50	605.60	91.14	632.20	95.14
沙棘皮 Seabuckthorn bark	1 552.20	1 383.80	89.15	1 505.30	96.98
蒲公英 Dandelion	1 256.60	1 133.80	90.14	1 185.50	94.34
马齿苋 Purslane	1 056.70	939.10	88.87	978.00	92.54
车前草 Plantago asiatica	1 558.90	1 402.10	89.94	1 504.00	96.48
核桃 Walnut	61.20	53.50	87.41	58.90	96.20
杏仁 Almond	46.60	41.30	88.63	43.50	93.50
紫薯 Purple sweet potato	257.80	294.50	85.94	328.30	95.80
南瓜 Pumpkin	419.30	373.40	89.05	395.00	94.21
胡萝卜 Carrot	1 357.70	1 171.20	86.26	1 287.50	94.83
山楂 Maythorn	2 990.50	2 789.10	93.27	2 840.90	95.00

由表1可以看出,新鲜原料中,山楂总酚含量最高(2 990.50 mg/kg),其次为车前草(1 558.90 mg/kg)、沙棘皮(1 552.20 mg/kg)、胡萝卜(1 357.70 mg/kg)、蒲公英(1 256.60 mg/kg)、马齿苋(1 056.70 mg/kg)、苹果皮(664.50 mg/kg)、南瓜(419.30 mg/kg)、紫薯(257.80 mg/kg)、核桃(61.20 mg/kg)、杏仁总酚含量最低(46.60 mg/kg),其中野菜中总酚含量较高。郭婕等<sup>[10]</sup>研究了车前草总酚的微波提取工艺条件,提取率最高可达3.61%;李慎新等<sup>[11]</sup>研究了几种中草药抗氧化性成分的还原能力及总酚含量,发现蒲公英的总酚含量要高于黄芩和紫花地丁。车前草、马齿苋、蒲公英是我国常见的野菜,也是我国名贵的中药材,具有利尿、镇咳、平喘、祛疾、抗衰老、清热、泻火、降低胆固醇和血糖、杀灭病原微生物、解毒、保护肝脏、抗癌等药理作用<sup>[11-12]</sup>。3种野菜总酚含量较高,也说明了野菜的抗氧化能力较高。

经过热风干燥而得的果品、蔬菜粉总酚的保留率较真空冷冻干燥稍低,通过热风干燥而得的果品、蔬菜粉总酚的保留率在85.94%~93.27%,真空冷冻干燥的果品、蔬菜粉总酚保留率在93.50%~96.98%,2种干燥方式均能较好地保留总酚。王林枫等<sup>[13]</sup>研究了不同处理方式对苹果渣中多酚含量的影响,发现随着烘干温度的升高、时间的延长,多酚含量呈先降低后升高的趋势;闫旭等<sup>[7]</sup>比较不同干燥方法对番石榴总酚含量的影响,发现番石榴鲜果总酚含量在不同干燥方法加工后并没有减少;秦建华等<sup>[14]</sup>研究了不同干燥处理对马齿苋总酚含量及其抗氧化性的影响,发现真空冷冻干燥

法制得的马齿苋干粉样品中总酚含量显著高于真空微波与热风干燥样品;叶磊等<sup>[15]</sup>研究了热风干燥与真空冷冻干燥对桑葚果品品质的影响,发现热风干燥和真空冷冻干燥桑葚果粉总酚保留率分别为98.40%和92.07%;笔者的研究结果与前人研究结果相符。热风干燥并没有破坏总酚,可能是由于:第一,多酚氧化酶在高温下失活,多酚分解降低;第二,破坏了不可提取的酚类化合物结构,使得结合酚释放。真空冷冻干燥保留的较高的总酚含量,可能是由于真空环境在一定程度上隔绝了氧气,酚类物质的氧化降低,且干燥温度为-80℃,避免热源存在,使得酚类物质保留率高<sup>[16]</sup>。2种干燥方式均对多酚破坏较少,并不代表果品、蔬菜粉所含多酚的生物活性不变,秦建华等<sup>[14]</sup>发现真空冷冻干燥法制得的马齿苋甲醇提取液的总抗氧化能力、还原能力、DPPH自由基清除能力与羟自由基清除能力显著高于真空微波和热风干燥法制得的马齿苋粉;闫旭等<sup>[7]</sup>发现,真空干燥和真空冷冻干燥得到的总酚、抗坏血酸含量较高,清除自由基及亚铁还原能力试验(FRAP)效果较好。因此不同干燥方法对多酚生物活性的影响有待进一步研究。

**2.2 热风干燥与真空冷冻干燥对果品、蔬菜粉原花色素含量的影响** 原花色素是一种有大量自由酚羟基的水溶性色素,广泛存在于自然界中<sup>[17]</sup>,存在于紫薯、山楂、葡萄、蓝莓等有色植物中。2种干燥方式对果品、蔬菜粉原花色素含量的影响结果见表2。

表2 2种干燥方式对果品、蔬菜粉原花色素含量的影响

Table 2 Effects of two drying methods on the content of proanthocyanidins in fruits and vegetables

样品 Sample	新鲜原料原花色素含量 Proanthocyanidins content of fresh raw materials // mg/kg		热风干燥 Hot-air drying		真空冷冻干燥 Vacuum freeze drying	
	原花色素含量 Proanthocyanidins content // mg/kg	保留率 Retention rate // %	原花色素含量 Proanthocyanidins content // mg/kg	保留率 Retention rate // %	原花色素含量 Proanthocyanidins content // mg/kg	保留率 Retention rate // %
苹果皮 Apple pericarp	6.50	72.58	4.50	62.58	6.20	95.38
沙棘皮 Seabuckthorn bark	17.30	71.08	11.80	68.80	16.60	95.95
蒲公英 Dandelion	27.10	66.17	17.60	64.94	26.60	98.15
马齿苋 Purslane	2.20	66.67	1.40	63.64	2.10	95.45
车前草 Plantago asiatica	11.80	67.86	7.60	64.41	11.20	94.92
核桃 Walnut	0.84	65.00	0.52	61.90	0.80	95.24
杏仁 Almond	0.92	70.00	0.63	68.52	0.90	97.83
紫薯 Purple sweet potato	59.20	69.46	39.80	67.23	57.30	96.79
南瓜 Pumpkin	4.80	70.83	3.20	66.67	4.60	96.00
胡萝卜 Carrot	2.50	69.57	1.70	68.00	2.40	95.83
山楂 Maythorn	71.10	71.14	49.30	69.35	69.30	97.47

由表2可以看出,新鲜原料中,山楂原花色素含量最高(71.10 mg/kg),其次为紫薯(59.20 mg/kg)、蒲公英(27.10 mg/kg)、沙棘皮(17.30 mg/kg)、车前草(11.80 mg/kg)、苹果皮(6.50 mg/kg)、南瓜(4.80 mg/kg)、胡萝卜(2.50 mg/kg)、马齿苋(2.20 mg/kg)、杏仁(0.92 mg/kg),核桃原花色素含量最低(0.84 mg/kg)。原花色素是构成果品、蔬菜众多颜色色素中的一种,因此其颜色越深,原花色素含量也相对越高,其中山楂、紫薯和野菜中原花色素含量较高。

经过热风干燥而得的果品、蔬菜粉原花色素的保留率普遍低于真空冷冻干燥,而通过热风干燥的保留率最高为苹果皮72.58%,真空冷冻干燥保留率均高于90.00%,说明采用真空冷冻干燥对原花色素破坏较小,能很好地保存原花色素。王庆玲等<sup>[18]</sup>研究发现,温度低于75℃时原花色素较稳定,当温度高于75℃后迅速被氧化;赵建国等<sup>[19]</sup>研究了石榴籽中原花色素的热稳定性,结果表明其含量随加热温度的升高和时间的延长而降低,该研究结果与前人研究结果相符。热风干燥对原花色素造成较大的破坏,可能原因是:第一,高温会加速原花色素的氧化;第二,氧气也会加速原花色素的氧化。真空冷冻干燥保留的较高的原花色素含量,是因为在整个过程处于极低氧含量和温度下,可显著减少原花色素的损失。

### 3 结论与讨论

真空冷冻干燥能很好地保持果品、蔬菜的色泽及多酚类物质的含量,其中总酚保留率最高的为沙棘皮96.98%,原花色素保留率最高的为蒲公英98.15%,而热风干燥因原花色素大量损失,其中总酚保留率最高的为山楂93.27%,原花色素保留率最高的为苹果皮72.58%,呈色物质破坏程度大,导致果品、蔬菜粉色泽较差。由此可见,热风干燥因其温度过高、氧气含量大,导致多酚类物质分解,特别是原花色素,同时由于多酚氧化酶在高温下失活,多酚分解降低及结合酚的释放,使得总酚含量降低较少,关于热风干燥和真空冷冻干燥过程中其多酚类化合物单体成分种类和结构及其变化、抗氧化能力的变化还有待进一步研究。

综上所述,热风干燥虽然成本低廉,但会导致果品、蔬菜粉的色泽、营养方面的品质降低;真空冷冻干燥成本相对较高,但能最大限度地保持果品、蔬菜原有的酚类物质等功能性成分,得到的果品、蔬菜粉感官品质和营养价值均更优质。

### 参考文献

- [1] 王玲平,周生茂,戴丹丽,等.植物酚类物质研究进展[J].浙江农业学报,2010,28(5):696-701.
- [2] 李晓娇,王晓宇,袁静,等.苹果醋、柿子醋、猕猴桃醋中酚类物质测定与比较[J].食品与发酵工程,2013,39(6):186-190.
- [3] 王行,马永昆,于立志,等.贮藏条件对超高压处理蓝莓汁酚类物质及抗氧化活性的影响[J].现代食品科技,2014,30(1):101-107.
- [4] 林耀盛,刘学铭,杨荣玲,等.桑椹片中多酚及花青素含量的测定[J].现代食品科技,2013,29(4):890-893.
- [5] 毕金峰,陈芹芹,刘璇,等.国内外果蔬粉加工技术与产业现状及展望[J].中国食品学报,2013,13(3):8-14.
- [6] 杨华,杨性民,孙金才.不同干燥方式对西兰花蔬菜粉品质的影响[J].中国食品学报,2013,13(7):152-158.
- [7] 闫旭,刘璇,毕金峰,等.干燥方法对番石榴活性物质含量及抗氧化能力的影响[J].食品科学,2016,37(17):57-64.
- [8] 王储炎,阎晓明,任子旭,等.不同干燥方式对桑椹果粉物理特性的影响[J].蚕业科学,2013,39(2):340-345.
- [9] 杨立锋,丁强,杨菊林,等.8种水果酚类化合物含量与其抗糖基化作用的研究[J].粮食与食品工业,2015,22(4):78-81.
- [10] 郭婕,胡春红,袁淑培,等.车前草总酚的微波提取[J].食品与发酵工程,2014,40(6):241-244.
- [11] 李慎新,曹新志,钟俊波,等.几种中草药抗氧化性成分的还原能力及总酚含量比较研究[J].安徽农业科学,2008,36(29):12755-12756.
- [12] 任贻军,周海,杨远荣,等.车前草的研究概况[J].安徽农业科学,2009,37(18):8467-8469.
- [13] 王林枫,杨改青,张世君,等.不同处理方式对苹果渣中苹果多酚含量的影响[J].饲料工业,2008,29(21):48-51.
- [14] 秦建华,吴涛.不同干燥处理对马齿苋总酚含量及其抗氧化性的影响[J].保鲜与加工,2016,16(5):31-35.
- [15] 叶磊,郝海燕,周拥军,等.热风干燥与真空冷冻干燥对桑葚果粉品质的影响比较[J].食品与发酵工业,2014,40(2):155-159.
- [16] SOGI D S, SIDDIQI M, GREIBY I, et al. Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of 'Tommy Atkins' mango peel and kernel as affected by drying methods[J]. Food chemistry, 2013, 141(3):2649-2655.
- [17] 常汇琳.水稻花青苷和原花色素含量的QTL分析及与产量性状关系的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2015.
- [18] 王庆玲,罗小玲,颜海燕,等.花生红衣中低聚原花色素稳定性的研究[J].现代食品科技,2010,26(8):847-849.
- [19] 赵建国,李桂峰,刘兴华,等.石榴籽原花色素稳定性及其热降解动力学研究[C]//Proceedings of 2010 international conference on biomedicine and engineering (ISBE 2010 V1), 齐齐哈尔: IITA Association, 2010:251-256.