

# 干燥方式与贮藏时间对铁核桃雄花营养成分及抗氧化活性的影响

张文娥, 王长雷, 史斌斌, 潘学军\*

(贵州大学 贵州省果树工程技术研究中心, 贵州 贵阳 550025)

**摘要:**以‘黔核7号’铁核桃雄花序为材料, 研究干燥方式和贮藏时间对铁核桃雄花主要营养成分、矿质元素、氨基酸含量、抗氧化活性物质含量及抗氧化活性的影响。结果表明: 恒温干制的铁核桃雄花中不仅脂肪、可溶性糖、淀粉、可滴定酸、总酚、总黄酮含量和15种氨基酸含量显著高于阴干的铁核桃雄花, 而且还保持了较高的抗氧化活性, 而2种干制方法对灰分、矿质营养元素、粗纤维、蛋白质以及甘氨酸和亮氨酸含量无明显影响。随着贮藏时间的延长, 2种方法干制的铁核桃雄花中除氨基酸苯丙氨酸、酪氨酸、半胱氨酸、赖氨酸、精氨酸、必需氨基酸和总氨基酸含量明显降低外, 其他各种营养成分和抗氧化活性均无显著变化。

**关键词:**铁核桃雄花; 恒温干燥; 风干; 贮藏; 营养品质; 抗氧化能力

Effects of Drying Method and Storage Time on Nutritional Quality and Antioxidant Activity of Walnut Male Flowers

ZHANG Wene, WANG Changlei, SHI Binbin, PAN Xuejun\*

(Guizhou Engineering Research Center for Fruit Crops, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** The effects of drying methods and storage time on the contents of nutritional components, mineral elements, amino acids and bioactive compounds and antioxidant activity in walnut male flowers (*Juglans sigillata* ‘Qianhe-7’) were investigated. The results indicated that oven drying led to higher contents of fat, soluble sugars, starch, titratable acid, total phenols, total flavonoids and 15 amino acids in dried walnut male flowers than shade air drying, while retaining higher antioxidant activity although there was no significant difference between two drying methods in the contents of ash, mineral elements, crude fibers, and amino acids such as Gly and Leu. Our results also showed there were no obvious changes with storage time in terms of the contents of all nutritional compounds and antioxidant activity except some amino acids such as Phe, Try, Cys, Lys and Arg in both dried samples.

**Key words:** walnut male flower; oven drying; shade air drying; storage duration; nutritional quality; antioxidant activity

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201609020

中图分类号: TS201.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2016)09-0105-06

引文格式:

张文娥, 王长雷, 史斌斌, 等. 干燥方式与贮藏时间对铁核桃雄花营养成分及抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(9): 105-110. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201609020. <http://www.spkx.net.cn>

ZHANG Wene, WANG Changlei, SHI Binbin, et al. Effects of drying method and storage time on nutritional quality and antioxidant activity of walnut male flowers[J]. Food Science, 2016, 37(9): 105-110. (in Chinese with English abstract)

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201609020. <http://www.spkx.net.cn>

铁核桃雄花又名核桃絮、长寿菜、龙须菜, 铁核桃产区的群众有采摘鲜嫩铁核桃花或制作干核桃花作炒菜食用的风俗, 制作的菜肴气味清香、口感鲜嫩清脆, 别有一番风味<sup>[1]</sup>。铁核桃花营养丰富<sup>[1-2]</sup>, 抗氧化活性成分含量高, 抗氧化效果好<sup>[1,3-5]</sup>, 且其长在树上, 早春开花,

此时病虫害少、干净整洁、少有污染, 是一种较好的天然营养保健食品资源<sup>[6]</sup>。铁核桃雄花量大, 雌雄花(序)比例在1:30~1:100之间, 一棵18 a生核桃大树可产雄花序2 000个左右, 疏雄是铁核桃标准化栽培的重要技术措施之一<sup>[7]</sup>, 我国每年可采收至少100万t铁核桃雄花, 且产

收稿日期: 2015-07-28

基金项目: 贵州省科技重大专项(黔科合重大专项字[2011]6011号)

作者简介: 张文娥(1976—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为园艺植物资源开发与利用。E-mail: agr.wezhang@gzu.edu.cn

\*通信作者: 潘学军(1977—), 男, 教授, 博士, 研究方向为果树种质资源与生物技术育种。E-mail: pxjun2050@aliyun.com

量稳定。因此,铁核桃花是一种开发潜力巨大的优质天然食品资源。

干制是果蔬加工的主要方式之一,目前常用的干制方法有晒干、阴干、热风干燥、微波干燥、真空干燥、冷冻干燥以及远红外干燥等<sup>[8]</sup>,其主要作用是保存果蔬营养成分、延长贮藏时间,研究发现不同的干制方法对果蔬的营养价值和贮存品质影响较大<sup>[8-11]</sup>。但目前干燥加工方法对铁核桃雄花营养品质和抗氧化活性的影响研究没有报道,本研究利用恒温烘干和阴(风)干2种方法干燥铁核桃雄花,并对干制铁核桃雄花贮藏期间的内在营养品质及抗氧化活性变化进行了分析,以期铁核桃雄花的进一步开发利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

供试铁核桃雄花为盛果期(树龄36 a)‘黔核7号’的雄花序,于盛花期采集铁核桃雄花,冰盒带回贵州省果树工程技术研究中心实验室。

甲醇(色谱纯)、乙腈(色谱纯)、乙醇、辛醇、高氯酸、硼酸、蒽酮、偏磷酸、偏钒酸、草酸、姜黄素、氯化锶及溴甲酚绿(均为分析纯) 国药集团化学试剂有限公司;2,4,6-三吡啶基三嗪(2,4,6-tri(2-pyridyl)-s-triazine, TPTZ)、福林-肖卡试剂、氨基酸标准品、矿物质营养元素标准品 美国Sigma公司;没食子酸、芦丁 瑞士Fluka公司;1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH) 日本Wako公司。

### 1.2 仪器与设备

SX2-2.5-12型马弗炉 上海沪粤明科学仪器有限公司;TAS-990原子吸收分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司;SZF-06A粗脂肪测定仪 上海新嘉电子有限公司;A-300氨基酸分析仪 德国曼默博尔公司;LC-15C高效液相色谱仪、UV-2550紫外-可见分光光度计 日本岛津公司;AKSW-24纯水仪 成都康宁实验专用纯水设备厂;D-37520 Osterode冷冻离心机 德国Thermo Electron Led GmbH公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 样品处理

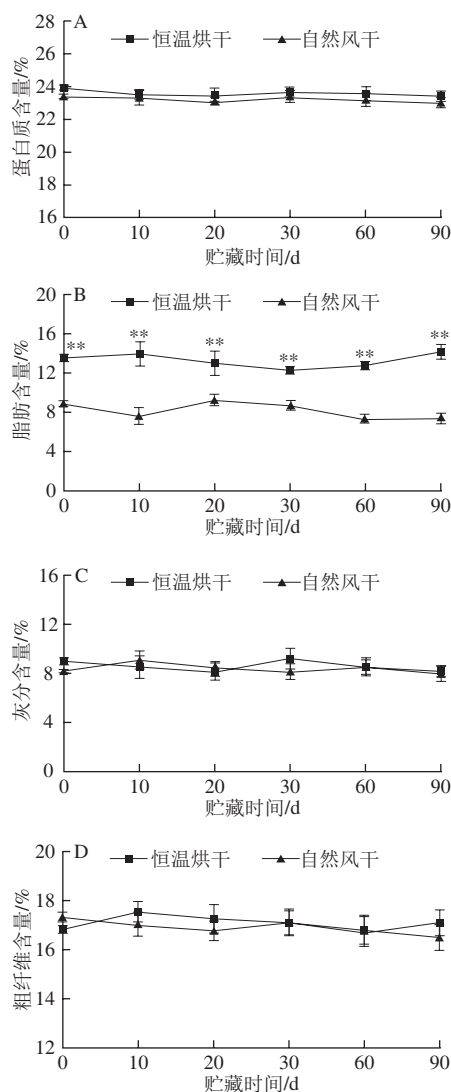
带回实验室的铁核桃雄花序分成2份,一份置于室温条件下(平均温度为 $(21 \pm 3)^\circ\text{C}$ ,相对湿度 $(60 \pm 5)\%$ )自然风干至含水量约8%(约10 d),另一份置于 $60^\circ\text{C}$ 恒温箱内恒温烘至恒质量,干燥后样品装入PE自封袋中密封简易包装后,置于平均温度为 $(24.0 \pm 2.5)^\circ\text{C}$ / $(17 \pm 2)^\circ\text{C}$ (昼/夜),相对湿度为 $(60 \pm 5)\%$ ,通风透气且无直射光照的室内贮藏。贮藏样品分别于10、20、30、60、90 d取样进行各指标测定。

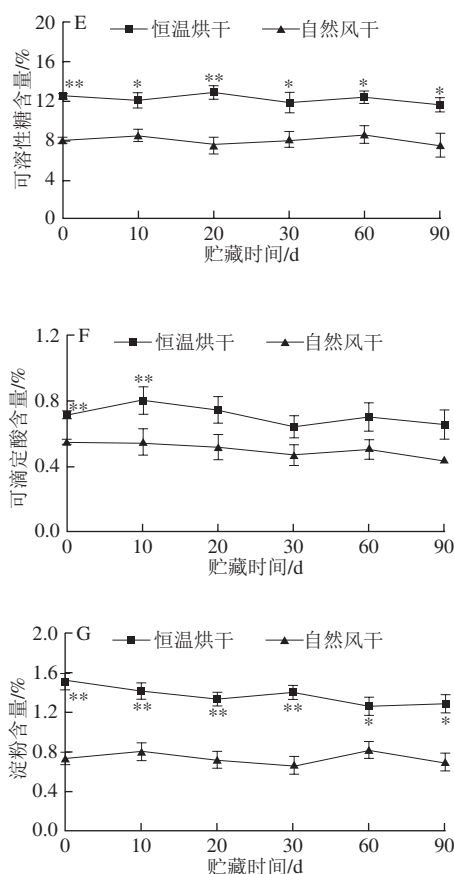
#### 1.3.2 指标测定

粗蛋白含量测定采用半微量凯氏法<sup>[12]</sup>;脂肪含量采用索氏提取法<sup>[12]</sup>;可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法<sup>[13]</sup>;可滴定酸含量采用碱式滴定法测定<sup>[13]</sup>;淀粉含量测定采用酸解法<sup>[13]</sup>;粗纤维含量测定采用称重法<sup>[13]</sup>;矿物质元素含量采用原子吸收分光光度计测定<sup>[12]</sup>;灰分含量测定采用马福炉灰化法<sup>[12]</sup>;氨基酸种类及含量利用氨基酸自动分析仪测定<sup>[14]</sup>;抗坏血酸含量采用液相色谱法测定<sup>[15]</sup>;总酚含量测定采用福林-肖卡比色法<sup>[16]</sup>;总黄酮含量测定采用硝酸铝比色法<sup>[17]</sup>;DPPH自由基清除实验参照Motamed等<sup>[18]</sup>所描述的方法进行;亚铁还原能力(ferric reducing antioxidant power, FRAP)测定参照Hatamnia等<sup>[19]</sup>的方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 干燥方式及贮藏时间对铁核桃雄花中主要营养成分含量的影响



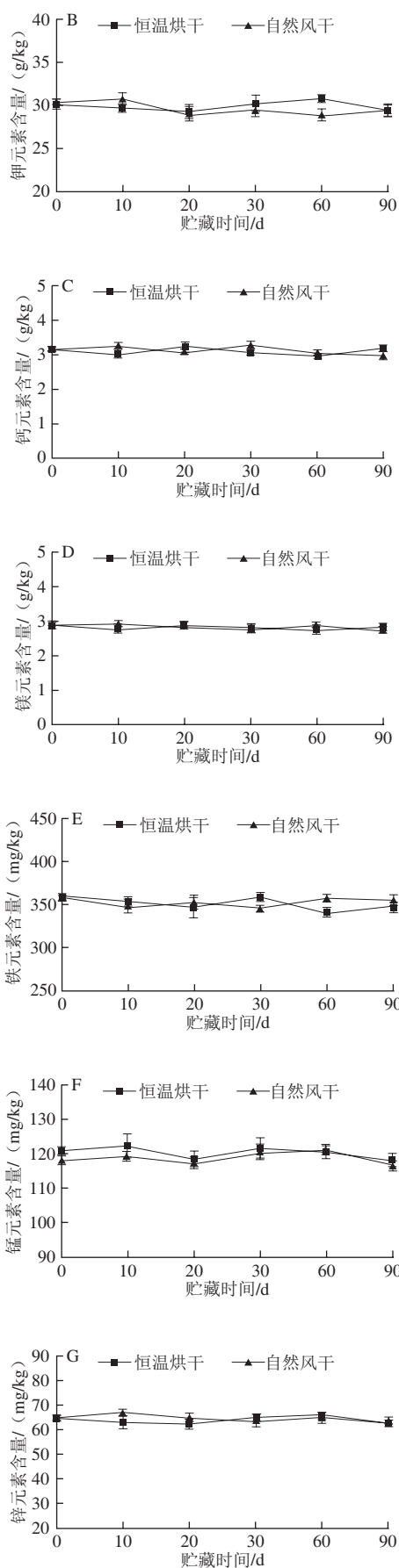
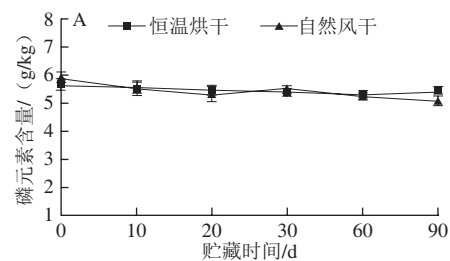


\*. 两种干燥方式相比差异显著 ( $P < 0.05$ ) ; \*\*. 两种干燥方式相比差异极显著 ( $P < 0.01$ )。下同。

**图1 不同干燥方式对铁核桃雄花中主要营养成分含量的影响**  
Fig. 1 Effect of drying methods and storage time on proximate compositions of walnut male flowers

由图1可知, 不同的干燥方式 (恒温干燥和自然风干) 对铁核桃雄花中的蛋白质、灰分和粗纤维含量无显著影响, 但对脂肪、可溶性糖、淀粉及可滴定酸含量影响明显, 其中恒温干燥状态下4种物质含量显著高于自然风干 ( $P < 0.05$ ), 说明采取恒温烘干方式干燥铁核桃雄花有利于保持其中的营养物质。贮藏3个月内, 随着贮藏时间的延长, 干燥铁核桃雄花中7种主要营养成分均无明显变化, 表明干燥后的铁核桃雄花保存3个月后7种主要营养成分无明显损失。

## 2.2 干燥方式及贮藏时间对铁核桃雄花中矿质营养元素含量的影响



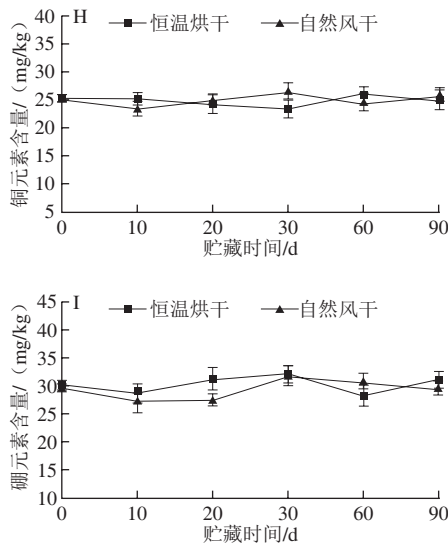


图2 干燥方式及贮藏时间对铁核桃雄花中矿物质元素含量的影响  
Fig. 2 Effect of drying methods and storage time on minerals content of walnut male flowers

由图2可知,随着贮藏时间的延长,2种干燥方式得到的铁核桃雄花9种矿质营养元素(磷、钾、钙、镁、铁、锰、锌、铜和硼)含量均未发生显著性变化,且2种干燥方法间也无显著差异,表明干燥方式和贮藏时间对矿质营养影响较小。

2.3 干燥贮藏对铁核桃雄花中氨基酸含量的影响

表1 干燥方式及贮藏时间对铁核桃雄花中氨基酸含量的影响  
Table 1 Effect of drying methods and storage time on amino acids content of walnut male flowers

氨基酸	干燥方式	贮藏时间/d					
		0	10	20	30	60	90
天冬氨酸 (Asp)	恒温烘干	1.08±0.08 <sup>a</sup>	1.09±0.14 <sup>a</sup>	1.07±0.05 <sup>a</sup>	1.11±0.12 <sup>a</sup>	1.07±0.07 <sup>a</sup>	1.05±0.06 <sup>a</sup>
	自然风干	0.90±0.01	0.90±0.02	0.91±0.01	0.89±0.02	0.91±0.02	0.89±0.02
苏氨酸 (Thr)	恒温烘干	0.61±0.04 <sup>a</sup>	0.61±0.02 <sup>a</sup>	0.61±0.03 <sup>a</sup>	0.60±0.02 <sup>a</sup>	0.61±0.03 <sup>a</sup>	0.61±0.02 <sup>a</sup>
	自然风干	0.42±0.02	0.42±0.01	0.42±0.02	0.41±0.01	0.41±0.01	0.41±0.01
丝氨酸 (Ser)	恒温烘干	0.80±0.02 <sup>a</sup>	0.80±0.03 <sup>a</sup>	0.79±0.02 <sup>a</sup>	0.80±0.02 <sup>a</sup>	0.79±0.01 <sup>a</sup>	0.78±0.02 <sup>a</sup>
	自然风干	0.69±0.03	0.70±0.03	0.69±0.01	0.68±0.01	0.67±0.01	0.69±0.01
谷氨酸 (Glu)	恒温烘干	1.49±0.04 <sup>a</sup>	1.49±0.03 <sup>a</sup>	1.51±0.02 <sup>a</sup>	1.50±0.01 <sup>a</sup>	1.50±0.02 <sup>a</sup>	1.49±0.02 <sup>a</sup>
	自然风干	1.24±0.02	1.23±0.02	1.21±0.02	1.21±0.01	1.21±0.01	1.22±0.01
甘氨酸 (Gly)	恒温烘干	1.16±0.06	1.10±0.11	1.15±0.09	1.15±0.10	1.01±0.01	1.09±0.13
	自然风干	1.05±0.05	1.05±0.09	0.99±0.03	0.99±0.02	1.06±0.05	0.99±0.02
丙氨酸 (Ala)	恒温烘干	1.20±0.04 <sup>a</sup>	1.16±0.09 <sup>a</sup>	1.05±0.06 <sup>a</sup>	1.05±0.08 <sup>a</sup>	1.05±0.07 <sup>a</sup>	1.10±0.14 <sup>a</sup>
	自然风干	0.45±0.04	0.45±0.02	0.43±0.01	0.42±0.01	0.43±0.01	0.45±0.01
半胱氨酸 (Cys)	恒温烘干	0.06±0.01 <sup>a</sup>	0.07±0.02 <sup>a</sup>	0.06±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.00 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>
	自然风干	0.03±0.01 <sup>a</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>	0.03±0.01 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>
缬氨酸 (Val)	恒温烘干	0.90±0.02 <sup>a</sup>	0.91±0.03 <sup>a</sup>	0.88±0.02 <sup>a</sup>	0.87±0.02 <sup>a</sup>	0.90±0.02 <sup>a</sup>	0.89±0.02 <sup>a</sup>
	自然风干	0.69±0.03	0.70±0.01	0.70±0.02	0.71±0.01	0.69±0.01	0.70±0.01
甲硫氨酸 (Met)	恒温烘干	0.13±0.03 <sup>a</sup>	0.12±0.00 <sup>a</sup>	0.12±0.01 <sup>a</sup>	0.13±0.03 <sup>a</sup>	0.13±0.02 <sup>a</sup>	0.13±0.01 <sup>a</sup>
	自然风干	0.05±0.01	0.05±0.01	0.04±0.00	0.04±0.00	0.04±0.00	0.04±0.00
异亮氨酸 (Ile)	恒温烘干	0.55±0.04 <sup>a</sup>	0.56±0.03 <sup>a</sup>	0.56±0.03 <sup>a</sup>	0.58±0.02 <sup>a</sup>	0.57±0.03 <sup>a</sup>	0.55±0.02 <sup>a</sup>
	自然风干	0.47±0.03	0.47±0.02	0.48±0.02	0.46±0.01	0.46±0.01	0.47±0.01
亮氨酸 (Leu)	恒温烘干	1.12±0.09	1.16±0.12	1.07±0.13	1.05±0.09	1.19±0.03	1.12±0.12
	自然风干	0.98±0.02	1.03±0.06	1.01±0.05	0.97±0.01	0.99±0.02	1.01±0.02

续表1

氨基酸	干燥方式	贮藏时间/d					
		0	10	20	30	60	90
酪氨酸 (Tyr)	恒温烘干	0.30±0.02 <sup>a</sup>	0.30±0.03 <sup>a</sup>	0.31±0.02 <sup>a</sup>	0.30±0.03 <sup>a</sup>	0.25±0.04 <sup>a</sup>	0.10±0.01 <sup>a</sup>
	自然风干	0.29±0.02 <sup>a</sup>	0.22±0.02 <sup>a</sup>	0.17±0.02 <sup>a</sup>	0.10±0.01 <sup>d</sup>	0.05±0.01 <sup>e</sup>	0.03±0.01 <sup>f</sup>
苯丙氨酸 (Phe)	恒温烘干	0.43±0.11 <sup>a</sup>	0.44±0.02 <sup>a</sup>	0.44±0.03 <sup>a</sup>	0.23±0.02 <sup>b</sup>	0.18±0.03 <sup>b</sup>	0.09±0.01 <sup>e</sup>
	自然风干	0.44±0.02 <sup>a</sup>	0.39±0.01 <sup>b</sup>	0.35±0.01 <sup>c</sup>	0.29±0.02 <sup>a</sup>	0.22±0.02 <sup>a</sup>	0.17±0.02 <sup>e</sup>
组氨酸 (His)	恒温烘干	0.30±0.03 <sup>a</sup>	0.30±0.02 <sup>a</sup>	0.27±0.01 <sup>a</sup>	0.27±0.02 <sup>a</sup>	0.30±0.02 <sup>a</sup>	0.28±0.02 <sup>a</sup>
	自然风干	0.14±0.02	0.14±0.01	0.14±0.01	0.15±0.02	0.14±0.01	0.14±0.01
赖氨酸 (Lys)	恒温烘干	0.58±0.03 <sup>a</sup>	0.59±0.04 <sup>a</sup>	0.58±0.03 <sup>a</sup>	0.58±0.02 <sup>a</sup>	0.59±0.02 <sup>a</sup>	0.57±0.01 <sup>a</sup>
	自然风干	0.35±0.08 <sup>a</sup>	0.36±0.02 <sup>a</sup>	0.34±0.02 <sup>a</sup>	0.34±0.02 <sup>a</sup>	0.31±0.01 <sup>a</sup>	0.27±0.01 <sup>b</sup>
精氨酸 (Arg)	恒温烘干	0.58±0.03 <sup>a</sup>	0.59±0.04 <sup>a</sup>	0.58±0.03 <sup>a</sup>	0.58±0.02 <sup>a</sup>	0.59±0.02 <sup>a</sup>	0.57±0.01 <sup>a</sup>
	自然风干	0.35±0.02 <sup>a</sup>	0.34±0.02 <sup>a</sup>	0.35±0.01 <sup>a</sup>	0.34±0.02 <sup>a</sup>	0.29±0.01 <sup>b</sup>	0.27±0.01 <sup>b</sup>
脯氨酸 (Pro)	恒温烘干	1.22±0.22	1.16±0.16	1.23±0.09 <sup>a</sup>	1.14±0.06 <sup>a</sup>	1.25±0.04 <sup>a</sup>	1.07±0.11
	自然风干	1.04±0.07	1.08±0.11	1.02±0.03	0.98±0.01	0.98±0.02	1.02±0.02
EAA	恒温烘干	5.47±0.41 <sup>ab</sup>	5.49±0.09 <sup>ab</sup>	5.35±0.20 <sup>ab</sup>	5.15±0.09 <sup>ab</sup>	5.31±0.11 <sup>ab</sup>	5.07±0.12 <sup>ab</sup>
	自然风干	3.89±0.22 <sup>ab</sup>	3.90±0.06 <sup>a</sup>	3.83±0.06 <sup>ab</sup>	3.70±0.05 <sup>ab</sup>	3.56±0.05 <sup>cd</sup>	3.47±0.03 <sup>d</sup>
TAA	恒温烘干	12.78±0.37 <sup>ab</sup>	12.66±0.37 <sup>ab</sup>	12.51±0.10 <sup>ab</sup>	12.26±0.04 <sup>ab</sup>	12.29±0.03 <sup>ab</sup>	11.81±0.29 <sup>ab</sup>
	自然风干	9.57±0.28 <sup>a</sup>	9.57±0.10 <sup>a</sup>	9.29±0.07 <sup>b</sup>	9.00±0.09 <sup>c</sup>	8.90±0.12 <sup>c</sup>	8.76±0.06 <sup>c</sup>
EAA/TAA/%	恒温烘干	42.83	43.39	42.74	42.02	43.18	42.92
	自然风干	40.63	40.75	41.21	41.16	40.05	39.62

注:z.必需氨基酸与半必需氨基酸;同行小写字母不同表示贮藏时间之间差异显著( $P<0.05$ );\*.两种干燥方式相比差异显著( $P<0.05$ )。下同。

由表1可知,不同干燥方式对铁核桃雄花中水解氨基酸含量影响较大,2种干燥方式下得到的干制铁核桃雄花中均可检测到17种水解氨基酸,有15种氨基酸(除Gly和Leu)以及必需氨基酸(essential amino acid, EAA)和总氨基酸(total amino acid, TAA)在恒温烘干方式的含量明显高于风干条件下( $P<0.05$ ),其中贮藏0 d时,Ala的损失率最高,为62.5%;其次是Met,为61.54%;再次为His、Cys和Lys,其损失率分别为53.33%、50%和39.65%。与干燥方式相比,贮藏时间对干制铁核桃花样品中的氨基酸影响相对较小,芳香族氨基酸Phe、Tyr及EAA和TAA在2种干燥方式间相比均显著降低( $P<0.05$ ),恒温烘干下的干制铁核桃花贮藏30 d和60 d后,Phe、Tyr、EAA和TAA含量均显著降低;风干的铁核桃雄花中2种芳香族氨基酸含量在贮藏10 d就开始显著下降( $P<0.05$ )。到贮藏90 d时烘干铁核桃雄花中Phe和Tyr含量分别减少了79.07%和66.67%;而风干方式下的Tyr的损失率高达89.66%。除芳香族氨基酸Phe和Tyr外,风干铁核桃雄花贮藏30 d后Cys、Lys、Arg、EAA和TAA也出现了明显下降( $P<0.05$ ),其他氨基酸含量随贮藏时间的延长均无明显变化( $P>0.05$ )。

2.4 干燥贮藏对铁核桃雄花中生物活性物质含量及抗氧化活性的影响

如图3所示,铁核桃雄花采取2种方法干制后,均未检测到抗坏血酸,说明抗坏血酸在干制过程中破坏严重。且不同干燥方式对铁核桃雄花中总酚、总黄酮含量以及DPPH自由基清除率和亚铁还原能力影响明显,与其他营养成分规律一致,恒温烘干得到的干制铁核桃花中



的总酚和总黄酮含量(3.62%和3.15%)显著高于风干条件(2.37%和2.05%) ( $P<0.05$ ), 且前者的DPPH自由基清除率和亚铁还原能力也明显强于后者, 说明恒温烘干方式有利于铁核桃雄花中酚类及黄酮类生物活性物质的保存, 从而提高了铁核桃雄花的抗氧化活力。干制铁核桃雄花在贮藏过程中, 随着贮藏时间的延长, 雄花中所含的总酚、总黄酮含量、DPPH自由基清除率和亚铁还原能力均无明显变化 ( $P>0.05$ )。

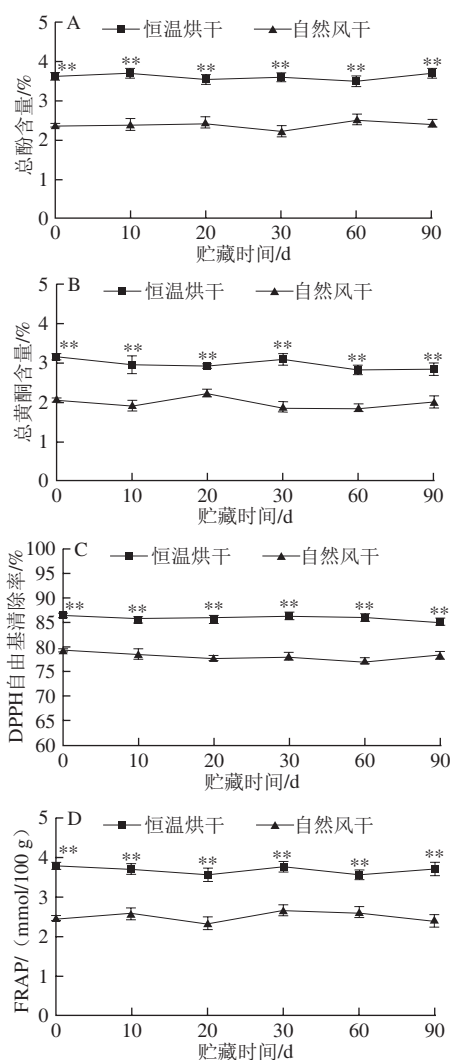


图3 干燥方式及贮藏时间对铁核桃雄花中生物活性成分及抗氧化活性的影响

Fig. 3 Effect of drying methods and storage time on bioactive compounds content and antioxidant activity of walnut male flowers

### 3 讨论与结论

不同的干燥方式明显影响果蔬的外观品质和营养价值, 马李一等<sup>[8]</sup>在辣木叶上的研究表明干燥方式对蛋白质和脂肪的影响较小, 而对维生素含量的影响较大; 而

谢静等<sup>[10]</sup>在酥脆香菇上的研究发现干燥方式不仅影响其外观品质、感官品质, 而且对其脂肪含量也存在明显影响。本研究发现, 2种干燥方式均可引起铁核桃雄花营养素的损失, 尤其是抗坏血酸含量的损失, 在干制铁核桃雄花中均未检测到抗坏血酸, 而在鲜铁核桃雄花中抗坏血酸含量约为0.15 g/100 g鲜质量<sup>[1]</sup>, 折合100 g干质量含量为1 g, 这与马荣朝等<sup>[11]</sup>的蔬菜产品干制加工后品质均存在不同程度的降低的结论相一致。同时2种干燥方式下, 脂肪、可溶性糖、淀粉、可滴定酸、总酚、总黄酮含量和15种氨基酸含量差异明显, 均表现为恒温烘干效果优于阴干的, 同时恒温烘干铁核桃雄花中的抗氧化能力显著高于阴干铁核桃雄花的, 而干燥方式对灰分、矿质营养元素、粗纤维、蛋白质以及Gly和Leu含量无明显影响, 马李一等<sup>[8]</sup>也发现干燥方式对矿质营养元素的影响较小, 但与枣子干燥后营养成分的变化规律不同<sup>[9]</sup>。

贮藏时间对农产品品质影响较大<sup>[20]</sup>, 茄子、菜豆、蒜薹和白菜随着贮藏时间的延长, 其营养(糖、脯氨酸、抗坏血酸、氨基酸等)损失严重<sup>[21]</sup>; 花生长期贮藏中蛋白质和脂肪含量降低、油酸含量升高, 而亚油酸含量降低<sup>[22]</sup>; 而普洱茶在贮藏过程中氨基酸、茶多酚及儿茶素等含量降低, 没食子酸含量升高<sup>[23]</sup>。本研究发现干制铁核桃雄花序贮藏90 d内, 营养价值变化不大, 除Phe、Tyr、Cys、Lys、Arg、总氨基酸及必需氨基酸含量变化明显外, 其他营养成分及抗氧化活性均无明显下降, 说明干制铁核桃雄花贮藏90 d时与未贮藏时的干制产品营养相当。但不同干制方式得到的铁核桃雄花中氨基酸组分随贮藏时间的变化规律不同, 说明不同干制方法对氨基酸降解酶活性的影响不同。

综上所述, 干制方法影响铁核桃雄花中的脂肪、可溶性糖、淀粉、可滴定酸、总酚、总黄酮及氨基酸含量, 但对灰分、矿质营养元素、粗纤维、蛋白质以及Gly和Leu含量的影响不大, 而干燥产品的贮藏时间对铁核桃雄花营养成分影响较小, 除部分氨基酸含量受到明显影响外, 其他营养成分贮藏90 d前后无显著差异。

### 参考文献:

- [1] WANG C L, ZHANG W E, PAN X J. Nutritional quality of the walnut male inflorescences at four flowering stages[J]. Journal of Food and Nutrition Research, 2014, 2(8): 457-464. DOI:10.12691/jfnr-2-8-5.
- [2] 陈朝银, 赵声兰, 曹建新, 等. 核桃花食用价值的研究与分析[J]. 食品科学, 1998, 19(12): 35-37. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.1998.12.013.
- [3] 汪海波, 肖建青, 刘锡葵. 核桃花抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2008, 29(10): 140-142. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2008.10.027.
- [4] NABAVI S F, EBRAHIMZADEH M A, NABAVI S M, et al. Biological activities of *Juglans regia* flowers[J]. Revista Brasileira de Farmacognosia, 2011, 21(3): 465-470. DOI:10.1590/S0102-695X2011005000092.

- [5] EBRAHIMZADEH M A, NABAVI S F, NABAVI S M. Antihemolytic activity and mineral contents of *Juglans regia* L. flowers[J]. European Review for Medical and Pharmacological Sciences, 2013, 17(14): 1881-1883.
- [6] 俞秀玲, 吴向东, 任丽, 等. 烫漂对核桃雄花序色泽的影响[J]. 河南林业科技, 2005, 25(4): 22-23. DOI:10.3969/j.issn.1003-2630.2005.04.010.
- [7] 朱小虎, 叶尔江. 间作环境下疏雄及花期喷肥对核桃产量的影响[J]. 林业科技, 2013, 38(4): 48-50. DOI:10.3969/j.issn.1001-9499.2013.04.014.
- [8] 马李一, 余建兴, 张重权, 等. 不同干燥方法对辣木叶营养价值的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(9): 331-333. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2008.09.074.
- [9] 于静静, 毕金峰, 丁媛媛. 不同干燥方式对红枣品质特性的影响[J]. 广州食品工业科技, 2011, 27(6): 610-614; 672. DOI:10.3969/j.issn.1673-9078.2011.06.001.
- [10] 谢静, 赵阿丹, 熊善柏. 干燥方式对酥脆香菇品质的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(13): 87-91.
- [11] 马荣朝, 秦文, 李素清. 三种干燥方法对蔬菜干制品品质的影响研究[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 219-223. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2008.08.045.
- [12] Association of Official Analytical Chemistry. Official methods of analysis, 18th[S].
- [13] 国家标准委员会. GB/T 5009—2003 食品检验方法 理化检验[S].
- [14] SÁNCHEZ-MACHADO D I, NÚÑEZ-GASTÉLUM J A, REYES-MORENO C, et al. Nutritional quality of edible parts of *Moringa oleifera*[J]. Food Analytical Methods, 2010, 3(3): 175-180. DOI:10.1007/s12161-009-9106-z.
- [15] PARK S, ARASU M V, LEE M K, et al. Quantification of glucosinolates, anthocyanins, free amino acids, and vitamin C in inbred lines of cabbage (*Brassica oleracea* L.)[J]. Food Chemistry, 2014, 145C(4): 77-85. DOI:10.1016/j.foodchem.2013.08.010.
- [16] CONDE-HERNÁNDEZ L A, GUERRERO-BELTRÁN J Á. Total phenolics and antioxidant activity of *Piper auritum* and *Porophyllum ruderale*[J]. Food Chemistry, 2014, 142: 455-460. DOI:10.1016/j.foodchem.2013.07.078.
- [17] FENG S M, LUO Z S, ZHANG Y B, et al. Phytochemical contents and antioxidant capacities of different parts of two sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) cultivars[J]. Food Chemistry, 2014, 151(10): 452-458. DOI:10.1016/j.foodchem.2013.11.057.
- [18] MOTAMED S M, NAGHIBI F. Antioxidant activity of some edible plants of the Turkmen Sahra region in northern Iran[J]. Food Chemistry, 2010, 119(4): 1637-1642. DOI:10.1016/j.foodchem.2009.09.057.
- [19] HATAMNIA A A, ABBASPOUR N, DARVISHZADEH R. Antioxidant activity and phenolic profile of different parts of Bene (*Pistacia atlantica* subsp. *kurdica*) fruits[J]. Food Chemistry, 2014, 145(7): 306-311. DOI:10.1016/j.foodchem.2013.08.031.
- [20] GRADY L O, SIGGE G, CALEB O J. Effects of storage temperature and duration on chemical properties, proximate composition and selected bioactive components of pomegranate (*Punica granatum* L.) arils[J]. LWT-Food Science and Technology, 2014, 57(2): 508-515. DOI:10.1016/j.lwt.2014. 02.030.
- [21] 周先容, 何士敏. 速冻贮藏对4种蔬菜营养成分的影响[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2006, 28(2): 186-189. DOI:10.3969/j.issn.1673-9868.2006.02.004.
- [22] 李春娟, 单世华, 万书波, 等. 贮藏时间对花生品质成分和种子活力的影响[J]. 山东农业科学, 2008(1): 94-96. DOI:10.3969/j.issn.1001-4942.2008.01.028.
- [23] 薛晨, 华再欣, 梅玉, 等. 原料级别和储藏时间对普洱茶品质影响的比较[J]. 安徽农业大学学报, 2013, 40(6): 917-920.