

复水时间对干制铁核桃雄花营养品质及抗氧化活性的影响

李雪¹, 王长雷^{1,2}, 潘学军¹, 张文娥¹

(1. 贵州大学/贵州省果树工程技术研究中心, 贵州贵阳 550025) (2. 沧州市林业局, 河北沧州 061000)

摘要: 本文研究了复水时间对干制核桃雄花主要营养成分、矿质元素、氨基酸、抗氧化活性物质含量及抗氧化活性的影响。结果表明: 干制核桃雄花复水时间应控制在 10 min 时能较好地维持其较高的营养品质和抗氧化活性; 短时间 (10 min) 的复水对干制核桃雄花脂肪、淀粉及部分氨基酸 (Glu、Tyr、Lyr 和 Pro) 等大分子化合物含量影响较小; 随复水时间延长, 干制核桃雄花中各种常规营养成分, 除钙和镁元素外的 7 种矿质元素, 17 种氨基酸以及抗氧化活性物质的含量均呈不同程度的下降趋势, 且下降速率增大。从营养品质及抗氧化活性的保持程度来看干制核桃雄花的最佳复水时间为 10 min。该研究为科学利用资源丰富的核桃雄花提供技术和理论依据。

关键词: 核桃雄花; 复水时间; 干制; 营养品质; 抗氧化能力

文章篇号: 1673-9078(2017)4-248-253

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.4.038

Effects of Rehydration Time on the Nutritional Quality and Antioxidant Activity of Dried Male Walnut Flowers

LI Xue¹, WANG Chang-lei^{1,2}, PAN Xue-jun¹, ZHANG Wen-e¹

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

(2. Forestry Bureau of Cangzhou City, Hebei Province, Cangzhou 061000, China)

Abstract: The effects of rehydration time on the nutritional quality of dried male walnut flowers were studied by analyzing the contents of primary nutrients, mineral elements, amino acids, and antioxidant substances, as well as the antioxidant activity. The results showed that the nutritional quality and antioxidant activity of dried male walnut flowers could be well maintained when the rehydration time was limited to 10 min. A short rehydration time (10 min) had a slight influence on the contents of macromolecular compounds, such as fat, starch, and some amino acids (glutamate, tyrosine, lysine, and proline). With prolonged rehydration time, the contents of primary nutrients, seven mineral elements (but not calcium or magnesium), 17 amino acids, and antioxidant active substances decreased by various degrees. The longer the rehydration time, the greater the decline observed. In terms of maintaining the nutritional quality and antioxidant activity, 10 min was the optimum time for the rehydration of dried walnut flowers. These results provide a technical and theoretical basis for utilizing abundant male walnut flowers scientifically.

Key words: male walnut flowers; rehydration time; dried; nutritional quality; antioxidant activity

核桃花又称核桃纽、长寿菜, 核桃产区的人们有采摘鲜嫩核桃花或制作干核桃花作炒菜食用的习俗, 经加工的花序适口性强, 吃起来柔嫩、清脆、味美^[1], 核桃雄花富含碳水化合物、蛋白质、矿质元素等营养

收稿日期: 2016-04-19

基金项目: 国家科技支撑计划课题 (2014BAD23B03); 贵州省高层次创新型人才培养项目 (黔科合人才 (2016) 4038 号)

作者简介: 李雪 (1991-), 女, 硕士研究生

通讯作者: 潘学军 (1977-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 果树种质资源与生物技术育种; 张文娥 (1976-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 园艺植物种质资源生理生态评价及栽培

成分, 尤其多酚类物质含量丰富, 抗氧化活性较强。核桃雄花序呈柔夷状下垂, 长 8~12 cm^[2], 雄花量大, 产量稳定, 因此, 核桃花是一种开发潜力巨大的优质天然食品资源^[3]。

干制是果蔬加工的主要方式之一, 可在很大程度上保持新鲜蔬菜的营养成分和风味, 且其重量轻、体积小、运输及食用方便, 商业价值极大^[4]。但干制食品在食用前需要复水, 恢复其鲜嫩度。复水过程或多或少会引起脱水蔬菜风味、化学成分及感官性状的变化, 从而导致脱水蔬菜的品质降低。张贝贝等研究发现脱水香椿在复水过程中会使原有的香气受损或发生

变化^[5]。浸时和浸温对干制品的复水程度、恢复原样程度及恢复变嫩程度均有一定影响^[4]。冯寅洁^[6]等对脱水胡萝卜片的复水试验表明,温度对复水比的影响最大,且随温度的升高复水比增加明显;其次是复水时间,复水料液比对复水比的影响最小。脱水蔬菜达饱和和复水比所需时间随浸温升高而缩短^[7]。目前关于复水对干制核桃雄花营养品质和抗氧化活性影响方面的报道较少,本文以烘干的核桃雄花为材料,研究复水过程中核桃雄花的常规营养物质、抗氧化物质含量及抗氧化活性的变化,以期明确干制核桃雄花在复水过程中的营养变化规律,为核桃雄花深加工、合理开发及科学食用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

核桃雄花采自贵州省毕节市赫章县财神镇,为树龄 36 年(盛果期)‘黔核 7 号’(*Juglans sigillata* ‘Qianhe-7’)的盛花期雄花序,花序长 14.55±1.22 cm。采后装入冰盒带回实验室,流水清洗,蒸馏水冲洗 3 遍,沥干明水,装入干净的搪瓷盘中,置于恒温干燥箱内 60 °C 烘至含水量 8%,装入密封袋中备用。

1.2 主要试剂

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,国药集团化学试剂有限公司;2,4,6-三吡啶基三嗪(TPTZ)、福林肖卡试剂、氨基酸标准品及矿质营养元素标品,美国 Sigma 公司;没食子酸和芦丁,瑞士 Fluka 公司;1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH),日本 Wako 公司;以上试剂未说明的均为分析纯。

1.3 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(索氏提取仪),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;AKSW-24 纯水仪,(台湾艾柯)程度宁康实验专用纯水设备厂;D-37520 Osterode 冷冻离心机,德国 thermo electron GMBH 公司。

1.4 方法

1.4.1 复水方法

按料液比 1:60 (g/mg)条件进行复水,称取 5.0 g 脱水核桃雄花,置于 500 mL 烧杯中,加入 90 °C 热水 300 mL,然后将烧杯置于 90 °C 恒温水浴锅中进行 10 min、20 min、30 min、40 min 及 50 min 的复水处理,以不复水(0 min)的干制核桃雄花为对照,材料取出后,冷水(去离子水)立即冷却,置于干净的搪瓷盘中 50 °C 恒温干燥至含水量 8% (约 12 h),不锈钢粉碎机粉碎后,过 40 目筛备用。每处理重复 3 次。

1.4.2 常规营养成分含量的测定

粗蛋白含量测定采取半微量凯氏法;脂肪含量采用索氏提取法;可溶性糖含量测定采取蒽酮比色法;可滴定酸含量采用碱式滴定法测定;淀粉含量测定采用酸解法;粗纤维含量测定采取称重法;灰分测定采取马福炉灰化法。

1.4.3 矿质元素含量的测定

矿质元素含量采用原子吸收分光光度计测定。

1.4.4 氨基酸含量的测定

氨基酸种类及含量利用氨基酸自动分析仪测定。

1.4.5 抗氧化活性的测定

总酚含量测定采取福林-肖卡比色法;总黄酮含量测定采取硝酸铝比色法;DPPH 自由基清除试验参照 Motamed 等所描述的方法进行^[8];FRAP 铁离子还原试验参照 Hatamnia 等方法^[9]。

1.5 数据处理

在 Excel 2003 中对试验数据进行整理和作图;采用 DPS v7.05 分析软件对试验数据进行方差分析和相关性分析;方差分析多重比较采用邓肯式新复极差法。

2 结果与分析

2.1 复水时间对干制核桃雄花中营养成分含量的影响

复水不仅恢复可以脱水蔬菜至鲜嫩状态^[10],还会导致各种水溶性营养成分的损失^[11]。图 1A~G 所示,随着复水时间的延长,核桃雄花中的常规营养成分均呈现不同程度的降低。复水 10 min,脂肪和淀粉含量无显著变化(图 1B, g),蛋白质、灰分、可溶性糖、可滴定酸及粗纤维含量明显降低(图 1A, 图 1C~F)。此后,7 种常规营养成分均随着复水时间的进一步延长而显著降低,尤其是蛋白质及灰分的损失最为严重,复水 50 min 后,灰分的损失率高达 74.98%。Marabi 等在脱水胡萝卜上的研究也表明复水过程中会导致总糖和有机化合物的显著流失^[12]。本研究发现短时间(10

min)的复水对脂肪和淀粉的影响小于其他 5 类营养物质(蛋白质、灰分、可溶性糖、可滴定酸和粗纤维),得益于脂肪及淀粉为大分子物质,其水溶性差。但长时间高温复水条件下,会导致分子链结构破坏,溶解度增加^[13];而同为大分子物质的粗纤维在复水初期含量就明显降低^[13,14],说明核桃雄花中可溶性纤维组分含量较高,果胶等可溶性纤维因在热水中溶解而流失^[15,16];灰分和蛋白质的溶解度大,随着细胞内外水分渗透和热水渗入,该类营养物质随之渗出而致使含量显著下降^[14]。

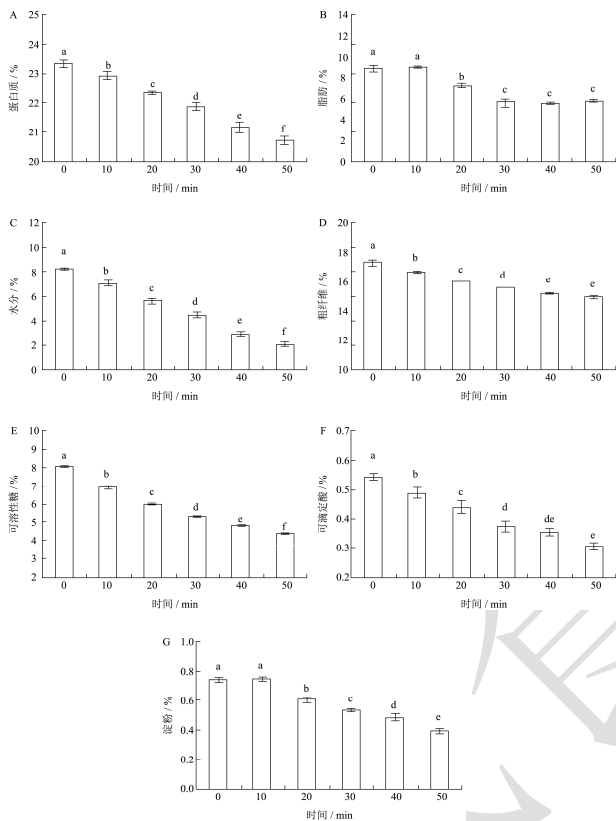


图1 复水时间对干制雄花中主要营养成分含量的影响

Fig.1 Effect of rehydration time on the proximate compositions of naturally dried male walnut flowers

注: 误差线上面不同小写字母表示每个测定时间点之间 0.05 水平的显著差异, 下同

2.2 复水时间对干制核桃雄花中矿物质含量的影响

矿物质是蔬菜的重要营养指标。图 2A~I 所示, 9 种核桃花中矿物质含量在复水过程中表现出 4 种变化趋势。复水 40 min 内, K、Fe 及 Zn 含量持续降低, 之后下降缓慢, 复水 50 min 降幅均超过 10%, 其中 K 的损失率高达 63.6% (图 2B、E 和 G); 复水时间对 Mn 和 Cu 含量的影响规律基本相同, 复水 50 min

后使含量降低约 15%~20% (图 F 和 H); 复水 10 min 对 P 和 B 的影响较小, 随着复水时间的延长也呈降低趋势, 复水 50 min 后 P 含量损失率 41.1% 远远高于 B 含量的损失率 9.01% (图 A 和 I); 而 Ca 和 Mg 含量随着复水时间的略微增加 (图 C~D)。

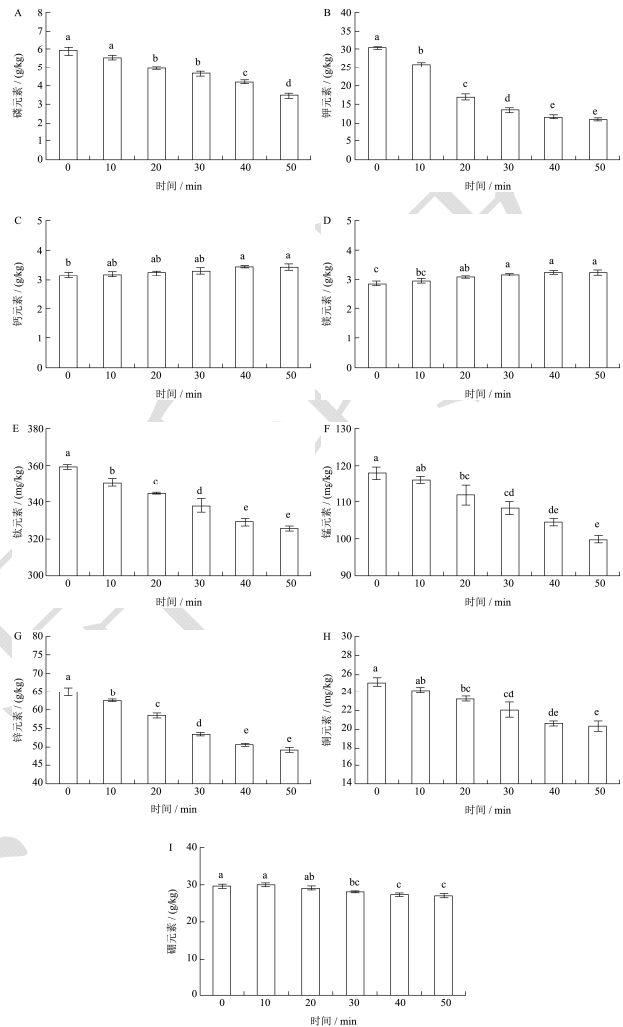


图2 复水时间对干制雄花中矿物质元素含量的影响

Fig.2 Effect of rehydration time on the mineral contents of naturally dried male walnut flowers

本研究发现短时间(10 min)的复水对 K 含量的影响大于 P、Mn、Cu、Zn、Fe 及 B, 一方面是 K 元素多以游离态存在植物组织内, 复水过程中极易随水分的渗入而流出; 另一方面 P、Mn、Cu、Zn、Fe 及 B 在植物体内多以难溶的稳定化合物的形式存在, 水溶性极差, 长时间高温复水条件下, 化合物的稳定性下降, 溶解度增大^[13], 含量降低。Nawirska 等^[17]也提到的脱水蔬菜在复水过程中, 可溶性物质随着水分的渗入而流出, 降低蔬菜营养价值。Ca 和 Mg 含量随着复水时间的略微增加, 一方面 Ca²⁺是构成细胞壁的一种元素^[18], 在复水过程中不易流失, 而高温复水使细胞液外流, 从而使 Ca 含量相对增加; 另一方面 Fadupin

等^[13]对南瓜叶的研究认为漂烫过程中 Ca 含量的增加与热水条件下草酸钙的溶解有关系。

2.3 复水时间对干制核桃雄花中氨基酸含量的影响

氨基酸是蛋白质的基本组成单位,既能直接满足人体所需,又具有多种药理活性^[19]。表 1 所示,随着复水时间的延长,核桃雄花中的氨基酸含量均呈现不同程度的降低,复水 10 min,除 Glu、Tyr、Lyr 和 Pro 的含量无显著变化外,其他氨基酸含量均明显降低。此后,17 种氨基酸含量均随着复水时间的进一步延长而显著降低,尤其是 Cys、Met 和 His 的损失最为严重,Cys 在复水 30 min 后已检测不到,其次是 Met 和 His 在复水 40 min 后均检测不到;而 Ala、Val、Leu、Phe、Thr、Asp 和 Ile 的含量在复水 20 min 后下降趋势有所减缓。有研究表明漂烫会导致氨基酸的脱硫、脱氨和蛋白质的异构化,从而降低氨基酸的水平,影响蛋白质的营养价值^[20]。本研究发现短时间(10 min)

的复水对 Cys、Met 和 His 含量的影响大于其他 14 种氨基酸。Cys 和 His 为极性氨基酸在水中的溶解度大于其他非极性氨基酸,而 Met 损失严重很可能由于脱硫作用而使其含量降低。短时间复水对 Glu、Tyr、Lyr 和 Pro 的含量的影响较小,得益于它们属于非极性氨基酸在水中的溶解度较小,长时间高温复水会破坏其结构,降低其含量水平。而 Kim 等对韩国蔬菜和豆类植物的研究中发现高温高压状态下,Lys、Cys 和 Arg 的含量会降低,而 Phe、His、Gly、Ala、Glu、Asp、Leu、Thr、Pro、Ser 和 Ile 的含量表现上升的趋势^[20],高温高压并不伴有水流对细胞结构的冲击以及对氨基酸的溶解,所以大分子的氨基酸会分解为小分子的氨基酸,小分子氨基酸含量会有上升的趋势。不同种类氨基酸在复水过程中呈现复杂的变化是由于多方面的原因所决定的,例如赖氨酸对热相比于其他氨基酸更为敏感^[21],以及氨基酸的固有含量、氨基酸侧链基团的极性、蛋白质水解产生的氨基酸等都会影响复水过程中氨基酸的含量变化。

表 1 复水时间对干制核桃雄花中氨基酸含量的影响

Table 1 Changes in the contents of amino acids (g 100/g DW) of dried male walnut flowers after different rehydration times

| 氨基酸 Amino acids | 复水时间/min | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 天冬氨酸(Aspartic acid) | 0.90±0.01 ^a | 0.83±0.02 ^b | 0.79±0.03 ^b | 0.67±0.03 ^c | 0.56±0.05 ^d | 0.52±0.02 ^d |
| 苏氨酸 ^z (Threonine) | 0.42±0.02 ^a | 0.33±0.02 ^b | 0.28±0.04 ^c | 0.19±0.02 ^d | 0.13±0.02 ^e | 0.09±0.01 ^e |
| 丝氨酸(Serine) | 0.69±0.03 ^a | 0.61±0.03 ^b | 0.52±0.02 ^c | 0.49±0.02 ^c | 0.41±0.01 ^d | 0.35±0.03 ^e |
| 谷氨酸(Glutamic acid) | 1.24±0.02 ^a | 1.23±0.02 ^a | 1.04±0.08 ^b | 0.88±0.02 ^c | 0.67±0.03 ^d | 0.56±0.03 ^e |
| 甘氨酸(Glycine) | 1.05±0.05 ^a | 0.98±0.03 ^b | 0.84±0.03 ^c | 0.76±0.02 ^d | 0.60±0.02 ^e | 0.51±0.02 ^f |
| 丙氨酸(Alanine) | 0.45±0.04 ^a | 0.35±0.05 ^b | 0.27±0.04 ^c | 0.21±0.02 ^d | 0.17±0.02 ^d | 0.10±0.01 ^e |
| 半胱氨酸(Cysteine) | 0.03±0.01 ^a | 0.02±0.00 ^b | 0.01±0.00 ^c | nd | nd | nd |
| 缬氨酸 ^z (Valine) | 0.69±0.03 ^a | 0.55±0.01 ^b | 0.35±0.02 ^c | 0.16±0.03 ^d | 0.15±0.01 ^d | 0.11±0.01 ^e |
| 蛋氨酸 ^z (Methionine) | 0.05±0.01 ^a | 0.03±0.01 ^b | 0.01±0.00 ^c | 0.01±0.00 ^c | nd | nd |
| 异亮氨酸 ^z (Isoleucine) | 0.47±0.03 ^a | 0.41±0.02 ^b | 0.30±0.02 ^c | 0.20±0.01 ^d | 0.13±0.02 ^e | 0.12±0.01 ^e |
| 亮氨酸 ^z (Leucine) | 0.98±0.02 ^a | 0.83±0.07 ^b | 0.71±0.01 ^c | 0.61±0.02 ^d | 0.60±0.01 ^d | 0.48±0.02 ^e |
| 酪氨酸(Tyrosine) | 0.29±0.02 ^a | 0.30±0.02 ^a | 0.21±0.01 ^b | 0.16±0.03 ^c | 0.12±0.02 ^d | 0.09±0.02 ^d |
| 苯丙氨酸 ^z (Phenylalanine) | 0.48±0.03 ^a | 0.38±0.01 ^b | 0.30±0.02 ^c | 0.23±0.02 ^d | 0.23±0.01 ^d | 0.15±0.02 ^e |
| 组氨酸 ^z (Histidine) | 0.14±0.02 ^a | 0.09±0.02 ^b | 0.04±0.02 ^c | 0.01±0.00 ^d | nd | nd |
| 赖氨酸 ^z (Lysine) | 0.35±0.08 ^a | 0.30±0.02 ^a | 0.22±0.01 ^b | 0.16±0.02 ^b | 0.10±0.01 ^c | 0.07±0.01 ^c |
| 精氨酸 ^z (Arginine) | 0.35±0.02 ^a | 0.30±0.02 ^b | 0.29±0.02 ^b | 0.22±0.01 ^c | 0.14±0.01 ^d | 0.10±0.01 ^e |
| 脯氨酸(Proline) | 1.04±0.07 ^a | 1.07±0.07 ^a | 0.76±0.03 ^b | 0.67±0.03 ^c | 0.60±0.01 ^{cd} | 0.57±0.02 ^d |
| 必需氨基酸(EAA) | 3.93±0.22 ^a | 3.20±0.08 ^b | 2.49±0.09 ^c | 1.77±0.09 ^d | 1.47±0.06 ^e | 1.13±0.04 ^f |
| 总氨基酸(TAA) | 9.62±0.28 ^a | 8.59±0.22 ^b | 6.93±0.24 ^c | 5.60±0.25 ^d | 4.61±0.14 ^e | 3.83±0.14 ^f |
| EAA/TAA/% | 30.78 | 26.62 | 23.67 | 19.54 | 19.62 | 18.29 |

注:结果表示为平均值±标准差(3次重复);采用新复极差法进行多重比较,同行不同小写字母表示 0.05 水平上差异显著;z 表示必需氨基酸。

2.4 复水时间对干制核桃雄花中生物活性物质含量及抗氧化活性的影响

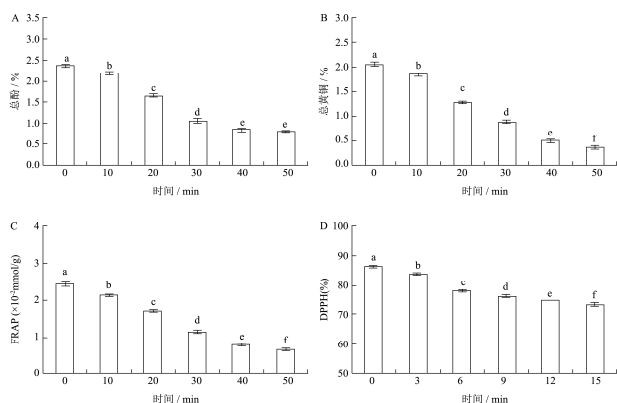


图3 复水时间对干制雄花中生物活性成分及抗氧化活力的影响

Fig.3 Effect of rehydration time on the bioactive compound contents and antioxidant activity of naturally dried male walnut flowers

多酚物质是重要的植物源保健功能营养成分。图3a~d所示,短时间(10 min)复水,有利于保存铁核桃雄花中生物活性物质和抗氧化活性。随复水时间延长,总酚与总黄酮的含量显著降低,复水50 min后,其损失率分别为65.98%和81.71%;而DPPH自由基清除活力和铁离子还原能力在复水50 min后下降率差异显著,分别为26.44%和72.20%。Min等^[22]和Crozier等^[21]的研究结果表明热处理果蔬,如煮、烤、炒和烫均会降低黄酮类、酚酸类及抗坏血酸的含量,因为热烫时水流破坏了黄酮的结构^[21]而导致其含量下降。但Turkmen等^[24]在辣椒、绿豆和菠菜上的研究表明短时间的漂烫处理增加总酚和游离黄酮醇的含量,一方面漂烫过程中单宁类物质的分解所致^[25],另一方面高温使多酚氧化酶失活,抑制了多酚的降解^[26]。有研究表明植物组织的硬度不同,会影响漂烫或复水过程中组织细胞物质的溶出规律^[27],这可能是不同研究结论大相径庭的原因。复水对DPPH自由基清除活力和铁离子还原能力影响不同,可能是由于热烫降低了植物体内 Fe^{2+} 的螯合能力,而对DPPH和ABTS自由基清除活力影响相对较小^[22]。

3 结论

复水时间显著影响干制核桃雄花主要营养成分、矿物质、氨基酸含量、抗氧化活性物质及抗氧化活性。短时间复水(10 min),蛋白质、灰分、粗纤维、可溶性糖、可滴定酸、磷、钾、铁、锰、锌、铜、抗

氧化活性物质的含量以及抗氧化活性下降明显,但脂肪、淀粉、Glu、Tyr、Lyr和Pro变化较小。随复水时间的延长,常规营养成分、大部分矿物质、17种氨基酸以及总酚和总黄酮含量均呈不同程度的下降,且降速增大,仅矿物质元素B含量变化较小,而Ca和Mg含量略微上升。因此,在不影响口感的前提下,复水时间宜控制在10 min左右。

参考文献

- [1] WANG Chang-lei, ZHANG Wen-e, PAN Xue-jun. Nutritional quality of the walnut male inflorescences at four flowering stages [J]. Journal of Food and Nutrition Research, 2014, 2(8): 457-464
- [2] 俞秀玲,董玉山,霍宝民.核桃花序饲用营养价值及应用展望[J].河南林业科技,2014,34(4):15-18
YU Xiu-ling, DONG Yu-shan, HUO Bao-min. Feeding nutrients value and application prospect of walnut (*Juglans regia* L.) male anthotaxy [J]. Journal of Henan Forestry Science and Technology, 2014, 34(4): 15-18
- [3] 韩本勇,任英.核桃花的开发利用研究[J].民营科技,2014, 8:240
HAN Ben-yong, REN Ying. The development and utilization of walnut flower research [J]. Private Science and Technology, 2014, 8: 240
- [4] Fei Pei, Ying Shi, Alfred M, et al. Comparison of freeze-drying and freeze-drying combined with microwave vacuum drying methods on drying kinetics and rehydration characteristics of button mushroom (*Agaricus bisporus*) slices [J]. Food Bioprocess Technology, 2014, 7(6): 1629-1639
- [5] 张贝贝,马正强,张静,等.复水条件对脱水香椿品质的影响[J].现代食品科技,2015,31(7):270-276
ZHANG Bei-bei, MA Zheng-qiang, ZHANG Jing, et al. Effects of rehydration conditions on quality of dehydrated *Toona sinensis* [J]. Modern Food Science and Technology, 2015, 31(7): 270-276
- [6] 冯寅洁,石芳荣,应铁进.加工工艺和复水条件对脱水胡萝卜复水性的影响[J].中国食品学报,2009,9(4):149-154
FENG Yin-jie, SHI Fang-rong, YING Tie-jin. Influence of processing technology and rehydration conditions on rehydration performance of dehydrated carrots [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2009, 9(4): 149-154
- [7] 张懋,王成芝,李春雨,等.脱水蔬菜食用前的复水[J].北京农业工程大学学报,1994,14(2):95-99

- ZHANG Min, WANG Cheng-zhi, LI Chun-li, et al. Study on the restoration of dehydrated vegetable before eating [J]. Journal of Beijing Agricultural Engineering Universality, 1994, 14(2): 95-99
- [8] 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
- [9] 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
- [10] Dadali G, Demirhan E, Özbek B. Effect of drying conditions on rehydration kinetics of microwave dried spinach [J]. Food Bioproducts Process, 2008, 86(4): 235-241
- [11] Oboh G. Effect of blanching on the antioxidant properties of some tropical green leafy vegetables [J]. LWT-Food Science and Technology, 2005, 38(5): 513-517
- [12] Marabi A, Thieme U, Jacobson M, et al. Influence of drying method and rehydration time on sensory evaluation of rehydrated carrot particulates [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 72(3): 211-217
- [13] Fadupin G T, Osuoji U, Oluwaseun A. Effect of blanching on nutrient and anti-nutrient content of pumpkin (*Cucurbita pepo*) leaves [J]. West African Journal of Foods and Nutrition, 2014, 12(2): 18-24
- [14] Nkafamiya I I, Oseameahon S A, Modibbo U U, et al. Vitamins and effect of blanching on nutritional and anti-nutritional values of non-conventional leafy vegetables [J]. African Journal of Food Science, 2010, 4(6): 335-341
- [15] Mnkeni A P, Gierschner K, Maeda E E. Effect of blanching time and salt concentration on pectolytic enzymes, texture and acceptability of fermented green beans [J]. Plant Foods for Human Nutrition, 1999, 53(4): 285-296
- [16] Gierschner K. Pectin and pectic enzymes in fruit and vegetable technology [J]. Gordian, 1981, 7(8): 171-209
- [17] Nawirska A, Figiel A, Kucharska A Z, et al. Drying kinetics and quality parameters of pumpkin slices dehydrated using different methods [J]. Journal of Food Engineering, 2009, 94(1): 14-20
- [18] 邓佳,史正军,王连春,等.钙处理对葡萄柚果实细胞壁物质代谢及其相关基因表达的影响[J].植物营养与肥料学报,2016,22(2):450-458
- DENG Jia, SHI Zheng-jun, WANG Lian-chun, et al. Effects of calcium treatments on cell wall material metabolism and related enzyme activities and gene expression in grapefruit (*Citrus Paradisi* Macf.) [J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 2016, 22(2): 450-458
- [19] 肖良俊,毛云玲,吴涛,等.云南紫仁核桃必需氨基酸含量及营养评价[J].食品科学,2015,36(4):106-109
- XIAO Liang-jun, MAO Yun-ling, WU Tao, et al. Contents of essential amino acids and nutritional evaluation of purple kernel walnut from yunnan province [J]. Food Science, 2015, 36(4): 106-109
- [20] Su-Yeon K, Bo-Min K, Jung-Bong Kim, et al. Effect of steaming, blanching, and high temperature/high pressure processing on the amino acid contents of commonly consumed korean vegetables and pulses [J]. Preventive Nutrition Food Science, 2014, 19(3): 220-226
- [21] Civitelli R, Villareal DT, Agnusdei D, et al. Dietary L-lysine and calcium metabolism in humans [J]. Nutrition, 1992, 8(6): 400-405
- [22] Min H K, Kim J M, Yoon K Y. Effects of blanching on antioxidant activity and total phenolic content according to type of medicinal plants [J]. Food Science and Biotechnology, 2013, 22(3): 817-823
- [23] Crozier A, Lean M E J, McDonald M S, et al. Quantitative analysis of the flavonoid content of commercial tomatoes, onions, lettuce, and celery [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1997, 45(3): 590-595
- [24] Turkmen N, Sari F, Velioglu Y S. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables [J]. Food Chemistry, 2005, 93(4): 713-718
- [25] Wen T N, Prasad K N, Yang B, et al. Bioactive substance contents and antioxidant capacity of raw and blanched vegetables [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2010, 11(11): 464-469
- [26] Yamaguchi T, Katsuda M, Oda Y, et al. Influence of polyphenol and ascorbate oxidase during cooking process on the radical-scavenging activity of vegetables [J]. Food Science and Technology International Tokyo, 2003, 9(1): 79-83
- [27] Ismail A, Wee-ye W. Effect of different blanching times on antioxidant properties in selected cruciferous vegetables [J]. Food Agricultural, 2005, 85(13): 2314-2320

现代食品科技