

# 不同烹饪方式对一点红抗氧化活性的影响

岑湘涛<sup>1,2</sup>, 沈伟<sup>1,2</sup>, 韦海霞<sup>1</sup>

(1.百色学院 广西百色 533000; 2.亚热带特色农业产业学院 广西百色 533000)

**摘要:**为了探究不同烹饪方式对一点红抗氧化活性的影响,分别采用9种不同烹饪方式(漂烫0.5 min、漂烫1.5 min、漂烫2.5 min、煮制5 min、煮制10 min、煮制15 min、油炒2 min、油炒4 min、油炒6 min)对其处理后测定总多酚含量、总黄酮含量、DPPH清除率、总抗氧化能力、维生素C含量、叶绿体色素含量等指标。结果表明,总多酚含量最高、总抗氧化能力最强、叶绿素含量、类胡萝卜素含量最高的烹饪方式是油炒6 min;总黄酮含量、DPPH清除率最高的是漂烫2.5 min;维生素C含量最高的是漂烫0.5 min。主成分综合分析结果显示,综合得分排名最高的是油炒6 min。因此,油炒6 min是保留一点红最高抗氧化活性的最佳烹饪方式。

**关键词:**一点红;烹饪方式;抗氧化活性

中图分类号:S636.9

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2023)03-104-06

## Effects of different cooking methods on antioxidant activity of *Emilia sonchifolia*

CEN Xiangtao<sup>1,2</sup>, SHEN Wei<sup>1,2</sup>, WEI Haixia<sup>1</sup>

(1. Baise University, Baise 533000, Guangxi, China; 2. Subtropical Characteristic Agricultural Industry College, Baise 533000, Guangxi, China)

**Abstract:** In order to explore the effects of different cooking methods on the antioxidant activity of *Emilia sonchifolia*, 9 different cooking methods (blanching for 0.5 minutes, blanching for 1.5 minutes, blanching for 2.5 minutes, boiling for 5 minutes, boiling for 10 minutes, boiling for 15 minutes, frying for 2 minutes, frying for 4 minutes, frying for 6 minutes) were used to process the *Emilia sonchifolia*. Total polyphenol content, total flavonoid content, DPPH scavenging rate, total antioxidant capacity, VC content, and chlorophyll content were determined. Results showed that the cooking method with the highest content of total polyphenols, the strongest total antioxidant capacity and the highest content of chlorophyll and carotenoid was frying in oil for 6 minutes. The content of total flavonoids of blanching for 2.5 minutes was the highest. The DPPH scavenging rate of blanching for 2.5 minutes was the highest. The VC content of blanching for 0.5 minutes was the highest. Principal component analysis (PCA) analysis showed that the highest total score was the method of frying for 6 minutes. Therefore, frying for 6 minutes was the best method to retain the highest antioxidant activity of *Emilia sonchifolia*.

**Key words:** *Emilia sonchifolia*; Cooking methods; Antioxidant activity

一点红[*Emilia sonchifolia*(L.)DC]又名羊蹄草、叶下红、红头草、野木耳菜、红背叶,是一年生或多年生的菊科草本植物,开花时花色呈粉红色或紫色,花序较小<sup>[1]</sup>。其根系发达,环境适应性较强。常长在农村地区的山丘、荒废土地、田边、路边,我国广西、广东、湖南等地分布有野生一点红<sup>[1]</sup>。一点红具有清热去火、解除病毒、舒畅血脉、祛除淤血、凉血止血等多种功效,能用于感冒发烧、肾炎、肝炎、痢疾、口疮、咽喉肿痛等多种炎症疾病的治疗,全株

可入药使用<sup>[2]</sup>,是花红片的主要原料药材<sup>[3]</sup>。一点红不但可以当作药材治病,而且因其有着跟茼蒿一样的香味,口感好,同时富含膳食纤维、蛋白质、维生素等营养物质,常被人们作为餐桌上食用的野生蔬菜之一。人们常把一点红植株的新梢部分及幼嫩的叶片拿来素炒、煮汤或者作为打火锅的材料,爽脆可口。

烹饪方式的不同或同一烹饪方式不同处理时间都会对蔬菜的营养成分及抗氧化活性产生影

收稿日期:2022-07-05;修回日期:2022-11-17

基金项目:国家级大学生创新创业训练计划项目(202210609014)

作者简介:岑湘涛,女,讲师,主要从事植物生理代谢研究。E-mail:18379905@qq.com

通信作者:沈伟,男,讲师,主要从事植物生理代谢研究。E-mail:464731249@qq.com

响。比如与新鲜香椿相比,经过煮、炒和油炸等中式烹饪后香椿总黄酮、生物碱及总多酚含量均明显降低<sup>[4]</sup>,而绿豆、辣椒和菠菜经过水煮和蒸制后总多酚含量和抗氧化能力得到显著提高<sup>[5]</sup>,董浩澜等<sup>[6]</sup>研究不同烹饪方式对黄秋葵营养成分和抗氧化活性的影响,发现在一定的烹调时间下蒸制最好地保留了黄秋葵营养成分及维持抗氧化活性。目前关于一点红食用方面最佳烹饪方式的相关研究鲜见报道。为了探究不同烹饪方式对一点红抗氧化活性的影响,笔者以漂烫 0.5、1.5、2.5 min,煮制 5、10、15 min,油炒 2、4、6 min 等 9 种不同烹饪方式对其处理后测定总黄酮含量、总多酚含量、DPPH 清除率、总抗氧化能力、维生素 C 含量、叶绿素含量等指标,为合理烹饪及合理利用一点红野生蔬菜资源提供理论参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

供试材料:新鲜一点红、香满园食用植物油,均购于百色市右江区华润万家超市;吸油纸购于浙江省陶象日用品有限公司。

试剂:1,1-苯基-2-苦肼基自由基(DPPH)、没食子酸标准品、芦丁标准品、2,4,6-三吡啶基三嗪(TPTZ)(纯度 99%)、维生素 C、福林酚(上海如吉生物科技发展有限公司)、无水碳酸钠(天津市致远化学试剂有限公司)、亚硝酸钠(NaNO<sub>2</sub>)(福晨化学试剂有限公司)、硝酸铝(天津市大茂化学试剂厂)、氢氧化钠(NaOH)(天津市永晟精细化工有限公司)、无水乙醇(广东光华科技有限公司)、75%乙醇(广东光华科技有限公司)、冰醋酸、氯化铁、盐酸、石英砂、碳酸钙(CaCO<sub>3</sub>)。

### 1.2 主要仪器

紫外可见分光光度计(UV-1800 型,上海美谱达仪器有限公司);超纯水机;托盘天平(FA1204B,上海市安亭电子仪器厂);数显恒温水浴锅(HH-4,国华电器有限公司);智能高速冷冻离心机(3HORI);美的电磁炉(C22-RTE01,广东美的生活电器制造有限公司);多功能锅、超声仪。

### 1.3 方 法

1.3.1 试验时间和地点 试验时间为 2021 年 7 月,试验地点为百色学院农业与食品工程学院的农产品加工实验室和植物学实验室。

1.3.2 样品处理 将一点红用自来水清洗干净并沥干水分,称取 4 份一点红,每份准确称取 100 g,

1 份作为生样对照、另外 3 份进行不同烹饪方式处理,处理时间设置参照当地相应烹饪习惯。不经过任何烹饪处理的样品作为生样对照。漂烫:将 3 份一点红样品放入盛有 1 L 沸水的汤锅进行漂烫处理,分别漂烫 0.5、1.5、2.5 min,相应时间点就捞出 1 次样品,并沥干多余水分。煮制:将 3 份一点红样品放入 1 L 沸水中分别煮 5、10、15 min,相应时间点就捞出 1 次样品,并沥干多余水分。油炒:取 3 份一点红样品,向炒锅中加入 5.0 g 植物油,待油预热后加入一点红;分别急火翻炒 2、4、6 min,相应时间点就捞出 1 次样品,并沥干多余水分,最后用吸油纸吸干残留在一点红表面上的油。

1.3.3 指标测定方法 取 1 g 一点红样品材料于 10 mL 75%乙醇溶液中研磨。在功率 60 W,60 °C 的条件下超声提取 25 min;4 °C,10 000 r·min<sup>-1</sup> 离心机下离心 1 min,吸取离心后的上清液并用滤纸过滤,用 75%乙醇溶液补至 10 mL,此时样品提取液质量浓度为 100 mg·mL<sup>-1</sup>,避光保存于 4 °C 冰箱中备用。

采用福林酚法<sup>[7]</sup>对一点红总多酚含量进行测定,以没食子酸为标准制作标准曲线,得到函数表达式为  $Y=13.9X+0.0716$ ,  $R^2=0.9993$ ,从而计算出一点红样品总多酚含量,3 次重复。采用亚硝酸钠-硝酸铝反应法<sup>[8]</sup>对一点红总黄酮含量进行测定,以芦丁为标准制作标准曲线,得到函数关系式  $Y=1.37X+0.0007$ ,  $R^2=0.999$ ,从而计算出一点红样品总黄酮含量,3 次重复。参照 Tang 等<sup>[9]</sup>的方法,按照以下公式计算出一点红不同烹饪方式的 DPPH 清除率,3 次重复。式中,  $A_1$  为加提取液后 DPPH 溶液的吸光度,  $A_2$  为提取液的吸光度,  $A_0$  为未加提取液时 DPPH 溶液的吸光度。

$$\text{DPPH 清除率}=[1-(A_1-A_2)/A_0]\times 100\%。(1)$$

总抗氧化能力的测定:参照 Thaipong 等<sup>[10]</sup>的方法,采用 FRAP 法对一点红不同烹饪方式的总抗氧化能力进行测定。以抗坏血酸为标准制作标准曲线,得到函数关系式为  $Y=47.415X+0.0737$ ,  $R^2=0.9993$ ,从而计算出一点红样品总抗氧化能力,结果以含有的维生素 C 含量表示,单位为 mg·g<sup>-1</sup>,3 次重复。

维生素 C 含量测定:参考付晓伟等<sup>[11]</sup>的方法,采用紫外-可见分光光度法测定一点红维生素 C 含量。以抗坏血酸为标准品制作标准曲线,得到函数表达式为  $Y=5.9184X-0.0041$ ,  $R^2=0.999$ ,从而计算出一点红样品维生素 C 含量,3 次重复。

叶绿素体色素含量的测定:采用紫外-可见分

光光度法<sup>[12]</sup>测定叶绿体色素含量。按照以下公式,将所测得的吸光度代入公式,计算出叶绿素浓度和类胡萝卜素的浓度。

$$C_a(\text{叶绿素 a})=13.95A_{665}-6.8A_{649}; \quad (2)$$

$$C_b(\text{叶绿素 b})=24.96A_{649}-7.32A_{665}; \quad (3)$$

$$C_T(\text{叶绿素})=C_a+C_b=18.16A_{649}+6.63A_{665}; \quad (4)$$

$$C_{xc}(\text{类胡萝卜素})=(1000A_{470}-2.05C_a-114.8C_b)/248. \quad (5)$$

叶绿体色素含量=[色素质量浓度(mg·L<sup>-1</sup>)×提取液体积(L)×稀释倍数]/样品鲜质量(g)。每个样品3次重复。

### 1.4 统计分析

9种不同烹饪方式,每个烹饪方式3次重复,最后取其平均值,采用 Excel Office 2019 软件进行数据的处理分析及标准曲线回归方程的制作;采用 SPSS Statistics 26.0 对数据的相关性进行单因素及主成分的统计学分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同烹饪方式对一点红总多酚及总黄酮含量的影响

由表1可知,经过不同烹饪处理后,一点红总多酚含量均显著低于生样对照,各烹饪方式下总多酚含量较高的分别为:漂烫2.5 min、煮制15 min、油炒6 min。不同处理总多酚含量由高到低依次为油炒6 min>漂烫2.5 min>油炒4 min>漂烫1.5 min>煮制15 min>漂烫0.5 min>煮制5 min>油炒2 min>煮制10 min。其中油炒和漂烫处理总多酚含量均随着烹饪时间的增加而增多。除漂烫0.5 min、煮制5 min、油炒2 min 3种烹饪方式之间总多酚含量没有显著差异外,其他烹饪方式之间均存在显著差

表1 一点红不同烹饪方式总黄酮及总多酚含量

烹饪方式	烹饪时间/min	w(总多酚)/(mg·g <sup>-1</sup> )	w(总黄酮)/(mg·g <sup>-1</sup> )
生样(CK)		2.40±0.04 a	13.54±0.19 a
漂烫	0.5	0.60±0.03 g	5.36±0.04 f
	1.5	1.37±0.08 e	6.83±0.09 e
	2.5	1.88±0.07 c	10.48±0.04 b
煮制	5.0	0.54±0.04 g	5.37±0.05 f
	10.0	0.11±0.02 h	3.20±0.06 g
	15.0	1.02±0.04 f	7.58±0.08 d
油炒	2.0	0.53±0.03 g	3.18±0.05 g
	4.0	1.62±0.03 d	6.82±0.03 e
	6.0	2.15±0.23 b	9.76±0.06 c

注:同列数字后不同小写字母表示在0.05水平显著差异。下同。

异。

经过不同烹饪处理后,一点红总黄酮含量均显著低于生样对照,各烹饪方式下总黄酮含量较高的分别为漂烫2.5 min、煮制15 min、油炒6 min。不同处理总黄酮含量由高到低依次为:漂烫2.5 min>油炒6 min>煮制15 min>漂烫1.5 min>油炒4 min>煮制5 min>漂烫0.5 min>煮制10 min>油炒2 min。其中油炒和漂烫处理总黄酮含量均随着烹饪时间的增加而增多。除漂烫1.5 min与油炒4 min之间、漂烫0.5 min与煮制5 min之间、煮制10 min与油炒2 min之间总黄酮含量无显著差异外,其他烹饪方式之间均存在显著差异。

### 2.2 不同烹饪方式对一点红DPPH清除率及总抗氧化能力的影响

由表2可知,经过不同烹饪模式处理后,一点红DPPH清除率除漂烫2.5 min之外,其他处理均低于生样对照,各烹饪方式下DPPH清除率较高的分别是:漂烫2.5 min、煮制15 min、油炒6 min。不同处理比较中DPPH清除率由高到低依次为漂烫2.5 min>漂烫1.5 min=油炒6 min>煮制15 min>油炒4 min>煮制5 min>漂烫0.5 min>煮制10 min>油炒2 min。其中油炒和漂烫处理DPPH清除率均随着烹饪时间的延长而升高。漂烫1.5 min、漂烫2.5 min与油炒6 min三者之间、煮制10 min与油炒2 min之间DPPH清除率均无显著差异,其他烹饪方式之间均存在显著差异。

经过不同烹饪模式处理后,一点红总抗氧化能力均显著低于生样对照,各烹饪方式下总抗氧化能力较高的分别是漂烫2.5 min、煮制15 min、油炒6 min。不同处理的总抗氧化能力由高到低的依次为油炒6 min>油炒4 min>漂烫2.5 min>煮制15 min>漂烫1.5 min>漂烫0.5 min>煮制5 min>油

表2 一点红不同烹饪方式DPPH清除率及总抗氧化能力

烹饪方式	烹饪时间/min	DPPH清除率/%	总抗氧化能力/(mg·g <sup>-1</sup> )
生样(CK)		0.79±0.04 a	2.33±0.05 a
漂烫	0.5	0.37±0.01 e	0.92±0.04 g
	1.5	0.78±0.03 a	1.28±0.04 f
	2.5	0.79±0.01 a	1.57±0.04 d
煮制	5.0	0.67±0.02 d	0.78±0.05 h
	10.0	0.23±0.03 f	0.59±0.04 i
	15.0	0.75±0.03 b	1.46±0.02 e
油炒	2.0	0.21±0.02 f	0.74±0.03 h
	4.0	0.71±0.05 c	1.65±0.02 c
	6.0	0.78±0.02 a	2.20±0.03 b

炒 2 min>煮制 10 min。其中油炒和漂烫处理总抗氧化能力均随着烹饪时间的增加而增高。煮制 5 min 与油炒 2 min 之间总抗氧化能力无显著差异,其他烹饪方式存在显著差异。

### 2.3 不同烹饪方式对一点红维生素 C 含量的影响

由表 3 可知,经过不同烹饪模式处理后,一点红维生素 C 含量均显著低于生样对照,各烹饪方式下维生素 C 含量较高分别为漂烫 0.5 min、煮制 15 min、油炒 4 min。不同处理比较中维生素 C 含量由高到低依次为漂烫 0.5 min>漂烫 1.5 min>漂烫 2.5 min>油炒 4 min>油炒 6 min>煮制 15 min>煮制 5 min>煮制 10 min>油炒 2 min。其中漂烫处理维生素 C 含量随着烹饪时间的增加而减少。这一结果的可能原因是一点红的维生素 C 溶解到水中,从而随着漂烫时间的增加导致所测维生素 C 含量减少。漂烫 0.5 min 与漂烫 1.5 min 之间,煮制 15 min、油炒 4 min 与油炒 6 min 三者之间,煮制 10 min 与油炒 2 min,煮制 5 min、煮制 15 min 与油炒 6 min 三者之间维生素 C 含量均无显著差异,其他烹饪方式间均存在显著差异。

表 3 一点红不同烹饪方式维生素 C 含量

烹饪方式	烹饪时间/min	w(维生素 C)/(mg·g <sup>-1</sup> )
生样(CK)		0.290±0.03 a
漂烫	0.5	0.160±0.02 b
	1.5	0.140±0.02 b
	2.5	0.120±0.01 c
煮制	5.0	0.067±0.01 e
	10.0	0.040±0.01 f
	15.0	0.073±0.01 de
油炒	2.0	0.030±0.01 f
	4.0	0.090±0.01 d
	6.0	0.080±0.01 de

### 2.4 不同烹饪方式对一点红叶绿体色素含量的影响

由表 4 可知,在各烹饪模式中,叶绿素含量较高的分别为:漂烫 2.5 min、煮制 15 min、油炒 6 min。不同处理叶绿素含量由高到低依次为油炒 6 min>煮制 15 min>油炒 4 min>煮制 5 min>煮制 10 min>漂烫 2.5 min>油炒 2 min>漂烫 1.5 min>漂烫 0.5 min。其中油炒和漂烫处理的叶绿素含量均随着烹饪时间的延长而逐渐增多。油炒 4 min、煮制 5 min 与煮制 10 min 之间,漂烫 2.5 min 与煮制 10 min 之间,漂烫 2.5 min、漂烫 1.5 min、油炒 2 min 之间叶绿素含量均无显著差异,其他烹饪方式间均存在显著差异。

在各烹饪模式中,类胡萝卜素含量较高的分别为漂烫 2.5 min、煮制 10 min、油炒 6 min。不同处理比较中类胡萝卜素含量由高到低依次为油炒 6 min>煮制 10 min>油炒 4 min=煮制 15 min=煮制 5 min>漂烫 2.5 min>漂烫 1.5 min>油炒 2 min>漂烫 0.5 min。其中油炒和漂烫处理的类胡萝卜素含量均随着烹饪时间的延长而增加。油炒 6 min 类胡萝卜素含量均显著高于其他处理。

表 4 一点红不同烹饪方式叶绿素及类胡萝卜素含量

烹饪方式	烹饪时间/min	w(叶绿素)/(mg·g <sup>-1</sup> )	w(类胡萝卜素)/(mg·g <sup>-1</sup> )
生样(CK)		1.33±0.03 f	0.23±0.04 de
漂烫	0.5	1.33±0.05 f	0.20±0.04 e
	1.5	1.56±0.05 e	0.28±0.04 cd
	2.5	1.62±0.04 de	0.29±0.02 cd
煮制	5.0	1.97±0.13 c	0.32±0.05 bc
	10.0	1.80±0.10 cd	0.36±0.02 b
	15.0	2.27±0.15 b	0.32±0.03 bc
油炒	2.0	1.59±0.03 e	0.27±0.04 cd
	4.0	1.99±0.21 c	0.32±0.04 bc
	6.0	2.81±0.15 a	0.46±0.05 a

### 2.5 主成分综合分析

由于多指标不易分析出不同烹饪方式的综合评价结果,因此进一步采用主成分分析。由表 5 可知,第 1 个主成分的特征值为 4.325,方差贡献率 61.782%;第 2 个主成分特征值为 2.012,方差贡献率 28.737%,说明这 2 个主成分能够代表烹饪后一点红的抗氧化活性。

由表 6 可知,主成分 1 中总多酚含量、总黄酮含量、总抗氧化能力载荷比较高;主成分 2 中维生素 C 含量、总黄酮含量、总多酚含量、DPPH 清除率载荷比较高,而叶绿素含量、类胡萝卜素含量载荷较低。

表 5 主成分特征值及方差贡献率

主成分	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	4.325	61.782	61.782
2	2.012	28.737	90.519

表 6 主成分因子矩阵

指标	主成分 1	主成分 2
总多酚含量(X <sub>1</sub> )	0.934	0.210
总黄酮含量(X <sub>2</sub> )	0.921	0.284
DPPH 清除率(X <sub>3</sub> )	0.867	0.254
总抗氧化能力(X <sub>4</sub> )	0.967	0.039
维生素 C 含量(X <sub>5</sub> )	0.217	0.916
叶绿素含量(X <sub>6</sub> )	0.709	-0.654
类胡萝卜素含量(X <sub>7</sub> )	0.606	-0.744

由主成分因子矩阵表中的数据构建出不同烹饪方式主成分得分的函数表达式为:

$$Y_1=0.449X_1+0.443X_2+0.417X_3+0.465X_4+0.104X_5+0.340X_6+0.291X_7, Y_2=0.148X_1+0.200X_2+0.179X_3+0.027X_4+0.645X_5-0.454X_6-0.524X_7。$$

$Y_1$ 、 $Y_2$  分别为主成分 1 和主成分 2 得分。以各主成分对应的方差贡献率为权重,得到不同烹饪方式的综合测评得分( $Y_0$ )函数表达式为:

$$Y_0=0.61782Y_1+0.28737Y_2。$$

由表 7 可知,不同烹饪方式主成分综合得分排名由高到低依次为:油炒 6 min>漂烫 2.5 min>油炒 4 min>漂烫 1.5 min>煮制 15 min>漂烫 0.5 min>煮制 5 min>油炒 2 min>煮制 10 min。由此可知一点红最优的烹饪方式是油炒 6 min。

表 7 主成分分析综合得分及排序

烹饪方式	$Y_1$	主成分 1 排名	$Y_2$	主成分 2 排名	$Y_0$	综合排名
漂烫 0.5 min	-1.88	7	2.09	1	-0.56	6
漂烫 1.5 min	0.33	5	1.56	2	0.65	4
漂烫 2.5 min	1.60	2	1.54	3	1.43	2
煮制 5 min	-0.77	6	-0.60	6	-0.65	7
煮制 10 min	-2.38	8	-1.76	9	-1.97	9
煮制 15 min	0.88	4	-0.53	5	0.39	5
油炒 2 min	-2.56	9	-0.89	7	-1.83	8
油炒 4 min	1.07	3	0.10	4	0.69	3
油炒 6 min	3.69	1	-1.50	8	1.85	1

### 3 讨论与结论

在水果、蔬菜等植物中广泛存在的酚类化合物,具有很强的抗氧化能力,能清除机体内过剩的自由基,常被称为植物多酚<sup>[13]</sup>。黄酮类化合物是植物的次生代谢产物,可有效保护人体细胞免受氧化应激反应所引起的损伤<sup>[14]</sup>。俞燕芳等<sup>[15]</sup>研究表明,水煮和油炸后桑叶的总多酚含量显著降低,随着水煮时间的延长总多酚含量明显降低。笔者发现一点红在不同烹饪方式加工后,总多酚和总黄酮含量都较生样减少,漂烫和油炒烹饪方式中随着烹饪时间的延长,一点红中的总多酚和总黄酮含量均逐渐增加。可能是由于水煮会使多酚类物质水解且随水溶出流失,油炒温度高可使很多物质遇热聚合、水解,从而使总多酚含量显著下降,烹饪时间延长总多酚含量有上升,可能是由于加热导致一点红的含水量减少,引起的浓度上升效应大于烹制加工。

维生素 C 是对人类来说是人体需求较多却极易缺乏的水溶性维生素,膳食中 90% 以上的维生素

C 都是来源于蔬菜和水果<sup>[16]</sup>。维生素 C 是人体内一种重要的抗氧化剂,在人体的正常代谢和发育中起着不可或缺的作用<sup>[17]</sup>。维生素 C 具有热敏感性,所以烹饪过程极易造成维生素 C 的流失,且水或油的烹饪方式最为严重<sup>[18]</sup>。笔者研究发现一点红中含有大量的维生素 C,但在烹饪后受到损失,含量显著降低。其中,漂烫方式因为接触水分时间较短,使得维生素 C 含量损失最小。胡萝卜素特别是  $\beta$ -胡萝卜素,人体摄入后可以转化为维生素 A,是最安全的补充维生素 A 的产品,能够预防视力减退,使皮肤保持健康,改善夜盲症、皮肤粗糙等状况<sup>[19]</sup>。前人研究发现,烹饪常使得马铃薯中的类胡萝卜素含量下降,笔者研究发现不同烹饪方式加工后,类胡萝卜素不同程度增加,这可能是由于类胡萝卜素在细胞内以晶体形式与蛋白质相连构成显色体,热处理可以使连接二者的共价键断裂,因而提高了类胡萝卜素的可提取性<sup>[20-21]</sup>。

叶绿素及其衍生物保留了卟啉环的结构,并具有促进健康的生物活性,例如抗诱变、抗癌和抗炎特性<sup>[13]</sup>。Yuan 等<sup>[22]</sup>测定了蒸、煮、微波、炒 4 种烹饪方式对西蓝花叶绿素含量的影响,发现在蒸过程中,西蓝花中的叶绿素含量得到较好保留,笔者的研究结果与其一致。笔者通过漂烫 0.5、1.5、2.5 min、煮制 5、10、15 min、油炒 2、4、6 min 9 种不同烹饪方式对一点红抗氧化活性的影响进行探究,结果表明,不同烹饪方式对一点红总黄酮含量、总多酚含量、DPPH 清除率、总抗氧化能力、维生素 C 含量、叶绿素含量均有影响;总多酚含量最高的烹饪方式是油炒 6 min,为 2.15 mg·g<sup>-1</sup>;总黄酮含量最高的烹饪方式是漂烫 2.5 min,为 10.48 mg·g<sup>-1</sup>;DPPH 清除率最高的是漂烫 2.5 min,为 79%;总抗氧化能力最强的是油炒 6 min,为 2.20 mg·g<sup>-1</sup>;维生素 C 含量最高的是漂烫 0.5 min,为 0.16 mg·g<sup>-1</sup>;叶绿素、类胡萝卜素含量最高的烹饪方式均是油炒 6 min,分别为 2.81、0.46 mg·g<sup>-1</sup>。油炒 6 min 的烹饪方式总多酚含量、总抗氧化活性、叶绿素含量、类胡萝卜素含量均高于其他 8 种烹饪方式。

通过对一点红烹饪方式的总黄酮含量、总多酚含量、DPPH 清除率、总抗氧化能力、维生素 C 含量、叶绿素含量进行主成分综合分析,综合得分排名由高到低依次为油炒 6 min>漂烫 2.5 min>油炒 4 min>漂烫 1.5 min>煮制 15 min>漂烫 0.5 min>煮制 5 min>油炒 2 min>煮制 10 min。因此,油炒 6 min 的烹饪方式更适合一点红。

## 参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志(第77卷第1分册)[M].北京:科学出版社,1989:324.
- [2] 梁丽清,陈少锋,卢苇,等.壮药一点红的化学成分、药理作用及临床应用研究进展[J].中国民族医药杂志,2021,27(6):75-78.
- [3] 国家药典委员会.中华人民共和国药典一部[S].北京:中国医药科技出版社,2020:970.
- [4] 袁长梅,佟海娇,张乐,等.烹饪方式对香椿芽的抗氧化物质和抗氧化活性的影响[J].中国调味品,2021,46(5):1-4.
- [5] 王凤丽,方芮,覃丽明,等.烹饪方式对蔬菜营养、抗氧化能力及色泽影响的研究进展[J].食品工业科技,2022,43(2):411-419.
- [6] 董浩澜,赵钰莹,龚霄,等.不同烹饪方式对黄秋葵营养成分和抗氧化活性的影响[J].保鲜与加工,2020,20(3):150-155.
- [7] TOHIDI B, RAHIMMALEK M, ARZANI A. Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of *Thymus* species collected from different regions of Iran[J]. Food Chemistry, 2017, 220: 153-161.
- [8] 邱珊莲,林宝妹,洪佳敏,等.树葡萄植株不同部位醇提物抗氧化及抑 $\alpha$ -葡萄糖苷酶活性的比较研究[J].果树学报,2018,35(3):311-318.
- [9] TANG W, XING Z, LI C, et al. Molecular mechanisms and *in vitro* antioxidant effects of *Lactobacillus plantarum* MA2[J]. Food Chemistry, 2017, 221: 1642-1649.
- [10] THAIPONG K, BOONPRAKOB U, CROSBY K, et al. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2006, 19(6/7): 669-675.
- [11] 付晓伟,吴晓,姜莉莉,等.紫外分光光度法测定水果中维生素C含量[J].山东化工,2020,49(24):102-103.
- [12] 赵世杰、苍晶.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2016.
- [13] 陈国华.烹饪方式对水芹品质和风味的影响[D].江苏扬州:扬州大学,2021.
- [14] 刘江宁,李鸿梅,李炳东,等.体外模拟消化粗杂粮粉中多酚、黄酮释放及生物利用率的研究[J].粮食与油脂,2021,34(4):37-39.
- [15] 俞燕芳,石旭平,黄金枝,等.烹饪方式对桑叶生物碱类和酚类物质的影响[J].食品科学,2019,40(14):243-248.
- [16] LEE S K, KADER A A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops[J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 20(3): 207-220.
- [17] NISSON J, STEGMARK, AKESSON B. Total antioxidant capacity in different pea (*Pisum sativum*) varieties after blanching and freezing[J]. Food Chemistry, 2004, 86(4): 501-507.
- [18] 刘冬梅,周若雅,梁咏雪,等.不同烹饪方式对西蓝花中维生素C和硝酸盐含量及体外模拟胃肠消化的影响[J].食品工业科技,2022,43(2):50-57.
- [19] 杨津利,王晶星.不同烹饪方式对胡萝卜营养品质的影响[J].中国调味品,2019,44(11):109-112.
- [20] 鲍诗晗,李诗雯,何玉英,等.烹饪方式对胡萝卜感官品质及营养素含量的影响[J].食品与发酵工业,2020,46(8):149-156.
- [21] IBORRA- BERNAD C, GARCIA- SEGOVIA P, MARTINEZ- MONZ J. Physico-chemical and structural characteristics of vegetables cooked under sous-vide, cook-vide and conventional boiling[J]. Journal of Food Science, 2015, 80(8): 1725-1734.
- [22] YUAN G-F, SUN B, YUAN J, et al. Effects of different cooking methods on health-promoting compounds of broccoli[J]. Journal of Zhejiang University Science B, 2009, 10(8): 580-588.