

# 添加油和盐对芥蓝和菠菜烹调后抗氧化能力和感官接受度的影响

朱瑞欣 郑飞飞 范志红\*

(中国农业大学 食品科学与营养工程学院,北京 100083)

**摘要** 探索烹调中添加油和盐对绿叶菜的抗氧化能力、感官接受度以及二者间相关性的影响。以芥蓝和菠菜为试验材料,测定在油煮烹调中添加不同量的油、盐对水溶性抗氧化物质和 ORAC、DPPH 和 FRAP3 种抗氧化能力指标的影响,同时评定蔬菜样品的感官接受度。结果表明,油的添加对 2 种蔬菜中总多酚的保存有不利影响,而对总单宁的保存有利,对总黄酮含量的影响不显著;各抗氧化物质随盐添加量的增加无一致性变化。每 100 g 蔬菜添加 0.5 g 盐和 2.5 g 油的处理组抗氧化成分和抗氧化能力保存效果较好,符合少油少盐要求,且感官评价试验表明该处理条件下感官接受度良好。

**关键词** 家庭烹调; 芥蓝; 菠菜; 抗氧化能力; 感官评价

中图分类号 R151.3

文章编号 1007-4333(2018)02-0064-08

文献标志码 A

## Impact of oil and salt on the anti-oxidant capacity and sensory acceptance of cooked Chinese kale and spinach

ZHU Ruixin, ZHENG Feifei, FAN Zhihong\*

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract** The aim of this study was to investigate the impact of oil and salt on the anti-oxidant capacity, sensory acceptance and the relationship between these indicators of green leafy vegetables. The water-soluble antioxidants and 3 anti-oxidant capacity indices, namely ORAC, DPPH and FRAP, were measured for Chinese kale and spinach during the cooking process by added different levels of oil and salt. The sensory acceptance of vegetable samples was also evaluated. The results showed that oil had an adverse impact on the retention of total phenols and beneficial effect on total tannin, while salt didn't have the same effect. When adding 0.5 g of salt and 2.5 g of oil to 100 g of vegetables, the antioxidants and anti-oxidant capacity were best preserved. Moreover, this cooking method was most acceptable and met the dietary pattern of less fat and salt.

**Keywords** domestic preparation; Chinese kale; spinach; anti-oxidant capacity; sensory evaluation

目前,深绿色叶菜的健康作用在国内外得到广泛关注。摄入较多的深绿色叶菜有利于降低糖尿病<sup>[1]</sup>、心脑血管疾病<sup>[2]</sup>和肺癌的风险<sup>[3]</sup>。

在我国,绿叶蔬菜的烹调方式多为油炒,这可能会造成油盐的过量摄入<sup>[4]</sup>。《中国居民膳食指南(2016)》建议每日将烹调油摄入量控制在 25~30 g<sup>[5]</sup>,而目前我国居民膳食中脂肪和盐的摄入量均已过量<sup>[6]</sup>,因此需要对蔬菜烹调过程中的油、盐添加

量进行控制。常见的控油的烹调方式是焯煮法,但这种烹调方式会加大可溶性营养素和抗氧化物质的溶水损失<sup>[7]</sup>。而油煮作为一种在传统油炒和焯煮基础上进行改进的烹调方法,要求蔬菜在烹调后连同汤汁一起食用,这在一定程度上能够避免传统烹调存在的弊端。

绿叶蔬菜烹调中油、盐含量与其感官接受性和其中保健成分保存率之间的相关研究尚不多见。本

收稿日期: 2017-03-08

基金项目: 北京市科学技术委员会首都食品质量安全保障项目(Z151100001215016)

第一作者: 朱瑞欣,硕士研究生,E-mail:zhuruixin07@126.com

通讯作者: 范志红,副教授,主要从事食物营养研究,E-mail:daisyfan@vip.sina.com

研究拟以质地较硬的芥蓝和质地较软的菠菜2种深绿色叶菜为试验材料,测定在不同油盐添加量时的抗氧化成分、抗氧化能力及感官接受度,以确定油煮烹调中最佳的油、盐添加量。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

新鲜芥蓝(*Brassica alboglabra* Bailey/日本芥蓝 F<sub>1</sub>)和菠菜(*Spinacia oleracea* L./夏播王 F<sub>1</sub>-188 杂交一代)采收于秋季(2015年10月20日)购于北京金五星菜市场;食盐,北京市盐业公司生产的中盐;芝麻油,金龙鱼芝麻油。

没食子酸标品、单宁酸标品、芦丁标品、F-C 试剂、抗坏血酸、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical, DPPH)、Trolox、FL、TPTZ、AAPH, Sigma 公司;盐酸、乙酸、丙酮、甲醇、碳酸钠、硝酸钠、三氯化铝、无水乙醇、醋酸、醋酸钠、磷酸二氢钾、磷酸氢二钾,以上试剂均为分析纯,北京化学试剂厂;F-D 试剂:称取钨酸钠( $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )50 g,磷钼酸 10 g,置于 500 mL 锥形瓶中,加 375 mL 去离子水,再加磷酸 25 mL,接冷凝管于沸水浴加热回流 2 h,冷却后用水稀释

至 500 mL 备用。

Synergy 多功能酶标仪,美国伯腾仪器有限公司;5200 型紫外分光光度计,上海元析仪器有限公司;TGL18M 型高速台式冷冻离心机,凯特实验仪器有限公司;QL-901 型振荡仪,海门市其林贝尔仪器制造有限公司;SHA-B 型水浴恒温振荡器,国华公司;BS210S 型 1/10 000 分析天平,德国 Sartorius 公司;汤锅,电磁炉等。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 油煮烹调方法

对菠菜和芥蓝进行油煮烹调处理。将 2 种蔬菜除去不可食部分后于流水下洗净,并用纱布擦干多余水分。选择大小均匀的叶子,自叶片与叶柄连接处切开。称取一定量沸水(烹调菠菜时称取 100 g,芥蓝时称取 150 g)于汤锅中,在 1 000 W 电磁炉上加热。待水再次沸腾后,加入芝麻油和食盐搅匀,将切分好的 100 g 蔬菜放入搅匀,盖上锅盖并计时。各处理组油、盐的添加量见表 1。烹调结束后立即将样品连同汤汁一起转移入匀浆机,打浆 15 s 以待测定。

在烹调处理前记录锅的质量( $m_1$ ),蔬菜、水、芝麻油和盐的总质量( $m_2$ )及烹调后的总质量( $m_3$ ),计算蔬菜质量转化系数  $R = m_2 / (m_3 - m_1)$ 。

表 1 芥蓝和菠菜油煮时油盐添加量

Table 1 Oil and salt level of oil-boiled Chinese kale and spinach

处理组 Treatment group	$m(\text{油})/\text{g}$ Oil level	$m(\text{盐})/\text{g}$ Salt level	处理组 Treatment group	$m(\text{油})/\text{g}$ Oil level	$m(\text{盐})/\text{g}$ Salt level
处理 1 Treatment 1	0	0	处理 4 Treatment 4	5.0	0.5
处理 2 Treatment 2	0	0.5	处理 5 Treatment 5	2.5	0
处理 3 Treatment 3	2.5	0.5	处理 6 Treatment 6	2.5	1.0

注:芥蓝和菠菜的烹调时间分别为 4 和 2 min,均由预试验经感官评分和质构测定而确定。

Note: The cooking time of Chinese kale and spinach that determined by sensory evaluation and texture test are 4 and 2 min, respectively.

#### 1.2.2 抗氧化物质及抗氧化能力的测定

##### 1) 总多酚的提取与测定。

称取匀浆后样品 5.0 g 于离心管中,加入 10 mL 80% 丙酮溶液,加盖后水平置于 25 °C 的水浴振荡器中以 200 r/min 振荡 1 h,此后 6 000 r/min 离心 3 min,取上清液留用。重复上述步骤,第 2 次和第 3 次均加入 6 mL 提取试剂,合并 3 次所得上清液并用去离子水定容至 25 mL,4 °C 冰箱避光保存,48 h 内进行分析测定。采用 Folin-Ciocalteu 试

剂法<sup>[8]</sup>,测定 765 nm 处的吸光值,以没食子酸为标品绘制标准曲线。总酚的质量分数以没食子酸当量表示,mg/100 g。

##### 2) 总单宁的提取与测定。

准确称取匀浆后样品 8 g 于锥形瓶中,加入 80 mL 去离子水,置于 80 °C 的水浴振荡器中以 200 r/min 振荡 1 h。取出后在 6 000 r/min 的条件下离心 10 min,取上清液留用。参照 Broadhurst<sup>[9]</sup>的方法并略作修改,测定溶液在 680 nm 处的吸光

值,以单宁酸为标品绘制标准曲线。总单宁的质量分数以单宁酸当量表示,mg/100 g。

### 3)总黄酮的提取与测定。

总黄酮的提取方法与总多酚的一致。采用三氯化铝显色法<sup>[10]</sup>,测定 510 nm 处溶液的吸光值。以芦丁为标品绘制标准曲线。总黄酮的质量分数以芦丁当量表示,mg/100 g。

### 4)DPPH 自由基清除率的测定。

样品提取方法与总多酚的一致。参照 Xu<sup>[11]</sup>的方法并略作修改,测定溶液在 517 nm 处的吸光度值。根据抗坏血酸溶液的浓度与 DPPH 清除率绘制标准曲线。抗氧化能力以维生素 C 当量表示,mg/100 g。

DPPH 自由基清除率= $[1 - A_1/A_{\text{空白}}] \times 100\%$   
式中: $A_1$  为样品或对照组的吸光度值, $A_{\text{空白}}$  为将用去离子水代替样品所得的吸光度值。

5)氧自由基吸收能力(Oxygen radical absorbance capacity,ORAC)的测定。

样品提取方法与总多酚的一致。参照 Huang<sup>[12]</sup>的方法并略作修改,在 37 °C 下以激发波长 485 nm,发射波长 538 nm 进行荧光测定。绘制荧光衰减曲线,分别计算样品组、空白组和对照组衰减曲线下面积,得  $AUC_{\text{样品}}$ 、 $AUC_{\text{空白}}$  和  $AUC_{\text{对照}}$ 。抗氧化能力以水溶性维生素 E(Trolox)当量表示,

$\mu\text{mol}/\text{mg}$ 。

$$\text{ORAC} = \frac{(\text{AUC}_{\text{样品}} - \text{AUC}_{\text{空白}})}{(\text{AUC}_{\text{对照}} - \text{AUC}_{\text{空白}})} \times$$

对照组摩尔浓度/样品组摩尔浓度

6)铁离子还原抗氧化能力(Ferric-reducing antioxidant power,FRAP)的测定。

样品提取方法与总多酚的一致。参照 Benzie<sup>[13]</sup>的方法并略作修改,测定溶液在 593 nm 处其吸光度值,根据抗坏血酸的浓度于吸光度绘制标准曲线。抗氧化能力以维生素 C 当量表示,mg/100 g。

### 1.2.3 感官评价方法

结合问卷和味觉灵敏度试验<sup>[14-15]</sup>,招募并筛选出无口腔疾病、无食物过敏且对芥蓝和菠菜接受性较好的评价员 20 名。试验前对评价员进行 2 次培训。

采用定量描述法评价 2 种绿叶菜油煮后的咸度和油腻感,并进行嗜好性评价。将整体接受度(overall acceptance)定义为综合咸度、油腻感和质地指标后评价员对绿叶菜的接受程度。采用 9 点标度法对感官指标进行评分,记分值为 Q,本研究所用的评价标准见表 2。试验中对样品及样品顺序采取随机 3 位数盲标,并于 45 °C 的条件下呈送。由于日常生活中烹调蔬菜一般放入油、盐,因此仅对同时添加油和盐的样品(处理 3、4 和 6)进行评价。

表 2 油煮芥蓝和菠菜的感官评分标准

Table 2 Sensory evaluation standard of oil-boiled Chinese kale and spinach

感官指标 Sensory index	$7 \leq Q \leq 9$	$4 \leq Q \leq 6$	$1 \leq Q \leq 3$
咸度 Saltiness	过强	适中	过弱
油腻感 Greasy	过强	适中	过弱
整体接受度 Overall acceptance	乐于接受	可接受	不能接受

注:Q 为感官评分分值。

Note:Q represents the grade of sensory evaluation.

### 1.3 统计分析方法

所有处理平行取样 3 次,再重复 2 次。由于油煮前后蔬菜质量会发生变化,因此将抗氧化物质与能力的测定结果乘以质量转化系数 R 后,再用 SPSS 21.0 软件进行统计分析,并以均值±标准差的形式表示( $n=6$ )。不同烹调处理的样品间差异采用单因素方差分析(one-way ANOVA),用 Tukey's

test 法检验差异的显著性,以  $P < 0.05$  差异有统计学意义。采用 Pearson 法进行变量之间的相关性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 油盐添加量对蔬菜中抗氧化成分的影响

烹调对芥蓝和菠菜中 3 种水溶性抗氧化成分的

影响见表3。加入油盐烹调后,芥蓝和菠菜中总多酚含量均显著下降。在油煮后的芥蓝样品中,以不添加油、盐的处理总多酚和总黄酮含量最高,加0.5 g盐和5.0 g油处理组的总多酚降低幅度最大,保存率仅为56.9%。当盐添加量相同时,随着油添加量的增加,两种蔬菜中的总多酚含量有降低的趋势,总单宁含量有增加的趋势,但油添加量对总黄酮含量的影响不显著。当油添加量相同时,抗氧化物质的含量随盐添加量的增加无一致性变化。

## 2.2 油盐添加量对绿叶蔬菜抗氧化能力的影响

与生样相比,大部分油煮烹调处理均使抗氧化能力指标显著降低,且添加1.0 g盐的处理往往具有最低的数值;仅菠菜的部分烹调处理使FRAP值有所升高。总体而言,与不添加油、盐的焯煮(处理1)相比,在0.5 g的盐添加量水平上,油的添加量对抗氧化能力指标的影响较小(表4)。

## 2.3 感官评价结果

感官评价结果见表5,无论是100 g芥蓝还是菠菜,加入2.5和5.0 g油烹调后的油腻感差异不显著,油添加量的降低并不影响口感接受度。提高盐的添加量会显著影响芥蓝的口感咸度,而对菠菜的口感咸度影响不显著。对于芥蓝而言,加0.5 g盐和2.5 g油烹调时的整体接受度最高,而对于菠菜,添加0.5 g盐和5.0 g油油煮2 min时的整体接受度最高,加0.5 g盐和2.5 g油的样品也有较高的接受度。

## 2.4 抗氧化性质与感官接受度的相关性分析

芥蓝整体接受度仅与总黄酮含量呈显著正相关,且相关系数高达0.988,说明加0.5 g盐和2.5 g油的芥蓝处理组既具较好接受度,又能提供更多的总黄酮。菠菜整体接受度仅与ORAC值呈显著正相关,且相关系数高达0.999,说明加0.5 g盐和5.0 g油的菠菜处理组不仅接受度最高,抗氧化能力也最强,而加0.5 g盐和2.5 g油的处理次之。

## 3 讨论与结论

烹调处理对蔬菜中的抗氧化物质存在多方面的影响。一方面,加热使植物细胞壁结构被破坏,使蛋白质、多糖等大分子与多酚、单宁等的结合物解离出来,糖苷键被水解使多酚、单宁等以单体的形式游离出来<sup>[16-17]</sup>,短时间加热起到钝化氧化酶的作用<sup>[17-18]</sup>,这些因素使可被测定的总多酚、类黄酮和单宁类物质含量增加;另一方面,烹调时的高温使部分

多酚类物质分解,在加水烹调条件下,还存在可溶性维生素和抗氧化物质的溶水损失<sup>[19]</sup>,因此大部分烹调方式造成总多酚和抗氧化活性的下降<sup>[20]</sup>。抗氧化物质的保存率与蔬菜的种类和烹调处理方式关系较大<sup>[21-22]</sup>。

有研究比较了水煮、油炒、微波等烹调方式对蔬菜活性成分的影响发现,油炒烹调的溶水损失最小,其中总酚含量在烹调后甚至呈增加的趋势<sup>[23]</sup>,但该烹调方式会增加能量和脂肪的摄入。绿叶蔬菜水煮烹调虽符合少油要求,但煮后多酚类物质含量均会较大幅度降低<sup>[24]</sup>。Singh等<sup>[25]</sup>对25种常见叶菜加盐水煮后发现,绝大部分叶菜总单宁含量降低,这可能与溶水损失有关<sup>[26]</sup>。本研究中的油煮烹调加水量少,仅100~150 g,且烹调后连少量汤汁一起食用;本研究在制样过程中未弃去水分,因此不存在溶水损失。例如,菠菜加0.5 g盐和2.5 g油煮2 min后,总多酚和总黄酮的保存率分别为83%和75%,总单宁含量还有所上升。研究<sup>[27]</sup>表明微波加热、压力烹调 and 煮完后弃去多余水分总多酚的保存率分别为30.5%~36.2%、28.6%~32.7%和22.0%~23.6%,均低于本研究中的保存率。

食盐能够提高细胞膜的渗透性,并使细胞壁结构变得松散,导致细胞内与细胞壁结合的抗氧化物质更易溶出直接受热,可能对抗氧化物质的保存产生不利影响。本研究发现,随着盐添加量增加,两种蔬菜的中各抗氧化物质的变化趋势尚不存在一致性,这与Singh等<sup>[25]</sup>用5%的盐水煮后绝大部分叶菜中抗氧化物质的变化趋势略有出入。可能是由于本研究在油煮烹调时加盐量较少,烹调菠菜时每100 g水中仅加盐0~5.0 g,烹调芥蓝时每150 g水中仅加盐0~5.0 g,在此条件下盐对细胞壁渗透性的影响不显著。

目前,对于添加油的烹调方式,如油炒、油炸等对蔬菜中总多酚和总黄酮含量的影响的研究结果存在分歧<sup>[28-30]</sup>。本研究中油煮烹调的温度仅在100℃左右,远低于油炒和油炸;此外,油煮过程中油脂在蔬菜表面形成一层薄膜,这在一定程度上能够阻止抗氧化物质与氧气的接触,并延缓细胞中可溶性成分进入汤汁,减少蔬菜短时间内受热的程度,以上因素均对抗氧化物质的保存有利。但研究结果发现随着油添加量的增加,总多酚含量有降低的趋势,这可能是由于测定总多酚所采用的Folin-Ciocalteu法测定的不仅是样品中酚类物质,也包含了类胡萝卜素、

表3 油盐添加量对油煮芥蓝和菠菜水溶性抗氧化成分的影响

处理组	总多酚质量分数				总单宁质量分数				总黄酮质量分数			
	Mass fraction of total phenols		Mass fraction of total tannin		Mass fraction of total flavonoids		Mass fraction of total tannin		Mass fraction of total flavonoids		Mass fraction of total flavonoids	
	芥蓝	菠菜	芥蓝	菠菜	芥蓝	菠菜	芥蓝	菠菜	芥蓝	菠菜	芥蓝	菠菜
生样	296.07±15.28 a	177.81±7.23 a	62.53±2.19 c	58.73±2.82 c	153.68±6.37 a	195.36±14.18 a						
处理 1	232.92±2.35 a	150.45±3.56 c	52.30±2.74 d	52.46±1.60 de	129.08±4.10 b	140.65±5.79 d						
处理 2	190.99±4.84 b	164.56±6.01 b	49.52±1.24 e	54.17±3.25 d	100.66±0.87 c	116.06±1.95 e						
处理 3	189.98±8.09 b	147.45±1.50 c	65.28±0.85 c	53.28±1.25 d	130.06±2.35 b	147.02±3.47 cd						
处理 4	168.50±5.87 c	147.86±4.74 c	82.50±2.87 a	80.62±2.28 a	121.67±2.87 b	171.06±6.00 b						
处理 5	190.13±9.39 b	149.45±6.10 c	64.04±2.74 c	68.94±2.93 b	105.63±13.40 c	166.30±13.22 b						
处理 6	169.11±5.62 c	148.46±1.54 c	79.37±2.50 b	49.85±2.16 e	98.00±3.85 c	154.83±3.27 c						

注:1)生样,未经烹调处理的样品;处理 1,不添加盐和油;处理 2,仅加 0.5 g 盐;处理 3,加 0.5 g 盐和 2.5 g 油;处理 4,加 0.5 g 盐和 5.0 g 油;处理 5,仅加 2.5 g 油;处理 6,加 1.0 g 盐和 2.5 g 油;2)质量分数以鲜质量为基础计算;3)a,b,c 等字母表示对同一列各值之间的差异性,不同字母表示结果间差异性显著, $P<0.05$ ,表 4 和 5 同。

Note:1) Raw sample, untreated vegetable; Treatment 1, adding no salt or oil; Treatment 2, adding 0.5 gram of salt only; Treatment 3, adding 0.5 gram of salt and 2.5 gram of oil; Treatment 4, adding 0.5 gram of salt and 5.0 gram of oil; Treatment 5, adding 2.5 gram of oil only; Treatment 6, adding 1.0 gram of salt and 2.5 gram of oil; Treatment 6, adding 1.0 g salt and 2.5 g oil weight; 3) Values within the same column, with the different letters, are significantly different at  $P<0.05$ . The same with Table 4 and 5.

表4 油盐添加量对油煮芥蓝和菠菜抗氧化能力的影响

处理组	DPPH 自由基清除率/%				铁离子还原氧化能力/(mg/100 g)				氧自由基吸收能力/( $\mu\text{mol}/\text{mg}$ )			
	DPPH free-radical scavenging activity		Ferric-reducing antioxidant power		Oxygen radical absorbing capacity		DPPH free-radical scavenging activity		Ferric-reducing antioxidant power		Oxygen radical absorbing capacity	
	芥蓝	菠菜	芥蓝	菠菜	芥蓝	菠菜	芥蓝	菠菜	芥蓝	菠菜	芥蓝	菠菜
生样	88.93±3.29 a	62.07±3.78 a	83.66±1.89 a	32.57±1.53 c	24.01±0.41 a	23.15±0.87 a						
处理 1	58.90±1.35 d	57.90±5.44 a	57.99±0.92 b	39.07±1.61 b	15.64±0.70 d	21.99±0.43 b						
处理 2	64.73±0.52 b	51.25±3.99 b	45.05±0.69 d	28.33±2.40 d	17.71±0.96 c	18.18±0.59 d						
处理 3	61.50±0.89 c	58.04±2.16 a	57.38±0.99 b	42.95±1.61 a	14.44±0.79 d	18.38±0.88 d						
处理 4	59.74±1.11 cd	61.18±3.01 a	59.09±0.87 b	38.81±1.24 b	15.50±0.66 d	19.82±0.26 c						
处理 5	65.88±0.33 b	52.65±2.25 b	53.06±0.72 c	27.16±1.31 d	19.58±0.50 b	19.91±0.30 c						
处理 6	49.90±1.70 e	41.25±1.88 c	40.43±2.07 e	39.19±1.17 b	16.09±0.55 d	17.12±0.32 e						

表 5 油盐添加量对绿叶蔬菜感官品质的影响  
Table 5 The impact of cooking methods on sensory characteristics of Chinese kale and spinach

处理组 Treatment group	芥蓝 Chinese kale			菠菜 Spinach		
	咸度 Saltiness	油腻感 Greasy	整体接受度 Overall acceptance	咸度 Saltiness	油腻感 Greasy	整体接受度 Overall acceptance
处理 3 Treatment 3	4.53±0.51 b	4.98±0.82 a	7.32±0.93 a	4.53±0.48 b	5.37±0.54 a	7.13±0.74 b
处理 4 Treatment 4	4.35±0.62 b	4.92±0.97 a	7.06±1.00 a	5.19±0.97 a	5.13±0.90 ab	8.61±0.88 a
处理 6 Treatment 6	5.86±0.86 a	5.01±0.77 a	6.41±0.85 b	4.89±0.98 ab	4.62±0.75 b	6.04±1.05 c

注：处理 3，加 0.5 g 油和 2.5 g 盐；处理 4，加 0.5 g 油和 5.0 g 盐；处理 6，加 1.0 g 油和 2.5 g 盐。

Note: Treatment 3, adding 0.5 gram of salt and 2.5 gram of oil; Treatment 4, adding 0.5 gram of salt and 5.0 gram of oil; Treatment 6, adding 1.0 gram of salt and 2.5 gram of oil.

表 6 芥蓝和菠菜烹调样品整体接受度与抗氧化成分及能力的 Pearson 相关系数

Table 6 Pearson correlation coefficients among the results of sensory acceptance and anti-oxidant ingredient and capacity

样品 Sample	抗氧化成分 Anti-oxidant ingredient			抗氧化能力 Anti-oxidant capacity		
	总多酚 Total phenols	总单宁 Total tannin	总黄酮 Total flavonoids	DPPH 自由基清除率 DPPH free-radical scavenging activity	氧自由基吸收能力 Oxygen radical absorbing capacity	铁离子还原氧化能力 Ferric-reducing antioxidant power
芥蓝 Chinese kale	0.701	-0.589	0.998*	0.991	-0.918	0.936
菠菜 Spinach	-0.520	0.944	0.723	0.895	0.999*	-0.168

注：1) 基于处理 3、4、6 所得数据进行分析。2) \*，表示两指标间有显著相关性， $P < 0.05$ 。

Note: 1) The results are based on the data of treatments 3, 4 and 6; 2) \*, significant correlation between two indices,  $P < 0.05$ ; 3) DPPH, DPPH free-radical scavenging activity.

抗坏血酸、氨基酸等物质<sup>[31]</sup>。

感官评价试验发现,在油和盐共存的体系下,评价员对油腻感和咸度的感觉并非随着油、盐添加量的增加而加强,这可能与感官及味道间的相互作用有关<sup>[32]</sup>。但目前尚未有研究对于油、盐的相互作用进行讨论,此方面的内容有待后续研究。

综合考察抗氧化成分和抗氧化能力保存效果、感官接受度和油盐添加量 3 方面,油煮烹调时每 100 g 蔬菜添加 0.5 g 盐和 2.5 g 油的氧化成分和抗氧化能力保存效果较好,符合少油少盐要求,且口感接受度良好。此外,油煮烹调无油烟、易操作,值得作为蔬菜的健康烹调方法加以推广。

## 参考文献 References

[1] Li M, Fan Y, Zhang X, Tang Z. Fruit and vegetable intake and risk of type 2 diabetes mellitus: Meta-analysis of prospective cohort studies [J]. *British Medical Journal Open*, 2014, 4 (11): 1-9

[2] Lee P R. The effect of green leafy and cruciferous vegetable intake on the incidence of cardiovascular disease: A meta-analysis[J]. *Jrsm Cardiovascular Disease*, 2016, 5(1): 1-9

[3] Wang Y, Li F, Wang Z, Qiu T, Shen Y, Wang M. Fruit and vegetable consumption and risk of lung cancer: A dose-response meta-analysis of prospective cohort studies[J]. *Lung Cancer*, 2015, 88(2): 124-130

[4] 贾丽立, 范志红, 宋歆. 蔬菜烹调后油脂含量及消费者相关认知和选择的研究[J]. *食品科技*, 2009, 34(11): 270-275  
Jia L L, Fan Z H, Song X. Fat retention of cooked vegetables and questionnaire survey of consumers' understanding and choice in restaurant[J]. *Food Science and Technology*, 2009, 34(11): 270-275 (in Chinese)

[5] 中国营养学会. 中国居民膳食指南(2016) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2016  
Chinese Nutrition Society. *The Dietary Guidelines for Chinese Residents(2016)* [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2016 (in Chinese)

[6] 国家卫生计生委疾病预防控制局. 中国居民营养与慢性病状况报告(2015年)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2015  
National Health and Family Planning Commission of China. *Report on the Nutrition and Chronic Disease of Chinese population (2015)* [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2015 (in Chinese)

[7] Singh S, Singh D R, Banu S, Salim K M. Determination of bioactives and antioxidant activity in *Eryngium foetidum* L: A traditional culinary and medicinal herb[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 2013, 83(3): 453-460

[8] Singleton V L, Orthofer R, Lamuela-Raventos R M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent [J]. *Methods in Enzymology*, 1999, 299(2): 152-178

[9] Broadhurst R B, Jones W T. Analysis of condensed tannins using acidified vanillin[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1978, 29(9): 788-794

[10] 何书美, 刘敬兰. 茶叶中总黄酮含量测定方法的研究[J]. *分析化学*, 2007, 35(9): 1365-1368  
He S M, Liu J L. Study on the determination method of flavone content in tea[J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2007, 35(9): 1365-1368 (in Chinese)

[11] Xu B J, Chang S K C. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents[J]. *Journal of Food Science*, 2007, 72(2): S159-S166

[12] Zulueta A, Esteve M J, Frigola A. ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products[J]. *Food Chemistry*, 2009, 114(1): 310-316

[13] Benzie I F, Strain J J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay[J]. *Analytical Biochemistry*, 1996, 239(1): 70-76

[14] GB/T 16291. 1—2012 感官分析选拔、培训与管理评价员一般导则第 1 部分: 优选评价[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012  
GB/T 16291. 1—2012 Sensory analysis-general guidance for the selection, training and monitoring of assessors-part1: Selected assessors[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012 (in Chinese)

[15] GB/T 12312—2012 感观分析 味觉敏感度的测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012  
GB/T 12312—2012 Sensory analysis-method of investigating sensitivity of taste[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012 (in Chinese)

[16] Gupta S, Jyothi L A, Prakash J. Effect of different blanching treatments on ascorbic acid retention in green leafy vegetables [J]. *Natural Product Radiance*, 2008, 7(2): 111-116

[17] Palermo M, Pellegrini N, Fogliano V. The effect of cooking on the phytochemical content of vegetables[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2014, 94(6): 1057-1070

[18] Mazzeo T, N' Dri D, Chiavaro E, Visconti A, Fogliano V, Pellegrini N. Effect of two cooking procedures on phytochemical compounds, total antioxidant capacity and colour of selected frozen vegetables[J]. *Food Chemistry*, 2011, 128(3): 627-633

[19] Obboh 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

[20] Chipurura B, Muchuweti M, Manditseraa F. Effects of thermal treatment on the phenolic content and antioxidant activity of some vegetables[J]. *Asian Journal of Clinical Nutrition*, 2010, 2(3): 93-100

[21] 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
- [22] Pandjaitan N, Howard L R, Morelock T, Gil M I. Antioxidant capacity and phenolic content of spinach as affected by genetics and maturation [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53(22):8618-8623
- [23] Subudhi B B, Bhoi A. Antioxidative effects of *Brassica juncea* and *Moringa oleifera* prepared by different processing methods[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2014, 51(4):790-794
- [24] 周娜, 李少锋, 石楠. 烹调加热对蔬菜中总多酚含量的影响[J]. 扬州大学烹饪学报, 2009, 26(2):44-47  
Zhou N, Li S F, Shi N. The effects of cooking heat treatment on total polyphenol contents of vegetables [J]. *Culinary Science Journal of Yangzhou University*, 2009, 26(2):44-47 (in Chinese)
- [25] Singh S, Swain S, Singh D R, Salim K M, Nayak D, Roy D S. Changes in phytochemicals, anti-nutrients and antioxidant activity in leafy vegetables by microwave boiling with normal and 5% NaCl solution[J]. *Food Chemistry*, 2015, 176(1):244-253
- [26] Somsu W, Kongkachuichai R, Sungpuag P, Charoensiri R. Effects of three conventional cooking methods on vitamin C, tannin, myo-inositol phosphates contents in selected Thai vegetables[J]. *Journal of Food Composition & Analysis*, 2008, 21(2):187-197
- [27] Armesto J, Gómez-Limia L, Carballo J, Sidonia M. Effects of different cooking methods on some chemical and sensory properties of Galega kale[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2016, 51(9):2071-2080
- [28] Akdaş Z Z, Bakkalbaş E. Influence of different cooking methods on color, bioactive compounds, and antioxidant activity of kale[J]. *International Journal of Food Properties*, 2016(1):1-11
- [29] Rodrigues A S, Pérez-Gregorio M R, García-Falcón M S, Simal-Gándara J. Effect of curing and cooking on flavonols and anthocyanins in traditional varieties of onion bulbs[J]. *Food Research International*, 2009, 42(9):1331-1336
- [30] Subudhi B B, Bhoi A. Antioxidative effects of *Brassica juncea* and *Moringa oleifera* prepared by different processing methods[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2014, 51(4):790-794
- [31] Bahorun T, Luximon-Ramma A, Crozier A, Aruoma O. Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritian vegetables[J]. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 2004, 84(12):1553-1561
- [32] 韩北忠, 董华荣. 食品感官评价[M]. 北京: 中国林业出版社, 2009  
Han B Z, Tong H R. *Food Sensory Evaluation* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2009 (in Chinese)

责任编辑: 刘迎春