

文章编号:1673-1689(2008)03-0050-07

烹调对常见蔬菜抗氧化活性与成分的影响

陈玉霞^{1,2}, 郭长江^{*1}, 杨继军¹, 韦京豫¹, 吴健全¹

(1. 卫生学环境医学研究所, 天津 300050; 2. 徐州空军学院, 徐州 221000)

摘 要: 对常见的 21 种蔬菜, 以爆炒、炖煮、微波 3 种烹调方法处理, 采用相关方法测定比较其烹调前后的抗氧化活性, 以及 VC、总多酚及总类黄酮含量, 比较不同烹调方法对蔬菜抗氧化活性及相关物质含量的影响, 为评价人群实际抗氧化物质摄入量及相关研究提供参考。结果表明: 炖煮导致蔬菜抗氧化活性及相关物质损失较多, 微波及爆炒损失较少, 且有部分指标出现了增加现象。

关键词: 烹调; 蔬菜; 抗氧化活性

中图分类号: O 621. 254

文献标识码: A

Effect of Different Cooking Methods on the Antioxidant Capacity and Related Antioxidant of Common Vegetables

CHEN Yu-xia^{1,2}, GUO Chang-jiang^{*1}, YANG Ji-jun¹, WEI Jing-yu¹, WU Jian-quan¹

(1. Institute of Hygiene and Environmental Medicine, Tianjin 300050, China; 2. Xuzhou Air Force College, Xuzhou 221000, China)

Abstract: Twenty-one common vegetables obtained from local market were cooked by frying, boiling and microwaving, respectively, then the antioxidant capacity, vitamin C, total polyphenol and total flavonoid content of vegetables before and after cooking were determined to investigate the effect of different cooking methods on the antioxidant capacity and related antioxidants of vegetables, so to provide reference for peoples' intake of antioxidant and related researches. The result showed that the antioxidant capacity and related antioxidant lost during the boiling was much more than that of frying and microwave method. Furthermore, there were some parameters increased after cooking.

Key words: cooking; vegetables; antioxidant capacity

一些研究报道显示, 富含蔬菜和水果的饮食对一些慢性疾病、心血管疾病和癌症等, 具有防治作用, 这些作用可部分归功于其中的一些抗氧化物质, 如 VC、VE、类胡萝卜素、酚类化合物等^[1-3]。作者前期采用相关方法分析比较了常见蔬菜的抗氧化活性, 结果表明大多数蔬菜具有较好的抗氧化活

性^[4]。

烹调是一个复杂的理化变化过程, 国内外的初步研究均表明不同烹调方法对蔬菜抗氧化活性具有一定的影响。Turkmen 等^[5]发现微波、炖煮等烹调方法对蔬菜抗氧化活性的影响取决于蔬菜的种类。Hunter^[6]发现微波及炖煮可使韭菜及菠菜的

收稿日期: 2007-07-03.

作者简介: 陈玉霞(1976-), 女, 山东冠县人, 理学博士, 讲师, 主要从事营养与食品卫生的教学和研究。

* 通讯作者: 郭长江(1963-), 男, 江苏南通人, 研究员, 营养与食品卫生博士研究生。Email: guocj@yaho. com. cn

抗氧化活性降低。余小林等^[7]也发现微波、炖煮等加热处理降低了紫色甘蓝等蔬菜的抗氧化活性,但可适当增加卷心菜的抗氧化活性。Obok等^[8]探讨了漂烫对绿叶蔬菜的影响,结果发现除多酚含量增加外,蔬菜的VC含量、还原力、自由基清除能力都呈下降趋势。由于这些研究选用的蔬菜种类相对偏少,且结果之间存在不一致性,因而有必要就常用的烹调方法对蔬菜抗氧化活性和相关物质含量的影响进行深入研究。

作者选出有代表性的21种常见蔬菜研究,结合我国居民的烹调习惯,采用爆炒、炖煮和微波3种烹调方法,测定它们烹调前后的抗氧化活性,以及VC、总多酚和总类黄酮含量的变化,探讨不同烹调方法对蔬菜抗氧化活性及相关物质含量的影响,为居民日常生活中合理烹调蔬菜提供科学依据,也利于正确估计我国居民蔬菜中抗氧化物质的实际摄入量,进而为深入进行抗氧化物质与健康 and 疾病的关系等进一步的研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

测试所用蔬菜均随机取样于本地市售品,其中:根菜类2种(I类:白萝卜、胡萝卜);鲜豆类1种(II类:四季豆);茄果瓜菜类6种(III类:番茄、甜椒、茄子、黄瓜、冬瓜、南瓜);葱蒜类3种(IV类:黄洋葱、紫洋葱、韭菜);嫩茎叶花菜类7种(V类:芹菜、生菜、油菜、大白菜;卷心菜、菜花、西兰花);水生蔬菜类1种(VI类:藕)、薯芋类1种(VII类:马铃薯)。

1.2 实验方法

1.2.1 原料处理 将从市场购回的新鲜蔬菜剔除不可食部分,用自来水、蒸馏水反复冲洗干净,自然条件下晾干,取可食部分按日常食用习惯,切成小片或段或块,均分为4份,一份留作鲜样对照,另3份分别进行爆炒(50 g切好的蔬菜,加入0.38 g食盐,3.8 mL食用油;待油烧热后,放入蔬菜,急火快炒,并快速翻动2 min,不加水,并于出锅前30 s加盐;冷至室温后用滤纸吸附去掉蔬菜表面的食用油);炖煮(取50 g切好的蔬菜,以1:20的比质量加入蒸馏水,置于不锈钢锅中,煮沸后继续保持5 min)及微波(取50 g切好的蔬菜,以1:1的质量比例加入蒸馏水,置于250 mL的烧杯中,并敷膜,放置于微波炉转盘中央,以高火烹调1 min)处理。根据不同烹调加工处理后产生的份量变化,均折算为鲜样称重,取适量匀浆、离心,留上清液供测定抗氧

化活性,以及VC、总多酚、总类黄酮含量,取样及平行测定均为3次。

1.2.2 测定指标 抗氧化活性:参照Benzie与Strain的方法^[9],采用FRAP法测定;VC含量:2,4-二硝基苯肼法^[10];总多酚含量:Folin-Ciocalteu法^[11],以儿茶素(Catechin, Sigma)为标准;总类黄酮含量:铝离子显色法^[12],以芦丁(Rutin, Sigma)为标准。

1.3 统计处理

数据均以均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用SPSS10.0软件进行单因素方差分析。

2 结果分析

2.1 不同烹调方法对蔬菜抗氧化活性的影响

由表1可知,不同烹调方法对不同类型和不同品种蔬菜的抗氧化活性影响差异较大,对同一种蔬菜、4种不同处理方法间比较,均有显著性差异($P < 0.01$),其中爆炒后抗氧化活性降低相对较少,7种类型蔬菜的相对变化大小(平均变化幅度)依次为:VII类(-28.86%) < VI类(-26.43%) < IV类(-25.94%) < III类(+2.49%) < I类(+16.34%) < V类(+18.32%) < II类(+58.47%),其中降低最多的5种蔬菜依次为黄洋葱、紫洋葱、茄子、马铃薯、藕;出现增加的是油菜、四季豆、芹菜等11种蔬菜。

炖煮后,蔬菜的抗氧化活性降低较多,7种类型蔬菜的相对变化大小依次为:VII类(-70.17%) < I类(-51.83%) < VI类(-51.75%) < IV类(-47.62%) < V类(-37.41%) < III类(-34.91%) < II类(+9.06%)。其中降低最多的5种蔬菜依次为:马铃薯、卷心菜、番茄、南瓜、大白菜;出现增加的是甜椒、芹菜、四季豆3种蔬菜。

微波处理的总体上降低较少,7种类型蔬菜的相对变化大小依次为:VII类(-25.35%) < IV类(-21.35%) < VI类(-11.76%) < III类(-10.94%) < V类(-9.56%) < I类(+8.66%) < II类(+33.95%)。其中降低最多的5种蔬菜依次为番茄、生菜、紫洋葱、南瓜、茄子;出现增加的是甜椒、四季豆、白萝卜、芹菜、西兰花5种蔬菜。

总的来看,经过3种烹调处理后,VII类(-41.46%)、IV类(-31.64%)、VI类(-29.98%)、III类(-14.45%)、V类(-9.55%)、I类(-8.94%)蔬菜的抗氧化活性是降低的,而II类(+33.83%)蔬菜的抗氧化活性则呈增加趋势;就各蔬菜品种而言,马铃薯(-41.46%)、番茄

(-39.93%)、紫洋葱(-38.36%)、黄洋葱(-36.22%)、大白菜(-32.04%)的抗氧化活性损失较多;四季豆(+33.83%)、甜椒(+32.99%)、芹菜(+30.76%)的抗氧化活性则是增加的。

表 1 不同烹调方法对鲜蔬菜抗氧化活性的影响 (mmol FeSO₄/kg)

Tab. 1 Effect of different cooking methods on the antioxidant capacity of vegetables (mmol FeSO₄/kgFW)

类别	鲜样	爆炒后提高 或降低	相对 变化/%	炖煮后提高 或降低	相对 变化/%	微波后提高 或降低	相对 变化/%
I 白萝卜	6.90±0.05	7.27±0.03 ^{bBd}	+5.38	3.33±0.02 ^{bB}	-51.78	8.30±0.05 ^b	+20.31
	胡萝卜	4.40±0.06	5.60±0.03 ^{bBd}	+27.30	2.12±0.02 ^{bB}	-51.87	4.27±0.02 ^b
II 四季豆	2.66±0.08	4.21±0.05 ^{bBd}	+58.47	2.90±0.01 ^{bB}	+9.06	3.56±0.01 ^b	+33.95
III 番茄	3.72±0.06	3.02±0.03 ^{bBd}	-18.62	1.38±0.01 ^{bB}	-62.79	2.29±0.04 ^b	-38.39
	甜椒	6.64±0.06	6.56±0.02 ^{Bd}	-1.12	8.91±0.01 ^{bB}	+34.21	11.01±0.13 ^b
	茄子	4.21±0.01	2.64±0.02 ^{bD}	-37.38	3.07±0.01 ^{bB}	-27.11	2.91±0.02 ^b
	黄瓜	1.21±0.05	1.67±0.01 ^{bBd}	+38.65	0.56±0.01 ^{bB}	-53.56	1.00±0.02 ^b
	冬瓜	2.20±0.11	2.95±0.01 ^{bBd}	+34.37	1.23±0.01 ^{bB}	-43.94	1.90±0.01 ^b
	南瓜	1.51±0.01	1.49±0.01 ^{bBd}	-0.95	0.66±0.01 ^{bB}	-56.29	1.04±0.01 ^b
IV 黄洋葱	7.19±0.01	3.65±0.04 ^{bBd}	-49.21	3.56±0.01 ^{bB}	-50.50	6.55±0.01	-8.95
	紫洋葱	4.31±0.01	2.61±0.02 ^{bBd}	-39.60	2.48±0.01 ^{bB}	-42.47	2.89±0.02 ^b
	韭菜	5.31±0.01	5.89±0.05 ^{bBd}	+10.99	2.66±0.01 ^{bB}	-49.88	4.14±0.01 ^b
V 芹菜	1.62±0.02	2.54±0.01 ^{bBd}	+57.20	1.95±0.01 ^b	+20.31	1.86±0.01 ^b	+14.78
	生菜	3.06±0.04	2.89±0.05 ^b	-5.65	1.77±0.01 ^b	-42.27	1.89±0.04 ^b
	油菜	14.70±0.08	26.21±0.09 ^{bBd}	+78.34	7.48±0.10 ^{bB}	-49.11	10.80±0.10 ^b
	大白菜	3.43±0.01	2.54±0.01 ^{bBd}	-26.12	1.51±0.01 ^{bB}	-56.16	2.96±0.01 ^b
	卷心菜	4.03±0.05	3.09±0.01 ^{bBd}	-23.22	1.28±0.03 ^{bB}	-68.19	4.00±0.01
	菜花	3.73±0.01	3.90±0.03 ^{aBd}	+4.49	2.57±0.01 ^{bB}	-31.15	3.53±0.01 ^b
	西兰花	7.18±0.13	10.28±0.19 ^{bBd}	+43.19	4.64±0.02 ^{bB}	-35.33	7.37±0.04
VI 藕	37.02±0.03	27.24±0.34 ^{aAd}	-26.43	11.86±0.33 ^{bB}	-51.75	32.67±0.78 ^b	-11.76
VII 马铃薯	5.51±0.01	3.92±0.04 ^d	-28.86	1.64±0.01 ^{bA}	-70.17	4.11±0.02 ^a	-25.35

注:鲜样的抗氧化活性定为 100%，“+”表示增加，“-”表示减少;a:与鲜品相比， $P<0.05$;b:与鲜品相比， $P<0.01$;A:与微波相比， $P<0.05$;B:与微波相比， $P<0.01$;c:与炖煮相比， $P<0.05$;d:与炖煮相比， $P<0.01$;以下同。

2.2 不同烹调方法对蔬菜 VC 含量的影响

VC 是一种重要的抗氧化剂,可以消除自由基,保护抗氧化酶^[13]。由表 2 可知,不同烹调方法对不同类型和不同品种蔬菜的 VC 含量影响差异较大,对同一种蔬菜,4 种不同处理方法间比较均有显著性差异($P<0.01$)。经 3 种烹调处理后,蔬菜中 VC 总体上均有较大的损失,其中爆炒后损失相对较少,7 种类型蔬菜的相对变化大小依次为:Ⅲ类(-27.99%)<Ⅱ类(-25.50%)<Ⅶ类(-23.28%)<Ⅳ类(-14.17%)<Ⅰ类(-13.72%)<Ⅵ类(-7.29%)<Ⅴ类(-0.43%)。其中损失最多的 5 种蔬菜依次为南瓜、黄瓜、生菜、番茄、四季豆;出现增加的则是油菜、菜花、西兰花等 6 种蔬菜。

炖煮后蔬菜 VC 损失最多,7 种类型蔬菜的 VC 含量相对变化大小依次为:Ⅰ类(-86.61%)<Ⅵ类(-85.98%)<Ⅶ类(-71.84%)<Ⅴ类(-70.70%)<Ⅳ类(-63.40%)<Ⅲ类(-59.64%)<Ⅱ类(-56.31%),其中损失最多的 5 种蔬菜依次为生菜、黄瓜、卷心菜、胡萝卜、藕。

微波处理后,7 种类型蔬菜的 VC 含量相对变化大小依次为:Ⅲ类(-43.90%)<Ⅰ类(-39.00%)<Ⅴ类(-26.93%)<Ⅶ类(-26.20%)<Ⅵ类(-19.95%)<Ⅱ类(-11.70%)<Ⅳ类(-11.18%)。其中损失最多的 5 种蔬菜依次为生菜、黄瓜、番茄、胡萝卜、冬瓜。

总的来看,经过 3 种烹调处理后,除少数例外,7 种类型蔬菜的 VC 含量均出现降低趋势,其中Ⅰ

类 (-46.44%)、Ⅲ类 (-43.85%)、Ⅶ类 (-40.44%)、Ⅵ类 (-37.74%)、Ⅴ类 (-32.69%)、Ⅱ类 (-31.17%) 蔬菜的 VC 损失较多;损失较少的是Ⅳ类 (-29.58%) 蔬菜。具体到蔬菜品种,生菜 (-68.72%)、黄瓜 (-68.31%)、番茄 (-57.19%)、胡萝卜 (-52.22%)、卷心菜 (-45.74%) 的维生素 C 损失较多。

表 2 不同烹调方法对每 100 g 鲜蔬菜 VC 含量的影响
Tab. 2 Effect of different cooking methods on the vitamin C content of vegetables mg

类别	鲜 样	爆炒后增加 或损失/mg	相对 变化/%	炖煮后增加 或损失/mg	相对 变化/%	微波后增加 或损失/mg	相对 变化/%	
I	白萝卜	15.94±0.10	15.11±0.07 ^{bBd}	-5.19	2.37±0.06 ^{bB}	-85.11	10.88±0.02 ^b	-31.69
	胡萝卜	14.44±0.06	11.23±0.01 ^{bBd}	-22.25	1.72±0.16 ^{bB}	-88.11	7.75±0.10 ^b	-46.31
II	四季豆	18.49±0.28	13.78±0.22 ^{bBd}	-25.50	8.08±0.07 ^{bB}	-56.31	16.33±0.07 ^b	-11.70
III	番 茄	16.40±0.12	11.70±0.02 ^{bBd}	-28.65	3.13±0.03 ^{bB}	-80.94	6.24±0.05 ^b	-61.97
	甜 椒	88.45±0.45	89.48±0.19 ^{Bd}	+1.17	47.03±0.42 ^b	-46.83	58.10±3.59 ^b	-34.31
	黄 瓜	10.72±0.05	6.34±0.05 ^{bBd}	-40.88	0.25±0.01 ^{bB}	-97.69	3.61±0.05 ^b	-66.35
	冬 瓜	18.89±0.39	17.55±0.20 ^{Bd}	-7.08	6.42±0.21 ^{bB}	-66.03	12.16±0.02 ^b	-35.62
	南 瓜	9.23±0.01	3.27±0.01 ^{bBd}	-64.53	8.61±0.10 ^{bB}	-6.73	7.27±0.06 ^b	-21.25
IV	黄洋葱	6.90±0.05	5.50±0.04 ^{bAd}	-20.31	2.70±0.01 ^{bB}	-60.80	5.78±0.07 ^b	-16.28
	紫洋葱	5.96±0.01	4.92±0.05 ^{bBd}	-17.46	2.65±0.10 ^{bB}	-55.62	5.53±0.07 ^b	-7.22
	韭 菜	21.16±0.11	20.15±0.07 ^{bB}	-4.75	5.55±0.15 ^{bB}	-73.79	19.03±0.03 ^b	-10.03
V	芹 菜	6.57±0.05	6.95±0.06 ^{aBd}	+5.71	3.36±0.05 ^{bB}	-48.88	4.73±0.05 ^b	-28.03
	生 菜	2.21±0.03	1.47±0.01 ^{bBd}	-33.82	0.00±0.00 ^{bB}	-100.00	0.61±0.01 ^b	-72.35
	油 菜	41.18±0.65	47.44±0.43 ^{bBd}	+15.20	0.08±0.15 ^{bB}	-80.38	28.57±0.20 ^b	-30.62
	大白菜	15.50±0.45	16.96±0.22 ^{Bd}	+9.41	6.11±0.30 ^{bB}	-60.61	14.13±0.26 ^b	-8.84
	卷心菜	42.62±0.56	33.88±0.14 ^{Bd}	-20.52	4.27±0.02 ^{bB}	-89.97	31.23±0.02 ^b	-26.73
	菜 花	63.74±0.46	71.63±0.03 ^{bBd}	+12.38	31.52±0.09 ^{bB}	-50.55	60.83±0.06 ^b	-4.57
	西兰花	58.49±0.33	63.52±0.03 ^{bBd}	+8.61	20.75±0.38 ^{bB}	-64.51	48.33±0.22 ^b	-17.36
VI	藕	51.24±0.33	47.51±0.60 ^{bBd}	-7.29	7.19±0.10 ^{bB}	-85.98	41.02±0.08 ^b	-19.95
VII	马铃薯	22.29±0.13	17.10±0.06 ^{bB}	-23.28	6.28±0.01 ^{bB}	-71.84	16.45±0.06 ^b	-26.20

注: * 茄子的 VC 含量偏低,未进行烹调实验。

2.3 不同烹调方法对蔬菜总多酚含量的影响

由表 3 可知,不同烹调方法对不同类型和不同品种蔬菜的总多酚含量影响差异较大,对同一种蔬菜,4 种不同处理方法间比较均有显著性差异 ($P < 0.01$)。爆炒后蔬菜酚类物质损失较少,7 种类型蔬菜的相对变化大小依次为:Ⅵ类 (-13.97%) < I 类 (-7.65%) < V 类 (+0.57%) < Ⅳ类 (+4.28%) < Ⅲ类 (+7.86%) < Ⅱ类 (+30.78%) < Ⅶ类 (+46.39%)。其中损失最多的 5 种蔬菜依次为茄子、生菜、大白菜、白萝卜、藕;冬瓜、马铃薯、油菜等 11 种蔬菜的总多酚含量均呈增加趋势。

炖煮后蔬菜的酚类物质总体上损失较多,7 种类型蔬菜的相对变化大小依次为: I 类 (-55.04%) < Ⅲ类 (-51.11%) < V 类 (-48.36%) < Ⅳ类 (-32.31%) < Ⅵ类

(-31.06%) < Ⅱ类 (+5.22%) < Ⅶ类 (+24.51%)。其中损失率最多的 5 种蔬菜依次为冬瓜、黄瓜、卷心菜、油菜、番茄;四季豆等的多酚含量则略有增加。

微波处理后,蔬菜酚类物质损失较少,7 种类型蔬菜的相对变化大小依次为Ⅲ类 (-19.61%) < V 类 (-7.87%) < Ⅵ类 (-2.68%) < I 类 (-0.77%) < Ⅳ类 (-0.71%) < Ⅶ类 (+10.09%) < Ⅱ类 (+19.00%)。其中损失最多的 5 种蔬菜依次为生菜、黄瓜、番茄、油菜、胡萝卜;西兰花、黄洋葱、白萝卜等 8 种蔬菜的总多酚含量则呈增加趋势。

总之,经过 3 种烹调处理后, I 类 (-21.15%)、Ⅲ类 (-20.95%)、V 类 (-18.55%)、Ⅵ类 (-15.90%)、Ⅳ类 (-9.58%)

蔬菜的多酚物质损失较多;Ⅶ类(+27.00%)、Ⅱ类(+18.33%)蔬菜的多酚含量则均呈增加趋势。具体到蔬菜品种,多酚物质损失较多的是黄瓜(-45.91%)、生菜(-44.42%)、番茄(-39.43%)、卷心菜(-33.86%)、大白菜(-27.31%)等蔬菜,马铃薯(+27.00%)、四季豆(+18.33%)、黄洋葱(+9.81%)、芹菜(+4.92%)、西兰花(+1.71%)则呈增加趋势。

表 3 不同烹调方法对 100 g 鲜蔬菜总多酚含量的影响

Tab. 3 Effect of different cooking methods on the polyphenol content of vegetables

类别	鲜 样	爆炒后增加 或损失/mg	相对 变化/%	炖煮后增加 或损失/mg	相对 变化/%	微波后增加 或损失/mg	相对 变化/%
Ⅰ 白萝卜	33.26±0.67	27.47±0.18 ^{bBd}	-17.40	13.67±0.10 ^{bB}	-58.92	39.98±0.24 ^b	+20.20
	胡萝卜	25.06±0.25	25.59±0.23 ^{bBd}	+2.11	12.24±0.27 ^{bB}	19.61±0.35 ^b	-21.73
Ⅱ 四季豆	33.29±0.43	43.54±0.50 ^{bBd}	+30.78	35.03±0.11 ^{bB}	+5.22	39.62±0.18 ^b	+19.00
Ⅲ 番茄	22.51±0.14	19.66±0.19 ^{bBd}	-12.65	8.61±0.17 ^{bB}	-61.76	12.63±0.04 ^b	-43.89
	甜 椒	89.49±0.84	95.06±1.89 ^{bBd}	+6.22	70.58±0.32 ^{bB}	84.59±0.42 ^b	-5.48
	茄 子	45.12±0.19	32.63±0.65 ^{bBd}	-27.69	38.50±0.01 ^{bB}	41.48±0.36	-8.07
	黄 瓜	14.76±0.04	16.72±0.50 ^{bBd}	+13.23	0.00±0.00 ^{bB}	7.24±0.16 ^b	-50.97
	冬 瓜	18.27±0.52	29.74±0.20 ^{bBd}	+62.76	0.00±0.00 ^{bB}	16.20±0.14 ^b	-11.32
	南 瓜	41.81±0.28	44.01±0.01 ^{aAd}	+5.28	38.02±0.54 ^{bB}	42.68±1.18	+2.09
Ⅳ 黄洋葱	89.99±0.09	117.34±0.12 ^{bBd}	+30.38	57.64±0.19 ^{bB}	-35.95	121.49±0.06 ^b	+35.00
	紫洋葱	52.51±0.13	50.41±0.18 ^{bBd}	-3.99	40.60±0.02 ^{bB}	42.80±0.01 ^b	-18.48
	韭 菜	70.24±1.37	60.72±1.30 ^{bBd}	-13.55	43.32±0.49 ^{bB}	57.13±1.02 ^b	-18.66
Ⅴ 芹 菜	12.43±0.14	12.96±0.32 ^{aBd}	+4.31	12.00±0.05 ^{aB}	-3.46	14.16±0.03 ^b	+13.92
	生 菜	13.45±0.44	10.07±0.05 ^{bBd}	-25.12	5.95±0.11 ^b	6.40±0.08 ^b	-52.42
	油 菜	53.42±0.56	72.37±0.78 ^{bBd}	+35.48	16.12±0.15 ^{bB}	33.02±1.21 ^b	-38.18
	大白菜	28.99±0.26	23.85±0.03 ^{bBd}	-17.75	12.74±0.10 ^{bB}	26.64±0.08 ^b	-8.10
	卷心菜	40.41±0.25	36.05±0.02 ^{bBd}	-10.81	9.89±0.32 ^{bB}	34.25±0.12 ^b	-15.25
	菜 花	55.52±0.13	52.27±1.50 ^{aBd}	-5.85	41.32±0.38 ^{bB}	61.76±1.82 ^b	+11.25
	西兰花	122.35±0.10	151.39±1.37 ^{bBd}	+23.73	58.34±0.63 ^{bB}	163.59±0.07 ^b	+33.71
Ⅵ 藕	259.46±0.73	223.21±0.98 ^{bBd}	-13.97	178.88±1.35 ^{bB}	-31.06	252.52±0.05 ^a	-2.68
Ⅶ 马铃薯	51.46±0.19	75.33±1.38 ^{bBd}	+46.39	38.85±0.36 ^{bB}	-24.51	56.65±1.23 ^b	+10.09

2.4 不同烹调方法对蔬菜总类黄酮含量的影响

黄酮类化合物一直是人们所关注的重要抗氧化剂之一^[14]。由表 4 可知,只有 5 种类型的 8 种蔬菜测出了总类黄酮物质,且不同烹调方法对不同类型和不同品种蔬菜的总类黄酮含量影响差异较大,对同一种蔬菜,4 种不同处理方法间比较均有显著性差异($P<0.01$)。爆炒后,总类黄酮含量减少的只有西兰花,其余的 7 种蔬菜均呈上升趋势;炖煮

后,总类黄酮含量降低的是韭菜、西兰花、生菜、藕、紫洋葱 5 种蔬菜,另外的 3 种蔬菜则出现了增加现象;微波处理后西兰花、生菜、藕的总类黄酮物质是减少的,另外的 5 种蔬菜则是增加的。

总的来看,经过 3 种烹调处理后,西兰花(-51.38%)、生菜(-30.39%)及藕(-12.45%)的总类黄酮物质损失较多,其他的 5 种蔬菜出现了增加趋势。

表 4 不同烹调方法对 100 g 鲜蔬菜总类黄酮含量的影响

Tab. 4 Effect of different cooking methods on the flavonoid content of vegetables

类别	鲜 样	爆炒后增加 或损失/mg	相对 变化/%	炖煮后增加 或损失/mg	相对 变化/%	微波后增加 或损失/mg	相对 变化/%
Ⅲ 茄 子	54.21±0.18	111.92±0.56 ^{bB}	+106.47	112.14±0.08 ^{bB}	+106.87	124.23±0.06 ^b	+129.16
Ⅳ 紫洋葱	3.67±0.18	5.28±0.34 ^{bBd}	+43.72	3.26±0.19 ^{aB}	-11.19	7.82±0.18 ^b	+112.90

续表 4

类别	鲜 样	爆炒后增加 或损失/mg	相对 变化/%	炖煮后增加 或损失/mg	相对 变化/%	微波后增加 或损失/mg	相对 变化/%
韭 菜	4.50±0.12	6.00±0.55 ^{bBd}	+33.28	0.00±0.00 ^{bB}	-100.00	9.20±0.34 ^b	+104.43
V 生 菜	2.07±0.12	2.12±0.05 ^{Bd}	+2.45	0.93±0.06 ^b	-55.13	1.27±0.06 ^b	-38.49
菜 花	21.69±0.37	32.72±0.06 ^{bBd}	+50.83	24.79±0.12 ^{bB}	+14.30	30.98±0.25 ^b	+42.82
西兰花	38.23±1.90	37.30±1.12 ^{Bd}	-2.44	4.94±0.50 ^{bB}	-87.09	13.52±0.40 ^b	-64.62
Ⅵ 藕	162.18±4.30	169.06±9.28 ^{Bd}	+4.24	129.15±0.19 ^b	-20.37	127.75±6.95 ^b	-21.23
Ⅶ 马铃薯	26.51±0.31	76.23±1.00 ^{bBd}	+187.55	35.93±0.32 ^{bB}	+35.52	30.17±0.06 ^b	+13.79

注：因其他蔬菜类黄酮物质含量偏低，铝离子显色法未测出。

3 讨 论

烹调是一个复杂的理化因素改变的过程，研究结果表明，不同烹调方法对各种蔬菜及相关抗氧化物质的影响不尽相同。总体上来讲，微波及爆炒较为可取，炖煮导致蔬菜抗氧化活性及相关物质损失较多。

爆炒、炖煮、微波 3 种烹调方法都属于热处理方式。经过这 3 种烹调处理以后，蔬菜的抗氧化活性及相关物质含量出现了增加、减少两种变化趋势，其原因除了烹调时间不同以外，还与各烹调方法的特点有关。烹调处理后蔬菜的抗氧化活性增加的可能原因之一是胞壁结构的破坏会增加一些物质的溶出^[6,15]，如多酚、类胡萝卜素等，这不但增加了相应物质的含量，也增加了蔬菜的抗氧化活性。实验中发现爆炒后 11 种蔬菜的抗氧化活性、6 种蔬菜的 VC 含量、11 种蔬菜的总多酚含量及 7 种蔬菜的总类黄酮含量均呈增加趋势，这可能与爆炒的烹调特点有关。爆炒处理过程中因食用油的加入可以增加类胡萝卜素等脂溶性物质的溶出，可在一定程度上保护其他抗氧化物质^[2]，同时也可增加蔬菜的抗氧化活性。微波是利用热辐射由里向外传递热量的，在交频电磁场的作用下，分子的剧烈运动导致植物细胞壁结构的破坏，有助于有效成分的溶出^[16]，这可能就是微波烹调后 5 种蔬菜的抗氧化活性、8 种蔬菜的总多酚含量及 5 种蔬菜的总类黄酮含量增加的一个主要原因。烹调热处理的另一个作用是钝化酶效应^[5]，如多酚氧化酶和抗坏血酸脱氢酶，这不但减少了多酚和 VC 的损失，也保护了蔬菜的抗氧化活性。蔬菜的抗氧化活性增加的可能原因还有烹调处理过程中不同物质间发生的化学反应，如 Maillard 反应等，会产生一些新的具有较强抗氧化活性的物质^[17]。

部分蔬菜的抗氧化活性及相关物质经烹调处理后出现了减少的情况，可能的原因之一是一些物

质的热不稳定性，如 VC、多酚中的花色素等物质^[7-8]，在高温下发生降解，丧失了抗氧化活性。实验结果表明，除 6 种蔬菜的 VC 含量在爆炒后出现增加外，其他蔬菜的 VC 含量在 3 种烹调处理后都是减少的。至于西兰花的总类黄酮含量在三种烹调处理后均出现了降低，可能的原因是其含有的主要类黄酮物质——花色素不耐热^[7]。另一个可能的原因是烹调处理过程中水溶性物质的流失^[8]。VC 及酚类物质都易溶于水，烹调后不可避免地会有一部分转移到汤汁中，特别是炖煮处理，加水量较大，这种流失更为严重，这可能就是炖煮导致 18 种蔬菜的抗氧化活性、20 种蔬菜的 VC 含量、20 种蔬菜的总多酚含量及 5 种蔬菜的总类黄酮含量的降低的主要原因。烹调过程中不同物质间可能会发生相互反应而互相消耗，如 Maillard 反应中的 VC 和酚类物质^[17]，这也会导致相应物质含量的降低。

Cao 等人^[2]认为，蔬菜中的主要抗氧化物质是酚类化合物和抗坏血酸。Dasgupta 等^[18]研究了 11 种叶用蔬菜的抗氧化活性，发现蔬菜的抗氧化活性明显归因于其中的类黄酮和相关的多酚物质，但抗氧化活性与总多酚或总类黄酮含量间并没有明显的相关性。Maisuthisakul 等^[19]认为，植物体内的抗氧化活性主要是由酚类物质提供的，酚类物质与抗氧化活性直接相关。分析 3 种烹调处理后本实验中 7 种类型蔬菜的抗氧化活性与相关物质的变化情况，发现Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ类蔬菜的抗氧化活性与 VC 含量及总多酚含量在总体变化趋势上基本一致，均呈下降趋势，但其相关性不是很明显，可能是每种类型蔬菜中包含的具体种类各异，且各种蔬菜的抗氧化物质组成不同，各物质的相对抗氧化活性也不同，另外各物质间也可能存在一定的相互作用。

4 结 语

包括爆炒、炖煮、微波在内的烹调方法对蔬菜

的抗氧化活性及相关物质含量影响较大,变化规律复杂。中国的饮食文化源远流长,除了这3种烹调方法外,还有煎、烤、炸等多种方式,今后应进一步研究其他烹调方法对蔬菜抗氧化活性的影响,探讨存在的可能规律,并适当考虑中国居民烹调过程中经常添加的各种调料如酱油、食醋及葱、姜、蒜各种

香辛料的影响,还有烹调时间的影响,以便更加准确地了解我国居民日常膳食中蔬菜中抗氧化物质的摄入量,为进一步开展蔬菜的抗氧化活性与健康关系的研究提供基础理论数据,为开发和研制天然抗氧化剂提供参考,也可指导人们在日常生活中采用合理的方法烹调蔬菜。

参考文献(References):

- [1] Podsedek A. Natural antioxidant and antioxidant capacity of brassica vegetables; A review [J]. *LWT*, 2007, 40:1—11.
- [2] Cao G, Safic E, Prior RL. Antioxidant capacity of tea and common vegetables[J]. *J Agric Food Chem*, 1996, 44: 3426—3431.
- [3] Toit R D, Volsteede Y, Apostolides Z. Comparison of the antioxidant content of fruits, vegetables and teas measured as vitamin C equivalents[J]. *Toxicology*, 2001(166):63—69.
- [4] 郭长江,韦京豫,杨继军,等. 66种蔬菜、水果抗氧化活性的比较研究[J],营养学报,2003,25(2):203—207.
GUO Chang-jiang, WEI Jing-yu, YANG Ji-jun, et al. Comparison of the antioxidant activity of 66 vegetables and fruits [J]. *ACTA Nutrimenta Sinica*, 2003, 25, 25(2):203—207. (in Chinese)
- [5] Turkmen N, Sari F, Velioglu Y S, The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables[J]. *Food Chem*, 2005, 93:713—718.
- [6] Hunter K J, Fletcher J M, The antioxidant activity and composition of fresh, frozen, jarred and canned vegetables[J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2002(3):399—406.
- [7] 余小林,林薇,徐步前. 不同处理对数种果蔬抗氧化活性稳定性的影响[J]. 食品科学, 2004, 25(6): 66—69.
YU Xiao-lin, LIN Wei, XU Bu-qian. Study on antioxidant activity effects of vegetables and fruits extracts after different processing treatments[J]. *Food Science*, 2004, 25(6):66—69. (in Chinese)
- [8] Oboh G, Effect of blanching on the antioxidant properties of some tropical green leafy vegetables [J]. *LWT*, 2005(38): 513-517.
- [9] Benzie I E F, Strain J J. The ferric reducing ability of plasma as a measure of antioxidant power; the FRAP assay[J]. *Anal Biochem*, 1996, 239: 70—76.
- [10] 王喜生,殷泰安,刘继鹏,等. 人体营养状况的评价方法[M]. 天津:科学技术出版社,1989,339—342.
- [11] Singleton V L, Rossi J A J. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic+ phosphotungstic acid reagents [J]. *Am J Enol Vitic*, 1965, 16: 144—158.
- [12] Jia Z, Tang M, Wu J. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals[J]. *Food Chem*, 1999, 64: 555—559.
- [13] 朱必凤,彭凌,罗莉菲. 油茶肉质果、肉质叶的保健功效[J]. 食品与生物技术学报, 2007, 26(1):46—50.
ZHU Bi-feng, PENG Ling, LUO Li-fei, Study on health care functions of extracts from freshy fruit and freshy leaf of camellia oleifera [J]. *Journal Food Science and Biotechnology*, 2007, 26(1):46—50. (in Chinese)
- [14] 王立,姚惠源,陶冠军,等. 乌饭树叶中黄酮类色素的抗氧化活性[J]. 食品与生物技术学报, 2006, 25(4):81—85.
WANG Li, YAO Hui-yuan, TAO Guan-jun, et al, Antioxidant activity of flavonoids pigment from the leaves of vaccinium bracteatum thunb[J]. *Journal Food Science and Biotechnology*, 2006, 25(4):81—85. (in Chinese)
- [15] Lin C H, Chang C Y, Textural change and antioxidant properties of broccoli under different cooking treatment[J]. *Food Chem*, 2005, 90:9—15.
- [16] 李巧玲,李琳,蔡妙颜,等.微波辐射在固液浸取中的应用[J]. 现代化工, 2000, 20(8):60—61.
LI Qiao-ling, LIN Lin, CAI Miao-yan, et al, Applications of microwave irradiation in solid-liquid extraction[J]. *Modern Chemical Industry*, 2000, 20(8): 60—61. (in Chinese)
- [17] Nicoli M C, Anese M, Parpinel M, Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 1999(10): 94—100.
- [18] Dasgupta N, De B. Antioxidant activity of some leafy vegetables of india; a comparative study [J]. *Food Chem*, 2007, 101: 471—474.
- [19] Maisuthisakul P, Pongsawatmanit R, Gordon M H. Characterization of the phytochemicals and antioxidant properties of extracts from team (cratogeomys formosus Dyer)[J]. *Food Chem*, 2007, 100: 1620—1629. (责任编辑:杨萌)