

丁莹,李艺,刘贤金,等. 烹饪方法对黄瓜中总酚含量及抗氧化活性的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(16):158-160.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.16.040

烹饪方法对黄瓜中总酚含量及抗氧化活性的影响

丁莹,李艺,刘贤金,梁颖

[江苏省食品质量安全重点实验室/农业部农产品质量安全风险评估实验室(南京),江苏南京 210014]

摘要:研究烹饪方法对黄瓜中总酚含量、抗氧化活性以及维生素 C 含量的影响。结果显示:水煮及清炒均显著降低了黄瓜中总酚含量、抗氧化活性以及维生素 C 含量,其中水煮后黄瓜总酚含量保持较清炒好,清炒后黄瓜抗氧化活性略低于水煮,但两者差异不显著,清炒后维生素 C 含量保持优于水煮。黄瓜抗氧化活性和总酚含量及维生素 C 含量 t -test 分析显示二者均为显著相关。黄瓜生食清香爽口且营养成分保持佳,建议黄瓜清洗后生食,水煮次之。

关键词:黄瓜;烹饪方法;总酚;抗氧化;维生素 C

中图分类号: TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)16-0158-03

生物抗氧化剂是保护人体生物系统免受过度氧化造成潜在危害的重要物质。氧化应激是现代生活一种严重问题,诸如空气污染、吸烟、紫外线辐射等导致细胞氧化应激进而引起各种疾病,包括黑素瘤、癌症、炎症、免疫系统下降等^[1]。蔬菜不仅是纤维素、维生素、矿物质的丰富来源,同时也是许多生物抗氧化剂的优质来源^[2]。大量流行病学研究显示,蔬菜摄入增加会降低氧化应激疾病发生的概率^[3-6]。蔬菜中生物抗氧化剂可有效抑制或延缓氧化链反应中氧化底物的氧化,从而阻止疾病的发生^[7]。

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)为葫芦科(Cucurbitaceae)草本植物,其栽培广泛、口感佳、营养丰富,是非常重要的蔬菜之

一。已有多项研究证明,黄瓜富含多酚类物质,抗氧化活性功效显著^[8-10]。近几年,蔬菜烹饪加工方式对蔬菜中酚类化合物保持及抗氧化活性影响备受关注^[11-13]。黄瓜在我国的食物方式主要有生食、清炒和烧汤,而目前我国蔬菜烹饪方式对营养成分影响的研究数据较少^[14-15],未见相关报道。因此,本试验以黄瓜为研究对象,清洗切分后对其进行水煮及清炒处理,研究总酚含量、抗氧化活性以及维生素 C 变化情况,为居民提供合理健康饮食理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜黄瓜,购于江苏省南京钟灵街苏果超市。

没食子酸($\geq 99\%$)、抗坏血酸($\geq 99.7\%$)、福林酚试剂、2,6-二氯酚,购自国药集团化学试剂有限公司;1,1-二苯基-2-苦基胍(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl,简称 DPPH)溶液,购自梯希爱化成工业发展有限公司;其他试剂如碳酸钙、乙醇、草酸等均为分析纯。

1.2 黄瓜烹饪试验

1.2.1 清洗切分预处理 黄瓜先用清水洗涤,保留可食用部分,切成约 4~5 mm 薄片,切分的样品分为 3 份,其中 1 份置

收稿日期:2017-06-21

基金项目:国家重点研发计划(编号:2017YFC1601000);国家农产品质量安全风险评估项目(编号:GJFP201801502);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(15)1016]。

作者简介:丁莹(1988—),女,安徽合肥人,硕士,助理研究员,研究方向为农产品营养与安全。E-mail:64952509@qq.com。

通信作者:梁颖,博士,副研究员,研究方向为农产品营养与安全。E-mail:mnily555@163.com。

[14]谢建春. 现代香味分析技术及应用[M]. 北京:中国标准出版社,2008.

[15]袁小单. 超高压加工发酵型桑椹酒工艺及其品质研究[D]. 镇江:江苏大学,2013.

[16]吴祖芳,翁佩芳. 桑椹的营养组分与功能特性分析[J]. 中国食品学报,2005,5(3):102-107.

[17]赖剑峰,杨荣玲,陈智毅,等. 不同因子对酿酒酵母降解桑椹花青素的影响研究[J]. 酿酒科技,2016(8):36-39.

[18]赵红宇,陈敦洪,邓良,等. 桑椹果酒全渣发酵过程中生物活性物质及其抗氧化活性变化的研究[J]. 食品工业科技,2015,36(23):182-189.

[19]刘寅. 酵母对茶多酚吸附性能的研究[D]. 无锡:江南大学,2010.

[20]李国薇,樊明涛,王胜利,等. 酵母菌种对苹果酒主发酵过程中的多酚组成及抗氧化活性的影响[J]. 中国酿造,2012,31(10):

33-37.

[21]易桥宾,谷风林,那治国,等. 发酵和焙烤对可可豆多酚、黄酮和风味品质的影响[J]. 食品科学,2015,36(15):62-69.

[22]Lema C, Garciajares C, Orriols I, et al. Contribution of *Saccharomyces* and non-*Saccharomyces* populations to the production of some components of Albarino wine aroma[J]. American Journal of Enology & Viticulture, 1996, 47(2):206-216.

[23]孙玉霞,史红梅,蒋锡龙,等. 酵母菌株对桑椹酒挥发性香气成分的影响研究[J]. 酿酒科技,2013(8):28-32.

[24]冯凤琴,叶立扬. 食品化学[M]. 北京:化学工业出版社,2005:175-180.

[25]李华. 葡萄酒品尝学[M]. 北京:科学出版社,2013:35-40.

[26]于怀龙. 桑椹品种筛选及其发酵果醋关键技术研究[D]. 镇江:江苏大学,2016.

-20 ℃ 冰箱中冷冻 12 h 后真空冷冻干燥机冻干,磨粉,粉末样品置 -20 ℃ 冰箱中保存待用。另 2 份样品用于清炒处理和水煮处理。

1.2.2 水煮处理 1 000 mL 烧杯中加入 500 mL 纯净水,加热至沸,将称好的黄瓜样品倒入,沸水处理约 3 min,使黄瓜变熟且硬度适宜。水煮结束后沥去表面水分,迅速降温至室温,置 -20 ℃ 冰箱中冷冻 12 h,然后处理同“1.2.1”节。

1.2.3 清炒处理 不锈钢平底锅中加入 2 g 食用油,加热至约 170 ℃ 后,加入切片黄瓜翻炒,炒制时间约为 1.5 min,使黄瓜变熟且硬度适宜。清炒结束后沥去水分,拭去表面油迹,迅速降至室温,置 -20 ℃ 冰箱中冷冻 12 h,然后处理同“1.2.1”节。

1.3 总酚含量、抗氧化活性及维生素 C 含量测定

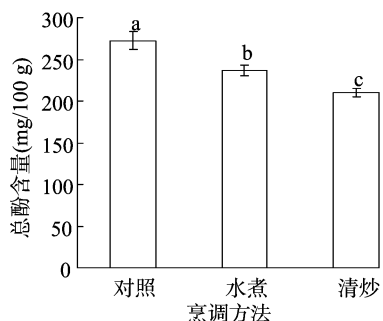
1.3.1 提取液制备 黄瓜粉末样 1 g 中加入 5 mL 75% 乙醇,超声提取 1 h,随后置于离心机 12 000 r/min 离心 15 min。转移上清液于试管中,用于总酚含量及抗氧化活性测定。

1.3.2 总酚含量测定 福林酚比色法测定总酚含量^[16]。配制 0.1 mg/mL 没食子酸标准溶液,取 6 支 10 mL 比色管,分别加入 0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL 没食子酸标准溶液,每管中添加 6 mL 蒸馏水以及 0.5 mL 1.0 mol/L 福林酚试剂,漩涡振荡混匀,避光放置 3 min。随后每管中加入 1.5 mL 20% 碳酸钠溶液,定容至 10 mL,漩涡振荡混匀后室温放置 2 h,于 765 nm 下测吸光度,得到浓度(x)和吸光度(y)之间回归方程。吸取 1.0 mL 样品提取液于 10 mL 比色管中,添加 6 mL 蒸馏水,操作同上,室温放置 2 h,于 765 nm 下测吸光度。结果表示为 100 g 黄瓜干粉中的没食子酸当量(mg/100 g)。

1.3.3 抗氧化活性测定 抗氧化活性测定采用 DPPH 自由基清除方法^[17]。取 4.5 mL 0.024 mg/mL DPPH 溶液于 10 mL 比色管中,加 0.5 mL 样品提取液,漩涡振荡混匀,避光放置 30 min 后测定溶液在 517 nm 处的吸光度,对照为 0.5 mL 75% 乙醇。

$$\text{DPPH 清除率} = \frac{D_{\text{对照}} - D_{\text{样品}}}{D_{\text{对照}}} \times 100\%。$$

式中: $D_{\text{对照}}$ 为对照的吸光值; $D_{\text{样品}}$ 为样品反应液的吸光度。



不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同

图1 烹调方法对黄瓜总酚含量的影响

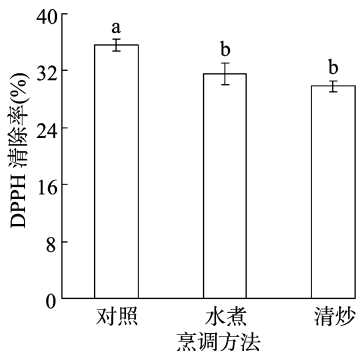


图2 烹调方法对 DPPH 清除率的影响

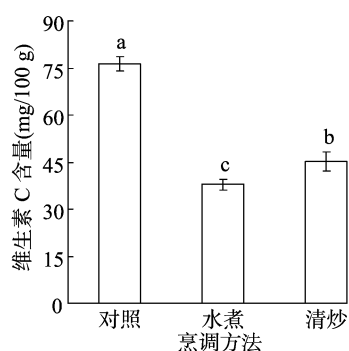


图3 烹调方法对黄瓜维生素 C 含量的影响

2.4 抗氧化活性和总酚含量及维生素 C 的相关性

蔬菜中多酚成分及维生素 C 均具有抗氧化活性^[18-19],本研究对黄瓜抗氧化活性与总酚含量及维生素 C 含量的相关性进行了分析。结果显示,黄瓜抗氧化活性与总酚含量的相关系数为 0.989,与维生素 C 含量的相关系数为 0.813。从相

关系数分析可知,黄瓜抗氧化能力与总酚含量以及维生素 C 含量均为强相关。本研究还采用了 t -test 检验分析抗氧化活性和总酚含量及维生素 C 是否显著相关,结果显示抗氧化活性和总酚含量、抗氧化活性和维生素 C 含量分析 P 值均小于 0.01,极显著相关。

1.4 数据统计处理

数据采用 SPSS 18.0 软件处理,进行单项方差分析和邓肯多重比较。结果用 3 次平行试验均值 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示。抗氧化活性与总酚含量和维生素 C 含量的相关性采用 t -test 检验分析。

2 结果与分析

2.1 烹调后黄瓜总酚含量变化

黄瓜经烹调处理后,总酚含量测定结果如图 1 所示。结果表明,经清洗切分的黄瓜总酚含量为 272.42 mg/100 g。水煮处理后黄瓜中总酚含量降低至 236.51 mg/100 g,降低 13.18%,差异显著;清炒处理后总酚含量降低至 209.80 mg/100 g,降低 22.99%,与对照相比差异显著;邓肯多重比较分析显示,水煮和清炒 2 种烹饪方式相比,水煮后样品中的总酚含量保持较好,两者差异显著。

2.2 烹调后黄瓜抗氧化活性变化

抗氧化活性按照 DPPH 自由基清除方法测定,黄瓜经烹调处理后,抗氧化活性变化测定结果如图 2 所示。经清洗切分的黄瓜 DPPH 自由基清除率为 35.61%,水煮处理后 DPPH 自由基清除率为 31.53%,差异显著;清炒后 DPPH 自由基清除率为 29.81%,与对照相比差异显著;邓肯多重比较分析显示,水煮和清炒 2 种烹饪方式相比,清炒后 DPPH 自由基清除率略低于水煮,但是两者差异不显著。

2.3 烹调后黄瓜维生素 C 含量变化

维生素 C 含量测定采用 2,6-二氯酚靛滴定法,黄瓜经烹调处理后,维生素 C 含量测定结果如图 3 所示。经清洗切分的黄瓜维生素 C 含量为 76.32 mg/100 g,水煮处理后维生素 C 含量下降为 37.91 mg/100 g,差异显著;清炒后维生素 C 含量下降为 45.32 mg/100 g,与对照相比差异显著;水煮和清炒 2 种烹饪方式相比,清炒后维生素 C 含量保持较水煮高,两者差异显著。

关系数分析可知,黄瓜抗氧化能力与总酚含量以及维生素 C 含量均为强相关。本研究还采用了 t -test 检验分析抗氧化活性和总酚含量及维生素 C 是否显著相关,结果显示抗氧化活性和总酚含量、抗氧化活性和维生素 C 含量分析 P 值均小于 0.01,极显著相关。

3 讨论与结论

目前,针对黄瓜烹饪加工中营养成分变化的研究尚未见报道。本研究显示,黄瓜清洗切分后水煮、清炒烹饪方式均会降低其总酚含量、抗氧化活性以及维生素 C 含量,其中水煮对于总酚含量及抗氧化活性的保持优于清炒,对于维生素 C 的保持劣于清炒。

研究显示,水煮与清炒烹饪确定会降低蔬菜中维生素 C 的含量^[20],对总酚含量及抗氧化能力作用可升高可降低,蔬菜品种是决定性因素^[21-23]。蔬菜热加工过程中营养物质动态变化,易水解多酚物质在加热过程中发生水解,转化为其他物质溶出,温度升高同时伴随蔬菜细胞质膜通透性增强,细胞中的内含物发生外渗而造成酚类物质减少,进而降低蔬菜中总酚含量以及抗氧化能力;热加工同时会破坏细胞壁及亚细胞腔隙,使大量抗氧化成分释放^[24],热钝化氧化酶抑制氧化作用发生,同时新的抗氧化剂或新成分产生^[25],这会增加蔬菜中总酚含量以及抗氧化能力。不同蔬菜品种在热加工过程中作用程度不同,进而显示不同变化的总酚含量以及抗氧化活性。

本试验对象为黄瓜,质地水嫩,切分后在热处理过程中更易受氧气、温度等影响。由试验结果可知,加热处理对保护黄瓜中维生素 C 十分不利,其中外渗作用可能是维生素 C 损失的主要原因;清炒方式较水煮显著降低总酚含量,温度高可能是造成总酚含量降低的最主要原因;黄瓜水煮抗氧化活性优于清炒,抗氧化活性与总酚含量具有很高的相关性,总酚含量的变化应为影响黄瓜抗氧化活性的主要因素。黄瓜生食清香爽口且营养成分保持佳,建议黄瓜清洗后生食,水煮次之。

参考文献:

- [1] Agarwal M, Kumar A, Gupta R, et al. Extraction of polyphenol, flavonoid from *Embolica officinalis*, *Citrus limon*, *Cucumis sativus* and evaluation of their antioxidant activity [J]. *Oriental Journal of Chemistry*, 2012, 28(2): 993-998.
- [2] Palafoxcarlos H, Ayalazavala J F, Gonzalezaguilar G A. The role of dietary fiber in the bioaccessibility and bioavailability of fruit and vegetable antioxidants[J]. *Journal of Food Science*, 2011, 76(1): 6-15.
- [3] Gonzalezaguilar G A, Villarodriguez J A, Ayalazavala J F, et al. Improvement of the antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments[J]. *Trends in Food Science and Technology*, 2010, 21(10): 475-482.
- [4] Yahia E M. Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value, and stability [M]. Mexico: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2009: 3-51.
- [5] Slavin J L, Lloyd B. Health benefits of fruits and vegetables[J]. *Advances in Nutrition*, 2012, 3(4): 506-516.
- [6] Liang Y, Liu Y, Ding Y, Liu X J. Meta-analysis of food processing on pesticide residues in fruits[J]. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2014, 31(9): 1568-1573.
- [7] Ali M A, Devi L I, Nayan V, et al. Antioxidant activity of fruits available in Aizawl market of Mizoram, India[J]. *International Journal of Biological & Pharmaceutical Research*, 2010, 1(2): 76-81.
- [8] Romanramos R, Floressaenz J L, Alarconaguilar F J. Anti-hyperglycemic effect of some edible plants [J]. *Journal of*

- Ethnopharmacol.* 1995, 48(1): 25-32.
- [9] Dixit Y, Kar A. Protective role of three vegetable peels in alloxan induced diabetes mellitus in male mice[J]. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2010, 65(3): 284-289.
- [10] Chandra S, Khan S I, Avula B, et al. Assessment of total phenolic and flavonoid content, antioxidant properties, and yield of aeroponically and conventionally grown leafy vegetables and fruit crops: a comparative study [J]. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*. 2014(4): 253875.
- [11] Zhang D, Hamauzu Y. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking[J]. *Food Chemistry*, 2004, 88(4): 503-509.
- [12] Fabbri A D T, Crosby G A. A review of the impact of preparation and cooking on the nutritional quality of vegetables and legumes[J]. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2016, 3: 2-11.
- [13] Nayak B, Liu R H, Tang J. Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables, and grains—a review[J]. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2015, 55(7): 887-918.
- [14] 何湘漪, 何洪巨, 范志红, 等. 烹调方法对 3 种叶菜中类黄酮和类胡萝卜素的影响[J]. *中国食品学报*, 2016(7): 276-282.
- [15] 陈玉霞, 郭长江, 杨继军, 等. 烹调对常见蔬菜抗氧化活性与成分的影响[J]. *食品与生物技术学报*, 2008, 27(3): 51-55.
- [16] Kumar H, Choudhary N, Kumar N, et al. Phenolic compounds and their health benefits: a review [J]. *Journal of Food research and Technology*, 2014, 2(2): 46-59.
- [17] Ramesh B, Satakopan V N. *In vitro* antioxidant activities of *Ocimum* species: *Ocimum basilicum* and *Ocimum sanctum* [J]. *Journal of cell and tissue research*, 2010, 10(1): 2145-2150.
- [18] Piluzza G, Bullitta S. Correlations between phenolic content and antioxidant properties in twenty-four plant species of traditional ethnoveterinary use in the mediterranean area [J]. *Pharmaceutical Biology*, 2011, 49(3): 240-247.
- [19] Dumbrava D G, Moldovan C, Raba D, et al. Comparative analysis of vitamin C content and antioxidant activity of some fruits extracts[J]. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 2012, 18(3): 223-228.
- [20] Yamaguchi T, Mizobuchi T, Kajikawa R, et al. Radical-scavenging activity of vegetables and the effect of cooking on their activity[J]. *Food Science and Technology Research*, 2001, 7(3): 250-257.
- [21] Bunea A, Andjelkovic M, Socaciu C, et al. Total and individual carotenoids and phenolic acids content in fresh, refrigerated and processed spinach (*Spinacia oleracea* L.) [J]. *Food Chemistry*, 2008, 108(2): 649-656.
- [22] Reis L C, de Oliveira V R, Hagen M E, et al. Effect of cooking on the concentration of bioactive compounds in broccoli (*Brassica oleracea* var. *avenger*) and cauliflower (*Brassica oleracea* var. *alphina* F1) grown in an organic system[J]. *Food chemistry*, 2015, 172: 770-777.
- [23] Turkmen N, Sari F, Velioglu Y S, et al. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables[J]. *Food Chemistry*, 2005, 93(4): 713-718.
- [24] Jimenezmonreal A M, Garciadiz L, Martineztome M, et al. Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables[J]. *Journal of Food Science*, 2009, 74(3): 97-103.
- [25] Morales F J, Babbel M. Antiradical efficiency of maillard reacting mixtures in a hydrophilic media [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, 50(10): 2788-2792.