

烹调方式对菠菜、芥蓝中维生素 C、维生素 K₁ 和类胡萝卜素的影响

兰晓芳 王璐 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 采用化学测定方法对汽蒸和水焯处理不同时间的菠菜和芥蓝中的维生素 C、维生素 K₁ 和 α -胡萝卜素、 β -胡萝卜素和叶黄素含量进行研究。结果表明:1)维生素 K₁ 和叶黄素的烹调损失低于 10%;2)维生素 C 在水焯处理后损失较大,在菠菜和芥蓝中的保存率分别为 41.6%和 61.7%;3)各营养素保存率均以汽蒸烹调更佳。短时汽蒸烹调处理时,无论脂溶性还是水溶性营养素保存率均较高,适宜作为绿叶蔬菜的少油烹调方法。

关键词 烹调;菠菜;芥蓝;维生素;类胡萝卜素

中图分类号 R151.3

文章编号 1007-4333(2017)12-0117-07

文献标志码 A

Effects of different cooking methods on ascorbic acid, vitamin K₁ and carotenoid in spinach and Chinese kale

LAN Xiaofang, WANG Lu, FAN Zhihong*

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

Abstract The effects of steaming and blanching on retention of several nutrient components in spinach and Chinese kale were investigated. Ascorbic acid, vitamin K₁, as well as three carotenoids including lutein, β -carotene and α -carotene contents in samples subjected to steaming and blanching treatment of a series of duration were determined. While only less than 10 percent decrease of both vitamin K₁ and lutein was observed in two treatments. The retention of ascorbic acid dramatically dropped after blanching, which were 41.6% in spinach and 61.7% in kale. Steaming treatment displayed advantages over blanching treatment in terms of all three nutrients. Both water-soluble and fat-soluble nutrients were well preserved with short-time steaming treatment, which was recommended as a low-fat preparation procedure for green leafy vegetables.

Keywords cooking; spinach; kale; vitamin; carotenoid

蔬菜是饮食中不可缺少的一部分,能提供人体必需的维生素、矿物质、膳食纤维,含有多种植物生物活性成分^[1]。流行病学证据显示,蔬菜摄入可降低心脑血管疾病的发病风险^[2],而增加绿叶蔬菜摄入能显著降低 2 型糖尿病的发病风险^[3]。

菠菜(*Spinacia oleracea* L.)和芥蓝(*Brassica alboglabra* Bailey)是我国居民餐桌上常见的 2 种深色绿叶蔬菜的代表。菠菜质地柔软,易于烹调。富含维生素 C、维生素 K₁、叶酸、矿物质、类胡萝卜素

等,其叶黄素含量在蔬菜中尤为突出。芥蓝,它的叶柄具有外皮且叶片较厚,质地较硬实,与菠菜显著不同。

维生素 C 是水溶性维生素的代表,在烹调过程中极易损失。脂溶性的维生素 K₁^[4]主要存在于天然绿色植物中,且绿色越深的菜叶中含量越高^[5]。维生素 K₁ 在机体内转化为维生素 K₂ 后,在维持机体骨骼健康、维护心血管健康以及抑制癌细胞增殖等方面都有重要作用^[6]。绿叶菜也是类胡萝卜素的

收稿日期:2016-11-29

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:兰晓芳,硕士研究生,E-mail:tapeti@126.com

通讯作者:范志红,副教授,主要从事食物营养评价研究,E-mail:daisyfan@cau.edu.cn

重要来源,叶黄素对预防心血管疾病和延缓视网膜衰老^[7]方面均有重要价值。

我国对深绿色叶菜的烹调方法主要有炒、焯、蒸等,炒制方法的含油量普遍较高^[8],而焯、蒸方法可以做到低油烹调。目前对深绿叶菜进行不同时间梯度的蒸煮和焯煮处理,用不同叶片硬度叶菜进行对比试验,比较其烹调营养素保存率的相关报道较少。本试验以菠菜和芥蓝为原料,选择汽蒸和水焯2种典型的低油烹调方式,研究烹调方式和时间对蔬菜维生素C、维生素K₁和类胡萝卜素保存率的影响。

1 材料与方法

1.1 材料及试剂

试验材料:菠菜(*Spinacia oleracea* L.)品种为尖叶种,芥蓝(*Brassica alboglabra* Bailey)品种为柳叶早芥蓝,试验当天购于北京金五星菜市场。选取品种、成熟期、大小、叶片数相同的蔬菜进行试验,烹调时弃去了过大过小的叶片,以便在质构变化和营养素损失方面都保持一致。

试验试剂:维生素K₁(纯度>98%)、 α -胡萝卜素(纯度>95%)、 β -胡萝卜素(纯度>97%)、叶黄素(纯度>99%),Sigma公司;2,6-二氯靛酚钠、草酸、丙酮、石油醚(30~60℃)、无水硫酸钠、氧化铝、无水乙醚、乙醇、氯仿,分析纯,北京化工厂;甲醇、正己烷、乙腈,色谱纯,北京化工厂。

1.2 主要仪器及设备

电磁炉EH202B,美的公司;电蒸锅HD9120,荷兰飞利浦公司;不锈钢汤锅C1722,爱仕达公司。

电子天平BS223S(精度=0.001g),北京赛多利斯仪器系统有限公司;台式高速冷冻离心机TGL18M,盐城市凯特试验仪器有限公司;恒温水浴锅S21-6,北京长安科学仪器厂;pH计FE20,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;高效液相色谱系统1:1 260 Infinity HPLC,美国安捷伦科技有限公司;高效液相色谱系统LC-20AD,日本岛津公司。

1.3 试验方法

1.3.1 样品的烹调处理

择去菠菜和芥蓝样品中的菜根及烂叶,洗净后置于菜篮中沥水3~5min,用纱布擦干。

1)汽蒸烹调。菠菜切成5~6cm小段,将菜叶与菜梗混合均匀,置于3.5L蒸架中。芥蓝头尾交错置于蒸架中。每次称取50g左右样品烹调。向

电蒸锅水箱中加水1.1L,产生连续稳定蒸汽后,放上蒸菜架,开始计时。汽蒸时间为:3.0、4.5、6.0、7.5min。汽蒸结束后,迅速取出样品置于垫有冰块

的纱布上,冷却至室温。取处理后样品切碎,置于-40℃保存24h后,置于真空冷冻干燥机中48h至恒重,冻干后研磨成粉,密封,于-20℃冰箱中保存待用。

2)水焯烹调。将菠菜、芥蓝从叶片与叶柄处对折。在锅中加入500mL沸水,打开电磁炉于240℃温度档至水再次沸腾。取50g样品放于锅中,待水再度沸腾时,开始计时。菠菜水焯时间为:0.5、1.0、2.0、3.0min;芥蓝水焯时间为:1.0、2.0、3.0、4.0min。水焯结束后,迅速取出样品,后续处理同汽蒸烹调,制成冻干粉。

烹调时间均通过感官评价试验中的分级测试确定(数据未列入本研究),原则是口感可接受度较好,颜色保持绿色。

1.3.2 测定方法

1)维生素C(还原型)的测定方法。

参考GB/T 6195—1986《水果、蔬菜维生素C含量测定法》,2,6-二氯靛酚钠反滴法^[9],并略作修改。取30g左右样品,加入与样品等质量的质量分数为2%的草酸溶液进行打浆,于12000r/min条件下离心10min,抽滤,滤液定容至150mL。取质量分数为2%的草酸溶液5mL和5mL标定过的2,6-二氯靛酚钠溶液于锥形瓶,用样品溶液反滴定,溶液由红色变为无色且30s内不变化即为滴定终点,记录样品溶液用量。

2)维生素K₁的测定方法。

参考GB/T 5009.158—2003《蔬菜中维生素K₁的测定》^[10]并略作修改。称取冷冻干燥样品0.500g于锥形瓶,加25mL丙酮,振摇2h,静置5min,后续提取过程及柱色谱处理与标准中相同。

HPLC条件:流动相,体积比V(甲醇):V(正己烷)=98:2;流速,1mL/min;进样量,10 μ L;紫外检测器,检测波长,248nm。

标准曲线:准确称取50.0mg维生素K₁纯品于棕色容量瓶中,用正己烷溶解并定容至50mL,再用正己烷稀释50倍得20 μ g/mL的维生素K₁标准使用液。分别取0.05、1.00、2.00、4.00、6.00、8.00、10.00mL,加入分液漏斗,按试样提取和柱色谱步骤处理,浓缩定容至1.0mL,即标准工作曲线中各点维生素K₁含量分别相当于5.0、10.0、20.0、

40.0、60.0、80.0、100.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。上机测定,记录峰面积。以维生素 K₁ 含量为横坐标,峰面积为纵坐标做标准曲线。

3) 类胡萝卜素的测定方法。

参照 Gutautis 方法^[11]。称取 0.2 g 冻干样品于 15 mL 离心管中,加 10 mL 提取液(V(丙酮):V(乙醇)=8:2),摇匀后超声振荡 10 min,后离心 10 min,转速 3 000 r/min。上清液移至 2 mL 离心管中,封口置于冰箱保存。检测前再离心 10 min,取上清检测。

采用 LC-20AD 高效液相色谱系统。检测波长,229 nm;LiChrospherR100 C18 色谱柱 RP-C18 色谱柱(250 mm * 4.0 mm,5 μm);进样量,10 μL ;柱温,30 $^{\circ}\text{C}$;流动相,体积比 V(乙腈):V(甲醇)=95:5;流速,1 mL/min。

α -胡萝卜素标准曲线:称取 25 mg α -胡萝卜素标样,氯仿定容至 25 mL,制成标准液 1,稀释 1 000 倍后制成质量浓度为 0.001 mg/mL 的标准液 2,分别吸取 20.0、12.5、5.0 和 2.5 mL 标准液 2 定容至 25.0 mL,上机测定,以浓度为横坐标,峰面积为纵坐标做标准曲线。

β -胡萝卜素标准曲线:称取 2.5 mg β -胡萝卜素标样,氯仿定容至 25 mL,制成质量浓度为 0.1 mg/mL 的标准液,在预先加有 1.25、5.00、20.00 和 45.00 mL 氯仿的容量瓶中分别加入 5 mL 标准液,上机测定,做标准曲线。

叶黄素标准曲线:称取 2.5 mg 叶黄素标样,氯

仿定容至 25 mL,制成质量浓度为 0.1 mg/mL 的标准液,在预先加有 1.25、5.00、20.00 和 45.00 mL 氯仿的容量瓶中分别加入 5 mL 标准液,上机测定,做标准曲线。

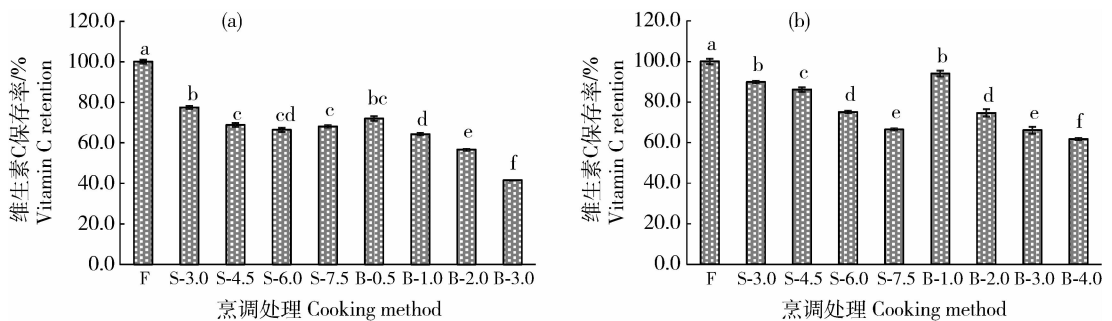
1.3.3 数据统计分析方法

每个处理设 3 个平行,进行 3 次重复。用 SPSS (V20) 软件对数据统计分析:采用 *t* 检验分析两独立样本均数的差异性($P < 0.05$)。

2 结果与讨论

2.1 汽蒸和水焯处理对维生素 C 的影响

汽蒸和水焯烹调处理后,菠菜、芥蓝中维生素 C 的含量变化情况见图 1。2 种烹调处理的菠菜和芥蓝中的维生素 C 均显著下降。且随烹调时间的增加,保存率呈下降趋势,与赵功玲等^[12]和 Gupta 等^[13]在水焯烹调中的研究结果基本一致。对应处理组比较,水焯烹调损失显著大于汽蒸,这主要是因为水焯时有更多的维生素 C 溶于水损失,还可能与短时间升温时的氧化以及抗坏血酸氧化酶的作用有关^[14]。此外,相比汽蒸条件,水焯时以水作为传热介质,它对蔬菜细胞结构的破坏作用更强,因而维生素 C 从细胞中溶出更多。马洪波等^[15]的研究也认为,加水量少、烹调时间短的微波烹调比传统烹调对维生素 C 的保存效果更好。比较芥蓝和菠菜,可以发现在 2 种烹调处理下,芥蓝的维生素 C 保存率整体较高,可能与其质地更坚硬、细胞结构受破坏影响相对较小有关。



F 表示生样;S 表示汽蒸烹调处理;B 表示水焯烹调处理,短线后数字为处理时间, min。

相同小写字母表示各结果间差异不显著($P > 0.05$),不同表示差异显著($P < 0.05$)。下图及表同。

F, fresh sample; S, steaming; B, boiling; Values behind the short lines are treatment period, min.

Content values followed by the same letters are not significantly different ($P > 0.05$), and different letters mean significant different ($P < 0.05$). The same below.

图 1 烹调处理对菠菜(a)和芥蓝(b)维生素 C 保存率的影响

Fig. 1 Effect of cooking methods on vitamin C content in spinach (a) and kale (b)

2.2 汽蒸和水焯处理对维生素 K₁ 的影响

深绿色叶菜被认为是维生素 K₁ 的最佳来源^[16]。本研究测定的未处理的菠菜中含量为 207.1 μg/100 g, 芥蓝为 153.2 μg/100 g。汽蒸烹调处理之后, 菠菜和芥蓝中的维生素 K₁ 出现极小幅度下降趋势, 但未表现出显著性差异(图 2)。水焯烹调之后, 维生素 K₁ 的下降趋势略大于汽蒸。芥蓝水焯

4 min 后维生素 K₁ 保存率降至 95%, 菠菜水焯 2.0~3.0 min 后保存率仍高达 92.8%~91.3%, 说明本试验中采用的汽蒸和水焯烹调处理均有利其保存。维生素 K₁ 是脂溶性维生素, 溶于水损失极小, 而溶油损失可能性较大。戴蕴青等^[17]曾测定 9 种蔬菜经焯煮、油炒、炖煮 3 种烹调后的维生素 K₁ 含量, 保存率均 > 80%, 其中焯煮保存率最高, 其次为油炒, 炖煮最低。

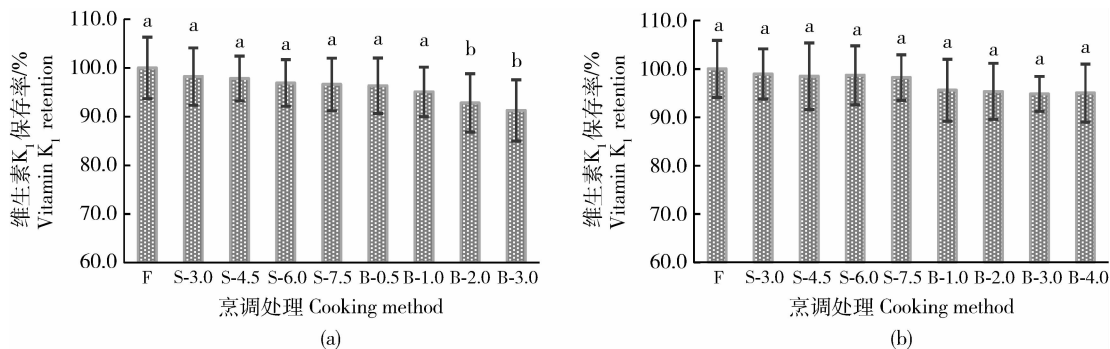


图 2 烹调处理对菠菜(a)和芥蓝(b)维生素 K₁ 保存率的影响

Fig. 2 Effect of cooking methods on vitamin K₁ content in spinach (a) and kale (b)

2.3 汽蒸和水焯处理对类胡萝卜素的影响

菠菜中检测到的 3 种类胡萝卜素中, 叶黄素含量最高, β-胡萝卜素的含量次之, α-胡萝卜素的含量最低。芥蓝与菠菜类似。

汽蒸和水焯烹调处理后, 菠菜中类胡萝卜素的

含量变化情况见表 1。各种类胡萝卜素组分的热稳定性较好, 因而受 2 种烹调的影响都不大。汽蒸 7.5 min 时, 叶黄素含量略高于生样, 这与 Miglio C 等^[18]、Abdul Hamid A 等^[19]的研究结果一致。水焯烹调之后, 叶黄素含量几乎没有变化。叶黄素类物

表 1 烹调处理对菠菜中类胡萝卜素的影响

Table 1 Effect of cooking methods on carotenoids content in spinach

烹调处理 Cooking method	叶黄素 Lutein		β-胡萝卜素 β-carotene		α-胡萝卜素 α-carotene	
	质量分数/ (μg/100 g) Mass fraction	保存率/% Retention	质量分数/ (μg/100 g) Mass fraction	保存率/% Retention	质量分数/ (μg/100 g) Mass fraction	保存率/% Retention
F	13 057±75 c	100.0	1 620±22 a	100.0	21±4 a	100.0
S-3.0	13 317±137 c	102.0	1 480±36 b	91.4	16±2 a	78.1
S-4.5	12 919±145 c	98.9	1 504±42 b	92.8	21±4 a	101.1
S-6.0	13 663±72 b	104.6	1 496±32 b	92.3	20±3 a	97.9
S-7.5	13 918±136 a	106.6	1 660±30 a	102.5	21±3 a	101.5
B-0.5	13 276±121 b	101.7	1 672±50 a	103.2	18±3 a	87.2
B-1.0	13 004±68 c	99.6	1 440±51 c	88.9	19±3 a	93.0
B-2.0	13 106±97 c	100.4	1 495±29 b	92.3	21±4 a	100.8
B-3.0	13 076±81 c	100.1	1 514±34 b	93.4	18±4 a	88.4

注: 质量分数以鲜质量为基础计算, 下同。

Note: Mass fraction is calculated based on fresh weight, the same below.

质在深色蔬菜中以单酯和二酯形式存在,加热过程能加速叶黄素-蛋白质复合体降解,单体有所增加,因此可被检测到的叶黄素含量有所增加^[20]。Perry 等^[21]的研究指出,烹调后菠菜中的反式和顺式叶黄素都有增加,但顺式增加幅度较小。Kao 等^[22]测定了全反式、13-顺式和 9-顺式叶黄素的含量变化,发现煮制和汽蒸对异构体的影响很小,而炒制使各异构体都显著降低。

菠菜中 β -胡萝卜素汽蒸 3.0~6.0 min 保存率

下降至 91.4%~92.8%,虽在汽蒸 7.5 min 时有所上升,但与生样相比未见显著差异。水焯烹调后, β -胡萝卜素先在 0.5 min 略有上升,之后降低保持在 88.9%~93.4%之间($P<0.05$)。叶黄素含量未见显著变化。

汽蒸烹调对芥蓝中叶黄素影响不大,7.5 min 时略有损失(表 2)。水焯烹调的影响明显大于汽蒸,水焯 4 min 时,叶黄素含量显著降低至 93.1% ($P<0.05$), β -胡萝卜素降低至 81.2% ($P<0.05$)。

表 2 烹调处理对芥蓝中类胡萝卜素的影响

Table 2 Effect of cooking methods on carotenoids content in kale

烹调处理 Cooking method	叶黄素 Lutein		β -胡萝卜素 β -carotene		α -胡萝卜素 α -carotene	
	质量分数/ ($\mu\text{g}/100\text{ g}$) Mass fraction	保存率/% Retention	质量分数/ ($\mu\text{g}/100\text{ g}$) Mass fraction	保存率/% Retention	质量分数/ ($\mu\text{g}/100\text{ g}$) Mass fraction	保存率/% Retention
F	8 671±49 a	100.0	1 214±25 a	100.0	19±4 a	100.0
S-3.0	8 778±91 a	101.2	1 157±43 a	95.3	18±3 a	98.9
S-4.5	8 747±93 a	100.9	1 221±26 a	100.6	17±4 a	88.6
S-6.0	8 505±56 a	98.1	1 244±14 a	102.5	17±2 a	93.4
S-7.5	8 446±48 b	97.4	1 240±19 a	102.2	15±2 a	80.2
B-1.0	8 369±35 b	96.5	1 184±19 b	97.6	14±2 a	77.0
B-2.0	8 305±61 b	95.8	1 217±26 ab	100.3	13±2 a	69.0
B-3.0	8 344±30 b	96.2	1 125±15 c	92.7	16±3 a	84.1
B-4.0	8 077±22 c	93.1	985±51 c	81.2	19±2 a	101.7

试验发现,水焯会造成类胡萝卜素轻微下降,而汽蒸处理后损失可以忽略。已有研究在胡萝卜等食材中的研究也得到类似结果:汽蒸烹调后, β -胡萝卜素一般仅略有损失,保存率在 80%以上^[23];而经过加油炒制、加油炖煮处理后, β -胡萝卜素则由于溶油和氧化 2 种途径导致较大损失^[24]。

研究证实,在膳食脂肪不缺乏条件下,烹调加热软化细胞壁之后,有利于提高深色蔬菜中类胡萝卜素的生物利用率。Rock 等给受试女性连续 4 周食用无油加热烹调后的菠菜与胡萝卜,与食用同量生蔬菜相比,其血浆中 β -胡萝卜素的含量水平上升幅度达 3 倍左右^[25]。

3 结 论

本研究测定了菠菜和芥蓝经汽蒸、水焯处理不同时间后维生素 C、维生素 K₁ 和 3 种胡萝卜素的含量。试验表明,对菠菜和芥蓝中的维生素 C 而言,焯煮会造成较大的损失,而蒸制溶水损失略小,有利于水溶性营养素的保存。维生素 K₁ 的烹调稳定性好,汽蒸后未见显著变化,水焯后只有略微下降。叶黄素、 β -胡萝卜素、 α -胡萝卜素烹调后含量基本不变或出现小幅下降,汽蒸的保存率略高于水焯。

整体而言,相比水焯,汽蒸烹调对 2 种蔬菜中的营养素有更好的保存效果,控制适当的烹调时间(本

试验最长蒸制时间为 7.5 min),完全去除生味且容易咀嚼,仍能保留一半以上的维生素 C、>90%的维生素 K₁ 及类胡萝卜素。

此外,推测绿叶蔬菜的品种和质地可能对营养素保存有影响,菠菜叶片软嫩,可能与烹调后维生素 C 损失率较高有关。烹调的具体操作条件(烹调加热温度、烹调时间、烹调后冷却时间)等因素也会影响营养素的保存率,需要注意的是,家庭烹调处理后并不会如本试验中那样立刻进行冰块冷却,因此烹调时间宜控制在略短的时间点,如沸水中菠菜焯烫 1 min,芥蓝 2 min 即可。

目前,我国成年人日常膳食的脂肪供能比已超过 30%,其中约有 50%的人油脂摄入已超过推荐值上限^[26]。传统的油炒烹调很难在充足蔬菜摄入(如每天 500 g 蔬菜)的条件下控制脂肪的摄入量。绿叶蔬菜短时蒸制之后再调味食用,不仅各类营养素保存率均较高,而且便于做到少油烹调,又简便易行,是适合向大众推广的健康烹调方式。

参考文献 References

- [1] Vainio H, Welderpass E. Fruit and vegetables in cancer prevention[J]. *Nutrition and Cancer*, 2006, 54(1): 111-142
- [2] Wang X, Ouyang Y, Liu J, Zhu M M, Zhao G, Bao W, Hu FB. Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies [J]. *British Medical Journal*, 2014, 349: g4490
- [3] Cooper A J, Forouhi N G, Ye Z, Buijsse B, Arriola L, Balkau B, Barricarte A, Beulens J W J, Boeing H, Büchner F L, Dahm C C, Lauzon-Guillain B, Fagherazzi G, Franks P W, Gonzalez C, Grioni S, Kaaks R, Key T J, Masala G, Navarro C, Nilsson P, Overvad K, Panico S, Quirós J R, Rolandsson O, Roswall N, Sacerdote C, Sánchez M J, Slimani N, Sluijs I, Spijkerman A M W, Teucher B, Tjønneland A, Tumino R, Sharp S J, Langenberg C, Feskens E J M, Riboli E, Wareham N J. Fruit and vegetable intake and type 2 diabetes: EPIC-InterAct prospective study and meta-analysis[J]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2012, 66(10): 1082-1092
- [4] Weber P. Vitamin K and bone health[J]. *Nutrition*, 2001, 17(10): 880-887
- [5] Damon M, Zhang N Z, Haytowitz D B, Booth S L. Phylloquinone (vitamin K₁) content of vegetables[J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2005, 18(8): 751-758
- [6] 李梓民. 人体维生素 K 需要量及安全摄入量范围的研究进展

[J]. 卫生研究, 2011, 40(5): 674-678

Li Z M. Research progress of vitamin K requirement and safe range of intake in human[J]. *Journal of Hygiene Research*, 2011, 40(5): 674-678 (in Chinese)

- [7] 郑樱. 叶黄素摄入量与慢性疾病关系的研究进展[J]. 卫生研究, 2012, 41(1): 144-148
Zheng Y. Research Progress on relationship between lutein intake and chronic diseases[J]. *Journal of Hygiene Research*, 2012, 41(1): 144-148 (in Chinese)
- [8] 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(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(11): 270-275 (in Chinese)
- [9] GB/T 6195—1986 水果、蔬菜维生素 C 含量测定法(2,6-二氯酚滴定法)[S]. 北京: 国家标准局, 1986
GB/T 6195—1986 Determination of vitamin C in vegetables and fruits (2, 6-dichloro-indophenol titration method) [S]. Beijing: National Bureau of Standards, 1986 (in Chinese)
- [10] GB/T 5009. 158—2003 蔬菜中维生素 K₁ 的测定[S]. 北京: 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会, 2003
GB/T 5009. 158—2003 Determination of vitamin K₁ in vegetables[S]. Beijing: Ministry of Health of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China, 2003 (in Chinese)
- [11] Gutautis V J, Pearson K H. Separation of plasma carotenoids and quantitation of β -carotene using HPLC [J]. *Clinica Chemical Acta*, 1987, 166(2): 195-206
- [12] 赵功玲, 孙耀军, 王宝刚, 赵纪国, 范俊峰. 不同烹调法对常见蔬菜 Vc 保存率的影响[J]. 扬州大学烹饪学报, 2005(3): 29-32
Zhao G L, Sun Y J, Wang B G, Zhao J G, Fan J F. The influence of different cooking methods on the conservation rate of Vc in common vegetables[J]. *Culinary Science Journal of Yangzhou University*, 2005(3): 29-32 (in Chinese)
- [13] 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
- [14] 赵洪静, 杨月欣. 蔬菜维生素 C 保留因子的研究[J]. 中国食品学报, 2007, 7(1): 30-35
Zhao H J, Yang Y X. A study on vitamin C retention factors in vegetables[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2007, 7(1): 30-35 (in Chinese)
- [15] 马洪波, 张娜, 张岚. 传统烹调与微波烹调对蔬菜中维生素 C 的影响[J]. 吉林医药学院学报, 2010, 31(3): 137-140
Ma H B, Zhang N, Zhang L. The effect of traditional and microwave cooking on vitamin C in vegetables[J]. *Journal of*

- Jilin Medical College*, 2010, 31(3): 137-140 (in Chinese)
- [16] Booth S L, Suttie J W. Dietary intake and adequacy of vitamin K₁ [J]. *The Journal of Nutrition*, 1998, 128(5): 785-788
- [17] 戴蕴青, 马仁懿. 不同烹调法及冷冻贮藏对蔬菜维生素 K₁ 含量的影响 [J]. 营养学报, 1995, 17(1): 42-46
- Dai Y Q, Ma R Y. The effects of cooking and cold storage on the change of vitamin K₁ in vegetables [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 1995, 17(1): 42-46 (in Chinese)
- [18] Miglio C, Chiavaro E, Visconti A, Fogliano V, Pellegrini N. Effect of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 56(1): 139-147
- [19] Azizah A H, Wee K C, Azizah O, Azizah M. Effect of boiling and stir frying on total phenolics, carotenoids and radical scavenging activity of pumpkin (*Cucurbita moschato*) [J]. *International Food Research Journal*, 2009, 16(1): 45-51
- [20] 王子昕, 林晓明. 北京地区常见蔬菜中叶黄素、玉米黄素和β-胡萝卜素的测定及其含量 [J]. 营养学报, 2010, 32(3): 290-294
- Wang Z X, Lin X M. The determination and contents of lutein, zeaxanthin and β-carotene in vegetables in Beijing region [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2010, 32(3): 290-294 (in Chinese)
- [21] Perry A, Rasmussen H, Johnson E J. Xanthophyll (lutein, zeaxanthin) content in fruits, vegetables and corn and egg products [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2009, 22: 9-15
- [22] Kao F J, Chiu Y S, Tsou M J, Wen D C. Effects of Chinese domestic cooking methods on the carotenoid composition of vegetables in Taiwan [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2012, 46(2): 485-492
- [23] Masrizal M A, Giraud W, Driskell J A. Retention of vitamin C, iron and β-carotene in vegetables prepared using different cooking methods [J]. *Journal of Food Quality*, 1997, 20: 403-418
- [24] 王强, 韩雅珊. 不同烹调方法对蔬菜中β-胡萝卜素含量的影响 [J]. 食品科学, 1997, 18(4): 57-59
- Wang Q, Han Y S. Effects of different cooking methods on the changes of β-carotene in vegetables [J]. *Food Science*, 1997, 18(4): 57-59 (in Chinese)
- [25] Rock C L, Loyalvo J L, Emenhiser C, Ruffin M T, Flatt S W, Schwartz S J. Bioavailability of β-carotene is lower in raw than in processed carrots and spinach in women [J]. *The Journal of Nutrition*, 1998, 128: 913-916
- [26] 范铁欧, 刘爱玲, 何宇纳, 杨晓光, 徐贵发, 马冠生. 中国成年居民营养素摄入状况的评价 [J]. 营养学报, 2012, 34(1): 15-19
- Fan Y O, Liu A L, He Y N, Yang X G, Xu G F, Ma G S. Assessment of nutrient adequacy of adult residents in China [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2012, 34(1): 15-19 (in Chinese)

责任编辑: 刘迎春