

不同烹饪与冷却方法对冷配送中式快餐中 3 种绿色蔬菜品质的影响

杨冬梅^{1*}, 刘德穗¹, 任国平¹, 余雄飞², 赵立琦², 何军辉²

(1. 杭州万向职业技术学院, 杭州 310029; 2. 杭州速派餐饮管理有限公司, 杭州 310022)

摘 要: **目的** 探究烹饪及冷却方法对冷配送中式快餐中绿色蔬菜的品质影响。**方法** 以西兰花、青椒及青刀豆为研究对象, 分别对其进行热烫、微波、急炒烹饪, 再分别进行自然冷却、冷风冷却及冷水冷却, 检测其失重率、亚硝酸盐含量、叶绿素含量及可滴定酸含量等指标的变化。**结果** 热烫的西兰花重量不减反增, 青刀豆及青椒急炒时失重率最高。3 种蔬菜热烫后使用不同的方法冷却, 其亚硝酸盐含量均上升。所有处理都使 3 种蔬菜中的叶绿素含量显著降低。冷却方式不会影响 3 种蔬菜中的可滴定酸含量, 而烹饪方式却有影响。**结论** 烹饪及冷却方式对中式快餐中的绿色蔬菜品质有一定的影响, 且与蔬菜品种有关。

关键词: 中式快餐; 绿色蔬菜; 烹饪; 冷却

Effects of different cooking and cooling methods on quality of 3 kinds of green vegetables in cold distribution of Chinese fast food

YANG Dong-Mei¹, LIU De-Sui¹, REN Guo-Ping¹, YU Xiong-Fei², ZHAO Li-Qi², HE Jun-Hui²

(1. Hangzhou Wanxiang Polytechnic, Hangzhou 310029, China; 2. Hangzhou Supai Restaurant Management Limited Company, Hangzhou 310022, China)

ABSTRACT: Objective To explore the effects of cooking and cooling methods on quality of green vegetables in cold distribution of Chinese fast food. **Methods** Totally 3 kinds of vegetables (broccoli, green pepper, and green bean) were chosen as samples, which were cooled by natural cooling, cold air cooling, and cold water cooling after being blanched, microwaved, and stir fried, respectively. Then, weight loss and the contents of nitrite, chlorophyll, titratable acid of vegetables were observed. **Results** The weight of blanched broccoli increased, and the weight loss of green bean and green pepper by stir frying was the highest among all treatments. Nitrite contents in 3 kinds of vegetables increased in all cooling methods with blanching compared with CK. All treatments decreased the chlorophyll content of vegetables. Although cooling methods did not affect the titratable acid of vegetables, cooling methods did. **Conclusion** Vegetable quality is related to cooking and cooling methods, as well as to vegetable varieties.

KEY WORDS: Chinese fast food, green vegetable, cooking, cooling

基金项目: 浙江省教育厅 2016 年度高校国内访问工程师校企合作项目、杭州万向职业技术学院 2018 年度院级定向应用研究(服务)课题

Fund: Supported by School-Enterprise Cooperation Project for Domestic Visiting Engineers of Universities of Zhejiang Education Department's in 2016, Research on College-level Oriented Applications (Services) in 2018 of Hangzhou Wanxiang Polytechnic

***通讯作者:** 杨冬梅, 博士, 副教授, 主要研究方向为农产品加工与贮藏。E-mail: ydm78@163.com

***Corresponding author:** YANG Dong-Mei, Ph.D, Associate Professor, Hangzhou Wangxiang Polytechnic, No.3, Huajiang Road, Xihu District, Hangzhou 310029, China. E-mail: ydm78@163.com

1 引言

中式快餐,是将事先做好或经过复热后能够迅速提供给顾客食用的饭食^[1]。冷配送中式快餐配菜种类单一,品种开发较慢,尤其是蔬菜,往往用非绿色蔬菜配菜,多以肉类为主,从快餐中摄入过多的肉类会给人们带来很多的不良影响,比如肥胖^[2]。同时,绿色蔬菜在加热处理时,很容易失去鲜绿色而形成褐色^[3],并且由于在冷链输送的过程中还需要进行冷却、运送及微波复热等过程,除了引起叶绿素降解,还会引起亚硝酸盐含量增加等问题,造成绿色蔬菜外观发黄,致使消费者食欲下降,菜肴安全性下降^[4]。

因此,如何在冷链过程中减少菜肴的黄化,减少蔬菜加工过程中亚硝酸盐的增加,保持菜肴品质的稳定,筛选出适合的烹饪与冷却方式是中式快餐冷链过程中很重要的一个环节。

无论是色泽、质地、营养素成分,还是消费习惯,西兰花、青椒、青刀豆都深受全国群众的喜爱,非常适合作为中式快餐中的绿色蔬菜选项,但目前关于这 3 类蔬菜在中式快餐中烹饪及冷却方式中品质变化的研究较少。因此,本研究立足于市场需求,选用西兰花、青椒及青刀豆作为研究对象,分别采用 3 种烹饪方式对 3 种蔬菜进行处理后,探索其最佳的冷却方式,尽量保持菜肴原有的色泽和品质,为消费者提供更加安全味美的蔬菜菜肴,也为中式快餐生产中的冷链运输及复热提供理论基础。

2 材料与方法

2.1 材料、试剂与仪器

西兰花、青椒、青刀豆:菜体完整,新鲜,表面无机械损伤,无黄化现象,购于杭州市西湖区留下街道大润发超市。

722G 型可见分光光度计(上海仪电分析仪器有限公司);G70D0CSP-D2(SO)微波炉(佛山市格兰仕微波炉电器有限公司);CH21203D 电磁炉(广东格兰仕生活电器制造有限公司)。

无水乙醇、氢氧化钠、乙酸锌、冰乙酸、亚硝酸钠、酚酞(分析纯,成都市科龙化工试剂厂);盐酸、盐酸奈乙二胺、对氨基苯磺酸、四硼酸钠(分析纯,国药集团化学有限公司);邻苯二甲酸(优级纯,国药集团化学试剂有限公司);丙酮、亚铁氰化钾(分析纯,杭州化学试剂有限公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 蔬菜处理

以感官评价为依据,分别对西兰花、青椒、青刀豆进行不同时间的热烫、微波及急炒处理,再分别结合自然冷却、冷风冷却及冷水冷却至室温,测定其品质,选出最佳处理方法。

(1)烹饪方法:

热烫处理:在常温常压(电磁炉电功率为 2100 W)的条件下,已经过预处理的 100 g 菜体置于 4000 g 沸腾蒸馏水中,进行处理。

微波处理:选择微波炉功率 700 W,往装有 100 g 已经过预处理菜体的微波碗中加入 15 g 的蒸馏水,封上保鲜膜,翻动微波碗中的菜体,使水与菜体均匀混合,然后进行处理。

急炒处理:往常温且干燥的平底锅中加入 10 g 的玉米油,电磁炉功率为 1300 W 的条件下加热 40 s 后加入 100 g 已经过预处理的菜体,来回翻炒并处理。

(2)冷却处理

自然冷却:制备后的菜体,立即放置室内,自然冷却至室温(20℃)。

冷风冷却:制备后的菜体立即平摊于金属盘中,过冷风进行冷却至室温(20℃)。

冷水冷却:制备后的菜体立即放置保鲜袋中并封口,置于冰水浴中冷却至室温(20℃)。

(3)蔬菜烹饪及冷却组合

西兰花:热烫 130 s,微波 150 s(急炒西兰花不能熟化,故放弃该处理)。

青椒:热烫 120 s,微波 120 s,急炒 100 s。青刀豆:热烫 120 s,微波 160 s,急炒 70 s。

在此基础上分别进行自然冷却、冷风冷却、冷水冷却试验。

2.2.2 失重率的测定

失重率的测定采用称量法进行。按下式计算:

失重率 = $\frac{[\text{贮藏前的重量(g)} - \text{贮藏后的重量(g)}]}{\text{贮藏前的重量(g)}} \times 100\%$

2.2.3 亚硝酸盐含量的测定

标准曲线的绘制和样品测定的操作过程均参照 GB 5009.33-2016 进行^[5]。亚硝酸盐(以亚硝酸钠计)含量的按以下公式计算:

$$X = \frac{M1 \times 1000}{M2 \times \frac{V1}{V0} \times 1000}$$

式中: X-试样中亚硝酸钠的含量(mg/kg); M1-测定用样液中亚硝酸钠的质量(μg); M2-试样质量(g); V1-测定用样液体积(mL); V0-试样处理液总体积(mL); 1000-转换系数。

2.2.4 叶绿素含量的测定

采用分光光度法测定叶绿素含量,分别均匀称取蔬菜可食部位的样品约 50 g,加入等量的蒸馏水于组织捣碎机中捣碎,然后称取 0.5~2.0 g 的匀浆溶液,用无水乙醇和丙酮(1:1, V:V)的混合液提取,并定容至 50.00 mL,避光提取 5 h 后过滤,取上清液用可见分光光度计分别于 645、663 nm 波长下,测定其光密度。空白对照组选择无水乙醇和丙酮(1:1, V:V)的混合液。利用 Arnon 公式计算叶绿素 a、

叶绿素 b 及总叶绿素含量的含量^[6]。

叶绿素A 含量= $\frac{12.72\times A(663\text{nm})-2.59\times A(645\text{nm})\times V}{1000\times m}$

叶绿素B 含量= $\frac{22.88\times A(645\text{nm})-4.67\times A(663\text{nm})\times V}{1000\times m}$

总叶绿素含量= $\frac{8.05\times A(663\text{nm})+20.29\times A(645\text{nm})\times V}{1000\times m}$

式中: A 为吸光度; V 为试液体积(mL); m 是试样质量(g)

2.2.5 可滴定酸含量的测定

采用酸碱滴定法测定可滴定酸含量, 分别均匀称取蔬菜可食用部位的样品约 200 g, 加入与样品等量的蒸馏水于组织捣碎机中捣碎, 将捣碎后的匀浆用快速滤纸过滤。称取 25.000~50.000 g 滤液, 置于 250 mL 的锥形瓶中, 加入 40~60 mL 的水及 0.2 mL 1%酚酞指示剂, 用 0.01 mol/L 氢氧化钠标准溶液滴定至微红色且 30 s 内不褪色, 记录消耗氢氧化钠标准溶液的体积, 同时做空白对照^[7]。

可滴定酸含量按以下公式计算:

$$X=\frac{C\times(V1-V0)\times K\times F}{m}\times 1000$$

式中: X-试样中可滴定酸的含量(g/kg); C-氢氧化钠标准滴定溶液浓度的准确的数值(mol/L); V1-滴定试液时消耗氢氧化钠标准滴定溶液的体积的数值(mL); V0-空白试验时消耗氢氧化钠标准滴定溶液的体积的数值(mL); K-酸的换算系数; F-试液的稀释倍数; m-试样的质量的数值(g)。

2.3 数据处理

实验结果均平行测定 3 次, 结果用 Excel 2007 和 SPSS 19.0 软件处理, 以平均值±标准偏差来表示。P < 0.05 为显著性差异, P < 0.01 为极显著性差异。

3 结果与分析

3.1 冷却方式对 3 种已烹饪蔬菜失重率的影响

失重率与蔬菜的口感有一定关系。从表 1 可以看出, 3 种蔬菜的失重率受烹饪方式与冷却方式的双重影响。

西兰花微波烹饪后, 3 种冷却方式的失重率无显著性差异(P<0.05); 但热烫后, 无论用哪种方式冷却, 重量都有增加, 这主要是西兰花在热烫时吸水所致, 而热烫冷水冷却重量增加最小, 可能与冷水冷却时菜体置于包装袋中有关, 而热烫西兰花其余 2 种冷却方法在冷却时又吸收了空气中的水分。

在所有处理中, 青椒急炒自然冷却失重率最高, 显著高于除去急炒冷风冷却外的其他所有处理(P<0.05)。冷风和冷水冷却的 6 个处理中, 热烫烹调失重率最低。在所有的热烫烹调中, 热烫冷风冷却失重率显著高于另外 2 个处理(P<0.05)。在所有的微波烹调中, 微波自然冷却失重率显著的低于其余 2 个处理(P<0.05)。

同一烹调方法下的冷却方式对青刀豆失重率无影响。在 3 种冷风冷却方式中, 热烫冷风冷却失重率最低。在 3

种冷水冷却方式中, 急炒冷水冷却烹调失重率最高。

3 种蔬菜的试验表明, 失重率不但与冷却方法有关, 更与烹调方法有关, 也与绿色蔬菜的品种及其是否易吸水的特点有关。因此, 在生产中, 为了降低失重率, 可以从蔬菜品种、烹饪方式及冷却方式 3 方面进行考虑。

表 1 3 种已烹饪绿色蔬菜在不同冷却方式下的失重率(n=3)
Table 1 Effects of cooling methods on the weight loss rate of 3 kinds of cooked green vegetables (n=3)

冷却方式	失重率/%		
	西兰花	青椒	青刀豆
热烫自然冷却	-2.36±0.98 ^c	11.22±1.35 ^d	3.05±1.13 ^c
热烫冷风冷却	-2.07±0.56 ^c	13.72±1.11 ^c	3.22±0.43 ^c
热烫冷水冷却	-0.96±0.51 ^b	12.23±0.93 ^d	3.21±0.74 ^c
微波自然冷却	9.23±1.20 ^a	12.86±0.91 ^d	8.17±1.83 ^{abc}
微波冷风冷却	12.12±0.79 ^a	16.53±0.84 ^b	9.95±0.80 ^{ab}
微波冷水冷却	8.81±0.77 ^a	15.81±0.66 ^{bc}	7.89±1.32 ^{bc}
急炒自然冷却	/	19.94±1.15 ^a	10.55±0.72 ^{ab}
急炒冷风冷却	/	17.22±1.23 ^{ab}	10.68±0.10 ^a
急炒冷水冷却	/	15.17±1.11 ^{bc}	12.05±0.45 ^a

注: 表中同列右上角字母相同表示无显著性差异, P>0.05; 右上角字母不同表示存在显著性差异, P<0.05。

3.2 不同冷却方式对 3 种已烹饪蔬菜亚硝酸盐含量的影响

亚硝酸盐的线性方程为 Y=0.0136X-0.0001, 线性关系为 r²=0.9995, 见图 1。烹调及冷却方式对 3 种绿色蔬菜中亚硝酸盐含量的影响结果见表 2。

西兰花热烫后, 与 CK 相比, 采用 3 种冷却方式均导致蔬菜中亚硝酸盐含量增加; 而微波处理后, 自然冷却处理使亚硝盐含量增加, 达到 1.536 g/kg, 显著高于 CK; 但微波处理后再进行冷风冷却与冷水冷却处理都使得产品中的亚硝酸盐含量显著低于 CK。这说明烹调处理与冷却方式分别影响西兰花中亚硝酸盐的含量。赵明烨等^[8]发现热烫会显著降低香椿中亚硝酸盐含量, 这与本研究相反, 也可能是蔬菜品种不同导致。宫长荣等^[9]研究发现烟叶经微波处理后亚硝酸盐含量均明显低于正常烘烤的烟叶, 说明微波处理能够减少部分植物亚硝酸盐含量。这与本文中西兰花的研究基本一致, 而西兰花微波后自然冷却亚硝酸盐含量增加, 可能是自然冷却时间比较长, 冷却过程中重新产生导致。

对于青椒, 热烫后的 3 种冷却处理及急炒自然冷却处理样品中亚硝酸盐含量均显著的高于 CK。这与其他文献^[8,9]不一致的原因, 可能是因为青椒是果菜而非叶菜。而且在热烫烹调与急炒烹调中, 自然冷却的亚硝盐含量均显

著的高于冷风冷却与冷水冷却,可能也是自然冷却时间长而重新生成亚硝酸盐导致。

对于青刀豆,除急炒冷水冷却外,其余 8 种处理中亚硝酸盐的含量均显著的高于 CK;热烫烹调中,自然冷却处理的亚硝酸盐含量高于另外 2 种冷却;在微波处理中,自然冷却与冷水冷却处理亚硝酸盐含量显著的高于冷风冷却;而在急炒处理中,冷风冷却的亚硝酸盐含量显著的高于其他 2 个处理。

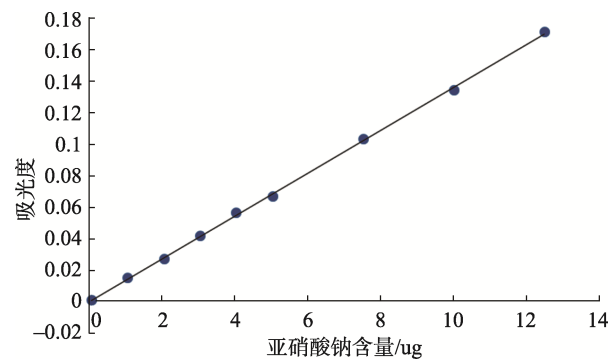


图 1 亚硝酸盐标准曲线
Fig.1 Standard curve of nitrite

李汴生等^[10]研究认为热烫叶菜中硝酸盐与亚硝酸盐的含量与失重率的增加有关,他们认为大量失水会导致叶菜中硝酸盐与亚硝酸盐含量增加,本研究结果与此相反,西兰花热烫未失水而亚硝酸盐含量最高。青椒与青刀豆急炒失水率最高,但是亚硝酸盐含量却不是最高。这可能是蔬菜的种类不同所导致。这说明,对于亚硝酸盐含量的研究中,有必要对不同蔬菜进行试验,以获得更加准确与丰富的数据。此外,3 种蔬菜的冷却试验显示,与 CK 相比,热烫后 3 种蔬菜无论采用何种冷却方式,其亚硝酸盐含量均上升,这说明热烫处理会促进蔬菜中亚硝酸盐的生成。

3.3 不同冷却方式对 3 种已烹饪蔬菜叶绿素含量的影响

叶绿素对温度条件变化非常敏感,导致绿色蔬菜在贮藏或加工过程中变色或者褪色^[11]。如表 3,热烫、微波及急炒的烹饪方式,均会使西兰花、青椒及青刀豆中的叶绿素含量显著性降低。这与其他文献研究结果一致^[12],这是因为在加热下组织被破坏,细胞内的有机酸成分不再区域化,加强了与叶绿素的接触。更重要的是,又生成了新的有机酸,如乙酸、吡咯酮羧酸、草酸、苹果酸、柠檬酸等。由于酸的作用,叶绿素发生脱镁反应生成脱镁叶绿素,并进一步生成焦脱镁叶绿素,食品的颜色转变为橄榄绿、甚至褐色^[13]。

对于西兰花,热烫自然冷却所含叶绿素含量最低,这可能是热烫时菜体组织吸水导致的热效应及自然冷却用时比较长共同作用,使叶绿素较多的降解。

对于青椒,冷却方式之间没有区别,但烹饪方法对叶绿素含量有显著性影响,各处理中叶绿素含量按照从高到低的顺序依次为:微波>热烫>急炒,这与烹调热效应呈反比。

对于青刀豆,急炒处理中叶绿素含量最低,与青椒表现一致。

3 种烹饪蔬菜采取不同方式冷却,叶绿素含量均降低,但也与蔬菜品种有关。

表 2 不同冷却方式对 3 种已烹饪绿色蔬菜亚硝酸盐含量的影响(n=3)
Table 2 Effects of cooling methods on nitrite content of 3 kinds of cooked green vegetables (n=3)

菜体处理方法	西兰花亚硝酸盐 /(mg/kg)	青椒亚硝酸盐 /(mg/kg)	青刀豆亚硝酸盐 /(mg/kg)
CK	0.590±0.078 ^e	0.209±0.018 ^d	1.329±0.016 ^d
热烫自然冷却	2.671±0.036 ^a	0.759±0.038 ^a	2.252±0.050 ^a
热烫冷风冷却	2.171±0.048 ^b	0.658±0.058 ^b	1.433±0.015 ^c
热烫冷水冷却	1.295±0.079 ^d	0.383±0.061 ^c	1.344±0.020 ^c
微波自然冷却	1.536±0.104 ^c	0.215±0.037 ^d	1.803±0.024 ^b
微波冷风冷却	0.234±0.025 ^f	0.170±0.034 ^d	1.265±0.026 ^a
微波冷水冷却	0.186±0.049 ^f	0.149±0.021 ^d	1.826±0.026 ^b
急炒自然冷却	/	0.583±0.043 ^b	1.429±0.076 ^c
急炒冷风冷却	/	0.298±0.084 ^d	1.936±0.024 ^b
急炒冷水冷却	/	0.232±0.031 ^d	1.343±0.040 ^{cd}

注:表中同列右上角字母相同表示无显著性差异, $P>0.05$; 右上角字母不同表示存在显著性差异, $P<0.05$ 。

表 3 不同冷却方式对 3 种已烹饪蔬菜叶绿素含量的影响(n=3)
Table 3 Effects of cooling methods on chlorophyll content of 3 kinds of cooked green vegetables (n=3)

菜体处理方法	西兰花叶绿素 /(mg/g)	青椒叶绿素 /(mg/g)	青刀豆叶绿素 /(mg/g)
无处理	0.151±0.004 ^a	0.074±0.003 ^a	0.063±0.002 ^a
热烫自然冷却	0.098±0.004 ^d	0.048±0.003 ^{cd}	0.051±0.002 ^d
热烫冷风冷却	0.111±0.003 ^{bc}	0.048±0.002 ^c	0.053±0.002 ^{cd}
热烫冷水冷却	0.114±0.003 ^{bc}	0.051±0.003 ^c	0.055±0.001 ^{bcd}
微波自然冷却	0.111±0.003 ^c	0.066±0.002 ^b	0.052±0.004 ^{cd}
微波冷风冷却	0.118±0.001 ^{bc}	0.068±0.003 ^b	0.056±0.003 ^{bc}
微波冷水冷却	0.123±0.001 ^b	0.069±0.002 ^b	0.059±0.003 ^{ab}
急炒自然冷却	/	0.036±0.001 ^d	0.041±0.002 ^f
急炒冷风冷却	/	0.037±0.001 ^d	0.044±0.001 ^{ef}
急炒冷水冷却	/	0.040±0.003 ^d	0.046±0.002 ^c

注:表中同列右上角字母相同表示无显著性差异, $P>0.05$; 右上角字母不同表示存在显著性差异, $P<0.05$ 。

3.4 不同冷却方式对 3 种已烹饪蔬菜可滴定酸含量的影响

可滴定酸是果蔬品质的重要构成性状之一, 是影响果蔬风味品质的重要因素^[14], 蔬菜中的可滴定酸主要包括一些有机酸, 虽然含量较低, 但对调节蔬菜组织的 pH 值、改善蔬菜的口感风味有重要影响^[15]。同本试验中, 3 种蔬菜的可滴定酸含量在不同烹饪及冷却方式下呈现不同的结果。

由表 4 得出, 冷却方式不会影响 3 种蔬菜中的可滴定酸含量, 而烹饪方式却有影响。

与 CK 相比, 热烫显著性的降低了西兰花中的可滴定酸含量($P < 0.05$)。所有处理不影响青椒中的可滴定酸含量。与 CK 相比, 所有处理都降低了青刀豆中的可滴定酸含量($P < 0.05$)。

表 4 不同冷却方式对 3 种蔬菜可滴定酸含量的影响($n=3$)
Table 4 Effects of cooling methods on titratable acid content of 3 kinds of cooked green vegetables ($n=3$)

菜体处理方法	西兰花可滴定酸 /(g/kg)	青椒可滴定酸 /(g/kg)	青刀豆可滴定酸 /(g/kg)
无处理	0.002±0.000 ^a	0.001±0.000 ^a	0.002±0.000 ^a
热烫自然冷却	0.001±0.000 ^b	0.001±0.000 ^a	0.001±0.000 ^b
热烫冷风冷却	0.001±0.000 ^b	0.001±0.000 ^a	0.001±0.000 ^b
热烫冷水冷却	0.001±0.000 ^b	0.001±0.000 ^a	0.001±0.000 ^b
微波自然冷却	0.002±0.000 ^a	0.001±0.000 ^a	0.001±0.000 ^b
微波冷风冷却	0.002±0.000 ^a	0.001±0.000 ^a	0.001±0.000 ^b
微波冷水冷却	0.002±0.000 ^a	0.001±0.000 ^a	0.001±0.000 ^b
急炒自然冷却	/	0.001±0.000 ^a	0.001±0.000 ^b
急炒冷风冷却	/	0.001±0.000 ^a	0.001±0.000 ^b
急炒冷水冷却	/	0.001±0.000 ^a	0.001±0.000 ^b

注: 表中同列右上角字母相同表示无显著性差异, $P>0.05$; 右上角字母不同表示存在显著性差异, $P<0.05$ 。

4 结 论

为了评估烹饪及冷却方式对西兰花、青椒及青刀豆 3 种蔬菜的品质影响, 本研究设计了 9 组处理, 分别对 3 种蔬菜的失重率、亚硝酸盐含量、叶绿素含量及可滴定酸含量进行了测定。研究结果为, 烹饪方法、冷却方法对于不同蔬菜的品质的影响不同。

失重率与蔬菜中的水分有关, 而蔬菜水分含量的高低又与蔬菜的口感有关。研究显示, 西兰花、青椒及青刀豆 3 种蔬菜的失重率与冷却方法、烹调方法均有关, 也与绿色蔬菜的品种有关。热烫的西兰花重量显著增加, 这与其特殊的花球组织在热烫时吸水有关。而结合冷却方式后, 青刀豆和青椒失重率出现复杂的组合。在所有青椒处理中, 急炒自然冷却失重率最高, 显著的高于除去急炒冷风冷却

外的其他所有处理($P<0.05$)。冷却方式对青刀豆失重率无影响, 但结合烹调处理后, 在 3 种冷风冷却方式中, 热烫冷风冷却失重率最低; 在 3 种冷水冷却方式中, 急炒冷水冷却烹调失重率最高。这与在烹调过程中, 热烫在一定程度上可以减低失重率, 而急炒时水分蒸发较多有关。

与 CK 相比, 3 种蔬菜热烫后, 无论采用何种冷却方式, 其亚硝酸盐含量均上升, 这说明热烫会促进蔬菜中亚硝酸盐的生成。微波自然冷却使西兰花中亚硝酸盐含量增加, 急炒自然冷却也增加了青椒中亚硝酸盐含量, 几乎所有处理(急炒冷水冷却与 CK 无显著性差异)的青刀豆中亚硝酸盐含量都显著的增加($P<0.05$)。这说明, 微波烹调可以降低部分蔬菜的亚硝酸盐; 较之于速度慢的自然冷却方法, 冷水冷却或冷风冷却这种加速冷却的方法可以减少部分烹调蔬菜中亚硝酸盐的含量。

所有处理都降低了蔬菜中的叶绿素含量, 热烫自然冷却西兰花叶绿素含量最低; 烹饪方法对青椒中叶绿素含量有显著性影响($P < 0.05$), 各处理中叶绿素含量按照从高到低的顺序依次为: 微波 > 热烫 > 急炒。急炒处理青刀豆叶绿素含量最低, 与青椒表现一致。就 3 种蔬菜的表现来看, 叶绿素含量的下降与热效应成反比。而西兰花因为特殊的组织结构导致热烫处理会吸水, 自然冷却速度较慢, 因此表现为热烫自然冷却叶绿素含量最低冷却方式不会影响 3 种蔬菜中的可滴定酸含量, 而烹饪方式却有影响。与 CK 相比, 热烫显著性的降低了西兰花中的可滴定酸含量, 所有处理不影响青椒中的可滴定酸含量, 所有处理都降低了青刀豆中的可滴定酸含量。

综上所述, 中式快餐中绿色蔬菜的品质, 与蔬菜本身、烹饪方式、冷却方式等诸多因素均有关系。

参考文献

[1] 王茜茜, 庞林江, 路兴花, 等. 不同护绿方式、烹饪方式对莴苣菜肴的品质影响[J]. 食品科技, 2017, 42(1): 111–115.
Wang XX, Pang LJ, LU XH, et al. Effects of different ways of protecting green and cooking methods on the quality of lettuce dishes [J]. Food Sci Technol, 2017, 42(1): 111–115.

[2] Abdullah NN, Mokhtar MM, Bakar MHA, et al. Trend on fast food consumption in relation to obesity among selangor urban community [J]. Proc Soc Behav Sci, 2015, 202(22): 505–513.

[3] 丁宏伟, 丁红洁. 护绿剂护绿效果及护绿后叶绿素稳定性分析[J]. 齐鲁师范学院学报, 2011, 10(5): 132–135.
Ding HW, Ding HJ. The effect of green-maintaining reagent and analysis stability of chlorophyll [J]. J Qilu Normal Univ, 2011, 10(5): 132–135.

[4] 吴星星, 许学勤, 姜启兴, 等. 适用于冷链中式快餐的青椒配菜制备工艺研究[J]. 食品工业科技, 2012, 22: 264–268.
Wu XX, Xu XQ, Jiang QX, et al. Study on the process of preparation of green peppers of Chinese style fast food of cold chain [J]. Food Ind Sci Technol, 2012, 22: 264–268.

[5] GB 5009. 33-2016 食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定[S].

- GB 5009. 33-2016 National food safety standard-Determination of nitrite and nitrate in food [S].
- [6] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- Wang XK. Principle and technology of plant physiological and biochemical experiments [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [7] GB/T 12456-2008 食品安全国家标准 食品中总酸的测定[S].
- GB/T 12456-2008 National food safety standard-Determination of total acids in foods [S].
- [8] 赵明烨, 戴蕴青, 苏春元, 等. 干制和热烫加工对香椿品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(21): 11070-11072.
- Zhao MY, Dai YQ, Su CY, *et al.* Effects of drying and blanching on the quality of toona sinensis [J]. Anhui Agric Sci, 2012, 40(21): 11070-11072.
- [9] 宫长荣, 宋朝鹏, 许自成, 等. 烤烟调制过程中微波处理对烟草特有亚硝胺含量的影响[J]. 云南农业大学学报, 2006, 21(4): 534-536.
- Gong CR, Song ZP, XU ZC, *et al.* Effects of microwave treatments on the content of tobacco-specific nitrosamines (TSNA) in flue-cured tobacco curing [J]. J Yunnan Agric Univ, 2006, 21(4): 534-536.
- [10] 李汴生, 李印, 黄智君, 等. 热烫叶菜在冷链储运及微波复热过程中的品质变化[J]. 现代食品科技, 2017, 33(6): 255-261.
- Li BS, Li Y, Huang ZJ, *et al.* Changes in quality and safety of blanched green leafy vegetables during cold-chain storage and microwave reheating [J]. Mod Food Sci Technol, 2017, 33(6): 255-261.
- [11] Reis L, Oliveira V, Hagen M, *et al.* Carotenoids, flavonoids, chlorophylls, phenolic compounds and antioxidant activity in fresh and cooked broccoli (*Brassica oleracea*, var. Avenger) and cauliflower (*Brassica oleracea*, var. Alphina F1) [J]. LWT-Food Sci Technol, 2015, 63(1): 177-183.
- [12] 陈蔚辉, 罗婉芝. 不同烹饪方法对菠菜营养品质的影响[J]. 食品科技, 2011, 36(12): 80-82.
- Chen WH, Luo WZ. Effects of different cooking methods on nutrition of spinach [J]. Food Sci Technol, 2011, 36(12): 80-82.
- [13] Noda H. Health benefits and nutritional properties of nori [J]. J Appl Phycol, 1993, 5: 255-258.
- [14] 胡丽莎, 王艳颖, 蒋元元, 等. 不同温度下真空包装对鲜切马铃薯贮藏品质的影响[J]. 现代园艺, 2018, 11: 24-26.
- Hu LS, Wang YY, Jiang YY, *et al.* Effect of vacuum packaging on storage quality of fresh-cut potato at different temperatures [J]. Mod Hort, 2018, 11: 24-26.
- [15] 刁春英, 闫洪波, 高秀瑞. 不同微波强度对鲜切西兰花品质的影响[J]. 热带作物学报, 2017, 38(12): 2388-2393.
- Diao CY, Yan HB, Gao XR. Effect of microwave treatments on quality of fresh cut broccoli (*Brassica oleracea* L.) [J]. Chin J Trop Crops, 2017, 38(12): 2388-2393.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



杨冬梅, 博士, 副教授, 主要研究方向为农产品加工与贮藏。
E-mail: ydm78@163.com