

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2024.80968

蒸箱蒸制工艺对茄子烹饪品质的影响

赵文瑜¹ 许艳顺¹ 李雨静¹ 方堃^{2,3} 姚青^{2,3} 何小燕^{2,3}

(1. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 宁波方太厨具有限公司, 浙江 宁波 315300;
3. 健康智慧厨房浙江省工程研究中心, 浙江 宁波 315300)

摘要: [目的] 围绕食物的颜色特性开展烹饪品质评估。[方法] 以升温曲线、色泽及花青素含量作为评价指标, 探讨蒸制功率、无氧环境、茄子表面温度变化、蒸制容积等对茄子色泽的影响。[结果] 蒸锅蒸制的茄子色泽明显优于蒸箱蒸制。蒸箱蒸制功率、容积, 无氧环境, 茄子表皮温度均会影响茄子色泽及花青素损失率; 随着蒸箱蒸制功率的增加、蒸制容积的减小, 茄子花青素损失率降低, 其中蒸箱功率为 2 500 W 蒸制的花青素损失率最低, 为 44.27%; 蒸制容积为 2 L 时茄子花青素损失率为 21.04%; 无氧环境下茄子花青素损失率仅为 12.72%; 茄子表皮温度在蒸箱蒸制过程中达到 80 °C 以上时, 花青素损失严重。[结论] 蒸箱蒸制功率增加、容积缩小, 无氧环境均有利于茄子表皮花青素的保留。

关键词: 蒸箱; 蒸制条件; 茄子; 色泽; 花青素

Effect of electric steamer steaming parameters on the cooking quality of eggplant

ZHAO Wenyu¹ XU Yanshun¹ LI Yujing¹ FANG Kun^{2,3} YAO Qing^{2,3} HE Xiaoyan^{2,3}

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;
2. Ningbo Fotile Kitchen Ware Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang 315300, China; 3. Healthy & Intelligent
Kitchen Engineering Research Center of Zhejiang Province, Ningbo, Zhejiang 315300, China)

Abstract: [Objective] To evaluate the cooking quality of food based on its color characteristics. [Methods] Using heating curves, color measurements, and anthocyanin content as evaluation indexes, the effect of steaming power, anaerobic environment, surface temperature change of eggplant, and steaming volume on the color of eggplant was investigated. [Results] Eggplants steamed in a steamer pot had significantly better color compared to those steamed in a steam oven. The steaming power, volume, anaerobic environment, and surface temperature of the eggplant all affected its color and anthocyanin loss rate. As the steaming power increased and the steaming volume decreased, the anthocyanin loss rate decreased. The lowest anthocyanin loss rate of 44.27% occurred when the steaming power was 2 500 W. When the steaming volume was 2 L, the anthocyanin loss rate of the eggplant was 21.04%. In an anaerobic environment, the anthocyanin loss rate was only 12.72%. When the surface temperature of the eggplant skin reached above 80 °C during steaming, anthocyanin loss was more significant. [Conclusion] Increasing steaming power, reducing steaming volume, and maintaining an anaerobic environment all help in retaining anthocyanins in the eggplant skin.

Keywords: steamer; steaming conditions; eggplant; color; anthocyanidin

蒸制是一种以蒸汽为介质的烹饪方法, 通过对流将热量传递到食物表面并向内传导; 与油炸和烘烤等其他烹饪方法相比, 蒸制是一种温和的加热过程, 能较好地保留食品的营养成分^[1]。借助电蒸箱的菜单简化和烹饪过程的集成化, 使得蒸制操作简便^[2-3], 被广泛应用于家庭烹饪中。然而, 如何实现在快捷烹饪过程中更好地保持食物品质仍

是现代烹饪器具开发需要解决的关键问题之一。

蔬菜是蒸制应用最广泛的食材之一, 目前关于蔬菜在蒸制过程中品质变化的研究已引起广泛关注。然而, 在实际烹饪过程中, 果蔬类食物中的色素和营养物质在高温、有氧的环境下较为敏感, 容易降解流失^[4]。蔬菜在蒸制过程中也常出现不同程度的营养损失和感官品质劣

通信作者: 许艳顺(1981—), 男, 江南大学研究员, 博士。E-mail: xuys@jiangnan.edu.cn

收稿日期: 2024-09-19 改回日期: 2025-02-21

引用格式: 赵文瑜, 许艳顺, 李雨静, 等. 蒸箱蒸制工艺对茄子烹饪品质的影响[J]. 食品与机械, 2025, 41(5): 83-88.

Citation: ZHAO Wenyu, XU Yanshun, LI Yujing, et al. Effect of electric steamer steaming parameters on the cooking quality of eggplant [J]. Food & Machinery, 2025, 41(5): 83-88.

化。Anna 等^[5]对蒸制后甘蓝中维生素 C 的变化进行了研究,发现蒸制后甘蓝中维生素 C 含量下降了 2.1%~22.7%。樊田利等^[6]研究表明,蒸制功率越大,西兰花表面色泽越鲜绿,营养素保留率越高,抗氧化活性越好。王勇等^[7]发现,蒸锅蒸制的西兰花中维生素 C 和多酚保留率最高。

紫茄子富含重要的植物活性物质,特别是表皮中的花青素^[8],具有抗氧化、抗癌、抗糖尿病和抗炎等健康功效^[9-10]。蒸茄子是一种典型的蒸制菜肴,蒸箱蒸制的茄子外观较差,颜色呈黄褐色,而传统蒸锅蒸制的茄子外观效果较好,颜色呈亮紫色。目前,相关研究集中在不同烹饪方式对茄子活性物质的影响^[11-12],但对于不同蒸制器具造成蒸制食物品质差异的原因鲜有报道,对于引起现有蒸箱蒸制茄子色泽劣化的关键因素尚不明确。

研究拟以茄子为对象,通过分析不同蒸箱蒸制条件下的升温曲线、色差、花青素含量的变化,探究蒸箱蒸制参数与蒸制茄子品质变化间的关系,为家用电蒸箱结构设计和烹饪参数的科学选择提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

线茄:水分含量(84.8 ± 0.03)%,直径(2.7 ± 0.3) cm,切成质量(15.0 ± 0.1) g 的长段,市售;

没食子酸:分析纯,安徽酷尔生物工程有限公司;

甲醇:分析纯,上海泰坦科技股份有限公司;

福林酚试剂:分析纯,上海麦克林生化科技股份有限公司;

盐酸、甲酸、乙酸钠、氯化钾、碳酸钠、磷酸氢二钠等:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

多功能电蒸箱:ZK72-ES20.i 型,宁波方太厨具有限公司;

精密色差仪:NR100 型,深圳市三恩时科技有限公司;

无纸记录仪:GP10-1C1H 型,横河电机(苏州)有限公司;

漩渦混合器:VM-370 型,深圳市嘉实科技有限公司;

数控超声波清洗器:KQ-600DE 型,昆山市超声仪器有限公司;

旋转蒸发器:RE-52AA 型,上海亚荣生化仪器厂;

离心机:101521 型,德国 Martin Christ 公司;

电磁炉:C21-RT214 型,美的集团股份有限公司;

pH 计:FE28 型,梅特勒—托利多仪器(上海)有限公司;

多功能酶标仪:SpectraMax M2 型,美国 Molecular Devices 公司;

冷冻干燥机:Alpha 1-2 LD plus 型,德国 Martin Christ 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 单因素试验

(1) 蒸制功率对茄子品质的影响:线茄置于蒸箱蒸架的中心位置,分别于蒸箱功率为 1 700,2 100,2 500 W,蒸锅功率为 2 100 W 下蒸制;蒸制时间为茄子中心温度达

99 °C 后再蒸 5 min;蒸制完成后用碎冰迅速冷却。样品分别用 ZX 1 700 W、ZX 2 100 W、ZX 2 500 W 和 ZG 2 100 W 标记。

(2) 无氧环境对茄子品质的影响:线茄真空包装后,在蒸箱功率为 2 100 W 下进行蒸制,样品用 ZX 真空标记。以未经处理分别在蒸箱和蒸锅 2 100 W 功率下蒸制的茄子作为对照,样品分别用 ZX 2 100 W、ZG 2 100 W 标记,蒸制时间和结束烹饪操作同 1.3.1(1)。

(3) 茄子表皮温度变化对茄子品质的影响:线茄置于预热至 100 °C 的蒸箱内,分别蒸至表面温度达 60,70,80,90 °C 后转移到预热至 100 °C 的蒸锅继续蒸制,蒸制时间和结束烹饪操作同 1.3.1(1),样品分别用 ZX 60 °C、ZX 70 °C、ZX 80 °C、ZX 90 °C 标记;以全程在未预热的蒸箱及预热后的蒸箱和蒸锅进行蒸制作为对照,蒸箱和蒸锅功率均为 2 100 W,样品分别用 ZX 2 100 W-不预热、ZX 2 100 W-预热、ZG 2 100 W 标记。

(4) 蒸制容积对茄子品质的影响:如图 1 所示,线茄置于电蒸箱蒸架上,分别用体积为 2,4,16,72 L 不锈钢容器罩在蒸汽发生盘上,在 2 100 W 功率下进行蒸制,样品分别用 ZX 2 L、ZX 4 L、ZX 16 L、ZX 72 L 标记;以蒸锅 2 100 W 蒸制的茄子为对照,样品用 ZG 2 100 W 标记。蒸制时间和结束烹饪操作同 1.3.1(1)。

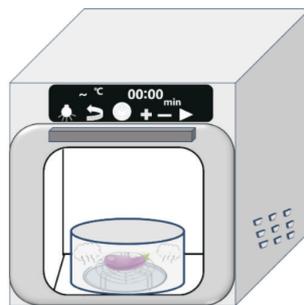


图 1 不同蒸制容积装置示意图

Figure 1 Schematic diagram of different steaming volume devices

1.3.2 升温曲线测定 茄子中心和表皮的温度变化利用无纸记录仪记录,每 1 s 采集 1 个数据。

1.3.3 茄子表皮颜色测定 利用精密色差计分别测量茄子加热前后表皮 12 处,取 L^* 、 a^* 、 b^* 值。

1.3.4 花青素损失率测定

(1) 样品的前处理:取加热前后的茄子皮进行冷冻干燥,粉碎。根据 Chen 等^[13]的方法略作修改,取 0.35 g 茄子皮冻干粉与 15 mL 酸化甲醇(1 mol/L 的 HCl 与 80% 甲醇体积比为 15:85)混合,在超声功率 600 W 下提取 30 min,5 000 r/min 离心 15 min,取上清液,重复提取 3 次,合并提取液,40 °C 旋转蒸发至约 5 mL,用甲醇定容,得提取液。

(2) 花青素测定:分别取 290 μ L 的 pH 1.0 氯化钾—盐酸缓冲液和 pH 4.5 乙酸钠缓冲液加入到 96 孔板中,加入

10 μL 提取液,混匀,测定 510, 700 nm 处吸光度^[14]。按式(1)~式(3)计算花青素含量和损失率。

$$A = (A_{510 \text{ nm, pH 1.0}} - A_{700 \text{ nm, pH 1.0}}) - (A_{510 \text{ nm, pH 4.5}} - A_{700 \text{ nm, pH 4.5}}), \quad (1)$$

$$C = \frac{AM_w D_F V}{\epsilon L m}, \quad (2)$$

$$Y = \frac{C_{\text{加热前}} - C_{\text{加热后}}}{C_{\text{加热前}}} \times 100\%, \quad (3)$$

式中:

A ——吸光度;

$A_{510 \text{ nm, pH 1.0}}$ 和 $A_{700 \text{ nm, pH 1.0}}$ ——pH 1.0 的样液分别在 530, 700 nm 处的吸光度;

$A_{510 \text{ nm, pH 4.5}}$ 和 $A_{700 \text{ nm, pH 4.5}}$ ——pH 4.5 的样液分别在 530, 700 nm 处的吸光度;

M_w ——矢车菊素-3-*O*-葡萄糖苷的摩尔质量, 449.2 g/mol;

ϵ ——矢车菊素-3-*O*-葡萄糖苷的消光系数, 26 900 L/(mol·cm);

L ——光程, cm;

C ——花青素含量, mg/g DW;

V ——样品体积, mL;

D_F ——稀释倍数;

m ——样品质量, g;

Y ——花青素损失率, %。

1.4 数据处理及分析

每组样品平行 3 次,结果以平均值 \pm 标准差表示,采用 Excel 2016、Origin 2021 软件进行数据处理及作图;采用 IBM SPSS Statistics 27.0.1 的单因素方差分析进行显著性分析,字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 蒸制功率对茄子品质的影响

2.1.1 温度曲线 花青素降解主要受温度、氧气和酶等因素影响^[15]。由图 2 可知,不同蒸制功率下的蒸箱温度曲线趋势保持一致。无论是茄子中心温度还是表面温度,蒸箱内的上升速度都较为平缓,但蒸制功率越高,快速升温的时间越早;而蒸锅的升温呈先慢后快趋势。40~90 $^{\circ}\text{C}$ 区间的茄子表皮升温速度明显快于蒸箱, ZG 2 100 W 在 40~90 $^{\circ}\text{C}$ 区间表皮升温用时 60 s,而 ZX 1 700 W、ZX 2 100 W、ZX 2 500 W 的茄子表皮分别用时 340, 300, 250 s。

2.1.2 色差 由表 1 可知, ZG 2 100 W 的茄子表皮 b^* 值最小,肉眼观看仍呈紫色;而蒸箱蒸制的茄子随着蒸制功率的降低,茄子表皮 b^* 值逐渐增大,肉眼看到黄褐色程度加深,与樊田利等^[6]的结论一致。茄子表皮褐变主要是由于花青素在受热和氧气等因素作用下降解,或花青素与其他化合物反应生成棕色物质^[16]。

2.1.3 花青素含量 由图 3 可知,蒸锅蒸制的茄子花青素损失率为 11.11%,显著低于蒸箱蒸制的。随着蒸箱蒸制功率的升高,花青素的损失率降低, ZX 1 700 W、ZX

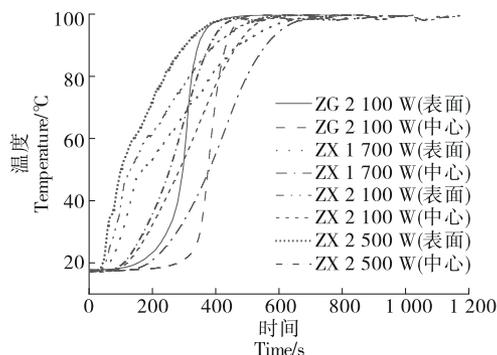


图 2 不同蒸制功率下茄子中心和表面温度曲线

Figure 2 Temperature curves of eggplant core and surface under different steaming power

表 1 不同蒸制功率下茄子的色差

Table 1 Color of eggplants after steaming with different power

| 组别 | L^* 值 | a^* 值 | b^* 值 |
|------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| ZG 2 100 W | 27.34 \pm 6.47 ^a | 9.36 \pm 1.82 ^a | -12.74 \pm 4.99 ^d |
| ZX 1 700 W | 24.68 \pm 4.58 ^b | 8.64 \pm 1.24 ^b | 1.03 \pm 4.57 ^a |
| ZX 2 100 W | 25.67 \pm 4.32 ^b | 8.58 \pm 1.22 ^b | 1.58 \pm 4.89 ^a |
| ZX 2 500 W | 24.38 \pm 5.31 ^b | 9.52 \pm 1.39 ^a | -2.10 \pm 4.91 ^b |
| 新鲜茄子 | 18.95 \pm 2.59 ^c | 7.64 \pm 2.05 ^c | -4.72 \pm 1.93 ^c |

2 100 W 和 ZX 2 500 W 组的花青素损失率分别为 92.18%, 64.75%, 47.91%, 花青素损失率与 b^* 值具有对应性。这主要是蒸制茄子在 40~90 $^{\circ}\text{C}$ 下维持时间过长,花青素损失率严重,故 40~90 $^{\circ}\text{C}$ 温度带的升温时间对于茄子品质有影响。

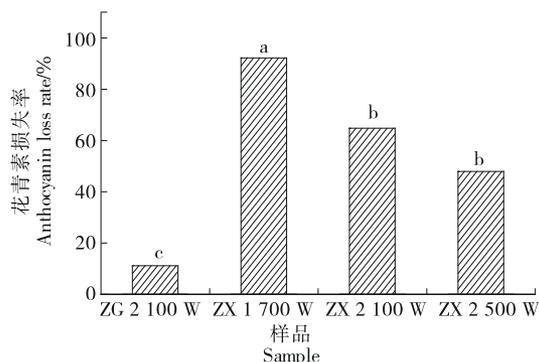


图 3 不同蒸制功率下茄子的花青素损失率

Figure 3 Loss rate of anthocyanins in eggplants under different steaming power

2.2 无氧环境对茄子品质的影响

2.2.1 温度曲线 由图 4 可知,无氧环境下并未影响茄子的升温趋势,只是延缓了升温速度,且真空下茄子表皮(ZX 真空)在 40~90 $^{\circ}\text{C}$ 区间表皮升温用时 458 s,远超过 ZX 2100 W 的。

2.2.2 色差值 花青素在有氧环境下因氧化反应而迅速降解^[17]。由表 2 可知, ZX 真空的 L^* 值与其他组差异并不

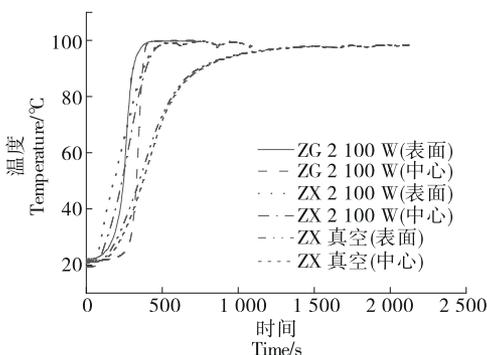


图4 无氧环境下茄子表面及中心温度曲线

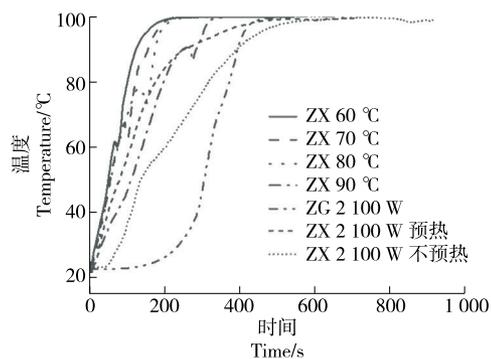
Figure 4 Surface and core temperature curves of eggplants in the anaerobic environment

明显,且 b^* 值明显低于 ZX 2 100 W 的,但 ZX 真空的茄子 a^* 值最小,与其整体颜色偏浅的现象相对应。Rinaldi 等^[18]发现,真空低温蒸制的胡萝卜 a^* 值偏低,这是由于高温作用使胡萝卜细胞破裂,水分替代了细胞间的空气,从而导致相对折射增加。

2.2.3 花青素损失率 由图5可知,ZX 真空的茄子花青素损失率为 12.72%,显著低于 ZX 2 100 W 和 ZG 2 100 W 的。ZX 真空花青素损失率最低,可能是真空包装排除了氧气作用,降低了氧化反应的机率,且蒸制时水蒸气不会与茄子直接接触,减少了水蒸气带走水溶性的花青素。

2.3 茄子表皮温度变化对茄子品质的影响

2.3.1 温度曲线 由图6可知,ZX 60 °C、ZX 70 °C、ZX 80 °C、ZX 90 °C、ZG 2 100 W、ZX 2 100 W-预热、ZX 2 100 W-不预热



(a) 表面温度

表2 无氧环境下茄子色差的变化

Table 2 Color difference of eggplants in the anaerobic environment

| 组别 | L^* 值 | a^* 值 | b^* 值 |
|------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| ZG 2 100 W | 32.88±4.89 ^{ab} | 9.40±2.35 ^b | -14.9±5.27 ^b |
| ZX 2 100 W | 33.45±4.02 ^a | 8.78±1.32 ^c | 7.50±5.48 ^a |
| ZX 真空 | 32.44±3.75 ^e | 0.48±1.31 ^d | -12.57±2.98 ^b |
| 新鲜茄子 | 24.60±2.43 ^d | 16.62±2.21 ^a | -13.06±1.85 ^c |

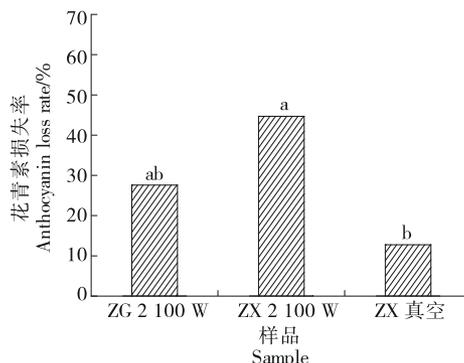
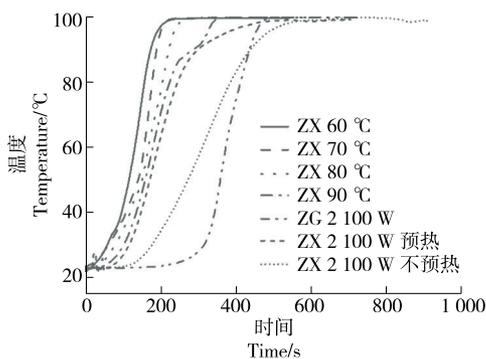


图5 无氧环境条件下茄子的花青素损失率

Figure 5 Loss rate of anthocyanins in eggplants in the anaerobic environment

2 100 W-不预热在 40~70 °C 区间表皮升温用时分别为 49, 62, 70, 86, 55, 86 s, 150 s; 在 70~90 °C 区间表皮升温用时分别为 39, 45, 72, 50, 51, 114, 131 s。ZX 60 °C 在 40~70 °C 区间表皮升温用时短于 ZG 2 100 W 的。



(b) 中心温度

图6 茄子表皮不同温度变化的茄子表面及中心温度曲线

Figure 6 Temperature curves of the eggplant surface and core under different surface temperatures of eggplants

2.3.2 色差值 由表3可知,不同蒸制条件下的 L^* 值与 a^* 值并无显著性差异,而 b^* 值差异显著 ($P < 0.05$)。ZG 2 100 W 的 b^* 值最小,即颜色最偏紫蓝色;而 ZX 60 °C 和 ZX 70 °C 的茄子色泽和 b^* 值与 ZG 2 100 W 的相近,当茄子表皮温度从 80 °C 升至 90 °C 时,茄子表皮褐变逐渐严重, b^* 值进一步增大,这可能是多酚氧化酶导致的简单酚类氧化形成相应的邻醌、与花青素反应形成棕色缩合

产物^[19]。

2.3.3 花青素损失率 由图7可知,ZG 2 100 W 的花青素损失率最低,为 37.32%; ZX 60 °C 和 ZX 70 °C 的分别为 47.61%, 49.87%; 其他组的花青素损失率达到 70% 以上。根据茄子的温度曲线可知,在 40~70 °C 区间表皮升温用时越短,茄子花青素损失率越低。周宝利等^[20]研究发现,当水浴温度 < 60 °C 时,花青素较稳定,当水浴温度 > 80 °C

表3 茄子表皮不同温度变化的色差

Table 3 Color difference of eggplants under different surface temperatures

| 组别 | L^* 值 | a^* 值 | b^* 值 |
|----------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ZX 60 °C | 27.69±4.17 ^a | 10.14±1.60 ^b | -17.11±6.34 ^c |
| ZX 70 °C | 26.50±4.06 ^b | 9.89±1.07 ^{bc} | -10.26±9.54 ^d |
| ZX 80 °C | 24.72±3.86 ^c | 9.96±1.09 ^{bc} | -2.46±4.79 ^b |
| ZX 90 °C | 24.49±3.61 ^c | 10.30±1.11 ^{ab} | -7.90±4.58 ^c |
| ZG 2 100 W | 23.02±3.56 ^d | 10.64±1.30 ^a | -19.29±2.52 ^f |
| ZX 2 100 W-预热 | 23.90±4.04 ^d | 9.62±1.65 ^{cd} | -6.97±4.26 ^c |
| ZX 2 100 W-不预热 | 25.12±3.37 ^c | 9.25±1.01 ^d | 0.41±4.81 ^a |
| 新鲜茄子 | 17.96±2.43 ^e | 10.02±2.76 ^{bc} | -7.67±2.39 ^c |

时,花青素的最大吸收值开始明显下降,茄子中花青素开始降解。

2.4 蒸制容积对茄子品质的影响

2.4.1 温度曲线 由图8可知,蒸制容积越小,升温速度

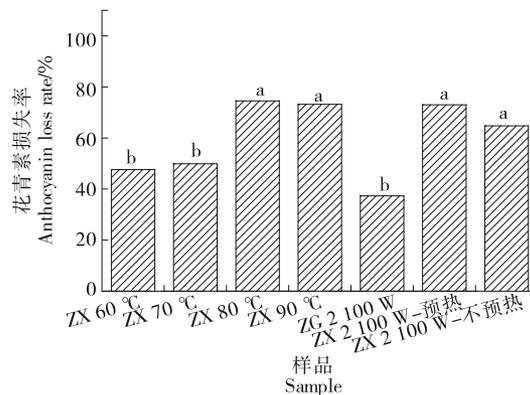
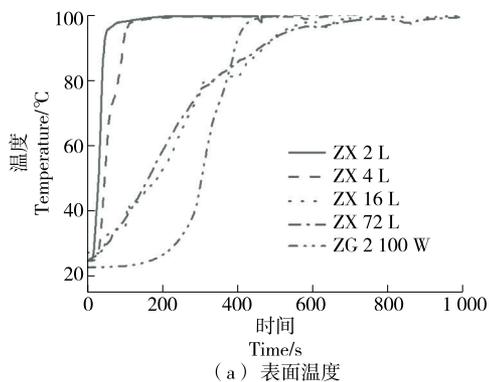


图7 茄子表皮不同温度变化下茄子的花青素损失率

Figure 7 Loss rate of anthocyanins in eggplants under different eggplant surface temperatures

越快,ZX 2 L、ZX 4 L、ZX 16 L、ZX 72 L、ZG 2 100 W的表皮从40 °C升至90 °C分别用时21,55,344,274,106 s。

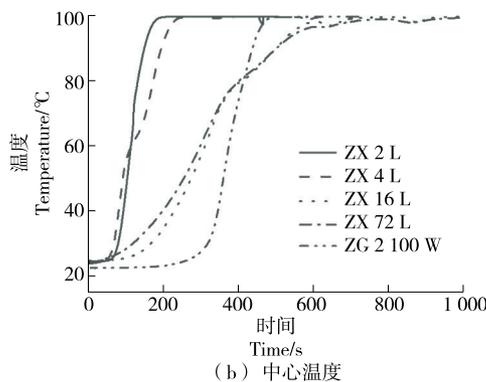


图8 不同蒸制容积下茄子表面及中心温度曲线

Figure 8 Temperature curves of the eggplant surface and core under different steaming volumes

2.4.2 色差 由表4可知,随着蒸箱容积的增大,茄子表皮 b^* 值逐渐增大,肉眼看到表皮褐色程度也逐渐加深,其中ZX 2 L和ZX 4 L的 b^* 值无显著性差异,但均大于ZG 2 100 W的。

表4 不同蒸制容积下茄子的色差

Table 4 Color difference of eggplants under different steaming volumes

| 组别 | L^* 值 | a^* 值 | b^* 值 |
|------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| ZX 72 L | 31.40±6.43 ^b | 8.40±1.72 ^b | 4.20±5.47 ^a |
| ZX 16 L | 35.34±5.65 ^a | 6.32±2.03 ^c | -3.74±5.57 ^b |
| ZX 4 L | 31.17±6.71 ^b | 9.63±1.78 ^b | -13.21±8.66 ^{cd} |
| ZX 2 L | 22.41±2.36 ^c | 15.80±3.13 ^a | -11.38±2.68 ^d |
| ZG 2 100 W | 34.17±5.25 ^a | 8.72±2.60 ^b | -18.13±3.15 ^e |

2.4.3 花青素损失率 由图9可知,ZX 72 L的花青素损失率最高,为78.82%;ZX 16 L、ZX 4 L、ZX 2 L、ZG 2 100 W的花青素损失率分别为36.27%,29.24%,21.04%,27.47%,

ZX 2 L的花青素保留率高于ZG 2 100 W的。说明减小蒸制容积能显著提高升温速度,降低茄子褐变程度和花青素损失率,进一步表明加快蒸汽发生量、提高食物升温速度有助于降低茄子花青素降解损失,提升产品烹饪品质。

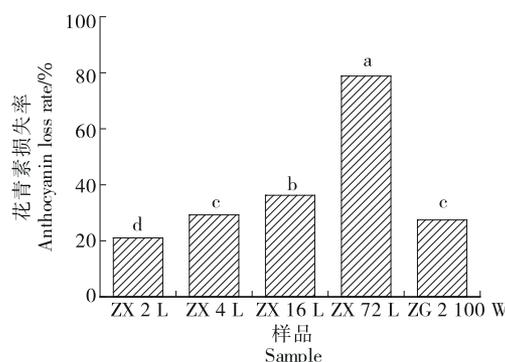


图9 不同蒸制容积下茄子的花青素损失率

Figure 9 Loss rate of anthocyanins in eggplants under different steaming volumes

3 结论

探究了蒸箱不同蒸制参数对茄子品质的影响。结果表明,在一定范围内增加蒸箱蒸制的功率虽能一定程度上降低花青素损失率,但并不能显著改善茄子的外观色泽;无氧环境下蒸制茄子的色泽能够保持原有的紫色,花青素损失率会大幅度减少;此外,提高 40~90 °C 温度范围的升温速度能有效降低花青素的损失,较好地保持茄子表皮紫色。但研究仅关注影响茄子品质的蒸制参数,未对影响蒸制茄子的色泽的机理进行探究,未来可通过代谢组学分析不同升温速度过程茄子表皮花青素降解的分子机制,从而深入分析茄子色泽变化机理。

参考文献

- [1] 朱爽,郑忻,刘梦茵,等.不同蒸制方式下太湖蟹感官评定及营养价值比较[J].食品与机械,2017,33(1):32-38.
ZHU S, ZHENG X, LIU M Y, et al. Comparison sensory evaluation and nutritional value of taihu crab steamed by different methods[J]. Food & Machinery, 33(1): 32-38.
- [2] 姚青,陈艳萍,孙颖瑛,等.蒸汽—微波同步加热对排骨品质的影响[J].食品与机械,2022,38(1):195-199.
YAO Q, CHEN Y P, SUN Y Y, et al. Effects of simultaneous combination of steam and microwave cooking on the quality of pork ribs[J]. Food & Machinery, 2022, 38(1): 195-199.
- [3] 黄静.蒸汽温度对清蒸鲈鱼食用品质影响的研究[J].肉类工业,2019(5):36-39.
HUANG J. Study on the effect of steam temperature on edible quality of steamed perch[J]. Meat Industry, 2019(5): 36-39.
- [4] ILIC J, TOMASEVIC I, DJEKIC I. Purple eggplant and zucchini color, mechanical properties, mastication, and sensory perception influenced by steaming and *Sous-vide*[J]. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2022, 28: 100549.
- [5] ANNA P, DOROTA S, MAIGORZATA R, et al. Effect of domestic cooking on the red cabbage hydrophilic antioxidants [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2008, 43(10): 1770-1777.
- [6] 樊田利,刘若男,王凤丽,等.不同蒸制功率对西兰花营养品质的影响[J].食品与发酵工业,2021,47(19):161-167.
FAN T L, LIU R N, WANG F L, et al. The effect of different steaming power on the nutritional quality of broccoli[J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(19): 161-167.
- [7] 王勇,李阿敏,陈东坡.不同烹饪方式对食物营养素的影响研究[J].家电科技,2020(6):66-69.
WANG Y, LI A M, CHEN D P. Study on the influence of different cooking methods on food nutrients[J]. Journal of Appliance Science & Technology, 2020(6): 66-69.
- [8] NIÑO-MEDINA G, URÍAS-ORONA V, MUY-RANGEL M D, et al. Structure and content of phenolics in eggplant (*Solanum melongena*): a review[J]. South African Journal of Botany, 2017, 111: 161-169.
- [9] GÜRBÜZ N, ULUSIK S, FRARY A, et al. Health benefits and bioactive compounds of eggplant[J]. Food Chemistry, 2018, 268: 602-610.
- [10] 王海歌,鲍梦圆,徐心雨,等.植物食材花青素结构特性及其功效机制研究进展[J].中国食品添加剂,2024,35(2):299-307.
WANG H G, BAO M Y, XU X Y, et al. Research progress on the structural characteristics of anthocyanins in plant food and their efficacy mechanism[J]. China Food Additives, 2024, 35(2): 299-307.
- [11] MARTINI S, CONTE A, CATTIVELLI A, et al. Domestic cooking methods affect the stability and bioaccessibility of dark purple eggplant (*Solanum melongena*) phenolic compounds[J]. Food Chemistry, 2021, 341: 128298.
- [12] ARKOUB-DJERMOUNE L, BOULEKBACHE-MAKHOUL L, ZEGHICHI-HAMRI S, et al. Influence of the thermal processing on the physico-chemical properties and the antioxidant activity of a solanaceae vegetable: eggplant[J]. Journal of Food Quality, 2016, 39(3): 181-191.
- [13] CHEN Y P, XU Y S, CAO Y Q, et al. Combined effect of microwave and steam cooking on phytochemical compounds and antioxidant activity of purple sweet potatoes[J]. Food Science and Technology Research, 2017, 23(2): 193-201.
- [14] XU X J, FANG S, LI Y H, et al. Effects of low acyl and high acyl gellan gum on the thermal stability of purple sweet potato anthocyanins in the presence of ascorbic acid[J]. Food Hydrocolloids, 2018, 86: 116-123.
- [15] 王健霞,余元善,吴继军,等.花青素降解机制与稳态化研究进展[J].食品安全质量检测学报,2024,15(11):244-253.
WANG J X, YU Y S, WU J J, et al. Research progress of anthocyanin degradation mechanism and methods to improve anthocyanin stability[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(11): 244-253.
- [16] 张燕飞.热加工过程中紫色茄子花青素的降解机制和抗氧化能力研究[D].南昌:南昌大学,2020:13-14.
ZHANG Y F. Study on the degradation mechanisms of the purple eggplant anthocyanins and changes of antioxidant capacity during thermal treatments[D]. Nanchang: Nanchang University, 2020: 13-14.
- [17] QUAN W, HE W, LU M, et al. Anthocyanin composition and storage degradation kinetics of anthocyanins-based natural food colourant from purple - fleshed sweet potato[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2019, 54(8): 2529-2539.
- [18] RINALDI M, DALL'ASTA C, MELI F, et al. Physicochemical and microbiological quality of sous-vide-processed carrots and brussels sprouts[J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(11): 3076-3087.
- [19] PATRAS A, BRUNTON N P, O'DONNELL C, et al. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation[J]. Trends in Food Science & Technology, 2010, 21(1): 3-11.
- [20] 周宝利,张琦,叶雪凌,等.不同品种茄子果皮花青素含量及其稳定性[J].食品科学,2011,32(1):99-103.
ZHOU B L, ZHANG Q, YE X L, et al. Different cultivars of eggplants: a comparative study of anthocyanidin content and stability in fruit skin[J]. Food Science, 2011, 32(1): 99-103.