

邓凯文, 李雪, 宋春丽, 等. 不同漂烫方式对荆彩甜玉米营养和感官品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(14): 95–101. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022090243

DENG Kaiwen, LI Xue, SONG Chunli, et al. Effects of Different Blanching Methods on Nutritional and Sensory Quality of Jingcai Sweet Corn[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(14): 95–101. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022090243

· 研究与探讨 ·

不同漂烫方式对荆彩甜玉米营养和感官品质的影响

邓凯文¹, 李 雪^{2,*}, 宋春丽¹, 王志鹏¹, 姜宁宁¹, 任 健^{1,*}, 周恪驰³

(1. 齐齐哈尔大学食品与生物工程学院, 黑龙江齐齐哈尔 161006;

2. 黑龙江飞鹤乳业有限公司研究院, 北京 100015;

3. 黑龙江省农业科学院克山分院, 黑龙江齐齐哈尔 161000)

摘 要:本研究以荆彩甜玉米为原料, 分别采用蒸汽漂烫和水浴漂烫处理 0、5、10、15、20 min, 处理温度分别为 85、90、95 ℃, 探究两种常用热处理方式对荆彩甜玉米传热速率、营养成分、酶活性、色泽变化、质构特性及感官品质的影响。结果表明: 蒸汽漂烫保留营养品质优于水浴漂烫, 蒸汽漂烫可使玉米内部温度快速上升, 减少营养物质的流失。当漂烫温度在 85、90、95 ℃ 时, 蒸汽漂烫处理组传热速率比水浴漂烫分别高 19.70%、15.31% 和 15.90%; 蒸汽漂烫处理组可溶性糖含量的保留率分别为 71.11%、70.67% 和 70.11%, 而水浴漂烫处理组分别为 64.44%、62.33% 和 58.89%; 同时, 蒸汽漂烫处理组 V_C 含量的保留率分别为 56.67%、54.17% 和 51.67%, 而水浴漂烫处理组分别为 53.33%、50.00% 和 44.17%。此外, 进一步比较漂烫温度和时间效果可知, 蒸汽漂烫 95 ℃、10 min 时, 可以有效钝化过氧化物酶和多酚氧化酶活性, 此时荆彩甜玉米的色泽 L^* 值和 b^* 值分别为 84.62、33.30, 质构特性中硬度、弹性和咀嚼性分别为 28.03 N、3.29 mm 和 16.88 mJ, 感官评分较理想为 93 分。所得结论初步揭示蒸汽漂烫, 95 ℃、10 min 是荆彩甜玉米较为适宜的漂烫方式及条件, 为荆彩甜玉米采收后的漂烫处理工序提供理论参考。

关键词:荆彩甜玉米, 蒸汽漂烫, 水浴漂烫, 质构特性, 感官品质

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)14-0095-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022090243



本文网刊:

Effects of Different Blanching Methods on Nutritional and Sensory Quality of Jingcai Sweet Corn

DENG Kaiwen¹, LI Xue^{2,*}, SONG Chunli¹, WANG Zhipeng¹, JIANG Ningning¹, REN Jian^{1,*}, ZHOU Kechi³

(1. College of Food and Bioengineering, Qiqihar University, Qiqihar 161006, China;

2. Research Institute of Heilongjiang Feihe Dairy Co., Ltd., Beijing 100015, China;

3. Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161000, China)

Abstract: In this study, Jingcai sweet corn was used as raw material. The effects of steam blanching and water bath blanching on the heat transfer rate, nutrient content, enzyme activity, colour change, texture profile analysis and sensory quality of Jingcai sweet maize were investigated at temperatures of 85, 90 and 95 ℃ for 0, 5, 10, 15 and 20 min, respectively. The results showed that steam blanching was superior to water bath blanching in terms of retaining nutritional qualities. It allowed the internal temperature of the maize to rise rapidly and reduce the loss of nutrients. The data showed

收稿日期: 2022-09-26 +并列第一作者

基金项目: 黑龙江省“百千万”工程科技重大专项项目(2021ZX12B09); 黑龙江省玉米深加工理论与技术重点实验室开放课题项目(SPKF202002); 黑龙江省优势特色学科科技攻关项目(YSTSXX202202)。

作者简介: 邓凯文(1997-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品生物技术, E-mail: 1439769121@qq.com。

李雪(1989-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品科学, E-mail: lixue1@feihe.com。

* 通信作者: 任健(1970-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 粮食、油脂及植物蛋白工程, E-mail: renjian1970789@163.com。

that the heat transfer rate of the steam blanching treatment group were 19.70%, 15.31% and 15.90% higher than that of the water bath blanching when the blanching temperature were 85, 90 and 95 °C respectively. In terms of soluble sugar content, the retention rates were 71.11%, 70.67% and 70.11% for the steam blanching treatment group and 64.44%, 62.33% and 58.89% for the water bath blanching treatment group, respectively. Furthermore, for the vitamin C content, the retention rates were 56.67%, 54.17% and 51.67% for the steam blanching treatment group, compared to 53.33%, 50.00% and 44.17% for the water bath blanching treatment group, respectively. Further comparison of blanching temperature and time effects showed that with the treatment of 95 °C for 10 min, peroxidase and polyphenol oxidase activities could be effectively inactivated. Meanwhile, the color of Jingcai sweet corn was desirable, the L^* and b^* values were 84.62 and 33.30, respectively. The hardness, springiness and chewiness in texture profile analysis were 28.03 N, 3.29 mm and 16.88 mJ, respectively, and its sensory score was 93. It was concluded that steam blanching at 95 °C for 10 min was the most suitable method for the post-harvest blanching of Jingcai sweet maize, which would provide a theoretical reference for the post-harvest blanching process of Jingcai sweet corn.

Key words: Jingcai sweet corn; steam blanching; water bath blanching; texture profile analysis; sensory quality

荆彩甜玉米是甜糯玉米品种, 富含天然 V_C 和可溶性糖等营养物质, 口感既甜又糯, 深受消费者的喜爱^[1]。然而采收后的鲜玉米果穗室温环境贮藏一段时间后会因可溶性糖含量等营养物质的流失^[2]。因此, 甜玉米采收后及时加工处理可有效地保留营养物质及原有品质^[3-4]。

漂烫是鲜食玉米在加工前进行的必要热处理方式, 且在很大程度上决定了产品质量^[5]。漂烫的主要目的是可以使过氧化物酶和多酚氧化酶失活, 以防止一些变质反应的发生^[6-7]。另外, 适当的漂烫还可以排出组织内的空气, 减少玉米表面微生物的数量, 改善色泽, 防止氧化^[8]。

目前, 已报道鲜食玉米漂烫热处理方法有: 热水漂烫、蒸汽漂烫、红外加热、欧姆加热等^[9]。红外加热的传热速度比欧姆加热的传热速度快, 但该技术存在热量不易扩散, 加热不均匀等缺点^[10]。欧姆加热技术虽加热均匀, 但该技术适合液体及固液混合物的加工^[11]。而热水漂烫则能弥补红外加热和欧姆加热的这些缺陷^[12]。但热水漂烫大批量处理甜玉米时需沸水完全浸没果穗而导致耗时较长, 且存在甜玉米总糖含量下降现象^[13-14]。蒸汽漂烫处理可以保留即食玉米的营养品质, 减缓口感的变化^[15]。尽管关于蒸汽和水浴等漂烫方式的研究较多, 但目前没有比较两种漂烫方式对荆彩甜玉米营养和感官品质影响的研究。

鉴于此, 本研究首次以荆彩甜鲜玉米鲜穗为原料, 采用蒸汽漂烫和水浴漂烫两种不同漂烫方式进行处理, 通过检测传热速率、产品营养成分、酶活性、色泽及质构等指标的变化, 确立漂烫工艺参数, 为荆彩甜玉米采收后的漂烫处理工序提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

荆彩甜 为甜糯玉米品种, 采摘于黑龙江省绥化市海伦市, 选取大小一致、无虫眼、籽粒排列整齐的荆彩甜玉米为试验材料; 磷酸二氢钾、磷酸氢二钠

上海市麦克林化学试剂有限公司; 亚铁氰化钾、盐酸、氢氧化钠、无水碳酸钠、硫酸铜、愈创木酚、碘化

钾、碘酸钾、可溶性淀粉等均为分析纯 天津市科密欧化学试剂有限公司。

ME104E 电子天平 梅特勒-托力多集团; TU-1810 紫外可见分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司; ZNCL-GS 磁力加热搅拌器 上海凌科实业发展有限公司; HH-S4 恒温水浴锅 巩义市予华仪器有限责任公司; KQ5200 超声波清洗器 力康生物医疗科技控股有限公司; Ultra Scan VIS 色度测定仪 北京冠远科技有限公司; TA-TXPlusC 食品物性分析仪 英国 Stable Micro System; WT7-1 数字温度计 宁波开泰电器实业有限公司; HT-3300 红外测温仪 上海浦汇光电技术有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 荆彩甜玉米前处理 将采收后的荆彩甜玉米进行检验、除杂、去苞叶花丝、检验分级、切头去尾(尾部切除 2 cm, 尖部切除 3 cm, 确保切口平整, 两端刀口周围籽粒无破碎), 备用漂烫处理。

1.2.2 漂烫处理条件 待切头去尾的荆彩甜玉米统一穗长后, 取 20 穗, 将其进行漂烫, 漂烫方式分别为水浴漂烫和蒸汽漂烫, 结合生产实践同时参考张旭等^[16]的研究, 漂烫温度分别设定为 85、90 和 95 °C, 漂烫时间分别为 0、5、10、15 和 20 min, 漂烫后的荆彩甜玉米要迅速冷却、沥干。同时, 以未经处理同批次荆彩甜玉米作为对照组。

1.2.2.1 传热温度曲线 在漂烫过程中, 将温度计插入荆彩甜玉米穗轴中心测量温度, 其中水浴漂烫采用数字温度计测定, 蒸汽漂烫采用红外测温仪测定, 并记录玉米中心升温曲线。

1.2.2.2 可溶性糖含量的测定 参考李晓旭等^[17]的方法进行可溶性糖含量的测定。

样品预处理: 称取样品 3 g(精确至 0.001 g)至锥形瓶中, 加 80 mL 乙醇溶液于 80 °C 水浴中提取 30 min, 期间摇动数次, 冷却后转移至容量瓶后定容至 100 mL, 过滤。取滤液 50 mL 于 100 mL 蒸发皿中, 置 60~70 °C 水浴锅上蒸发除去乙醇, 剩余 2~3 mL 时, 加入硫酸锌溶液、亚铁氰化钾溶液各 1 mL 搅拌

均匀, 然后用水洗入容量瓶后定容至 50 mL, 过滤。取滤液 25 mL 于锥形瓶中, 加盐酸溶液 2.5 mL, 80 ℃ 水浴中水解 10 min, 冷却后加甲基红指示剂两滴, 用氢氧化钠溶液中和至中性, 转移至 50 mL 容量瓶后, 用水定容至刻度待测。

标准曲线的绘制: 以滴定标准葡萄糖的质量为横坐标, 以空白试验与标准葡萄糖液滴定差值为纵坐标, 绘制标准曲线。葡萄糖的标准曲线线性方程为 $y=6.22x-5.91$, $R^2=0.9993$ 。

样品中可溶性糖含量的计算: 以水代替样液做空白, 空白与试样滴定差值代入标准曲线即可求得样液中糖的含量(以干基结果表示), 按公式计算:

$$X = \frac{A}{m/100 \times 25/50 \times V \times 100 \times (1-H)} \times 100$$

式中: X 是试样中可溶性糖的含量, g/100 g; A 是将空白与试样滴定差值代入标准曲线求得样液中葡萄糖的质量, mg; m 是试样质量, g; V 是测定时吸取的样液体积, mL; H 是试样水分含量, g/100 g。

1.2.2.3 V_C 含量的测定 参考 GB 5009.86-2016 进行 V_C 含量的测定。

1.2.2.4 过氧化物酶(POD)的测定 参考姜绍通等^[18]的方法对荆彩甜玉米进行过氧化物酶的测定, 取 8.0 g 荆彩甜玉米籽粒经烫漂处理后, 冲淋冷却, 然后将此样品加 100 mL 蒸馏水, 0.5 g 碳酸钙一起捣碎均质, 以 4000 r/min 冷冻离心 10 min, 吸取上清液 1 mL 于试管中, 加 4 mL 0.3% 愈创木酚溶液, 再加 5 mL 1% 的双氧水, 振荡摇匀, 30 ℃ 保温 20 min, 在 436 nm 处比色测定过氧化物酶活性, 计算方法参考谢征芸等^[19]方法进行计算, 单位为(U)。

1.2.2.5 多酚氧化酶(PPO)的测定 参考鲍琳等^[20]的方法对荆彩甜玉米进行多酚氧化酶的测定, 取 8.0 g 荆彩甜玉米籽粒经烫漂处理后, 冲淋冷却, 然后将此样品加 0.04 mol/L 的磷酸盐缓冲溶液 100 mL, pH 调至 6.81, 剪碎匀浆, 以 4000 r/min 冷冻离心 10 min, 吸取上清液 1 mL 于试管中加 4 mL 0.2% 的邻苯二酚, 振荡摇匀, 30 ℃ 保温 10 min, 在 410 nm 处比色测定多酚氧化酶活性计算方法参考谢征芸等^[19]的方法进行计算, 单位时间内每毫升酶液吸光度变化 0.001 定义为 1 个酶活性单位(U)。

1.2.2.6 色度值的测定 将在不同漂烫方式、时间和温度条件下的荆彩甜玉米进行匀浆, 用校正后的色度仪进行色度值测定, 通过 L^* 、 a^* 、 b^* 值来表示, 其中 L^* 代表亮度, 值越大表示样品越亮, 反之越暗; a^* 代表红绿值, 正值越大表示样品越红, 反之表示样品越绿; b^* 代表黄蓝值, 正值越大表示样品越黄, 反之表示样品越蓝^[21-22]。每个样品测定三次, 取平均值作为最终结果。

1.2.2.7 质构特性 参考牛丽影、张大力等^[23-24]的方法对鲜食玉米质构特征进行了研究, 将剥离荆彩甜

玉米籽粒, 胚乳面朝上, 用 TA4/1000 型柱状探针对荆彩甜玉米籽粒进行全谱分析, 用压缩方式进行测量。采用 TA-BT-KIT, 触发器加载 7 g, 试验速度 0.50 mm/s, 压缩距离 1 mm, 循环 2 次, 每个样品测定三次, 取平均值作为最终结果。

1.2.3 感官评价 按照国家鲜食玉米品质测定标准(NYT523-2020), 邀请 20 名感官评价员(男女各 10 人), 对不同漂烫条件处理的荆彩甜玉米进行感官评定(表 1)。

表 1 鲜食荆彩甜玉米感官评分标准
Table 1 Sensory scoring criteria for fresh Jingcai sweet corn

项目	评分标准	得分
气味	具有甜玉米特有清香气味, 香气明显	16~20
	具有甜玉米特有清香气味, 香气不明显	10~15
	无香味, 但无异味	0~9
色泽	具有玉米本来颜色, 有光泽	16~20
	具有玉米本来颜色, 较暗、光泽不明显	10~15
	具有玉米本来颜色, 灰暗、无光泽	0~9
甜度	咀嚼时甜味明显	16~20
	咀嚼时甜味较不明显	10~15
	咀嚼时甜味不明显	0~9
适口性	籽粒脆爽、籽粒皮薄、鲜嫩感好、基本无渣	16~20
	籽粒脆爽、籽粒皮较厚、鲜嫩感较差、有渣不明显	10~15
	籽粒脆爽、籽粒皮厚、鲜嫩感差、有明显有渣	0~9
滋味	咀嚼时有较浓郁的甜香味	16~20
	咀嚼时有较淡的甜香味	10~15
	咀嚼时基本无香味, 但无异味	0~9

1.3 数据处理

所有样品均重复 3 次, 数据用平均值±标准差来表示。采用 Microsoft Office Excel 2020、Origin 2019 b 对数据进行统计分析及绘图, 利用 SPSS Statistics 26 对数据进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同漂烫方式对荆彩甜玉米传热温度曲线、可溶性糖及 V_C 含量的影响

2.1.1 不同漂烫方式对荆彩甜玉米传热温度曲线的影响 由图 1A~图 1C 可知, 在漂烫温度 85、90 和 95 ℃ 条件下, 蒸汽漂烫和水浴漂烫能够有效的传热, 表现为 0~10 min 内玉米中心温度上升速度较快, 相对于水浴漂烫, 热处理 10 min 时, 蒸汽漂烫的三种平均升温速率提高了 19.70%、15.31% 和 15.90%, 而蒸汽漂烫温度(90、95 ℃)间无显著差异($P>0.05$)。

2.1.2 不同漂烫方式对荆彩甜玉米可溶性糖含量和 V_C 含量的影响 由图 2 可知, 漂烫处理会引起荆彩甜玉米可溶性糖和 V_C 含量的损失。对于蒸汽漂烫, 在漂烫处理 20 min 时, 三种漂烫温度对应的可溶性糖的保留率分别为 71.11%~70.11%(图 2A~图 2C), V_C 含量的保留率分别为 56.67%~51.67%(图 2D~图 2F), 漂烫温度间无显著差异($P>0.05$); 水浴漂烫处理可溶性糖和 V_C 含量损失增加, 可溶性糖的保留

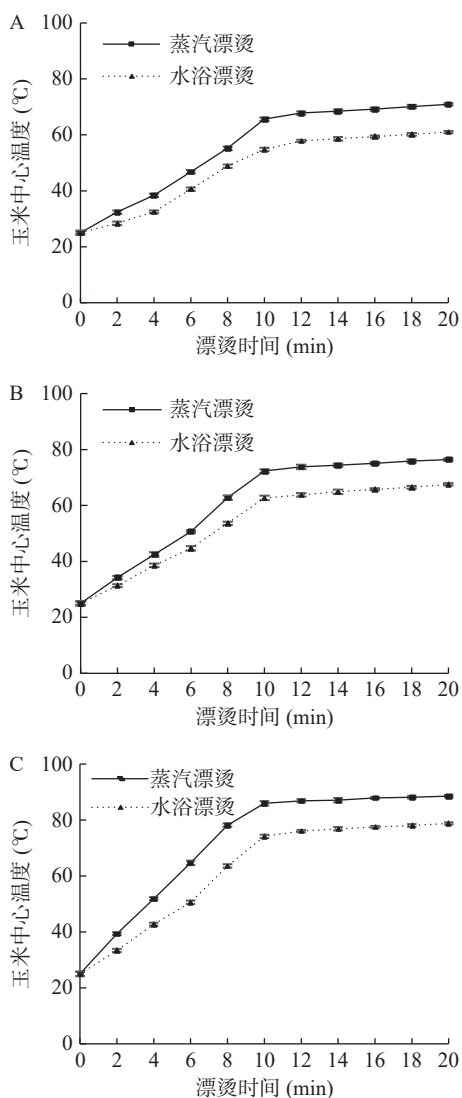


图1 不同漂烫方式对荆彩甜玉米传热温度曲线的影响

Fig.1 Effects of different blanching methods on heat transfer temperature curves of Jingcai sweet corn

注: A 漂烫温度 85 °C; B 漂烫温度 90 °C; C 漂烫温度 95 °C。

率分别为 64.44%~58.89%(图 2A~图 2C), V_C 含量的保留率分别为 53.33%~44.17%(图 2D~图 2F), 漂烫温度间有显著差异($P<0.05$)。结果表明蒸汽漂烫更有利于保留玉米的营养成分,这是由于在水浴漂烫过程中,荆彩甜玉米的营养成分会溶于热水中,增加营养成分的溶出率,从而使营养物质部分流失^[25]。研究结果表明蒸汽漂烫可以有效减少荆彩甜玉米在漂烫过程中营养成分的损失,结合玉米传热温度曲线(图 1)。因此,后续研究采用蒸汽漂烫作为热处理方式,并优化其工艺参数。

2.2 蒸汽漂烫时间对荆彩甜玉米过氧化物酶和多酚氧化酶的影响

多酚氧化酶是一种在植物体内广泛存在的氧化还原酶,而过氧化物酶是多数果蔬中最耐热的酶之一,因此被用作漂烫处理的评价标准^[26]。由图 3A、图 3B 可知,随着漂烫时间延长,荆彩甜玉米过氧化物酶和多酚氧化酶活性显著下降($P<0.05$),其中在漂烫时间 10 min 时,可以分别引起 68.12% 和 77.70% 的酶活力丧失;在随后的热处理中,仍然可以导致酶失活,但是速率缓慢。经研究表明,过氧化物酶和多酚氧化酶的活性低于 30%,基本不会引起酶促褐变反应^[27-28],综合评价,确定蒸汽漂烫时间为 10 min,此时可以有效钝化荆彩甜玉米中的过氧化物酶和多酚氧化酶,从而控制酶促褐变反应。

2.3 蒸汽漂烫温度对荆彩甜玉米色泽的影响

蒸汽漂烫温度对荆彩甜玉米色泽的影响见表 2。

表 2 蒸汽漂烫温度对荆彩甜玉米色泽的影响

Table 2 Effects of steam blanching temperature on the color of Jingcai sweet corn

漂烫温度(°C)	漂烫时间(min)	L^*	a^*	b^*
0	0	80.64±0.08 ^d	-3.18±0.10 ^a	25.22±0.10 ^c
85	10	82.82±0.10 ^c	-3.16±0.08 ^a	25.46±0.04 ^c
90	10	83.31±0.12 ^b	-3.22±0.10 ^b	28.22±0.10 ^b
95	10	84.62±0.05 ^a	-3.56±0.05 ^c	33.30±0.06 ^a

注: 同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$); 表 3 同。

由表 2 可知,蒸汽温度对荆彩甜玉米色泽均有显著性变化($P<0.05$),尤其是决定荆彩甜玉米褐变程度的亮度 L^* 值和黄度 b^* 值变化明显。此外,在相同漂烫时间条件下,随着漂烫温度升高,荆彩甜玉米 L^* 值呈上升趋势,这是由于经过热处理,荆彩甜玉米组织中的空气被排出,组织更加透明,完整的叶绿体组织受热被破坏,使得漂烫处理后的颜色发生变化^[29]。总体上,漂烫温度为 95 °C,处理时间为 10 min 时,荆彩甜玉米的 L^* 值较高为 84.62;同时 b^* 值较大为 33.30。结果表明 95 °C,漂烫 10 min 可以有效地保留荆彩甜玉米色泽。

2.4 蒸汽漂烫温度对荆彩甜玉米质构特性及感官评价的影响

蒸汽漂烫温度对荆彩甜玉米质构特性及感官评价结果见表 3。

由表 3 可知,基于蒸汽漂烫,处理时间为 10 min,三种漂烫温度处理后的荆彩甜玉米的硬度、粘附性、

表 3 蒸汽漂烫温度对荆彩甜玉米质构特性及感官评价的影响

Table 3 Effects of steam blanching temperature on texture profile analysis and sensory evaluation of Jingcai sweet corn

漂烫温度(°C)	硬度(N)	粘附性(N.mm)	内聚性(Ratio)	弹性(mm)	咀嚼性(mJ)	感官评分(分)
0	20.06±0.45 ^d	0.04±0.12 ^c	0.12±0.01 ^a	2.01±0.06 ^d	10.02±0.12 ^c	70
85	22.24±1.32 ^c	0.10±0.06 ^b	0.18±0.02 ^a	2.36±0.12 ^c	10.44±1.66 ^c	85
90	25.99±0.86 ^b	0.14±0.08 ^b	0.18±0.02 ^a	2.85±0.04 ^b	12.09±0.85 ^b	89
95	28.03±0.58 ^a	0.22±0.15 ^a	0.18±0.02 ^a	3.29±0.18 ^a	16.88±1.30 ^a	93

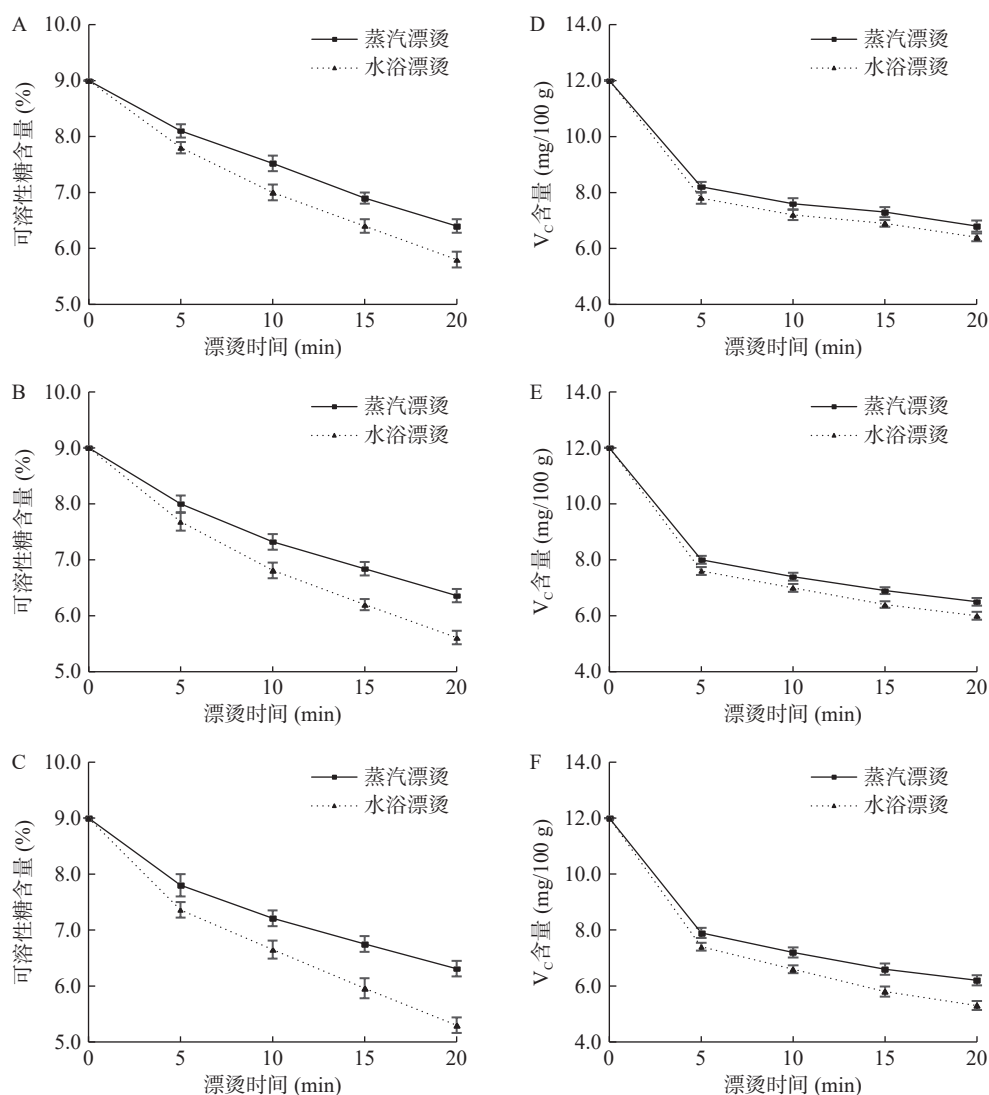
图2 不同漂烫方式对荆彩甜玉米可溶性糖含量和V_C含量的影响

Fig.2 Effects of different blanching methods on soluble sugar and Vitamin C contents of Jingcai sweet corn

注: A、D 漂烫温度 85 °C; B、E 漂烫温度 90 °C; C、F 漂烫温度 95 °C。

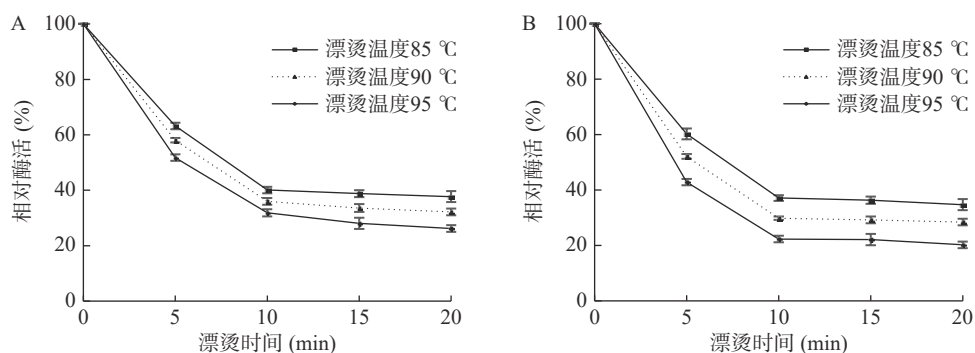


图3 蒸汽漂烫时间对荆彩甜玉米过氧化物酶和多酚氧化酶活性的影响

Fig.3 Effects of steam blanching time on the activities of peroxidase and polyphenoloxidase in Jingcai sweet corn

内聚性、弹性和咀嚼性均有显著性变化($P<0.05$),随着漂烫温度的升高,荆彩甜玉米的硬度、弹性和咀嚼性呈上升趋势,这是由于当温度过高时,荆彩甜玉米内部的水分开始蒸发,体积急剧膨胀,玉米籽粒受损导致硬度、弹性和咀嚼性呈上升的趋势^[30]。当漂烫温度为 95 °C 时,荆彩甜玉米的硬度、弹性、咀嚼性及感官评分较高,分别为 28.03 N、3.29 mm、16.88 mJ

和 93 分,研究结果表明在漂烫温度 95 °C 条件下漂烫,可以有效地保留荆彩甜玉米的质构特性和感官品质。

3 结论

本研究以可溶性糖和 V_C 含量为营养指标,以过氧化物酶和多酚氧化酶为生物活性指标,以色泽为外观指标,并结合质构特性和感官评价为品质指标,筛

选获得荆彩甜玉米漂烫方式为蒸汽漂烫,处理时间为10 min,处理温度为95℃时,不仅能够钝化过氧化物酶和多酚氧化酶活性,还能保留荆彩甜玉米营养品质及色泽,实现了鲜食荆彩甜玉米漂烫的目的。研究成果为荆彩甜玉米采收后的漂烫处理方法提供理论参考。

参考文献

- [1] 李令金,李才明,班霄逢,等.从加工视角关注玉米产业链中的相关环节[J].江苏农业科学,2020,48(17):47-53. [LI L J, LI C M, BAN X F, et al. Focus on the relevant links in the corn industry chain from the perspective of processing[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2020, 48(17): 47-53.]
- [2] 任梦云,杜龙岗,王美兴,等.甜玉米可溶性糖组分特征及其采后降解规律分析[J].分子植物育种,2022,20(16):5408-5414. [REN M Y, DU L G, WANG M X, et al. Analysis on the characteristics of soluble sugar components in sweet corn and its degradation during postharvest storage[J]. Molecular Plant Breeding, 2022, 20(16): 5408-5414.]
- [3] BECERRA S F, TAYLOR G. Reducing post-harvest losses and improving quality in sweet corn (*Zea mays* L.): Challenges and solutions for less food waste and improved food security[J]. Food and Energy Security, 2021, 10(3): 2.
- [4] 时文林,赵雅琦,闫志成,等.不同预冷方式对甜玉米储藏品质的影响[J].食品科学,2022,43(15):218-226. [SHI W L, ZHAO Y Q, YAN Z C, et al. Effects of different precooling methods on storage quality of sweet corn[J]. Food Science, 2022, 43(15): 218-226.]
- [5] 范东翠,张慧,王玉川,等.不同预处理对甜玉米粒干燥品质的影响[J].食品与生物技术学报,2014,33(11):1154-1159. [FAN D C, ZHANG M, WANG Y C, et al. Effects of different pretreatments on the quality of dried sweet corn kernels[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2014, 33(11): 1154-1159.]
- [6] SZYMANEK M. Effects of blanching on some physical properties and processing recovery of sweet corn cobs[J]. Food Bioprocess Technology, 2011, 4(7): 1164-1171.
- [7] 康三江,张永茂,张海燕,等.漂烫对速冻苹果丁过氧化物酶活性及品质的影响[J].食品工业科技,2015,36(23):333-338. [KANG S J, ZHANG Y M, ZHANG H Y, et al. Effect of blanching on peroxidase activity and the qualities of quick-freezing apple cubes[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(23): 333-338.]
- [8] 马玉芯,何余堂,袁丹丹,等.热烫前处理对鲜食玉米贮藏过程中保鲜品质的影响[J].食品工业科技,2018,39(12):279-283. [MA Y X, HE Y T, YUAN D D, et al. Effects of blanching pretreatment on fresh corn quality during storage period[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(12): 279-283.]
- [9] 陈伟.速冻玉米加工技术与品质研究[D].南京:南京农业大学,2012. [CHEN W. The research on the frozen corn processing technology and quality[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012.]
- [10] 王楠,侯旭杰.新型加热技术在食品加工中的应用及其研究进展[J].食品研究与开发,2019,40(4):209-215. [WANG N, HOU X J. Application of new heating technology and its research progress[J]. Food Research and Development, 2019, 40(4): 209-215.]
- [11] 周亚军,殷涌光,王淑杰,等.食品欧姆加热技术的原理及研究进展[J].吉林大学学报,2004,8(2):324-329. [ZHOU Y J, YIN Y G, WANG S J, et al. Mechanism and research progress of food ohmic heating technology[J]. Journal of Jilin University, 2004, 8(2): 324-329.]
- [12] BHAT S, SAINI C S, SHARMA H K. Changes in total phenolic content and color of bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) juice upon conventional and ohmic blanching[J]. Food Science and Biotechnology, 2017, 26(1): 29-36.
- [13] 郑绍虎,方成刚,姚文华.甜糯玉米加工工艺研究的探讨[J].南方农机,2018,49(22):11-12. [ZHENG S H, FANG C G, YAO W H. Study on processing technology of sweet waxy corn[J]. China Southern Agricultural Machinery, 2018, 49(22): 11-12.]
- [14] SZYMANEK M, DZIWULSKA H A, TANAS W. Influence of blanching time on moisture, sugars, protein, and processing recovery of sweet corn kernels[J]. Processes, 2020, 8(3): 340-344.
- [15] 刘春菊,刘春泉,李大靖,等.即食玉米加工工艺参数的优化[J].西北农业学报,2010,19(6):201-206. [LIU C J, LIU C Q, LI D J, et al. Optimization of processing technological parameters for ready-to-eat corn[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2010, 19(6): 201-206.]
- [16] 张旭,冯瑞光,邵凤武.鲜食糯玉米速冻工艺研究[J].农产品加工,2011(4):76-77. [ZHANG X, FENG R G, SHAO F W. Study on quick freezing technology of fresh glutinous corn[J]. Farm Products Processing, 2011(4): 76-77.]
- [17] 李晓旭,李家政.优化蒽酮比色法测定甜玉米中可溶性糖的含量[J].保鲜与加工,2013,13(4):24-27. [LI X X, LI J Z. Determination of soluble sugar in sweet corn by optimized anthrone colorimetry[J]. Storage and Process, 2013, 13(4): 24-27.]
- [18] 姜绍通,罗志刚,郑志,等.甘薯加工过程酶促褐变及控制研究[J].农业工程学报,2007,17(2):36-40. [JIANG S T, LUO Z G, ZHENG Z, et al. Study on enzymatic browning and control of sweet potato during processing[J]. Transactions of the Society of Agricultural Engineering, 2007, 17(2): 36-40.]
- [19] 谢征芸,谢杨,庄萌,等.不同处理方式对余甘子果多酚氧化酶和过氧化物酶活性的影响[J].现代食品,2019,45(19):132-137. [XIE Z Y, XIE Y, ZHUANG M, et al. Effects of different treatments on polyphenol oxidase and peroxidase activities in phyllanthus emblica fruit[J]. Modern Food, 2019, 45(19): 132-137.]
- [20] 鲍琳,袁玉超.烫漂及冻藏时间对速冻香椿品质的影响[J].食品科技,2007(9):76-78. [BAO L, YUAN Y C. Effect of blanching and freezing storage time on the quality of quick-frozen *Toona sinensis* [J]. Food Science and Technology, 2007(9): 76-78.]
- [21] 王琰,顾佳缘,杨恒,等.储藏过程中稻谷 β -胡萝卜素含量及色度变化[J].中国粮油学报,2019,34(5):83-89. [WANG Y, GU J Y, YANG H, et al. Changes of β -carotene content and color of rice during storage[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2019, 34(5): 83-89.]
- [22] 舒娜,汪蓓,欧阳珂,等.绿茶加工中主要脂溶性色素变化及其对茶叶色泽品质的影响[J].食品与发酵工业,2021,47(10):170-177. [SHU N, WANG B, OU Y K, et al. Variation of main lipophilic pigments and its influence on color quality during the process of green tea[J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(10): 170-177.]
- [23] 牛丽影,沈凌雁,刘春菊.鲜食玉米质构特性分析[J].食品研究与开发,2020,41(12):48-53. [NIU L Y, SHEN L Y, LIU C J. Analysis of texture characteristics of fresh corn[J]. Food Research and Development, 2020, 41(12): 48-53.]
- [24] 张大力,张海霞,闵伟,等.鲜食玉米物性测定及食用温度研

- 究[J]. 食品科学, 2011, 32(9): 111–113. [ZHANG D L, ZHANG H Y, MIN W, et al. Study on physical properties and edible temperature of fresh corn[J]. Food Science, 2011, 32(9): 111–113.]
- [25] BINGOL G, WANG B, ZHANG A, et al. Comparison of water and infrared blanching methods for processing performance and final product quality of french fries[J]. *Journal of Food Engineering*, 2014, 121: 135–142.
- [26] ZHONG K, WU J H, WANG Z F, et al. Inactivation kinetics and secondary structural change of pectinase and polyphenoloxidase[J]. *Food Chemistry*, 2007, 100(1): 115–123.
- [27] LEE Y C, HAMMES J K. Heat inactivation of peroxidase in corn on the cob[J]. *Trends in Food Science and Technology*, 2009, 44(3): 785–787.
- [28] HONG Z, LU H. Effect of microwave pretreatment on the kinetics of ascorbic acid degradation and peroxidase inactivation in different parts of green asparagus during water blanching[J]. *Food Chemistry*, 2011, 128(4): 1087–1093.
- [29] SEVERINI C, GIULIANI R, FILIPPIS A, et al. Influence of different blanching methods on colour, ascorbic acid and phenolics content of broccoli[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2016, 53(1): 501–510.
- [30] 毕家钰, 郑炯. 低温漂烫对芦笋酶活、质构特性和色泽的影响[J]. *食品研究与开发*, 2017, 38(6): 15–20. [BI J Y, ZHENG J. Effects of low temperature blanching processing on the enzyme activity, texture and color for asparagus[J]. *Food Research and Development*, 2017, 38(6): 15–20.]