

微波烫漂对速冻怀山药品质的影响

李 瑜, 郑 磊, 詹丽娟, 司志敏

(河南农业大学食品科学技术学院, 河南 郑州 450002)

摘 要: 采用不同的微波烫漂水平处理怀山药, 通过测定过氧化物酶活性、多酚氧化酶活性、失重率、可溶性固形物含量和游离氨基酸总量 5 项指标, 研究微波烫漂对速冻怀山药品质的影响。同时对护色剂处理、热水烫漂、微波烫漂 3 种不同处理条件下怀山药解冻后的硬度、质地以及感官特性进行比较。结果表明: 微波烫漂怀山药短时间内即可达到灭酶效果, 而且营养成分损失少, 解冻后品质较好。最佳的微波功率及相应的处理时间为 407.6W 和 60s。

关键词: 怀山药; 微波烫漂; 酶; 速冻

Effect of Microwave Blanching on Quality of Quick-frozen Chinese Yam

LI Yu, ZHENG Lei, ZHAN Li-juan, SI Zhi-min

(College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The effect of microwave blanching at various levels on the quality of quick-frozen Chinese yam was explored by determining peroxidase activity, polyphenol oxidase activity, weight loss rate, soluble solid content, total free amino acid content and sensory evaluation analysis. A comparative study was also conducted to analyze the hardness, texture and sensory characteristics of Chinese yam treated by color-preserving reagents, hot water blanching and microwave blanching. The results indicated that microwave blanching could result in satisfactory inactivation effect on enzyme activities with less nutritional component loss within short treatment time and provide better quality of quick-frozen Chinese yam. The optimal blanching condition was microwave treatment at 407.6 W for 60 s.

Key words: Chinese-yam; microwave blanching; enzyme; quick frozen

中图分类号: TS255.5

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)17-0100-05

山药为薯蓣科植物的块茎, 以古怀庆府(今河南省焦作市温县、沁阳市、武陟县等沿沁河一带)为我国道地产区, 习称怀山药^[1]。怀山药自古以来就是我国著名的中药材, 中医药学上用作益精气、健脾胃、补肺肾药。怀山药主要成分有: 山药素、尿囊素、植酸、盐酸多巴胺、16 种氨基酸、黏液汁、淀粉、糖蛋白、胆甾醇、 β -谷甾醇等活性成分, 此外还含有碘、磷、钙等多种无机元素, 具有防止高血脂、调理肠胃、降血糖、增强机体免疫力、延缓衰老、消炎抑菌等保健作用^[2-3]。我国怀山药种植面积广泛, 但不宜长期贮存, 每年冬季怀山药因霉变等损失高达 50% 以上。目前, 我国怀山药加工主要是干制后作为药材, 而作为食品主要作为蔬菜烹调食用, 加工产品很少。近年来, 我国果蔬速冻工艺技术有了许多重大的发展, 与其他加工贮藏

方法相比, 速冻能更好保持果蔬原有的色泽、风味和营养价值, 且食用方便, 可满足一年四季的需求^[4]。怀山药中含有多酚类物质, 在加工过程中容易在氧化酶的催化作用下发生褐变, 严重影响产品的品质和风味^[5-6]。因此, 在怀山药加工预处理过程中, 抑制氧化酶的活性显得非常重要, 而在这个过程中不可避免的会造成山药中营养保健成分的损失。常规的烫漂手段主要是采取热水或蒸汽等方式, 然而, 经热处理后不但营养成分损失严重而且易导致怀山药软烂破碎。利用微波技术烫漂怀山药能很好地克服热处理的不足。本实验采用微波烫漂怀山药, 对微波烫漂时间和微波功率进行探讨, 旨在找出使氧化酶活性充分钝化, 而又尽可能减少怀山药中营养保健成分损失的方法, 为怀山药的加工提供参考。

收稿日期: 2011-06-08

作者简介: 李瑜(1976—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为果蔬贮藏保鲜与深加工。E-mail: liyuliyu76@163.com

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

怀山药 河南省焦作市武陟县。

抗坏血酸、柠檬酸为食品级；邻苯二酚、愈创木酚、三氯乙酸、氯化铁、冰醋酸、甲醛、邻苯二甲酸氢钾、酚酞为分析纯。

1.2 仪器与设备

EG720FA5-NS 美的微波炉 广东美的微波炉制造有限公司；分析天平 美国奥豪斯公司；Delta 320 pH 计 瑞士梅特勒-托利多公司；Neofuge 23R 台式高速冷冻离心机 力康发展有限公司；T6 新世纪紫外-可见分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司；HH-501 数显恒温水浴锅 金坛市杰瑞尔电器有限公司；HLSY-2 小型速冻机 郑州亨利制冷设备有限公司。

1.3 工艺流程

原料验收→清洗→整理→去皮→切分→护色液浸泡→微波烫漂→冷却→速冻→包装→冻藏→解冻

1.4 操作要点

将清洗干净的山药去皮，迅速浸入质量分数为 0.2% 抗坏血酸和 0.6% 柠檬酸混合液中护色处理 10min，然后用切片机将怀山药切成 $2\text{cm} \times 2\text{cm}$ 大小的段，迅速再次浸入上述护色液处理 20min。清洗怀山药段表面护色液并沥干水分后（置于微波炉专用盒）放入微波炉中，加 5mL 蒸馏水防止怀山药段在微波场中焦化和脱水。怀山药烫漂后应立即冷却。将微波烫漂的怀山药先放入 20°C 的水中，再放入制好的冰水混合物中，使怀山药温度降至 10°C 以下。经冷却后的怀山药立即进行沥水，以防止残留水在速冻过程中刺破怀山药组织而影响风味和外观。采用单体速冻机进行速冻，冷风温度为 -40°C ，风速为 $3.0\sim 6.0\text{m/s}$ ，15min 内使怀山药中心温度降至 -18°C 以下。采用 0.1mm 的聚乙烯(PE)塑料薄膜袋，包装速度要快，整体过程不得超过 15min。包装好的怀山药迅速放入冷库 (-18°C) 中贮藏，库温保持恒定。分别取不同处理条件下冻藏 1 个月后的速冻怀山药以 287.4W 微波加热解冻，每隔 10s 测一次中心温度，以 0°C 为最终解冻温度。

1.5 微波实际功率测定

本实验室所用微波炉频率为 2450MHz，由于微波炉的额定功率和实际加热功率存在差异，因此进行了微波加热功率的测定。用带盖的容器装 1000mL 的去离子水在不同的功率下加热 2min，水的初温不应超过 200°C ，以避免加热 2min 后水分蒸发，影响结果^[9]。按式(1)计算功率。

$$P = \frac{(t_2 - t_1) \times c \times m}{t} \quad (1)$$

式中：P 为微波炉实际功率 /W； t_1 为去离子水最

终温度 / $^\circ\text{C}$ ； t_2 为去离子水最初温度 / $^\circ\text{C}$ ；c 为去离子水比热容 $4.19\text{J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ ；m 为去离子水质量 /g；t 为热处理时间 /s。

经计算可知，实验室的微波炉功率范围为 $87.2\sim 522.8\text{W}$ 。

1.6 指标测定方法

1.6.1 多酚氧化酶活性测定

采用比色法^[7]测定。称取 5g 山药样品，置于研钵中，加入 pH6.0 的 0.2mol/L 磷酸缓冲溶液 10mL，在冰浴条件下研磨成匀浆，于 4°C 、12000r/min，冷冻离心 30min，收集上清液即为多酚氧化酶提取液，低温保存备用。吸取磷酸缓冲液 1.5mL，加入 1mL 0.02mol/L 的邻二苯酚，先于 40°C 保温 10min，再加入 1mL 酶提取液，同时立即开始计时。将反应混合液倒入比色杯中，置于分光光度计样品室中，以蒸馏水为参比，每 30s 时测定并记录波长 410nm 处吸光度，连续测定至少获取 10 个点的的变化。重复 3 次。酶活力以每分钟吸光度值变化 0.001 为一个单位($U_{410\text{nm}}/\text{g}$)。

1.6.2 过氧化物酶活性测定

采用比色法^[7]测定。取一支试管加入 2mL 25mmol/L 愈创木酚溶液和 0.5mL 按 1.3.1 节方法提取的酶液(记录吸光度时变化过大可以适当稀释)，再加入 200 μL 0.5mol/L H_2O_2 溶液，并迅速混合启动反应，同时立即开始计时，将反应混合液倒入比色杯中，置于分光光度计样品室中。以蒸馏水为参比，每 30s 时测定并记录波长 470nm 处吸光度，连续测定至少取 10 个点的的变化。重复 3 次。酶活力以每分钟吸光度值变化 0.001 为一个单位($U_{470\text{nm}}/\text{g}$)。

1.6.3 质量损失率测定

采用称质量法测定。怀山药段微波处理前称质量，微波处理后冷却，称质量。质量损失率按式(2)计算。

$$\text{质量损失率}\% = \frac{\text{微波处理前质量/g} - \text{微波处理后质量/g}}{\text{微波处理前质量/g}} \times 100 \quad (2)$$

1.6.4 可溶性固形物含量的测定

采用折光法测定。称取 5g 怀山药放入研钵磨碎，于 4000r/min 离心 10min，用手持折光仪进行测定。

1.6.5 游离氨基酸总量测定

采用甲醛滴定法^[8]。称取 1.0g 怀山药，置于研钵中，加入 5.0mL 10% 的乙酸溶液，研磨匀浆后，转移到 100mL 容量瓶中，用蒸馏水稀释、定容至刻度，混匀，然后用干滤纸过滤到三角瓶中备用。吸取 1.0mL 样品滤液，置于 20mL 干燥具塞刻度试管中，加入 1.0mL 无氨蒸馏水、3.0mL 6g/L 水合茚三酮溶液、0.1mL 1g/L 抗坏血酸溶液，于 100°C 水浴中加热 15min，在 570nm 波长处测定吸光度。重复 3 次。以氨基态氮的质量为横

坐标, 吸光度为纵坐标, 绘制标准曲线, 计算出回归曲线方程为: $y=0.1528x-0.0285$, 相关系数 $R^2=0.9976$ 。以怀山药中氨基态氮的质量分数表示(%)。

1.6.6 质构分析

通过质构仪进行压缩破坏实验(TPA), 用质构仪 P 0.5 圆柱形测试探头, 测试前速度为 3mm/s, 测试速度 1mm/s, 测试后速度 3mm/s, 感应力 10g, 压缩距离为 10mm, 压缩比为 55%。

1.7 数据处理

所有实验经重复 3 次后进行统计, 用 Excel 作图并分析结果。

2 结果与分析

2.1 微波烫漂对怀山药过氧化物酶活性的影响

怀山药中含有比较丰富的酶系, 尤其是氧化酶系统。各种氧化酶中以过氧化物酶对热最稳定, 失活温度为 90℃; 多酚氧化酶的耐热性最弱, 失活温度为 70℃左右。所以一般在热烫灭酶处理中都以过氧化物酶作为指标酶之一^[10]。

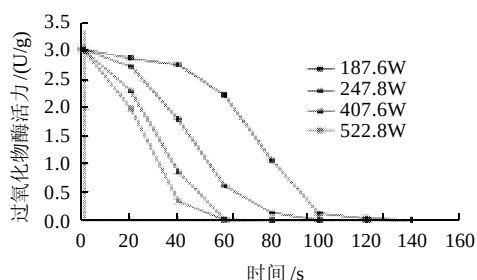


图1 微波烫漂对怀山药过氧化物酶活性的影响

Fig. 1 Effect of microwave blanching on peroxidase activity of Chinese yam

由图1可知, 随着微波烫漂时间延长和微波输出功率增大, 过氧化物酶活性迅速降低。在微波 247.8W 功率条件下, 处理 60s 后, 过氧化物酶活力下降 76.72%, 在 407.6W 功率条件下, 下降 97.69%, 在 522.8W 下条件, 下降 99.71%。微波烫漂 120s 后, 4 种微波输出功率下, 过氧化物酶均已基本失活。微波穿透性强, 使怀山药迅速被加热, 微波作用于怀山药时, 蛋白质分子的热运动加剧, 导致蛋白分子空间结构破坏, 使得怀山药过氧化物酶活力降低^[11-12]。低微波输出功率下, 怀山药的多糖-蛋白质复合体对怀山药过氧化物酶具有保护作用; 随着微波输出功率增加, 怀山药的多糖-蛋白质复合体解体破坏, 保护作用的丧失, 微波输出功率对怀山药过氧化物酶活力的影响更加显著。

2.2 微波烫漂对怀山药多酚氧化酶活性的影响

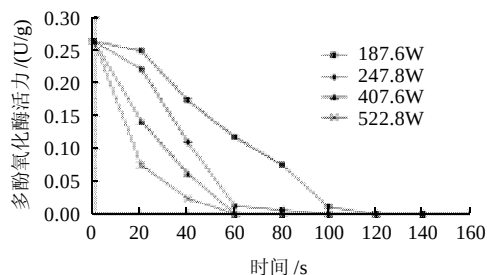


图2 微波烫漂对怀山药多酚氧化酶活性的影响

Fig. 2 Effect of microwave blanching on polyphenol oxidase activity of Chinese yam

多酚氧化酶是一类能催化多酚类物质氧化成醌类物质的含铜质体金属酶, 也是引起酶促褐变的主要酶之一。但该酶的耐热性比过氧化物酶要弱^[13]。由图2可知, 随着微波功率增大和微波处理时间延长, 多酚氧化酶活性迅速下降; 在微波 407.6W 功率下, 处理 60s 后, 多酚氧化酶活性下降至 2.63%, 在 522.8W 条件下, 下降至 0.96%, 微波功率越大, 下降速度越快, 与过氧化物酶的趋势基本相同。微波处理 100s 后, 怀山药中多酚氧化酶已完全失去活性。微波烫漂山药时, 在高频电磁场作用下, 怀山药中的极性分子(水分子等)成为吸收微波的最好介质, 这些极性分子从原来的随机分布状态, 转为按照电场的极性排列取向, 这一过程促使分子运动和相互摩擦, 使分子的热运动加剧, 温度升高后使蛋白质、核酸等变性, 从而失去生物活性, 使酶失活^[14-15]。

2.3 微波烫漂对怀山药质量损失率的影响

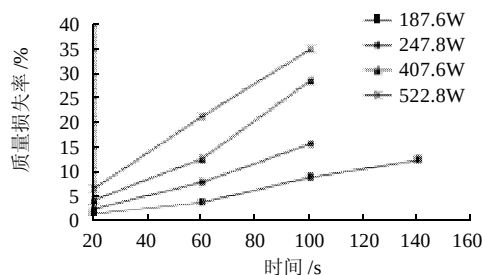


图3 微波烫漂对怀山药质量损失率的影响

Fig. 3 Effect of microwave blanching on weight loss rate of Chinese yam

质量损失率直接影响怀山药感官指标如外形、口感、营养成分含量等。由图3可知, 随着微波烫漂时间延长和微波输出功率增大, 各处理水平下的怀山药质量损失率逐渐增大。在微波 522.8W 功率条件下, 处理

表1 不同前处理的怀山药在解冻后的质构分析

Table 1 Texture analysis of quick-frozen Chinese yam with different pre-treatments after thawing

处理方式	硬度/g	脆性/g	咀嚼度/g	黏聚性	弹性	色泽
鲜样	32923.4 ± 1202.22	25593.94 ± 849.19	1560.706 ± 68.7	0.159 ± 0.009	0.298 ± 0.03	白色
护色处理	13149.13 ± 357.499	—	350.503 ± 12.55	0.057 ± 0.003	0.469 ± 0.09	白色
微波烫漂	39936.52 ± 331.4	30397.51 ± 1050.26	369.868 ± 16.29	0.17 ± 0.017	0.361 ± 0.13	微黄
热水烫漂	20678.72 ± 695.69	—	1046.21 ± 49.69	0.132 ± 0.02	0.383 ± 0.07	微黄

注：—，未测出。

60s，在407.6W功率条件下，处理80s，怀山药质量损失率高达20%以上，水分流失严重，感官变劣，已无食用和生产价值。高功率微波作用下，水分子运动加剧，组织结构发生改变，持水力不断下降，使吸附水与结合水被释放出来，蒸发速度更快，质量损失率也更大。因此，在烫漂过程中，为了尽可能保持怀山药原有的感官品质和减少营养保健成分的损失，要尽可能降低微波功率和缩短热处理时间。

2.4 微波烫漂对怀山药可溶性固形物含量的影响

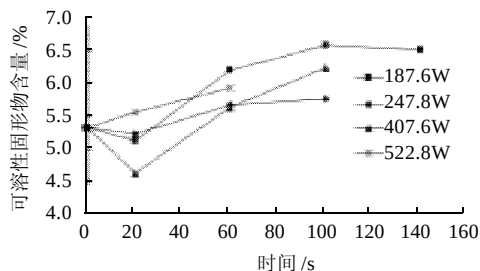


图4 微波烫漂对怀山药可溶性固形物含量的影响(以鲜质量计)

Fig. 4 Effect of microwave blanching on soluble solid content of Chinese yam

怀山药具有很高的滋补营养价值，在烫漂过程中要尽量减少黏液蛋白、山药多糖、无机盐等保健成分的损失^[16-17]。由图4可知，在0~20s内，随着微波烫漂时间延长和微波输出功率增大，怀山药可溶性固形物含量基本呈略下降趋势；在20s之后，可溶性固形物含量逐渐上升。微波处理100s时，微波187.6W功率条件下怀山药可溶性固形物含量增加了22.06%，在407.6W条件下增加了17.39%，可能与微波的特殊效应有关，微波遇到不同的介质体系时进行各种形式的能量转换，体系吸收微波能量后进行一系列的物理化学反应，从而产生一定效应，致使非溶性大分子变成可溶性小分子，使可溶性固形物含量相对增大。这与有些学者研究山药热水烫漂处理中固形物含量的变化趋势完全不同^[10]。关于其作用机理还有待于进一步探讨。

2.5 微波烫漂对怀山药游离氨基酸总量的影响

由图5可知，随着微波烫漂时间延长和微波输出功率增大，怀山药游离氨基酸总量呈略增大趋势。在处

理时间100s时，微波552.8W功率处理条件下怀山药游离氨基酸质量分数增加了38.89%，微波407.6W功率和微波247.8W功率处理条件下分别增加了8.92%和8.17%，其原因可能是微波的热力效应及非热力效应导致部分蛋白质分解为氨基酸，由于微波炉内微波场分布不均匀，使蛋白质分解不均匀。游离氨基酸总量的提高增强了怀山药营养保健成分的含量，利于人体吸收利用^[17]。

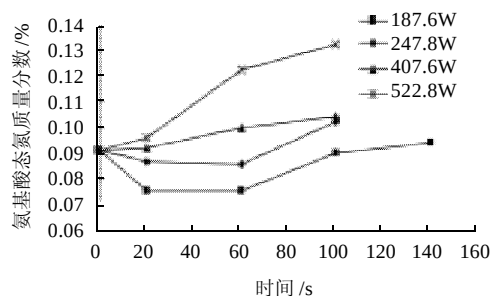


图5 微波烫漂对怀山药游离氨基酸总量的影响(以鲜质量计)

Fig. 5 Effect of microwave blanching on total free amino acid of Chinese yam

2.6 不同前处理的怀山药在解冻后品质变化的对比

处理方式不同，怀山药解冻后质地及感官品质差别很大。从表1可知，微波烫漂处理的怀山药解冻后硬度和脆性明显比鲜样、护色处理(质量分数为0.2%抗坏血酸、0.6%柠檬酸、0.6%氯化钠、0.3%氯化钙浸泡护色30min)和热烫处理(90℃热水烫漂2min)的大，而使咀嚼度较低。可能是水吸收微波能量比较快，对于受热而言，吸收的影响大于穿透的影响，所以部分区域吸收热量多，在此区域形成过热效应，引起部分蛋白质的变性，也可能跟解冻的方式和时间有关^[18-19]。

3 结论

在速冻怀山药处理过程中，护色剂处理并不能长期有效地抑制酶的活性，因此酶的钝化就显得相当重要，否则在冻藏过程中会发生褐变，影响其品质。采用微波烫漂处理组合(407.6W和60s)烫漂长2cm、直径2cm的怀山药段较好，微波烫漂处理怀山药短时间内即可有效地钝化酶类，而且营养成分损失少，解冻后品质状态

良好并能很好的直接反应速冻怀山药的货架期。微波烫漂技术在食品加工业有着极大的发展空间。

参考文献:

- [1] 吴克宁, 周小果, 刘超良, 等. 土壤对地道怀山药品质的影响[J]. 土壤通报, 2006, 37(6): 1098-1101.
- [2] 白冰, 李明静, 王勇, 等. 怀山药化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(11): 1272-1274.
- [3] 王震宙, 黄绍华. 山药中的功能保健成分及其在食品加工中的应用[J]. 食品工业, 2004(4): 51-52.
- [4] 彭丹, 邓洁红, 谭兴和, 等. 果蔬速冻保鲜技术研究进展[J]. 保鲜与加工, 2009, 9(2): 5-9.
- [5] OMIDIJI O, OKPUZOR J C. Time course of PPO-related browning of yams[J]. J Sei Food Agric, 1996, 70: 15-16.
- [6] CHILAKA F C, EZE S, ANYADIEHWU C, et al. Browning in processed yams: peroxidase or polyphenol oxidase[J]. Sei Food Agric, 2002, 82: 899-903.
- [7] 曹建康. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- [8] 高向阳. 食品分析与检验[M]. 北京: 中国计量出版社, 2010: 165-166.
- [9] 齐绘芳. 银鱼休闲食品的开发[D]. 无锡: 江南大学, 2006.
- [10] 龚吉军, 李忠海, 钟海雁. 速冻山药预处理工艺研究[J]. 冷饮与速冻食品工业, 2006, 12(4): 19-21.
- [11] 刘勇, 马海乐, 黎海珍. 小麦胚微波灭酶研究[J]. 粮油食品科技, 2005, 13(3): 19-21.
- [12] MATSUIA K N, GRANADO B L M, OLIVEIRAC P V, et al. Peroxidase and polyphenoloxidase thermal inactivation by microwaves in green coconut water simulated solutions[J]. LWT, 2007, 40: 852-859.
- [13] 樊黎生, 邱雁临, 李冬生, 等. 山药综合加工技术[J]. 食品科学, 1997, 8(12): 61-63.
- [14] 韩清华, 李树君, 马季威, 等. 微波真空干燥膨化苹果脆片的研究[J]. 农业机械学报, 2006, 37(8): 155-158; 167.
- [15] DINCERA B, COLAKA A, AYDIN B N, et al. Haracterization of polyphenoloxidase from medlar fruits[J]. Food Chemistry, 2002, 77 (1): 1-7.
- [16] 曹卫华, 夏红. 速冻山药的加工工艺[J]. 食品研究与开发, 2004, 25 (1): 83-84.
- [17] 韩涛, 李丽萍, 艾启俊. 漂烫对蔬菜果实质地的影响及低温漂烫作用的机理[J]. 食品工业科技, 2003, 24(2): 89-92.
- [18] LEE J K, PARK J Y. Rapid thawing of frozen pork by 915MHz microwave [J]. Korean Food Sci &Tech, 1999, 31(1): 54-61.
- [19] 何国庆, 刘翔, 单晓敏. 速冻青花菜预处理工艺研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(5): 155-158.