

不同微波烹饪方式对白萝卜品质和风味的影响

刘忠义^{1, 2}, 李平¹, 李河², 李燕³, 韩忠²

(1. 湘潭大学化工学院食品与生物工程系, 湖南湘潭 411105) (2. 华南理工大学轻工与食品学院, 广州广东 510640) (3. 广东美的厨房电器制造有限公司, 广州佛山 528311)

摘要: 本实验研究了不同微波炉烹饪对白萝卜的 Vc、风味物质和质构的影响。白萝卜经水浴锅、变频微波炉、非变频微波炉和直喷蒸微波炉烹饪后, 以紫外分光光度法测定 Vc 含量, 以质构仪的 TPA 模式测定其脆性, 以气相色谱法测定其风味物质, 同时使用扫描电子显微镜观察白萝卜生样和处理样的微观形貌。在实验条件下, Vc、风味物质保留率基本上均呈现随温度升高和保温时间延长而降低的趋势, 即 65 °C > 75 °C > 85 °C > 95 °C。对于质构而言, 脆性值随温度升高和保温时间延长而降低, 但是部分处理样的脆性值超过相应生样。根据实验结果可知: 85 °C 保温烹饪 5 min, 水浴、变频、非变频和直喷蒸微波炉的水分保留率分别为: 92.76%、90.87%、90.31%、91.86%, 微波烹饪比水浴烹饪更容易造成白萝卜水分的丧失; 白萝卜在 85 °C~95 °C 保温烹饪 5 min 左右, 水分保留率均在 90.00% 以上, 除变频微波炉之外, 其他的 Vc 保留率均超过 60.00%; 在适当的烹饪温度和时间范围内, 非变频微波炉和直喷蒸微波炉烹饪白萝卜的效果比水浴和变频微波炉的较好。

关键词: 微波烹饪; 白萝卜; Vc; 脆性; 风味物质

文章编号: 1673-9078(2016)2-184-189

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.2.028

Effect of Different Microwave Cooking Methods on the Quality and Flavor of White Radish

LIU Zhong-yi¹, LI Ping¹, LI He², LI Yan³, HAN Zhong²

(1. College of Food and Biological Engineering, Xiangtan University, Xiangtan 411105, China) (2. School of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China) (3. Guangdong Midea Kitchen Appliances Manufacturing Co., Ltd, Foshan 523811, China)

Abstract: The effect of different microwave oven cooking methods on vitamin C (Vc), retention rate of flavor substance, and texture of white radish were studied in this experiment. After white radish samples were cooked in a water bath, an inverter microwave oven, a non-inverter microwave oven, and in a direct injection steam microwave oven, the Vc content, brittleness, and the retention rate of flavor substance were determined by ultraviolet spectrophotometry, texture profile analysis (TPA) by using a texture analyzer, and gas chromatography (GC), respectively. On the contrary, the morphologies of raw and processed white radish samples were examined using scanning electron microscope (SEM). Under the experimental conditions, the retention rates of flavor substances and Vc generally showed a downward trend along with the increase in temperature and extended heat-holding time, i.e., 65 °C > 75 °C > 85 °C > 95 °C. Texture analysis showed that the brittleness values decreased along with the increase in temperature and extended heat-holding time. However, the brittleness values of some processed samples were higher than those of the corresponding raw ones. The results obtained showed that after cooking at 85 °C for 5 min, the moisture retention rates for water bath, inverter microwave oven, non-inverter microwave oven, and direct injection steam microwave oven were 92.76%, 90.87%, 90.31%, and 91.86%, respectively, and that microwave cooking caused food moisture loss more easily than cooking in a water bath. After cooking at 85 °C and/or 95 °C for about 5 min, the moisture retention rates were above 90.00% for all, and the Vc retention rates were higher than 60.00% for all, except for the sample cooked in the inverter microwave oven. Within suitable cooking temperatures and durations, the effect of using a non-inverter microwave and a direct injection steam microwave oven to cook white radishes were better than when the water bath and inverter microwave were used.

Key words: microwave cooking; white radish; vitamin C (Vc); brittleness; flavor substances

收稿日期: 2015-04-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31301559, 21376094); 广东省科技计划项目 (2010A080403005, 2013B020311008); 华工大-美的微波食品联合研究项目; 作者简介: 刘忠义 (1965-), 博士, 教授, 主要从事食品加工研究; 通讯作者: 韩忠 (1981-), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事食品绿色加工研究

白萝卜是我国居民日常生活的常见蔬菜。它的可食性比较广泛,可以生吃凉拌,也可炒菜炖汤,亦可做成蒸糕。白萝卜富含水分和 Vc 等人体必需的营养成分,具有下气、消食、除疾润肺、解毒生津,利尿通便的功效。白萝卜很适合用水煮熟后,喝萝卜水,放点白糖,可以当做饮料饮用,对消化和养胃有很好的作用。研究表明,白萝卜具有明显的防癌抗癌作用,可以增加人体的免疫能力和抗病能力,对多种皮肤真菌有极强的抑制作用^[1]。

维生素^[2]是一类维持机体正常生理机能所必需的低分子有机化合物的总称。目前公认的维生素主要有 13 种。在维生素家族中, Vc 较为特殊,具有多种特异性和一些列的生理功能,对人体健康和食物营养价值具有较大的影响。Vc 属于水溶性热敏性物质^[2],常被用来作为衡量食物中维生素损失状况的指示剂。在白萝卜烹饪处理的过程中,会造成 Vc 不同程度的损失,同时白萝卜的感官品质也会因之而发生变化。不同烹饪方式对白萝卜中 Vc 含量影响的研究比较常见,但是对白萝卜感官品质方面的研究尚不多见。已有多篇文献表明^[3-5], 4-异硫氰基-1-甲硫基丙烷(MTB-ITC)是白萝卜中的主要风味物质,占萝卜风味总物质的 85~95%。研究主要集中在不同施肥处理^[6]以及不同品种萝卜间^[7]MTB-ITC 含量的差异,而研究萝卜风味随着烹饪温度等条件的变化情况,尚未见报道,本实验在此基础上,把这一变化结合脆性变化为萝卜烹饪处理中一项“熟”的标志提供参考。

在现有文献中,在烹饪过程中对食物温度进行实时监测,并通过相关程序控制使食物保持恒定温度的实验并不多。在不同烹饪过程中,选择合适的烹饪温度、烹饪时间和合适的烹饪工具,对于保护白萝卜中的营养成分、良好的感官品质以及节约能源有着重要的指导意义。

本实验选择水浴锅、变频微波炉、非变频微波炉和直喷蒸微波炉四种烹饪工具来烹饪白萝卜,设计 4 个烹饪温度点和 6 个保温时间段,以此对比在不同烹饪温度和烹饪时间条件下白萝卜 Vc、风味物质和物性指标(脆性)的变化。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

维生素 C 标准品(纯度≥99%)上海永叶生物科技有限公司;冰乙酸,分析纯,天津市河东区红岩试剂厂;乙二胺四乙酸二钠/EDTA 二钠,分析纯,山东临沂永安化验室;二氯甲烷,分析纯,国药集团化学

试剂有限公司;无水硫酸钠,分析纯,江苏强盛功能化学股份有限公司;固蓝 B 盐,上海酶联生物科技有限公司;有机系针头滤膜,0.22 μm, 13 mm,美瑞泰克科技(天津)有限公司;白萝卜,广州大学城菜市场。

气相色谱仪, Agilent 7820 A, 配备火焰离子检测器(FID), 美国安捷伦公司;毛细管柱 HP-5(30 m×0.25 mm ID×0.25 μm)(Agilent, USA);紫外分光光度计 UV-2550 型,日本岛津公司;光纤温度计 FOTS-DINA-2060, 美国英迪格精密仪器制造有限公司;热电偶 TASI, 苏州特安斯电子有限公司;质构仪 INSTRON 5544, 英斯特朗集团韩国首尔分公司;扫描电子显微镜 Hitachi(日立)S-3400, 日立高新技术(上海)国际贸易有限公司;水浴锅 AHYQ 501, 常州澳华仪器有限公司;离心机, JW 3021HR, 安徽嘉文仪器装备有限公司;变频微波炉 EV025LC7-NR, 非变频微波炉 EG025LC7, 直喷蒸微波炉 EW0LFC7-NB 均由广东美的厨房电器制造有限公司提供。

1.2 白萝卜的烹饪处理

白萝卜去皮,切成厚度 1.5 cm 直径 8 cm, 质量约为 60 g 的圆柱状,每一块为一个样品,共 336 个样品。每 84 个样品为一组,每组用一种烹饪方式处理,每组实验做三个平行,12 个空白对照。

①水浴煮制:恒温水浴锅加水至指定刻度线,连接电源,打开开关,设定至所需温度(65℃、75℃、85℃、95℃)。取切制规整,准确称重后的样品分别装于中号自封袋中。待水浴锅数显温度达到设定温度后,依次将盛有样品的自封袋浸没于热水中,同时在样品中插入热电偶探针以便进行实时测温,待样品中心温度达到设定温度后,分别对相应样品进行 0、1、3、5、7、9 min 的保温处理。依次取出,置于室温条件冷却 2 min,用厨房纸擦干样品表面水分,盛装于自封袋中,待测。

②变频 500 W/非变频 P50/直喷蒸微波炉蒸鸡块模式(自动菜单)烹制:取一个样品置于陶瓷盘中,放进炉腔底部陶瓷板的中心位置,同时在样品中插入光纤温度计探针以便对样品温度进行实时监测。炉腔冷态启动,待样品中心温度达到所需温度(65℃、75℃、85℃、95℃)后,通过相关程序使温度保持相应温度,即 65℃、75℃、85℃、95℃,并分别对相应样品进行 0、1、3、5、7、9 min 的保温处理。依次取出,置于室温条件冷却 2 min,用厨房纸擦干样品表面水分,盛装于自封袋中,待测。

1.3 分析方法

1.3.1 Vc 的测定

参考 GB/T 5009.159-2003 分光光度法^[8] 食品中还原型抗坏血酸的测定, 并根据实际情况对操作步骤进行适当优化。处理前后的样品均需进行 Vc 测量, 每个样品称取 40.00 g, 加同倍量的乙酸溶液(2 mol/L)于均质机内均质 1 min。匀浆经 6 层慢速滤纸过滤, 称取 2.00 g 澄清滤液于 10 mL 棕色容量瓶内, 加 0.5 mL 乙酸溶液(2 mol/L), 用水稀释至刻度, 混匀。精密吸取制备的试样溶液 2.0 mL 于 10 mL 比色管内。加 0.3 mL 乙二胺四乙酸二钠溶液(0.25 mol/L)、0.5 mL 乙酸溶液(0.5 mol/L)、1.25 mL 固蓝盐 B 溶液(2 g/L), 加水稀释至刻度, 混匀。室温(20~25 °C)放置 20 min 后, 移入 1 cm 比色皿内, 以零管为参比, 于波长 420 nm 处测量吸光度。根据试样吸光度从标准曲线上查出抗坏血酸含量。

1.3.2 质构的测定

厚度 1.5 cm 直径 8 cm, 质量约为 60.00 g 的圆柱状生样和处理样分别进行质构测量。选择距离样品边缘二分之一半径处为测量点, 探针从垂直于半径方向刺入, 每个样品 12 个测量点。采用质构仪 TPA 模式, 选用直径为 3.5 mm 的圆柱形探针, 压力元件为 5 N, 每次实验刺入的深度为 8 mm, 探针以 5 mm/s 的速度匀速下移。计算机自动采集刺入力, 刺入深度和刺入时间, 并得到函数曲线, 第一次压缩过程中产生破裂现象时出现的第一个峰值即为脆性值^[9]。

1.3.3 风味物质的测定

1.3.3.1 样品预处理

利用食品破碎机将处理后的白萝卜样品约 50 g 绞碎, 经两层纱布过滤后, 用移液管量取 3.0 mL 滤液于离心管中, 加入 5.0 mL 二氯甲烷, 混匀之后在 3000 r/min 下离心 10 min; 取下层溶液转移到试管中, 向其中加入适量无水硫酸钠, 除去水分; 取上清液经 0.22 μm 有机滤膜过滤后, 待 GC-FID 检测^[3]。

1.3.3.2 气相色谱条件

载气: 氮气, 99.999%, 流速为 1 mL/min; 氢气, 空气, 升温程序: 初始柱温 80 °C, 然后以 5 °C/min 的速度上升到 160 °C, 并保持 5 min; 进样口温度: 200 °C; 进样体积: 5 μL; 进样方式: 不分流; 检测器温度: 200 °C。

1.3.3.3 气相色谱质谱条件

载气: 氦气, 流速为 1 mL/min; 升温程序: 初始柱温 80 °C, 然后以 5 °C/min 的速度上升到 160 °C, 并保持 5 min; 进样口温度: 200 °C; 进样体积: 5 μL;

进样方式: 不分流; 传输线温度: 250 °C;

质谱条件: 电离方式: 电子轰击源(EI 源); 监测方式: 全扫描模式, 扫描范围: 45~500 m/z; 离子源温度: 220 °C; 溶剂延迟时间: 5 min。

1.3.4 微观结构的测定

取待测样品, 切成厚度约为 0.1 mm, 大小为 2×2 mm 的方形薄片。把方形小块放置于洁净的培养皿中, 在 -20 °C 冷冻至少 5 h。取出后, 迅速放置于预先降温至 -48 °C 的冷冻干燥箱内至少 24 h。样品制备完毕, 使用扫描电子显微镜观察其微观结构。在整个操作过程中要注意样品的编号和保持样品的干燥。

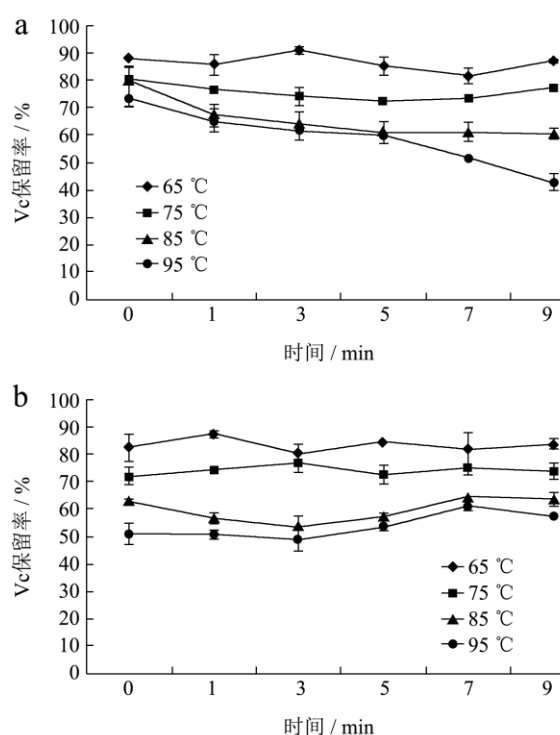
1.3.5 数据分析

各组实验数据均重复 3 次, 实验结果用 Excel 数据处理软件分析。

2 结果与分析

2.1 不同烹饪温度不同保温时间对 Vc 保留率的影响

白萝卜中维生素含量比较丰富, 是人体摄取 Vc 的主要来源。Vc 是一种具有生理活性的有机化合物, 但是它不耐碱, 对光、热均不稳定, 并且极易被氧化。由图 2 可知, 对于实验所选取的四种烹饪方式, 在 65 °C、75 °C、85 °C 和 95 °C 四个温度点进行保温烹饪时, Vc 的保留率基本呈现出随温度升高而降低的现象, 即 65 °C > 75 °C > 85 °C > 95 °C。



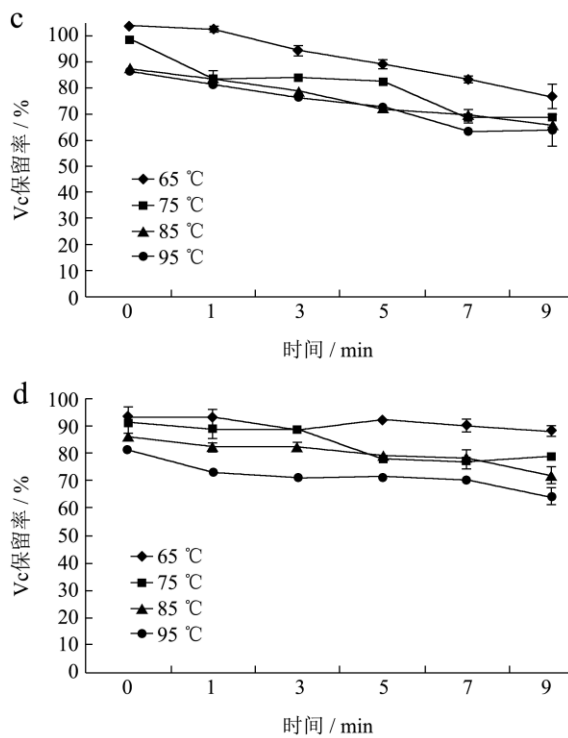


图1 白萝卜 Vc 保留率随保温烹饪时间的变化 (n=3)

Fig.1 Effect of cooking time on the Vc retention rate in white radish samples (n = 3)

注: a.水浴烹饪; b.变频微波炉烹饪; c.非变频微波炉烹饪; d.直喷蒸汽微波炉烹饪。

在实验条件下烹饪白萝卜的 Vc 保留率变化范围较大, 其中水浴的为 91.02%~42.92%, 变频微波炉 87.32%~49.01%, 非变频微波炉的为 103.62%~63.47%, 直喷蒸微波炉的为 93.22%~64.49%; 由此可见, 白萝卜在实验所选用是烹饪方式条件下, 随着烹饪温度和烹饪时间的变化 Vc 保留率的变化趋势基本类似。但是不同烹饪方式间的 Vc 保留率还是有差异的。这就意味着采用某些烹饪方式可以使 Vc 得到更好的保留。从 Vc 保留率方面考虑, 本实验结果显示非变频微波炉和直喷蒸微波炉效果较水浴锅和变频微波炉的好。

2.2 不同烹饪温度不同保温时间对质构 (脆性) 的影响

白萝卜在烹饪受热后会由于细胞的变形、破裂和分离^[10]等造成其质地即脆性的变化。根据图3可知, 无论采用何种烹饪模式, 白萝卜的脆性基本上都是随着烹饪温度的升高和时间的延长而降低的。由图3可知, 部分处理样的脆性反而比生样的更大, 这可能是由于处理样的纤维结构发生变化, 如图4, 在质构仪探头下压时需要更大的力才能造成样品破裂, 故出现

脆性变大的现象。

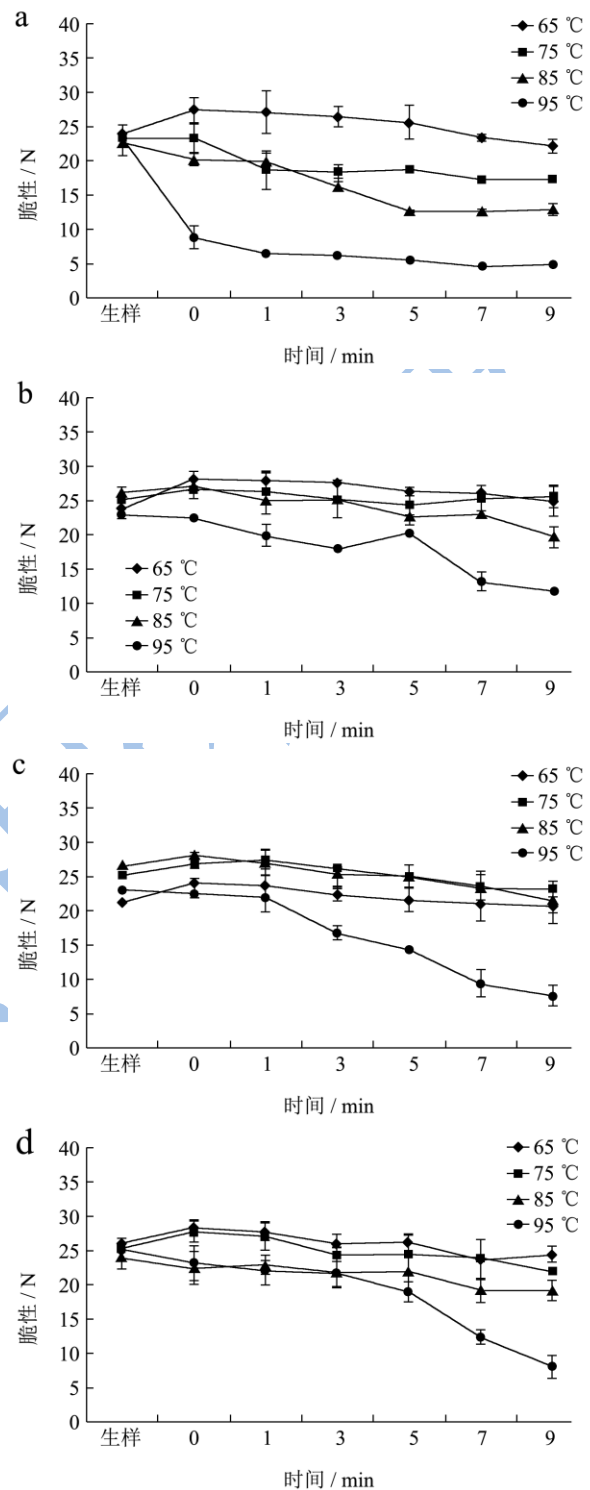


图2 白萝卜脆性随保温烹饪时间的变化 (n=3)

Fig.2 Effects of cooking time on the texture (brittleness) in white radish samples (n = 3)

注: a.水浴烹饪; b.变频微波炉烹饪; c.非变频微波炉烹饪; d.直喷蒸汽微波炉烹饪。

由图3可知, 在烹饪温度 85 °C和 95 °C时脆性的降低较为明显, 这可能是由于在此条件下会造成白萝卜细胞壁、细胞膜的深度破坏^[11], 从而导致它的脆

性变化比较明显。根据扫描电子显微镜的观察结果可知，生样的组织结构比较规则，见图4中的a图片，当样品温度达到预设温度即85℃0min时，样品组织结构见图4中的b₁~b₄，部分样品的组织结构反而变得更加紧密，如图4中的b₁，故会出现测得的质构值比生样的更大的现象。当保持恒温95℃5min时，可以看到样品的组织结构不如生样的规则且可能已经被破坏，如图4中的c₁，故95℃5min之后样品测得的质构值会越来越小，见图3。

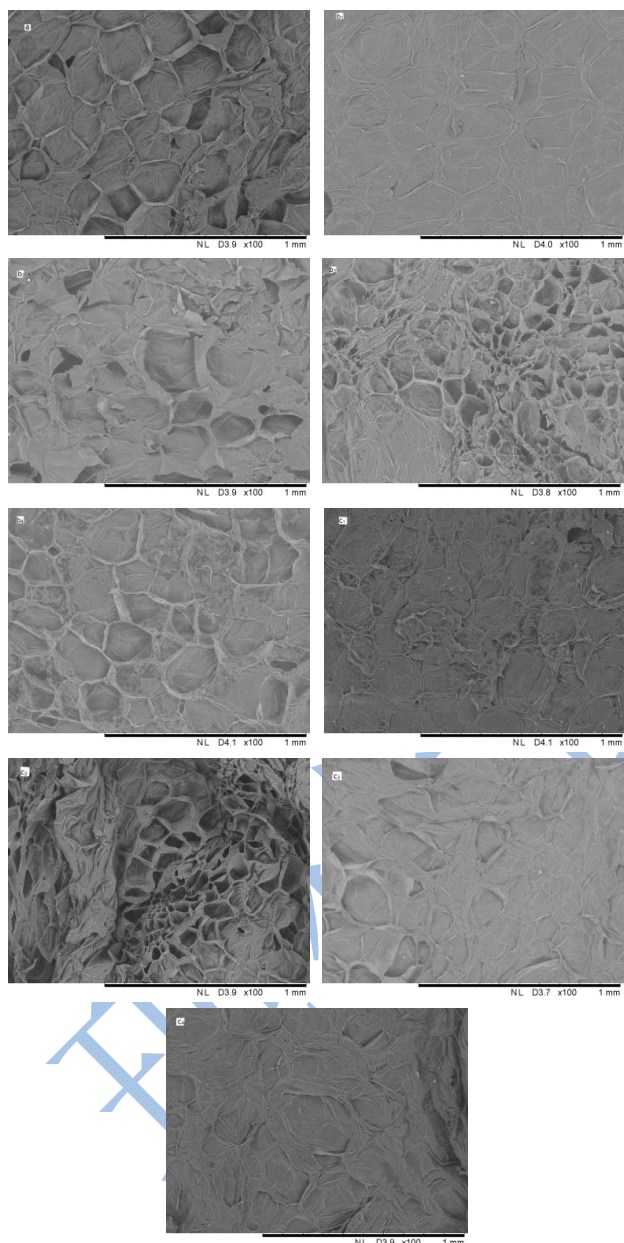


图3 白萝卜生样和处理样的微观形貌

Fig.3 Morphologies of the raw and processed radish samples

注：a 生样；b₁，b₂，b₃和b₄分别表示水浴，变频，非变频和直喷蒸85℃保温0min；c₁，c₂，c₃和c₄分别表示水浴，变频，非变频和直喷蒸95℃保温5min

2.3 不同烹饪温度和时间对白萝卜风味物质的影响

2.3.1 GC-MS 对萝卜中的主要风味物质定性研究

利用 1.3.3.1 的前处理方法对萝卜样品进行 GC-MS 分析，经谱库检索后，确定 15.042 min 出峰物质为萝卜中的主要风味物质，4-异硫氰基-1-甲硫基丙烷 (MTB-ITC)，见图4。

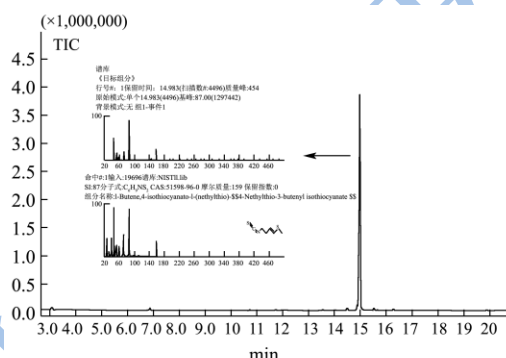


图4 4-异硫氰基-1-甲硫基丙烷 (MTB-ITC) 的 GC-MS 总离子流色谱图

Fig.4 GC-MS total ion chromatogram of 4-(methylthio)-3-butenyl isothiocyanate (MTB-ITC)

MTB-ITC 属于挥发性物质，在萝卜烹饪过程中，会由于温度的升高，时间的延长而损失，也是生萝卜从辣变为不辣的过程。图5为萝卜在水浴和变频微波炉烹饪过程中的风味物质保留率的变化趋势。

由图5可知，对于水浴和变频两种烹饪方式，MTB-ITC的保留率随温度升高而降低，随时间的延长而减小。对水浴而言，75℃烹饪保持7min时，MTB-ITC的保留率下降到50%以下，而95℃加热保持1min时，MTB-ITC的保留率急剧降低；结合萝卜脆性的数据比较来看，95℃加热保持1min时，白萝卜的脆性降低，风味损失严重，可视为“熟”。由于个人的口味和对萝卜的要求不同，这一生熟的概念是相对而言的。

对于变频微波炉而言，无论是脆性，还是风味物质保留率，其规律都没有水浴加热变化明显。这可能是由于水浴加热是由外向内的，其传热过程比较均匀，而微波加热却具有不均匀性，容易造成局部过热或过生，使得萝卜的各部分脆性和风味物质的变化不均匀，而脆性和风味物质测定则是对整个试验样品平均衡量，从而会引起偏差。

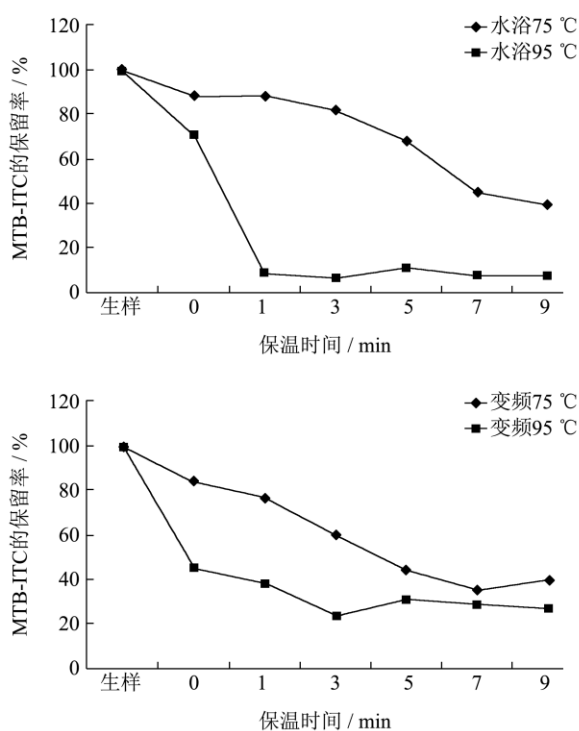


图5 不同温度和时间的的水浴和变频微波炉烹饪对白萝卜中 MTB-ITC 保留率的影响

Fig.5 Effects of cooking time and temperature on the MTB-ITC retention rate in white radish

3 结论

3.1 研究表明, 萝卜的脆性、风味物质和 Vc 保留率都随温度升高而降低, 但是从图线变化趋势可以看到, 非变频微波炉和直喷蒸微波炉保留 Vc 效果较水浴锅和变频微波炉的好。对于白萝卜的质构而言, 烹饪温度在 85 °C 和 95 °C 保温 5 min 之后, 脆性值出现明显降低。因而, 烹饪白萝卜时最好能控制温度在 85 °C~95 °C 保温 5 min 左右, 这样就可以使白萝卜具有较高的 Vc 保留率且为软硬适中的状态。再结合萝卜脆性的数据比较来看, 95 °C 加热保持 1 min 时, 白萝卜的脆性降低, 风味损失严重, 可视为“熟”。

3.2 此外, 由于不同蔬菜的特性存在较大差异, 不同加热方式对蔬菜的性质影响也会不同。关于其他蔬菜的 Vc 及其他抗氧化物质在低温烹饪条件下的变化趋势和机理需要进一步全面且深入的研究。

参考文献

[1] Völlhardt K P C, Schore N E. Organic chemistry: structure and function [M]. Freeman, 2014

[2] Lux A, Martinka M, Vacul k M, et al. Root responses to

cadmium in the rhizosphere: a review [J]. Journal of Experimental Botany, 2011, 62(1): 21-37

[3] Kunio OKANO, Jiro ASANO, Gensho ISHII. A rapid method for determining the pungent principle in Japanese radish (*Raphanus sativus* L) [J]. J. Japan. Soc. Hort. Sci., 1990, 59 (3): 545-550

[4] 沈奇,汪隆植.萝卜肉质根辣味定量分析[J].园艺学报.1996, 23(3):251-254

SHEN Qi, WANG Long-zhi. Changes of MTB_ITC content and the pungency in radish [J]. Acta Horticulturae Sinica. 1996, 23 (3): 251-254

[5] 张维勤.萝卜辣素的测定方法[J].山东农业科学,1990,2: 10-13

ZHANG Wei-qin. Determination of raphanin [J]. Shan Dong Agricultural Sciences. 1990, 2: 10-13

[6] 王萍,魏珉,刘贤娴,等.不同施肥处理对萝卜风味物质影响的 GC-MS 分析[J].山东农业科学.2014,46(9):74-77

WANG Ping, WEI Min, LIU Xian-xian. Study on influences of different fertilization treatments on flavor components in radish by GC-MS [J]. Shan Dong Agricultural Sciences, 2014, 46(9): 74-77

[7] 刘贤娴.萝卜营养及风味物质积累规律研究[D].山东泰安: 山东农业大学,2009

LIU Xian-xian. The study on the accumulation of the nutrition and flavor components during the development of Chinese radish [D]. Shan Dong Taian: Shan Dong Agricultural university, 2009

[8] GB/T 5009.159-2003,食品中还原型抗坏血酸的测定[S]. 中国国家标准化管理委员会,2003

GB/T 5009.159-2003, the determination of ascorbic acid in food [S].

[9] Miglio C, Chiavaro E, Visconti A, et al. Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 56(1): 139-147

[10] Ramesh M N, Sathy anarayana K, Girish A B. Biphasic model for the kinetics of vegetable cooking at 100 C [J]. Journal of Food Engineering, 1998, 35(1): 127-133

[11] 陈然,陈岳溪,范志红.碱水浸泡及焯洗对蔬菜中维生素 C 的影响[J].扬州大学烹饪学报,2011,28(2):44-45

CHEN Ran, CHEN Yue-xi, FAN Zhi-hong. Effect of alkaline soaking and boiling to vitamin C in vegetables [J]. Culinary Sciercer Journal of Yangzhou University, 2011, 28(2): 44-45