

# 热烫条件对生姜汁内源酶 与主要品质影响的研究

潘少香,郑晓冬,刘雪梅,闫新焕,孟晓萌,宋 焜\*

(中华全国供销合作总社济南果品研究院,山东济南 250014)

**摘要:**主要研究了不同的热烫方式(沸水热烫 0.5、1.0、1.5、2.0min,100℃蒸汽热烫 1.0、1.5、2.0min)对生姜过氧化物酶(POD)和多酚氧化酶(PPO)的钝化效果及对主要感官和营养品质的影响。结果表明,热烫钝酶的效果显著,沸水热烫和蒸汽热烫均导致了生姜汁颜色和营养成分的变化。综合各指标,蒸汽热烫 1.5min 的生姜汁仍能保持良好的色泽和高含量的总酚和姜辣素等成分,还能保持生姜典型的香气成分。

**关键词:**热烫,生姜,内源酶,品质

## Effect of blanching treatments on endogenous enzymes and main qualities of ginger juice

PAN Shao-xiang, ZHENG Xiao-dong, LIU Xue-mei, YAN Xin-huan, MENG Xiao-meng, SONG Ye\*

(Jinan Fruit Research Institute, All China Federatin of Supply & Marketing Co-operatives, Jinan 250014, China)

**Abstract:** The effect of blanching treatments (boiling water blanching for 0.5, 1.0, 1.5, 2.0min and 100℃ steam blanching for 1, 1.5 and 2.0min) on the enzyme inactivation and qualities of ginger juice were investigated. The effect of blanching on the enzyme inactivation was remarkable. Boiling water blanching and steam blanching all led to the browning and the nutrient changing of the ginger juice. In conclusion, the ginger juice blanched by steam for 1.5min could keep the color and high content of total phenol and gingerol component, it also could keep the typical aroma components of the ginger.

**Key words:** blanching; ginger; endogenous enzymes; quality

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)09-0310-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.09.059

生姜指姜属植物的块根茎,别名紫姜,鲜姜,老姜。经分析,生姜中含有 1.8% 的蛋白质,8% 的碳水化合物,4%~7% 粗纤维及丰富维生素 A、C 和 B 族维生素,并含有钙、磷、铁、钾、钠、镁等矿质元素。生姜中的功能性成分主要分为挥发性油、姜辣素和二苯环基庚烷三大类<sup>[1]</sup>。生姜被广泛的应用于烹调香料、调味料和草药等方面,近年来的研究表明生姜在抗氧化、抗肿瘤、降血糖等方面都有显著的效果<sup>[2-3]</sup>。

果蔬体系中的酶如多酚氧化酶、过氧化物酶、酚酶等可以引起一些导致果蔬品质劣变的反应。生姜中含有大量总酚,但在加工过程中往往会因内源酶的作用而分解,所以加工前需要进行热烫处理,使内源酶失活。热烫的目的是为了钝化在贮藏过程中危害果蔬品质的酶的活性。热烫处理可以破坏果蔬表面的微生物并钝化果蔬内源酶以此稳定果蔬体系<sup>[4]</sup>。POD 是果蔬体系中热稳定性最强的酶,因此它经常

被用作热烫处理的指标酶<sup>[5]</sup>。

但是热烫处理也会对果蔬造成一些有害的影响,果蔬的颜色、风味等感官品质会因热处理而发生变化<sup>[6]</sup>;热烫过程中存在的热降解、热扩散以及热浸出等作用均会造成果蔬营养成分的损失<sup>[7]</sup>。生姜中的酚类物质在加工过程中往往会在内源酶的作用下分解,热烫钝化内源酶可以减少总酚类物质的分解。然而热烫过程中酚类物质会因热扩散、热浸出等原因而损失。果蔬类物质一般具有热敏性,热烫时间过长会导致风味劣变。既要使 POD 等酶活降低到一定水平,又要使热处理的危害降低到最小,热烫条件的选择是十分必要的。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、过氧化氢、乙醇、氯化钠等 均为市售分析纯;邻苯二酚、愈创木酚、福林

收稿日期:2014-06-16

作者简介:潘少香(1989-),男,硕士,研究方向:农产品加工及贮藏。

\*通讯作者:宋焜(1981-),女,在读博士,副研究员,研究方向:食品的分析检测和质量控制。

基金项目:十二五国家科技支撑计划项目(2014BAL07B00)。

酚试剂 北京拜尔迪生物公司;香草醛 sigma 公司;生姜 购自农贸市场。

全能色差仪 美国 Hunterlab 公司;UV-762 紫外分光光度计 上海精密科学仪器有限公司;Agilent 7890-5975 气质联用仪 美国安捷伦公司;DB-5 MS 柱 美国安捷伦公司。

## 1.2 实验方法

1.2.1 生姜汁加工工艺 生姜→清洗、切片(切成厚度约4mm左右的薄片)→热烫(沸水热烫0.5、1.0、1.5、2.0min;蒸汽热烫1.0、1.5、2.0min)→热烫后加两倍的水打浆后胶体磨磨→均质机均质(15MPa/5min)→生姜汁

1.2.2 酶活检测 提取液制备:配置0.2mol/L的磷酸缓冲溶液,调节pH至6.5。

粗酶液的提取:将20mL磷酸缓冲液、0.8g PVPP加到20g生姜汁中,于4℃下放置4h,12000r/min离心15min,收集上清液用于酶活的测定。

PPO酶活测定:PPO活性的测定采用分光光度法,反应底物为0.07mol/L的邻苯二酚溶液(pH6.5的磷酸缓冲溶液)。取2mL底物,加入1mL提取的粗酶液,立即在420nm处、30℃条件下测定吸光值随时间的变化曲线,曲线直线部分的斜率即为酶活。计算公式如下:<sup>[8]</sup>

$$\text{残余酶活}(\%) = \frac{\text{处理后 PPO 酶活}}{\text{处理前 PPO 酶活}} \times 100$$

提取:同PPO提取方法。

POD酶活测定:POD活性的测定采用分光光度法,反应底物为1%的愈创木酚溶液(pH6.5的磷酸缓冲溶液)、1.5%的过氧化氢溶液。取2mL底物,加入0.2mL过氧化氢,加入0.8mL提取的粗酶液,立即在470nm、30℃条件下测定吸光值随时间的变化曲线,曲线直线部分的斜率即为酶活。计算公式如下:<sup>[8]</sup>

$$\text{残余酶活}(\%) = \frac{\text{处理后 POD 酶活}}{\text{处理前 POD 酶活}} \times 100$$

1.2.3 色差 采用色差仪对样品的色差进行检测。在反射模式下测定 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 值,其中, $L^*$ 值表示的是亮度, $L^*$ 值越大表示亮度越大,色泽越白; $a^*$ 表示的是红绿程度, $a^* > 0$ 表示红色程度, $a^* < 0$ 表示绿色程度; $b^*$ 值表示黄蓝程度, $b^* > 0$ 表示黄色程度, $b^* < 0$ 表示蓝色程度。色差通过以下公式计算:

$$\Delta E = [(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2]^{1/2}$$

式中: $\Delta E$ -总色差(即为两点之间的色差值); $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ -处理后样品的值; $L_0^*$ 、 $a_0^*$ 、 $b_0^*$ -处理前样品的值。

1.2.4 总酚 采用Folin-ciocalteu's法<sup>[9]</sup>测定总酚含量。取5g姜汁加30mL甲醇,于55℃、90W条件下超声30min,超声后以10000r/min在4℃条件下离心10min,取离心后的上清液用甲醇定容至50mL。取0.4mL提取液,加入2mL稀释10倍的福林酚试剂,于室温下避光反应1h,加1.8mL 7.5%的 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液后再于室温下避光反应15min,反应完成后测765nm处的吸光值。

1.2.5 姜辣素 参照文献[10]的做法。取4g姜汁加36mL 90%的乙醇,于50℃、40W条件下超声

10min,超声后以10000r/min在4℃条件下离心10min,取离心后的上清液用90%的乙醇定容至500mL。取样品提取液于280nm处测其紫外吸收<sup>[11]</sup>。

1.2.6 挥发性成分 参考文献[12]方法。取生姜汁6mL放入15mL样品萃取瓶中,加入1.8g氯化钠及磁力转子后置于固相微萃取工作台上于40℃水浴中平衡20min;将固相微萃取器萃取头通过瓶盖聚四氟乙烯隔垫插入样品萃取瓶的顶空,推出吸附头使其暴露于萃取瓶顶空蒸汽中萃取20min后缩回纤维头,迅速将针管插入气相色谱仪的进样口,推出纤维头热解析3min,同时启动气相色谱仪采集数据。

色谱条件:DB-5石英毛细管柱(30m×0.25mm,0.25 $\mu\text{m}$ );升温程序:柱初始温度50℃维持2min,以3℃/min升到150℃维持5min,以1℃/min升到155℃维持1min,以20℃/min升到250℃维持1min,进样口温度250℃,载气流速1mL/min,分流比为50:1。

质谱条件:离子源温度230℃,电离方式为EI,电子能量70eV,扫描质量范围29~400u。

## 1.3 数据分析

采用Microcal Origin 8.0(美国Microcal公司)软件制图并对数据进行方差分析(Analysis of variance, ANOVA),显著性水平为0.05,当 $p < 0.05$ 时表示差异显著

## 2 结果与讨论

### 2.1 热烫对酶活的影响

不同热烫方式和热烫时间对生姜POD和PPO酶活的影响如图1和图2所示。实验结果表明,热烫时间越长,钝酶效果越好。沸水热烫1.0min时生姜的POD和PPO酶已低于5%,蒸汽热烫1.5min时生姜的POD和PPO酶都已低于10%。

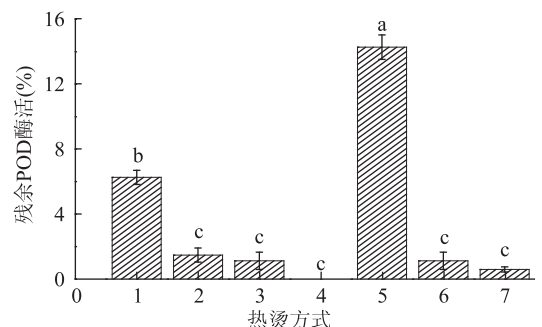


图1 热烫方式对生姜 POD 酶活的影响

Fig.1 Effect of various blanching treatment on POD activity from ginger

注:1-沸水0.5min;2-沸水1min;3-沸水1.5min;4-沸水2min;5-蒸汽1min;6-蒸汽1.5min;7-蒸汽2min。具有不同英文字母者差异显著( $p < 0.05$ ),图2同。

热烫相同的时间沸水热烫的钝酶效果比蒸汽热烫的效果要好,生姜中POD和PPO酶的热稳定性相差不多,两者均可作为生姜钝酶效果的指标酶。邓洁红研究发现沸水热烫1.0min和2.0min的生姜残余

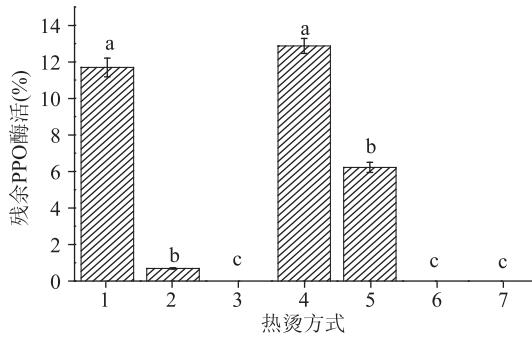


图2 热烫方式对生姜 PPO 酶活的影响  
Fig.2 Effect of various blanching treatment on PPO activity from ginger

POD 酶活分别为 11.3% 和 8.8%<sup>[13]</sup>。沸水热烫 1.0min 后 PPO 和 POD 均已基本被灭活,蒸汽热烫 2.0min 后 PPO 和 POD 均已基本被灭活。因此沸水热烫 1.0min,蒸汽热烫 2.0min 均可作为热烫的条件。

## 2.2 热烫对颜色的影响

热烫后的生姜汁  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  均有所下降,  $L^*$  变化差异显著 ( $p < 0.05$ ) 说明生姜汁的亮度变低,这可能是因为热烫过程中生姜发生了褐变。不同热烫方式之间的色差变化显著 ( $p < 0.05$ ) 说明热烫方式对色差的变化有影响;随着热烫时间的延长生姜汁总色差变化也逐渐增大,因此生姜色差要求热烫时间越短越好。

## 2.3 热烫对营养指标的影响

**2.3.1 热烫对总酚含量的影响** 热烫处理有利于酚类物质的溶出<sup>[14]</sup>,同时由于热烫过程中的热分解、热浸出等作用也会造成酚类物质的损失<sup>[15]</sup>。经沸水热烫的生姜的总酚含量有所下降,随着热烫时间的延长总酚含量不断下降且差异显著 ( $p < 0.05$ )。这说明在沸水热烫过程中发生了热分解和热浸出等作用造成了酚类物质的损失,并且随着热烫时间的延长热分解和热浸出等作用更加的显著。E.M.Goncalves 等人发现沸水热烫 1min 后菠菜、橄榄、豌豆、南瓜等蔬菜中的总酚损失量在 14% 到 40% 左右<sup>[16]</sup>。本文结果显示经蒸汽热烫的总酚含量在热烫 1min 中后显著上升,但随着热烫时间的延长又逐渐下降。这说明在蒸汽热烫过程中热烫处理促进了酚类物质

的溶出但热分解等作用也促进了酚类物质的损失,在蒸汽热烫的过程两种作用同时存在,随着热烫时间的延长热分解等作用占据主导地位,导致酚类物质的含量逐渐降低。田金辉研究发现热烫 3min 内总酚含量显著升高,热烫 3min 后总酚含量开始下降<sup>[14]</sup>。

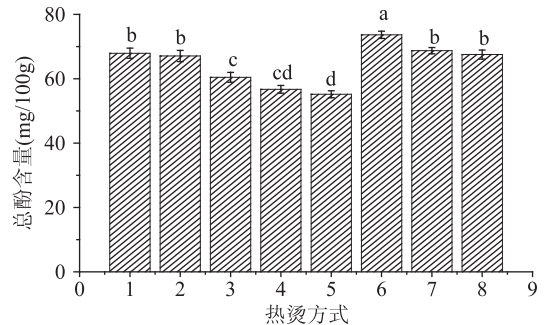


图3 热烫方式对生姜总酚含量的影响  
Fig.3 Effect of various blanching treatments on total phenol of ginger

注:1-未处理;2-沸水 0.5min;3-沸水 1min;4-沸水 1.5min;5-沸水 2min;6-蒸汽 1min;7-蒸汽 1.5min;8-蒸汽 2min。

具有不同英文字母者差异显著 ( $p < 0.05$ ),图 4 同。

**2.3.2 热烫对姜辣素含量的影响** 姜辣素是姜的主要辣味成分和有效成分,是多种物质的组合,含量最高的是姜酚类物质,其中 6-姜酚占姜酚类物质的 75% 以上。姜辣素的性质具有不稳定性,容易受到周围环境的影响而发生变化<sup>[17]</sup>。姜辣素主要有两条降解途径,一是脱水生成姜烯酚,姜烯酚也是生姜的辣味成分;另一条途径是转化为姜油酮和脂肪醛,姜油酮也是生姜的辣味成分,脂肪醛的产生会影响生姜的风味<sup>[18]</sup>。本文结果显示除沸水热烫 2min 外其它经沸水热烫以及蒸汽热烫的生姜姜辣素均有所下降但与对照差异不显著 ( $p > 0.05$ )。说明在热烫过程中生姜姜辣素未发生分解,得到很好地保持。经沸水热烫 2min 的生姜姜辣素与对照比差异显著,说明长时间的沸水热烫可能导致了姜辣素向姜烯酚的分解。Purnomo H 研究发现生姜经沸水热烫初期姜辣素含量不会发生显著变化,但当热烫时间足够长时生姜中的姜辣素会因分解而损失<sup>[19]</sup>。

**2.3.3 热烫对挥发性成分的影响** 实验选择对生姜

表1 热烫方式处理对生姜颜色的影响

Table 1 The effects of various blanching treatments on colour of ginger

| 热烫方式      | 颜色指标                       |                           |                            |                          |
|-----------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|
|           | $L^*$                      | $a^*$                     | $b^*$                      | $\Delta E$               |
| 对照        | 59.15 ± 0.36 <sup>a</sup>  | -2.57 ± 0.16 <sup>d</sup> | 23.26 ± 0.16 <sup>a</sup>  |                          |
| 沸水 0.5min | 57.84 ± 0.8 <sup>ab</sup>  | -3.19 ± 0.43 <sup>c</sup> | 22.83 ± 0.15 <sup>a</sup>  | 1.62 ± 0.56 <sup>c</sup> |
| 沸水 1.0min | 57.58 ± 0.11 <sup>b</sup>  | -4.38 ± 0.08 <sup>a</sup> | 23.42 ± 0.17 <sup>a</sup>  | 2.40 ± 0.05 <sup>c</sup> |
| 沸水 1.5min | 52.9 ± 0.11 <sup>d</sup>   | -1.12 ± 0.05 <sup>e</sup> | 20.10 ± 0.11 <sup>c</sup>  | 7.15 ± 0.13 <sup>a</sup> |
| 沸水 2.0min | 53.16 ± 0.44 <sup>d</sup>  | -0.84 ± 0.06 <sup>e</sup> | 20.91 ± 0.15 <sup>bc</sup> | 6.67 ± 0.44 <sup>a</sup> |
| 蒸汽 1.0min | 56.87 ± 0.87 <sup>bc</sup> | -3.10 ± 0.07 <sup>c</sup> | 22.90 ± 0.51 <sup>a</sup>  | 2.40 ± 0.87 <sup>c</sup> |
| 蒸汽 1.5min | 56.74 ± 0.1 <sup>bc</sup>  | -4.36 ± 0.11 <sup>a</sup> | 20.82 ± 0.35 <sup>bc</sup> | 3.84 ± 0.28 <sup>b</sup> |
| 蒸汽 2.0min | 55.75 ± 0.43 <sup>c</sup>  | -3.81 ± 0.06 <sup>b</sup> | 21.03 ± 0.42 <sup>b</sup>  | 4.25 ± 0.57 <sup>b</sup> |

注:采用 Microcal Origin 8.0 软件对数据进行方差分析,同一列中具有不同英文字母者差异显著。



表2 热烫方式处理对生姜挥发性香气成分的影响

Table 2 The effects of various blanching treatments on the volatile flavor compounds of ginger

| 挥发性成分 | 保留指数 | 百分比含量(%)                   |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                           |
|-------|------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
|       |      | ck                         | 沸水 0.5min                  | 沸水 1min                    | 沸水 1.5min                  | 沸水 2min                    | 蒸汽 1min                    | 蒸汽 1.5min                  | 蒸汽 2min                   |
| β-月桂烯 | 942  | 0.64 ± 0.01 <sup>e</sup>   | 0.90 ± 0.01 <sup>e</sup>   | 0.86 ± 0.026 <sup>c</sup>  | 0.77 ± 0.01 <sup>d</sup>   | 1.01 ± 0.04 <sup>b</sup>   | 1.21 ± 0.04 <sup>a</sup>   | 0.77 ± 0.01 <sup>d</sup>   | 0.92 ± 0.03 <sup>e</sup>  |
| β-水芹烯 | 984  | 6.90 ± 0.10 <sup>d</sup>   | 8.08 ± 0.34 <sup>b</sup>   | 7.58 ± 0.27 <sup>bc</sup>  | 7.14 ± 0.29 <sup>cd</sup>  | 5.54 ± 0.20 <sup>e</sup>   | 8.77 ± 0.15 <sup>a</sup>   | 4.38 ± 0.15 <sup>f</sup>   | 5.53 ± 0.18 <sup>e</sup>  |
| 桉油精   | 986  | 7.04 ± 0.06 <sup>d</sup>   | 7.42 ± 0.40 <sup>cde</sup> | 7.65 ± 0.02 <sup>cd</sup>  | 8.10 ± 0.30 <sup>c</sup>   | 10.45 ± 0.19 <sup>a</sup>  | 6.88 ± 0.27 <sup>e</sup>   | 9.72 ± 0.23 <sup>b</sup>   | 10.78 ± 0.30 <sup>a</sup> |
| 芳樟醇   | 1104 | 0.41 ± 0.01 <sup>e</sup>   | 0.40 ± 0.01 <sup>e</sup>   | 0.42 ± 0.01 <sup>e</sup>   | 0.51 ± 0.02 <sup>b</sup>   | 0.60 ± 0.05 <sup>a</sup>   | 0.41 ± 0.05 <sup>e</sup>   | 0.57 ± 0.03 <sup>ab</sup>  | 0.60 ± 0.036 <sup>a</sup> |
| 龙脑    | 1126 | 1.17 ± 0.03 <sup>a</sup>   | 1.13 ± 0.03 <sup>a</sup>   | 1.19 ± 0.03 <sup>a</sup>   | 1.22 ± 0.05 <sup>a</sup>   | 1.18 ± 0.11 <sup>a</sup>   | 1.12 ± 0.07 <sup>a</sup>   | 1.21 ± 0.02 <sup>a</sup>   | 1.20 ± 0.01 <sup>a</sup>  |
| α-松油醇 | 1151 | 0.64 ± 0.01 <sup>abc</sup> | 0.60 ± 0.01 <sup>cd</sup>  | 0.62 ± 0.02 <sup>bcd</sup> | 0.62 ± 0.0 <sup>bcd</sup>  | 0.68 ± 0.01 <sup>ab</sup>  | 0.57 ± 0.05 <sup>d</sup>   | 0.66 ± 0.01 <sup>abc</sup> | 0.70 ± 0.04 <sup>a</sup>  |
| 香茅醇   | 1188 | 0.13 ± 0.01 <sup>a</sup>   | 0.12 ± 0.01 <sup>b</sup>   | 0.08 ± 0.01 <sup>c</sup>   | 0.00 ± 0.0 <sup>d</sup>    | 0.00 ± 0.0 <sup>d</sup>    | 0.00 ± 0.0 <sup>d</sup>    | 0.00 ± 0.0 <sup>d</sup>    | 0.00 ± 0.0 <sup>d</sup>   |
| 橙花醛   | 1202 | 3.99 ± 0.22 <sup>f</sup>   | 4.61 ± 0.47 <sup>ef</sup>  | 5.67 ± 0.40 <sup>d</sup>   | 7.01 ± 0.39 <sup>c</sup>   | 8.31 ± 0.19 <sup>b</sup>   | 5.08 ± 0.27 <sup>de</sup>  | 7.07 ± 0.23 <sup>c</sup>   | 10.02 ± 0.3 <sup>a</sup>  |
| 香叶醛   | 1236 | 14.97 ± 0.25 <sup>e</sup>  | 15.48 ± 0.34 <sup>de</sup> | 15.35 ± 0.26 <sup>de</sup> | 15.65 ± 0.29 <sup>cd</sup> | 16.28 ± 0.20 <sup>bc</sup> | 15.24 ± 0.15 <sup>de</sup> | 16.46 ± 0.14 <sup>b</sup>  | 18.81 ± 0.18 <sup>a</sup> |
| 姜黄烯   | 1448 | 4.68 ± 0.23 <sup>a</sup>   | 4.93 ± 0.38 <sup>a</sup>   | 5.05 ± 0.53 <sup>a</sup>   | 5.24 ± 0.22 <sup>a</sup>   | 4.96 ± 0.11 <sup>a</sup>   | 5.09 ± 0.24 <sup>a</sup>   | 4.63 ± 0.16 <sup>a</sup>   | 4.65 ± 0.13 <sup>a</sup>  |
| 姜烯    | 1464 | 27.98 ± 0.12 <sup>a</sup>  | 27.04 ± 0.14 <sup>b</sup>  | 25.8 ± 0.19 <sup>cd</sup>  | 25.35 ± 0.26 <sup>d</sup>  | 21.68 ± 0.07 <sup>e</sup>  | 26.20 ± 0.23 <sup>c</sup>  | 24.43 ± 0.19 <sup>e</sup>  | 19.44 ± 0.24 <sup>e</sup> |
| 倍半水芹烯 | 1494 | 8.95 ± 0.13 <sup>a</sup>   | 8.70 ± 0.14 <sup>ab</sup>  | 8.35 ± 0.20 <sup>bc</sup>  | 8.28 ± 0.26 <sup>bc</sup>  | 7.37 ± 0.09 <sup>d</sup>   | 8.35 ± 0.21 <sup>bc</sup>  | 8.01 ± 0.2 <sup>c</sup>    | 6.59 ± 0.24 <sup>e</sup>  |

注:采用 Microcal Origin 8.0 软件对数据进行方差分析,同一行中具有不同英文字母者差异显著( $p < 0.05$ )。

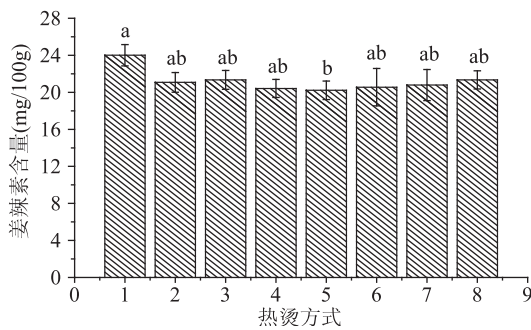


图4 热烫方式对生姜姜辣素含量的影响  
Fig.4 Effect of various blanching treatments on gingerol of ginger

风味起主要贡献的挥发性成分 β-月桂烯, β-水芹烯, 桉油精、芳樟醇、龙脑、α-松油醇、香茅醇、橙花醛、香叶醛以及生姜挥发性成分中含量较高的特征性成分姜黄烯、姜烯和倍半水芹烯作为评价生姜挥发性成分的指标<sup>[20-21]</sup>。生姜挥发性成分的总离子流图如5所示。

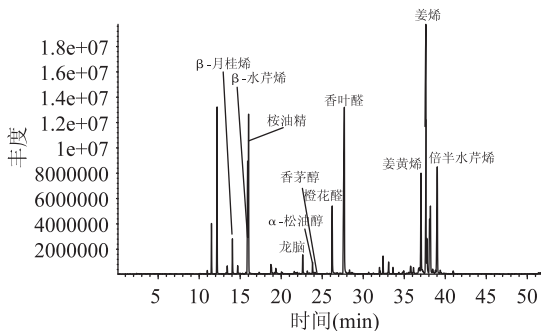


图5 GC-MS 测定鲜姜挥发性成分总离子流图  
Fig.5 Total ionic chromatogram of ginger juice determined by GC-MS

由表2可以看出热烫导致桉油精、芳樟醇、橙花醛、香叶醛含量升高,且随热烫时间延长而不断上升;香茅醇、姜烯、倍半水芹烯含量下降且随热烫时间延长而不断下降;β-水芹烯随热烫时间延长逐渐降低,但除沸水 2.0min、蒸汽 1.5min、蒸汽 2min 外含量均高于对照;龙脑、α-松油醇、姜黄烯含量保持不变。生姜挥发性成分的变化可能是因为热烫促进了

挥发性成分的挥发,也可能是因为生姜中挥发性成分与非挥发性成分相互转化的结果。Bartley and Jacobs 提出生姜中的碳水化合物对生姜的风味起到很大的作用,在干燥的过程中会促进碳水化合物向挥发性香气成分的转化<sup>[22]</sup>。在热烫过程中一些糖苷类化合物也会向挥发性成分转化。姜烯在热烫过程中发生聚合,倍半水芹烯转化为芳基-姜黄<sup>[23]</sup>。

### 3 结论

热烫导致生姜颜色变暗( $p < 0.05$ ),总酚的含量与对照比也有所下降( $p < 0.05$ ),但对生姜功能成分姜辣素影响不大( $p > 0.05$ );热烫后 β-月桂烯、桉油精、芳樟醇、橙花醛、香叶醛等生姜的单萜类关键挥发性香气成分有所增加,说明热烫后生姜的风味更容易挥发出来。热烫方式和热烫时间是影响生姜内源酶活性和生姜质量的重要因素,热烫时间越长,酶的钝化效果越好,但是热烫时间越长,生姜颜色变化越明显,总酚的含量下降也越明显,因此热烫时间不宜太长。本研究表明,选择蒸汽热烫 1.5min,打浆的生姜汁仍能保持良好的色泽和高含量的总酚和姜辣素等成分,还能保持生姜的典型的香气成分。

### 参考文献

[1]朱凤涛,马超,吴茂玉,等.生姜功能成分的提取及其在应用[J].农产品加工,2010(1):67-69.  
[2]胡炜彦,张荣平,唐丽萍,等.生姜化学和药理研究进展[J].中国民族民间医药,2008(9):10-14.  
[3]邹磊.生姜中生物活性物质及其研究进展[J].中国酿造,2009(12):6-9.  
[4]RMS Cruz, MC Vieira, CLM Silva. Effect of heat and thermosonication treatments on peroxidase inactivation kinetics in watercress (*Nasturtium officinale*) [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 72, 8-15.  
[5]D Arthey, C Dennis. Procesado de hortalizas [M]. Acribia, Zaragoza, 1992.  
[6]Song JY, An GH, Kim CJ. Color, texture, nutrient contents, and sensory values of vegetable soybeans [*Glycine max* (L.) Merrill] as affected by blanching [J]. Food Chemistry, 2003, 83(1), 69-74.

- [7] B Guñes, A Bayindirli. Peroxidase and lipoxigenase inactivation during blanching of green beans, green peas and carrots[J]. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 1993, 26, 406-410
- [8] 许文文, 曹霞敏. 热烫方式对草莓内源酶与主要品质影响的研究[J]. *中国食物与营养*, 2011, 17(8): 25-32.
- [9] 张毛莉, 罗仓学. 石榴皮中总酚含量测定方法的比较[J]. *食品工业科技*, 2011, 32(5): 383-388
- [10] 唐仕荣, 宋慧. 姜辣素的超声波提取及其抗氧化性研究[J]. *食品科学*, 2009, 30(20): 138-142
- [11] K Shinde Sachin. Development and Validation of UV Spectroscopic Method For The Quick Estimation of Gingerol from Zingiber Officinale Rhizome Extract [J]. *International Research Journal of Pharmacy*, 2012, 3(5): 234-237
- [12] 鹿雪莉. FD-GC-O 和 OAV 方法鉴定哈密瓜香气活性成分研究[J]. *中国食品报*, 2012(6): 174-181
- [13] 邓洁红, 谭兴和. 生姜速冻前生姜热烫工艺的研究[J]. *食品科技*, 2006, 31(6): 58-60
- [14] 田金辉, 许时婴, 王璋. 热烫处理对黑莓果汁营养成分和多酚氧化酶活力的影响[J]. *饮料研究*, 2006, 32(6): 133-137
- [15] MG Lindley. The impact of food processing on antioxidants in vegetable oils, fruits and vegetables [J]. *Trends in Food Science and Technology*, 1998, 9(8-9): 336-340.
- [16] EM Goncalves, J Pinheiro. Carrot peroxidase inactivation, phenolic content and physical changes kinetics due to blanching [J]. *Journal of Food Engineering*, 2010, 97: 574-581
- [17] 吴贾锋, 张晓鸣. 生姜风味物质研究进展[J]. *食品与发酵工业*, 2005, 31(4): 100-104
- [18] Zhang X, Iwaoka W T, Huang AS, et al. Gingerol decreases after processing and storage of ginger [J]. *J Food Sci*, 1994, 59(6): 1338-1343.
- [19] H Purnomo, F Jaya. The effects of type and time of thermal processing on ginger (Zingiber officinale Roscoe) rhizome antioxidant compounds and its quality [J]. *International Food Research Journal*, 2010, 17: 335-347
- [20] 范素琴, 陈鑫炳. 生姜风味物质及其应用[J]. *粮食与油脂*, 2009(8): 45-47.
- [21] P Ngozichukwuka. The volatile components of wild ginger (Siphonochilus aethiopicus (Schweinf) B.1 Burt) [J]. *African Journal of Food Science*, 2011, 5(9): 541-549.
- [22] JP Bartley, AL Jacobs. Effects of Drying on Flavour Compounds in Australian-grown Ginger (Zingiber officinale) [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, 80: 209-215.
- [23] 陈燕, 倪元颖, 蔡同一. 生姜提取物-精油与油树脂的研究进展[J]. *食品科学*, 2000(8): 6-8.

(上接第 305 页)

- [20] 王力宾, 顾光同. 多元统计分析: 模型、案例及 SPSS 应用 [M]. 北京: 经济科学出版社, 2010: 135-137.
- [21] Falandysz J, Kojta A K, Jarzyńska G, et al. Mercury in bay bolete (*Xerocomus badius*): bioconcentration by fungus and assessment of element intake by humans eating fruiting bodies [J]. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2012, 29(6): 951-961.
- [22] Svoboda L, Chrastny V. Levels of eight trace elements in edible mushrooms from a rural area [J]. *Food Additives and Contaminants*, 2008, 25(1): 51-58.
- [23] Chojnacka A, Drewnowska M, Jarzyńska G, et al. Mercury in Yellow-cracking Boletes *Xerocomus subtomentosus* mushrooms and soils from spatially diverse sites: Assessment of bioconcentration potential by species and human intake [J]. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 2012, 47(13): 2094-2100.

(上接第 309 页)

- [17] Barker J, Mapson LW. Studies in the respiratory and carbohydrate metabolism of plant tissues. VII. Experimental studies with potato tubers of an inhibition of the respiration and of a "block" in the tricarboxylic acid cycle induced by "oxygen poisoning" [J]. *Proceedings of the Royal Society of LONDON, Series B*, 1955, 143: 523-549.
- [18] Srilaong V, Tatsumi Y. Oxygen action on respiratory processes in cucumber fruit stored at low temperature [J]. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2003, 78: 629-633.
- [19] Yip W K, Yang S F. Ethylene biosynthesis in relation to cyanide metabolism [J]. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 1998, 39: 1-7.
- [20] Kader A A, Ben-Yehoshua S. Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables [J]. *Postharvest Biology and Technology*. 2000. 20(1): 1-13.
- [21] 郑永华, 苏新国, 沈卫峰. 高氧处理对草莓果实微生物生长和腐烂的影响[J]. *食品科学*, 2005, 26(11): 244-248.