

# 不同蒸制条件对鲈鱼肉挥发性风味化合物的影响

沈 晖

(江苏旅游职业学院 烹饪工艺与营养学院, 江苏 扬州 225127)

**摘 要:** 采用固相微萃取-气质联用法(SPME-GC/MS)对清蒸鲈鱼挥发性风味物质进行测定,分析鲈鱼肉在不同蒸制条件下挥发性化合物的成分、种类、相对含量的变化情况。结果表明:鲈鱼肉在新鲜状态、传统蒸制和智能设备蒸制条件下分别鉴定出30、68和74种挥发性风味成分,包括醇类、醛类、酮类、烃类、酸类、酯类及呋喃类化合物。蒸制前后,鲈鱼肉中挥发性化合物的组成及相对含量均发生了明显变化。智能设备蒸制条件下鲈鱼肉中的挥发性化合物总量要显著高于传统蒸制条件,但挥发性化合物种类并无显著差异,说明相比传统蒸制,智能蒸制设备可高效保证清蒸鲈鱼的风味。

**关键词:** 蒸制条件;清蒸鲈鱼;固相微萃取-气质联用;挥发性化合物;食品分析

中图分类号: TS 972.126.1

文献标识码: A

文章编号: 2095-8730(2019)02-0033-05

鲈鱼又称花鲈、鲈板、四腮鲈等,俗称鲈鲛,其肉质白嫩,呈蒜瓣状,刺少肉多,鲜味突出且没有腥味。<sup>[1]</sup>此外,鲈鱼味甘性平,还具有补肝肾、益脾胃、化痰止咳的功效。<sup>[2]</sup>清蒸是一种传统的鲈鱼加工方式,不仅能保证鲈鱼肉质的原汁原味,还可有效避免因高温烹调所造成的营养素流失,深受广大消费者喜爱。

风味是评价清蒸鲈鱼品质优劣的重要指标之一,<sup>[3]</sup>鱼肉风味由滋味和气味两部分组成,滋味由口腔加工产生,而气味由挥发性化合物刺激人体嗅觉器官产生,挥发性风味化合物的组成和含量对鱼肉的整體风味有重要影响。<sup>[4]</sup>固相微萃取-气质联用法(SPME-GC/MS)是测定食品中挥发性化合物的主要研究方法。<sup>[5-6]</sup>目前,有关加工方式对鲈鱼挥发性风味影响的研究有很多,刘昌华等<sup>[7]</sup>利用SPME-GC/MS测定鲈鱼风干成熟工艺过程中的挥发性化合物变化,徐永霞等<sup>[8]</sup>采用SPME-GC/MS技术分析不同超高压处理条件对新鲜鲈鱼挥发性成分的影响,王宏海等<sup>[9]</sup>研究了烟熏鲈鱼的风味组成。而不同蒸制条件对鲈鱼风味的影响则鲜有报道。相比传统蒸制,智能蒸

制因具备智能化程度高、出品稳定等优势,已广泛用于企业、家庭生产,但产品质量如何则有待探究。本试验以新鲜鲈鱼为研究对象,研究不同蒸制条件(传统蒸制、智能设备蒸制)对其挥发性风味成分的影响,旨在为清蒸鲈鱼的现代化加工提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

市售新鲜鲈鱼,品质优级,平均质量约1.5 kg。调料品均购于欧尚超市。

### 1.2 主要仪器与设备

Trace DSQ 气质联用仪 GC/MS: 美国 Finnigan 公司;复合式 75  $\mu\text{m}$  Car/PDMS 萃取头: SUPELCO 公司;手动 SPME 进样器: SUPELCO 公司; TPN36FQL-SSL 智能电蒸箱: 美的集团。

### 1.3 试验设计

将鲈鱼切割成规格均匀的厚片(6 cm  $\times$  4 cm  $\times$  1.5 cm),参照传统腌渍工艺:以 100.0 g 鱼肉计,加盐 2.5 g、白糖 1.0 g、黄酒 4.0 g、味精 0.5 g、葱段 3.0 g、姜片 3.0 g,在 4  $^{\circ}\text{C}$  环境静置 10 min。分

收稿日期: 2019-01-14

基金项目: 扬州市科技局项目(YZ2017057)

作者简介: 沈 晖(1985-)男,江苏淮安人,江苏旅游职业学院烹饪工艺与营养学院讲师,从事烹饪工艺及烹饪营养与卫生学研究。

别采用传统锅炉蒸制和智能设备蒸制,蒸制6 min后取出,测定成品中挥发性化合物成分的组成与含量。

### 1.3.1 挥发性风味物质提取

参照 JOSEPHSON 等<sup>[10]</sup>的测定方法,略作修改。称取 20.0 g 鱼肉样品迅速用高速组织捣碎机绞碎后置入 20 mL 顶空瓶中,并加入内标 1,2-二氯苯(2 μL,13.06 ppm),以封口膜立即密封瓶口。采用静态顶空固相微萃取进行挥发性风味物质的提取。复合式 75 μm Car/PDMS 萃取头暴露在顶空瓶内样品上部,在 60 °C 水浴加热条件下顶空萃取 1 h。萃取结束后迅速拔出萃取头插入气质联用仪进样口,启动气质联用仪采集数据并进行分析鉴定。试验重复 3 次。

### 1.3.2 挥发性风味成分分离鉴定方法

参照 HANNE 等<sup>[11]</sup>的测定方法,略作修改。

色谱条件:OV 1701 弹性石英毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm×0.3 μm);载气为氦气;流速为 1.0 mL/min,不分流进样;进样口温度 250 °C;升温程序:起始温度为 40 °C,保持 10 min,以 3 °C/min 升至 160 °C,保持 5 min。

质谱条件:离子源温度设定为 240 °C;电离方式 EI+;电子能量 70 eV;接口温度为 160 °C,检测器电压 350 V;发射电流 150 μA;扫描范围 40~500 m/z。

### 1.4 数据处理

所有数据用  $\bar{x} \pm SD$  表示。采用 SPSS 19.0 全因子模型对测定结果进行显著性分析、Pearson 相关性分析和方差分析。差异显著水平 *P* 为 0.05。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同蒸制条件对鲈鱼肉挥发性风味化合物的影响

不同蒸制条件下鲈鱼肉的挥发性风味化合物总离子流图如图 1 所示。

不同蒸制条件下鲈鱼肉挥发性风味化合物的组分及含量如表 1 所示。

由表 1 可知,传统蒸制条件下的鲈鱼肉中检测的 68 种挥发性化合物,主要包括醇类 13 种、醛类 23 种、酮类 4 种、烃类 12 种、酸类 2 种、酯类 1 种、其他类 13 种。智能设备蒸制条件下的鲈鱼肉中检测的 74 种挥发性化合物,包括醇类 13 种、醛类 23 种、酮类 4 种、烃类 14 种、酸类 4 种、酯类 2

种、其他类 14 种。

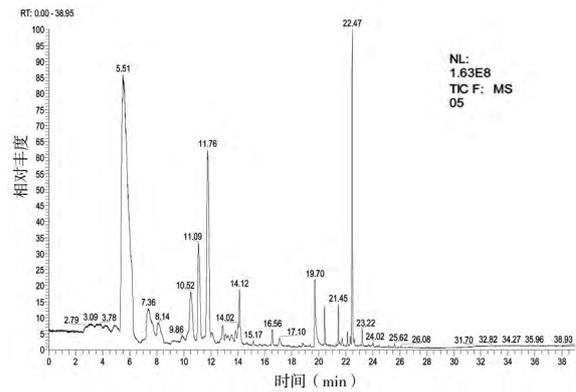


图 1 不同蒸制条件下鲈鱼肉挥发性风味化合物总离子流

表 1 不同蒸制工艺下鲈鱼肉挥发性成分分析结果

化合物名称	相对含量(%)		
	原料鱼肉	传统蒸制	设备蒸制
<b>醇类(Alcohols)</b>			
1-戊醇	1.92 ± 0.18	ND	ND
1-己醇	12.98 ± 0.59 <sup>a</sup>	1.55 ± 0.44 <sup>b</sup>	0.50 ± 0.10 <sup>c</sup>
1-庚醇	0.28 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.41 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.34 ± 0.00 <sup>ab</sup>
1-辛烯-3-醇	12.18 ± 1.33 <sup>a</sup>	8.32 ± 0.3 <sup>b</sup>	5.00 ± 0.38 <sup>c</sup>
2-乙基-1-己醇	0.24 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.06 <sup>b</sup>	ND
4-乙基-环己醇	ND	0.41 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.34 ± 0.10 <sup>a</sup>
2-辛烯-1-醇	0.79 ± 0.09 <sup>c</sup>	1.84 ± 0.17 <sup>a</sup>	1.10 ± 0.05 <sup>b</sup>
1-辛醇	0.93 ± 0.06 <sup>b</sup>	1.96 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.86 ± 0.40 <sup>a</sup>
1-壬烯-4-醇	ND	0.56 ± 0.10 <sup>a</sup>	0.27 ± 0.01 <sup>b</sup>
正十四醇	ND	0.35 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.55 ± 0.00 <sup>a</sup>
1-十六醇	ND	0.42 ± 0.06 <sup>b</sup>	1.09 ± 0.15 <sup>a</sup>
叶绿醇	ND	ND	0.20 ± 0.04
雪松醇	ND	0.28 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.52 ± 0.04 <sup>a</sup>
1-十八醇	ND	0.42 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.97 ± 0.15 <sup>a</sup>
4-甲基-5-噻唑乙醇	ND	3.39 ± 1.05 <sup>a</sup>	1.99 ± 0.10 <sup>b</sup>
峰面积总和	29.32	20.03	14.73

续表 1

化合物名称	相对含量(%)		
	原料鱼肉	传统蒸制	设备蒸制
<b>醛类( Aldehydes)</b>			
己醛	41.83 ± 1.50 <sup>a</sup>	10.70 ± 1.15 <sup>b</sup>	7.21 ± 0.05 <sup>c</sup>
庚醛	0.70 ± 0.12 <sup>ab</sup>	1.05 ± 0.15 <sup>a</sup>	0.99 ± 0.12 <sup>a</sup>
庚烯醛	0.52 ± 0.02	ND	ND
苯甲醛	ND	0.60 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.67 ± 0.01 <sup>a</sup>
辛醛	1.08 ± 0.19 <sup>ab</sup>	1.92 ± 0.16 <sup>a</sup>	1.85 ± 0.35 <sup>a</sup>
2-辛烯醛	1.33 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.45 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.38 ± 0.00 <sup>b</sup>
壬醛	6.23 ± 0.55 <sup>c</sup>	14.30 ± 1.30 <sup>a</sup>	11.49 ± 2.70 <sup>b</sup>
2,6-壬二烯醛	ND	0.25 ± 0.03	ND
2-壬烯醛	0.13 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.35 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.35 ± 0.01 <sup>a</sup>
4-乙基苯乙醛	ND	2.10 ± 0.21 <sup>a</sup>	1.41 ± 0.00 <sup>b</sup>
4-癸烯醛	ND	0.70 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.50 ± 0.01 <sup>ab</sup>
癸醛	0.29 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.90 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.31 ± 0.03 <sup>a</sup>
2-癸烯醛	ND	0.45 ± 0.03 <sup>ab</sup>	0.59 ± 0.02 <sup>a</sup>
2-十一烯醛	ND	1.10 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.74 ± 0.04 <sup>ab</sup>
正十一醛	ND	0.45 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.55 ± 0.02 <sup>a</sup>
(E,E)-2,4-癸二烯醛	ND	0.70 ± 0.10 <sup>a</sup>	0.80 ± 0.05 <sup>a</sup>
2-十二烯醛	ND	2.41 ± 0.45 <sup>a</sup>	2.60 ± 0.26 <sup>a</sup>
正十二醛	ND	1.05 ± 0.12 <sup>a</sup>	1.15 ± 0.05 <sup>a</sup>
4-戊基-苯甲醛	ND	1.38 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.40 ± 0.10 <sup>a</sup>
正十三醛	ND	1.65 ± 0.02 <sup>ab</sup>	2.15 ± 0.14 <sup>a</sup>
正十四醛	ND	2.17 ± 0.15 <sup>a</sup>	2.20 ± 0.08 <sup>a</sup>
正十六醛	ND	4.25 ± 0.20 <sup>b</sup>	5.69 ± 0.39 <sup>a</sup>
正十八醛	ND	3.13 ± 0.33 <sup>b</sup>	10.10 ± 0.65 <sup>a</sup>
9-十八碳烯醛	ND	0.26 ± 0.10 <sup>b</sup>	1.00 ± 0.19 <sup>a</sup>
10-十八碳烯醛	ND	ND	0.70 ± 0.15
峰面积总和	52.11	53.32	55.83
<b>酮类( Ketones)</b>			
1-辛烯-3-酮	0.30 ± 0.07	ND	ND
2,3-辛二酮	1.77 ± 1.29 <sup>b</sup>	2.98 ± 0.04 <sup>a</sup>	2.85 ± 0.05 <sup>a</sup>
3-辛酮	0.57 ± 0.35 <sup>a</sup>	0.45 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.27 ± 0.05 <sup>b</sup>
环癸酮	ND	0.50 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.39 ± 0.04 <sup>ab</sup>
6,10-二甲基-5,9-十一碳二烯-2-酮	ND	0.88 ± 0.58 <sup>a</sup>	0.80 ± 0.15 <sup>a</sup>
峰面积总和	2.64	4.81	4.31

续表 1

化合物名称	相对含量(%)		
	原料鱼肉	传统蒸制	设备蒸制
<b>烃类( Hydrocarbons)</b>			
正十三烷	0.16 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.62 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.60 ± 0.10 <sup>a</sup>
1,3,5-十一碳三烯	ND	1.36 ± 0.09 <sup>a</sup>	1.11 ± 0.16 <sup>a</sup>
1,3,5-十二碳三烯	ND	0.26 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.35 ± 0.01 <sup>a</sup>
2,4-二甲基苯乙炔	ND	0.23 ± 0.06 <sup>b</sup>	0.74 ± 0.00 <sup>a</sup>
1,2,4,5-四甲基苯	0.68 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.42 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.30 ± 0.02 <sup>bc</sup>
1-丁烯基苯	ND	ND	0.60 ± 0.05
2-甲基联苯	ND	0.32 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.39 ± 0.02 <sup>a</sup>
十四烷	0.22 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.38 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.36 ± 0.06 <sup>a</sup>
正十五烷	0.24 ± 0.06 <sup>b</sup>	0.46 ± 0.10 <sup>a</sup>	0.48 ± 0.04 <sup>a</sup>
十六烷	0.15 ± 0.03 <sup>c</sup>	0.43 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.71 ± 0.04 <sup>a</sup>
正十七烷	0.09 ± 0.00 <sup>b</sup>	1.02 ± 0.22 <sup>b</sup>	1.70 ± 0.10 <sup>a</sup>
十八烷	0.31 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.37 ± 0.13 <sup>b</sup>	0.69 ± 0.09 <sup>a</sup>
二十烷	0.12 ± 0.05 <sup>c</sup>	0.34 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.80 ± 0.16 <sup>a</sup>
二十七烷	ND	ND	0.50 ± 0.03
峰面积总和	1.97	6.21	9.33
<b>酸类( Acids)</b>			
乙酸	ND	ND	0.11 ± 0.01
壬酸	ND	0.23 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.28 ± 0.02 <sup>a</sup>
5-苯基-4-戊烯酸	ND	0.33 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.38 ± 0.13 <sup>a</sup>
十六碳酸	ND	ND	1.09 ± 0.03
峰面积总和	ND	0.56	1.86
<b>酯类( Esters)</b>			
邻苯二甲酸二乙酯	ND	ND	0.19 ± 0.05
邻苯二甲酸丁辛酯	ND	0.38 ± 0.18 <sup>b</sup>	1.09 ± 0.24 <sup>a</sup>
峰面积总和	ND	0.38	1.28
<b>其他类( Others)</b>			
2-戊基咪喃	ND	0.76 ± 0.16 <sup>a</sup>	0.90 ± 0.05 <sup>a</sup>
萘	2.42 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.29 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.99 ± 0.03 <sup>b</sup>
2-甲基萘	1.00 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.86 ± 0.09 <sup>a</sup>	1.99 ± 0.03 <sup>a</sup>
4-(1-甲基-丙基)苯酚	ND	0.25 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.30 ± 0.02 <sup>a</sup>
1-甲基萘	0.41 ± 0.08 <sup>c</sup>	0.91 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.69 ± 0.04 <sup>ab</sup>
环巴比妥	7.56 ± 0.24 <sup>ab</sup>	6.14 ± 0.38 <sup>b</sup>	8.29 ± 0.41 <sup>a</sup>
联苯	ND	0.31 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.19 ± 0.10 <sup>ab</sup>
十氢化-1,6-二甲基萘	ND	1.42 ± 0.12 <sup>a</sup>	1.15 ± 0.10 <sup>a</sup>

续表1

化合物名称	相对含量(%)		
	原料鱼肉	传统蒸制	设备蒸制
2,7-二甲基萘	ND	0.15 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.19 ± 0.01 <sup>a</sup>
1,5-二甲基萘	ND	0.12 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.21 ± 0.01 <sup>a</sup>
1,4-二甲基萘	ND	0.35 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.41 ± 0.00 <sup>a</sup>
1,6-二甲基萘	ND	0.17 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.19 ± 0.00 <sup>a</sup>
1,6-二甲基-4-异丙基四氢萘, 异丙基四氢萘	ND	ND	0.38 ± 0.05
2-甲硫基苯并噻唑	ND	0.62 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.09 ± 0.15 <sup>a</sup>
峰面积总和	11.61	14.35	12.47

注: ND表示未检测到; 同行肩标不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

醇类化合物阈值较高,对鱼肉风味的形成具有重要作用,<sup>[11]</sup>原料鱼肉中含量较丰富的1-己醇、1-辛烯-3-醇在传统蒸制和智能设备蒸制后均有明显降低( $P < 0.05$ ),可能因醇类物质在加热过程中转化为其他物质而被消耗。由于1-辛烯-3-醇的阈值为 $10^{-6}$ (相对较小,与醛类接近),<sup>[12]</sup>且其在鲈鱼肉中相对含量较高,可推测1-辛烯-3-醇对鲈鱼的风味贡献较大。醛类化合物风味阈值较低,是鱼肉中的主要风味化合物,具有脂肪香味,<sup>[13]</sup>对鱼肉整体风味有重要贡献。己醛有清香青草味,是鲈鱼肉中含量最高的醛类物质,在蒸制后降低明显,智能设备蒸制的鲈鱼中己醛含量最低,有显著差异( $P < 0.05$ )。壬醛含量在蒸制后有明显增加,在传统蒸制条件下达最大值。酮类化合物是脂肪氧化的终产物,主要由脂肪分解、氧化生成,其中2,3-辛二酮、环癸酮6,10-二甲基-5,9-十一碳二烯-2-酮、十一碳二烯-2-酮在蒸制后均有明显增加。酸类化合物在原料鲈鱼肉中未检测出,壬酸、5-苯基-4-戊烯酸在传统和智能设备蒸制中均有检出,但两者含量并无显著差异( $P > 0.05$ )。酯类化合物是由酸和醇发生酯化反应后形成,短链酸形成的酯具有水果香味,长链酸形成的酯具有轻微油脂味,对鲈鱼肉风味的形成同样具有贡献。在两种

蒸制条件下的鲈鱼肉中均检测到邻苯二甲酸丁酯,其中智能设备蒸制的鲈鱼肉中该种化合物含量最高,与传统蒸制组差异显著( $P < 0.05$ ),而邻苯二甲酸二乙酯仅在智能设备蒸制的鲈鱼肉中检测到。

## 2.2 不同蒸制条件对鲈鱼肉挥发性风味化合物组成变化

不同蒸制条件对鲈鱼肉挥发性风味化合物组成的变化见图2。

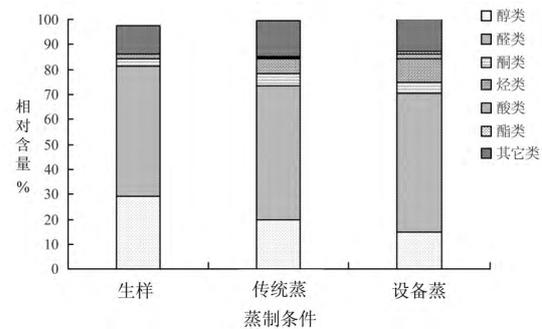


图2 不同蒸制条件对鲈鱼肉挥发性风味化合物的组成变化情况

由图2可知,检测到的风味物质主要有醇类、醛类、酮类、烃类、酸类、酯类、呋喃类及其他化合物。蒸制前后,鲈鱼肉中挥发性化合物的组成及相对含量均发生了明显变化。原料鲈鱼肉中醇类化合物相对含量高达29.32%,传统蒸制后降低至20.03%,智能设备蒸制后显著降低至14.73%。醛类化合物为鲈鱼肉中含量最丰富的挥发性成分,在蒸制后其相对含量有所增加;由于脂质氧化促进了醛类物质的生成,智能设备蒸制的鲈鱼肉中醛类物质含量高达55.83%。酮类化合物含量在原料鲈鱼肉中仅占2.67%,在传统与智能设备蒸制后分别增加至4.81%和4.31%。烃类化合物在原料鲈鱼肉中含量较低,智能设备蒸制后含量达9.33%,与传统蒸制组差异显著( $P < 0.05$ )。酸类与酯类化合物在原料鲈鱼肉中未检出,在蒸制后有检出,且均在智能设备蒸制条件下达最大值,在不同蒸制条件下,鲈鱼肉中部分烃类、醇类物质被氧化分解为醛类化合物,同时生成酯类化合物促进清蒸鲈鱼特征风味的形成。

## 3 小结

经检测,鲈鱼肉在传统蒸制与智能设备蒸制条件下分别鉴定出68和74种风味化合物,而原

料鲈鱼肉中仅存在 30 种风味化合物,说明加热利于原料肉中挥发性风味化合物的释放。智能设备蒸制条件下鲈鱼肉中的挥发性风味化合物总量要显著高于传统蒸制条件,但种类并无显著差异,均能有效代表鲈鱼肉蒸制成熟后的风味特征。新鲜鲈鱼肉中的主要挥发性风味成分为醇类和醛类化合物,其中 1-己醇、1-辛烯-3-醇、己醛、壬醛等化合物占较大比重。在传统和智能设备蒸制条件下,鲈鱼肉中一些大分子饱和醛明显增加,并生成部分烃类和芳香族类的化合物。智能蒸制与传统蒸制的鲈鱼相比,增加了 10-十八碳烯醛、二十七烷、乙酸、十六碳酸、邻苯二甲酸二乙酯、1,6-二甲基-4-异丙基四氢萘。

#### 参考文献:

- [1] 张春晓. 大黄鱼、鲈鱼主要 B 族维生素和矿物质磷的营养生理研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
- [2] ANDERSEN S M, WAAGBO R, ESPE M. Functional amino acids in fish nutrition, health and welfare [J]. *Frontiers in Bioscience*, 2016, 8(1): 142-145.
- [3] 江健. 顶空固相微萃取与 GC-MS 分析淡水鱼肉气味成分[J]. *现代食品科技*, 2006, 22(2): 219-222.
- [4] JOSEPHSON D B, LINDSAY R C, STUIBER D A. Volatile compounds characterizing the aroma of fresh Atlantic and Pacific oysters [J]. *Journal of Food Science*, 1985, 50(1): 5-9.
- [5] IGLESIAS J, MEDINA I. Solid-phase microextraction method for the determination of volatile compounds associated to oxidation of fish muscle [J]. *Journal of Chromatography A*, 2008(1): 9-16.
- [6] 江健. 顶空固相微萃取与 GC-MS 分析淡水鱼肉气味成分[J]. *现代食品科技*, 2006, 22(2): 219-222.
- [7] 刘昌华, 王艳, 章建浩, 等. 固相微萃取-气质联用法测定鲈鱼风干成熟工艺过程中的挥发性化合物变化[J]. *食品科学*, 2013, 34(10): 250-254.
- [8] 徐永霞, 赵佳美, 刘滢, 等. 超高压处理对鲈鱼挥发性成分的影响[J]. *中国食品学报*, 2016, 16(8): 248-253.
- [9] 王宏海, 戴志远, 杨荣华, 等. GC-MS 法分析烟熏前后鲈鱼的风味成分[J]. *食品研究与开发*, 2011, 31(11): 149-153.
- [10] JOSEPHSON D B, LINDSAY R C, STUIBER D A. Volatile compounds characterizing the aroma of fresh Atlantic and Pacific oysters [J]. *Journal of Food Science*, 1985, 50(1): 5-9.
- [11] HANNE H, REFSGAARD F. Isolation and quantification of volatiles in fish by dynamic headspace sampling and mass spectrometry [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, 47(3): 1114-1118.
- [12] 李里特. 食品物性学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 75-79.
- [13] 章建浩, 唐志勇, 曾弢, 等. 金华火腿发酵成熟现代工艺及装备研究[J]. *农业工程学报*, 2006, 22(8): 230-234.

## Effects of steaming conditions on volatile flavor compounds in perch meat

SHEN Hui

( College of Cuisine Technology and Nutrition, Jiangsu College of Tourism, Yangzhou, Jiangsu 225127, China)

**Abstract:** SPME-GC/MS was applied to measure the change of components, species and relative content of volatile compounds in perch meat under different steaming conditions. 30, 68 and 74 kinds of volatile flavor compounds, including alcohols, aldehydes, ketones, hydrocarbons, acids, esters and furans, were identified in the fresh state, the traditional steaming, and intelligent equipment steaming, respectively. The composition and relative content of volatile compounds in perch meat changed obviously after steaming. The steaming with intelligent equipment produced more volatile compounds than the traditional steaming way did, while no significant difference was observed in the categories of the compounds.

**Key words:** steaming condition; steamed perch; SPME-GC-MS; volatile compound; food analysis

(责任编辑: 赵 勇)