

# 不同烹饪方法对鸡蛋滋味和挥发性物质的影响

韩美仪, 杜娟, 张一舟, 西绕多杰, 于博, 吴进菊\*

湖北文理学院食品科学技术学院 化学工程学院 (襄阳 441053)

**摘要** 以鸡蛋为研究对象, 基于电子舌、电子鼻和气相色谱-质谱技术 (GC-MS) 比较分析不同烹饪方法对鸡蛋滋味和挥发性物质的影响。结果表明, 不同烹饪方法鸡蛋的涩味、后味A和后味B差异均不显著, 酸味、苦味、咸味、鲜味、丰味差异极显著。传感器W5S、W1S、W1W和W3S对不同烹饪方法鸡蛋的响应值差异不显著, W1C、W3C、W5C对烤鸡蛋的响应值差异显著。GC-MS结果显示, 所有鸡蛋样品中共检测出8大类共23种挥发性物质, 不同烹饪方法鸡蛋中挥发性物质的种类和相对含量存在一定的差异。该试验可为消费者选择鸡蛋的烹饪方法提供一定参考, 为鸡蛋的深加工提供一定的研究基础。

**关键词** 鸡蛋; 电子舌; 电子鼻; 气相色谱-质谱技术

## Effects of Cooking Methods on Egg Flavor and Volatile Substances

HAN Meiyi, DU Juan, ZHANG Yizhou, Xiraoduojie, YU Bo, WU Jinju\*

College of Food Science and Technology and Chemical Engineering, Hubei University of Arts and Science (Xiangyang 441053)

**Abstract** Taking eggs as the research object, based on electronic tongue, electronic nose and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), the effects of different cooking methods on egg taste and volatile substances were analyzed. The results showed that the differences in astringency, aftertaste A and aftertaste B of eggs in different cooking methods were not significant, and the differences in sourness, bitterness, saltiness, umami and richness were extremely significant. Sensors W5S, W1S, W1W and W3S had no significant difference in response value to eggs of different cooking methods, and W1C, W3C and W5C had significant difference in response value to baked eggs. GC-MS results showed that a total of 23 kinds of volatile substances in 8 categories were detected in all egg samples. There were certain differences in the types and relative contents of volatile substances in eggs of different cooking methods. This study provided a certain reference for consumers to choose the cooking method of eggs, and provided a certain research basis for the further processing of eggs.

**Keywords** egg; electronic tongue; electronic nose; gas chromatography-mass spectrometry

鸡蛋中含有丰富的蛋白质和脂质, 是很好的维生素和矿物质的供给源, 并且鸡蛋具有易于吸收、价格低廉等特点, 因此被人们誉为维持生命的营养食品<sup>[1]</sup>, 深受老百姓欢迎。目前, 鸡蛋的烹饪方法主要有煮鸡蛋、炒鸡蛋、蒸鸡蛋、荷包蛋和烤鸡蛋等, 不同的烹饪方法会产生不同的熟鸡蛋滋味, 其挥发性成分也会有所差异<sup>[2]</sup>。

在对鸡蛋品质进行评价的指标中, 风味是评价鸡蛋感官品质的重要指标之一<sup>[3-4]</sup>。由于人的感觉器官有所局限, 无法对营养成分种类及含量等做出准确的判断, 使用电子舌、电子鼻可以客观、可靠地分析鸡蛋的品质, 避免检测结果受到人的误判<sup>[5]</sup>。毕玉芳<sup>[6]</sup>利用电子舌对贮藏期间的鸡蛋风味特征变化进行试验, 结果发现蛋清的苦味、苦味回味、鲜味、鲜味回味、酸味五个味觉指标变化明显, 而涩味、涩味回味、咸味三个味觉指标变化不明显; 蛋黄的酸味、苦味、苦味回味、鲜味四个味觉指标变化明显, 而涩味、涩味回味、鲜味、咸味四个味觉指标变化不明显。李佳婷等<sup>[7]</sup>采用电子鼻技术, 检测20℃、70% RH储存条件下鸡蛋中的挥发性风味物质及理化指标, 来预测其

新鲜程度, 判别函数的总贡献率为75.70%, 表明电子鼻技术可以将不同储藏时间的鸡蛋区分开, 并能较好地预测鸡蛋新鲜度。GC-MS在样品挥发性物质分析检测中具有很好的效果, 被广泛应用于食品中, 如香肠<sup>[8]</sup>、葡萄酒<sup>[9-12]</sup>、鸡蛋<sup>[13-17]</sup>、鱼<sup>[18]</sup>、果汁<sup>[19-20]</sup>等。李萌等<sup>[21]</sup>采用GC-MS分析煎鸡蛋中的挥发性物质, 确定了50种挥发性风味成分, 包括16种醛类、14种含氮化合物、8种醇类、3种烃类、3种酮类、3种含硫化合物、2种酚类、1种杂环化合物; 其中2, 5-二甲基吡嗪、2-甲基吡嗪、壬醛等含量较高, 这些物质和低阈值的含硫化合物可能对煎鸡蛋的风味有较大的贡献。目前为至, 未有关于不同烹饪方法的鸡蛋滋味研究的报道。此次试验以鸡蛋为研究对象, 利用电子舌、电子鼻和GC-MS比较分析不同烹饪方法对鸡蛋滋味和挥发性物质的影响, 为消费者选择鸡蛋的烹饪方法提供一定参考, 为鸡蛋的深加工提供一定的研究基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

新鲜鸡蛋, 购自当地市场; 酒石酸、氯化钾、氯

化钠、无水乙醇、氧化钾等,均为分析纯。

## 1.2 仪器与设备

SA 402B电子舌,日本Insent公司;PEN3便携式电子鼻,德国Airsense公司;GCMS-TQ8040气相色谱-质谱联用仪,日本岛津公司;TGL-20M高速冷冻离心机,湖南平凡科技有限公司;KP-767搅拌机,广州市祈和电器有限公司;YP5002电子天,上海佑科仪器仪表有限公司。

## 1.3 试验方法

### 1.3.1 鸡蛋烹饪方法

煮鸡蛋<sup>[22]</sup>:将鸡蛋放入微沸水中煮10 min,冷却至室温,剥壳。

荷包蛋:将鸡蛋去壳打入微沸水中,5 min后将荷包蛋捞起,冷却至室温。

烤鸡蛋<sup>[23]</sup>:将鸡蛋在微沸水中煮3 min,冷却、去壳并包裹锡纸,然后在烤箱中180 ℃的烤制温度下烤制40 min,取出,冷却至室温。

炒鸡蛋:打蛋液,搅拌均匀,用油进行炒,将炒好的鸡蛋冷却至室温。

蒸鸡蛋:将鸡蛋去壳放入容器中,搅拌均匀,称其质量,先按1:1比例加入纯水,微沸水中蒸5 min后取出,冷却至室温。

### 1.3.2 电子舌测定方法<sup>[24]</sup>

每种烹饪方法的鸡蛋随机取出2枚,处理后按1:2的蛋水质量比加入纯水,用搅拌机打碎,将蛋液摇匀后装入50 mL离心管,以8 000 r/min离心15 min,再进行抽滤,将上清液分装在样品杯中进行电子舌数据采集。每个样品测试4次,取后3次的测量数据进行分析。

### 1.3.3 电子鼻测定方法<sup>[25]</sup>

每种烹饪方法的鸡蛋随机取出2枚,处理后用研钵研碎并混匀,精确称取3.0 g,置于顶空瓶中,迅速压紧瓶盖,在60 ℃条件下超声15 min,室温下放置1 h,待测。

电子鼻参数设置:冲洗时间1.5 min,调零时间5 s,探头插入时间5 s,进样测定时间2.5 min,吸气流量300 mL/min,进样流量300 mL/min,样品间间隔时间

1.5 min。经测试,金属传感器在90 s后达到稳定状态,选取89,90和91 s时的响应值,计算其平均值,重复操作3次。

### 1.3.4 GC-MS测定方法

样品处理同电子鼻,只是在顶空瓶中需加入2 mL饱和氯化钠。

色谱条件:色谱柱Rtx-5MS毛细管柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm);升温程序:初始温度40 ℃,保持3 min,然后以5 ℃/min升温至200 ℃,不保留,最后以10 ℃/min升至230 ℃,保持3 min;压力49.5 kPa;总流量19.0;进样口温度270 ℃;载气,He气;柱流速1.00 mL/min;不分流进样1.0 min;分流比15:1。

质谱条件:电离方式EI源,电子能量70 eV,电压100 V,接口温度280 ℃,离子源温度230 ℃。质量扫描范围35~400 amu。每组测3个样品,选取测出挥发性风味物质最多的一个样品作为参考结果。

## 1.4 数据处理

采用分析软件Stat进行方差分析和Duncan多重比较,结果以“平均值 ± 标准差”表示;采用软件SPSS 123.0对鸡蛋样品滋味品质的差异进行主成分分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 使用电子舌研究不同烹饪方法对鸡蛋滋味的影响

鸡蛋采取不同方法烹饪后,采用方差分析考察鸡蛋各滋味的差异性,结果见表1。8种味觉指标中,酸味、苦味、咸味、鲜味、丰味5种指标差异均极显著( $p < 0.01$ ),而涩味、后味A和后味B差异不显著。由样品间变异值的大小可知,不同烹饪方法鸡蛋的咸味和酸味差异性最大。进一步采用Duncan多重比较法比较采用不同烹饪方法鸡蛋的8个味觉指标,结果如表2所示。在5种烹饪方法鸡蛋中,炒鸡蛋酸味最弱,为-11.11,其次为烤鸡蛋、荷包蛋、蒸鸡蛋和煮鸡蛋。荷包蛋苦味和涩味最强,咸味和鲜味最弱。蒸鸡蛋丰味最丰富,达到2.49,显著高于其他4种烹饪鸡蛋。5种烹饪方法鸡蛋咸味差异均显著,其中炒鸡蛋咸味最高,为9.38;荷包蛋咸味最低,为-6.65。

表1 不同烹饪方法的鸡蛋滋味指标的差异性分析

指标	酸味	苦味	涩味	咸味	鲜味	后味A	后味B	丰味
F值	237.7	7.38	3.46	360.2	248.96	1.06	1.67	45.72
样品间变异值	250.86	27.99	39.56	409.16	27.6	12.8	24.32	16.67

注:  $F_{0.05}=3.48$ ,  $F_{0.01}=5.99$ 。

表2 不同烹饪方法的鸡蛋滋味指标的差异性分析

滋味指标	煮鸡蛋	蒸鸡蛋	烤鸡蛋	荷包蛋	炒鸡蛋
酸味	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	-0.29 ± 0.10 <sup>a</sup>	-3.02 ± 0.10 <sup>c</sup>	-1.70 ± 0.84 <sup>b</sup>	-11.11 ± 0.40 <sup>d</sup>
苦味	0.00 ± 0.00 <sup>bc</sup>	-0.10 ± 0.64 <sup>bc</sup>	0.80 ± 0.52 <sup>ab</sup>	2.42 ± 0.87 <sup>a</sup>	-1.78 ± 1.31 <sup>c</sup>
涩味	0.00 ± 0.00 <sup>ab</sup>	-1.06 ± 1.01 <sup>ab</sup>	1.14 ± 1.30 <sup>a</sup>	1.28 ± 1.61 <sup>a</sup>	-3.12 ± 2.06 <sup>b</sup>
咸味	0.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	1.53 ± 0.68 <sup>b</sup>	-1.78 ± 0.25 <sup>d</sup>	-6.65 ± 0.60 <sup>c</sup>	9.38 ± 0.25 <sup>a</sup>
鲜味	0.00 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.24 ± 0.06 <sup>b</sup>	-0.39 ± 0.18 <sup>c</sup>	-1.91 ± 0.15 <sup>d</sup>	2.31 ± 0.19 <sup>a</sup>

转下页

接表2

滋味指标	煮鸡蛋	蒸鸡蛋	烤鸡蛋	荷包蛋	炒鸡蛋
后味A	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	-0.94 ± 0.92 <sup>a</sup>	-2.51 ± 1.33 <sup>a</sup>	-2.22 ± 1.58 <sup>a</sup>	-1.91 ± 2.23 <sup>a</sup>
后味B	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	-1.23 ± 0.64 <sup>a</sup>	-2.37 ± 1.49 <sup>a</sup>	-3.16 ± 2.81 <sup>a</sup>	-3.43 ± 1.28 <sup>a</sup>
丰味	0.00 ± 0.00 <sup>b</sup>	2.49 ± 0.52 <sup>a</sup>	-0.28 ± 0.06 <sup>b</sup>	-0.28 ± 0.11 <sup>b</sup>	0.08 ± 0.12 <sup>b</sup>

注: 同一行中相同字母表示差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 不同字母表示差异显著 ( $p < 0.05$ )。

## 2.2 使用电子鼻研究不同烹饪方法对鸡蛋挥发性物质的影响

由表3可知, 传感器W1C、W3C、W5C对煮鸡蛋、蒸鸡蛋、荷包蛋和炒鸡蛋的响应值差异均不显著 ( $p > 0.05$ ), 但对烤鸡蛋的响应值差异显著偏高 ( $p < 0.05$ ), 说明烤鸡蛋中芳香类物质、苯类和烷烃显著高于其他4种烹饪鸡蛋; 传感器W6S对煮鸡蛋、烤鸡蛋、荷包蛋和炒鸡蛋的响应值差异均不显著, 但对蒸

鸡蛋的响应值差异显著偏高, 数值为1.24; 相比于煮鸡蛋、荷包蛋、炒鸡蛋, 传感器W2S对烤鸡蛋的响应值差异显著偏低, 数值为3.81, 而炒鸡蛋数值最高, 为4.09; 传感器W2W对蒸鸡蛋、烤鸡蛋、荷包蛋和炒鸡蛋的响应值差异均不显著, 但对煮鸡蛋的响应值差异显著偏高, 数值为1.37。值得一提的是, 传感器W5S、W1S、W1W和W3S对不同烹饪方法鸡蛋的响应值差异均不显著。

### 表3 不同烹饪方法的鸡蛋各气味指标相对强度的差异性分析

金属传感器	性能描述	煮鸡蛋	蒸鸡蛋	烤鸡蛋	荷包蛋	炒鸡蛋
W1C	芳香成分、苯类	0.37 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.38 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.43 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.38 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.37 ± 0.01 <sup>b</sup>
W5S	对氮氧化物灵敏	2.44 ± 0.21 <sup>a</sup>	2.48 ± 0.05 <sup>a</sup>	2.51 ± 0.04 <sup>a</sup>	2.53 ± 0.13 <sup>a</sup>	2.66 ± 0.13 <sup>a</sup>
W3C	对芳香类物质灵敏	0.55 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.57 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.62 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.56 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.54 ± 0.02 <sup>b</sup>
W6S	对氮氧化物有选择性	1.18 ± 0.03 <sup>b</sup>	1.24 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.18 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.16 ± 0.00 <sup>b</sup>	1.16 ± 0.01 <sup>b</sup>
W5C	对烷烃、芳香类物质灵敏	0.66 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.67 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.71 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.66 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.63 ± 0.02 <sup>b</sup>
W1S	对甲烷灵敏	7.31 ± 0.85 <sup>a</sup>	7.10 ± 0.35 <sup>a</sup>	6.21 ± 0.45 <sup>ab</sup>	7.01 ± 0.35 <sup>a</sup>	7.04 ± 0.32 <sup>a</sup>
W1W	对硫化物、萜类物质灵敏	3.71 ± 0.36 <sup>a</sup>	3.08 ± 0.14 <sup>a</sup>	3.17 ± 0.17 <sup>a</sup>	3.19 ± 0.30 <sup>a</sup>	3.55 ± 0.29 <sup>a</sup>
W2S	对醇类、醛酮类灵敏	4.08 ± 0.48 <sup>a</sup>	3.81 ± 0.17 <sup>ab</sup>	3.31 ± 0.24 <sup>b</sup>	3.95 ± 0.20 <sup>a</sup>	4.09 ± 0.15 <sup>a</sup>
W2W	芳香成分、有机硫化物灵敏	1.37 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.26 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.26 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.25 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.26 ± 0.01 <sup>b</sup>
W3S	对烷烃灵敏	1.36 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.37 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.32 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.37 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.37 ± 0.05 <sup>a</sup>

注: 同一行中相同字母表示差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 不同字母表示差异显著 ( $p < 0.05$ )。

## 2.3 使用GC-MS研究不同烹饪方法对鸡蛋挥发性物质的影响

如表4所示, 5种烹饪方法鸡蛋中均检测出醛酮类, 对不同烹饪方法的鸡蛋风味具有较大的贡献。其中, 炒鸡蛋检测出特有的醚类物质——叔丁基乙烯基醚, 相对含量为6.95。5种烹饪方法的鸡蛋共检测出23种挥发性风味物质。这些挥发性风味物质包含8大类, 分别为醛酮类、醇类、酯类、酸类、氰化物、烃的衍生物、胺类和醚类。煮鸡蛋、蒸鸡蛋、烤鸡蛋、

荷包蛋、炒鸡蛋分别检测出13, 14, 16, 13和15种挥发性风味物质。其中, 蒸鸡蛋中酯类含量最高, 包含丙内酯和乙酸异丙烯酯两种酯类, 相对含量分别为10.433和2.267; 煮鸡蛋中乙二醇甲醚乙酸酯相对含量为9.2, 而其他3种烹饪鸡蛋中不含酯类。叔丁基乙烯基醚为炒鸡蛋特有风味物质, 而乙醛酸水合物为荷包蛋特有风味物质。另外, 煮鸡蛋、烤鸡蛋、荷包蛋、炒鸡蛋中均为醇类含量最高。

### 表4 不同烹饪方法的鸡蛋挥发性风味物质成分表

序号	化合物名称	相对含量					
		煮鸡蛋	蒸鸡蛋	烤鸡蛋	荷包蛋	炒鸡蛋	
醛酮类	1	3-甲基-2-戊酮	2.312 ± 0.441	1.503 ± 1.503	-	0.567 ± 0.115	1.833 ± 1.012
	2	戊醛	0.399 ± 0.177	-	1.167 ± 0.603	0.4	5.5 ± 1.418
	3	正己醛	5.395 ± 2.040	2.470 ± 1.442	9.233 ± 2.650	2.5 ± 1.539	6.733 ± 1.553
	4	正辛醛	0.293 ± 0.059	0.331 ± 0.044 8	0.333 ± 0.058	0.3 ± 0.141	0.3 ± 0.1
	5	壬醛	1.765 ± 0.655	1.783 ± 0.165	0.867 ± 0.115	1.167 ± 0.551	0.867 ± 0.153
	6	庚醛	0.071 ± 0.123	0.09 ± 0.156	0.333 ± 0.058	0.1 ± 0.173	0.267 ± 0.058
	7	5-甲基-2-己酮	1.181 ± 2.504	2.971 ± 3.115	2.767 ± 4.792	-	-
	8	5-羟甲基糠醛	1.749 ± 1.063	0.844 ± 0.062	0.133 ± 0.231	0.95 ± 0.212	0.333 ± 0.577
	9	异丁醛	-	-	1.6 ± 0.361	-	-
	10	2-丁酮	-	-	3.567 ± 1.305	-	3.4 ± 2.330
醇类	11	二甘醇酐	26.900 ± 8.061	-	6 ± 10.392	23.3 ± 0.566	-
	12	1-戊醇	-	-	0.3	-	0.567 ± 0.208
	13	D-氨基丙醇	-	-	25.9 ± 9.051	5.3 ± 9.180	7.767 ± 13.452
胺类	14	L-丙氨酸	5.8 ± 10.045	9.467 ± 16.397	6.433 ± 11.143	5 ± 8.660	7.367 ± 12.759

转下页

接表4

序号	化合物名称	相对含量				
		煮鸡蛋	蒸鸡蛋	烤鸡蛋	荷包蛋	炒鸡蛋
酸类	15 1,2-丙二胺	—	5.767 ± 9.988	—	—	14.667 ± 25.403
	16 冰醋酸	0.2 ± 0.346	0.233 ± 0.115	0.4 ± 0.265	—	0.333 ± 0.153
	17 乙醛酸水合物	—	—	—	5 ± 8.660	—
氰化物	18 氰胺	8.65 ± 12.233	20.267 ± 18.614	19.7 ± 7.354	7.667 ± 13.279	—
酯类	19 乙二醇甲醚乙酸酯	9.2 ± 2.404	—	—	—	—
	20 丙内酯	—	10.433 ± 18.071	—	—	—
	21 乙酸异丙烯酯	—	2.267 ± 3.926	—	—	—
醚类	22 叔丁基乙烯基醚	—	—	—	—	6.95 ± 5.162
烃的衍生物	23 三氯甲烷	—	0.872 ± 0.385	0.1 ± 0.173	0.067 ± 0.115	0.033 ± 0.058

注：“—”表示未检出。

### 3 结论

采用电子舌对不同烹饪方法的鸡蛋进行滋味研究, 5种不同烹饪方法的鸡蛋酸味、苦味、咸味、鲜味、丰味5种指标差异均极显著 ( $p < 0.01$ ), 而涩味、后味A和后味B差异不显著。通过电子鼻和GC-MS对不同烹饪方法的鸡蛋挥发性成分变化进行研究, 结果表明其风味物质的种类和相对含量存在一定的差异。所有鸡蛋样品中共检测出8大类共23种挥发性物质, 包括醛酮类、醇类、酯类、酸类、氰化物、胺类、烃的衍生物和醚类。此次试验为消费者选购鸡蛋的烹饪方法提供了一定参考, 为鸡蛋的深加工提供了一定的研究基础。

#### 参考文献:

- [1] 赵法利, 刘静波. 鸡蛋中功能成分的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 798-802.
- [2] 马美湖, 毕玉芳, 张茂杰, 等. 鸡蛋贮藏期间风味特征电子感官分析[J]. 现代食品科技, 2015, 31(8): 293-300, 355.
- [3] 周芹, 李文钊. 关于鸡蛋黄、鸭蛋黄、咸鸡蛋黄、咸鸭蛋黄四种蛋黄风味物质的研究[J]. 中国调味品, 2012(6): 35-39.
- [4] LAMBRECHT M A, ROMBOUITS I, NIVELLE M A, et al. The role of wheat and egg constituents in the formation of a covalent and non-covalent protein network in fresh and cooked egg noodles[J]. Journal of Food Science, 2017, 82(1): 24-35.
- [5] 张昱, 侯旭杰. 电子鼻和电子舌技术在葡萄酒检测中的应用概述[J]. 酿酒科技, 2016(10): 88-93.
- [6] 毕玉芳. 鸡蛋风味特征及贮藏期间风味相关成分分析[D]. 武汉: 华中农业大学, 2016.
- [7] 李佳婷, 王俊, 李园, 等. 基于电子鼻的鸡蛋新鲜度检测[J]. 现代食品科技, 2017, 33(4): 300-305, 188.
- [8] 李佳, 刘忠义, 付满, 等. 发酵香肠风味物质气质分析及与发酵时间的关系[J]. 食品与机械, 2019, 35(5): 61-66.
- [9] ZIÓŁKOWSKA A, WĄSOWICZ E, JELEŃ H. Differentiation of wines according to grape variety and geographical origin based on volatiles profiling using SPME-MS and SPME-GC/MS methods[J]. Food Chemistry, 2016, 213: 714-720.
- [10] 郑青. 不同陈酿年份、葡萄品种及葡萄产地葡萄酒香气成分的研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2015.
- [11] 张雅茹, 黄英, 李雅雯, 等. 不同厂家慕萨莱思葡萄酒香气成分的GC-MS分析[J]. 塔里木大学学报, 2016, 28(4): 8-13.
- [12] 张昱, 张雅茹, 黄英, 等. 不同澄清度慕萨莱思葡萄酒香气成分分析比较研究[J]. 中国酿造, 2017, 36(2): 151-156.
- [13] 李萌, 章慧莺, 张宁, 等. HS-SPME结合GC-MS分析煎鸡蛋的挥发性风味成分[J]. 精细化工, 2014, 31(2): 218-224.
- [14] 肖润. 鸡蛋香气成分的顶空GC/MS分析[J]. 食品研究与开发, 2003(6): 142-143.
- [15] 张俊楠, 王喜琼, 李凤宁, 等. 不同蛋鸡品种和产蛋量对鸡蛋风味物质的影响[J]. 中国家禽, 2018, 40(7): 6-9.
- [16] 冯月超, 刘美玉, 任发政. 热处理对鸡蛋黄挥发性风味成分的影响[J]. 肉类研究, 2006(10): 31-33.
- [17] 黄燕, 何劲, 雷帮星. 不同烹饪方法对乌鸡蛋黄营养成分损失的影响[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(5): 64-66, 73.
- [18] 王玉, 赵延宁, 薛勇, 等. 基于电子鼻与SPME-GC-MS法分析咸鳕鱼加工过程挥发性风味成分变化[J]. 食品工业科技, 2018, 39(24): 266-272.
- [19] AHMED S, RATTANPAL H S, GUL K, et al. Chemical composition, antioxidant activity and GC-MS analysis of juice and peel oil of grapefruit varieties cultivated in India[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2019, 18(7): 1634-1642.
- [20] XU X, BAO Y, WU B, et al. Chemical analysis and flavor properties of blended orange, carrot, apple and Chinese jujube juice fermented by selenium-enriched probiotics[J]. Food Chemistry, 2019, 289: 250-258.
- [21] 李萌, 章慧莺, 张宁, 等. HS-SPME结合GC-MS分析煎鸡蛋的挥发性风味成分[J]. 精细化工, 2014, 31(2): 218-224.
- [22] 张瑞, 何丽丽, 郭莹, 等.  $\omega$ -3脂肪酸强化鸡蛋在不同烹饪方法中的营养损失[J]. 中国食物与营养, 2015, 21(8): 64-66.
- [23] 吴巧, 王武, 章立新, 等. 烤制鹌鹑蛋挥发性成分SPME条件优化[J]. 食品工业科技, 2013, 34(13): 139-142.
- [24] 郭壮, 李英, 潘婷, 等. 原料种类对米酒滋味品质影响的研究[J]. 中国酿造, 2016, 35(8): 100-103.
- [25] 张虹艳. 电子鼻技术对鸡肉、鸡蛋、羊奶贮藏时间的快速检测[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2012.