

利用传统酒酿发酵改善鲣鱼风味

王求娟^{1,2} 郑珍珍¹ 蔺佳良¹ 陈义芳¹ 苏秀榕^{1*}

(¹ 宁波大学海洋学院 浙江宁波 315211 ² 宁波今日食品有限公司 浙江宁波 315502)

摘要 目的:通过酒酿发酵的方法去除鲣鱼肉(普通肉和血合肉)的腥臭味。方法:运用电子鼻(E-Nose)对经不同时间、温度和固液比发酵的鲣鱼肉及未发酵的新鲜鲣鱼肉的挥发性物质变化趋势进行研究,并利用顶空固相微萃取-气质联用仪分析发酵前、后鲣鱼肉的挥发性物质。结果:电子鼻能较好地区分不同发酵条件下的各种鲣鱼肉。经 GC-MS 分析,发酵后鲣鱼普通肉的醛类由 20.98% 降至 2.5%,烃类由 53.15% 降至 11.2%,酯类由 0.51% 增加至 71.86%。血合肉发酵后醛类由 22.07% 降至 2.93%,烃类由 10.64% 降至 0.48%,酮类由 10.95% 降至 0.67%,而酯类由 3.72% 增加至 68.43%。发酵前普通肉的主要挥发性成分为辛醛(5.94%)、庚醛(4.2%)、苯甲醛(1.12%)、十五烷(36.41%)、十七烷(2.33%)和 1-辛烯-3-醇(12.3%)。暗色肉中检出的主要挥发性成分为己醛(4.32%)、辛醛(3.32%)、十五烷(1.41%)、十七烷(1.81%)、3,5-辛二烯-2-酮(2.66%)和 1-碘十一烷(27.98%)。发酵后普通肉中的主要挥发性成分为 3-甲基-1-丁醇(3.84%)、十二酸乙酯(24.54%)、十四酸乙酯(11.38%)、十六酸乙酯(21.11%)和 2,5-二甲基吡嗪(1.22%)。血合肉中有十二酸乙酯(5.29%)、十四酸乙酯(22.94%)和十六酸乙酯(20.81%),这些物质间的相互作用同样可增加发酵后的血合肉的香气。结论:通过感官评定结果可知,当发酵时间 4 d、温度 30 °C、固液比 1:2 g/mL 时,可去除鲣鱼肉的腥臭味,改良其风味。

关键词 鲣鱼肉;挥发性成分;电子鼻;顶空固相微萃取-气质联用

文章编号 1009-7848(2015)07-0203-09 doi: 10.16429/j.1009-7848.2015.07.030

金枪鱼属硬骨鱼纲,鲈形目,鲭科,别名鲔鱼、吞拿鱼。其作为一种远洋性红肉鱼,具有肉质鲜美,营养价值高等特点。常见金枪鱼有 5 个属 17 个种^[1],其中包括体型巨大、数量稀少的蓝鳍金枪鱼(*Thunnus maccoyii*)、大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)、黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*)、长鳍金枪鱼(*Thunnus alalunga*)和鲣鱼(*Katsuwonus pelamis*)。鲣鱼作为体型较小且价格低廉的金枪鱼种却拥有着最大的捕捞量。根据联合国粮食及农业组织在 2010 年发表的报告,鲣鱼的捕捞量已占当时主要上市金枪鱼的 58.1%,并且其捕捞量还有逐年上涨的趋势^[2]。鲣鱼鱼肉的腥味较重,普通肉通常用于制造低档罐头,致使同类产品的食用价值明显下降,阻碍了对它的进一步加工利用。而血合肉具有浓重的腥味,一般只被用作动物饲料^[3]。

有必要尝试对鲣鱼肉风味进行改良。目前,鱼类脱腥的方法有物理法(包埋法、吸附法、盐溶法、掩盖法和微胶囊法)、化学法(酸碱法、抗氧化剂法、酶法和类蛋白法)及微生物法等技术^[4-5]。李春美等^[6]在鱼鳞酶解液里加入 2% 的酵母,在 35 °C 的条件下,培养 1 h 后,不仅基本脱除腥味,且带来一定的清香味,氨态氮的损失较少。李淑芳等^[7]以三甲胺含量为指标,运用发酵法、包埋法、柠檬酸、CaCl₂ 混合溶液和萃取法对鲣鱼进行了脱腥研究,并最终确定发酵法为最佳脱腥方法。以上去腥法虽有效果,但更适用于液体脱腥,对金枪鱼这种具有实际加工特殊性的原材料并不太适用,而酒酿作为一种江南特色食品,不仅制作过程方便、简单^[8-9],同时还有去除腥味的作用。本研究拟通过酒酿发酵,结合电子鼻及顶空固相微萃取-气质联用(Headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry, HS-SPME-GC-MS)技术,对发酵前、后鲣鱼普通肉及血合肉的风味变化进行研究,以期得到一种更简便、快捷的去腥方法。

收稿日期:2014-07-23

基金项目:宁波市科技局农业与社发重大科技项目(2010C10040);

宁波市教育局重点学科项目

作者简介:王求娟,女,1977 年出生,硕士生

通讯作者:苏秀榕

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

冷冻鲣鱼,取自宁波今日食品有限公司,解冻后分成普通肉和血合肉。糯米、甜酒,市购。

1.2 仪器与设备

PEN3 电子鼻,德国 Airsense 公司;萃取头(65 μm PDMS),美国 Supelco 公司;7890/M7-80EI 气质联用仪,美国 Agilent 公司。

1.3 方法

1.3.1 酒酿制作和发酵 依照淘米-浸米-蒸米-冲淋-拌酒曲-装坛(加曲)发酵等顺序制作酒酿,待其发酵完成后,按不同发酵条件(固液比、时间及温度)分别称取相应的鲣鱼普通肉和血合肉后,连同一定量酒酿,按上酒酿、中鱼肉、下酒酿的顺序将其分别置于密闭容器中经行发酵(即分别制作普通肉和血合肉两种酒酿鱼肉)。

发酵时间:按照固液比 1:2 g/mL 分别称取两种肉及酒酿,经严格密封后置于 30 $^{\circ}\text{C}$ 的恒温培养箱中分别发酵 1,2,3,4,5 d。待发酵完成时分别称取 0.2 g 的普通肉和血合肉各 5 份,分别置于 15 mL 螺纹口样品瓶后待测(每个发酵时间做 5 个平行)。

发酵温度:按固液比 1:2 g/mL 称取两种肉及酒酿,密封后分别在 15,25,30,35 $^{\circ}\text{C}$ 和 40 $^{\circ}\text{C}$ 的条件下发酵 4 d。待发酵完成时分别称取 0.2 g 的普通肉和血合肉各 5 份,置于 15 mL 螺纹口样品瓶后待测(每个发酵温度做 5 个平行)。

发酵固液比:按照固液比 1:1,1:2,1:3,1:4 g/mL 和 1:5 g/mL 的比例分别称取两种肉及酒酿,置于密封容器内在 30 $^{\circ}\text{C}$ 条件下恒温发酵 4 d。待发酵完成后分别称取 0.2 g 的普通肉和血合肉各 5 份,分别置于 15 mL 螺纹口样品瓶后待测(每个发酵时间做 5 个平行)。

1.3.2 电子鼻检测 各样品利用电子鼻进行检测。数据采集时间为 250 s,取平稳状态下 249~250 s 的测量数据作为分析的点。传感器清洗时间 800~1 000 s。

1.3.3 GC-MS 分析 通过感官评定确定最佳发酵条件后,分别称取 1.0 g 发酵前后的鲣鱼肉于 15 mL 螺纹口样品瓶中待测(每种肉做 3 个平行样)。

固相微萃取条件:将萃取头在气相色谱的进

样口 250 $^{\circ}\text{C}$ 老化 30 min,而后插入样品瓶,于 60 $^{\circ}\text{C}$ 水浴吸附 30 min 后移进气质联用仪进样口,在 220 $^{\circ}\text{C}$ 条件下解吸 5 min,启动气质联用仪采集数据。

色谱条件:DB-5 毛细管色谱柱(30 m \times 0.25 mm,2.5 μm);载气 He,流速 1 mL/min;不分流模式进样,进样时间 1 min,恒流 1 mL/min;进样口温度和传输线温度均为 220 $^{\circ}\text{C}$;程序升温:起始柱温 50 $^{\circ}\text{C}$,以 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 200 $^{\circ}\text{C}$,保留 5 min,再以 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 250 $^{\circ}\text{C}$,保持 2 min。

质谱条件:离子源为电子轰击源,电离电压 70 eV,离子源温度 230 $^{\circ}\text{C}$,扫描范围 45~400 u。

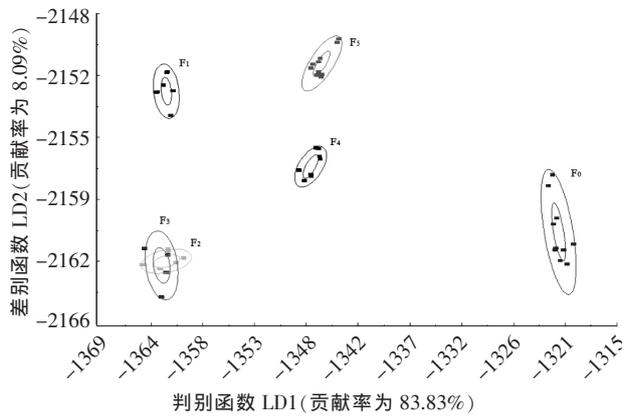
1.3.4 数据分析 电子鼻采用 PEN3 自带 Win-Muster 数据处理软件进行线性判别分析法(Linear discriminant analysis, LDA)分析。气相色谱-质谱检测结果通过计算机检索,利用 NIST 和 WILEY 谱库相互匹配进行定性分析。将谱库中化合物相似度低于 80(最大值为 100)的组分标为未鉴定出。各组分相对含量按照峰面积归一化法计算。

2 结果与分析

2.1 不同发酵因素对挥发性风味物质的影响

2.1.1 不同发酵时间挥发性物质的 LDA 分析 对不同发酵时间鲣鱼肉的挥发性物质进行 LDA 分析,总贡献率达到 91.92%,结果如图 1 所示。图中椭圆代表同一批次鲣鱼肉挥发性风味物质的数据采集点。与新鲜的状态相比,发酵后的鱼肉 LD1 变化均很大,这种变化是因为鱼肉在发酵过程中产生了大量新的风味化合物。发酵 1~3 d 的 LD1 呈变化很小,但 1 d 与 2 d、3 d 的 LD2 变化较大,说明风味前体物质随发酵时间的延长而减少,而新产生的风味物质之间的相互作用使风味发生变化。当发酵时间变为 4 d、5 d 时,两者之间的 LD2 较大。由此说明,血合肉的挥发性风味物质在酒酿发酵前后的确发生了较大变化。

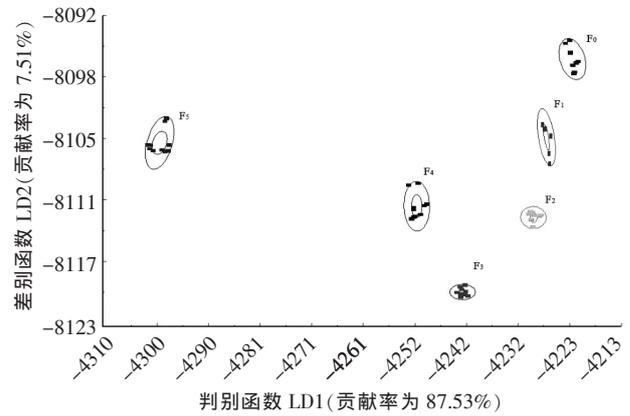
图 2 是鲣鱼普通肉的 LDA 分析图,两种成分的总贡献率达到 95.04%。从图 2 可以看出,和新鲜状态下的普通鱼肉气味相比,发酵后鱼肉的风味发生了较大改变。特别当发酵 4~5 d 时,两者间的 LD1 相差很大,说明鲣鱼普通肉经酒酿发酵后其风味发生了较大改变。



注: F₀:新鲜血合肉; F₁~F₅:发酵时间分别为 1,2,3,4,5 d 的血合肉。

图 1 不同发酵时间鲮鱼血合肉的 LDA 分析图

Fig.1 Linear discriminant analysis of fermented dark muscle of *Katsuwonus pelamis* at different time



注: F₀:新鲜普通肉; F₁~F₅:发酵时间分别为 1,2,3,4,5 d 的普通肉。

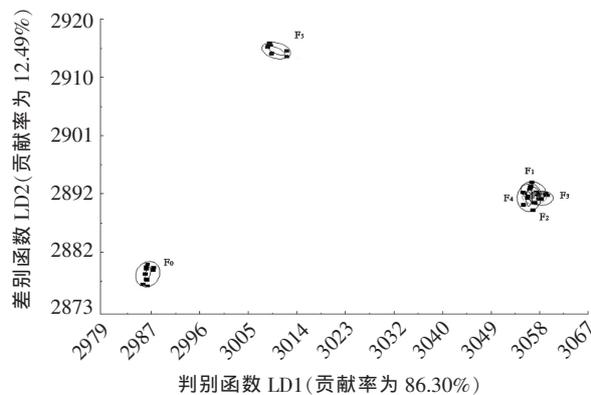
图 2 不同发酵时间下鲮鱼普通肉的 LDA 分析图

Fig.2 Linear discriminant analysis of fermented ordinary muscle of *Katsuwonus pelamis* at different time

2.1.2 不同发酵温度挥发性物质的 LDA 分析 由图 3 可知,不同发酵温度下血合肉的 LDA 中的两种成分的总贡献率达到 98.79%。新鲜血合肉的风味明显有别于其他温度的鱼肉,而 15,25,30,35℃条件下的挥发性物质均重叠在一起,区分度不高,说明这 4 个温度对鱼肉风味的影响较小。当发酵温度为 40℃时,其挥发性成分明显的别于之前,这可能是该温度下的血合肉经发酵又产生了更多新的挥发性物质,由此产生较大差异。40℃的发酵鱼肉与新鲜鱼肉的 LD1 变化没有其余 4 个

温度的变化明显,可能是因为 40℃不是酒酿发酵的合适温度,因此发酵效果差;而其 LD2 变化较大的原因是风味成分相互作用的结果。

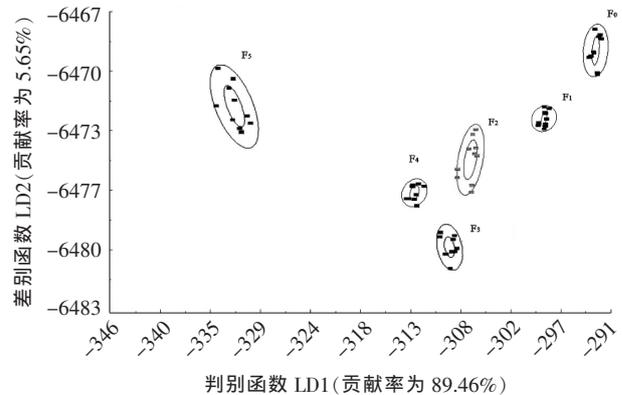
图 4 为鲮鱼普通肉在不同发酵温度下的 LDA 分析图,由图 4 可知,总贡献率达到 95.11%。其中经 35℃和 40℃发酵的鱼肉风味变化最明显,因为此时的 LD1 和 LD2 均相距很大,说明该温度下的鱼肉在发酵过程中不但新产生了大量的挥发性物质,同时各物质间还发生了明显的交互作用。



注: F₀:新鲜血合肉; F₁~F₅:发酵温度分别为 15,25,30,35,40℃的血合肉。

图 3 不同发酵温度下鲮鱼血合肉的 LDA 分析图

Fig.3 Linear discriminant analysis of fermented dark muscle of *Katsuwonus pelamis* at different temperatures



注: F₀:新鲜普通肉; F₁~F₅:发酵温度分别为 15,25,30,35,40℃的普通肉。

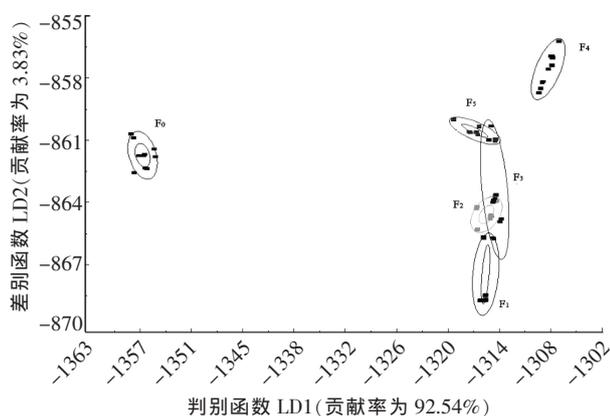
图 4 不同发酵温度下鲮鱼普通肉的 LDA 分析图

Fig.4 Linear discriminant analysis of fermented ordinary muscle of *Katsuwonus pelamis* at different temperatures

2.1.3 不同发酵固液比挥发性物质的 LDA 分析

由图 5 可知,不同发酵固液比血合肉的 LDA 分析中其总贡献率为 96.37%,除 F_3 与其他有所重叠外,其余均能明显区分。5 个固液比的血合肉与新鲜鱼肉在 LD_1 上变化均很大,说明在发酵过程中风味前体物质发生了明显变化,可能产生了大量新的挥发性物质。

图 6 为不同发酵固液比下鳙鱼普通肉的 LDA



注: F_0 : 新鲜血合肉; F_1 ~ F_5 : 发酵固液比分别为 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 g/mL 的血合肉。

图 5 不同发酵固液比下鳙鱼血合肉的 LDA 分析图

Fig.5 Linear discriminant analysis of fermented dark muscle of *Katsuwonus pelamis* at different solid-liquid ratios

2.2 酒酿发酵前后挥发性风味物质的变化

对发酵前后的鳙鱼普通肉经 GC-MS 分析后可知,醛类由 20.98% 降至 2.5%, 烃类由 53.15% 降至 11.2%, 酯类由 0.51% 增加至 71.86% (图 7)。

由图 8 可知,血合肉挥发性物质在酒酿发酵

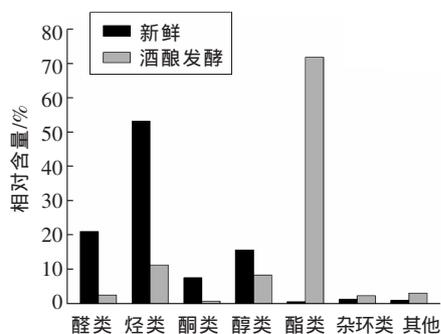
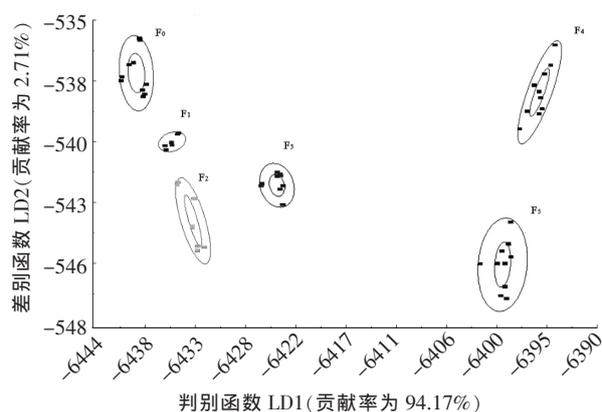


图 7 发酵前后鳙鱼普通肉挥发性成分对比图

Fig.7 Comparison of volatile compounds of fresh and fermented ordinary muscle of *Katsuwonus pelamis*

分析图,可知两成分的总贡献率为 96.88%。其中挥发性风味物质的变化主要是集中在 1:3 g/mL 及 1:4 g/mL,此时 F_3 和 F_4 的 LD_1 相差很大,说明在此发酵阶段中产生了大量新的挥发性物质,而 F_4 和 F_5 的差异则更多的体现在 LD_2 值上,说明经 1:4 g/mL 和 1:5 g/mL 固液比发酵后鳙鱼普通肉风味的变化主要是由于各挥发性物质间的相互作用所致。



注: F_0 : 新鲜普通肉; F_1 ~ F_5 : 发酵固液比为 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 g/mL 的普通肉。

图 6 不同发酵固液比下鳙鱼普通肉的 LDA 分析图

Fig.6 Linear discriminant analysis of fermented ordinary muscle of *Katsuwonus pelamis* at different solid-liquid ratios

前后的相对含量也发生了很大变化,其中醛类由 22.07% 降至 2.93%, 烃类由 10.64% 降至 0.48%, 酮类由 10.95% 降至 0.67%, 而酯类由 3.72% 增加至 68.43%。

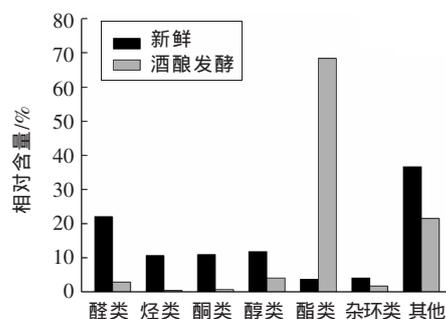


图 8 发酵前后鳙鱼血合肉挥发性成分对比图

Fig.8 Comparison of volatile compounds of fresh and fermented dark muscle of *Katsuwonus pelamis*

从挥发性物质的总类看:发酵前 GC-MS 共检 类、烃类、酮类、醇类、酯类等化合物(表 1)。出挥发性物质 51 种,发酵后检出 80 种。主要有醛

表 1 发酵前后鲢鱼肉挥发性成分分析表

Table 1 Analysis of volatile compounds of fresh and fermented muscle of *Katsuwonus pelamis*

化合物组分名称	相对含量/%			
	发酵前		发酵后	
	普通肉	血合肉	普通肉	血合肉
己醛	3.21	4.32	-	0.36
庚醛	4.2	1.33	-	-
辛醛	5.94	3.32	-	-
(E)-2-辛烯醛	-	0.56	-	-
(E)-2-壬烯醛	-	1.09	-	0.31
(E)-2-癸烯醛	-	0.36	-	-
(Z)-4-庚烯醛	1.4	-	-	-
4-(羟甲基)-环己基甲醛	-	-	-	0.77
壬醛	2.98	2.49	-	-
(E,E)-2,6-壬二醛	-	-	-	0.42
(E,E)-2,4-庚二醛	-	0.67	-	-
(E,E)-2,4-己二醛	-	-	-	0.34
2,4-癸二烯醛	-	1.47	2.5	0.73
苯甲醛	1.12	-	-	-
3-乙基-苯甲醛	1.49	-	-	-
D-丁香醛	0.64	6.46	-	-
4,4-二甲基-1,2-戊二烯	-	1.09	-	-
4,4-二甲基-1-戊烯	-	1.02	-	-
柠檬烯	2.94	0.63	-	0.2
反-氧化柠檬烯	-	0.67	-	-
1,3-双(1.1-二甲基乙炔基)-苯	-	0.64	-	-
7-甲基-1-壬炔	-	0.55	-	-
2-十一炔	1.67	-	-	-
(E)-10-甲基-4-十一烯	1.44	-	-	-
4-甲基-1-(1-甲基乙炔基)-环己烯	-	0.09	-	-
1,5-二甲基三环[3.3.0.0(2,6)]辛烷	-	0.9	-	-
3-辛炔	1.11	-	-	-
2-甲基-2-硝基-丙烷	4.72	-	-	-
4,5-二乙基-3,5-辛二烯	-	0.56	-	-
2,6,10-三甲基-十二烷	1.92	-	-	-
十四烷	0.61	0.74	-	-
十五烷	36.41	1.41	6.07	0.28
十六烷	-	0.53	-	-
十七烷	2.33	1.81	5.13	-
2,2-二羟基-1-苯基乙酮	-	0.52	-	-
2,2-二甲基-3-辛酮	-	1.72	-	-
3,5-辛二烯-2-酮	-	2.66	-	0.34
2-壬酮	-	1.29	-	-
(E,E)-3,5-辛二烯-2-酮	3.12	1.78	-	-

(续表 1)

化合物组分名称	相对含量/%			
	发酵前		发酵后	
	普通肉	血合肉	普通肉	血合肉
3',4',5,7-四甲氧基黄酮	-	-	0.35	-
3,6-庚二酮	1.01	-	-	-
2H-4,4-二甲基-2H-吡喃-2,6(3H)-二酮	2.11	-	-	-
5,6-二氢-4-(2-甲基-1-丙烯-3-基)-2H-吡喃-2-酮	-	0.34	-	-
4,6-二甲基-2,7-壬二烯-5-酮	-	-	0.41	-
2-十一酮	-	1.44	-	0.33
8-羟基-2-辛酮	1.28	-	-	-
3-壬烯-5-酮	-	1.2	-	-
1-戊烯-3-醇	-	2.02	0.38	0.33
3-甲基-1-丁醇	-	-	3.84	1.05
2-甲基-1-丁醇	-	-	3.7	-
戊醇	-	4.09	-	-
2,3-丁二醇	-	-	0.38	0.32
1-辛烯-3-醇	12.3	5.71	-	0.32
2-辛炔-1-醇	3.28	-	-	-
正辛醇	-	-	-	2.1
丙酸戊酯	0.51	2.94	-	-
二碳酸二叔丁酯	-	0.78	-	-
辛酸乙酯	-	-	1.02	1.29
乙酸-2-苯基乙酯	-	-	1.05	0.6
胍羧酸苯甲酯	-	-	2.21	-
癸酸乙酯	-	-	-	1.93
十二酸乙酯	-	-	24.54	5.29
十三酸乙酯	-	-	-	4.06
9-十四碳烯酸乙酯	-	-	-	0.39
十四酸乙酯	-	-	11.38	22.94
十五酸乙酯	-	-	1.8	0.52
9-十六碳烯酸乙酯	-	-	4.74	6.99
十六酸乙酯	-	-	21.11	20.81
9-十七碳烯酸乙酯	-	-	-	0.4
十七酸乙酯	-	-	-	0.41
(E)-9-十八烯酸乙酯	-	-	2.96	1.73
9-十八烯酸乙酯	-	-	-	0.35
亚油酸乙酯	-	-	0.43	-
十八酸乙酯	-	-	-	0.72
17-甲基-硬脂酸甲酯	-	-	0.62	-
2-戊基呋喃	-	0.7	0.67	-
顺-2-(2-戊烯基)呋喃	-	-	-	1.48
2-丙基呋喃	1.27	2.13	-	-
2,5-二甲基吡嗪	-	-	1.22	-
反-2-(2-戊烯基)呋喃	-	1.27	-	0.33
四氢化-2-(3-苯基丙基)呋喃	-	-	0.43	-
(苯基甲基)-胍	-	-	-	12.35

(续表 1)

化合物组分名称	相对含量/%			
	发酵前		发酵后	
	普通肉	血合肉	普通肉	血合肉
<i>N,N</i> -二甲基甲胺	0.99	-	-	-
3,7-二甲基-1,7-辛二烯-3-胺	-	-	-	0.34
<i>N</i> -甲基-2-丙炔-1-胺	-	0.39	-	-
1-碘十二烷	-	-	-	0.69
1-碘十三烷	-	6.34	-	-
1-碘十一烷	-	27.98	2.02	5.59
1-碘十八烷	-	1.96	1.04	2.6

注：“-”表示未检出。

2.3 发酵前鲢鱼肉的风味

通过 GC-MS 分析可知,醛类、烃类和醇类是新鲜普通肉的主要挥发性成分,其中相对含量较高的有:辛醛(5.94%)、庚醛(4.2%)、苯甲醛(1.12%)、十五烷(36.41%)、十七烷(2.33%)和 1-辛烯-3-醇(12.3%)。就醛类物质而言,由于其自身阈值低,故此类物质的存在很可能对鱼肉风味产生较大影响,辛醛、庚醛和己醛等被认为是鱼肉腥味的来源^[10],苯甲醛则具有杏仁香气。烃类物质由于阈值高的原因,故通常被认为对风味的贡献甚微,之前有报道^[11]称,新鲜普通肉中检出的十五烷和十七烷是天然鱼香及其饲料的共同香气物质。醇类与烃类物质类似,由于其阈值较高,故一般在低含量状态下对鱼肉风味贡献较小,1-辛烯-3-醇带有辛辣味和油样气息,普遍存在于鱼肉中,已被证实对鲢鱼腥味的形成起重要作用^[12-14]。从新鲜暗色肉中检出的主要挥发性成分有为醛类、烃类和酮类,其中相对含量较高的物质有:己醛(4.32%)、辛醛(3.32%)、十五烷(1.41%)、十七烷(1.81%)、3,5-辛二烯-2-酮(2.66%)和 1-碘十一烷(27.98%)。辛醛作为一种氧化产物,通常会带来很强的水果香气^[15-17]。在新鲜普通肉及血合肉中都检出了该化合物。十五烷和十七烷作为天然鱼香及饲料香气的来源,在新鲜血合肉中也被检出。由于大多数的酮类物质都具有草香及果香,且阈值低,因此可能会对鱼肉风味产生较大影响,3,5-辛二烯-2-酮自身带有微弱的水果香,可能会对新鲜血合肉的风味带来一定的影响。由此可知,上述挥发性风味物质的相互作用使得酒酿前鲢鱼肉的风味主要以水果味、青草味和腥味为主。

2.4 发酵后鲢鱼肉的风味

经 GC-MS 检测可知,鲢鱼肉的挥发性风味物质在酒酿前后发生了较大的变化。醛类、烃类、酮类、醇类等物质减少,酯类化合物大幅度增加。其中相对含量较高的有:3-甲基-1-丁醇(3.84%)、十二酸乙酯(24.54%)、十四酸乙酯(11.38%)、十六酸乙酯(21.11%)和 2,5-二甲基吡嗪(1.22%)。其中 3-甲基-1-丁醇具有苹果白兰地香气和辛辣味;十二酸乙酯通常带有花生香气;十四酸乙酯可呈椰子 and 蜂蜡似风味;十六酸乙酯则呈微弱蜡香和奶油香^[18-21];杂环类化合物 2,5-二甲基吡嗪具有炒花生香气和巧克力味^[22]。与普通肉类似的是发酵后的血合肉中主要挥发性物质也以酯类化合物为主,相对含量较高的有:十二酸乙酯(5.29%)、十四酸乙酯(22.94%)和十六酸乙酯(20.81%),这些物质间的相互作用同样会增加发酵后的血合肉的香气。值得注意的是,发酵后的血合肉会产生少量胺类物质,这可能会影响鱼肉的风味。由此可知,大量脂类化合物交互作用,使发酵后的鲢鱼肉具有令人愉悦的独特酒酿风味。

3 结论

酒酿在发酵温度 30 ℃、固液比 1:2 g/mL 时,与鲢鱼肉一起发酵 4 d 后的脱腥效果最好。其原因是该过程在降低了新鲜鲢鱼肉中的己醛、庚醛、辛醛、1-戊烯-3-醇、十五烷和十七烷等腥味物质含量的同时,增加了十二酸乙酯、十四酸乙酯和十六酸乙酯等化合物,使发酵后的鱼肉呈现独特的酒酿风味,从而达到脱腥的效果。

参 考 文 献

- [1] 马振华, 李霞. 中西太平洋金枪鱼资源[J]. 水产科学, 2006, 25(10): 537-540
- [2] 方健民, 黄富雄, 郑钟新, 等. 金枪鱼的营养价值和加工利用[J]. 水产科技, 2006, 11(2): 8-13.
- [3] 罗殷, 王锡昌, 刘源. 金枪鱼加工及其综合利用现状与展望[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(27): 11997-12003.
- [4] 罗殷, 王锡昌. 金枪鱼保鲜方法及其对品质影响的研究进展[J]. 水产科技情报, 2008, 35(3): 116-119.
- [5] 游丽君, 赵谋明. 鱼肉制品腥味物质形成及脱除的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(2): 117-120.
- [6] 李春美, 彭光华, 胡元华, 等. 鱼鳞酶解及酶解液脱腥工艺研究[J]. 食品工业科技, 2005, 27(3): 136-138.
- [7] 李淑芳, 邓尚贵, 唐艳, 等. 鲳鱼脱腥技术研究[J]. 浙江海洋学院学报, 2012, 31(1): 33-38.
- [8] 孙俊良. 糯米酒最佳发酵工艺条件的研究[J]. 酿酒, 1998, 24(2): 54-55.
- [9] 谭汝成, 熊善柏, 张晖. 酒糟鱼糟制方法的研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28(7): 119-121.
- [10] 李琴, 朱科学, 周惠明. 利用电子鼻分析熬制时间对3种食用菌汤风味的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(16): 151-155.
- [11] Mjoss A, Solvang M. Patterns in volatile components over heated fish powders[J]. Food Research International, 2006, 39(2): 190-202.
- [12] 宋伟, 刘璐, 支永海, 等. 电子鼻判别不同储藏条件下糙米品质的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(24): 360-365.
- [13] 全晶晶, 侯云丹, 黄健, 等. 加工温度对鲳鱼挥发性成分的影响[J]. 中国食品学报, 2012, 12(8): 221-228.
- [14] 王霞, 黄健, 侯云丹, 等. 电子鼻结合气相色谱-质谱联用技术分析黄鳍金枪鱼肉的挥发性成分[J]. 食品科学, 2012, 33(12): 268-272.
- [15] Chen D, Zhang M. Analysis of volatile compounds in Chinese mitten crab[J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2010, 14(3): 297-300.
- [16] 杨华, 耿利华. 不同贮藏温度下美国红鱼风味的电子鼻检测研究[J]. 食品科技, 2011, 36(4): 276-280.
- [17] 张虹艳, 丁武. 电子鼻对不同温度下生鲜羊奶贮藏时间的判定[J]. 食品科学, 2011, 32(16): 257-260.
- [18] 邓捷春, 王锡昌, 刘源. 鱼肉风味研究进展[J]. 食品工业科技, 2010, 31(6): 375-383.
- [19] 黄健, 王霞, 侯云丹, 等. 加热温度对牡蛎挥发性风味成分的影响[J]. 核农学报, 2012, 26(2): 311-317
- [20] 赵庆喜, 薛长湖, 徐杰, 等. 微波蒸馏-固相微萃取-气相色谱-质谱-嗅觉检测器联用分析鳙鱼鱼肉中的挥发性成分[J]. 色谱, 2007, 25(2): 267-271.
- [21] 郑平安, 孙静, 全晶晶, 等. 贮藏温度对鲳鱼品质的影响研究[J]. 核农学报, 2013, 27(1): 75-80.
- [22] 孙静, 黄健, 侯云丹, 等. 顶空固相微萃取-气质联用分析大眼金枪鱼肉的挥发性成分[J]. 食品科学, 2011, 32(22): 230-233.

Studies on the Flavor Improvement of *Katsuwonus pelamis* by Using Traditional Fermented Glutinous Rice Fermentation

Wang Qiujuan^{1,2} Zheng Zhenzhen¹ Lin Jialiang¹ Chen Yifang¹ Su Xiurong^{*}
(¹School of Marine Science, Ningbo University, Ningbo 315211, Zhejiang
²Ningbo Jinri Food Co., Ltd, Ningbo 315502, Zhejiang)

Abstract Objective: To remove the fishy flavor of the muscle of *Katsuwonus pelamis* by the fermentation of sweet ferment rice. Method: An electronic nose was used to detect the change of volatile components in the muscle of *Katsuwonus pelamis* dealt with the fermentation of sweet ferment rice in different time, temperature and solid-liquid ratio and the fresh raw samples. The data obtained were dealt with linear discriminant analysis (LDA). The optimum fermentation conditions were determined by sensory evaluation. The change of volatile components were detected and analyzed by headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Result: The

electronic nose could discriminate the muscle of *Katsuwonus pelamis* in different fermentation conditions well. It could be known from GC-MS analysis that skipjack ordinary muscle after fermentation of aldehydes in relative content was reduced to 2.5% from 20.98%, hydrocarbons was reduced to 11.2% from 53.15%, esters was increased from 0.51% to 71.86%. The dark muscle of skipjack after fermentation of aldehydes in relative content was reduced to 2.93% from 22.07%, hydrocarbons was reduced to 10.64% from 0.48%, ketones was reduced to 10.95% from 0.67%, esters was increased from 3.72% to 68.43%. the major volatile components of unfermented skipjack ordinary muscle were octanal (5.94%), heptanal (4.2%), benzaldehyde (1.12%), pentadecane (36.41%), heptadecane (2.33%) and 1-octen-3-ol (12.3%), the major volatile components of unfermented skipjack dark muscle were hexanal (4.32%), octanal (3.32%), pentadecane (1.41%), heptadecane (1.81%), 3,5-octadien-2-one (2.66%) and 1-iodo-undecane (27.98%). the major volatile components of fermented skipjack ordinary muscle were 3-methyl-1-butanol (3.84%), ethyl laurate (24.54%), ethyl myristate (11.38%), ethyl cetylate (21.11%) and 2,5-dimethyl pyrazine (1.22%). the major volatile components of fermented skipjack dark muscle were ethyl laurate (5.29%), ethyl myristate (22.94%) and ethyl cetylate (20.81%), the interaction between these substances will increase the aroma of fermented skipjack dark muscle. Conclusion: by the result of sensory evaluation, it showed that when the fermentation time was 4 days, the temperature was 30°C and the solid-liquid ratio was 1:2, the effect of removing the smell was the best. So sweet ferment rice could remove the smell of the muscle of *Katsuwonus pelamis* and improve the flavor.

Keywords ordinary muscle of *Katsuwonus pelamis*; dark muscle of *Katsuwonus pelamis*; volatile components; headspace solid-phase microextraction (HS-SPME-GC-MS)

信息窗

科学家发现有驱毒剂的水果替代品

根据美国加利福尼亚大学河畔分校的一项研究成果,一种取自于水果的化合物未来可用作安全的驱毒剂。

害虫每年会损害大量农产品,因此找到一种安全、有效的驱毒剂对于农用化学制品生产来说是一个重点目标。近年来,科学家对于检测植物抵抗害虫方面的兴趣日渐增长,比如,近期一个研究小组在研究,一种植物的化学呼救信号如何被转化成一种用来抵抗害虫的武器。

为了找到现有驱毒剂的替代品,上述加利福尼亚研究团队调查了一系列避蚊胺替代品,这些替代品已经获许被用作食品添加剂。避蚊胺是一种广泛使用的驱毒剂,但由于安全问题,仅被用于皮肤和衣物。

避蚊胺的替代品之一——邻氨基苯甲酸丁酯来自水果,且由于其令人愉悦的气味,经常被用于香精香料。该研究团队发现,在蓝莓上喷洒溶解度为 10% 的邻氨基苯甲酸丁酯之后,会让蓝莓样本得到几乎 100% 的保护,使其免受斑翅果蝇的侵害。这种果蝇是一种主要害虫,每年会在全球范围内造成数十亿美元的经济损失,因而迫切需要找到抵抗这种果蝇的方法。

相关研究成果日前发表于《化学世界》。此研究高级研究员 Anandasankar Ray 已经对该技术进行了专利申请,他希望可以给农民提供一种利用天然驱毒剂的替代品。他还在考虑用类似的方式保护人们和家畜免受害虫困扰。

(消息来源:中国科学报)