

文章编号: 1000-8551(2014) 08-1430-10

鲣鱼血合肉风味改良的研究

徐茂琴¹ 潘俊娴² 蔺佳良² 王求娟³ 陈义方³ 夏静波³
周 君² 张春丹² 李 晔² 苏秀榕²

(¹ 宁波城市职业技术学院, 浙江 宁波 315100; ² 宁波大学海洋学院, 浙江 宁波 315211; ³ 宁波今日食品有限公司, 浙江 宁波 315502)

摘 要: 本文旨在通过酒酿发酵的方式去除鲣鱼血合肉的腥臭味。运用电子鼻(electronic nose)对经不同时间、温度和固液比发酵的血合肉及未经发酵的新鲜血合肉的挥发性物质的变化进行初步测定, 对所得数据通过主成分分析(PCA)和线性判别分析法(LDA)进行了处理。而后通过感官评定, 确定最佳发酵条件。最终利用顶空固相微萃取-气质联用仪(HS-SPME-GC-MS)对发酵前后血合肉的挥发性物质进行检测和分析。电子鼻能检测到酒酿发酵前后鲣鱼血合肉挥发性成分的变化趋势。由GC-MS分析可知, 经过酒酿发酵后, 血合肉的腥味成分明显减少。通过感官评定结果可知, 发酵时间为4d、温度30℃、固液比1:2时, 脱腥作用最好。由此说明, 酒酿发酵能够较好的去除鲣鱼血合肉的腥臭味, 改良其风味。

关键词: 鲣鱼血合肉; 挥发性成分; 风味改良

DOI: 10.11869/j.issn.100-8551.2014.08.1430

金枪鱼作为一种远洋性红肉鱼, 具有肉质鲜美, 营养价值高等特点。广义的金枪鱼是指鱼类中的鲭科、箭鱼科和旗鱼科共计约30种鱼类^[1]。经济价值较大的种类包括蓝鳍金枪鱼(*Thunnus maccoyii*)、大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)、黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*)、长鳍金枪鱼(*Thunnus alalunga*)、鲣鱼(*Katsuwonus pelamis*)。鲣鱼作为主要的捕捞品种, 其捕捞量正有逐年上涨的趋势^[2-4]。但鲣鱼的血合肉腥味较重, 无法食用, 一般作为动物饲料。因此有必要对其风味进行改良。目前, 鱼肉制品脱腥的方法主要为三大类: 物理法脱腥、化学法脱腥和生物法脱腥^[5]。李淑芳等^[6]利用柠檬酸、 β -CD包埋和CaCl₂混合溶液浸泡、乙醇萃取等方法对金枪鱼肉进行脱腥处理, 并取得一定效果。李钰金等^[7]曾在金枪鱼鱼松的工艺研究中, 采用浸泡脱腥法, 结果表明以1% NaCl和40%乙醇作为浸泡剂时能达到去腥目的, 同时还能有效降低样品中的脂肪含量。以上两种去腥法虽有效果, 但是操作过程相对复杂。而酒酿作为一种江南特色食品, 不仅制作过程

方便、简单, 同时还有去除腥味的作用^[10-11]。因此, 本研究通过酒酿发酵的方法, 再结合电子鼻和HS-SPME-GC-MS来研究鲣鱼血合肉风味的改良, 以期能确定一种更加简便且快捷的去腥方法。

1 材料与方法

1.1 材料

冰鲜鲣鱼血合肉取自宁波今日食品有限公司。

1.2 方法

1.2.1 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(成品即为酒酿鲣鱼血合肉)。

按照固液比1:2的比例称取血合肉及酒酿, 经严格密封后置于30℃的恒温培养箱中分别发酵1、2、3、

收稿日期: 2013-10-24 接受日期: 2014-03-07

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资助项目

作者简介: 徐茂琴, 女, 助理研究员, 主要从事生物工程研究。E-mail: xumaoqin@nbcc.cn

通讯作者: 周君, 男, 讲师, 主要从事生物化学与分子生物学研究。E-mail: zhoujun1@nbu.edu.cn

4、5d。待发酵完成时称取 0.2g 的血合肉各 5 份,分别置于 15mL 螺纹口样品瓶后待测(每个发酵时间做 5 个平行)。

按固液比 1:2 的比例称取血合肉及酒酿,密封后在 15、25、30、35 和 40℃ 的条件下发酵 4d。待发酵完成时称取 0.2g 的血合肉各 5 份,而后分别置于 15mL 螺纹口样品瓶后待测(每个发酵温度做 5 个平行)。

按照固液比 1:1、1:2、1:3、1:4 和 1:5 的比例分别称取血合肉及酒酿,置于密封容器内在 30℃ 下恒温发酵 4d。待发酵完成后称取 0.2g 的血合肉各 5 份,分别置于 15mL 螺纹口样品瓶后待测(每个发酵固液比做 5 个平行)。

1.2.2 电子鼻检测 分别称取不发酵新鲜下的血合肉 0.2g 于 15mL 螺纹口样品瓶中(每个条件做 5 个平行样),连同上述样品用电子鼻(PEN3,德国 Airsense 公司)检测。数据采集时间 250s,传感器清洗时间 800~1000s。

1.2.3 GC-MS 分析 通过感官评定确定最佳发酵条件后,分别称取 1.0g 发酵血合肉及未发酵的新鲜血合肉进行测定。

将萃取头(65 μ m PDMS,美国 SUPELCO 公司)在气相色谱的进样口 250℃ 老化 30min。萃取头插入样

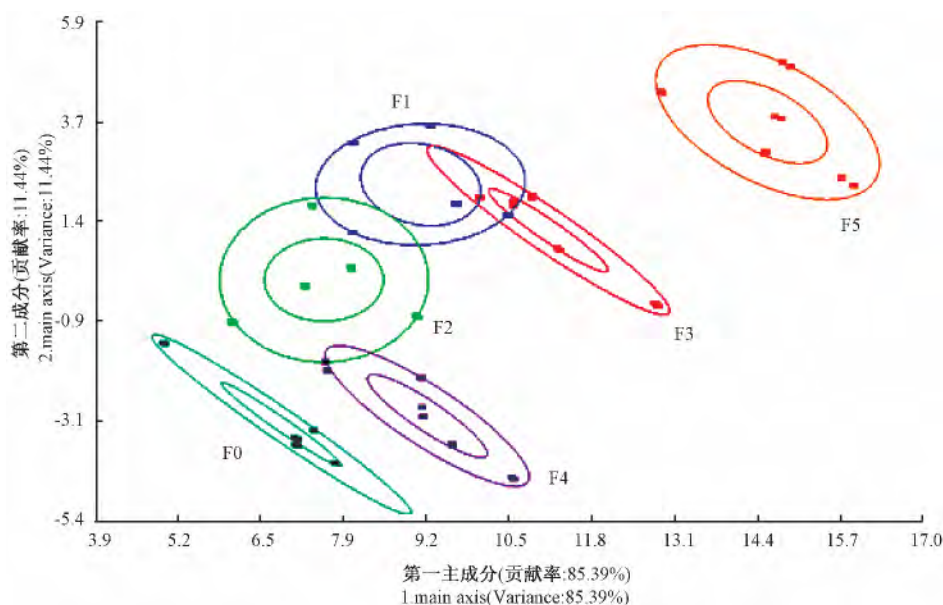
品瓶于 50℃ 水浴吸附 30min 后移进气质联用仪(7890/M7-80EI,美国 Agilent 公司、北京普析通用仪器有限责任公司)与进样口 220℃ 解吸 5min,启动气质联用仪采集数据。

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

离子源为电子轰击源(EI),电离电压 70eV,离子源温度 230℃,扫描范围 45~400u。

1.3 数据分析

电子鼻检测数据的信号采集时间为 250s,取平稳状态下 249~250s 的测量数据作为分析的点,采用 PEN3 自带 WinMuster 数据处理软件进行主成分分析法(PCA)和线性判别分析法(LDA)进行数据分析。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。各组分相对百分含量按照峰面积归一化法计算。



注: F0: 新鲜血合肉; F1 - F5: 发酵时间为 1、2、3、4、5d 的血合肉。

Note: F0: unfermented; F1 - F5: fermentation days 1, 2, 3, 4, 5d.

图 1 不同发酵时间下鳀鱼血合肉的 PCA 分析图

Fig. 1 Principal component analysis of fermented dark muscle of *Katsuwonus pelamis* at different time

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 PCA 及 LDA 分析 对不同发酵时间血合肉的挥发性物质进行 PCA 分析,结果如图 1 所示。图中椭圆代表同一批次鲮鱼血合肉挥发性风味物质的数据采集点。当两种成分的总贡献率超过 70%~85% 时,即表明该图能较好反映原数据的信息,否则说明在此分析中会存在干扰成分作用^[12-17]。由图 1 可知,两种成分的总贡献率为 96.83%,可见 PCA 分析可用于不同发酵时间血合肉的挥发性物质的统计中。经 1~4d 发酵的鱼肉风味有部分重叠,且无明显变化趋势,需要运用 LDA 方法进一步分析。

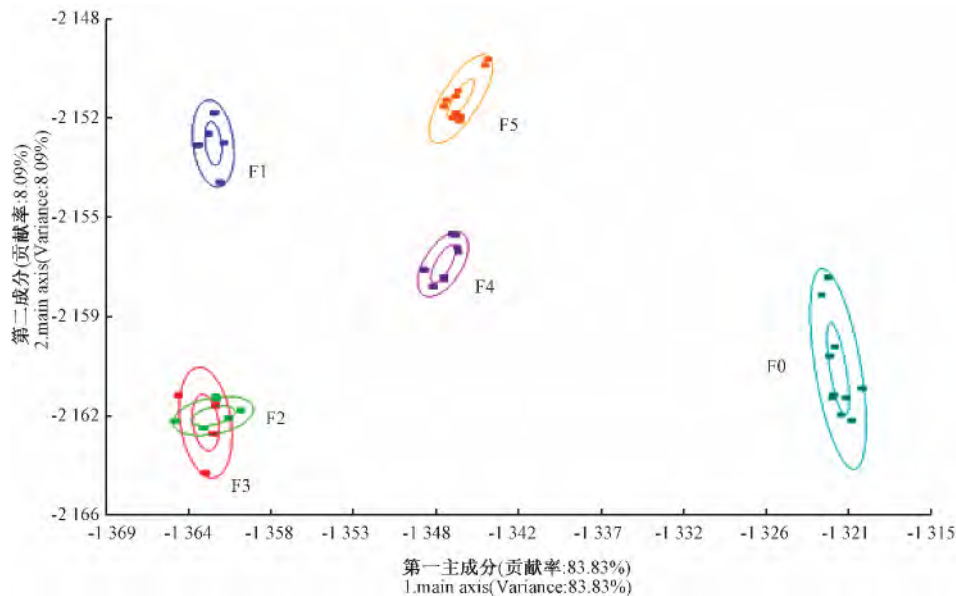
LDA 方法侧重于分析芳香化合物速率(各类中心点间的距离)的变化,因此,从图 2 分析可得,与新鲜的状态相比,发酵后的鱼肉 LD₁ 变化均很大,这种变化是因为鱼肉在发酵过程中风味前体物质产生了大量新的风味化合物所致。其中以 1d 的发酵时间影响最大,可能是由于发酵初期风味前体物质含量较丰富,产生的新风味物质较多。发酵 1~3d 的 LD₁ 变化很小,但 1 与 2、3d 的 LD₂ 变化较大,说明风味前体物质随发酵时间的延长而减少,而新产生的风味物质之间的相

互作用导致了风味的变化。当发酵时间变为 4、5d 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前后的确发生了较大变化。

2.1.2 不同发酵温度挥发性物质的 PCA 及 LDA 分析 图 3 为不同发酵温度下血合肉的 PCA 分析图。由图可知,两种成分总贡献率虽为 99.74%,但在不同的发酵温度下,鱼肉风味分布呈现有较多重叠,因此需运用 LDA 方法进一步分析。

由图 4 可知,不同发酵温度条件下血合肉的 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。但当发酵温度变为 40℃ 时,其挥发性成分会明显的区别于之前,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。但 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,可能是因为在 40℃ 不是酒酿发酵的合适温度,导致发酵效果差;而其 LD₂ 变化较大的原因是风味成分相互作用的结果。

2.1.3 不同发酵固液比挥发性物质的 PCA 及 LDA 分析 由图 5 可知,不同发酵固液比的血合肉 PCA 分析中,两成分的总贡献率为 99.86%,且不同固液比的鱼肉挥发性风味物质均能较好地得到区分。这可能是

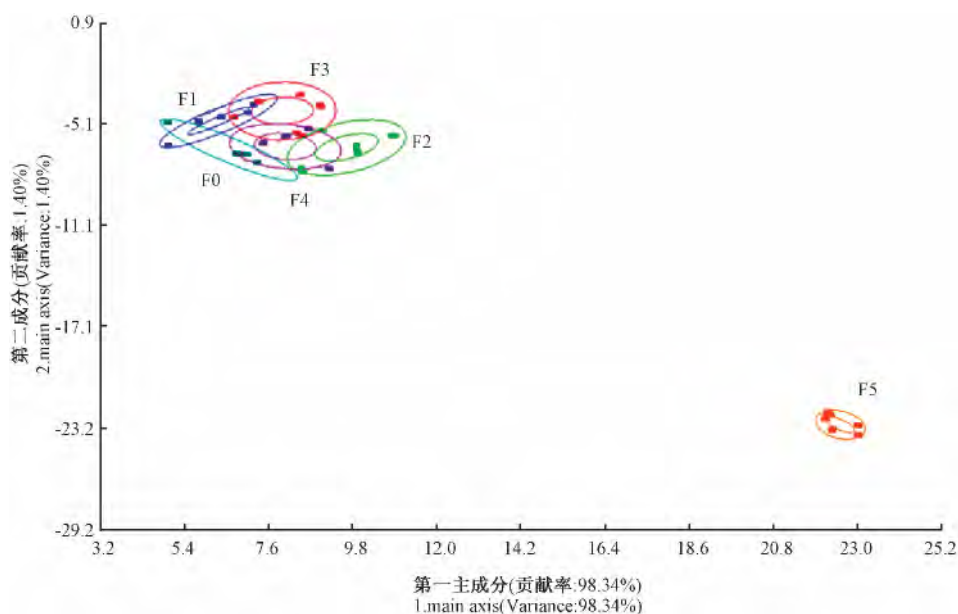


注: F0: 新鲜血合肉; F1 - F5: 发酵时间为 1、2、3、4、5d 的血合肉。

Note: F0: unfermented; F1 - F5: fermentation days 1, 2, 3, 4, 5d.

图 2 不同发酵时间下鲮鱼血合肉的 LDA 分析图

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

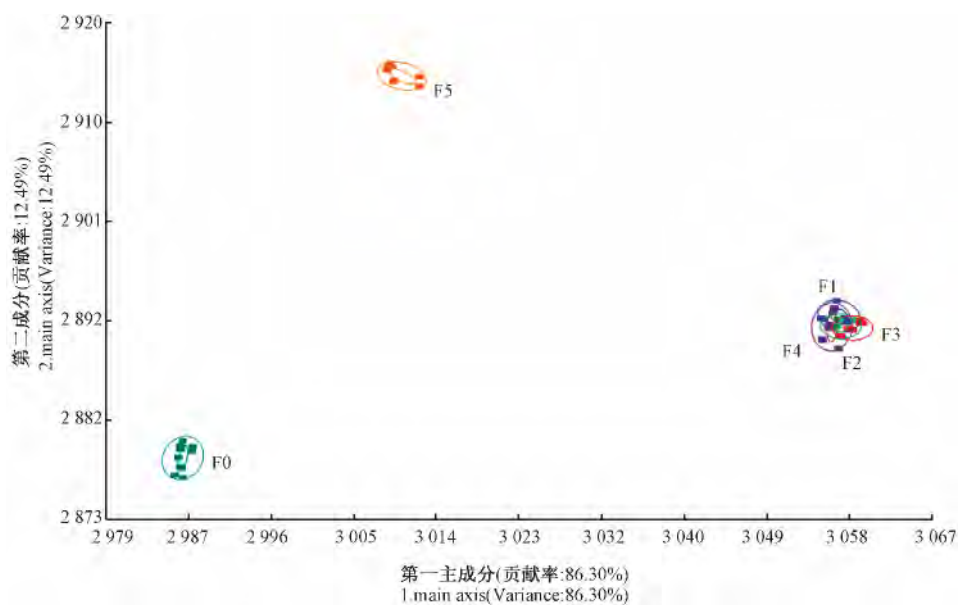


注: F0: 新鲜血合肉; F1 – F5: 发酵温度为 15、25、30、35、40℃ 的血合肉。

Note: F0: unfermented; F1 – F5: fermentation temperatures 15, 25, 30, 35, 40℃.

图 3 不同发酵温度下鲮鱼血合肉的 PCA 分析图

Fig. 3 Principal component analysis of fermented dark muscle of *Katsuwonus pelamis* at different temperatures



注: F0: 新鲜血合肉; F1 – F5: 发酵温度为 15、25、30、35、40℃ 的血合肉。

Note: F0: unfermented; F1 – F5: fermentation temperatures 15, 25, 30, 35, 40℃.

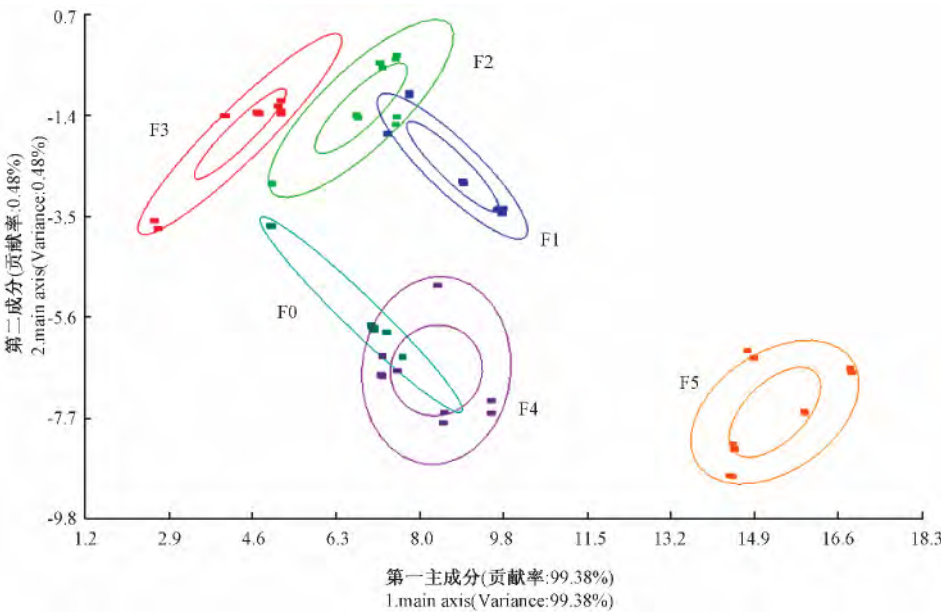
图 4 不同发酵温度下鲮鱼血合肉的 LDA 分析图

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

因为酒酿中的酒精与脂质、有机酸等反应生成多种风味物质,故导致不同的固液比下生成的风味物质也不

尽相同。

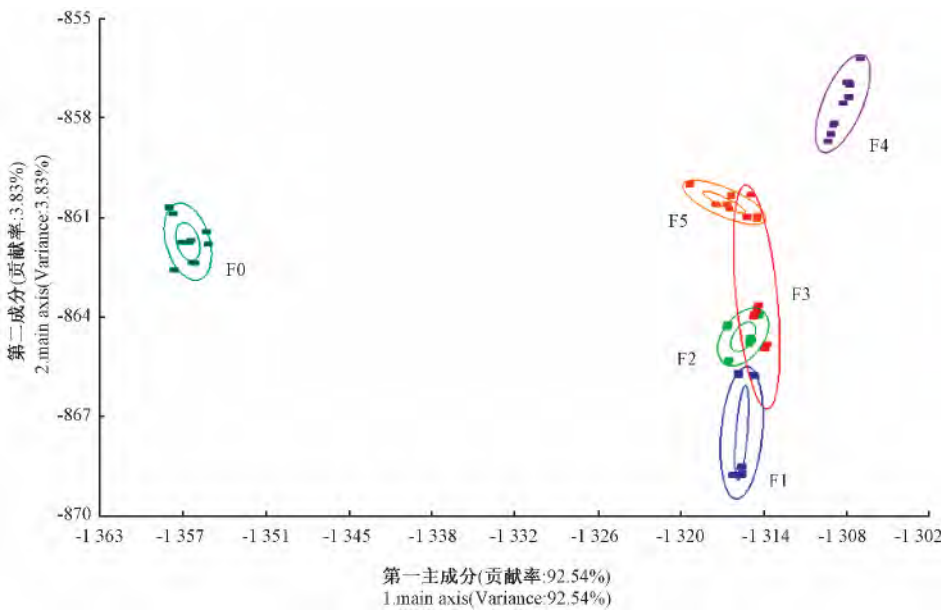
由图 6 可知,不同发酵固液比血合肉的 LDA 分析



注: F0: 新鲜血合肉; F1 – F5: 发酵固液比为 1:1、1:2、1:3、1:4、1:5 的血合肉。
Note: F0: unfermented; F1 – F5: solid-liquid ratios 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5.

图 5 不同发酵固液比下鲣鱼血合肉的 PCA 分析图

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



注: F0: 新鲜血合肉; F1 – 5: 发酵固液比为 1:1、1:2、1:3、1:4、1:5 的血合肉。
Note: F0: unfermented; F1 – F5: solid-liquid ratios 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5.

图 6 不同发酵固液比下鲣鱼血合肉的 LDA 分析图

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

中,总贡献率为 96.37%;除固液比 1:3 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 LD₁ 上变化很大,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

表 1 发酵前后挥发性成分相对百分含量对比

Table 1 Comparison of volatile components of unfermented and fermented dark muscle in *Katsuwonus pelamis* /%

类别 Component	相对百分含量 Relative content	
	未发酵 Unfermented	发酵 Fermented
醛类 Aldehydes	22.07	2.93
烃类 Hydrocarbons	10.64	0.48
酮类 Ketones	10.95	0.67
醇类 Alcohols	11.82	4.12
酯类 Esters	3.72	68.43
杂环类 Heterocyclic	4.10	1.81
其他类 Others	36.70	21.56

物质。由此说明,血合肉的风味经酒酿发酵后产生了较大变化。

2.2 酒酿发酵前后挥发性风味物质的变化

对新鲜和经最佳酒酿发酵条件发酵后的鲮鱼血合肉进行 GC-MS 分析,最终从 2 种样品分别检出 43、37 种挥发性风味成分,主要有醛类、烃类、酮类、醇类、酯类等。由表 1 可知,发酵后的鱼肉,产生了大量的酯类物质,而醛类、烃类和酮类的含量明显减少。

2.2.1 醛类化合物及风味特征 醛类物质相对于其他挥发性物质而言其自身阈值较低,因此可能会对鱼肉风味产生较大影响。由表 2 可知,酒酿前的鲮鱼血合肉中含有较多醛类物质,如:己醛(4.32%)、庚醛(1.33%)、辛醛(3.32%)和 2,4-癸二烯醛(1.47%)等,其中己醛、庚醛、辛醛等醛类物质被认为是鱼肉腥味的主要来源^[18],而酒酿后其相对含量明显减少甚至消失,由此说明酒酿法确实去除了原鱼肉中的部分腥味物质。

2.2.2 烃类化合物及风味特征 检测结果显示大部分的烃类物质经酒酿完成后均已消失,仅剩柠檬烯(0.2%)和 2,6,10,14-四甲基十五烷(0.28%),但由于烃类物质阈值较高,故认定其对酒酿发酵后的鱼肉

风味贡献甚微。值得注意的是在酒酿前检测出的十五烷(1.41%)和十七烷(1.81%)是天然鱼香及其饵料共同香气物质^[19-21]。

2.2.3 酮类化合物及风味特征 大多数的酮类物质具有果香和青草香,且阈值较低,因此可能会对鱼肉风味产生较大影响。3,5-辛二烯-2-酮在酒酿前后其相对含量发生了变化,由 2.66% 降低至 0.34%。该物质能带来水果香,因此该物质的存在可能会对鱼肉风味产生较好影响。

2.2.4 醇类化合物及风味特征 醇类化合物由于其阈值较高,故一般在低含量状态下对鱼肉风味贡献较小。1-辛烯-3-醇和 1-戊烯-3-醇的相对含量在酒酿前后有明显的减少,1-辛烯-3-醇具有辛辣味和油样气息,较为普遍的存在于鱼肉当中的,并被证实对鳕鱼腥味的形成起重要作用^[22];而 1-戊烯-3-醇作为一种亚油酸氢过氧化物的降解产物,则能带来青草香和蘑菇香,并被认为是沙丁鱼的典型性风味成分^[23]。本次试验在酒酿后的鱼肉中检测到正辛醇(2.1%),该物质具有强烈的柑橘果香,可能会为鱼肉风味带来一定的正面影响。

2.2.5 酯类化合物及风味特征 酯类物质通常是由发酵或者脂质代谢生成的羧酸和醇酯化后的产物,由表 2 可知,血合肉中酯类物质的相对含量在酒酿后有明显的上升,由 3.72% 增加至 68.43%。其中相对含量最高的两种酯类物质为:十四酸乙酯(22.94%)和十六酸乙酯(20.81%),十四酸乙酯会呈现椰子香气和甜的蜂蜡似风味;而十六酸乙酯则会带来微弱蜡香和奶油香气,由此可以看出酒酿后的鲮鱼血合肉的确产生了相对含量较高的香气物质。

2.2.6 杂环类化合物及风味特征 本次检测中的杂环类物质主要是呋喃类化合物,该类化合物作为糖类分解和美拉德反应的生成物,通常都具有较强的肉香及较低的香气阈值,值得注意的是在新鲜血合肉中检测到的

表 2 发酵前后鲮鱼血合肉挥发性成分分析表

Table 2 Analysis of volatile compounds of unfermented and fermented dark muscle of *Katsuwonus pelamis*

化合物组分名称 Component	保留时间 Retention time /min	相对百分含量 Relative content /%	
		未发酵 Unfermented	发酵 Fermented
己醛 Hexanal	8.383	4.32	0.36
庚醛 Heptanal	11.837	1.33	—
辛醛 Octanal	12.579	3.32	—
反-2-辛烯醛 trans-2-Octenal	13.513	0.56	—
反-2-壬烯醛 trans-2-nonenal	14.833	1.09	0.31

表 2(续)

化合物组分名称 Component	保留时间 Retention time /min	相对百分含量 Relative content /%	
		未发酵 Unfermented	发酵 Fermented
反 - 2 - 癸烯醛 trans - 2 - Decenal	15. 603	0. 36	-
4 - (羟甲基) - 环己基甲醛 4 - (hydroxymethyl) - cyclohexanecarboxaldehyde	15. 970	-	0. 77
壬醛 Nonanal	16. 061	2. 49	-
反,反 - 2,6 - 壬二醛 trans,trans - 2,6 - Nonadienal	16. 635	-	0. 42
反,反 - 2,4 - 庚二醛 trans,trans - 2,4 - Heptadienal	16. 909	0. 67	-
反,反 - 2,4 - 己二醛 trans,trans - 2,4 - Hexadienal	17. 899	-	0. 34
2,4 - 癸二烯醛 2,4 - Decadienal	19. 523	1. 47	0. 73
丁香醛 D Lilac aldehyde D	22. 087	6. 46	-
4,4 - 二甲基 - 1,2 - 戊二烯 4,4 - Dimethyl - 1,2 - pentadiene	12. 403	1. 09	-
4,4 - 二甲基 - 1 - 戊烯 4,4 - Dimethyl - 1 - pentene	12. 516	1. 02	-
柠檬烯 Limonene	13. 939	0. 63	0. 2
反 - 氧化柠檬烯 trans-limonene oxide	14. 008	0. 67	-
1,3 - 双(1,1 - 二甲基乙烯基) - 苯 1,3 - Bis(1,1 - dimethylethyl) - benzene	14. 393	0. 64	-
7 - 甲基 - 1 - 壬炔 7 - Methyl - 1 - nonyne	14. 854	0. 55	-
4 - 甲基 - 1 - (1 - 甲基乙烯基) - 环己烯 4 - Methyl - 1 - (1 - methylethenyl) - cyclohexene	15. 183	0. 09	-
1,5 - 二甲基三环 [3. 3. 0. 0(2,6)] 辛烷 1,5 - Dimethyltricyclo [3. 3. 0. 0(2,6)] octane	15. 593	0. 9	-
4,5 - 二乙基 - 3,5 - 辛二烯 4,5 - diethyl - 3,5 - octadiene	16. 327	0. 56	-
十四烷 Tetradecane	16. 599	0. 74	-
十五烷 Pentadecane	17. 168	1. 41	0. 28
十六烷 Hexadecane	17. 66	0. 53	-
十七烷 Heptadecane	18. 327	1. 81	-
2,2 - 二羟基 - 1 - 苯基乙酮 2,2 - Dihydroxy - 1 - phenyl-ethanone	10. 088	0. 52	-
2,2 - 二甲基 - 3 - 辛酮 2,2 - Dimethyl - 3 - octanone	10. 939	1. 72	-
3,5 - 辛二烯 - 2 - 酮 3,5 - Octadien - 2 - one	13. 901	2. 66	0. 34
2 - 壬酮 2 - Nonanone	14. 591	1. 29	-
反,反 - 3,5 - 辛二烯 - 2 - 酮 trans,trans - 3,5 - octadien - 2 - one	14. 709	1. 78	-
5,6 - 二氢 - 4 - (2 - 甲基 - 1 - 丙烯 - 3 - 基) - 2H - 吡喃 - 2 - 酮 5,6 - Dihydro - 4 - (2 - methyl - 1 - propen - 3 - yl) - 2H-pyran - 2 - one	18. 753	0. 34	-
2 - 十一酮 2 - Undecanone	20. 735	1. 44	0. 33
3 - 壬烯 - 5 - 酮 3 - Nonen - 5 - one	23. 261	1. 2	-
1 - 戊烯 - 3 - 醇 1 - Penten - 3 - ol	12. 462	2. 02	0. 33
3 - 甲基 - 1 - 丁醇 3 - Methyl - 1 - butanol	13. 090	-	1. 05
戊醇 Pentanol	13. 970	4. 09	-
2,3 - 丁二醇 2,3 - Butanediol	14. 164	-	0. 32
1 - 辛烯 - 3 - 醇 1 - Octen - 3 - ol	15. 791	5. 71	0. 32
正辛醇 Octanol	17. 079	-	2. 10
丙酸戊酯 Propanoic acid, pentyl ester	10. 552	2. 94	-

表 2(续)

化合物组分名称 Component	保留时间 Retention time /min	相对百分含量 Relative content /%	
		未发酵 Unfermented	发酵 Fermented
二碳酸二叔丁酯 Di-tert-butyl dicarbonate	12. 430	0. 78	—
辛酸乙酯 Octanoic acid, ethyl ester	17. 922	—	1. 29
乙酸-2-苯基乙酯 Acetic acid, 2-phenylethyl ester	19. 659	—	0. 60
癸酸乙酯 Decanoic acid, ethyl ester	23. 493	—	1. 93
十二酸乙酯 Dodecanoic acid, ethyl ester	28. 585	—	5. 29
十三酸乙酯 Ethyl tridecanoate	32. 088	—	4. 06
9-十四碳烯酸乙酯 Ethyl 9-tetradecenoate	34. 683	—	0. 39
十四酸乙酯 Tetradecanoic acid, ethyl ester	35. 035	—	22. 94
十五酸乙酯 Pentadecanoic acid, ethyl ester	36. 231	—	0. 52
9-十六碳烯酸乙酯 Ethyl 9-hexadecenoate	38. 039	—	6. 99
十六酸乙酯 Hexadecanoic acid, ethyl ester	38. 356	—	20. 81
9-十七碳烯酸乙酯 Ethyl 9-heptadecenoate	38. 982	—	0. 40
十七酸乙酯 Heptadecanoic acid, ethyl ester	39. 559	—	0. 41
反-9-十八烯酸乙酯 trans-9-octadecenoic acid ethyl ester	40. 360	—	1. 73
9-十八烯酸乙酯 9-octadecenoic acid, ethyl ester	40. 424	—	0. 35
十八酸乙酯 Octadecanoic acid, ethyl ester	40. 642	—	0. 72
2-戊基呋喃 2-pentyl-furan	11. 045	0. 70	—
顺-2-(2-戊烯基)呋喃 cis-2-(2-pentenyl) furan	11. 367	—	1. 48
2-丙基呋喃 2-Propyl-furan	11. 903	2. 13	—
反-2-(2-戊烯基)呋喃 trans-2-(2-pentenyl) furan	20. 505	1. 27	0. 33
(苯基甲基)-胂 (Phenylmethyl)-hydrazine	15. 446	—	12. 34
3,7-二甲基-1,7-辛二烯-3-胺 3,7-Dimethyl-1,7-octadien-3-amine	16. 614	—	0. 34
N-甲基-2-丙炔-1-胺 N-Methyl-2-propyn-1-amine	16. 650	0. 39	—
1-碘十一烷 1-Iodo-undecane	25. 132	27. 98	5. 59
1-碘十二烷 1-Iodo-dodecane	26. 173	—	0. 69
1-碘十三烷 1-Iodo-tridecane	32. 446	6. 34	—
1-碘十八烷 1-Iodo-octadecane10	32. 456	1. 99	2. 6

注 “—”表示未检出。
Notd “—”means not detected.

2-戊基呋喃,有报道称该物质可能会对鱼虾类风味有负面影响^[24-25],但经酒酿发酵后该物质已消失。

2.2.7 其他类化合物及风味特征 该类物质的相对含量在酒酿前后也发生了一定变化,含量有所下降,由36.7%减少为21.56%,从表2可以看出经酒酿发酵后的鱼肉产生了少量胺类物质,该类物质可能是鱼肉经较长时间发酵后产生的,其可能会对鱼肉风味产生一定影响。

3 讨论

通过电子鼻结合 HS-SPME-GC-MS 分析发现,鳀鱼血合肉中的挥发性物质在发酵前后均呈现出复杂且多变的特点,酒酿发酵对其风味产生较大影响。新鲜血合肉中的醛类和醇类含量较多,此时呈现出较重的腥味,其中己醛、庚醛、辛醛和1-戊烯-3-醇等物质是鱼肉腥味的主要来源。而鱼肉经酒酿发酵后,其原

有腥味物质的含量明显降低,并且产生了大量的酯类化合物,如:十四酸乙酯和十六酸乙酯。这些酯类物质在一定程度上更好地消除了鱼腥味对鱼肉风味造成的负面影响,可能是酒酿后血合肉具有较好香气的主要原因。

本研究仅用电子鼻结合 HS-SPME-GC-MS 对鲢鱼血合肉的挥发性物质进行了初步分析,接下来还需再利用嗅觉检测技术(GC/O) 对其经行深入研究。

4 结论

本研究先通过电子鼻对酒酿发酵前后鲢鱼血合肉的挥发性物质进行了初步测定,再利用 PCA 和 LDA 法对数据进行分析,以期找到发酵过程中鱼肉挥发性物质变化的大致规律,而后结合酒酿前后腥味去除感官评定确定了最佳的鱼肉酒酿发酵条件。即当发酵时间为 4d、温度为 30℃、固液比为 1:2 时,脱腥效果最好。最后结合 HS-SPME-GC-MS 分析可知,经此条件发酵后的血合肉,不但其原有腥味物质大大减少甚至消失,同时还呈现出独特的酒酿风味,从而达到了脱腥目的。

参考文献:

- [1] 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
- [2] 方健民,黄富雄,郑钟新,章超桦,刘书成. 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] 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
- [5] 王霞,黄健,侯云丹,王求娟,陈义芳,夏静波,苏秀榕. 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
- [6] 全晶晶,侯云丹,黄健,王求娟,陈义芳,苏秀榕. 加工温度对鲢鱼挥发性成分的影响[J]. 中国食品学报,2012,12(8): 221-228
- [7] 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
- [8] 李淑芳,邓尚贵,唐艳,黄薇,陈晶晶. 鲢鱼脱腥技术研究[J]. 浙江海洋学院学报,2012,31(1): 33-38
- [9] 李钰金,隋娟娟,李银塔,陈英乡. 金枪鱼鱼松的工艺研究[J]. 食品研究与开发,2012,33(3): 67-70
- [10] 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
- [11] 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
- [12] 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
- [13] Mjoss A, Sowang M. Patterns in volatile components over heated fish powders[J]. Food Research International, 2006, 39(2): 190-202
- [14] 宋伟,刘璐,支永海,陈瑞. 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
- [15] 辛松林,杨妍. 电子鼻的原理、应用现状及前景[J]. 四川烹饪高等专科学校学报,2011,13(1): 23-25
- [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] 黄健,王霞,侯云丹,王求娟,陈义芳,张腾军,苏秀榕. 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
- [19] 俞海峰,何芳,周浙良. 水产品风味研究进展[J]. 现代渔业信息,2009,24(3): 14-16
- [20] 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
- [21] 尚艳丽,杨金生,霍健聪,夏松养. 运输过程中金枪鱼生鱼片鲜度变化的模拟[J]. 食品工业科技,2012,33(13): 349-351
- [22] 赵庆喜,薛长湖,徐杰,盛文静,薛勇,李兆杰. 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
- [23] 郑平安,孙静,全晶晶,张亮,刘文,李晔,张春丹,苏秀榕. 贮藏温度对鲢鱼品质的影响研究[J]. 核农学报,2013,27(1): 75-80
- [24] 徐大伦,薛长湖,杨文鸽,赵辉. 响应面分析法优化糟醉带鱼的糟醉工艺[J]. 食品工业科技,2013,34(4): 310-313
- [25] 孙静,黄健,侯云丹,王求娟,陈义芳,苏秀榕. 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

Flavor Improvement of the Dark Muscle of *Katsuwonus pelamis*

XU Mao-qin¹ PAN Jun-xian² LIN Jia-liang² WANG Qiu-juan³ CHEN Yi-fang³
XIA Jing-bo³ ZHOU Jun² ZHANG Chun-dan² LI Ye² SU Xiu-rong²
(¹ Ningbo City College of Vocational Technology, Ningbo, Zhejiang 315100; ² School of Marine Science,
Ningbo University, Ningbo, Zhejiang 315211; ³ Ningbo Jinri Food Co., Ltd, Ningbo, Zhejiang 315502)

Abstract: The goal of this study was to examine the volatile substances in the dark muscle of *Katsuwonus pelamis* and how they change by fermentation in order to removing the fishy flavor in the dark muscle. Electronic nose was used to detect the change of volatile components in the dark muscle of *Katsuwonus pelamis* dealt with the fermentation at different time, temperature and solid-liquid ratio. The data obtained were dealt with principal component analysis (PCA) and 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). The results showed that the electronic nose could detect change trend of volatile components. It could be known from GC-MS analysis that the fishy components had decreased obviously after the fermentation of sweet ferment rice. By the result of sensory evaluation, it showed that when the fermentation time was 4 days, the temperature was 30℃ and the solid-liquid ratio was 1:2, the effect of removing the smell was the best. Therefore, sweet ferment rice could remove the fishy smell of the dark muscle of *Katsuwonus pelamis* and improve its flavor.

Key words: Dark muscle of *Katsuwonus pelamis*; Volatile components; Flavor improvement