酵母抽提物对小黄鱼边角料腥味脱除研究

欧阳伟虹[1]，胡 伟[1]，周旭静[2]，孙武千[1]，刘利萍[*1]
（1. 浙江万里学院 生物与环境学院，浙江 宁波 315100；2. 宁波兰洋水产食品有限公司，浙江 宁波 315731）

摘要：探求酵母抽提物对小黄鱼边角料脱腥效果以及脱腥机制。运用电子鼻结合感官评定比较酵母抽提物和不同的脱腥剂对小黄鱼腥味的脱除效果，采用单因素和正交实验优化酵母抽提物的脱腥时间、脱腥温度和用量，利用顶空固相微萃取-气质联用仪（HS-SPME-GC-MS）测定鱼糜挥发性物质对酵母抽提物脱腥效果进行确认。脱腥结果显示，电子鼻能较好区分不同脱腥剂处理的鱼糜样品的风味，酵母抽提物组脱腥效果良好、风味柔和。最佳脱腥工艺是鱼糜中添加质量分数1%酵母抽提物于40 ℃脱腥60 min，其三甲胺质量分数减少81.21%。挥发性物质测定结果显示脱腥鱼糜中呈腥味的N,N-二甲基丙酰胺、1-辛烯-3-醇、1-戊烯-3-醇等物质未检出，己醛、戊醛、三甲胺等物质质量分数大幅度减少。

关键词：小黄鱼边角料；脱腥；酵母抽提物；电子鼻；三甲胺；挥发性成分
中图分类号：Q 819　**文章编号：**1673-1689(2020)06-0076-08　**DOI：**10.3969/j.issn. 1673-1689.2020.06.011

Removal of Fishy Smell of *Polyactis* Scraps by Yeast Extract

OUYANG Weihong[1]，*HU Wei*[1]，*ZHOU Xujing*[2]，*SUN Wuqian*[1]，*LIU Liping*[*1]
(1. College of Biological & Environmental Sciences, Zhejiang Wanli University, Ningbo 315100, China; 2. Lanyang Aquactic Food Limited Company, Ningbo 315731, China)

Abstract: The study aimed to investigate the deodorization effect and mechanism of yeast extract for the small yellow croaker. The effects of yeast extract and other deodorants on the smell were determined using electronic nose and sensory evaluation. Single factor and orthogonal experiments were used to optimize the deodorizing time, temperature and dosage of yeast extract. The volatile substances in surimi were detected by head space solid phase microextraction (HS-SPME-GC-MS). The results of deodorization showed that the electronic nose could well distinguish the flavor of surimi treated with different deodorants and the yeast extract group had good deodorization effect and gentle flavor.The best deodorization process was to add 1% yeast extract to fish surimi at 40 ℃ for 60 min, leading to a decrease of 81.21% for the content of trimethylamine.Three volatiles with fishy smell, N,N-dimethylacrylamide, 1-octyl-3-alcohol and 1-ene-3-alcohol, were not detected. The contents of hexanal, glutaraldehyde and trimethylamine were reduced.

Keywords: deodorization, yeast extract, *Polyactis* scraps, electronic nose, trimethylamine, volatile components

收稿日期：2018-09-25
基金项目：宁波市科技局农业重大项目(2017C110010)；浙江省“生物工程”重中之重学科学生创新计划项目(1740004037)。
*** 通信作者：**刘利萍(1965—)，女，博士，教授，硕士研究生导师，主要从事海洋生物工程与生物制药研究。E-mail:1175463675@qq.com

小黄鱼属低值鱼类，但风味鲜美，富含人体所需的多种营养成分，食用价值高。在小黄鱼产品的生产过程中会产生大量的小黄鱼边角料，即带头和内脏的鱼排。鱼排含有大量的蛋白质和丰富的钙，直接废弃浪费水产资源污染环境，充分利用小黄鱼加工后的边角料显得尤为必要，但受限于其带有腥味、泥土味等不良风味，往往难以进一步加工利用，因此需要对小黄鱼边角料脱腥方法和脱腥机制进行研究。目前国内外关于水产品脱腥的研究[1]主要集中在腥味物质的确定、脱腥方法的开发、脱腥条件的优化等方面。

腥味物质主要来源于厌氧菌对氧化三甲胺、氨基酸和肽的降解、脂肪氧化、含硫氮前体物质转化、鱼体对环境腥味物质吸入和摄入的低相对分子质量的醛、醇、酮、硫醚等[2]。比如鱼皮和内脏含有较多的微生物和酶类，会将碱性氨基酸等腥气特征化合物前体物质分解产生短链的腥气成分[3]；羧酸与氨或胺缩合形成酰胺化合物如 N，N-二甲基丙酰胺，此化合物具有明显的鱼腥味。而目前腥味物质的确定主要通过 HS-SPME-GC-MS 分析技术，如沈丽等[4]通过分析鲫鱼的挥发性风味物质，鉴定出 23 种挥发性成分；Yo-shiwa [5] 研究沙丁鱼的特征腥味物质，证实 2，4-庚二烯醛、3，5-辛二烯醛、2，4-癸二烯醛和 2，4，7-癸三烯醛是沙丁鱼的主要腥味物质。章超桦[6]认为新鲜鲫鱼所具有的特征气味主要是 1-戊烯-3-酮、2，3-戊二酮、1-戊烯-3-醇、己醛、反-2，顺-4-庚二烯醛、1-辛烯-3-醇、1，5-辛二烯-3-醇等，而这些挥发性成分的协同作用构成了草腥味、泥土味等鲫鱼特有的鱼腥味。揭珍等[7]从新鲜带鱼营养成分及风味物质的研究中检测出并证实具备腥味的挥发性成分主要三甲胺和醇类化合等。

目前主要的脱腥方法有物理法、化学法和生物法[8-9]，通过这些方法可以尽量避免或减缓鱼体脂肪的氧化，或吸附、消除和掩盖鱼腥味。物理法主要是用活性炭吸附和环糊精包埋；化学法主要是用酸碱或天然草本植物提取液处理；生物法主要是乳酸菌、酵母菌发酵。传统的物理掩盖难以彻底清除腥味，化学法脱腥会夹入化学物质增加食物毒性，生物法脱腥易损失蛋白、增加异味。天然抗氧化剂法是众多方法中有效且安全的，但使用抗氧化剂脱腥会随季节变化、产品种类的不同而存在差异。酵母抽提物是食用酵母经过自溶、酶解、分离、浓缩等工艺制备而成，成分为多肽、氨基酸、呈味核苷酸、B 族维生素及微量元素，既营养又安全。目前酵母抽提物多用作食品风味的调节剂和改善剂，如郭辉等[10]在料酒中添加 UMAMI 型酵母抽提物，显著提升了料酒的风味品质，刘通讯等[11]将酵母抽提物应用于酱油，有效改善了酱油品质，但其应用于水产品脱腥方面的报道还较少，机理尚未明确。

作者通过电子鼻和感官评定评价酵母抽提物脱腥、化学脱腥、发酵脱腥以及姜葱料酒醋脱腥等不同脱腥方法对小黄鱼边角料的脱腥效果，结合三甲胺的测定和 HS-SPME-GC-MS 研究酵母抽提物的脱腥机制。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

材料：小黄鱼边角料（规格为体长（15.43±2.68）cm，质量（20.37 ± 4.56）g），由宁波兰洋水产食品有限公司提供。

酵母抽提物（安琪活性干酵母）：安琪酵母股份有限公司产品；川秀乳酸菌：北京川秀贸易有限公司产品；苦味酸、甲苯、无水碳酸钾、甲醛、无水硫酸钠、氯化钠、盐酸、氢氧化钠、三氯乙酸、盐酸三甲胺（分析纯）：均为国药产品；生姜、料酒、醋，市售。

20 mL 顶空自动进样圆底瓶：上海安谱科学仪器有限公司产品；SPME-萃取头（选用 65 μm PDMS 萃取装置）：上海安谱实验科技有限公司产品；7890 BGC-MS 联用仪：Agilent Technologices 公司产品；T6 紫外分光光度计：北京普析通用仪器产品；QL-861 漩涡混合仪：上海漩涡混合器厂制造；6-16K 低速大容量冷冻离心机：Sigma 公司产品；PEN 3 电子鼻：德国 AIRSENSE 公司产品。

1.2 实验方法

1.2.1 不同脱腥剂脱腥效果测定 将冷冻小黄鱼边角料在常温下解冻，去内脏，清洗沥干，照表 1 配制脱腥液，鱼与脱腥液质量比为 1:2，混合打碎，按表 1 中脱腥温度脱腥 1 h，去除脱腥液，鱼肉备用。

1）脱腥鱼肉气味与盐酸三甲胺气味区分 将脱腥后的鱼肉 100 目过滤，4 000 r/min 离心 5 min，弃上清液。称取 5 g 鱼肉于 20 mL 顶空瓶中，室温平衡 30 min。电子鼻清洗 40 s，数据采集时间120 s。盐酸三甲胺作为标准物质进行比较。取平稳状态 113~115 s 的测量数据作为分析的点，采用 PEN3 自带

Win Muster 数据处理软件主成分分析法(PCA)进行数据分析。

表 1　脱腥液及脱腥温度

Table 1　Deodorization liquid and temperature

编号	脱腥液	脱腥温度/℃
1	pH 3 HCl 溶液	20±2
2	pH 9 NaOH 溶液	20±2
3	0.5 g/dL 酵母抽提物	20±2
4	葱姜料酒醋	20±2
5	1 g/dL 酵母菌	37±2
6	1 g/dL 乳酸菌	37±2
7	水	20±2

2)脱腥鱼汤风味评价[12-13]　由 15 位本项目研究人员和研究生组成,人员筛选与培训方法参照国家标准。鱼肉脱腥后熬煮成鱼汤,加适量的盐进行感官评定(包括腥味、鱼香味、鲜味、苦味、涩味),按 0~10 分打分:0 为无明显气味;2 为刚好可识别;4 为弱;6 为中等;8 为强;10 为很强。感官评分采用均值进行表述。

1.2.2　酵母抽提物脱腥工艺优化

1) 脱腥温度对脱腥效果的影响　在鱼糜中添加质量分数 0.5%脱腥剂混匀,将混合好的鱼糜平均分成 5 份,分别于 4、10、20、30、40 ℃温度下水浴 60 min, 然后取 10 g 脱腥的小黄鱼鱼糜放入 50 mL 离心管中,加入 20 mL 质量分数 10%三氯乙酸,振荡 1 min,4 000 r/min 离心 5 min,过滤。重复 1 次,合并滤液并定容至 50 mL。测定方法同国标三甲胺(TMA-N)测定[14]:计算公式如下:

$$TMA\text{-}N(\mu g/g)=A\times 50\times 1\,000/(10\times 5\times 1\,000)$$

式中:A 为待测液的吸光值;TMA-N 为三甲胺氮质量分数。

2) 脱腥时间对脱腥效果的影响　在鱼糜中添加质量分数 0.5%的脱腥剂并混匀,将混合好的鱼糜平均分成 5 份, 相同温度下处理 0、15、30、60、120 min,三甲胺测定方法同上。

3) 脱腥剂质量分数对脱腥效果的影响　取等质量的鱼糜 4 份, 分别添加质量分数 0.2%、0.5%、1%、2%的脱腥剂于相同温度下处理 60 min,三甲胺测定方法同上。

4)三甲胺溶液标准曲线的制作　制备 10 μg/mL 三甲胺标准溶液,依次吸取 0.5、1、2、3、4 mL 三甲胺标准溶液,加水定容至 5 mL,于 510 nm 处测定其吸光值,绘制标准曲线,得到回归方程为 y=0.078 9x-0.011 1,r=0.997 5,其质量浓度范围为(1~8 μg/mL)。

5) 最佳脱腥工艺的确定　根据单因素脱腥实验结果,选取脱腥剂、脱腥时间和脱腥温度因素,采用 SPSS Statistics17.0 软件设计正交实验,以三甲胺质量分数为指标,确定脱腥的最佳工艺。见表 2。

表 2　正交试验因素水平表

Table 2　Factors and levels of orthogonal experiment

水平	*A* 温度/℃	*B* 脱腥剂质量分数/%	*C* 脱腥时间/min
1	20	0.5	30
2	30	1	60
3	40	2	120

1.2.3　小黄鱼脱腥前后挥发性风味物质的测定

采用 HS-SPME-GC-MS 对未脱腥和优化脱腥后鱼糜进行挥发性物质测定。样品处理同“1.2.1 项”,取 5 mL 鱼汤于 20 mL 顶空瓶加 2 g NaCl, 压盖密封,待测。

顶空固相微萃取条件: 萃取头为 DVB/PDMS, 萃取温度为 60 ℃, 平衡时间 10 min, 萃取时间 40 min,解析温度 250 ℃,解析时间 50 min 。

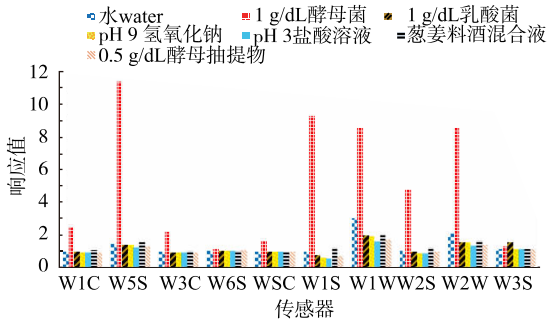
气质分析条件:色谱条件:色谱柱为 DB-1 弹性毛细管柱(60 m × 320 μm × 0.5 μm);升温程序:柱温于 40 ℃保持 1 min 后,以 5 ℃/min 升至 120 ℃保持 1 min,再以 6 ℃/min 升至 250 ℃,保持 10 min;以 He 为载气,流速为 2 mL/min;分流比 1:10。质谱条件:EI 电离源;电子能量 70 eV;离子源温度 230 ℃;四级杆温度 150 ℃;检测器温度 300 ℃;质量扫描范围 m/z 353~350。

挥发性风味物质分析: 气相色谱-质谱检测结果通过计算机检索,利用 NIST 14 谱库相互匹配进行定性分析。仅对谱库中化合物相似度大于 80(最大值为 100)的组分进行处理,去除其中的硅氧烷类杂峰和一些非嗅觉类物质峰。腥味评定方法[1,15-17]:以面积归一化法计算具有海腥味的 1-戊烯-3-醇、1-辛烯-3-醇、N,N-二甲基丙酰胺、三甲胺、戊醛、己醛、庚醛、辛醛、壬醛、癸醛等 11 种腥味物质的峰面积, 未脱腥的鱼肉风味分析所得的 42 种物质总峰面积记为 1。

2 结果与讨论

2.1 不同方法脱腥效果

2.1.1 电子鼻响应值及 PCA 分析结果 相对于未处理组，经过脱腥剂处实验组都有不同程度的脱醒效果，在同一传感器下分析不同的脱腥处理组处理效果，见图 1。响应结果图中酵母菌处理组电子鼻响应值最大，可能酵母的独特气味能够掩盖鱼汤的气味，也可能是酵母在脱腥过程中发酵产物的影响导致[18]。各处理方法气味在氮氧化物、甲烷、无机硫化物、乙醇、有机硫化物的传感器上具有明显区分，而蛋白质腐败过程中，蛋白质产生胺类、硫化氢、甲烷等，脂肪产生低分子脂酸醇等，糖类产生低级脂肪酸、二氧化碳、甲烷、氢气等物质[19]，通过此可知氮氧化物、甲烷、无机硫化物、乙醇、有机硫化物是组成腥味的重要物质。在这几个传感器上酵母抽提物、pH 3 盐酸、pH 9 氢氧化钠处理组响应值较其他组别明显减小，说明甲烷、无机硫化物、乙醇、有机硫化物均有所减少，酵母抽提物减少了蛋白质的腐败、延缓了脂肪和糖类的降解。



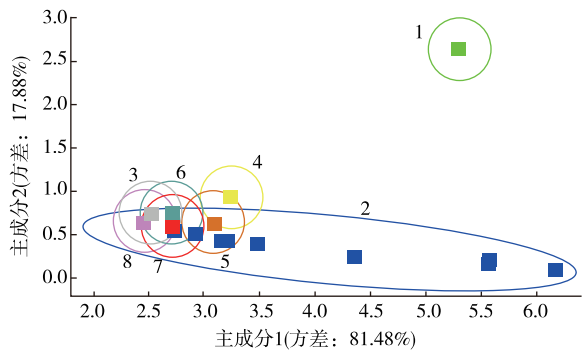
W1C–芳香苯类，W5S–氮氧化物，W3C–氨类，W6S–氢气，W5C–烷烃，W1S–甲烷，W1W–无机硫化物，W2S–乙醇，W2W–有机硫化物，W3S–芳香烷烃

图 1 不同脱腥方法处理后电子鼻响应峰值

Fig. 1 Peak response of electronic nose of samples by different deodorization treatments

如图 2 该图总贡献率大于 85%，能反映原数据信息。各实验组与未脱腥组有明显区分，除酵母抽提物组外其他组别与标准物质三甲胺未能完全区分。相对于其他脱腥脱腥方法酵母抽提物组对三甲胺的脱除效果最明显。

2.1.2 感官评定结果 从图 3 感官评分得知 1 g/dL 酵母菌处理组、0.5 g/dL 酵母抽提物处理组和未处理组鱼香味的得分较高；0.5 g/dL 酵母抽提物处理组鲜味出众；姜葱料酒组，0.5 g/dL 酵母提物组以及 pH 为 9 氢氧化钠处理组苦味、涩味、腥味较轻。



1：三甲胺；2：0.5 g/dL 酵母抽提物；3：pH 9 氢氧化钠；4：1 g/dL 乳酸菌；5：水；6：1 g/dL 酵母菌；7：姜葱醋料酒混合液；8：pH 3 HCl 盐酸

图 2 不同脱腥方法下小黄鱼气味与三甲胺的 PCA 分析

Fig. 2 Principal component analysis of *Polyactis* scraps and trimethylamine

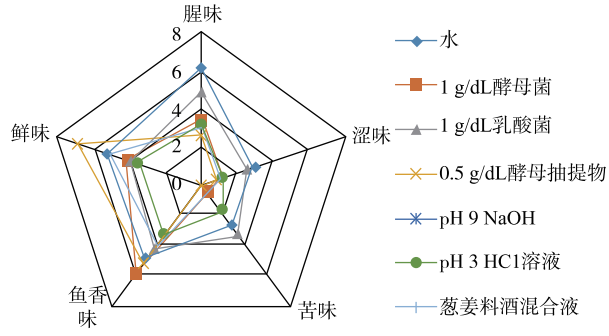


图 3 感官评价雷达图

Fig. 3 Radar map of sensory evaluation

2.1.3 脱腥效果综合结果 电子鼻测定结果和感官评定结果中脱腥效果较好的前 3 个组别中都有酵母抽提物脱腥组和氢氧化钠脱腥组，结果一致。这 2 个脱腥组中酵母抽提物处理组腥味小、鲜味出众，未带入不良风味与其他脱腥剂相比作用条件更温和且对三甲胺有明显的影响。因此，以三甲胺作为含量测定指标探究酵母抽提物最优脱腥工艺。

2.2 脱腥工艺优化结果

2.2.1 单因素实验 图 4 中(a)、(b)、(c)为酵母抽物提物单因素实验结果，从实验结果可知，随温度的升高三甲胺的质量分数呈现先下降在升高的趋势，在20 ℃时三甲胺质量分数低；随时间的增加三甲胺质量分数先迅速下降再缓慢增加，在 60 min 三

甲胺质量分数最低;随脱腥剂质量分数增加,三甲胺质量分数在脱腥剂质量分数为0.5%出现最低的拐点。单因素实验中酵母抽提物最佳脱腥条件为:添加0.5 g/dL酵母抽提物于(20±2) ℃中浸泡60 min。鱼体中的氧化三甲胺在微生物、酶、温度、时间、脱腥剂用量等多重因素下三甲胺生成速率大不相同。样品本身粘度较大,低温时脱腥剂的渗透能力差,掩盖腥味的物质和与三甲胺反应的物质与鱼肉接触不充分,因此检测含量较高;随温度和脱腥剂质量分数和脱腥时间的升高,酵母抽提物在鱼糜中扩散充分,脱腥剂的呈弱酸性会中和部分三甲胺因此测定质量分数会减少;再随着脱腥剂、质量分数、时间的增加微生物的作用增强因此三甲胺质量分数又会缓慢增加。

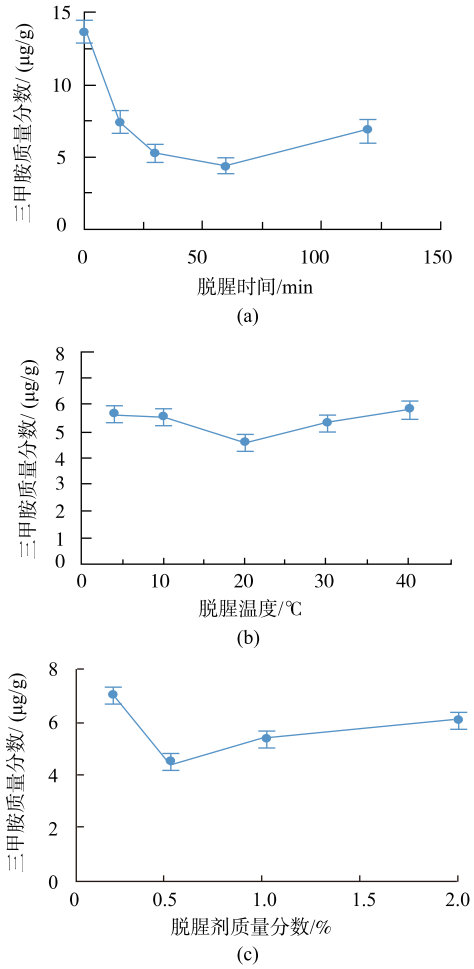


图4 脱腥工艺单因素实验结果

Fig. 4 Single factor test results of deodorization process

2.2.2 正交试验 正交实验极差分析得出脱腥时间对酵母抽提物脱腥影响最大,其次是脱腥温度,脱腥剂质量分数影响最小,见表3、表4。由正交实验得到的最佳脱腥条件是添加1 g/dL酵母抽提物于40 ℃浸泡60 min。

根据表5结果,未脱腥组三甲胺质量分数为13.73 μg/g;单因素实验组三甲胺质量分数为4.57 μg/g,与未脱腥组相比下降了66.7%;正交实验组三甲胺质量分数为2.58 μg/g,与未脱腥组相比下降81.2%,说明不同的脱腥条件对脱除鱼糜中三甲胺质量分数有较大影响。

表3 正交优化试验结果

Table 3 Orthogonal test results

试验组	*A* 脱腥时间 *t*/min	*B* 脱腥温度 *T*/℃	*C* 脱腥液质量分数/%	三甲胺质量分数/(μg/g)
1	2(60)	2(30)	3(2)	3.744 3±0.118 2
2	1(30)	1(20)	1(0.5)	5.228 5±0.213 9
3	3(120)	3(40)	2(1)	4.071 1±0.155 9
4	3	1	3	4.728 6±0.188 6
5	1	2	2	4.093 7±0.174 8
6	2	3	1	2.377 3±0.165 9
7	2	1	2	4.334 4±0.130 8
8	3	2	1	5.470 8±0.379 4
9	1	3	3	5.308 4±0.286 9

表4 TMA质量分数的极差分析结果

Table 4 Range analysis results of TMA content

K	*A* 脱腥时间 *t*/min	*B* 脱腥温度 *T*/℃	*C* 脱腥液质量分数/%
k_1	4.897	4.784	4.379
k_2	3.485	4.436	4.166
k_3	4.757	3.919	4.594
R	1.412	0.865	0.428
因素排序	*A*>*B*>*C*		
最优方案	$A_2B_3C_2$		

表5 单因素、正交实验TMA质量分数对比

Table 5 Comparison of TMA contents in single factor and orthogonal experiments

脱腥条件	三甲胺质量分数/(μg/g)
未脱腥	13.734 7±1.248 4
单因素(20 ℃,60 min,0.5 g/dL)	4.573 9±0.135 2
正交(40 ℃,60 min,1 g/dL)	2.582 0±0.082 6

2.2.3 HS-SPME-GC-MS分析脱腥前后挥发性物质变化 采用HS-SPME-GTC-MS对未脱腥小黄鱼

鱼汤和酵母抽提物脱腥的小黄鱼鱼汤挥发性物质分析结果如表6。黄鱼鱼汤的风味成分组成主要是醛类、烃类、醇类，少量酮类、芳香类化合物、含氮、含硫化物、脂类。醛类、烃类、醇类是小黄鱼气味的主要组成物质，此外还有醛类物质多数来源于不饱和脂肪酸中碳碳双键氧化产生的的降解产物，通常阈值较低，能与其他物质叠加产生明显的风味效应，对产品的风味贡献较大[17]；烃类物质，由于其阈值相对较高，在整体的风味贡献方面作用较小[20]。醛类物质主要是由不饱和脂肪酸的氧化降解产生[21-24]。

表6　小黄鱼脱腥前后挥发性风味物质组成及峰面积

Table 6　Composition and the content of volatile flavor and smellcompounds before and after deodorization of *Polyactis* scraps

保留时间/min	化合物	未脱腥 峰面积/×10⁴	正交(40 ℃,60 min,1 g/dL) 峰面积/×10⁴
7.024	三甲胺	136.217 3	68.449 1
7.279	丙酮	12.107 2	—
10.139	2-(1-甲基乙氧基)-乙醇	13.446 9	—
10.653	1-戊烯-3-醇	58.466 3	—
10.758	2,3-戊二酮	11.850 1	—
10.859	戊醛	19.057 3	—
11.278	二乙基呋喃	—	7.600 2
12.152	1 -(2 -甲氧基- 1 -甲氧基)-2-丙醇	34.329 2	—
12.430	2 -苯基- 1 - [1 -(1 -羟基丁基)环丁基]乙酮	15.088 3	—
12.932	N,N-二甲基丙酰胺	10.966 4	—
13.089	3 -甲基-4 -庚醇	79.492 6	—
13.318	甲苯	949.53 4	333.504
13.925	2-(异丙氧基甲氧基)丙烷	823.155 9	—
13.955	己醛	34.394 6	25.902 1
14.694	辛烷	45.437 6	20.273 7
16.418	环丙烷	25.534 9	—
17.231	甲氧基苯基肟	39.957 2	17.543 9
17.378	庚醛	98.473 2	17.837 3
19.301	苯甲醛	52.331 8	56.949 7
19.889	茨烯	—	17.345 2
19.893	异丙基环丁烷	21.507 0	—
19.975	苯酚	25.813 3	—
20.054	3,5,5-三甲基-2-己烯	43.814 4	—
20.174	正己酸乙烯基酯	10.156 5	—
20.276	1-辛烯-3-醇	93.974 7	—
20.287	6-甲基-5-庚烯-2-酮	—	13.210 3
20.905	辛醛	45.176 8	24.865 4
21.115	反式 2 -(2-戊烯基)呋喃	—	—
21.119	2-(2-戊烯基)呋喃	—	9.121 6
21.940	7-甲基-3-辛炔	17.782 6	—
21.988	苯乙醛	18.536 8	37.244 1
21.992	苯乙酸	—	—
22.573	2 -甲基-5-氨基-2H-四唑	5.847 1	—
23.162	2,7-辛二烯-1-醇	79.805 0	—
23.210	顺式,1,2-二乙基环丁烷	8.642 1	—
23.226	正辛醇	47.999 7	—
23.702	3,5-辛二烯-2-3,5-octadien-2-one	41.095 1	—

续表 6

保留时间/min	化合物	未脱腥 峰面积/×10⁴	正交(40 ℃,60 min,1 g/dL) 峰面积/×10⁴
24.208	壬醛 Nonanal	107.720 4	108.175 3
24.354	苯乙醇	83.513 2	—
24.515	顺式癸三烯	24.276 6	—
24.654	2,4-二[(三甲基硅烷基)氧基]苯甲醛	—	7.403 2
24.695	三甲基环戊烷乙醇	14.104 8	—
25.565	2-苯基丙烯醛	—	9.805 6
25.940	3-乙基-苯甲	20.204 2	—
27.030	2,6-二甲基-5,7--辛二烯-2-醇	—	14.186 1
27.195	癸醛	17.549 3	—
27.548	二甲基丁烷	—	7.250 5
27.818	4,4-二甲基-1,3-二苯基-1-(三甲基硅氧基)-戊烯	5.524 1	—
28.095	3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛	—	28.076 2
28.920	1,4-辛二烯	12.671 1	—
29.797	2,4,6-三甲基癸烷	11.747 3	—
34.502	2,4-二叔丁基苯酚	380.827 1	—
34.625	(Z,E)-3,7,11-三甲基-1,3,6,10 四烯	—	27.116 2
34.629	3,3-二甲基己烷	9.032 7	—
34.872	β-红没药醇	—	29.550 3

注:“—”表示未检出。

未脱腥处理的鱼汤检出 42 种物质，正交脱腥后挥发性物质种类减少检出 21 种成分。腥味物质主要是醛类、醇类、胺类,而三甲胺是鱼体内的氧化三甲胺在微生物和酶的作用下降解生成,是鱼腥味重要呈现物质[4]。比较未脱腥组、正交组中的三甲胺峰面积依次为 136.22×10⁴、68.45×10⁴;以面积归一化法计算总的腥味物质峰面积占总峰面积的百分数,未脱腥组、正交组依次为 23.5%、9.27%,上述腥味物质均呈现依次减小的变化,其结果与“2.2.2”项中三甲胺质量分数测定结果趋势一致。另外,具有明显海腥味物质如 N,N-二甲基丙酰胺、1-戊烯-3-醇、1-辛烯-3-醇在单因素脱腥组、正交脱腥组均未检出,这表明酵母抽提物能够与腥味物质发生反应减少腥味。

2.3 讨论

通过电子鼻结合感官评定发现酵母抽提物与其他脱腥方法一样具有明显脱腥效果,挥发性物质在脱腥前后有明显区分。未脱腥组中的醛类和醇类含量较多,呈现出较重的腥味,其中己醛、庚醛、辛醛、N,N-二甲基丙酰胺、1-辛烯-3-醇和 1-戊烯-3-醇等物质是鱼肉腥味的主要来源,脱腥后醛类物质和三甲胺物质大幅度减小，而表征鱼体腥味的 N,N-二甲基丙酰胺、1-辛烯-3-醇、1-戊烯-3-醇等物质未检出。这可能是由于酵母抽提物在腥味产生过程中其酸性氨基酸与胺或氨反应,从而减少了三甲胺的生成,且阻止了 N,N-二甲基丙酰胺的产生。此外其短肽具有一定的抗氧化活性,一定程度上减缓了脂肪的氧化，使得醇类减少,1-辛烯-3-醇、1-戊烯-3-醇未能形成。

3 结 语

作者先通过电子鼻和感官评定对酵母抽提物脱腥效果做一个初步了解,而后以三甲胺为指标通过正交实验确定最佳的脱腥工艺条件，即鱼糜 60 min 时脱腥效果最佳。最后结合 HS-SPME-GC-MS 分析可知,经此条件脱腥后的小黄鱼边角料,其腥味物质相对峰面积从 23.5%下降到 9.27%。脱腥后使鱼体呈腥味的 N,N-二甲基丙酰胺、1-辛烯-3-醇、1-戊烯-3-醇等物质均未被检出,酵母抽提物通过防止脂肪的氧化、中和部分胺类来脱除腥味。

参考文献：

[1] 钱攀，马旭婷，许刚，等. 美国鲢鱼挥发性成分和脱腥方法研究[J].中国食品学报，2016，16(12)：169-176.
[2] 刘利萍，欧阳伟虹，周旭静，等. 一种黄鱼脱腥剂及其制备和使用方法：中国，CN201810067823.4[P]. 2018-08-21.
[3] 王国超，李来好，郝淑贤，等. 水产品腥味物质形成机理及相关检测分析技术的研究进展[J]. 食品工业科技，2012，33(5)：401-409.
[4] 沈丽，张丽君，许柏球. 固相微萃取 - 气质联用法测定鲫鱼体中挥发性物质[J]. 食品工业科技，2011，32(6)：161- 163.
[5] YOSHIWA T，MORIMOTO K，SOKAMOTO K，et al. Volatile compounds of fishy odor in sardine by simultaneous distillation and extraction under reduced pressure[J]. **Nippon Suisan Gakkaishi**，1997，63(2)：222-230.
[6] 章超桦，平野敏行，铃木健，等. 鲫的挥发性成分[J]. 水产学报，2000，24(4)：354-359.
[7] 揭珍，徐大伦，杨文鸽. 新鲜带鱼营养成分及风味物质的研究[J]. 食品与生物技术学报，2016，35(11)：1201-1205.
[8] OPALINSKI S，KORCZYNSKI M，KOZIEL J A. Fish processing by-products olfactometric assessment of chemical deodorization [J]. **Przemysl Chemiczny**，2013，92(6)：1159-1162.
[9] 邓后勤，夏延斌，邓友光，等. 鱼制品脱腥技术研究进展[J]. 食品与发酵工业，2006，32(5)：109-112.
[10] 郭辉，陈能用，陈建，等. UMAMI 型酵母抽提物对料酒的风味品质提升效果研究[J]. 中国调味品，2017，42(6)：67-71.
[11] 刘通讯，何婷，赵谋明，等. 酵母抽提物和大豆呈味肽在酱油中的应用[J]. 中国调味品，2018，43(2)：23-37.
[12] 中华人民共和国卫生部，国家卫生与计划生育委员会. GB/T 12312-2012 感官分析 - 味觉敏感度的测定方法[S]. 北京：中国标准出版社，2012：1-9.
[13] 中华人民共和国卫生部，国家卫生与计划生育委员会. GB/T 16291.2-2010 感官分析 - 选拔、培训和管理评价员一般导则（第 2 部分：专家评价员）[S]. 北京：中国标准出版社，2010：1-11.
[14] 中华人民共和国卫生部，国家卫生与计划生育委员会. GB/T 5009.179-2003 火腿中三甲胺氮的测定[S]. 北京：中国标准出版社，2003：459-460.
[15] 孔丽娜. 电子鼻技术在草鱼鲜度及风味分析中的应用研究[D]. 上海：华东理工大学，2015：46-50.
[16] 刘敬科. 鲢鱼风味特征及热历史对鲢鱼风味的影响[D]. 武汉：华中农业大学，2009：37-43.
[17] 任兴晨. 带鱼鱼糜制品的腥味物质及脱腥方法[D]. 杭州：浙江大学，2017：15-16.
[18] 崔方超，李婷婷，杨兵. 电子鼻结合 GC-MS 分析草鱼脱腥前后风味变化[J]. 食品科学，2014，35(20)：126-130.
[19] 刘明，潘磊庆，屠康，等. 电子鼻检测鸡蛋货架期新鲜度变化[J]. 农业工程学报，2010，26(4)：317-321.
[20] HERLAND H，ESAIASSEN M，COOPER M，et al. Changes in trimethyl-amine oxide and trimethylamine in muscle of wild and farmed cod（*Gadus morhua*）during iced storage[J]. **Aquaculture Research**，2009，41(1)：95-102.
[21] GIRI A，OSAKO K，OHASHIMA T. Identification and characterisation of headspace volatiles of fish miso，a Japanese fish meat based fermented paste，with special emphasis on effect of fish species and meat washing[J]. **Food Chemistry**，2010，120(2)：621-631.
[22] FRATINI G，LOIS S，PAZOS M，et al. Volatile profile of Atlantic shellfish species by HS-SPME GC/MS[J]. **Food Research International**，2012，48(2)：856-865.
[23] JONSDOTTIR R，SVEINSDOTTIR K，MAGNUSSON H，et al. Flavor and quality characteristics of salted and desalted cod（Gadusmorhua）produced by different salting methods[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**，2011，59(8)：3893-3904.
[24] 吴燕燕，游刚，李来好，等. 低盐乳酸菌法与传统法腌干鱼制品的风味比较[J]. 水产学报，2014，38(4)：601-612.