

## 生物发酵对大口黑鲈的脱腥效果研究

曾欢, 陶宁萍, 张晶晶, 汪立平, 丛建华

### Effect of microbial fermentation on removing fishy odors in largemouth bass (*Micropterus salmoides*) meat

ZENG Huan, TAO Ningping, ZHANG Jingjing, WANG Liping, CONG Jianhua

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20200903188>

#### 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

#### 发酵桑叶替代鱼粉对大口黑鲈生长、脂质代谢与抗氧化能力的影响

Effects of replacing fish meal with fermented mulberry leaves on the growth, lipid metabolism and antioxidant capacity in largemouth bass (*Micropterus salmoides*)

水产学报. 2016, 40(9): 1408 <https://doi.org/10.11964/jfc.20150609909>

#### 大口黑鲈生长性状相关标记的聚合效果分析

The effect of pyramiding growth-related genotypes in largemouth bass (*Micropterus salmoides*)

中国水产科学. 2014, 21(1): 53 <https://doi.org/10.3724/SP.J.1118.2014.00053>

#### 生态基对大口黑鲈池塘养殖系统水质及能量收支的影响研究

Effect of eco-substrates on water quality and energy budget of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) aquaculture system

南方水产科学. 2018, 14(5): 53 <https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-0780.2018.05.007>

#### 大口黑鲈生长相关标记的聚合及其效果分析

ANALYSIS OF THE PYRAMIDING EFFECT OF GROWTH-RELATED MOLECULAR MARKERS IN LARGEMOUTH BASS (*MICROPTERUS SALMOIDES*)

水生生物学报. 2019, 43(5): 962 <https://doi.org/10.7541/2019.114>

#### 中国养殖大口黑鲈的亚种分类地位探讨

Taxonomic status of largemouth bass *Micropterus salmoides* cultured in China

大连海洋大学学报. 2009, 24(1): 83 <https://doi.org/10.11773/j.issn.1673-2009.2009.01.083>

#### 维生素C对大口黑鲈生长与非特异性免疫的影响

Effect of dietary vitamin C on growth and non-specific immunity in largemouth bass *Micropterus salmoides*

大连海洋大学学报. 2007, 22(4): 249 <https://doi.org/10.11773/j.issn.1673-2009.2007.04.0249>

文章编号: 1674-5566(2021)06-1142-11

DOI:10.12024/jsou.20200903188

## 生物发酵对大口黑鲈的脱腥效果

曾欢<sup>1</sup>, 陶宁萍<sup>1,2</sup>, 张晶晶<sup>1</sup>, 汪立平<sup>1</sup>, 丛建华<sup>3</sup>

(1. 上海海洋大学 食品学院, 上海 201306; 2. 上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海 201306; 3. 江苏中洋生态鱼类股份有限公司, 江苏 南通 226600)

**摘要:** 采用植物乳杆菌、酵母菌及复配适度发酵大口黑鲈, 研究改善其风味的效果。利用感官分析、电子鼻和新型固相萃取整体捕集-气相色谱-质谱联用技术 (MMSE-GC-MS) 检测不同微生物发酵处理后鲈鱼的挥发性风味成分, 分析其脱腥前后风味物质的变化。感官和电子鼻分析结果显示处理组与对照组间气味差异明显。GC-MS 结果表明, 鲈鱼经生物发酵后, 辛醛、壬醛、癸醛、1-戊烯-3-醇和 6-甲基-5-庚烯-2-酮等腥味物质经微生物转化利用, 呈现不同程度的减少, 显示出脱腥效果。其中, 植物乳杆菌处理组产生了 2,3-戊二酮、香叶基丙酮等具有奶油香、花香等愉悦气味的物质, 风味更协调, 脱腥增香效果明显。

**关键词:** 大口黑鲈; 生物发酵脱腥; 挥发性风味成分; 感官评价; 整体材料吸附萃取-气相色谱-质谱联用法 (MMSE-GC-MS)

**中图分类号:** TS 254.4      **文献标志码:** A

淡水鱼因其低廉的价格和较高的营养价值深受消费者的欢迎。2020 年《中国渔业统计年鉴》显示, 2019 年全国淡水产品总产量 3197.87 万 t, 比 2018 年增长了 1.32%<sup>[1]</sup>。大口黑鲈 (*Micropterus salmoides*) 原产北美, 从 20 世纪引进国内养殖, 因其是淡水养殖, 腥味较重, 大大降低了消费者的购买欲, 影响其销售和加工利用<sup>[2]</sup>。

腥味是全球水产养殖业中最严重的问题之一, 其存在使得消费者对水产品的可接受程度降低<sup>[3]</sup>, 进而制约了该类产品市场的拓展。因此, 如何有效地调控腥味一直是水产品加工业研究的热点问题<sup>[4]</sup>。腥味的产生主要有两条途径: 一是脂质氧化产生己醛、壬醛、1-辛烯-3-醇等挥发性物质<sup>[5]</sup>, 二是鱼体通过皮肤、呼吸道和鳃吸收了养殖环境中蓝藻和放线菌的次级代谢产物而呈现土腥味<sup>[6]</sup>。

目前, 水产品脱腥方法形式多样, 根据作用机理不同, 主要分为物理法、化学法、生物法及复合法<sup>[4,7]</sup>。其中, 物理脱腥效果欠佳, 化学脱腥存

在潜在的安全性问题, 而生物脱腥不仅能达到脱腥效果、改善风味, 还可将水产品蛋白质和脂肪分解为更易吸收的短肽、氨基酸及脂肪酸, 提高营养价值<sup>[8]</sup>。生物脱腥法常用的菌种有酵母菌、乳酸菌等, 经不同微生物发酵处理后的脱腥效果及风味存在明显差异<sup>[9]</sup>。吴建中等<sup>[10]</sup>采用安琪酵母发酵秋刀鱼汤, 降低鱼汤中烯醛类、二烯醛等醛类物质的含量, 减弱了鱼汤的腥味。明庭红等<sup>[11]</sup>采用植物乳杆菌发酵草鱼, 生成了具有柠檬香的 D-柠檬烯和具有脂肪香的 3-羟基-2-丁酮等物质, 脱腥增香效果显著。

现有的鱼制品多以冻品形式销售, 存在因腥味重而滞销的问题。利用益生菌发酵生产鱼制品是一种新型的加工方法, 它借助菌种的发酵作用, 不仅可以有效抑制腥味物质生成, 使产品形成独特的风味、色泽和质地<sup>[12]</sup>, 还能够抑制腐败菌的繁殖, 延长鱼制品的货架期。本研究利用植物乳杆菌及酵母菌对大口黑鲈进行生物发酵脱腥处理, 采用整体材料吸附萃取-气相色谱-质谱

收稿日期: 2020-09-28      修回日期: 2021-01-10

基金项目: 河豚浓缩鱼汤创新及产业化相关工艺设计及优化项目 (D-8006-20-0020); 国家重点研发计划“蓝色粮仓”项目 (2020YFD0900905)

作者简介: 曾欢 (1995—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品营养与品质评价。E-mail: 773530266@qq.com

通信作者: 陶宁萍, E-mail: nptaoo@shou.edu.cn

联用技术,同时结合感官评价和电子鼻分析,旨在探究生物脱腥对淡水鱼挥发性风味物质的影响,以期为进一步控制水产品腥味提供一定的理论依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与试剂

本研究所用大口黑鲈(体质量:400~500 g/条)由江苏中洋生态鱼类股份有限公司提供。

植物乳杆菌菌种 R8 从泡菜中分离纯化鉴定获得;MRS 肉汤培养基,上海盛思生化科技有限公司;安琪高活性干酵母,湖北安琪酵母股份有限公司;氯化钠为分析纯,上海国药集团化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器与设备

主要仪器设备:FOSS Kjelttec8400 全自动凯氏定氮仪,丹麦 FOSS 中国上海有限公司;7890-5977A GC-MS 联用仪,美国安捷伦公司;固相萃取整体捕集剂 Mono-Trap RCC18 (2.9 mm × 5 mm × 1 mm),日本 GL sciences 公司;Fox 4 000

Sensory Array Fingerprint Analyzer,法国 Alpha MOS 公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 植物乳杆菌种子发酵液的制备

将植物乳杆菌菌液以 2% 的添加量接种到 MRS 液体培养基中,在 37 °C、150 r/min 条件下活化培养 24 h。将所得菌液于高速冷冻离心机(4 °C、8 000g)中离心 10 min,并收集离心管底部的菌体。将菌体悬浮于已灭菌的 0.9% 生理盐水中,离心后收集沉淀,再重悬于离心前等体积生理盐水中作为后续发酵种子液。

#### 1.3.2 样品的制备

脱腥鲈鱼生样:将鲈鱼去头去尾去内脏后切成 4 cm × 4 cm × 1 cm 的小块,放入发酵罐中,无菌条件下按鱼质量与水体体积比 1:1 的比例加入无菌水,接种菌株(表 1),并于 25 °C、湿度为 70% 的恒温恒湿培养箱中发酵 3 h。

脱腥鲈鱼熟样:脱腥鲈鱼生样在沸水浴蒸制 15 min。

表 1 生物脱腥处理鲈鱼的方法

Tab. 1 Biological deodorization treatment of bass

组别 Groups	接种菌株 Inoculation
植物乳杆菌处理组 <i>Lactobacillus plantarum</i> treated group	植物乳杆菌种子发酵液
酵母菌处理组 Yeast treated group	安琪酵母
复配处理组 Compounding treated group	植物乳杆菌种子发酵液,安琪酵母

#### 1.3.3 挥发性盐基氮(Total volatile base nitrogen, TVB-N)的测定

参考 GB 5009.228—2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》。

#### 1.3.4 感官评价

参考付湘晋<sup>[13]</sup>和吉思茹<sup>[14]</sup>的感官评定方法,整理出气味感官描述词,包括鱼腥味、发酵香

味、发酵酸臭味和鱼肉香味。试验前对感官员进行培训,并成立感官评定小组(5 男 5 女),感官评分标准见表 2。

#### 1.3.5 电子鼻检测

称取 1.00 g 样品于 10 mL 顶空瓶,加入 1 mL 0.18 g/mL NaCl 溶液,均质后置于样品托盘中检测。

表 2 感官评分标准

Tab. 2 Standard of sensory evaluation

项目 Item	无 None	很轻 Very light	较弱 Weak	中等 Moderate	偏重 Heavy	很重 Very heavy
鱼腥味 Fishy odor						
发酵酸臭味 Fermented sour odor	0	1	2	3	4	5
发酵香味 Fermented aroma						
鱼肉香味 Fish aroma						

测定条件参考 ZHANG 等<sup>[15]</sup>并略作修改。在 50 °C 下平衡 10 min,载气为过滤的干燥空气(纯度 > 99.999%),流速 150 mL/min,进样量 2 400  $\mu$ L,进样速度 2 400  $\mu$ L/s,进样针温度 50 °C,数据采集时间 120 s,传感器清洗时间 1 080 s。

电子鼻的数据使用 Alphasoft V12.44 进行主成分分析(principal component analysis, PCA)。

### 1.3.6 GC-MS 检测

参考张晶晶等<sup>[16]</sup>的方法,称取 5.00 g 样品于顶空瓶,加入 5 mL 0.18 g/mL NaCl 溶液,均质后,取 5 个 Mono-Trap RCC18 吸附子固定在顶空瓶上方,50 °C 水浴条件下顶空萃取 45 min,最后将吸附子装入衬管中进行 GC-MS 分析。

色谱条件:DB-5MS 色谱柱(60 m  $\times$  0.32 mm  $\times$  1  $\mu$ m)。程序升温:40 °C 保持 1 min;以 5 °C/min 升至 100 °C;然后以 3 °C/min 升至 180 °C,再以 5 °C/min 升至 220 °C;最后以 7 °C/min 升至 240 °C,保持 5 min。采用不分流进样模式。

质谱条件:离子源温度 230 °C;电子电离源;电子能量 70 eV;接口温度 280 °C。

定性方法:将各挥发性物质的质谱图与 NIST 2008 谱库进行比对,仅报道正反匹配度均大于 800 的化合物。

采用相对气味活度值(relatively odor activity value, ROAV)<sup>[17]</sup>确定各化合物对样品总体风味的贡献。规定样品中气味贡献最大的组分 ROAV<sub>max</sub> = 100,其他挥发性风味成分的 ROAV 按如下公式计算:

$$R_{OAVi} \approx 100 \times C_i / C_{\max} \times T_{\max} / T_i \quad (1)$$

式中: $R_{OAVi}$ 表示相对气味活度值; $C_i$ 和  $T_i$ 分别代表各挥发性风味成分的相对含量(%)和感觉阈值( $\mu$ g/kg); $C_{\max}$ 和  $T_{\max}$ 分别代表对样品总体气味贡献最大组分的相对含量(%)和感觉阈值( $\mu$ g/kg)。一般认为 ROAV  $\geq$  1 的挥发性风味物质是样品的主体气味成分,0.1  $\leq$  ROAV < 1 的挥发性风味物质对样品整体气味起修饰作用<sup>[16-17]</sup>。

### 1.4 数据处理

试验结果以平均值  $\pm$  标准差(Mean  $\pm$  S. D.)表示。采用 SPSS 23.0 进行显著性差异分析,不同的字母表示有统计学差异( $P < 0.05$ )。Origin 8.0 用于处理和生成图像。采用 Alphasoft V12.44 软件进行 PCA 分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 TVB-N 结果分析

TVB-N 与蛋白质、氨基酸等含氮化合物的降解有关<sup>[18]</sup>,是评估水产品卫生质量的重要指标。由表 3 可知,3 种处理组 TVB-N 含量均降低,且都远低于 GB 2733—2015《食品安全国家标准鲜、冻动物性水产品》规定的限量标准 20 mg N/100 g。有研究<sup>[19]</sup>发现,乳酸菌产生的抗菌化合物可在不改变食品感官特性的情况下抑制腐败微生物的生长。鲈鱼经植物乳杆菌处理后 TVB-N 含量降低,说明植物乳杆菌发酵会抑制腐败菌的繁殖。复配组生样和熟样的 TVB-N 值分别为 5.15 mg N/100 g 和 3.79 mg N/100 g,与其他处理组相比下降最多,但其作用机制有待进一步研究。

表 3 不同处理组生/蒸制鲈鱼肉挥发性盐基氮含量

Tab. 3 TVB-N content of raw/steamed bass meat in different treated groups  $n = 3$ , mg N/100 g

样品 Sample	对照组 Control group	植物乳杆菌处理组 <i>Lactobacillus plantarum</i> treated group	酵母菌处理组 Yeast treated group	复配处理组 Compounding treated group
鲈鱼生样 Raw bass meat	6.32 $\pm$ 0.34 <sup>ab</sup>	5.95 $\pm$ 0.93 <sup>ab</sup>	6.02 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>	5.15 $\pm$ 0.94 <sup>b</sup>
鲈鱼熟样 Steamed bass meat	7.17 $\pm$ 0.26 <sup>a</sup>	5.85 $\pm$ 0.97 <sup>a</sup>	6.39 $\pm$ 1.00 <sup>a</sup>	3.79 $\pm$ 0.45 <sup>b</sup>

注:不同的字母表示有统计学差异( $P < 0.05$ )。

Notes: Different letters indicate statistical differences ( $P < 0.05$ ).

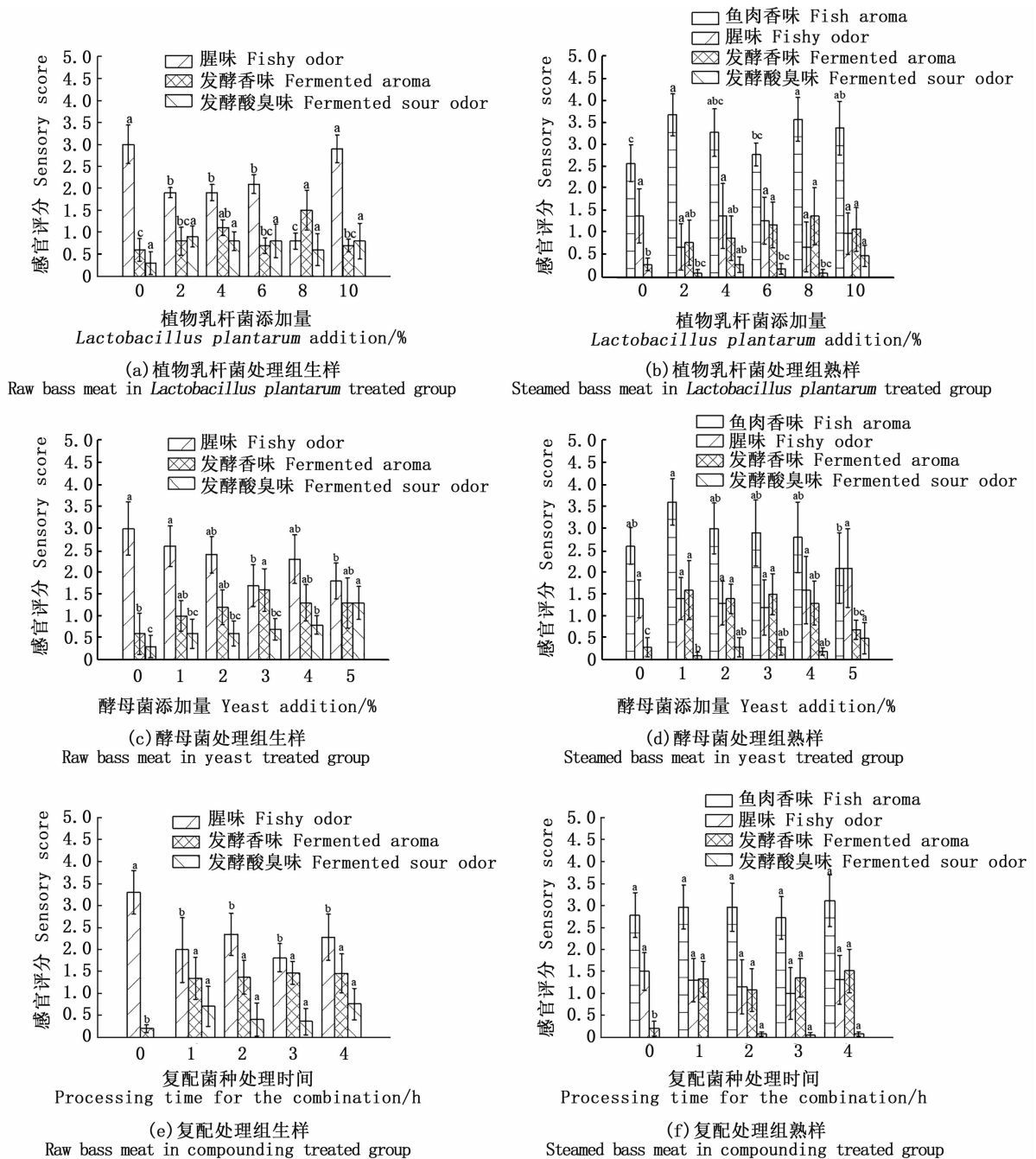
### 2.2 感官评价

不同处理组均有脱腥效果,且生样和熟样呈现出较好的一致性。由图 1a 和图 1b 可知,随着植物乳杆菌接种量的增加,鱼块腥味变弱,这可能是因为在一定时间内,植物乳杆菌数量增加,

消耗的能源增多,促使鱼肉中的羰基化合物和蛋白质降解,生成的小分子风味物质与腥味物质相互作用<sup>[20]</sup>,达到消除或掩蔽腥味的效果。当添加量为 10% 时,出现较为明显的发酵酸臭味,影响鲈鱼风味,因此植物乳杆菌的最佳添加量为 8%,

此时鱼肉的腥味最弱,并伴有令人愉悦的发酵香味。图 1c 和 d 与图 1a 和 b 具有相同趋势,随着酵母添加量的增加,腥味逐渐减弱,但当添加量超过 3% 时,腥味逐渐变重,且出现令人不悦的酒精味,原因可能是当酵母生长到一定的生物量后,对能源的竞争愈发激烈,生长受到抑制<sup>[20]</sup>,故确定 3% 为酵母菌的最优添加量。在此基础上,

将单一菌种的最佳添加量进行复配,并探究复配菌种的最优条件。由图 1e 和 f 可知,当接种复配菌种后,随着发酵时间延长,腥味呈现先下降后上升的趋势,当发酵 3 h 时,腥味最弱,伴有发酵香味,气味协调。这可能是因为植物乳杆菌和酵母



不同的字母表示有统计学差异 ( $P < 0.05$ ).  
Different letters indicate statistical differences ( $P < 0.05$ ).

图 1 脱腥效果感官评价结果  
Fig. 1 Sensory evaluation results of deodorization effect

菌相互促进,对腥味物质实现生物转化,产生了令人愉快的风味。但随着发酵时间继续延长,鱼肉中的碳水化合物经微生物分解形成乳酸或醋酸<sup>[21]</sup>,产生发酵酸臭味使风味劣化。鲈鱼经蒸制后腥味变弱,并有浓郁的鱼肉香味,这主要是由于鱼肉受热过程中发生蛋白质和肽类的降解、碳水化合物的焦糖化、糖和氨基酸或肽类的相互作用以及脂质的热降解等反应<sup>[22-23]</sup>,产生的各种挥发性物质相互作用形成鱼肉香味。

### 2.3 电子鼻结果分析

将电子鼻特征参数进行主成分分析,见图 2a 和 b。不同处理组生样第一主成分的贡献率为 92.523%,第二主成分的贡献率为 6.107%,PC1

和 PC2 总和为 98.630%;不同处理组熟样 PCA 累计贡献率为 99.379%,丢失的总差异信息较少,能反映主成分平面上各样品差异信息的完整性<sup>[24]</sup>。

PCA 分析中,样品在 PC1 轴上距离越大,说明样品间差异越大<sup>[25]</sup>,而在 PC2 上即使距离很远,差异也不显著,这是由于其所占比例相对较小。如图 2a,生样在 PC1 轴上没有重合,说明不同处理间整体区分度较好,风味相互独立。在 PC1 轴上,植物乳杆菌处理组和酵母菌处理组均与对照组距离较大,说明这两种脱腥方式对鲈鱼的风味均有影响。由图 2b 可知,不同脱腥处理组熟样在 PC1 轴上距离较近,这可能是由于鱼肉

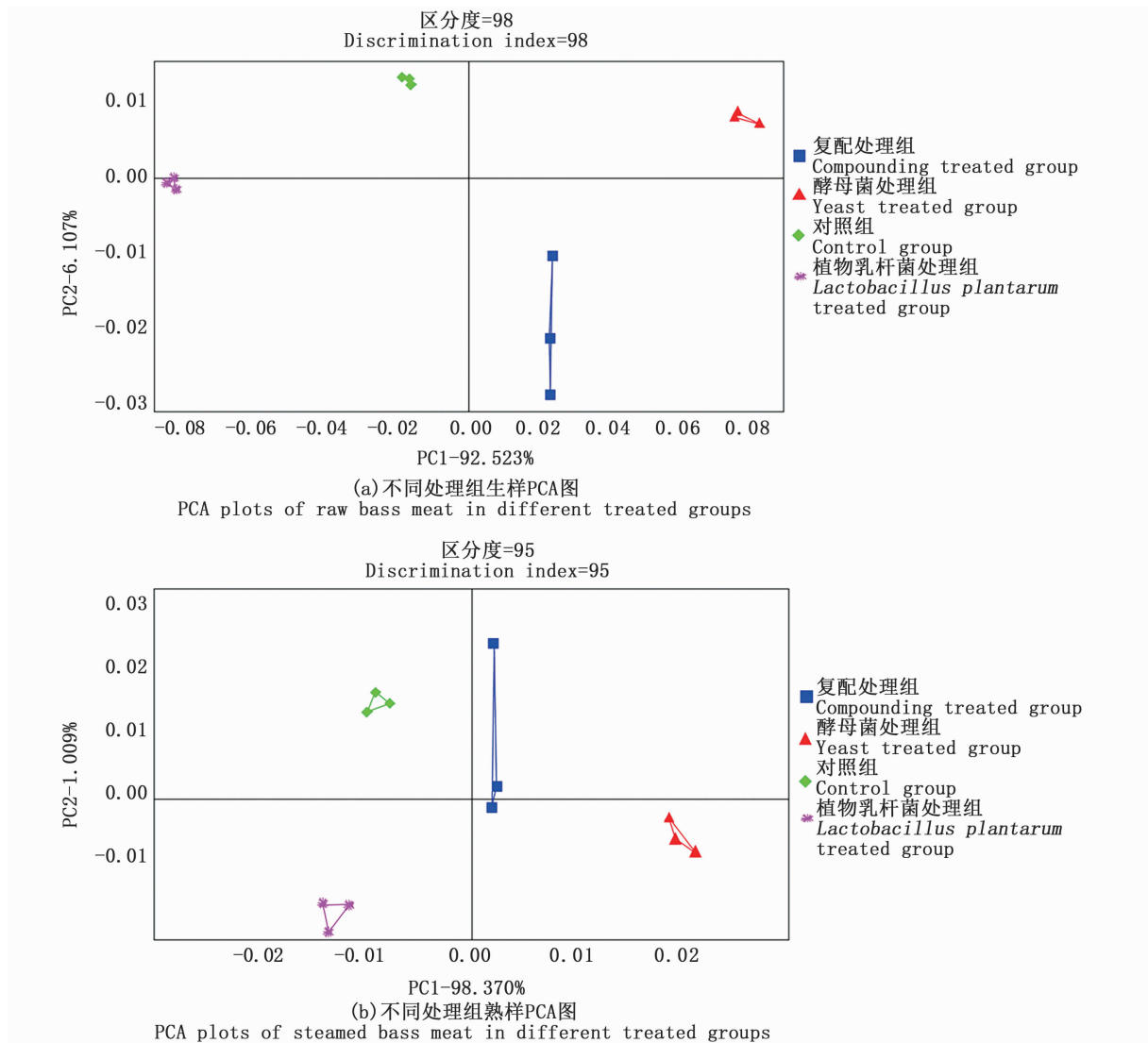


图 2 电子鼻 PCA 分析图

Fig.2 PCA analysis of electronic nose

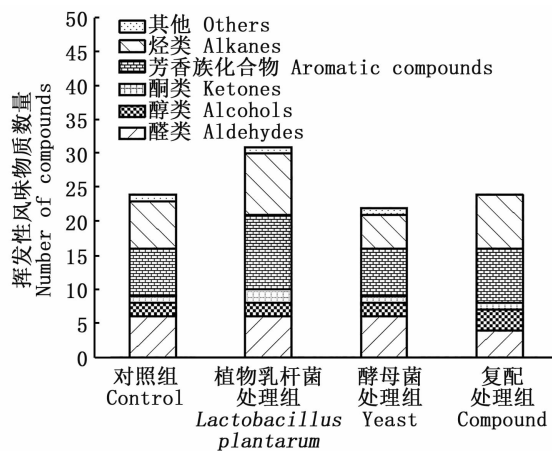
在加热过程中形成的鱼肉香味占主导作用,使不同脱腥处理组间特征性风味差异不明显。为了进一步明确不同脱腥处理对鲈鱼整体风味的变化,需结合 GC-MS 进行分析鉴定。

#### 2.4 GC-MS 结果分析

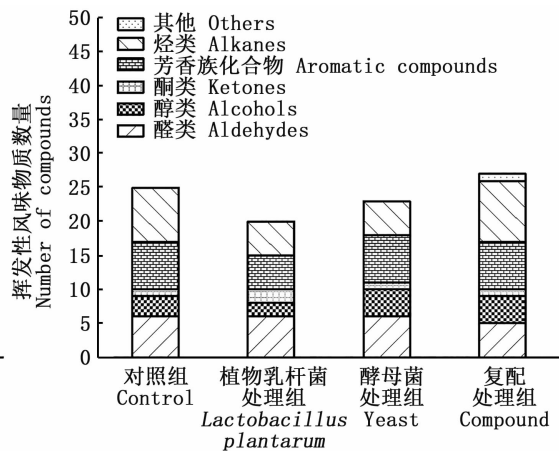
GC-MS 结果表明,不同脱腥处理组的挥发性风味物质主要由醛类、酮类、醇类、烃类和芳香族化合物组成(图3)。鲈鱼经发酵脱腥处理后挥发性风味物质种类变化不大,这可能与发酵条件较温和有关。从不同处理组生样中分别检测出 24、31、22 和 24 种物质,熟样中分别检测出 25、20、23 和 27 种物质。从图 3 和图 4 可以看出,鲈鱼经蒸制后挥发性风味物质的种类和峰面积大多增加,这可能是因为在蒸制过程中脂肪酸的热氧化和分解<sup>[26-27]</sup>,形成了更多的挥发性化合物。图 5a 和图 5b,不同处理组经蒸制后腥味物质的峰面积也增加,这与周明珠等<sup>[28]</sup>的研究一致。其中,1-戊烯-3-醇峰面积的增幅最大,这可能是因为加热处理使 EPA 在 15-脂氧合酶(15-LOX)的作用下氧化<sup>[29]</sup>产生了更多的 1-戊烯-3-醇,腥味增强。这与感官评价结果不一致,可能与加热后生成的鱼肉香味对腥味具有感官掩蔽效果有关。

图 3(a)中,植物乳杆菌处理的生样与对照组相比,挥发性风味物质的数量增加,主要表现为烃类和芳香族化合物的增加。由图 3 和图 4 分析可得,蒸制后植物乳杆菌处理组烃类及芳香族化合物的数量和峰面积却减少,可能与植物乳杆菌作用下挥发性风味成分之间的物质转化有关,其机制有待进一步研究。

生物发酵脱腥主要通过微生物的生长代谢实现对腥味物质的生物转化,产生令人愉快的风味,达到消除或掩蔽腥味的效果<sup>[8]</sup>。辛醛、壬醛和癸醛通常呈现青草味和鱼腥味,并带有油、蜡的特征性气味<sup>[30]</sup>,由图 5 可知,经发酵处理后峰面积均降低;1-戊烯-3-醇呈现青草味、蘑菇味,对腥味有很大贡献,经发酵处理后其峰面积降低;6-甲基-5-庚烯-2-酮呈现金属味或血腥味<sup>[16]</sup>,对腥味起增强作用,经发酵处理后其峰面积降低。综上,鲈鱼经植物乳杆菌和酵母菌发酵后,辛醛、壬醛、癸醛、1-戊烯-3-醇、6-甲基-5-庚烯-2-酮等腥味物质经微生物转化利用,其峰面积降低,显示出脱腥效果。同时,产生了 2,3-戊二酮、香叶基丙酮等具有奶油香、花香等愉悦气味的物质,对改善鲈鱼腥味有很大贡献。



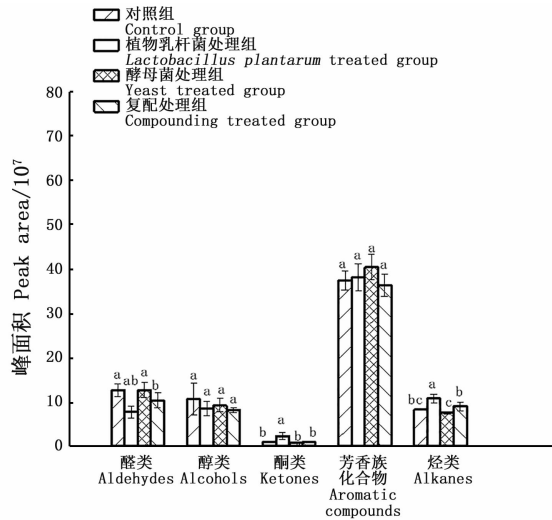
(a) 不同处理组生样挥发性风味物质数量  
Number of volatile flavor compounds in raw bass meat in different treated groups



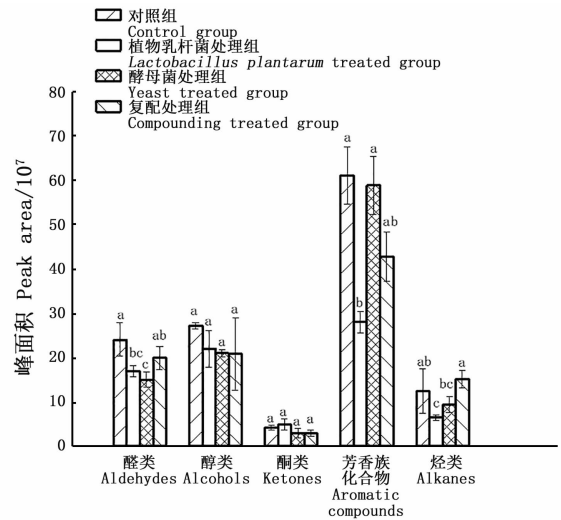
(b) 不同处理组熟样挥发性风味物质数量  
Number of volatile flavor compounds in steamed bass meat in different treated groups

图 3 挥发性风味物质数量

Fig. 3 Number of volatile flavor compounds



(a) 不同处理组生样挥发性风味物质峰面积  
Peak areas of volatile flavor compounds in raw bass meat in different treated groups



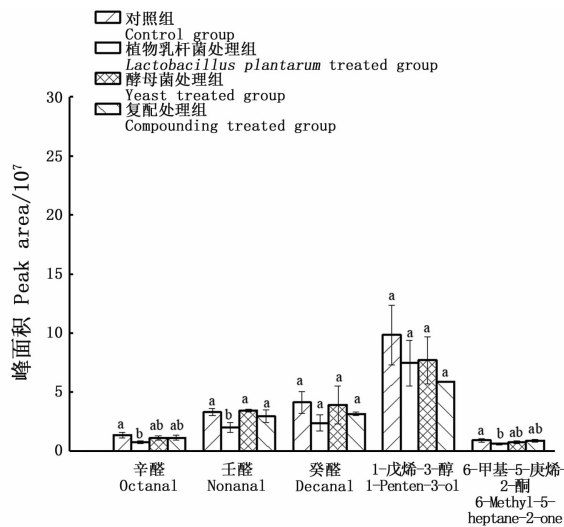
(b) 不同处理组熟样挥发性风味物质峰面积  
Peak areas of volatile flavor compounds in steamed bass meat in different treated groups

不同的字母表示有统计学差异 ( $P < 0.05$ )。

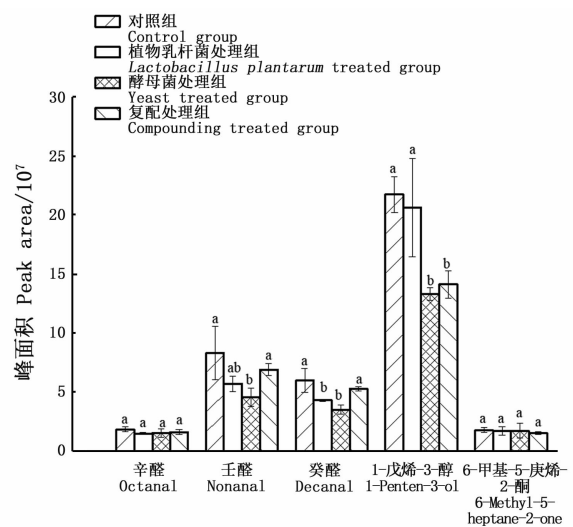
Different letters indicate statistical differences ( $P < 0.05$ ).

图 4 挥发性风味物质峰面积

Fig. 4 Peak areas of volatile flavor compounds



(a) 不同处理组生样挥发性风味物质峰面积  
Peak areas of volatile flavor compounds in raw bass meat in different treated groups



(b) 不同处理组熟样挥发性风味物质峰面积  
Peak areas of volatile flavor compounds in steamed bass meat in different treated groups

不同的字母表示有统计学差异 ( $P < 0.05$ )。

Different letters indicate statistical differences ( $P < 0.05$ ).

图 5 腥物质峰面积

Fig. 5 Peak areas of fishy odor substances

### 2.5 主成分分析

为更好地了解样品感官属性与挥发性风味成分之间的关系,进行主成分分析。通过 1.3.5 中公式 (1) 计算出各挥发性化合物的 ROAV 值,

确定不同处理组生样中的主体风味成分是辛醛、壬醛和癸醛 ( $ROAV \geq 1$ ),对整体气味起修饰作用的是 2,3-戊二酮、十一醛、苯乙酮、乙苯和萘 ( $0.1 \leq ROAV \leq 1$ );而不同处理组熟样中的主体



风味成分为辛醛、壬醛和癸醛 (ROAV  $\geq 1$ ),对整体气味起修饰作用的是 1-戊烯-3-醇、十一醛、十二醛、苯乙酮、乙苯和萘。选择对整体风味具有一定贡献度的化合物 (ROAV > 0.1) 作为类似电子鼻传感器的指标,同时与感官属性指标及电子

鼻传感器响应值结合,对生/熟状态下不同处理组的挥发性风味化合物分布进一步分析,利用 Alphasoft V12.44 软件分析相关性得到主成分分析载荷图。见图 6。

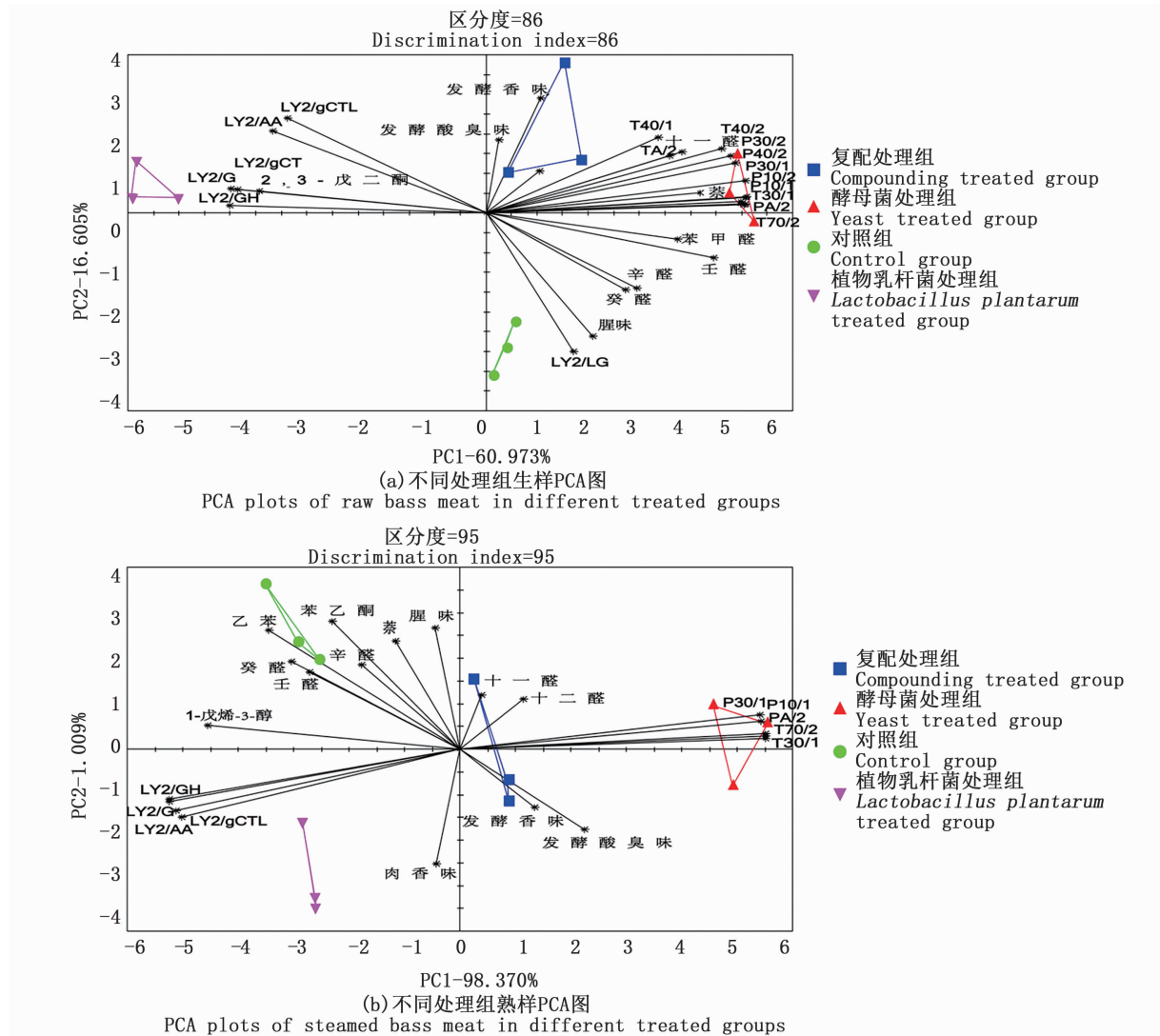


图 6 主成分载荷图  
Fig. 6 Principle component analysis

图 6 中箭头和星号分别代表各自变量和样品在 1,2 主成分二维空间的投影,箭头尖端与原点的距离越远表示该变量被主成分 1,2 解释的程度越高,空间距离越近,变量间正相关程度越高<sup>[31]</sup>。

图 6a 中,对照组与腥臭均位于第四象限且距离较近,呈现出相关性。植物乳杆菌处理组、酵母菌处理组及复配处理组均位于 Y 轴正半轴,与

腥臭呈现负相关性,显示出脱腥效果。植物乳杆菌处理组与 2,3-戊二酮(焦香、奶香味)均位于第二象限,表现出相关性,说明该处理能赋予样品优良风味。

图 6b 中,对照组与腥臭均位于第二象限且距离较近,呈现出相关性,而不同处理组与腥臭距离较远,说明采用生物发酵法脱腥具有可行性。植物乳杆菌处理组与肉香味同处于第四象

限,说明该处理具有脱腥增香的效果。

### 3 结论

本研究采用植物乳杆菌、酵母菌对鲈鱼进行发酵脱腥处理。感官评价结果表明,植物乳杆菌和酵母菌的添加量分别为8%和3%,处理3h;将单一菌种最优添加量进行复配,处理3h,显示出良好的脱腥效果。电子鼻结果显示,不同脱腥处理组间风味相互独立,整体区分度较好。GC-MS结果显示,辛醛、壬醛、癸醛、1-戊烯-3-醇、6-甲基-5-庚烯-2-酮等腥味物质的含量均减少,显示出脱腥效果。由于不同微生物代谢底物及产物的不同,发酵后的脱腥效果及风味存在差异。采用植物乳杆菌处理,会生成2,3-戊二酮、香叶基丙酮等令人愉悦的挥发性风味物质,风味更协调。因此,采用植物乳杆菌脱腥效果更佳,在改善水产品风味方面具有潜在的应用前景。

### 参考文献:

- [1] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2020.  
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. China fishery statistical yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2020.
- [2] WANG H L, ZHU Y Z, ZHANG J J, et al. Characteristic volatile compounds in different parts of grass carp by comprehensive two-dimensional gas chromatography/time-of-flight mass spectrometry [J]. International Journal of Food Properties, 2020, 23(1): 777-796.
- [3] MARQUES C, LISE C C, BONADIMANN F S, et al. Flash profile as an effective method for assessment of odor profile in three different fishes [J]. Journal of Food Science and Technology, 2019, 56(9): 4036-4044.
- [4] 吴静, 黄卉, 李来好, 等. 鱼制品腥味产生机制及调控措施研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(24): 254-261.  
WU J, HUANG H LI L H, et al. Review on the formation and regulation of the fishy odor in fish products [J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(24): 254-261.
- [5] ZHANG H, WU D, HUANG Q, et al. Adsorption kinetics and thermodynamics of yeast  $\beta$ -glucan for off-odor compounds in silver carp mince [J]. Food Chemistry, 2020, 319: 126232.
- [6] AZARIA S, VAN RIJN J. Off-flavor compounds in recirculating aquaculture systems (RAS): production and removal processes [J]. Aquacultural Engineering, 2018, 83: 57-64.
- [7] 卢祺, 刘津延, 刘方芳, 等. 鱼类腥味物质及脱腥技术研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(08): 285-291.  
LU Q, LIU J Y, LIU F F, et al. Research progress on fishy smell and technology of removing off-odor [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(08): 285-291.
- [8] 王红丽, 梁璋成, 何志刚, 等. 生物发酵脱腥海带的挥发性风味物质分析[J]. 中国食品学报, 2020, 20(6): 295-303.  
WANG H L, LIANG Z C, HE Z G, et al. Analysis of volatile flavor compounds from microbial fermented deodorization kelp [J]. Journal of Chinese Institute of food Science and Technology, 2020, 20(6): 295-303.
- [9] 密更, 李婷婷, 仪淑敏, 等. 人工接种乳酸菌发酵鱼糜的研究进展[J]. 中国食品学报, 2019, 19(5): 302-312.  
MI G, LI T T, YI S M, et al. The research advance of fermented surimi inoculated with lactic acid bacteria [J]. Journal of Chinese Institute of food Science and Technology, 2019, 19(5): 302-312.
- [10] 吴建中, 王倩倩, 廖顺, 等. 安琪酵母发酵对秋刀鱼汤的脱腥作用原因分析[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(7): 213-220.  
WU J Z, WANG Q Q, LIAO S, et al. Causes analysis of deodorization of saury soup by Angel yeast fermentation [J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(7): 213-220.
- [11] 明庭红, 裘迪红, 周君, 等. 基于植物乳杆菌发酵草鱼脱腥增香的研究[J]. 中国食品学报, 2017, 17(10): 202-210.  
MING T H, QIU D H, ZHOU J, et al. Analysis of the deodorization and aroma during fermentation of grass carp by Lactobacillus plantarum [J]. Journal of Chinese Institute of food Science and Technology, 2017, 17(10): 202-210.
- [12] MING T, HAN J, LI Y, et al. A metabolomics and proteomics study of the Lactobacillus plantarum in the grass carp fermentation [J]. BMC Microbiology, 2018, 18(1): 216-229.
- [13] 付湘晋. 白鲢鱼脱腥及其低盐鱼糜制备的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009.  
FU J X. Removing the off-flavor of silver carp and the preparation of low salt surimi [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2009.
- [14] 吉思茹. 蒸制中华绒螯蟹关键性气味物质的鉴定研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2016.  
JI S R. Identification of key odorants in steamed Chinese mitten crab [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2016.
- [15] ZHANG J J, WANG X C, SHI W Z. Odor characteristics of white croaker and small yellow croaker fish during refrigerated storage [J]. Journal of Food Biochemistry, 2019, 43(10): 12.
- [16] 张晶晶, 王锡昌, 施文正. 白姑鱼和小黄鱼肉中挥发性风味物质的鉴定[J]. 食品科学, 2019, 40(14): 206-213.  
ZHANG J J, WANG X C, SHI W Z. Identification of volatile

- compounds in white croaker and small yellow croaker[J]. Food Science, 2019, 40(14): 206-213.
- [17] 刘登勇,周光宏,徐幸莲. 确定食品关键风味化合物的一种新方法:“ROAV”法[J]. 食品科学, 2008(7): 370-374.
- LIU D Y, ZHOU G H, XU X L. “ROAV” method: a new method for determining key odor compounds of rugao ham [J]. Food Science, 2008(7): 370-374.
- [18] GUAN W L, REN X C, LI Y J, et al. The beneficial effects of grape seed, sage and oregano extracts on the quality and volatile flavor component of hairtail fish balls during cold storage at 4 °C [J]. LWT-Food Science and Technology, 2019, 101: 25-31.
- [19] VARSHA K K, NAMPOOTHIRI K M. Appraisal of lactic acid bacteria as protective cultures [J]. Food Control, 2016, 69: 61-64.
- [20] 王莉嫦,汪薇,任文彬,等. 发酵脱腥法对鲢鱼汤脱腥效果的影响[J]. 食品工业, 2016, 37(7): 72-74.
- WANG L C, WANG W, REN W B, et al. The effect of fermentation deodorant method on the deodorization of dace soup[J]. Food Industry, 2016, 37(7): 72-74.
- [21] 王俊钢,刘成江,李宇辉,等. 发酵肉制品中风味物质研究进展[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(9): 251-253, 281.
- WANG J G, LIU C J, LI Y H, et al. Research progress of flavor compounds in fermented meat products [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2014, 42(9): 251-253, 281.
- [22] 莫树平,林嘉慧,柏建玲,等. 肉制品中的风味物质及其分析方法[J]. 中国调味品, 2007(1): 25-30, 47.
- MO S P, LIN H J, BAI J L, et al. The flavour compounds of meat products and it's examination [J]. China Condiment, 2007(1): 25-30, 47.
- [23] 裘迪红,欧昌荣,苏秀榕,等. 植物乳杆菌发酵草鱼肉挥发性成分的变化规律[J]. 食品科学, 2015, 36(20): 174-180.
- QIU D H, OU C R, SU X R, et al. Changes in volatile flavor components of grass carp meat during fermentation by *Lactobacillus plantarum*[J]. Food Science, 2015, 36(20): 174-180.
- [24] LU Q, LIU F, BAO J. Volatile components of American silver carp analyzed by electronic nose and MMSE-GC-MS-O [J]. Journal of Food Biochemistry, 2019, 43(11): 10.
- [25] DU D D, WANG J, WANG B, et al. Ripeness prediction of postharvest kiwifruit using a mos e-nose combined with chemometrics[J]. Sensors, 2019, 19(2): 14.
- [26] PROST C, HALLIER A, CARDINAL M, et al. Effect of storage time on raw sardine (*Sardina pilchardus*) flavor and aroma quality[J]. Journal of Food Science, 2004, 69(5): S198-S204.
- [27] CARDINAL M, CHAUSSY M, DONNAY-MORENO C, et al. Use of random forest methodology to link aroma profiles to volatile compounds: Application to enzymatic hydrolysis of Atlantic salmon (*Salmo salar*) by-products combined with Maillard reactions[J]. Food Research International, 2020, 134: 109254.
- [28] 周明珠,熊光权,乔宇,等. 复热处理对鲈鱼挥发性成分的影响 [J/OL]. 现代食品科技: 1-7 [2020-09-23]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1620.ts.20200310.1745.017.html>.
- ZHOU M Z, XIONG G Q, QIAO Y, et al. Effects of reheating on the volatile components of lateolabrax japonicus [J/OL]. Modern Food Science and Technology: 1-7 [2020-09-23]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1620.ts.20200310.1745.017.html>.
- [29] JIMENEZ-MARTIN E, GHARSALLAOUI A, PEREZ-PALACIOS T, et al. Volatile compounds and physicochemical characteristics during storage of microcapsules from different fish oil emulsions [J]. Food and Bioproducts Processing, 2015, 96: 52-64.
- [30] 黄忠白,明庭红,董丽莎,等. 金枪鱼鱼白的植物乳杆菌发酵脱腥增香作用研究[J]. 中国食品学报, 2019, 19(2): 147-154.
- HUANG Z B, MING T H, DONG L S, et al. Studies on the deodorization during fermentation of tuna's milt by *Lactobacillus plantarum*[J]. Journal of Chinese Institute of food Science and Technology, 2019, 19(2): 147-154.
- [31] 陈磊,王金勇,李学伟. 仪器测定的猪肉质构性状与感官性状的回归分析[J]. 农业工程学报, 2010, 26(6): 357-362.
- CHEN L, WANG J Y, LI X W, Regression analysis of instrumental texture characteristics and sensory characteristics of pork [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2010, 26(6): 357-362.

## Effect of microbial fermentation on removing fishy odors in largemouth bass (*Micropterus salmoides*) meat

ZENG Huan<sup>1</sup>, TAO Ningping<sup>1,2</sup>, ZHANG Jingjing<sup>1</sup>, WANG Liping<sup>1</sup>, CONG Jianhua<sup>3</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai Engineering Research Center of Aquatic-Product Processing & Preservation, Shanghai 201306, China; 3. Jiangsu Zhongyang Group Co. Limited, Nantong 226600, Jiangsu, China)

**Abstract:** Effect of flavor improvement on the largemouth bass fermented moderately by *Lactobacillus plantarum*, yeast and the compound bacteria was analyzed. Sensory analysis, electronic nose and monolithic material sorptive extraction combined with gas chromatography-mass spectrometry (MMSE-GC-MS) were used to detect the volatile flavor compounds of the bass after different microorganisms' fermentation, while the changes of flavor compounds were analyzed before and after deodorization. The results of sensory evaluation and electronic nose analysis showed that there were distinctive differences in odor between different treated groups and the control. The results of GC-MS showed the contents of octanal, nonanal, decanal, 1-Penten-3-ol, 6-Methyl-5-heptane-2-one and other fishy odors were decreased to different degrees, due to being converted and utilized by microorganisms, indicating that the microbial fermentation had the effect on removing fishy odors. Among them, 2,3-pentanedione, geranylacetone and other volatile flavor compounds with pleasant odors such as creamy and floral aroma were produced in *Lactobacillus plantarum* treated group, which showed better coordinated flavors and effect of removing fishy odors combined with aroma enhancement.

**Key words:** *Micropterus salmoides*; microbial deodorization; volatile flavor compound; sensory evaluation; monolithic material sorptive extraction-gas chromatography-mass spectrometry (MMSE-GC-MS)