

加州鲈优势腐败菌的分离鉴定

刘舒彦^{1,2}, 熊光权¹, 李海蓝¹, 郑妍², 钜晓艳¹

(1. 湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所, 湖北武汉 430071)

(2. 华中农业大学楚天学院食品与生物科技学院, 湖北武汉 430000)

摘要: 为了研究加州鲈的优势腐败菌, 采用 16S rDNA 基因测序手段进行腐败菌的分离鉴定。以感官评价、pH、总挥发性盐基氮 (Total volatile base nitrogen, TVBN 值) 及产量因子 ($Y_{\text{TVBN/cfu}}$) 为指标, 对菌种的致腐能力进行系统评估。鉴定结果表明, 加州鲈肉样中共分离 9 种菌, 分属普罗维登斯菌属 (*Providencia*), 哈夫尼菌属 (*Hafnia*), 气单胞菌属 (*Aeromonas*), 不动杆菌属 (*Acinetobacter*), 肠球菌属 (*Enterococcus*), 葡萄球菌属 (*Staphylococcus*), 希瓦氏菌属 (*Shewanella*), 和巨球菌属 (*Megasphaera*)。其中, 革兰氏阳性菌 3 种, 革兰氏阴性菌 6 种。致腐能力实验结果显示, 巴氏葡萄球菌 (*Staphylococcus pasteurii*) 样品从高品质终点到达感官拒绝点仅需 1.5 h; 培养 24 h, 样品 pH 最高可达 7.35 ± 0.33 , TVBN 最大可达 160.02 ± 0.28 mg/100 g, 产量因子 $Y_{\text{TVBN/cfu}}$ 可达 227.32 ± 1.08 (10^9 mg TVBN/cfu), 显著高于其他菌种样品 ($p < 0.05$)。综上所述, 巴氏葡萄球菌具有极强的致腐能力和蛋白质分解能力, 是加州鲈鱼肉的优势腐败菌。

关键词: 加州鲈; 优势腐败菌; 致腐能力; 产量因子

文章编号: 1673-9078(2019)11-120-125

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.11.017

Isolation and Identification of the Dominant Spoilage Bacteria from California Bass (*Micropterus salmoides*)

LIU Shu-yan^{1,2}, XIONG Guang-quan¹, LI Hai-lan¹, ZHENG Yan², ZU Xiao-yan¹

(1. Institute of Agricultural Products Processing and Nuclear Agricultural Technology, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430071, China) (2. College of Food Engineering and Science of Huazhong Agricultural University Chutian College, Wuhan 430000, China)

Abstract: In order to study the dominant spoilage bacteria of *Micropterus salmoides*, the 16S rDNA gene sequencing technique was used to isolate and identify the spoilage bacteria. The sensory properties, pH, total volatile base nitrogen (TVBN) value and yield factor ($Y_{\text{TVBN/cfu}}$) were used as indicators for systematic evaluation of the spoilage ability of the bacterium strains. The results showed that 9 strains were isolated from the sample of *Micropterus salmoides*, including *Providencia*, *Hafnia*, *Aeromonas*, *Acinetobacter*, *Enterococcus*, *Staphylococcus*, *Shewanella*, and *Megasphaera*. Among them, three were Gram-positive whilst six were Gram-negative. The results of spoilage ability evaluation revealed that it only took 1.5 h for the sample containing *Staphylococcus pasteurii* from the high quality level to where sensory rejection occurred. After a 24-h culture, the pH value and TVBN value of the sample containing *Staphylococcus pasteurii* samples could reach the highest (7.35 ± 0.33 and 160.02 ± 0.28 mg/100 g), with a yield factor $Y_{\text{TVBN/cfu}}$ of 227.32 ± 1.08 (10^9 mg TVBN/cfu) (which was significantly ($p < 0.05$) higher than those for the samples containing other strains. In summary, *Staphylococcus pasteurii* has strong spoilage and protein decomposition abilities and is the dominant spoilage bacteria of *Micropterus salmoides* meat.

Key words: *Micropterus salmoides*; specific spoilage organism; rot ability; yield factor

加州鲈 (*Micropterus salmoides*), 又名大口黑鲈,

投稿日期: 2019-05-16

基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金 (CARS-46); 国家自然科学基金青年基金项目 (111605052); 湖北省农业科技创新中心项目 (2019-620-000-001-036)

作者简介: 刘舒彦 (1996-), 女, 助研, 硕士, 研究方向: 食品科学

通讯作者: 钜晓艳 (1981-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 水产品保鲜与加工

鲈形目黑鲈属, 原产于北美洲^[1,2], 也是我国特色淡水鱼品种之一。2019年《中国渔业统计年鉴》数据显示, 2018年全国淡水鲈鱼养殖量达 43.21 万 t, 是养殖量最高的特色淡水鱼; 其肉质鲜嫩, 风味上佳, 营养价值高, 深受消费者喜爱。加州鲈鱼肉富含水分、蛋白质和不饱和脂肪酸, 在加工和贮藏期间易发生腐败变质^[3]。鱼肉腐败变质可分三个阶段, 僵直期、解僵期及自溶期^[4], 一般在解僵期微生物开始大量繁殖, 到

达高品质终点, 随后鱼肉变粘并发出恶臭味。

微生物是导致鱼类腐败和影响水产品货架期的主要原因^[5]。研究表明只有部分微生物参与腐败, 对特定物种有特定腐败能力的微生物统称为优势腐败菌 (Specific spoilage organism, SSO)^[6,7]。找到 SSO 并对其定向抑制能有效抑制水产品的腐败, 延长产品货架期。目前, 淡水鱼腐败菌的分离鉴定多集中在草鱼、罗非鱼等大宗淡水鱼的研究上, 其多含假单胞菌、腐败希瓦氏菌等^[8,9]。有关于特色淡水鱼 (如: 加州鲈) 的腐败菌及其 SSO 的研究极少, 成为这一领域亟需填补的空白。

本文以加州鲈为原料, 培养分离其鱼肉腐败菌, 根据形态学观察和 16S rDNA 基因测序手段鉴定腐败菌菌属。利用感官评价、pH 值、总挥发性盐基氮 (Total volatile base nitrogen, TVBN 值)、TVBN 产量因子 ($Y_{TVBN/cfu}$) 等指标分析菌株对鱼肉的致腐能力, 筛选加州鲈鱼肉 SSO。本研究可为加州鲈腐败菌的定向抑制提供依据, 为延长其货架期提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 材料与试剂

鲜活加州鲈 (500~600 g/条), 武汉市洪山区武商量贩 (农科城店) 提供; 平板计数琼脂 (Plate Count Agar, PCA)、假单胞菌 CFC 选择性培养基 (*Pseudomonas* CFC Selective Agar, PCSA)、铁琼脂 (Iron Agar, IA)、营养琼脂 (nutrient agar, NA)、氨苄青霉素麦康凯琼脂 (Ampicillin MacConkey agar, AMA), 青岛海博生物技术有限公司提供; 氯化钠、硼酸、氢氧化钠等分析纯试剂, 国药集团化学试剂有限公司提供。

1.1.2 主要仪器

FSH-2A 型高速均质机, 常州越新仪器制造有限公司; TGL-24MC 型离心机, 长沙平凡仪器仪表有限公司; PB-10 型赛多利斯 pH 计, 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司; CRH-150 型生化培养箱, 上海一恒科技有限公司; SW-CJ-K 型超净工作台, 苏州华宏净化技术有限公司; THZ-C-1 型恒温振荡器, 苏州培英实验设备有限公司; TH4-200 型奥林巴斯显微镜, 日本奥林巴斯株式会社。

1.2 试验方法

1.2.1 鱼肉前处理

加州鲈剖杀后, 洗净沥干, 去皮后取鱼背部肉分

割成小块 (约 25 g), 放于直径为 15 cm 的无菌平皿中, 置于 25 °C 恒温箱中培养 48 h, 至鱼肉腐败^[10]。

1.2.2 鱼肉腐败菌的培养和分离

参照 Huy 等^[11]处理样品的方法, 在无菌条件下取已经完全腐败的鱼肉块, 匀浆后将其放入振荡器中 200 r/min 振荡 30 min, 静置后取上清液, 用 0.9% 的生理盐水将其稀释成适宜浓度。采用涂布法分别在 PCA、PCSA、IA、NA、AMA 五种培养基上对腐败菌稀释液进行培养、分离和扩增, 在显微镜下进行计数。

1.2.3 细菌基因组 DNA 的提取、扩增及测序

将扩增后的菌株接种到液体培养基 (0.5% 蛋白胨、0.25% 酵母粉、0.1% 葡萄糖), 在 pH 为 7.0 的环境中培养至对数生长期, 于 4 °C、9000 r/min 的条件下离心 2 min 收集菌体^[12]。将菌体送至武汉擎科创新生物科技有限公司测序部进行 16S rDNA 的扩增及测序。16S rDNA 测序结果在 NCBI 网站 (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) 上进行对比分析, 得到的同源性在 97% 以上且同源性最高的物种判断为样品的种属^[13]。在 EBI 网站 (<https://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalo/>) 上构建系统发育树。

1.2.4 无菌鱼块的制备

根据 Herbertra 等^[14]和 Dalgaaedp^[15]的方法制备样品。将鲈鱼洗净后置于铺有保鲜膜的砧板上, 吸干鱼体表面水分, 用 75% 浓度的酒精喷涂鱼体表面, 用刀剔除鱼骨刺, 将鱼肉分割成 10 g 左右的大小, 备用。

1.2.5 腐败菌的接种

参照李学英等^[13]的方法, 将无菌鱼块分别浸于已经处理好的单一菌种菌液 (10^6 cfu/mL) 中, 10 s 后取出置于无菌平皿中, 25 °C 恒温培养。每 5 h 对样品进行 pH 值、TVBN 值和菌落总数测定。培养 18 h 后, 每 2 h 进行一次感官评价。

1.3 指标检测

1.3.1 感官评价

样品在蒸之前用纱布包好, 当蒸锅水沸时, 将纱布包好的鱼肉放于蒸格上, 蒸 10 min, 后取出进行感官评价。每个样品 3 个平行。请 8 名评价员, 对样品进行感官评价。利用 3 分法为评价手段, 即 0 代表高品质; 1 代表高品质终点, 即鱼块开始轻微发出臭味; 2 代表感官拒绝点, 即鱼肉腐烂并发出恶臭味^[16]。

1.3.2 pH 值的测定

称取 10 g 样品置于铺有保鲜膜的砧板上, 将样品切碎, 放入烧杯中, 加 90 mL 去离子水, 用均质机均质 2 min 后室温静置 30 min, 用 pH 计测量 pH 值^[17],

每个样品 3 个平行。

1.3.3 TVBN 的测定

参照 GB 5009.228-2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》^[18]方法, 对鲈鱼样品中 TVBN 的含量进行测定。

1.3.4 腐败菌腐败能力的测定

将达到感官拒绝点时单位腐败菌产生的 TVBN, 即产量因子 $Y_{TVBN/cfu}$ 作为腐败菌腐败能力的定量指标^[19], 计算公式如下:

$$Y_{TVBN/cfu} = \frac{TVBN_s - TVBN_0}{N_s - N_0}$$

式中: $Y_{TVBN/cfu}$ 为单位腐败菌产生的 TVBN (mg TVBN/cfu); N_0 和 N_s 为 1g 鱼肉初始菌落数和感官拒绝点时的菌落数 (cfu/g); $TVBN_0$ 、 $TVBN_s$ 分别为初始和达到感官拒绝点时 TVBN 含量 (mg/100 g)。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010、SPSS 18.0 对实验数据进行处理、统计及绘图, 数据以平均值±标准差表示。运用单因素 ANOVA 分析的 Duncan's 程序进行不同腐败菌鱼肉的组间显著性分析, 不同小写字母表示差异显著 ($p < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 腐败菌的培养

根据同一培养终点菌落数, 确定腐败菌在不同培养基和不同温度下的培养时间。采用涂布法分别在 PCA、PCSA、IA、NA 和 AMA 五种培养基上对腐败菌稀释液进行培养, 以 10^8 cfu/g 为培养终点, 获得培养所需时间分别为 72、48、48、72、48 h (表 1)。

表 2 鱼肉腐败菌的 16S rDNA 序列分析

Table 2 Analysis of 16S rDNA sequence of spoilage bacteria from California bass

腐败菌	培养基	最高相似菌株	最高相似菌株基因登录号	相似度/%
AMA-2	AMA	拉氏普罗威登斯菌 (<i>Providencia rustigianii</i>)	NR042411.1	99.84
AMA-3	AMA	蜂窝哈夫尼菌 (<i>Hafniaalvei</i>)	MG190854.1	99.50
PCSA-1	PCSA	杀鲑气单胞菌 (<i>Aeromonas salmonicida</i>)	LC326502.1	99.61
PCSA-2	PCSA	不动杆菌 (<i>Acinetobacter</i> sp.)	KX989241.1	99.92
PCA-1	PCA	粪肠球菌 (<i>Enterococcus faecalis</i>)	MG543832.1	99.74
PCA-3	PCA	巴氏葡萄球菌 (<i>Staphylococcus pasteuiri</i>)	MG255966.1	99.54
PCA-4	PCA	希瓦氏菌 (<i>Shewanella</i>)	KR065417.1	99.61
IA-1	IA	产碱普罗威登斯菌 (<i>Providencia alcalifaciens</i>)	KY438205.1	99.84
NA-1	NA	溶酪大球菌 (<i>Macroccoccus caseolyticus</i>)	MG744632.1	99.93

表 1 五种培养基对应的培养温度及时间

Table 1 Culture temperatures and times of five mediums

培养基	培养终点 菌落数/(cfu/g)	培养温度/°C	培养时间/h
PCA	10^8	36	72
PCSA	10^8	25	48
IA	10^8	25	48
NA	10^8	36	72
AMA	10^8	25	48

2.2 腐败菌 16S rDNA 测序结果

五种培养基经过 48~72 h 的培养, 共发现 11 种菌 (根据形态学差异进行区分)。分别取出 11 种菌的基因组 DNA, 并扩增菌的 16S rDNA 部分序列。通过测序对比, 发现 9 个测序结果显示为单峰, 可进行有效的 BLAST, 此 9 个样品检测结果见表 2。

16S rDNA 测序结果在 NCBI 网站上进行对比分析后, 在 EBI 网站上构建系统发育树 (图 1)。根据表 2 和图 1 结果, 鱼肉中共分离出 9 种菌, 分属普罗威登斯菌属 (*Providencia*), 哈夫尼菌属 (*Hafnia*), 气单胞菌属 (*Aeromonas*), 不动杆菌属 (*Acinetobacter*), 肠球菌属 (*Enterococcus*), 葡萄球菌属 (*Staphylococcus*), 希瓦氏菌属 (*Shewanella*), 巨球菌属 (*Megasphaera*)。其中, 革兰氏阳性菌 3 种, 分别是粪肠球菌、巴氏葡萄球菌、溶酪大球菌; 革兰氏阴性菌 6 种, 分别是不动杆菌属、杀鲑气胞单菌、希瓦氏菌属、蜂窝哈夫尼菌、拉氏普罗威登斯菌和产碱普罗威登斯菌。加州鲈鱼肉微生物构成比较复杂, 除了与草鱼、罗非鱼、大菱鲆、海鲈鱼研究一致的希瓦氏菌、假单胞菌外^[18,9,20,21], 还含有葡萄球菌、巨球菌等。

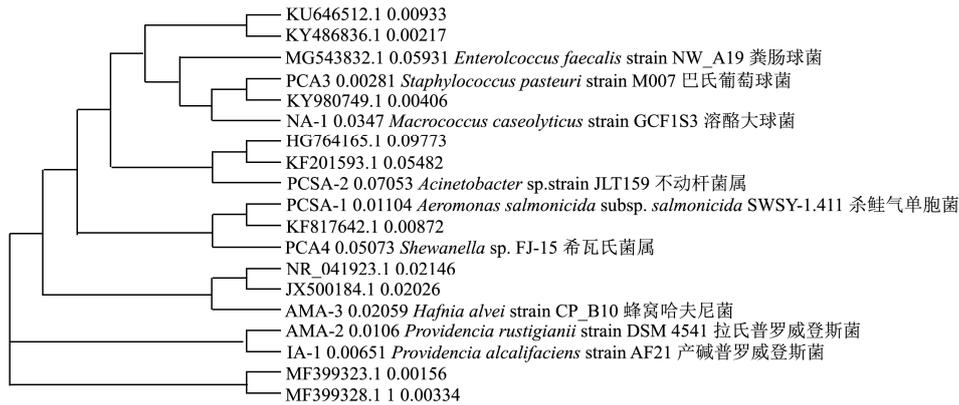


图1 鱼肉腐败菌 16SrDNA 基因序列构建的系统发育树

Fig.1 Phylogenetic tree of the spoilage bacteria isolated from California bass based on 16S rDNA sequences

表3 鱼肉在不同腐败菌作用下达到高品质终点和感官拒绝点所用时间

Table 3 Time for high quality end point and sensory rejection point under different spoilage bacteria action

腐败菌	高品质终点/h	感官拒绝点/h
拉氏普罗威登斯菌 (<i>Providencia rustigianii</i>)	20	24
蜂窝哈夫尼菌 (<i>Hafnia alvei</i>)	20	24
杀鲑气单胞菌 (<i>Aeromonas salmonicida</i>)	20	24
不动杆菌 (<i>Acinetobacter sp.</i>)	28	32
粪肠球菌 (<i>Enterococcus faecalis</i>)	20	24
巴氏葡萄球菌 (<i>Staphylococcus pasteurii</i>)	22.5	24
希瓦氏菌 (<i>Shewanella</i>)	24	26
产碱普罗威登斯菌 (<i>Providencia alcalifaciens</i>)	24	26
溶血性大球菌 (<i>Macrococcus caseolyticus</i>)	20	24

2.3 腐败鱼肉感官评价结果

根据表3 鱼肉感官评价结果, 腐败菌可归类为4组。组1: 拉氏普罗威登斯菌、蜂窝哈夫尼菌、杀鲑气单胞菌、粪肠球菌、溶血性大球菌组鱼肉达到高品质终点和感官拒绝点均需20h和24h。组2: 巴氏葡萄球菌组鱼肉达到高品质终点和感官拒绝点需22.5h和24h。组3: 希瓦氏菌属、产碱普罗威登斯菌组鱼肉达到高品质终点和感官拒绝点需24h和26h。组4: 不动杆菌组鱼肉达到高品质终点和感官拒绝点需28h和32h。其中, 接种巴氏葡萄球菌的鱼肉在达到高品质终点和感官拒绝点的过渡期很短仅为1.5h, 明显低于其他8种菌的2~4h过渡期, 说明巴氏葡萄球菌的后期致腐速度非常快。

2.4 腐败鱼肉 pH 的变化

如图2所示, 鱼肉接种不同腐败菌后 pH 整体呈上升趋势。其中 PCA-3、AMA-2 和 PCSA-1 组鱼肉 pH 先上升后下降再上升。AMA-3、PCA-1、NA-1 和 PCSA-2 组鱼肉 pH 是先下降后一直上升。PCA-4 组鱼肉 pH 先下降后上升再下降。IA-1 组鱼肉 pH 则一直

下降。由于鱼体进入僵直期, 肌肉内乳酸逐渐累积, 导致 pH 下降^[17]; 到20h左右时, 鱼体进入解僵和自溶期, 此时微生物大量繁殖并分解鱼体营养物质, 主要分解物为蛋白质, 产物为胺类物质, 导致 pH 上升^[22,23]。在图2中可看出, PCA-3组鱼肉 pH 在4h和24h均高于其他组, 并且24h时 pH 达最高值 7.35±0.33, 说明巴氏葡萄球菌分解蛋白质能力最强。

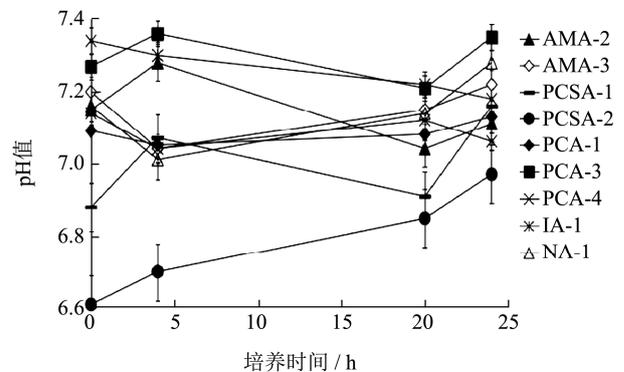


图2 鱼肉接种不同腐败菌后 pH 的变化趋势

Fig.2 pH changes of fish flesh inoculated with different spoilage bacteria

2.5 腐败鱼肉 TVBN 值的变化

TVBN 是蛋白质分解产生的胺类含氮物质, 是评价动物性食品的腐败程度的重要指标之一^[24,25]。图 3 中, PCA-3 组鱼肉的 TVBN 值在感官拒绝点 24 h 时, 达到最高值 160.02±0.28 (mg/100 g), 其次是 PCA-1 (155.82±0.19 mg/100 g)、AMA-2 (144.48±0.72 mg/100 g)、和 AMA-3 (119.28±0.7 mg/100 g) 等。其中, PCA-3 组鱼肉腐败后 TVBN 值显著高于大部分其他腐败菌组鱼肉 ($p<0.05$)。根据水产品中 TVBN 限量值 30 mg/100 g, 加州鲈鱼肉接种 PCA-3 (巴氏葡萄球菌) 4 小时左右, TVBN 即会超标, 进一步说明巴氏葡萄球菌分解鲈鱼蛋白质的能力最强。根据参考文献, 室温下白鱼接种腐败菌 15.16 h 时, 摩根氏菌 TVBN 值最高^[6]; 5 °C 时罗非鱼接种腐败菌 132 h, 荧光假单胞菌 TVBN 值最高^[9]; 5 °C 大黄鱼种腐败菌 157 h, 腐败希瓦氏菌的 TVBN 值最高^[13], 说明不同鱼种在不同温度下的优势腐败菌不同, 即使在同一培养温度下, 不同种类鱼的优势腐败菌仍有差异。

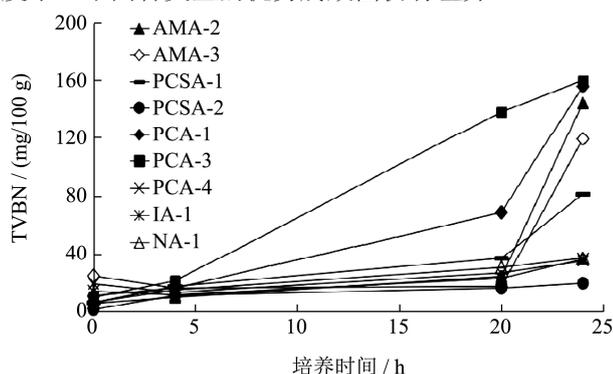


图3 鱼肉接种不同腐败菌后 TVBN 值的变化趋势

Fig.3 TVBN changes of fish flesh inoculated with different spoilage bacteria

2.6 腐败鱼肉产量因子 $Y_{TVBN/cfu}$ 的变化

腐败菌致腐能力可用 TVBN 产量因子来衡量, $Y_{TVBN/cf}$ 即当样品达到感官拒绝点时单位腐败菌产生的腐败代谢产物的量^[26]。根据公式计算得到表 4 的数据结果, 可以看出 9 种菌 $Y_{TVBN/cfu}$ 的大小顺序为 PCA-3>PCA-1>PCSA-1>AMA-2>NA-1>PCSA-2>IA-1>PCA-4>AMA-3。PCA-3 组鱼肉产量因子 $Y_{TVBN/cfu}$ 在 24 h 时, 达到最高值 227.32±1.08 (10^9 mg TVBN/cfu), 显著高于其他腐败菌组 ($p<0.05$), 分解营养物质的能力最强。这与参考文献中白鱼、草鱼、鲤鱼、罗非鱼^[7-9]等淡水鱼的优势腐败菌并不相同, 其中罗非鱼和鲤鱼在 5 °C 的优势腐败菌是假单胞菌, 达到感官终点的产量因子分别为 16.7 (10^9 mg TVBN/cfu) 和 18.1 (10^9 mg TVBN/cfu), 而本文的 PCA-3 (巴氏葡萄球菌) 的产量因子远高于罗非鱼和

鲤鱼, 进一步说明不同鱼种类的优势腐败菌具有差异性, 且不同培养温度达到的腐败程度不同, 室温下腐败远高于 5 °C 腐败。

表 4 鱼肉接种不同腐败菌后的产量因子 $Y_{TVBN/cfu}$

Table 4 $Y_{TVBN/cfu}$ of fish flesh inoculated with different spoilage bacteria

腐败菌组别	$Y_{TVBN/cfu}$ (10^9 mg TVBN/cfu)
AMA-2	18.30±0.04 ^d
AMA-3	2.65±0.59 ^h
PCSA-1	31.19±0.03 ^c
PCSA-2	7.11±0.02 ^f
PCA-1	170.09±0.94 ^b
PCA-3	227.32±1.08 ^a
PCA-4	2.93±0.06 ^{gh}
IA-1	3.54±0.10 ^g
NA-1	9.72±0.16 ^e

注: 运用单因素 ANOVA 法 Duncan's 程序进行组间显著性分析, 不同小写字母表示差异显著 ($p<0.05$)。

3 结论

加州鲈鱼肉中共分离出 9 种菌, 分别为粪肠球菌、巴氏葡萄球菌、溶酪大球菌、不动杆菌、杀鲑气胞单菌、希瓦氏菌属、蜂窝哈夫尼菌、拉氏普罗威登斯菌和产碱普罗威登斯菌。通过感官评价、pH 值、TVBN 值、 $Y_{TVBN/cfu}$ 的测定, 发现巴氏葡萄球菌后期致腐速度快, 分解蛋白质能力强, 是加州鲈鱼肉的优势腐败菌。

参考文献

- [1] Almeida D, Almodóvar A, Nicola G G, et al. Trophic plasticity of invasive juvenile largemouth bass *Micropterus salmoides* in Iberian streams [J]. Fisheries Research, 2012, 113, 153-158
- [2] Miura Y, Suzuki-Matsubara M, Kageyama T, et al. Structure, molecular evolution, and hydrolytic specificities of largemouth bass pepsins [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, Part B, 2016, 192: 49-59
- [3] Tongnuanchan P, Benjakul S, Prodpran T. Roles of lipid oxidation and pH on properties and yellow discoloration during storage of film from red tilapia (*Oreochromis niloticus*) muscle protein [J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(3): 426-433
- [4] Wang H, Liu F, Tang L, et al. Oxidative stability of fish oil supplemented with carnosic acid compared with synthetic antioxidants during long-term storage [J]. Food Chemistry, 2011, 128(1): 93-99

- [5] 秦娜,宋永令,罗永康.鱼类贮藏保鲜技术研究进展[J].肉类研究,2014,28(12):28-32
QIN Na, SONG Yong-ling, LUO Yong-kang. Fish storage and preservation: A review [J]. Meat Research, 2014, 28(12): 28-32
- [6] 夏秀东,刘小莉,王英,等.白鱼腐败细菌的分离与鉴定[J].食品科学,2015,36(21):175-179
XIA Xiu-dong, LIU Xiao-li, WANG Ying, et al. Isolation and identification of spoilage organisms in white fish [J]. Food Science, 2015, 36(21): 175-179
- [7] 夏秀东,单成俊,李莹,等.白鱼腐败菌产生物胺能力分析[J].食品科学,2016,37(23):196-204
XIA Xiu-dong, SHAN Chen-jun, LI Yin, et al. Biogenic amines-producing capacity of spoilage microorganisms isolated from white fish [J]. Food Science, 2016, 37(23): 196-204
- [8] 徐先栋,付辉云,陈文静,等.南昌市周边主要水产养殖区池塘养殖草鱼体内优势细菌调查[J].江西农业学报,2019,31(2):91-97
XU Xian-dong, FU Hui-yun, CHEN Wen-jing, et al. Investigation on dominant bacteria in reared grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) in main ponds around Nanchang city [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2019, 31(2): 91-97
- [9] 许振伟,李学英,杨宪时.冷藏鲤鱼和罗非鱼优势腐败菌腐败能力分析[J].食品科学,2012,33(4):243-246
XU Zhen-wei, LI Xue-ying, YANG Xian-shi, et al. Analysis of spoilage ability of dominant spoilage bacteria from stored chilled *Cyprinus carpio* and *Oreochromis niloticus* [J]. Food Science, 2012, 33(4): 243-246
- [10] 唐文静,王楚文,柳云龙,等.冷藏海鲈鱼优势腐败菌的筛选和鉴定[J].食品科学,2016,35(22):170-174
TANG Wen-jing, WANG Chu-wen, LIU Yun-long, et al. Isolation and identification of specific spoilage organisms in chilled sea bass [J]. Food Science, 2016, 35(22): 170-174
- [11] Hu Y J, Xia W S, Ge C R. Characterization of fermented silver carp sausages inoculated with mixed starter culture [J]. LWT-Food Science and Technology, 2008, 41(4): 730-738
- [12] 章志超,桂萌,李平兰.鱼源特定腐败菌及其应用研究进展[J].肉类研究,2014,28(3): 25-30
ZHANG Zhi-chao, GUI M, LI Ping-lan. Advances in specific spoilage organisms in fish and their applications [J]. Meat Research, 2014, 28(3): 25-30
- [13] 李学英,杨宪时,郭全友,等.大黄鱼腐败菌能力的初步分析[J].食品工业科技,2009,30(6):316-319
LI Xue-ying, YANG Xian-shi, GUO Quan-you, et al. Preliminary analysis on the ability to spoilage of *Pseudosciaena crocea* spoilage bacteria [J]. Science and Technology of Food Industry, 2009, 30(6): 316-319
- [14] Herbert R A, Hendrie M S, Gibson D M, et al. Bacteria active in the spoilage of certain sea foods [J]. Journal of Applied Bacteriology, 1971, 34(1): 41-50
- [15] Dalgaard P. Qualitative and quantitative characterization of spoilage bacteria from packed fish [J]. International Journal of Food Microbiology, 1995, 26(3):319-333
- [16] Taoukisa P S, Koutsoumanis K, Nychas G J E. Use of time-temperature integrators and predictive modelling for shelf life control of chilled fish under dynamic storage conditions [J]. International Journal of Food Microbiology, 1999, 53(1): 21-31
- [17] Fan H B, Luo Y K, Yin X F, et al. Biogenic amine and quality changes in lightly salt-and sugar-salted black carp (*Mylopharyngodon piceus*) fillets stored at 4 °C [J]. Food Chemistry, 2014, 159: 20-28
- [18] GB 5009.228-2016《食品安全国家标准食品中挥发性盐基氮的测定》[S].
GB 5009.228-2016 National Food Safety Standard for the Determination of Volatile Salt-based Nitrogen in Food [S].
- [19] Dalgaard P, Gram L, Huss H H. Spoilage and shelf-life of cod fillets packed in vacuum or modified atmospheres [J]. International Journal of Food Microbiology, 1993, 19(4):283-294
- [20] 杨兵,李婷婷,励建荣.大菱鲆优势腐败菌的分离鉴定及其群体感应[J].中国食品学报,2017,17(7):139-145
Yang B, Li Ting-ting, Li Jian-rong. Isolation, identification and quorum sensing of dominant Spoilage bacteria from *Scophthalmus maximus* [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2017, 17(7): 139-145
- [21] 王慧敏,王庆丽,朱军莉.鲈鱼在微冻贮藏下品质及优势腐败菌的变化[J].食品工业科技,2013,34(20):330-335
WANG Hui-min, WANG Qing-li, ZHU Jun-li. Quality and dominated spoilage organisms changes of *Lateolabrax japonicus* during partially frozen storage [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(20): 330-335
- [22] Ruiz-capillas C, Moral A. Residual effect of CO₂ on hake (*Merluccius merluccius* L.) stored in modified and controlled atmospheres [J]. European Food Research and Technology, 2001, 212(4): 413-420

(下转第 230 页)