

文章编号: 1674-5566(2010)04-0547-06

大黄鱼腐败菌腐败能力分析与其特定腐败菌鉴别

李学英, 许 钟, 杨宪时, 郭全友

(中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

摘要: 探讨了分别接种腐败希瓦氏菌和假单胞菌的无菌大黄鱼鱼块在 5 °C 贮藏中的生长速率和腐败代谢产物的生成速率, 以产生异味时的腐败菌数和腐败代谢产物的产量因子作为腐败菌腐败能力的定量指标。接种鱼块腐败时 (产生明显异味) 腐败希瓦氏菌与假单胞菌的菌数即最小腐败菌数 (N_s) 的对数值分别为 $9.14 \lg \text{cfu/g}$ 和 $9.25 \lg \text{cfu/g}$ 。由 Gompertz 方程得到腐败希瓦氏菌和假单胞菌的生长动力学参数: 最大比生长速率 (μ_{\max}) 分别为 0.071 4 和 0.070 0, 最大菌数 (N_{\max}) 的对数值分别为 $9.45 \lg \text{cfu/g}$ 和 $9.37 \lg \text{cfu/g}$ 。结果表明, 两种腐败菌在无菌大黄鱼鱼块中的 μ_{\max} 基本一致, 且 N_{\max} 都超过 N_s , 这两种腐败菌都能引起大黄鱼的腐败。接种鱼块中腐败希瓦氏菌的腐败代谢产物 (TVBN 和 TMA) 的产量因子 $Y_{\text{TVBN/cfu}}$ 和 $Y_{\text{TMA/cfu}}$ 分别为 $1.38 \times 10^{-10} \text{ mg N TVBN/cfu}$ 和 $1.31 \times 10^{-10} \text{ mg N TMA/cfu}$ 。假单胞菌的腐败代谢产物 (TVBN) 的产量因子 $Y_{\text{TVBN/cfu}}$ 为 $1.18 \times 10^{-10} \text{ mg N TVBN/cfu}$ 。比较产量因子可得, 两菌的腐败能力相当。因为大黄鱼低温贮藏中的优势腐败菌是腐败希瓦氏菌, 其次是假单胞菌, 根据特定腐败菌的概念, 大黄鱼低温贮藏过程中的特定腐败菌是腐败希瓦氏菌, 其次是假单胞菌。

关键词: 大黄鱼; 腐败希瓦氏菌; 假单胞菌; 腐败能力; 特定腐败菌

中图分类号: S984.1 **文献标识码:** A

Analysis of microbial spoilage ability and characterization of specific spoilage organism for *Pseudosciaena crocea*

LIXueying XU Zhong YANG Xianshi GUO Quanyou

(East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

Abstract: The growth of spoilage bacteria and the rate of production of metabolite for sterile *Pseudosciaena crocea* tissue blocks inoculated *Shewanella putrefaciens* and *Pseudomonas* spp. stored aerobically at 5 °C were respectively assayed. The yield factor for production of metabolite and the cell concentration determined at the time of off odour detection were used as quantitative measurements of microbial spoilage ability. At spoilage point, the logarithm counts of the N_s (minimum number of spoilage bacteria) of *Shewanella putrefaciens* and *Pseudomonas* spp. were $9.14 \lg \text{cfu/g}$ and $9.25 \lg \text{cfu/g}$, respectively. Adopting Gompertz regression equation to describe the growth curve of *Shewanella putrefaciens* and *Pseudomonas* spp., we gained growth kinetics model parameters of both spoilage bacteria. The μ_{\max} (maximum specific growth rate) of *Shewanella putrefaciens* and *Pseudomonas* spp. were 0.071 4 and 0.070 0, the logarithm counts of the N_{\max} (maximum number of bacteria) of them were $9.45 \lg \text{cfu/g}$ and $9.37 \lg \text{cfu/g}$, respectively. The results showed that

收稿日期: 2009-10-06

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30771675); 科技部农业科技成果转化资金项目 (2007GB23260281); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金 (2007M05)

作者简介: 李学英 (1983-), 女, 研究实习员, 从事水产品加工与品质控制方面的研究。E-mail: shxying-0727@163.com

通讯作者: 杨宪时, Tel: 021-65678984, E-mail: xianshiyang@126.com

their μ_{max} were basically the same and both of N_{max} were more than N_0 of them, suggesting both spoilage organisms could be responsible for spoilage of *Pseudosciaena crocea*. The $Y_{TVBN/cfu}$ and $Y_{TMA/cfu}$ of *Shewanella putrefaciens* were 1.38×10^{-10} mg-N TVBN/cfu and 1.31×10^{-10} mg-N TMA/cfu respectively. The $Y_{TVBN/cfu}$ of *Pseudomonas* spp. was 1.18×10^{-10} mg-N TVBN/cfu. The quantitative results indicated that the spoilage ability of both spoilage bacteria was equivalent. Because *Shewanella putrefaciens* and *Pseudomonas* spp. were the dominant spoilage bacteria when *Pseudosciaena crocea* was stored aerobically at low temperature, also based on the concept of SSO (Specific spoilage organism), *Shewanella putrefaciens* was the most dominant spoilage bacterium in the specific spoilage organisms, followed by *Pseudomonas* spp.

Key words: *Pseudosciaena crocea*; *Shewanella putrefaciens*; *Pseudomonas* spp.; ability of spoilage; specific spoilage organism

新鲜鱼类的腐败主要表现在某些细菌生长和代谢生成胺、硫化物、醛、酮、酯、有机酸等,产生不良气味和味道,使产品变得感官上不可接受^[1-2]。为了鱼品的保鲜防腐,国外对新鲜鱼类腐败细菌进行了长期研究,逐渐明确了虽然鱼体最初会受到多种微生物的污染,但只有部分细菌参与腐败过程^[3]。这些适合生存和繁殖并产生腐败臭味和异味代谢产物的菌群,就是该鱼品的特定腐败菌 (Specific spoilage organism, SSO)^[4]。国外对 SSO 进行的研究表明,寒带和温带海域捕获鱼类有冷藏中,特定腐败菌是耐冷的革兰氏阴性菌假单胞菌 (*Pseudomonas* spp.) 和 (或) 希瓦氏菌 (*Shewanella* spp.), 真空或气调包装冷藏中的 SSO 为磷发光杆菌 (*Photobacterium phosphoreum*) 和乳酸菌 (*Lactic acid bacteria*)^[3]。

鱼类特定腐败菌的鉴别还必须研究优势腐败菌的腐败能力,本研究将从大黄鱼低温 (0~10℃) 贮藏货架期终点 (腐败点) 分离鉴定的腐败希瓦氏菌 (*Shewanella putrefaciens*) 和假单胞菌分别接种到无菌大黄鱼鱼块中^[5-6]。把接种鱼块置于 5℃ 贮藏,分析两种优势腐败菌在无菌大黄鱼鱼块中的生长速率和腐败代谢产物的生成速率,把产生异味时的腐败菌数和腐败代谢产物的产量因子 ($Y_{TVBN/cfu}$ 和 $Y_{TMA/cfu}$) 作为腐败菌腐败能力的定量指标,定量研究和阐明大黄鱼优势腐败菌的腐败能力,确定大黄鱼低温贮藏中的特定腐败菌,为开展鱼类特定腐败菌及生长动力学研究打下一定基础^[7]。

1 材料与方法

1.1 样品与无菌鱼块的制备

1.1.1 大黄鱼

由福建省宁德市夏威夷水产食品有限公司提

供,加冰保持在 0~1℃, 18 h 内运到实验室。选用新鲜无损伤、大小基本一致的个体,每尾质量为 300~400 g 制备无菌鱼块。

1.1.2 无菌鱼块的制备

依据 Heiber 等^[8] 方法制备无菌鱼块。大黄鱼清洗后,去鳞、鱼鳍、内脏,洗净。把鱼放在铺有保鲜膜的砧板上,用吸水纸把鱼体上的水吸干后,用 75% 酒精擦拭鱼体。用灭菌解剖刀切取背部无污染鱼肉,不能切至腹腔,去掉鱼皮,用灭菌剪刀修剪鱼块,每条鱼制备两片鱼块。选用大小形态基本一致、菌落总数小于 10^2 cfu/g 的鱼块作为无菌鱼块。

1.2 接种与贮藏试验

1.2.1 接种菌液的制备

选取大黄鱼低温贮藏货架期终点分离、纯化、鉴定的腐败希瓦氏菌和假单胞菌纯菌株^[6],分别在营养琼脂培养基 (上海中科昆虫生物技术开发有限公司提供) 上划线, 25℃ 培养 24~48 h 取一环菌苔接种于 300 mL 营养肉汤中 (500 mL 锥形瓶), 不搅动 25℃ 好氧培养 12~18 h 使菌液浓度达 10^8 cfu/g 离心 20~30 min (离心机为 Xing Yi L-550), 倒掉上清液,用灭菌的 0.1% 蛋白胍生理盐水将菌液还原为 300 mL。通过稀释,选取合适浓度的菌液用于接种。

1.2.2 接种与贮藏试验

选取制备的无菌大黄鱼鱼块,平铺在灭菌不锈钢网篮中,分别在浓度为 1.0×10^6 cfu/g 的纯菌液 (腐败希瓦氏菌或假单胞菌菌液) 中浸泡 10 s^[9],捞出沥干。将接种后鱼块放在灭菌的搪瓷盘中,盖上有漏气孔的盖,放入高精度低温培养箱 (Sanyo MIR 553 日本) 中,控制贮藏温度为 (5±0.1)℃。每隔适当时间分别取 6~8 片接种鱼块

做感官评价、挥发性盐基氮 (Total Volatile Base Nitrogen TVBN)和 (或)三甲胺 (Trimethylamine TMA)的测定、腐败希瓦氏菌或假单胞菌的计数。

1.3 实验方法

1.3.1 样品处理

每次随机抽取 6~8片接种鱼块,其中 2片用于生的和蒸熟后的感官评价,其他用组织捣碎机打碎,用于腐败希瓦氏菌或假单胞菌、TVBN和 (或)TMA的测定。

1.3.2 感官评价

参照文献[9]中感官评价方法。

1.3.3 TVBN的测定

参照文献[9]中 TVBN的测定方法。

1.3.4 TMA的测定

参照文献[10]加以改进,称取 50 g研磨均匀的肉于 1只小型搅拌缸中,加入 100 mL 7.5%三氯醋酸,充分搅拌。用 Whatman4号定性滤纸过滤,萃取液用苦味酸法进行测定,结果表示为 mg-N TMA/100 g鱼肉,每个样品至少做两个平行。

1.3.5 微生物计数与培养基

称取打碎鱼肉 25.0 g加入 225 mL灭菌的 0.1%蛋白胨生理盐水,高速振荡后,以 10倍稀释将鱼肉浆稀释。取 3个浓度合适的稀释液 0.1 mL用涂布法接种于调整过盐分含量的标准培养基中培养。每个稀释液平行做 2个培养皿。

腐败希瓦氏菌:铁琼脂培养基 (RON AGAR IA由上海中科昆虫生物技术开发有限公司按照 Oxoid code CM 867配制)25 °C培养 2~3 d计数黑色菌落。

假单胞菌:假单胞菌专用培养基 (CF6 Oxoid code CM 559 supplemented with SR 103 Oxoid Basingstoke UK)按使用说明 25 °C培养 2~3 d计数。

1.3.6 腐败能力的定量分析

把产生异臭味时的腐败菌数和腐败代谢产物 (TVBN和 TMA)的产量因子 ($Y_{TVBN/cfu}$ 和 $Y_{TMA/cfu}$)作为腐败菌腐败能力的定量指标。 $Y_{TVBN/cfu}$ 和 $Y_{TMA/cfu}$ 计算见公式(1)和公式(2),以接种到无菌鱼块中的单位腐败希瓦氏菌和假单胞菌的 TVBN和 (或)TMA产量来表示^[11]。

$$Y_{TVBN/cfu} = \frac{S_{TVBN} - I_{TVBN}}{N_5 - N_0} \quad (1)$$

$$Y_{TMA/cfu} = \frac{S_{TMA} - I_{TMA}}{N_5 - N_0} \quad (2)$$

式中: N_0 和 N_5 分别表示初始点和腐败点的细菌数 (cfu/g); I_{TVBN} 和 S_{TVBN} 分别表示初始点和腐败点的 TVBN每 100 g含量 (mg-N/g); I_{TMA} 和 S_{TMA} 分别表示初始点和腐败点的 TMA每 100 g含量 (mg-N/g)。

1.4 数据处理和回归分析

感官和 TVBN TMA变化用 Microsoft Excel进行回归分析,微生物生长采用 Zwietering等^[12]修正的 Gompert方程描述,用 Statistica 6.5进行非线性回归分析。

2 结果与分析

2.1 贮藏中的感官变化

图 1是接种腐败希瓦氏菌或假单胞菌的无菌鱼块分别在 5 °C贮藏中的感官变化用多项式回归得到的曲线。由图可见,接种腐败希瓦氏菌鱼块在 5 °C贮藏中感官评分达到 1.0时为 82 h 出现淡淡的异臭味;出现明显腐败异臭味,感官评分达到 2.0时为 157 h。腐败时出现强烈的酸臭味、硫化氢味等异味。接种假单胞菌鱼块在 5 °C贮藏中感官评分达到 1.0时为 95 h 出现淡淡的果酸味;出现明显腐败异臭味和浓浓的水果腐败味,感官评分达到 2.0时为 141 h。腐败时出现强烈的果酸味、水果味等异味。

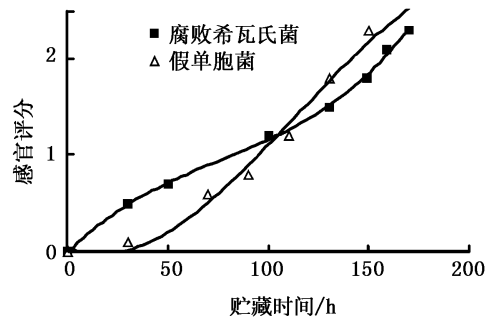


图 1 接种腐败菌的鱼块在 5 °C贮藏中的感官变化
Fig. 1 Sensory quality of fish tissue blocks inoculated with spoilage bacteria stored aerobically at 5 °C

2.2 贮藏中腐败菌数的变化

动物性食品由于酶和细菌的作用,在腐败过程中使蛋白质分解而产生的氨以及胺类等碱性含氮物

质称为总挥发性盐基氮 (TVBN), 目前已被我国和世界上大多数国家作为鉴定肉、水产品腐败程度的标准。

图 2是实验得到的 TVBN值用多项式回归, 得到的接种腐败希瓦氏菌和假单胞菌无菌鱼块分别在 5 °C贮藏中 TVBN值变化曲线。由图可见, 接种腐败希瓦氏菌鱼块在 5 °C贮藏中 TVBN初始值每 100 g为 8.78 mg, 贮藏 4~124 h内, TVBN值每 100 g在 10~15 mg之间波动, 变化不明显, 124 h后 TVBN值随贮藏时间快速增加, 鱼块腐败时 (157 h) TVBN每 100 g为 27.82 mg。接种假单胞菌鱼块在 5 °C贮藏中 TVBN初始值每 100 g为 8.51 mg, 在贮藏初期 0~72 h内, TVBN值每 100 g小于 10 mg, 增长缓慢, 72 h后 TVBN含量随贮藏时间延长增加迅速, 腐败时 (141 h) TVBN量达到每 100 g 29.53 mg。

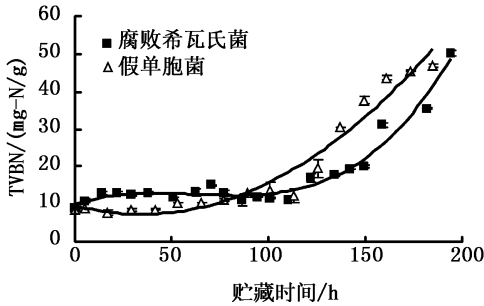


图 2 接种腐败菌的鱼块在 5 °C贮藏中 TVBN变化
Fig 2 Changes in total volatile base nitrogen of fish tissue blocks inoculated spoilage bacteria stored aerobically at 5 °C

2.4 贮藏中腐败菌的变化与生长动力学参数

微生物生长和代谢是引起鱼类腐败的主要原因, 图 4是实验得到的接种鱼块中腐败希瓦氏菌和假单胞菌数采用修正 Gompertz方程回归, 得到的在 5 °C贮藏中微生物生长曲线。由图所示, 用修正 Gompertz方程均能适当地描述腐败希瓦氏菌和假单胞菌生长动态典型的 S型曲线, 所求得的回归相关系数值均较高 (R^2 分别为 0.994和 0.997)。由图可知, 接种腐败希瓦氏菌鱼块在 5 °C贮藏中, 延滞期较长, 达 40 h, 随后进入对数增长期, 随着贮藏时间, 腐败希瓦氏菌数不断增加, 150 h进入平稳生长期。而接种假单胞菌鱼块在 5 °C贮藏中, 延滞期相对较短, 仅有 12 h, 紧接着进入对数增长期, 随着贮藏时间延长, 假单胞菌数也不断增加, 120 h就进入平稳生长期。

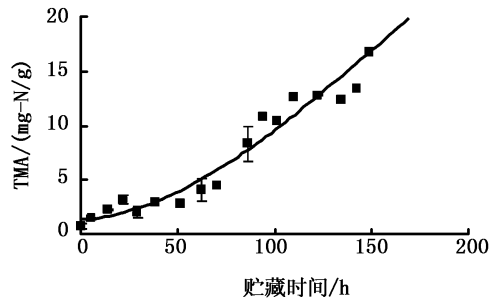


图 3 接种腐败希瓦氏菌的鱼块在 5 °C贮藏中 TMA的变化
Fig 3 Change in Trimethylamine of fish tissue blocks inoculated *Shewanella putrefaciens* stored aerobically at 5 °C

2.3 贮藏中腐败代谢产物的变化

TMAO广泛分布于海产硬骨鱼类的肌肉中, 具有一种特殊的鲜味。TMA是鱼体内存在的 TMAO经兼性厌氧菌还原产生的, 含量随鱼块鲜度的下降而逐渐增加, 变化有规律。腐败希瓦氏菌能将 TMAO还原为 TMA, 假单胞菌不能还原 TMAO, 但产生大量醛、酮、酯等产物^[8-10], 导致产品感官不可接受。图 3是实验得到的 TMA值用多项式回归, 得到的接种腐败希瓦氏菌鱼块在 5 °C贮藏中 TMA值变化曲线。由图可见, TMA初始值每 100 g为 0.75 mg, TMA值随贮藏时间延长有规律增加, 腐败时 (157 h) TMA每 100 g为 18.01 mg。

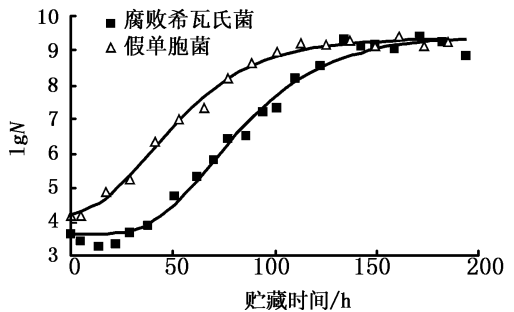


图 4 接种腐败菌的鱼块在 5 °C贮藏中微生物变化
Fig 4 Changes in microbial counts of fish tissue blocks inoculated spoilage bacteria stored aerobically at 5 °C

由 Gompertz 方程得到的腐败希瓦氏菌和假单胞菌生长动力学参数最大比生长速率 (μ_{max})、生长延滞期 (Lag) 和最大菌数 (N_{max}) 见表 1。比较这两种腐败菌的最大比生长速率可得出, 腐败希瓦氏菌与假单胞菌在鱼块中的最大比生长速率基本一致。由表还知, 腐败希瓦氏菌与假单胞

菌的最大菌数的对数值分别为 $9.45 \lg \text{cfu/g}$ 和 $9.37 \lg \text{cfu/g}$ 腐败时 (产生明显异臭味) 的菌数即最小腐败菌数的对数值 (N_s) 分别为 $9.14 \lg \text{cfu/g}$ 和 $9.25 \lg \text{cfu/g}$ 比较得出接种鱼块中两菌的最大菌数都超过最小腐败菌数, 表明这两种腐败菌都能引起大黄鱼的腐败。

表 1 接种腐败菌的鱼块 5°C 贮藏中微生物生长动力学参数

Tab 1 Microbial growth kinetics parameters of fish tissue blocks inoculated spoilage bacteria stored aerobically at 5°C

| 接种菌类 | 动力学参数 | | | | |
|--------|-----------------------------|---------|----------------------------------|-------|------------------------------|
| | $\mu_{max} (\text{h}^{-1})$ | Lag (h) | $\lg N_{max} (\lg \text{cfu/g})$ | R | $\lg N_s (\lg \text{cfu/g})$ |
| 腐败希瓦氏菌 | 0.0714 | 39.9 | 9.45 | 0.994 | 9.14 |
| 假单胞菌 | 0.0700 | 12.3 | 9.37 | 0.997 | 9.25 |

2.5 腐败菌腐败能力的分析与特定腐败菌的鉴别

表 2 为接种腐败菌无菌鱼块在 5°C 贮藏中初始点和腐败点 (出现明显臭味异味) 的 TVBN

TMA 值和细菌数。由公式 (1) 和公式 (2) 得到接种在鱼块中腐败菌的 TVBN 产量因子 ($Y_{\text{TVBN/cfu}}$) 和 TMA 产量因子 ($Y_{\text{TMA/cfu}}$) 见表 3。

表 2 接种腐败菌的鱼块 5°C 贮藏中初始点和腐败点的细菌数、TVBN 值和 (或) TMA 值

Tab 2 Microbial counts TVBN and/or TMA of fish tissue blocks inoculated spoilage bacteria stored aerobically at 5°C in the initial and the spoilage points

| 接种菌类 | | 质量指标 | | | |
|--------|-----|-----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| | | TVBN (mgN/g) | TMA (mgN/g) | 腐败希瓦氏菌数 (cfu/g) | 假单胞菌数 (cfu/g) |
| 腐败希瓦氏菌 | 初始点 | 8.78 | 0.75 | 4.36×10^3 | — |
| | 腐败点 | 27.82 | 18.01 | 1.38×10^9 | — |
| 假单胞菌 | 初始点 | 8.51 | — | — | 1.74×10^4 |
| | 腐败点 | 29.53 | — | — | 1.78×10^9 |

表 3 接种在无菌鱼块中的腐败菌产量因子比较

Tab 3 Comparison of yield factors of TVBN and/or TMA production of spoilage bacteria inoculated on fish tissue blocks

| 接种菌类 | 产量因子 | |
|--------|---|---|
| | $Y_{\text{TVBN/cfu}}$ [(mgN TVBN/cfu)] | $Y_{\text{TMA/cfu}}$ [(mgN TMA/cfu)] |
| 腐败希瓦氏菌 | 1.38×10^{-10} | 1.31×10^{-10} |
| 假单胞菌 | 1.18×10^{-10} | — |

由表 3 知, 接种在无菌鱼块中的假单胞菌的 $Y_{\text{TVBN/cfu}}$ 为 $1.18 \times 10^{-10} \text{mgN TVBN/cfu}$ 腐败希瓦氏菌的 $Y_{\text{TVBN/cfu}}$ 和 $Y_{\text{TMA/cfu}}$ 分别为 $1.38 \times 10^{-10} \text{mgN TVBN/cfu}$ 和 $1.31 \times 10^{-10} \text{mgN TMA/cfu}$ 比较腐败希瓦氏菌和假单胞菌的腐败代谢产物产量因子可知, 两菌的腐败能力相当。又因为郭全友等^[6,13]研究了东海暖水海域养殖大黄鱼低温

($0 \sim 10^\circ\text{C}$) 贮藏中货架期终点腐败菌是腐败希瓦氏菌, 其次是假单胞菌。根据特定腐败菌的概念^[4]得到, 大黄鱼低温贮藏中的特定腐败菌是腐败希瓦氏菌, 其次是假单胞菌。

3 讨论

有资料研究表明, 用来确定鱼类腐败菌的方法是测定菌株的腐败能力和产生异臭味的能力。腐败代谢产物的产量因子可作为评价鱼类腐败菌腐败能力的定量指标, 可选择 TMA TVBN 组胺或其它可能与腐败有关的代谢产物的产量因子作为评价指标^[14-15]。本研究结果腐败希瓦氏菌和假单胞菌的腐败代谢产物产量因子 $Y_{\text{TVBN/cfu}}$ 分别为 $1.38 \times 10^{-10} \text{mgN TVBN/cfu}$ 和 $1.18 \times 10^{-10} \text{mgN TVBN/cfu}$ 腐败希瓦氏菌的 $Y_{\text{TMA/cfu}}$ 为

1. 31×10^{-10} mgN TMA/cfu由这些产量因子可得出, 接种两种优势腐败菌的大黄鱼鱼块腐败时 TVBN和(或)TMA的量相当于 10^9 cfu/g假单胞菌和 10^9 cfu/g的腐败希瓦氏菌。Dalgaard等^[16]研究接种到鳕鱼鱼块的磷发光杆菌(*Photobacterium phosphoreum*)和腐败希瓦氏菌的 $Y_{TMA/cfu}$ 分别为 10^{-8} mgN TMA/cfu和 $10^{-9.5}$ mgN TMA/cfu即包装鳕鱼腐败时 TMA的量相当于 10^7 cfu/g磷发光杆菌和 $10^8 \sim 10^9$ cfu/g的腐败希瓦氏菌。

受产品内在和外在此影响因子制约, 不同产品的特定腐败菌(SSO)亦存在差异, 同类型产品中有一种或几种微生物作为腐败菌出现, 而且SSO可能只有一种。Hozbor等^[1]研究得到冰藏海洋鲑鱼(*Pseudoperca semifasciata*)的SSO是腐败希瓦氏菌, 其次是气单胞菌(*Aeromonas* spp.)。Dalgaard等^[16]研究得到真空包装和改良气体包装的鳕鱼片冷藏中的SSO是磷发光杆菌。许钟等^[17]研究了我国淡水养殖罗非鱼低温贮藏中的SSO是假单胞菌。大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)是我国传统的海产经济鱼类, 属暖温性近海经济鱼类。根据文献报道^[3-4], 有氧冷藏温、热带水域淡水鱼的SSO为假单胞菌, 有氧冰藏海产鱼的SSO为腐败希瓦氏菌, 有氧冷藏温、热带水域海水鱼的SSO是腐败希瓦氏菌和(或)假单胞菌。这与我们得到大黄鱼(温带海水鱼)有氧冷藏中的SSO是腐败希瓦氏菌, 其次是假单胞菌的结果相一致。

参考文献:

- [1] Hozbor M C, Saiz A J, Yeannes M, I et al. Microbiological changes and its correlation with quality indices during aerobic ice storage of sea salmon (*Pseudoperca semifasciata*) [J]. Food Sci Technol 2006, 39: 99-104.
- [2] Gram L, Hans H H. Microbiological spoilage of fish and fish product [J]. Int J Food Microbiol 1996, 33: 121-137.
- [3] Dalgaard P. Fresh and lightly preserved sea food [M] // Man C M D, Jones A A. Shelf life Evaluation of Foods. Gaithersburg Maryland USA: Aspen Publishers Inc, 2000: 110-139.
- [4] Gram L, Huss H H. Fresh and Processed fish and shellfish [M] // Edited by Lund B M, Baird-Parker T C, Gould G W. The Microbiological Safety and Quality of Food. Gaithersburg Maryland USA: Aspen Publishers Inc, 2000: 472-506.
- [5] 李学英, 许钟, 郭全友, 等. 大黄鱼冷藏过程中鲜度变化研究 [J]. 中国水产科学, 2009, 16(3): 442-450.
- [6] 郭全友, 杨宪时, 许钟, 等. 养殖大黄鱼冷藏过程中细菌相的变化 [J]. 中国水产科学, 2007, 14(2): 301-308.
- [7] 杨宪时, 许钟, 肖琳琳. 水产食品特定腐败菌与货架期的预测和延长 [J]. 水产学报, 2004, 28(1): 106-111.
- [8] Herbert R A, Hendrie M S, Gibson D M, et al. Bacteria active in the spoilage of certain sea foods [J]. J Appl Bacteriol 1974, 34: 41-50.
- [9] 李学英, 杨宪时, 郭全友, 等. 大黄鱼腐败菌腐败能力的初步分析 [J]. 食品工业科技, 2009, 30(6): 316-319.
- [10] 许龙福. GB/T5009-179-2003 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [11] Dalgaard P, Gram L, Huss H H. Spoilage and shelf life of cod fillets packed in vacuum or modified atmosphere [J]. Int J Food Microbiol 1993, 19: 283-294.
- [12] Zwietering M H, Jongenburger J, Rombouts F M, et al. Modeling of the bacterial growth curve [J]. Appl Environ Microbiol 1990, 56: 1875-1881.
- [13] 郭全友, 许钟, 杨宪时. 冷藏养殖大黄鱼品质变化特征及细菌相分析 [J]. 上海水产大学学报, 2006, 15(6): 216-221.
- [14] Monod J. Recherches sur la Croissance des Cultures Bacteriennes [M]. France: Herman et cie Paris, 1942.
- [15] Nagai S. Mass and energy balance for microbial growth kinetics [J]. Adv Biochem Eng 1979, 2: 49-83.
- [16] Dalgaard P. Qualitative and quantitative characterization of spoilage bacteria from packed fish [J]. Int J Food Microbiol 1995, 26: 319-333.
- [17] 许钟, 肖琳琳, 杨宪时. 罗非鱼特定腐败菌生长动力学模型和货架期预测 [J]. 水产学报, 2005, 29(4): 540-546.