

冷藏大黄鱼货架期预测模型的建立和评价

许 钟, 杨宪时, 郭全友, 肖琳琳

(中国水产科学研究院 东海水产研究所 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090)

摘要:建立和验证了用于预测冷藏养殖大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)鲜度和剩余货架期的特定腐败菌生长动力学模型。感官、VBN评价和微生物生长动态分析表明,大黄鱼在0℃、5℃、10℃时有氧贮藏的特定腐败菌假单胞菌(*Pseudomonas* spp.)在感官货架期终点菌数 N_S (CFU·g⁻¹)的对数($\lg N_S$)平均值为 6.48 ± 0.14 。将获得的假单胞菌在0℃、5℃、10℃的生长实验值用于建立生长动力学模型,结果显示,最大菌数 N_{max} (CFU·g⁻¹)受贮藏温度的影响不大,在3种温度下 $\lg N_{max}$ 为 7.18 ± 0.031 。温度对最大比生长速率(μ_{max})和延滞时间(Lag)的影响,采用Belehradek方程描述,呈现良好线性关系, R^2 分别为0.991和0.996。获得0~10℃有氧贮藏大黄鱼的剩余货架期(SL)预测模型为: $SL = 1 / (0.0938T + 0.086)^2 - (7.18 - \lg N_0) / [2.718 \times (0.0096T + 0.0828)^2] \times \{ \ln[- \ln(6.48 - \lg N_0) / (7.18 - \lg N_0)] - 1 \}$ (T 为贮藏温度, N_0 为初始假单胞菌数)。用大黄鱼贮藏于3℃和8℃的货架期实测值验证建立的模型,预测值和实测值的相对误差分别为-8.89%和-6.59%,显示建立的模型可以快速可靠地实时预测0~10℃有氧贮藏大黄鱼的鲜度和剩余货架期。

关键词:大黄鱼;冷藏;假单胞菌;生长动力学模型;货架期预测

中图分类号:S984.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737(2005)06-0779-07

国内外对鲜鱼产品的需求量持续增长,为了向消费者和用户大量提供新鲜度的鲜鱼产品,科学家们经过长期研究和实践认识到,鱼从被捕获后的加工处理直到最后的销售,用冰保持鱼体冷藏链温度(0~10℃)是最经济有效的方法^[1]。然而新鲜鱼类是最易腐败的一类食品原料,即使在冷藏链条件下,也会在较短时间内发生微生物增殖引起的品质下降,因此监测和控制冷藏链鲜鱼腐败微生物是水产品加工和流通业的重要任务。

有关鲜鱼类腐败微生物的研究表明,在冷藏条件下,鲜鱼类所含微生物中只有部分微生物参与腐败过程^[1],这些适合生存和繁殖并产生腐败臭味和异味代谢产物的微生物,就是该产品的特定腐败菌(specific spoilage organisms, SSO)^[2]。SSO是造成腐败的主要因素,SSO菌数的对数值和产品的鲜度以及剩余货架期之间存在密切关系,因此有可能依据SSO的初始数和生长动力学来预测产品的鲜度和剩余货架期^[3]。

冷藏链鲜鱼货架期受许多因子的影响,差异相当大,所以过去几十年以直接法(微生物的、化学的、

感官的)评估鱼品品质的研究较多,但是都受到时间和灵敏度的限制。Delgaard^[4]认为,目前可供直接评估和预测冷藏鱼品质的方法是特定腐败菌的生长动力学数学模型,这对生鲜鱼品冷藏链贮藏流通提供了方便的鲜度管理工具。

本研究对海水养殖大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)在0℃、5℃、10℃贮藏过程中的微生物学质量变化进行监测和分析,着重研究特定腐败菌假单胞菌(*Pseudomonas* spp.)的生长动态,并以此为基础建立养殖大黄鱼在0~10℃范围的特定腐败菌假单胞菌的生长动力学数学模型,用养殖大黄鱼3℃和8℃贮藏实验验证和评价,以此数学模型预测0~10℃冷藏大黄鱼剩余货架期的可靠性,旨在为大黄鱼加工处理、贮藏流通提供冷藏链参数设计和质量管理的数字化工具。

1 材料与方法

1.1 样品与贮藏实验

大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)捕自福建省宁德市夏威水产进出口有限公司养殖场,立即放入冰水

收稿日期:2005-01-17; 修订日期:2005-05-09.

基金项目:农业部引进国际先进农业科学技术项目资助(2001-478).

作者简介:许 钟(1955-),女,副研究员,从事水产品加工和品质保障技术的研究。Tel:021-65688984, E-mail: xuzhong@sxmail.cn

1) Huss H H. FAO Fisheries Technical Paper No. 334. FAO Rome Assurance of seafood quality, 1994.

中冷休克。选用大小基本一致的个体(尾重 300~400 g),加冰保持温度在 0~1℃,12 h 内运达实验室。将鱼腹部朝上装入下有篦子能沥水的塑料盆中,盖上有漏气孔的盖,放入高精度低温培养箱(Sanyo MIR 153,日本)中,分别控制贮藏温度在 0℃、5℃、10℃,波动范围±0.1℃。每隔适当时间取出样品鱼进行感官鲜度评价、挥发性盐基氮(VBN)测定、细菌总数和假单胞菌计数。每种贮藏温度至少进行 2 次实验。

为了验证和评价所建立模型的可靠性,另外进行温度为 3℃ 和 8℃、波动范围±0.1℃ 的贮藏实验。

1.2 样品处理

随机抽取 2 条样品鱼,先进行生鱼感官评价,然后去鳞去内脏洗净,用干净吸纸擦干。沿脊骨剖切,取整个半条鱼肉(带鱼皮),用组织捣碎机打碎,用于 VBN 测定和细菌总数、假单胞菌计数;其余半条鱼蒸熟后用于感官评价。

1.3 感官鲜度评价

由 6 名经过训练的评价员组成感官评价小组,评价生鱼的气味和蒸熟后鱼的气味和味道。采用 3 分法进行评分,0 为最好品质,1 为鲜鱼的鲜香味消失,0~1 为高品质期;2 为明显出现臭味和异味,即可接受界限^[5]。当半数或以上评价员评价 2 或以上时,即为货架期终点(感官拒绝点)。

将另一半带头的半条鱼分别用铝箔包好,待锅中水沸腾后,放入锅内的金属篦子上,盖上锅盖蒸 20 min,打开锅盖后立即进行蒸熟后感官评价。

1.4 微生物计数和培养基

称取打碎鱼肉 10.0 g,加入 90 mL 0.1% 蛋白胨无菌生理盐水,高速振荡后,将鱼肉浆以 10 倍稀释,取 3 个浓度合适的稀释液 0.1 mL,涂布于培养基表面。每个稀释液涂布 2 个平皿。

细菌总数(TVC):标准琼脂培养基(中国科学院上海昆虫科技开发公司康乐培养基有限公司),25℃ 培养 48 h。

假单胞菌数(*Pseudomonas* spp.):假单胞菌专用培养基(CFC, Oxoid code CM 559, and supplemented with SR 103,英国),25℃ 培养 48 h。

1.5 VBN 测定

称取打碎鱼肉 10.00 g 于锥形瓶中,加入 20 mL 水、20 mL 10% 三氯醋酸,用玻璃棒搅匀,振荡,浸渍 30 min 后过滤,滤液按半微量定氮法进行测定,每

个样品至少做 2 个平行。

1.6 微生物生长动力学模型建立

将 0℃、5℃、10℃ 大黄鱼贮藏实验得到的微生物增殖动态数据,采用修正的 Gompertz 方程^[6]描述其生长动态。修正 Gompertz 方程如下:

$$\lg N(t) = \lg N_0 + \frac{\lg N_{\max}}{N_0} \times \exp \left\{ -\exp \left[\frac{2.718 \mu_{\max}}{\lg(N_{\max}/N_0)} \times (\text{Lag} - t) + 1 \right] \right\} \quad (1)$$

式中, t 为时间(h), $N(t)$ 为 t 时的菌数(CFU·g⁻¹), $N_{\max}$ 、 N_0 为最大和初始菌数, $\mu_{\max}$ 为微生物生长的最大比生长速率(h⁻¹),Lag 为微生物生长的延滞时间(h)。

采用 Beilhradck 方程^[7]描述温度对微生物生长的影响。Beilhradck 方程如下:

$$\sqrt{\mu_{\max}} = b_{\mu} \times (T - T_{\min}) \quad (2)$$

$$\sqrt{\frac{1}{\text{Lag}}} = b_{\text{Lag}} \times (T - T_{\min}) \quad (3)$$

式中, T 为贮藏温度(℃), $T_{\min}$ 为微生物生长的最低温度,即在此温度时最大比生长速率为零, b 是方程的常数。

实验数据用 Statistica (Release 5.5) 统计软件(SustSoft, Inc.) 采用最小平方差法进行非线性回归。

1.7 货架期预测模型可靠性评价

将 3℃ 和 8℃ 大黄鱼贮藏实验得到的货架期,与建立的大黄鱼货架期预测模型预测的 3℃ 和 8℃ 货架期进行比较,评价预测模型的可靠性,以相对误差表示。

2 结果与分析

2.1 特定腐败菌最小腐败水平的确定

图 1 是 0℃、5℃、10℃ 贮藏实验得到的大黄鱼的细菌总数、假单胞菌数等微生物生长曲线和感官评价、VBN 值的变化曲线,表 1 为感官评价达到货架期终点时得到的细菌总数(N_{TVCs})、假单胞菌数(N_{S})和 VBN_S 值。从图 1 和表 1 可见,感官评价得到的 0℃、5℃、10℃ 贮藏大黄鱼的货架期分别为 360 h(15 d)、198 h(8 d+6 h) 和 108 h(4.5 d),在感官货架期终点的假单胞菌数 N_{S} (CFU·g⁻¹) 即最小腐败水平的对数平均值($\lg N_{\text{S}}$) 为 6.48 ± 0.14 , VBN_S 平均值为 $(31.5 \pm 1.12) \text{ mg} \cdot 100^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

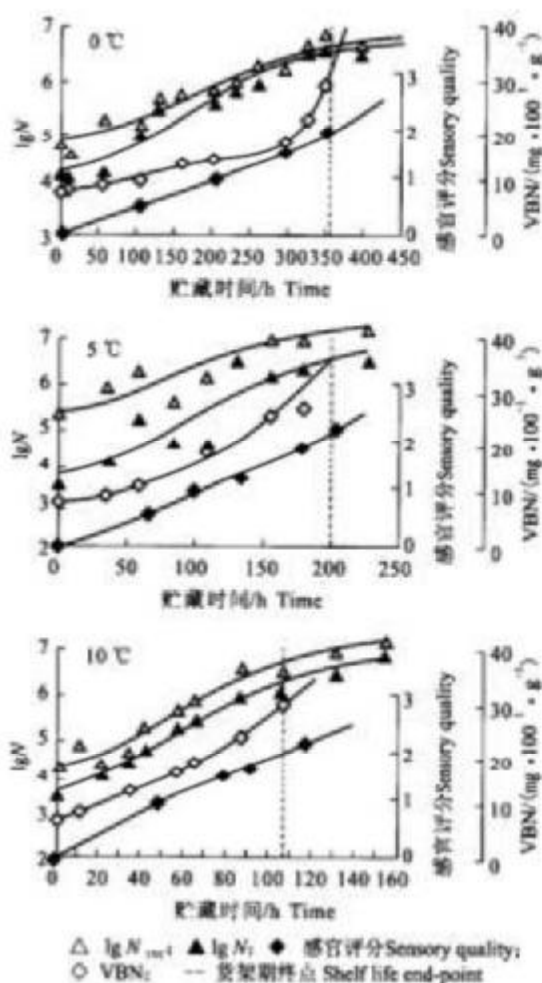


图1 大黄鱼在0℃、5℃、10℃贮藏中感官评分、VBN的变化和假单胞菌、细菌总数变化曲线
注: N_{TVC} —细菌总数(CFU·g⁻¹); N —假单胞菌数(CFU·g⁻¹)
Fig.1 Curves of organoleptic quality, VBN changes, *Pseudomonas* and TVC change when *Pseudosciaena crocea* were stored aerobically at 0℃, 5℃ and 10℃
Note: N_{TVC} —Number of TVC (CFU·g⁻¹); N —Number of *Pseudomonas* (CFU·g⁻¹)

2.2 假单胞菌生长动力学模型和剩余货架期预测模型

将大黄鱼在0℃、5℃、10℃有氧贮藏过程中得到的假单胞菌生长实验值,采用 Gompertz 方程,得到大黄鱼在0℃、5℃、10℃有氧贮藏特定腐败菌假单胞菌的生长曲线(图2)。由 Gompertz 方程得到的假单胞菌生长动力学参数最大比生长速率(μ_{max}),生长延滞时间(Lag)和最大菌数(N_{max})见表2。由表2可见,与 μ_{max} 、Lag不同,在0~10℃温度

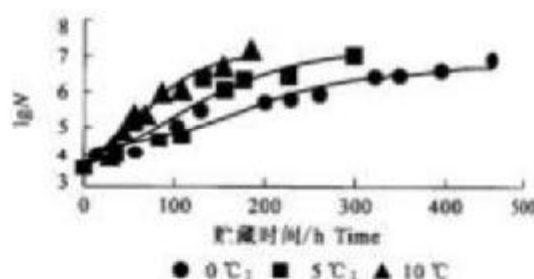


图2 大黄鱼在0℃、5℃、10℃贮藏中假单胞菌生长曲线
注: N —假单胞菌数(CFU·g⁻¹)
Fig.2 Curves of *Pseudomonas* growth in *Pseudosciaena crocea* stored at 0℃, 5℃ and 10℃
Note: N —Number of *Pseudomonas* (CFU·g⁻¹)

范围内, N_{max} 受温度的影响不大, $\lg N_{max}$ 值为7.18±0.031。

得到3种温度的 Gompertz 方程能很好地预测大黄鱼在0℃、5℃、10℃贮藏过程中特定腐败菌假单胞菌的增殖动态,但不能描述温度变化对假单胞菌增殖的影响,而在实际加工处理和贮藏流通过程中,冷藏链温度往往在0~10℃之间频繁地发生波动。温度对微生物生长动态的影响一般由 Belhradek 方程描述,图3是 Belhradek 方程描述的温度与假单胞菌生长动力学参数 μ_{max} 和Lag的关系。由图3可见,在0~10℃范围内,温度与 μ_{max} 均呈现良好的线性关系, R^2 分别为0.991和0.996。回归求得0~10℃有氧贮藏大黄鱼假单胞菌生长动力学的 Belhradek 方程见式4和式5。假单胞菌最大菌数的对数值 $\lg N_{max}$ 为7.18,由 Belhradek 方程(4)、方程(5)和修正的 Gompertz 方程(1)得到的0~10℃有氧贮藏大黄鱼假单胞菌生长动力学模型见式(6)。

$$\sqrt{\mu_{max}} = 0.0096 \times (T + 8.625) \quad (4)$$

$$\sqrt{\frac{1}{Lag}} = 0.0938 \times (T + 0.917) \quad (5)$$

$$\lg N(t) = \lg N_0 + (7.18 - \lg N_0) \times \exp \left\{ -\exp \left[\frac{(0.0096T + 0.0828)^2 \times 2.718}{7.18 - \lg N_0} \times \left(\frac{1}{(0.0938T + 0.086)^2 - 1} + 1 \right) \right] \right\} \quad (6)$$

只要测定大黄鱼初始的假单胞菌数(N_0),就可依据式(6)计算出大黄鱼在0~10℃冷藏范围内任

表1 大黄鱼0℃、5℃、10℃贮藏货架期终点的假单胞菌数、细菌总数和 VBN 值

Tab.1 *Pseudomonas* counts, TVC and VBN values at the end points of shelf life of *Pseudosciaena crocea* stored aerobically at 0℃, 5℃ and 10℃

贮藏温度/℃ Temperature	货架期/h Shelf life	lgN ₀	lgN _S	VBN ₀ / (mg·100 ⁻¹ ·g ⁻¹)	lgN _{TVC}
0	360	4.13	6.58	32.5	6.70
5	198	3.50	6.54	31.8	7.68
10	108	3.37	6.32	30.3	6.75
$\bar{X} \pm SD$		—	6.48±0.14	31.5±1.12	—

注: N₀—初始假单胞菌数(CFU·g⁻¹); N_S—货架期终点假单胞菌数(CFU·g⁻¹); N_{TVC}—货架期终点细菌总数(CFU·g⁻¹).

Note: N₀—Initial number of *Pseudomonas* (CFU·g⁻¹); N_S—Number of *Pseudomonas* at the end points of shelf life (CFU·g⁻¹); N_{TVC}—Number of TVC at the end points of shelf life (CFU·g⁻¹).

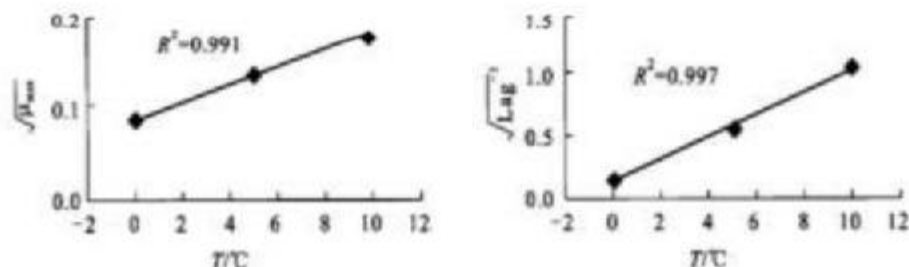
表2 大黄鱼在0℃、5℃、10℃贮藏中假单胞菌的生长动力学参数

Tab.2 Kinetics parameters of *Pseudomonas* grown on *Pseudosciaena crocea* stored aerobically at 0℃, 5℃ and 10℃

贮藏温度/℃ Temperature	μ_{max}/h^{-1}	Lag/h	lgN _{max}	R ²
0	0.00641	95.1	7.15	0.980
5	0.0185	3.65	7.22	0.930
10	0.0310	0.919	7.17	0.992

注: N_{max}—最大菌数(CFU·g⁻¹).

Note: N_{max}—Maximum cell concentration (CFU·g⁻¹).

图3 温度与假单胞菌生长动力学参数 μ_{max} 和 Lag 的关系Fig.3 Relation between temperature and growth kinetics parameters of *Pseudomonas* (μ_{max} and Lag)

何温度(T)、任何时间(t)的假单胞菌数。由于主要是特定腐败菌造成鱼的鲜度下降和腐败,因而即可做出冷藏链大黄鱼的鲜度预测。

如上所述,假单胞菌的最小腐败水平 N_S(CFU·g⁻¹)的对数值(lgN_S)为6.48,根据建立的假单胞菌生长动力学模型,0~10℃贮藏大黄鱼的剩余货架期(SL)就可以用假单胞菌这一特定腐败菌从初始菌数(N₀)增殖到 N_S所需的时间来预测,剩余货架期预测模型由式6可得:

$$SL = \frac{1}{(0.0938T + 0.086)^2} \times \frac{7.18 - \lg N_0}{2.718 \times (0.0096T + 0.0828)^2} \quad (7)$$

$$\left| \ln \left[-\ln \frac{6.48 - \lg N_0}{7.18 - \lg N_0} \right] - 1 \right| \quad (7)$$

因此只要测定大黄鱼的初始假单胞菌数(N₀),就可依据式(7)计算出此时的大黄鱼在0~10℃冷藏链条件下的剩余货架期。如果知道大黄鱼的初始假单胞菌数(N₀)和经过0~10℃范围内的温度履历,也可以通过式(7)实时求得剩余货架期。

2.3 模型验证和评价

表3为大黄鱼贮藏3℃和8℃温度下假单胞菌的生长动力学参数 N_{max}、 μ_{max} 、Lag 的实验值与利用 Bechard 方程求得的预测值的比较。图4为大黄鱼3℃和8℃贮藏实验得到的假单胞菌生长实验值,由 Gompertz 方程得到的假单胞菌生长曲线与假单胞菌生长动力学模型得到的预测生长曲线的比较。

表3 大黄鱼在3℃、8℃贮藏中假单胞菌生长动力学参数的预测值和实测值

Tab.3 Predicted and observed values of growth kinetic parameters of <i>Pseudomonas</i> for <i>Pseudosciaena crocea</i> stored aerobically at 3℃ and 8℃							
贮藏温度/℃ Temperature	lgN ₀	lgN _{max} (prd)	lgN _{max} (obs)	μ _{max} (prd) /h ⁻¹	μ _{max} (obs) /h ⁻¹	Lag(prd) /h	Lag(obs) /h
3	4.21	7.18	6.73	0.0125	0.0147	7.41	5.81
8	3.13	7.18	6.71	0.0255	0.0365	1.43	1.41

注:prd-预测值;obs-实测值。
Note: prd - Predicted values;obs - (Observed values).

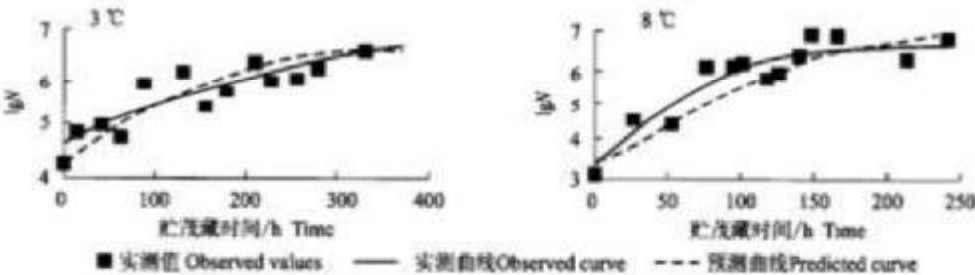


图4 大黄鱼在3℃和8℃贮藏中预测和实测的假单胞菌生长曲线

注:N-假单胞菌数(CFU·g⁻¹)
Fig.4 Predicted and observed growth curves of *Pseudomonas* growth on *Pseudosciaena crocea* stored aerobically at 3℃ and 8℃
Notes: N - Number of *Pseudomonas* (CFU·g⁻¹)

表4 为大黄鱼在3℃和8℃贮藏的货架期实测值和由大黄鱼剩余货架期预测模型得到的预测值的比较,预测值和实测值的相对误差分别为-8.89%和-6.59%。上述验证结果显示,应用本研究建立

的假单胞菌生长动力学数学模型和剩余货架期预测模型,可以快速可靠地实时预测0~10℃贮藏大黄鱼的鲜度和剩余货架期。

表4 大黄鱼在3℃和8℃贮藏中货架期(SL)的预测值(pred)和实测值(obs)

Tab.4 Predicted(pred) and observed(obs) shelf lives(SL) of <i>Pseudosciaena crocea</i> stored aerobically at 3℃ and 8℃			
贮藏温度/℃ Temperature	SL _{pred} /h	SL _{obs} /h	相对误差/% Relative error
3	246	270	-8.89
8	156	167	-6.59

注:相对误差计算公式为[(SL_{pred}-SL_{obs})/SL_{obs}] $\times$ 100%
Note: Formula of relative error is [(SL_{pred}-SL_{obs})/SL_{obs}] $\times$ 100%

3 讨论

以往建立特定腐败菌生长动力学模型大部分是使用在液体培养基上得到的实验数据,因为在培养基上比在真实食品上容易控制不同影响因子,能在很短时间内获得建模所需的大量实验数据。然而由于没有考虑如鱼肉组织的不同和微生物之间的相互

影响,模型往往过高评价真实鱼类中微生物的生长速率,使预测值有较大误差,例如 Pin 等^[8]用假单胞菌 Pin&Baranyi 模型来评估实际食品,误差超过40%。直接从自然鱼得到实验数据开发预报数学模型,是近年开始应用的建模方法,尽管这样的实验有实际困难,但由于消除了培养基和微生物多样性所带来的误差,增加了预测模型的准确度^[8]。本研究

所有的实验数据来自自然污染的大黄鱼中,肌肉组织和微生物相互之间对假单胞菌生长的影响已经包括在模型中,因此预测精度大大提高,误差在10%以内。

直接从自然鱼得到实验数据开发特定腐败菌生长动力学模型的研究资料相对较少,从现有的研究来看,由于鱼种以及生长水域环境、生长方式等不同,特定腐败菌的生长动力学有很大的不同。Koutsouranis等^[9-10]在研究地中海捕捞金头鲷(*Sparus aurata*)和地中海养殖锯鳍(*Dichentrachus labrax*)中的假单胞菌生长动态,得到5℃贮藏中的动力学参数 μ_{max} 分别为 0.105 h^{-1} 和 0.0939 h^{-1} ,Lag分别为18.3h和22.5h。¹⁾与本研究5℃贮藏大黄鱼中假单胞菌生长动力学参数(μ_{max} 为 0.0185 h^{-1} ,Lag为3.65h)比较,虽然金头鲷和锯鳍的Lag均较长,但是 μ_{max} 均较大,因此金头鲷和锯鳍5℃贮藏的货架期较短,分别为104h和107h,而大黄鱼5℃贮藏货架期为198h。这应该是由养殖大黄鱼的生长海域水温较高,鱼体附着的假单胞菌株生长温度较高,在低温贮藏中生长受到抑制所造成的。

虽然鱼体最初会受到多种微生物的污染,但只有部分微生物参与腐败过程。在贮藏期间微生物相发生变化是由于产品中残存的微生物在这种保藏条件下具有不同的忍耐能力,那些适合生存和繁殖并产生腐败臭味和异味的代谢产物的微生物,就是该产品的特定腐败菌。在鱼品加工处理和包装流通过程中,只要条件有少量的不同就可能导致腐败的不同发展,甚至导致完全不同的特定腐败菌。在预测微生物学研究中,要避免可能会导致对腐败不重要的微生物进行建模,因此建立剩余货架期预测模型之前,腐败过程的评估是必要的。对一种特定腐败菌的鉴别,不仅要分析贮藏中的菌相变化,而且产生异味的定性能力(腐败潜在性)和产生腐败代谢物的定量能力(腐败能力)的分析是重要的,而且仅用于限定的腐败范围(例如温度、氛围气体)^[31]。

4 结论

用特定腐败菌假单胞菌的生长动力学数学模型,可以快速准确地预测0~10℃冷藏链加工处理、藏流通大黄鱼的鲜度和剩余货架期,有望成为设计和评估大黄鱼冷藏链的技术参数、预测和监控冷藏链大黄鱼的鲜度品质的一种迅速而有效的工具。

参考文献:

- [1] Dalgard P. Fresh and lightly preserved seafood[A]. Man C M D, Jones A A. Shelf life Evaluation of Foods[M]. Gaithersburg Maryland USA: Aspen Publishers Inc., 2000. 110-139.
- [2] Grau L, Huss H H. Fresh and processed fish and shellfish[A]. Lund B M, Baird-Parker T C, Gould G W. The Microbiological Safety and Quality of Food[M]. Gaithersburg Maryland USA: Aspen Publishers Inc., 2000. 472-506.
- [3] 杨光时,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,2004,28:106-111.
- [4] Dalgard P. Modelling of microbial activity and prediction of shelf life of packed fresh fish[J]. Int J Food Microbiol, 1995, 19: 305-318.
- [5] Tassou S S, Koutsouranis 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]. Int J Food Microbiol, 1999,53:21-31.
- [6] Zwietering M H, Jongenburger I, Rombouts F M, et al. Modeling of the bacterial growth curve[J]. Appl Environ Microbiol, 1990, 56:1875-1881.
- [7] Davey K R. A predictive model for combined temperature and water activity on microbial growth during the growth phase[J]. J Appl Bacteriol, 1989, 67:483-488.
- [8] Pin C, Sutherland J P, Tianyi J. Validating predictive models of food spoilage organisms[J]. J Appl Microbiol, 1999,87, 491-499.
- [9] Koutsouranis K, Nychas G J E. Application of a systematic experimental procedure to develop a microbial model for rapid fish shelf life prediction[J]. Int J Food Microbiol, 2000, 60:171-184.
- [10] Koutsouranis K, Giannakourou M C, Tassou S S, et al. Application of shelf life decision system (SLDS) to marine cultured fish quality[J]. Int J Food Microbiol, 2002, 73: 375-382.

1) 许 钟. 养殖大黄鱼冷却链全程微生物学研究,农业部引进国际先进农业科学技术项目技术总结报告,2005.

Assessment and development of shelf life prediction model for *Pseudosciaena crocea*

XU Zhong, YANG Xian-shi, GUO Quan-you, XIAO Lin-lin

(The Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

Abstract: A growth kinetics model of specific spoilage organisms was developed and tested for predicting the freshness quality and remaining shelf life of cultured *Pseudosciaena crocea* stored aerobically at low temperature. The results showed that at the end of organoleptic shelf life, the logarithmic value ($\lg N_S$) of *Pseudomonas* spp. (SSO) number ($\text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$) was 6.48 ± 0.14 based on organoleptic quality, VBN evaluation and microbiological behaviors analysis on *Pseudosciaena crocea* stored aerobically at 0 °C, 5 °C and 10 °C. The kinetics models were developed by observed values of *Pseudomonas* spp. growth at 0 °C, 5 °C and 10 °C and the results showed that the temperature had no significant effect on $N_{\max}$ (maximum cell concentration, $\text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$), the value of $\lg N_{\max}$ was determined to be 7.18 ± 0.031 at those three temperatures. The correlation regression showed that Belchradek model could well describe the influence of temperature on *Pseudomonas* kinetic parameters — $\mu_{\max}$ (maximum specific growth rate) and Lag (lag phase) with R^2 of 0.991 and 0.996 respectively. The remaining shelf life (SL) model for *Pseudosciaena crocea* stored aerobically from 0 °C to 10 °C is described as follows: $\text{SL} = 1 / (0.0938 T + 0.086)^2 - (7.18 - \lg N_0) / [2.718 \times (0.0096 T + 0.0828)^2] \times [\ln[-\ln(6.48 - \lg N_0) / (7.18 - \lg N_0)] - 1]$, where T means storage temperature and N_0 means initial *Pseudomonas* spp. number. The above model was tested by observed SL on *Pseudosciaena crocea* at temperatures 3 °C and 8 °C. Relative error between predicted SL and real SL were -8.89% and -6.59% at 3 °C and 8 °C respectively, indicating the developed models were valuable for rapid and realistic prediction of the freshness quality and remaining SL of cultured *Pseudosciaena crocea* stored aerobically from 0 to 10 °C.

Key words: *Pseudosciaena crocea*; cold storage; *Pseudomonas* spp.; growth kinetics model; shelf life prediction