

# 鲜切生菜中荧光假单胞菌生长动力学模型和货架期预测

徐晓霞, 陈安均\*, 王婷玉, 李家欣, 赵江欣, 李见森, 敖晓琳  
(四川农业大学 食品学院, 四川 雅安 625014)

**摘要:** 为了快速预测鲜切生菜中荧光假单胞菌的生长动态, 评价温度对鲜切生菜剩余货架期的影响, 以引起鲜切生菜腐败的荧光假单胞菌为研究对象, 研究不同温度(0、4、10、25 ℃)对其生长的影响, 建立和验证荧光假单胞菌生长动力学模型以及鲜切生菜剩余货架期的预测模型。结果表明: 建立的修正的 Gompertz 方程拟合相关系数  $R^2$  均在 0.99 以上, 二级模型偏差度和准确度均在 0.9~1.05 之间, 说明建立的一级和二级模型能够真实有效的预测鲜切生菜中荧光假单胞菌的生长情况。以鲜切生菜在 7 ℃和 15 ℃货架期的实测值进行剩余货架期模型的验证, 相对误差分别为-12.53%和 9.49%, 表明建立的模型能够快速可靠的预测鲜切生菜的剩余货架期。

**关键词:** 鲜切生菜; 荧光假单胞菌; 生长动力学模型; 货架期预测

中图分类号: TS 205 文章编号: 1673-1689(2019)03-0103-08 DOI: 10.3969/j.issn. 1673-1689.2019.03.015

## Microbial Growth Kinetics Model of *Pseudomonas fulva* and Shelf Life Prediction for Fresh-Cut Lettuce

XU Xiaoxia, CHEN Anjun\*, WANG Tingyu, LI Jiaxin, ZHAO Jiangxin, LI Jiansen, AO Xiaolin  
(College of Food Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

**Abstract:** In order to rapidly predict the dynamic growth of spoilage microorganisms in fresh-cut lettuce and make quantitative evaluation of the impact of temperature on the shelf life of fresh-cut lettuce, thus providing an effective method for the rapid and effective estimation of shelf life. *Pseudomonas fulva*, which caused the spoilage of fresh-cut lettuce was chosen as the study object in this paper. We studied the effects of temperature on the growth of *Pseudomonas fulva* in fresh-cut lettuce, established and validated the corresponding microbial growth kinetics model and remaining shelf life prediction model of fresh-cut lettuce stored at different temperatures. Experiment results showed that the Gompertz equation fitting correlation coefficient was beyond 0.99, the bias factor and accuracy factor of secondary model were in the range of 0.9~1.05. The research results indicated that the primary model and secondary model were valuable for the growth of *Pseudomonas fulva* in fresh-cut lettuce. The remaining shelf life model was validated by the measured values of fresh-cut

收稿日期: 2016-03-10

基金项目: 国家 863 计划项目(2012AA101606-03)。

\* 通信作者: 陈安均(1970—), 男, 博士, 副教授, 主要从事园艺产品贮藏保鲜方面的研究。E-mail: 591919465@qq.com

引用本文: 徐晓霞, 陈安均, 王婷玉, 等. 鲜切生菜中荧光假单胞菌生长动力学模型和货架期预测[J]. 食品与生物技术学报, 2019, 38(03): 103-110.

lettuce at 7 °C and 15 °C, the relative errors between predicted and real shelf life were -12.53% and 9.49% respectively, which showed that the established model can predict the remaining shelf-life of fresh-cut lettuce quickly and reliably.

**Keywords:** fresh-cut lettuce, *Pseudomonas fulva*, growth kinetics model, shelf life prediction

鲜切生菜 (fresh-cut lettuce) 是新鲜生菜经清洗、切割、包装等加工过程制成的即食产品<sup>[1]</sup>。鲜切生菜以其新鲜、卫生、方便、环保及健康的特点已成为国内外生菜加工的主流,鲜切生菜凭着自身的优势,将进入一个快速发展的阶段<sup>[2-4]</sup>。

鲜切生菜在流通过程中极易发生品质变化,且病理因素引起的腐烂变质是品质变化的最主要因素<sup>[5]</sup>,虽然在不同条件贮藏时受到各类微生物的侵袭,但只有部分微生物在腐败中占据主导地位<sup>[6]</sup>。对鲜切生菜来说,主要是外在因素影响微生物的生长和种类,而温度是最重要的因素<sup>[7]</sup>,也是加工和储藏过程中最不稳定的环境因素<sup>[8]</sup>,同时也是惟一不受食品包装类型影响的环境因子<sup>[9]</sup>。由于鲜切生菜货架期较短,传统的微生物检测方法已经不能满足实际生产的需要,因此开发快速、准确、简便的货架期预测方法是鲜切生菜行业发展的必然趋势<sup>[10]</sup>。不同温度贮藏鲜切生菜微生物生长模型的建立,已成为鲜切生菜货架期预测的有效方法,同时还可以在很大程度上减少经济损失。

研究人员通过分析发现,温度是对假单胞菌的生长数量影响最大的一个因素<sup>[7]</sup>。作者利用从鲜切生菜中分离纯化并鉴定得到的优势腐败菌荧光假单胞菌为试验菌株,研究了鲜切生菜不同贮藏温度下的微生物生长情况。通过修正的 Gompertz 模型建立了荧光假单胞菌的温度生长预测模型,以期快速预测鲜切生菜中荧光假单胞菌的生长,研究了温度对荧光假单胞菌生长速率和延滞期的影响。同时根据一级模型和二级模型建立鲜切生菜的剩余货架期模型,为鲜切生菜剩余货架期预测以及产品安全性评估奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与设备

**1.1.1 试验材料** 健壮、无机械伤、清洁、成熟度基本一致的新鲜生菜,购买于雅安农贸市场,迅速运回实验室后置于 4 °C 冰箱中备用。

**1.1.2 供试培养基** 营养肉汤(NB):北京奥博星生物技术有限责任公司;假单胞菌 CFC 选择性培养基与选择性培养基添加物:青岛高科技海博生物技术有限公司。

**1.1.3 供试菌株** 荧光假单胞菌 (*Pseudomonas fulva*):四川农业大学食品学院果蔬保鲜实验室从不同温度贮藏条件下货架期终点的鲜切生菜中分离纯化并鉴定得到的鲜切生菜的优势腐败菌株。

**1.1.4 主要仪器设备** 立式自动压力蒸汽灭菌锅 G154DW:致微(厦门)仪器有限公司;生物安全柜 HR20-II A2:青岛海尔特种电器有限公司;人工气候箱 GZ-380-GSI:韶关市广智科技设备有限公司;生化培养箱 BPC-250 F:上海一恒科学仪器有限公司。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 菌悬液的制备** 将活化后的荧光假单胞菌接种于无菌营养肉汤中,30 °C下摇床培养至稳定期,用 5 mL 0.85%的无菌生理盐水对活化后荧光假单胞菌的菌悬液进行离心洗脱,操作重复 3 次。加入 5 mL 无菌生理水重悬菌液,涡旋振荡 30 s 制成菌悬液。用无菌生理盐水 2 倍稀释菌悬液至合适浓度,于 600 nm 波长下比色,记录 OD 值。各稀释浓度均以倾注平板法计数,根据 OD 值和菌落数绘制标准曲线。将荧光假单胞菌制备成菌悬液后,根据 OD 值稀释至所需浓度,接种前以平板法计数,以 10<sup>5</sup> cfu/mL 左右的菌悬液进行接种<sup>[11]</sup>。

**1.2.2 鲜切生菜接种** 新鲜生菜经流动自来水冲洗,去除表面杂物,用灭菌的不锈钢刀分成长宽各 3 cm 左右的块,切分好的生菜 4 °C 无菌蒸馏水清洗 3 次,在手动果蔬甩干机中甩干后备用。利用微型喷雾器对鲜切生菜喷雾接种,以无菌水作对照处理,取 200 g 为一组,分为若干组,用 0.02 mm 聚乙烯保鲜袋包装<sup>[11]</sup>。

**1.2.3 鲜切生菜贮藏与取样** 当日对第一组进行微生物计数,其余组分别置于乐扣箱中,分别置于 0、4、7、10、15、25 °C 条件下贮藏,每处理分 3 组,实

验重复3次,0、4、7℃每24小时取样,10℃每12h取样,15℃每6h取样,25℃每5h取样。

**1.2.4 鲜切生菜感官评价** 由经过培训的感官评定人员10名对贮藏过程中鲜切生菜的颜色、质地、气味及外型进行感官评分,取平均值,以评价鲜切生菜的质量。生菜的感官评价采用9分制评分法,5分为商品界限,即为货架期终点(感官拒绝点)<sup>[12]</sup>,结果见表1。

表1 鲜切生菜感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation standard of fresh-cut lettuce

分值	颜色	质地	气味	外型
9分	鲜绿	脆嫩	清香	饱满
7分	绿	较脆嫩	较清香	较饱满
5分	叶片中出现黄化	变软、脆感消失	稍有异味	稍萎蔫
3分	黄化较严重	萎蔫	异味较严重	叶片凋落
1分	出现焦边黄化严重	萎蔫严重	发臭	萎蔫严重

**1.2.5 微生物计数** 取样品匀浆,取10g浆液,加入到90mL 0.85%灭菌的生理盐水中,充分均质后,10倍梯度稀释。选取合适梯度的稀释液0.1mL,涂布假单胞菌CFC选择性培养基与假单胞分离琼脂(PIA),每个稀释度做3个平行,吸取0.1mL空白稀释液作对照,30℃培养48h,计数结果进行对数转换。

**1.2.6 数学模型的建立和验证**

1) 荧光假单胞菌最小腐败量的确定:微生物的生长能够产生腐败代谢产物,当其达到一定水平导致产品不可接受时的微生物数量即最小腐败量<sup>[13]</sup>。感官评分和优势腐败菌数量建立线性回归方程,根据感官拒绝分值确定最小腐败量。

2) 荧光假单胞菌初级模型的建立:在0、4、7、10、15、25℃条件下贮藏鲜切生菜,得到荧光假单胞菌试验数据。用修正的Gompertz模型通过MATLAB的cftool拟合工具箱拟合得到不同温度下荧光假单胞菌的生长曲线,确定一级模型参数<sup>[14]</sup>。

修正的Gompertz模型:

$$N(t) = N_0 + A \exp \left[ -\exp \left[ \frac{\mu_{\max} e}{A} \times (\lambda - t) + 1 \right] \right] \quad (1)$$

$$N(t) = N_0 + a \times \exp[-\exp(b - c \times t)]$$

$$\text{延滞时间: } \lambda = \frac{b-1}{c}$$

$$\text{最大比生长速率: } \mu_{\max} = \frac{a \times c}{e}$$

$$\text{最大细菌数量: } N_{\max} = N_0 + a$$

式中: $N(t)$ 和 $N_0$ 分别表示 $t$ 时微生物数量( $\lg(\text{cfu/g})$ ) and 微生物初始数量( $\lg(\text{cfu/g})$ ); $t$ 为时间(h); $\lambda$ 为迟滞时间(h); $\mu_{\max}$ 为微生物生长的最大比生长速率( $\text{h}^{-1}$ ); $A$ 为稳定期最大菌落数量与初始菌数的差值(对数值 $\lg(\text{cfu/g})$ )。

3) 温度对荧光假单胞菌生长动力学的影响:平方根模型是不同温度下基于微生物最大比生长速率( $\mu_{\max}$ )和迟滞时间( $\lambda$ )与温度之间的线性关系的经验模型<sup>[15-16]</sup>。利用MATLAB根据下式建立温度对荧光假单胞菌影响的二级模型。

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

$$\sqrt{1/\lambda} = b_{\lambda} \times (T - T_{\min\lambda}) \quad (3)$$

式中, $T$ 为培养温度; $T_{\min\mu}$ 和 $T_{\min\lambda}$ 为生长速率为零时的温度值; $b_{\mu}$ 和 $b_{\lambda}$ 为待定系数。

**1.2.7 预测模型的验证和评价** 利用已建立的数学模型求得7℃和15℃贮藏时鲜切生菜中荧光假单胞菌的预测值,与在7℃和15℃贮藏时荧光假单胞菌实际生长数值对比,利用准确度(Accuracy factor,  $A_f$ )和偏差度(Bias factor,  $B_f$ )来评价所建模型的准确性,对预测模型进行验证,评价已经建立的荧光假单胞菌生长动力学模型的可靠性<sup>[17]</sup>。 $A_f$ 代表预测值和实际值的相近程度,准确因子在1.1~1.9可以被接受。 $B_f$ 代表预测值与实际值之间的偏差,偏差因子在0.75~1.25模型可以被接受,可以作为研究该产品品质指标的预测模型<sup>[18]</sup>。准确度和偏差度的表达式为:

$$A_f = 10^{\left[ \frac{\sum \left| \lg \left( \frac{N_i}{N_i} \right) \right|}{n} \right]} \quad (4)$$

$$B_f = 10^{\left[ \frac{\sum \left| \lg \left( \frac{N_i}{N_i} \right) \right|}{n} \right]} \quad (5)$$

式中, $N_1$ 为鲜切生菜贮藏过程中检测到的荧光假单胞菌数量; $N_2$ 为利用荧光假单胞菌动力学预测模型得到的荧光假单胞菌数量; $n$ 是试验次数。

**1.2.8 鲜切生菜剩余货架期预测模型的建立和验证** 基于鲜切生菜荧光假单胞菌生长动力学一级模型和二级模型,应用鲜切生菜初始荧光假单胞菌数量( $N_0$ )、最小腐败量( $N_s$ )和最大菌数( $N_{\max}$ )建立剩余货架期(Shelf life, SL),即从初始微生物数量增值到最小腐败量所需要的时间。货架期预测模型的表



达式为:

$$SL = \lambda - [(N_{\max} - N_0) / (\mu_{\max} \times 2.718)] \times \{\ln[-\ln[(N_s - N_0) / (N_{\max} - N_0)]] - 1\} \quad (6)$$

式中,SL为货架期; $\lambda$ 为迟滞时间(h); $N_{\max}$ 为最大菌数对数值( $\lg(\text{cfu/g})$ )(最大菌数的确定采用不同温度下最大菌数的均值); $N_0$ 为初始微生物数量对数值( $\lg(\text{cfu/g})$ ); $N_s$ 为最小腐败量( $\lg(\text{cfu/g})$ ); $N_{\max}$ 为微生物生长的最大比生长速率( $\text{h}^{-1}$ )。

将贮藏于7℃和15℃条件下鲜切生菜的实际货架期和鲜切生菜货架期预测模型预测的货架期进行比较,对鲜切生菜剩余货架期预测模型进行验证。

**1.2.9 数据处理** 感官评分与微生物指标数据采用MATLAB进行相关性分析,微生物计数结果转换为 $\lg(\text{cfu/g})$ ,荧光假单胞菌的试验数据通过MATLAB的拟合工具箱进行拟合。

## 2 结果与分析

### 2.1 荧光假单胞菌最小腐败量的确定

鲜切生菜不同温度贮藏条件下感官评分和荧光假单胞菌数( $\lg(\text{cfu/g})$ )建立线性回归方程,根据感官拒绝分值确定最小腐败量。由表2可知,在不同温度条件下(0、4、10、25℃),鲜切生菜的最小腐败量( $N_s$ )平均值为6.9663  $\lg(\text{cfu/g})$ ,即货架期终点的荧光假单胞菌数为6.9663  $\lg(\text{cfu/g})$ 。

### 2.2 鲜切生菜中荧光假单胞菌生长动力学模型的建立

根据荧光假单胞菌在0、4、7、10、15、25℃条件下的计数结果,拟合修正的Gompertz模型,绘制不同温度下的生长曲线,结果见图1,拟合参数见表3。结果表明,不同温度下拟合方程相关系数 $R^2$ 分别

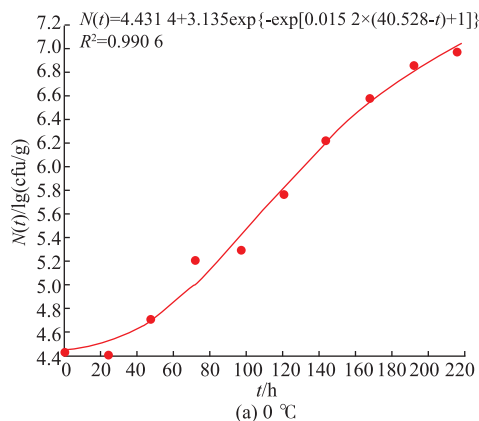


表2 不同温度贮藏鲜切生菜货架期终点荧光假单胞菌数量  
Table 2 *Pseudomonas fulva* amounts in the end of shelf life of fresh cut lettuce at different temperature

温度/℃	$N_0/\lg(\text{cfu/g})$	$N/\lg(\text{cfu/g})$	感官拒绝点时间/h
0	4.431 4	6.719 7	190.834 7
4	4.431 4	6.710 9	162.963 8
10	4.431 4	6.932 4	53.895 4
25	4.431 4	7.502	18.901 6

为0.9906、0.994、0.9926、0.994、0.998、0.9917,均大于0.95,均方根均小于0.17,方差和均小于0.2,表明修正的Gompertz方程能够很好的拟合不同温度贮藏条件下鲜切生菜中荧光假单胞菌的生长曲线。随着温度的升高,迟滞时间( $\lambda$ )逐渐减小,最大比生长速率( $\mu_{\max}$ )逐渐增大。

### 2.3 温度对荧光假单胞菌生长动力学参数的影响

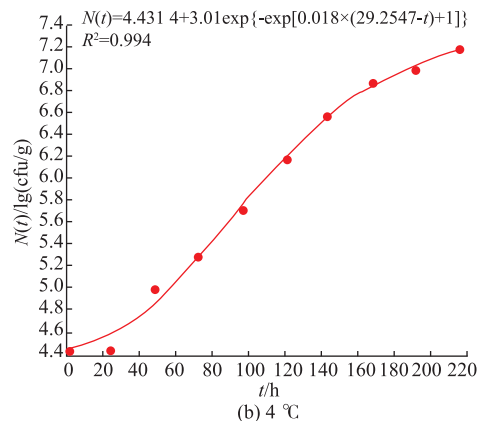
荧光假单胞菌初级模型的建立不能反映温度变化对鲜切生菜中荧光假单胞菌生长的影响,需采用平方根模型对其进行描述。温度和最大比生长速率( $\mu_{\max}$ )和迟滞时间( $\lambda$ )的关系见图2。温度与最大比生长速率和迟滞时间均呈较好的线性关系,最大比生长速率和迟滞时间的 $R^2$ 分别为0.9783和0.9798,温度对荧光假单胞菌生长最大比生长速率和迟滞时间的平方根模型为:

$$\sqrt{\mu_{\max}} = 0.01412 \times [T - (-7.781)]$$

$$\sqrt{1/\lambda} = 0.02043 \times [T - (-7.781)]$$

### 2.4 荧光假单胞菌生长动力学模型的验证和评价

为了定量评价所建鲜切生菜中荧光假单胞菌生长动力学模型的可靠性<sup>[20]</sup>,对预测模型进行验证,采用准确度(Accuracy factor,  $A_f$ )和偏差度(Bias factor,  $B_f$ )来评价所建模型的准确性,利用已建立的数学模型求得7℃和15℃贮藏时,鲜切生菜中荧光



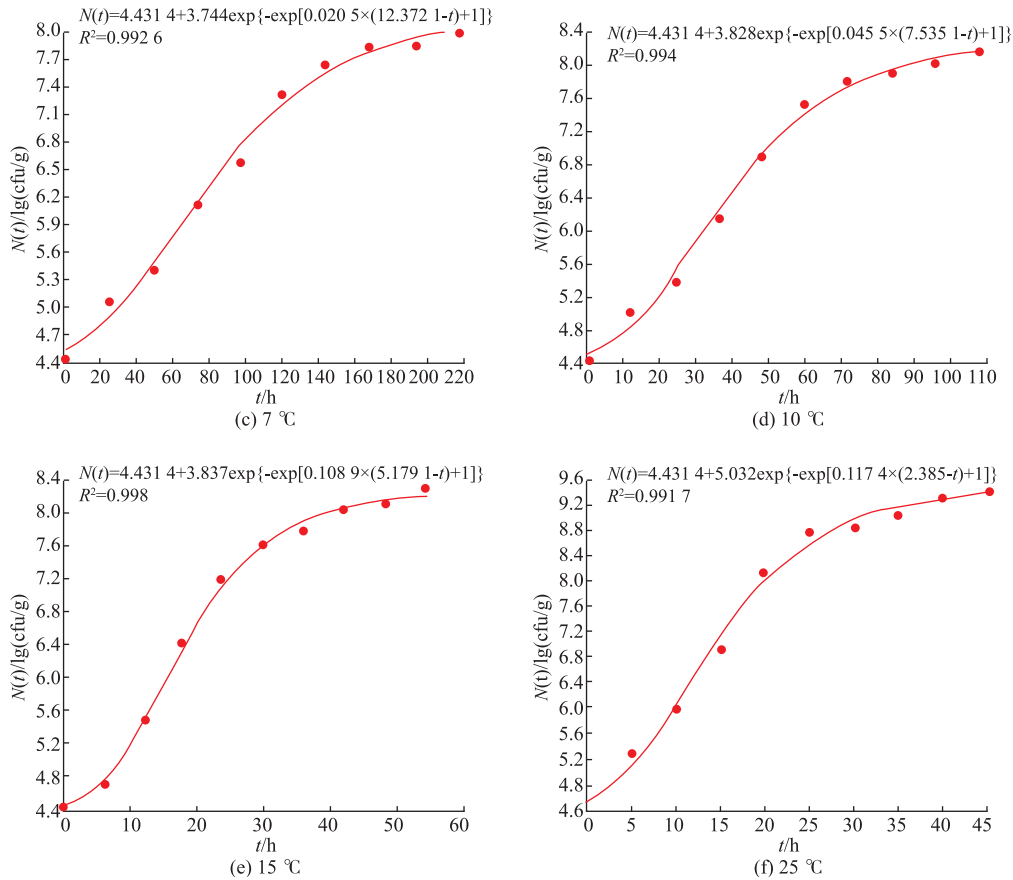


图 1 不同温度贮藏鲜切生菜荧光假单胞菌的生长动力学模型

Fig. 1 Growth kinetic models for *Pseudomonas fulva* in fresh-cut lettuce at different temperatures

表 3 鲜切生菜中荧光假单胞菌的生长动力学参数

Table 3 Growth kinetics parameters of *Pseudomonas fulva* on fresh-cut lettuce

温度/°C	$N_{max}/lg(cfu/g)$	$\mu_{max}/h^{-1}$	$\lambda/h$	$R^2$	RMSE	SSE
0	7.566 4	0.017 5	40.528 1	0.990 6	0.095 3	0.063 6
4	7.441 4	0.019 9	29.254 7	0.994	0.081 2	0.046 2
7	8.175 4	0.028 3	12.372 1	0.992 6	0.112 6	0.088 7
10	8.259 4	0.064 1	7.535 1	0.994	0.106 7	0.079 7
15	8.268 4	0.153 7	5.179 1	0.998	0.065 2	0.029 8
25	9.463 4	0.217 3	2.385	0.991 7	0.165 9	0.192 6

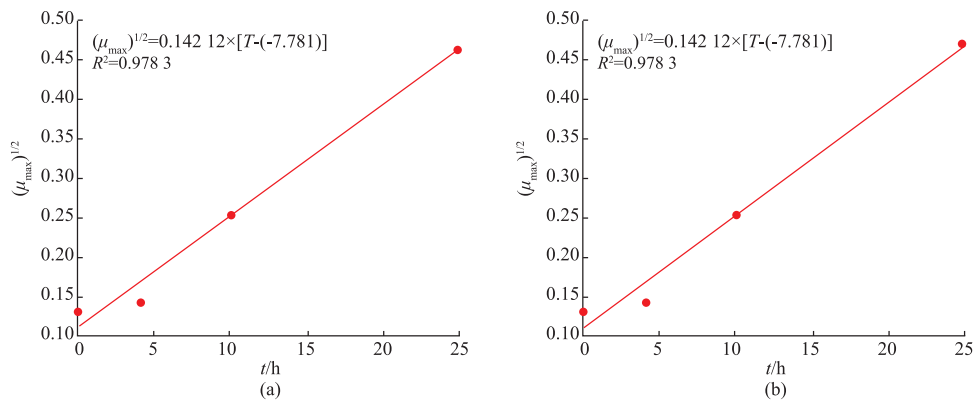


图 2 温度与最大比生长速率( $\mu_{max}$ )和迟滞时间( $\lambda$ )的关系

Fig. 2 Relationship between temperature and maximum specific growth rate( $\mu_{max}$ ) and lag time( $\lambda$ )

假单胞菌的预测值与相应温度贮藏试验中荧光假单胞菌的实际检测值对比,结果见表4。预测模型的准确度和偏差度,结果见表5。

表4 鲜切生菜在7℃和15℃贮藏时荧光假单胞菌的实测值和预测值

Table 4 Predicted and observed values of *Pseudomonas fulva* on fresh-cut lettuce stored at 7℃ and 15℃

温度/℃	时间/h	实测值/lg(cfu/g)	预测值/lg(cfu/g)
7	24	5.033 4	4.871 6
	48	5.401 4	5.444 2
	72	6.100 4	6.116 2
	96	6.587 7	6.730 4
	120	7.296 7	7.217 3
	144	7.653 2	7.552 7
15	6	4.717 7	4.750 8
	12	5.485 7	5.483 9
	18	6.401 4	6.388 8
	24	7.187 2	7.134 6
	30	7.621 1	7.629 1
	36	7.800 6	7.921 3

表5 鲜切生菜在7℃和15℃贮藏条件下荧光假单胞菌生长预测值的偏差度和准确度

Table 5 Bias and accuracy factor of predicted values of *Pseudomonas fulva* on fresh-cut lettuce stored at 7℃ and 15℃

温度/℃	试验次数 $n$	偏差度 $B_t$	准确度 $A_t$
7	6	0.995 9	1.014 9
15	6	1.002 3	1.005 6

由准确度和偏差度可知,本研究建立的预测模型对不同温度贮藏条件下鲜切生菜中荧光假单胞菌的生长情况预测效果良好。

### 2.5 剩余货架期的预测和验证

根据2.1可知鲜切生菜的最小腐败量为6.9663 lg(cfu/g),最大菌数根据表3不同温度贮藏条件下最大菌数对数值的平均值8.1827 lg(cfu/g)为指标。根据建立的优势腐败菌生长动力学模型,应用鲜切生菜初始荧光假单胞菌数量( $N_0$ )、最小腐败量( $N_s$ )和最大菌数( $N_{max}$ )建立剩余货架期,即从初始微生物数量增值到最小腐败量所需要的时间,鲜切生菜剩余货架期模型为:

$$SL = \lambda - [(8.1827 - N_0) / (\mu_{max} \times 2.718)] \times \{\ln[-\ln[(6.9663 - N_0) / (8.1827 - N_0)]] - 1\}$$

将贮藏于7℃和15℃条件下鲜切生菜的货架期和鲜切生菜货架期预测模型预测的货架期进行比较,对鲜切生菜剩余货架期预测模型进行验证。

表6是鲜切生菜在7℃和15℃条件下贮藏时货架期实测值和预测值的对比结果,相对误差分别为-12.53%和8.65%。研究表明,食品微生物预测模型误差在±25%以内的模型即可作为可靠的预测工具。因此,本试验所建立的鲜切生菜剩余货架期的预测模型具有较好的可靠性,能够有效的预测鲜切生菜的剩余货架期。

表6 鲜切生菜在7℃和15℃贮藏时货架期的实测值和预测值

Table 6 Predicted and observed shelf life for fresh-cut lettuce stored at 7℃ and 15℃

温度/℃	实测值/h	预测值/h	相对误差/%
7	84.490 7	73.9	-12.53
15	28.191 7	30.8617	9.49

注:相对误差=[(预测值-实测值)/实测值]×100%

## 3 结语

应用Gompertz模型建立了不同温度条件下贮藏鲜切生菜荧光假单胞菌的生长曲线和模型。

$$0\text{℃}: N(t) = 4.4314 + 3.135 \exp\{-\exp[0.0152 \times (40.528 - t) + 1]\}$$

$$4\text{℃}: N(t) = 4.4314 + 3.01 \exp\{-\exp[0.018 \times (29.2547 - t) + 1]\}$$

$$10\text{℃}: N(t) = 4.4314 + 3.828 \exp\{-\exp[0.0455 \times (7.5351 - t) + 1]\}$$

$$25\text{℃}: N(t) = 4.4314 + 5.032 \exp\{-\exp[0.1174 \times (2.385 - t) + 1]\}$$

应用Belehradek模型建立了温度对鲜切生菜中荧光假单胞菌最大比生长速率和迟滞时间的关系,方程分别为:

$$\sqrt{\mu_{max}} = 0.01412 \times [T - (-7.781)]$$

$$\sqrt{1/\lambda} = 0.02043 \times [T - (-6.814)]$$

根据建立的鲜切生菜中荧光假单胞菌的生长动力学模型求的7℃和15℃贮藏时的预测值,与相应温度下荧光假单胞菌的实际检测值对比来对模型进行验证,准确度和偏差度分别为1.0149、0.9959和1.0056、1.0023,建立的预测模型可以很好的预测鲜切生菜中荧光假单胞菌在7℃和15℃下的生长动态。

根据建立的优势腐败菌生长动力学模型,建立了鲜切生菜的剩余货架期的预测模型:

$$SL=\lambda-\left[(8.1827-N_0)/(\mu_{\max}\times 2.718)\right]\times\left\{\ln\left[-\ln\left[(6.9663-N_0)/(8.1827-N_0)\right]\right]-1\right\}$$

将贮藏于 7℃和 15℃条件下鲜切生菜的货架期实际值和预测值对比,相对误差分别为-12.53%和 8.65%,表明所建的鲜切生菜货架期预测模型能够真实有效地预测鲜切生菜的剩余货架期。

目前,在畜肉、水产品等食品冷链流通领域中<sup>[21-22]</sup>,已有应用特定腐败菌生长预测模型预测产品剩余货架期的研究报道,但是在鲜切生菜中的应用报道较少。有研究对酸性电解水处理鲜切生菜及气调包

装鲜切生菜中需氧细菌、大肠杆菌类、蜡样芽孢杆菌、菌落总数等进行了动力学方面的研究<sup>[23-24]</sup>。唐坚<sup>[25]</sup>采用 Gompertz 模型建立了贮藏期间生菜的微生物生长模型方程,在一级模型的基础上得到了低温下的货架期预测模型。张立奎等<sup>[26]</sup>研究了鲜切生菜在不同贮藏温度下鲜切生菜中菌落总数的变化,建立了相应的 Gompertz 函数模型。本研究建立了鲜切生菜的剩余货架期模型,为鲜切生菜货架期的快速预测奠定基础。同时,本研究仅建立了鲜切生菜中荧光假单胞菌的温度预测模型,建议下一步研究包含更多自变量的预测模型,同时采集更多的生长数据,为鲜切生菜建立更准确更可靠的货架期预测模型。

## 参考文献:

- [1] ZHANG Huajie, YE Zhihua. Research progress in quality and safety of fresh cut lettuce[J]. **Food Science**, 2010, 31(19): 399-404. (in Chinese)
- [2] TANG Aijun, LUO Jia. Effects of ultrasonic cleaning on quality of fresh-cut beans[J]. **Food Research and Development**, 2010, 31(9): 191-194. (in Chinese)
- [3] REKHY R, MCCONCHIE R. Promoting consumption of fruit and vegetables for better health. Have campaigns delivered on the goals[J]. **Appetite**, 2014, 79: 113-123.
- [4] COLAS-MEDA P, ABADIAS M, ALEGRE I, et al. Effect of ripeness stage during processing on *Listeria monocytogenes* growth on fresh-cut 'Conference' pears[J]. **Food Microbiology**, 2015, 49: 116-122.
- [5] SALTVEIT M E. Effect of methylcyclopropene on phenylpropanoid metabolism the accumulation of phenolic compounds and browning of whole and fresh-cut iceberg lettuce[J]. **Postharvest Biology and Technology**, 2004, 34(1): 75-80.
- [6] CUI Huiling, CHEN Anjun, LUO Chan, et al. Establishment of microbial growth kinetics prediction model of *S.maltophilia* in fresh-cut cabbage[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2014, 35(1): 154-159. (in Chinese)
- [7] ZHANG Min, JIE Yue. Research progress of chilling injury on post-harvest fruits and vegetables stored at low temperature[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2016, 35(1): 1-11. (in Chinese)
- [8] 戴奕杰. 冷却肉中假单胞菌生长动力模型的建立及微生物预测预报[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2011.
- [9] WANG Jun, DONG Qingli, DING Tian. An overview of evaluation methods for predictive microbial growth models[J]. **Food Science**, 2011, 32(21): 268-272. (in Chinese)
- [10] DALGAARD P, BUCH P, SILBERG S. Seafood spoilage predictor - development and distribution of a product specific application software[J]. **International Journal of Food Microbiology**, 2002, 73(2-3): 343-349.
- [11] XU Xiaoxia, CHEN Anjun, SANG Weina, et al. Isolation and Identification of spoilage bacteria of fresh-cut lettuce at different temperatures[J]. **Food and Fermentation Industries**, 2016, 42(1): 53-58. (in Chinese)
- [12] LIN Yongyan, XIE Jing, ZHU Junwei, et al. Effects of different washing agents on the preservation of fresh-cut lettuce[J]. **Food & Machinery**, 2012, 28(1): 211-213. (in Chinese)
- [13] 李除夕. 豆腐特定腐败菌研究及货架期预测模型建立[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
- [14] HUANG L. A new mechanistic growth model for simultaneous determination of lag phase duration and exponential growth rate and a new Bělehrádek-type model for evaluating the effect of temperature on growth rate[J]. **Food Microbiology**, 2011, 28(4): 770-776.
- [15] GOSPAVIC R, KREYENSCHMIDT J, BRUCKNER S, et al. Mathematical modelling for predicting the growth of *Pseudomonas* spp. in poultry under variable temperature conditions[J]. **International Journal of Food Microbiology**, 2008, 127(3): 290-297.
- [16] ZHENG Ting, DONG Pengcheng, WANG Renhuan, et al. Establishment and validation of predictive model of *Salmonella* in beef

- [J]. **Food and Fermentation Industries**, 2015, 41(7):38-44. (in Chinese)
- [17] MELLEFONT L A, MCMEEKIN T A. Performance evaluation of a model describing the effects of temperature, water activity, pH and lactic acid concentration on the growth of *Escherichia coli* [J]. **International Journal of Food Microbiology**, 2003, 8(20):45-58.
- [18] DOMINGUEZ S A, SCHAFFNER D W. Development and validation of a mathematical model to describe the growth of *Pseudomonas* spp. in raw poultry stored under aerobic conditions [J]. **International Journal of Food Microbiology**, 2007, 120(3):287-295.
- [19] MELLEFONT L A, MCMEEKIN T A. Performance evaluation of a model describing the effects of temperature, water activity, pH and lactic acid concentration on the growth of *Escherichia coli* [J]. **International Journal of Food Microbiology**, 2003, 8(20):45-58.
- [20] LI Miaoyun, SUN Lingxia, ZHOU Guanghong, et al. Prediction model for the shelf-life of chilled pork stored at different temperatures [J]. **Transactions of the CSAE**, 2008, 24(4):235-239. (in Chinese)
- [21] 沈萍. 北太平洋鲑鱼腐败菌生长动力学和货架期预测 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2015.
- [22] KOSEKI S, ITOH K. Prediction of microbial growth in fresh cut vegetables treated with acidic electrolyzed water during storage under various temperature conditions [J]. **Journal of Food Protection**, 2001, 64(12):1935-1942.
- [23] JACXSENS L, DEVLIEGHERE F, RAGAERT P, et al. Relation between microbiological quality, metabolite production and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh-cut produce [J]. **International Journal of Food Microbiology**, 2003, 83(3):263-280.
- [24] 唐坚. 生菜的冰温保鲜及微生物预测模型的初步建立 [D]. 上海: 上海师范大学, 2015.
- [25] ZHANG Likui, LU Zhaoxin, WANG Hongxi. Microorganism growth model on storage of fresh-cut lettuce [J]. **Food and Fermentation Industries**, 2004, 30(2):107-110. (in Chinese)

## 科技信息

### 欧盟制定食品和饲料安全领域的危机管理总体计划

2019年2月21日欧盟官方公报消息,2月19日,欧盟委员会发布委员会执行决定(EU)2019/300,制定《食品和饲料安全领域的危机管理总体计划》。欧盟《食品和饲料安全领域的危机管理总体计划》共7章27条,分别为:(1)总则(主题,范围,目标,定义);(2)准备的结构和程序(危机协调员,警报和信息系统,实验室,实验室培训、训练和最先进的工具,持续收集、监测和分析信息);(3)加强联盟层面的协调(需要在联盟一级加强协调的情况,加强联盟一级协调的实际程序);(4)危机单元的建立(需要建立危机单元的情况,危机单元的作用,危机单元的实际程序,危机单元的组成和运作,解决危机,危机后评估);(5)事故管理程序(主要实用程序,补充实用程序);(6)沟通机制(透明度和沟通,所有事件中的沟通策略,危机单元的具体沟通策略);(7)最后条款。该计划属于多年计划;废除委员会决议2004/478/EC;生效日期为欧盟官方公报发布后20日生效。

[信息来源]中华人民共和国海关总署. 欧盟制定食品和饲料安全领域的危机管理总体计划 [EB/OL]. (2019-2-25). <http://www.customs.gov.cn/>