

文章编号:1003-8701(2012)04-0054-03

# 鲜切猕猴桃在贮藏期间的微生物生长模型

胡守江,李保国\*,于晓博

(上海理工大学食品科学与工程研究所,上海 200093)

**摘要:**为快速、有效地评估鲜切猕猴桃的货架期和微生物安全性,提供了一个方便有效的方法。研究了在 2℃、6℃和 20℃下鲜切猕猴桃中细菌的生长趋势和感官质量的变化。采用涂布法测定细菌总数,建立微生物生长模型。结果表明:试验中所建立的 Gompertz 模型能有效地拟合在不同贮藏温度下鲜切猕猴桃中细菌总数的动态变化,从而能预测不同贮藏温度及时间内鲜切猕猴桃中的细菌总数,快速、有效地评估鲜切猕猴桃的货架期和微生物安全性。鲜切猕猴桃最佳贮藏温度为 2℃,当细菌总数 $\leq 5 \times 10^3$  cfu/g,鲜切猕猴桃仍保持新鲜状态,无明显的腐败发生。

**关键词:**鲜切猕猴桃;预测微生物学;生长模型;细菌总数;货架期

中图分类号:TS201.3

文献标识码:A

## Microorganism Growth Model in Storage of Fresh-Cut Kiwi Fruit

HU Shou-jiang, LI Bao-guo\*, YU Xiao-bo

(Institute of Food Science and Engineering, Shanghai Science and Technology University, Shanghai 200093, China)

**Abstract:** In order to provide a powerful tool to rapidly and accurately predict the shelf-life of fresh-cut kiwi fruit and evaluate microbiological safety, the growth trend of bacteria and change of sensory quality of fresh-cut kiwi fruit were studied during the storage at 2, 6 and 20°C. Then microorganism growth model was established by using coating method. The results showed that the Gompertz model were effectively to imitate the dynamic change of number of bacteria during different storage temperatures. Thus the Gompertz model can rapidly and accurately predict the total bacterial count and shelf-life of fresh-cut kiwi fruit and evaluate microbiological safety. For fresh-cut kiwi fruit keeping fresh and free from serious browning, the optimum storage temperature was 2°C and the total number of bacteria was less than  $5 \times 10^4$  cfu/g.

**Keywords:** Fresh-cut kiwi fruit; Predictive microbiology; Growth model; Total bacteria; Shelf-life

鲜切水果(fresh-cut fruits)是对新鲜水果进行清洗、去皮(去核)、切分、浸泡、包装等处理,使产品保持生鲜状态的制品。新鲜猕猴桃经切割后,会使营养物质外流,促进微生物的生长繁殖,同时切割增加了微生物对猕猴桃的污染机会,不利于保持猕猴桃品质,缩短了货架期<sup>[1]</sup>。近年来,随着人们生活水平的提高和生活习惯的改变,大都市如上海、北京等,中央厨房的发展,鲜切果蔬配送

酒店、饭店,西式沙拉消费等快速增长,鲜切果蔬越来越受到消费者青睐<sup>[2]</sup>。

预测食品微生物学(Predictive Microbiology)是以建立各种食品微生物在不同条件下的特征信息库为基础,应用计算机配套软件判断食品内微生物生长或残存的动态变化的预测方法,能快速、真实地评估食品的质量和安全性<sup>[3]</sup>。目前,预测微生物学在食品工业中主要应用于确定食品的货架期和评估食品的安全性。影响食品货架期的环境因素有很多,如温度、水分活度、pH等,其中温度是唯一不受食品包装类型影响的环境因子<sup>[4]</sup>。

本文以鲜切猕猴桃为研究对象,主要研究了不同贮藏温度下鲜切猕猴桃中细菌总数的动态变

收稿日期:2012-03-24

基金项目:上海市农业成果转化项目(113919N0400);上海市重点学科建设项目(S30503)

作者简介:胡守江(1987-),男,硕士研究生,研究方向:食品科学。

通讯作者:李保国,博士,教授,E-mail:lbaoguo@126.com

化,采用 Origin 数据分析软件,建立相应的 Gompertz 函数模型,从而为预测鲜切猕猴桃的货架期提供有效的工具。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供试原料为新鲜、无病虫害、无机械损伤的成熟猕猴桃,购自上海市杨浦果品批发市场。

鲜切猕猴桃制备工艺流程:新鲜猕猴桃→去皮、切片(纵切成 4~6 mm 的薄片)→包装(0.04 mm LDPE 保鲜膜,每袋 100 g)→贮藏(2℃、6℃、20℃)→测细菌总数。

主要试剂:NaCl(分析纯)、牛肉膏、蛋白胨、琼脂。

主要仪器设备:BCD-189S 冰箱(松下电器有限公司)、MJ-180B-II 恒温培养箱(上海跃进医疗器械厂)、YXQ-LS-SII 型全自动立式电热压力蒸汽灭菌器(上海博迅实业有限公司医疗设备厂)、MP5002 电子天平(上海精密仪器仪表有限公司)、SSW-CJ-1C 净化工作台、SSW-420-2S 电热恒温水浴锅(上海博迅实业有限公司医疗设备厂)、101A-2S 型数显不锈钢电热鼓风干燥箱(上海锦屏仪表有限公司通州分公司)。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 细菌总数测定

涂布法(营养琼脂培养基)<sup>[5]</sup>。无菌操作,称取 10 g 样品置于 90 mL,浓度为 0.85%的灭菌生理盐水中,充分振摇,作 10 倍稀释,选择 2~3 个适宜稀释度,各取 0.1 mL 稀释液加入已制备的平板进行涂布,每个稀释度做 3 个平行。倒置于(36±1)℃恒温培养箱中培养 24 h 后菌落记数。计算平板内菌落数目,乘以稀释倍数,即得每克样品所含菌落总数(单位为 cfu/g)。

#### 1.2.2 感官质量评定

采用数字化评分方法<sup>[6]</sup>。9 分为极好、新鲜、无腐败;7 分为较好、新鲜、稍有腐败迹象;5 分为尚好、明显腐败;3 分为腐败较重,不可食用;1 分以下为极差,不可食用。

#### 1.2.3 生长模型的建立

采用 Origin 数据分析软件分析数据,建立响应变量  $Y = \text{Log}N_t/N_0$  ( $N_t$  为贮藏期间的细菌总数,  $N_0$  为贮藏前的细菌总数)对贮藏时间  $t$  的数学模型<sup>[8]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 鲜切猕猴桃在贮藏期间的细菌生长规律

鲜切猕猴桃在 2℃、6℃ 和 20℃ 下贮藏 10 d

表 1 鲜切猕猴桃在 2℃、6℃、20℃ 下贮藏期间的细菌总数

贮藏天数(d)	2℃		6℃		20℃	
	细菌总数(cfu/g)	Log $N_t/N_0$	细菌总数(cfu/g)	Log $N_t/N_0$	细菌总数(cfu/g)	Log $N_t/N_0$
0.0	2.13×10 <sup>2</sup>	0.000	2.13×10 <sup>2</sup>	0.000	2.13×10 <sup>2</sup>	0.000
0.5	1.56×10 <sup>2</sup>	-0.135	1.75×10 <sup>2</sup>	-0.085	3.20×10 <sup>2</sup>	0.177
1.0	1.43×10 <sup>2</sup>	-0.173	1.89×10 <sup>2</sup>	-0.052	5.50×10 <sup>2</sup>	0.412
1.5	1.61×10 <sup>2</sup>	-0.122	2.28×10 <sup>2</sup>	0.030	3.60×10 <sup>3</sup>	1.228
2.0	2.03×10 <sup>2</sup>	-0.021	3.10×10 <sup>2</sup>	0.163	4.90×10 <sup>3</sup>	1.362
2.5	3.80×10 <sup>2</sup>	0.251	5.60×10 <sup>2</sup>	0.420	9.30×10 <sup>3</sup>	1.640
3.0	7.40×10 <sup>2</sup>	0.541	8.70×10 <sup>2</sup>	0.611	1.42×10 <sup>4</sup>	1.824
3.5	8.60×10 <sup>2</sup>	0.606	9.60×10 <sup>2</sup>	0.654	6.70×10 <sup>4</sup>	2.498
4.0	1.68×10 <sup>3</sup>	0.897	1.54×10 <sup>3</sup>	0.859	5.30×10 <sup>4</sup>	2.396
4.5	1.97×10 <sup>3</sup>	0.966	2.72×10 <sup>3</sup>	1.106	1.45×10 <sup>5</sup>	2.833
5.0	2.02×10 <sup>3</sup>	0.977	5.10×10 <sup>3</sup>	1.379	1.27×10 <sup>5</sup>	2.775
5.5	2.70×10 <sup>3</sup>	1.103	1.25×10 <sup>4</sup>	1.769	1.44×10 <sup>5</sup>	2.830
6.0	4.40×10 <sup>3</sup>	1.315	2.62×10 <sup>4</sup>	2.090	1.59×10 <sup>5</sup>	2.873
6.5	4.80×10 <sup>3</sup>	1.353	3.70×10 <sup>4</sup>	2.240		
7.0	5.30×10 <sup>3</sup>	1.396	4.20×10 <sup>4</sup>	2.295		
7.5	7.50×10 <sup>3</sup>	1.547	3.30×10 <sup>4</sup>	2.190		
8.0	6.40×10 <sup>3</sup>	1.478	4.90×10 <sup>4</sup>	2.362		
8.5	9.30×10 <sup>3</sup>	1.640	4.70×10 <sup>4</sup>	2.344		
9.0	8.20×10 <sup>3</sup>	1.585	5.20×10 <sup>4</sup>	2.388		
9.5	9.60×10 <sup>3</sup>	1.654	4.10×10 <sup>4</sup>	2.284		
10.0	1.07×10 <sup>4</sup>	1.701	5.30×10 <sup>4</sup>	2.396		

所测的细菌总数见表 1。从表 1 可看出,不同的贮藏时间,细菌总数不同。在 2℃ 和 6℃ 下贮藏时,鲜切猕猴桃的细菌总数均随贮藏时间的延长呈先减少后增加的趋势,这是由于鲜切猕猴桃中的一些嗜温菌不能耐受低温而受到抑制死亡,而一些嗜

冷菌要经历一个适应期。随着贮藏期的延长,鲜切猕猴桃中的嗜冷菌利用其营养成分开始生长、繁殖,从而使细菌总数又呈现增加的趋势。在 6℃ 贮藏时细菌总数的减少量小于 2℃ 贮藏的,这是由于 6℃ 比 2℃ 温度高一些,因而抑制或致死细菌的

数量少。20℃贮藏时,鲜切猕猴桃中的微生物一直呈增加趋势,这是由于在该温度下,鲜切猕猴桃中的嗜温菌、嗜冷菌均能够生长繁殖,从而使细菌总数一直呈增加趋势。随着细菌总数的增加,组织腐烂的程度加重。在2℃条件下,到第8d时,鲜切猕猴桃已腐烂,失去食用价值。

2.2 细菌生长模型的建立

根据贮藏期间所检测的细菌总数,采用 Origin 数据分析软件分析数据,建立了2℃、6℃和20℃下鲜切猕猴桃在贮藏期间的细菌生长模型(表2)。

表2 真空预冷处理的鲜切猕猴桃在2℃、6℃、20℃下贮藏期间的细菌生长模型

贮藏温度	细菌生长模型
2℃	$Y=1.6620 \times \exp[-\exp(2.1465-0.5895t)]$ , 如图1
6℃	$Y=2.5098 \times \exp[-\exp(2.3466-0.6072t)]$ , 如图2
20℃	$Y=3.0186 \times \exp[-\exp(1.2949-0.7518t)]$ , 如图3

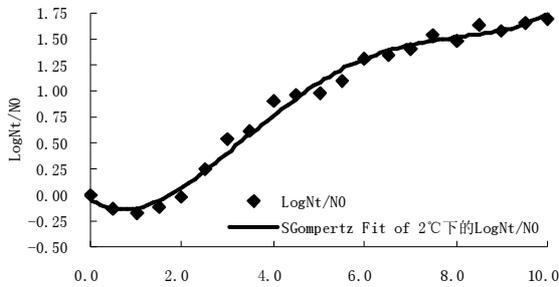


图1 2℃下的微生物生长模型的拟合曲线

表明:2℃时,  $F=798.04 > F_{0.01}(2, 18)=6.01$ ; 6℃时,  $F=1310.80 > F_{0.01}(2, 18)=6.01$ ; 20℃时,  $F=690.10 > F_{0.01}(2, 10)=7.56$ ,表明所建模型在3个贮藏温度下均达到了极显著水平( $\alpha=0.01$ ),从而能有效地拟合在2℃、6℃和20℃贮藏期间鲜切猕猴桃中细菌总数的动态变化。

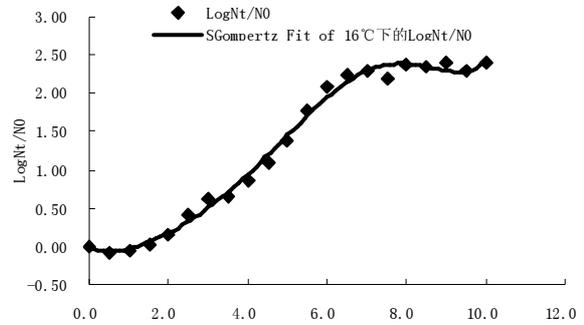


图2 6℃下的微生物生长模型的拟合曲线

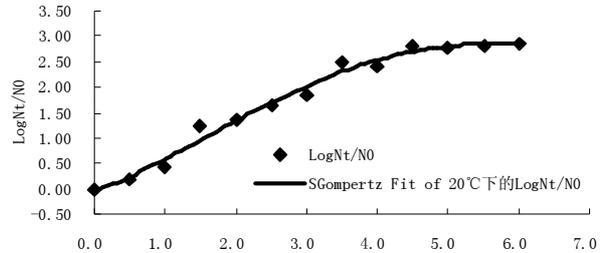


图3 20℃下的微生物生长模型的拟合曲线

建立的回归方程方差分析,结果见表3。结果

表3 回归方程方差分析表

贮藏温度	方差来源	自由度	平方和	均方	F值	显著性
2℃	回归	2	25.4209	8.4736	798.0362	**
	剩余	18	0.1911	0.0106		
	总变异	20	25.6120			
		R=0.97694			R <sup>2</sup> =0.95441	
6℃	回归	2	54.9334	18.3111	1310.8000	**
	剩余	18	0.2515	0.01397		
	总变异	20	55.1848			
		R=0.98554			R <sup>2</sup> =0.97129	
20℃	回归	2	53.2931	17.7644	690.1030	**
	剩余	10	0.2574	0.02574		
	总变异	12	53.5505			
		R=0.97694			R <sup>2</sup> =0.95441	

2.3 鲜切猕猴桃的感官质量变化

鲜切猕猴桃在2℃、6℃和20℃下贮藏的感官质量评价得分见表4。不同贮藏温度下,鲜切猕猴桃

的组织开始腐败和出现霉斑的时间不同。20℃下贮藏2d,鲜切猕猴桃就开始发生腐败;6℃下贮藏5d,发生腐败现象;2℃下贮藏7d,才发生腐

表4 鲜切猕猴桃在不同贮藏温度下的感官质量评分

贮藏温度	贮藏时间(d)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2℃	9.5	9	9	8.5	7.5	6	5	4.5	4	3
6℃	9	7.5	6	5.5	5	4	3.5	3	2	1
20℃	7	5	3	2	2	1				

变得不稳定。

参考文献：

- [1] 毕宝德. 土地经济学[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2003.
- [2] 范金梅. 土地整理效益评价研究[J]. 中国土地, 2003(10): 14-15.
- [3] 张正峰. 土地整理潜力与效益评价[M]. 北京: 知识产权出版社, 2005.
- [4] P. bonfanti, A. Fregonese, M. Sigura. Landscape. Analysis in Areas Affected by land consolidation[J]. Landscape and Urban planning, 1997(37): 91-98.
- [5] Machito Mihara. Effects of Agriculture Land Consolidation on Erosion Processes in Senti-Mountainous Paddy Field of Japan Agric[J]. Engng Res, 1996(64): 237-238.
- [6] 王 军, 罗 明, 龙花楼. 土地整理生态评价的方法与案例

[J]. 自然资源学报, 2003, 18(3): 363-367.

- [7] 高 向, 罗 明, 张惠远. 土地利用和覆被变化(LUCC)研究与土地整理[J]. 农业工程学报, 2001, 17(4): 151-155.
- [8] 趁百明. 土地资源学概论[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999.
- [9] 胡廷兰, 杨志峰. 农用土地整理的生态效益评价方法[J]. 2004, 5(9): 275-280.
- [10] 高志强, 刘纪远, 庄大方. 中国土地资源生态环境质量状况分析[J]. 自然资源学报, 1999(1): 95.
- [11] Saaty T.L. The analytical hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation [M]. New York: McGraw Hill, 1980.
- [12] 林俊钦, 叶渭贤, 刘凯昌. 澳门海岛重植林工程生态效益评价[J]. 中南林业调查规划, 2002, 21(4): 49-51.

(上接第 56 页)败现象。根据表 1 和表 4 的结果可以看出, 当细菌总数  $\leq 5 \times 10^3$  cfu/g 时, 鲜切猕猴桃不会发生明显的腐败现象。

### 3 讨 论

本试验所建立的 Gomperts 模型, 能够有效地拟合不同贮藏温度下细菌的生长动态变化。假设已知鲜切猕猴桃的初始菌数和贮藏温度, 利用相应的 Gomperts 模型则可以预测其在不同贮藏时间内, 鲜切猕猴桃的细菌总数, 同时结合其感官质量情况, 预测其货架期, 保证其安全性。

微生物对组织的破坏是引起组织腐烂最重要的因素。引起鲜切水果的腐烂的微生物主要有革兰氏阴性细菌和少量的酵母<sup>[7]</sup>。其中细菌主要有欧文氏菌属(Erwinia)和假单胞菌属(Pseudomonas)。尤其是欧文氏菌, 在低温下也能生长, 它们能够分泌果胶酶, 降解果胶, 从而破坏细胞组织, 因此也能危害低温贮藏中的果蔬<sup>[8]</sup>。

低温可降低鲜切水果的呼吸强度, 抑制微生物生长繁殖, 减少腐败的速率, 从而保证其安全性, 提高鲜切水果的品质以及延长其货架期。本试验结果表明, 在 2℃ 下贮藏 7 d 的细菌总数比在 20℃ 下贮藏 4.5 d 少 2 个数量级, 同时 2℃ 下的细菌生长速度最慢, 而 20℃ 下的细菌生长速度最快, 当细菌总数  $\leq 5 \times 10^3$  cfu/g 时, 鲜切猕猴桃不会发生腐败现象。因此, 鲜切猕猴桃在 2℃ 保藏, 可有效抑制细菌生长, 减少由微生物引起的品质变化, 延长鲜切猕猴桃的货架期。

参考文献：

- [1] 王俊宁, 饶景萍, 任小林. 切割蔬菜加工与贮藏的研究进展[J]. 西北农林科技大学学报, 2002, 30(1): 141-147.
- [2] 齐 正, 李保国, 王 欣, 等. 果蔬清洗杀菌技术研究新进展[J]. 中国消毒学杂志, 2006, 23(5): 52-57.
- [3] J. acxsens L, Devlieghere F, Debevere J P. Predictive modeling design: equilibrium modified atmosphere packages of fresh-cut vegetables subjected to a simulated distribution chain [J]. International Journal of Food Microbiology, 2000(73): 331-341.
- [4] 王 军, 董庆利, 丁 甜. 预测微生物模型的评价方法[J]. 食品科学, 2011, 32(21): 268-272.
- [5] 张立奎, 陆兆新, 汪宏喜. 鲜切生菜在贮藏期间的微生物生长模型[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(2): 107-110.
- [6] 曾顺德, 张迎君, 漆巨容, 等. 鲜切“翠冠”梨涂膜保鲜研究[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 318-320.
- [7] 南海娟, 高愿军. 鲜切水果保鲜研究进展 [J]. 食品与机械, 2005, 22(4): 66-68.
- [8] R. Ahvenainen. New approaches in improving the shelf-life of minimally processed fruit and vegetables[J]. Trends in Food Science and Technology, 1996(7): 179-186.
- [9] 徐天宇. 食品微生物生长预测模型 [J]. 食品科学, 1995, 16(1): 17-23.
- [10] M R Corbo, C Altieri, D D Amato, et al. Effect of temperature on shelf-life and microbial population of lightly processed cactus pear fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2004(31): 93-104.
- [11] 关新强. 鲜切果蔬的微生物控制 [J]. 新疆化工, 2004(3): 51-53.
- [12] 柏 林, 郭剑飞, 欧 杰. 预测微生物学数学建模的方法构建[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 52-57.
- [13] 白凤翎, 马春颖, 刘 岩, 等. 食品中微生物卫生标准相关性研究[J]. 食品科学, 2006, 27(11): 139-142.