

鲜切小白菜和生菜不同贮藏温度 下货架期预测模型的建立

高灿灿,刘佳玫,陆兆新,吕凤霞,张 充,赵海珍,别小妹*
(南京农业大学食品科学与技术学院,江苏南京 210095)

摘要:为研究鲜切小白菜和鲜切生菜在贮藏期间的品质变化,并预测其货架期,本文以鲜切小白菜和鲜切生菜为研究对象,对其贮藏期间的感官品质、细菌总数和大肠菌群数变化进行研究,并以细菌总数为自变量对低温与室温下鲜切小白菜和生菜货架期预测模型进行拟合。结果显示,在4℃与25℃下贮藏时间分别为10 d与3 d时,两种蔬菜的感官评价均大于5分,超过了消费者接受范围,细菌总数和大肠菌群数也在该贮藏时间时超出了标准规定范围,得出鲜切小白菜和鲜切生菜在4℃与25℃下的货架期终点分别为10 d与3 d;低温与室温下鲜切小白菜和鲜切生菜货架

期预测模型拟合结果分别为: $SL_{4℃} = \frac{\ln\left\{\ln\left[\frac{5.096}{(N_t-1.990)}\right]\right\}-1}{0.279} + 7.452$ 和 $SL_{25℃} = \frac{\ln\left\{\ln\left[\frac{3.621}{(N_t-3.651)}\right]\right\}-1}{1.124} + 1.512$;两个

预测模型的偏差因子分别为0.979和1.001,准确因子分别为1.050和1.040,表明所建立的模型是有效的。

关键词:鲜切小白菜,鲜切生菜,微生物,货架期模型

Quality changes and construction of shelf life prediction model about microbial of fresh-cut leafy vegetables

GAO Can-can, LIU Jia-mei, LU Zhao-xin, LV Feng-xia, ZHANG Chong, ZHAO Hai-zhen, BIE Xiao-mei*

(College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: In order to study the changes in the quality of fresh-cut cabbage and fresh-cut lettuce during storage and predict the shelf life, fresh-cut cabbage and fresh-cut lettuce were researched on their quality and microbial indicators, including colony-forming unit (CFU) and the number of coliform bacteria. With CFU as the independent variable, the shelf life prediction models at 4℃ and 25℃ were calculated. The results showed that when stored after 10 d and 3 d at 4℃ and 25℃ respectively, the quality evaluation were reached at 5, which were unacceptable to consumers; and the number of total bacterial count and coliform bacteria beyond standards. According to these indicators, the shelf life were found out to be 10 d and 3 d at 4℃ and 25℃ separately. The shelf life prediction

models at 4℃ and 25℃ were $SL_{4℃} = \frac{\ln\left\{\ln\left[\frac{5.096}{(N_t-1.990)}\right]\right\}-1}{0.279} + 7.452$ and $SL_{25℃} = \frac{\ln\left\{\ln\left[\frac{3.621}{(N_t-3.651)}\right]\right\}-1}{1.124} + 1.512$,

respectively. The deviation factor, 0.979 and 1.001, and accurate factor, 1.050 and 1.040, showed that the models were effective. They provided a theoretical basis for the calculation of shelf life of fresh-cut cabbage and fresh-cut lettuce.

Key words: fresh-cut cabbage; fresh-cut lettuce; microbial; shelf life prediction model

中图分类号: TS255.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016)19-0334-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.19.057

鲜切果蔬是以新鲜水果或者蔬菜为原料,经清洗、去皮、切割、修整、包装等加工过程而制成的即食产品^[1]。目前,鲜切果蔬以每年10%的销售增速迅猛发展^[2]。食品货架期是指食品在贮藏期间,能够保持安全与理想的感官、理化和微生物特性及保留

标签营养值的时间^[3]。鲜切果蔬的货架期长短主要表现在感官品质上^[4-5],起因主要是微生物。因为果蔬经过分割后,营养物质大面积暴露,加速了微生物的侵袭与增殖^[6],而微生物生长是导致鲜切果蔬产品腐败变质的主要因素,所以说影响鲜切果蔬的货架

收稿日期: 2016-04-08

作者简介: 高灿灿(1991-),女,硕士研究生,研究方向:食品微生物与生物技术, E-mail: 2013108084@njau.edu.cn。

* 通讯作者: 别小妹(1964-),女,博士,教授,研究方向:食品微生物与生物技术, E-mail: bxm43@njau.edu.cn。

基金项目: 国家自然科学基金(31271828)。

表1 鲜切小白菜和生菜感官评价标准
Table 1 Scale for sensory evaluation of fresh-cut cabbage and lettuce

评分	颜色	形态	气味	质地
10	鲜绿,明亮有光泽	叶片、茎部平整,形态饱满,水分充足	典型的新鲜青菜味	青菜叶片及叶梗硬挺,饱满
7~9	绿色,光泽减弱	叶片边微卷,茎部平整	典型青菜味减弱,没有异味	叶片及叶梗较硬挺,但是可食部分些许失水
5~6	绿色,小部分外层叶片泛黄	叶片边微卷,茎部微萎焉,梗与根连接完好	青菜味继续减弱,伴随异味	硬度继续下降,失水增多,部分叶片叶梗少软化
3~4	叶片黄化加重,有些叶片黄绿色黄化率 < 1/3	叶边卷曲增多,茎部萎焉,外层叶梗开始脱落,有些叶片出现老化	叶片稍有腐烂或发酵的味道	可食部分萎焉率 < 1/3
0~2	黄化率 ≥ 1/3,无光泽	叶边卷曲增多,茎部萎焉,梗与根分离,老化腐烂比例增大	腐烂味加重	可食部分腐烂,萎焉率 ≥ 1/3

期的主要因素是微生物^[7-10]。因此,了解和控制鲜切果蔬上的微生物的生长情况是检测和提高食品品质的关键。

近年来,国内外对微生物预测模型在鲜切蔬菜质量控制中的应用进行了大量的研究,Zwietering等^[11]比较了描述微生物S型曲线的Gompertz、Richards、Srnard、Schnute、Logistic等模型,认为修正的Gompertz模型拟合最佳。此外,田梦琦等^[12]应用修正的Gompertz模型,对鲜切水芹优势菌的生长曲线进行拟合,并通过偏差度和准确度分析建立的模型是有效的。Lu等^[13]研究了常温下鲜切莴苣上需氧微生物(Aerobic mesophilic bacteria)的生长情况,利用修正的Gompertz模型描述了0、4、25℃条件下该菌的生长情况,通过模型曲线可以看出,经氯处理的鲜切莴苣贮藏于0℃条件下可有效延长产品的货架期。Corbo等^[14]利用修正的Gompertz模型拟合了鲜切梨在不同温度下细菌的生长情况,得出当鲜切梨贮藏于低温环境时货架期可达到8d。可见修正的Gompertz模型可以准确地描述及确定鲜切果蔬货架期^[15-19]。

本研究以鲜切小白菜和生菜为主要研究对象,分析其贮藏期间感官品质与微生物生长情况的变化以确定其货架期终点;在此基础上利用修正的Gompertz模型建立其微生物生长预测模型,并据此计算得出鲜切小白菜和生菜的货架期预测模型,为其贮藏与流通提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料及仪器

新鲜小白菜、生菜 南京农贸市场;药品试剂均为分析纯 国药集团。

CTH-150B 恒温恒湿箱 施都凯仪器设备有限公司;SW-OJ-1FD 洁净工作台 苏州净化设备有限公司;DRP-9162 电热恒温培养箱 上海森信实验仪器有限公司;D-37520 离心机 美国 Thermo 公司;LDZX-50 KBS 灭菌锅 上海申安医疗器械厂;HYL-A 全温摇瓶柜 太仓市强乐实验设备厂。

1.2 鲜切菜的制备

从农贸市场购进当天采摘的新鲜小白菜、生菜,立即运回实验室;挑选大小相近、外观完好、无组织

损伤、颜色鲜绿的蔬菜,参考文献[5]的方法,用清水清洗,经150 mg/L NaClO 溶液杀菌10 min,用清水淋洗,晾干后切分,每PE保鲜袋装150 g;分别贮藏于4℃和25℃恒温恒湿箱内。

1.3 实验设计

根据预实验结果设定检测频率,其中25℃贮藏组每1d检测一次,检测终点为贮藏第5d;4℃贮藏组每3d检测一次,检测终点为贮藏第15d。每次检测设三个平行。

1.4 感官评价

根据文献An^[20]和Li^[21]等的感官评价标准,结合叶菜的特点制定感官评价标准(表1)。

1.5 微生物指标测定

细菌总数的测定:按GB4789.2-2010方法测定。大肠菌群数的测定:按GB4789.3-2010中平板计数法测定。

1.6 鲜切小白菜和生菜关于细菌总数的货架期模型的建立

应用修正的Gompertz函数^[11]拟合:

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

式中t为时间(h); N_{\max} 、 N_0 为最大和初始微生物数量(lg CFU/g); μ_{\max} 为细菌的最大比生长速率;Lag为细菌生长延滞时间(h)。

利用建立的模型求得预测值,与实际实验值比较,采用准确因子(A_f)和偏差因子(B_f)来验证所建预测模型的可靠性^[22]。 A_f 和 B_f 分别表示为:

$$A_f = 10^{\frac{\sum \lg(N_t/N_{pc})}{n}} \quad \text{式(2)}$$

$$B_f = 10^{\frac{\sum \lg(N_t/N_{obs})}{n}} \quad \text{式(3)}$$

式中: N_{obs} 是实验实测值; N_{pc} 是采用预测模型得到的与 N_{obs} 同一时间所对应的预测值;n是实验次数。其中, B_f 在0.90~1.05间表明模型准确性高,误差小;在0.70~0.90及1.06~1.15间表明模型精确度可接受,但误差较大;小于0.70或大于1.15表明模型不可靠,不能用于模拟描述微生物生长等状况。

1.7 数据统计分析

实验数据采用origin 9软件分析。

2 结果与分析

2.1 室温条件下鲜切小白菜和生菜的感官品质与微生物数量变化

首先,从感官品质分析,由图 1A 可以看出,在室温条件下,鲜切小白菜与鲜切生菜在第 3 d 结束时感官评分均低于 5 分,即消费者将拒绝购买该评分等级的鲜切小白菜和生菜。表明鲜切小白菜和生菜在室温下的贮藏期不超过 3 d。

其次,从微生物指标分析,如图 1B 所示,鲜切生菜与鲜切小白菜的细菌总数曲线均在第 3~4 d 时其斜率达到最大,即细菌总数增长速率达到最大,且细菌总数 $> 10^5$ CFU/g, 超过食品中细菌总数 $< 10^5$ CFU/g 的标准,也表明鲜切小白菜和生菜在室温下的贮藏期不超过 3 d。

图 1C 显示,室温贮藏期间,大肠菌群数不断增加,但大肠菌群的增长速率与细菌总数的增长速率有明显不同。前期(1~3 d)大肠菌群并没有表现出较快的增长,但在 4~5 d 时,鲜切小白菜上大肠菌群数从 2.49 lg CFU/g 增长到 5.11 lg CFU/g,鲜切生菜上的大肠菌群数从 3.61 lg CFU/g 增长到 5.74 lg CFU/g。大

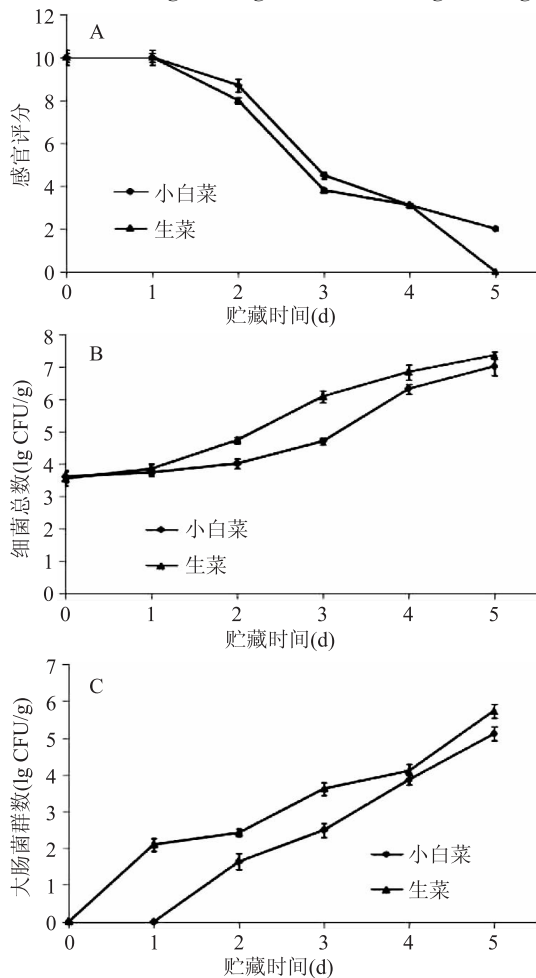


图 1 25 °C 下鲜切小白菜和生菜的品质变化

Fig.1 Quality changes of fresh-cut cabbage and lettuce stored at 25 °C

注:A 为感官品质变化,B 为细菌总数变化, C 为大肠菌群数变化。

肠菌群滞后爆发可能与假单胞菌、欧文氏菌^[26]、成团泛菌^[27]、微小杆菌^[28]等优势菌群有关。这说明鲜切小白菜和生菜上优势腐败菌在贮藏期 3 d 时达到最大生长速率,将对产品的品质造成极大影响。

由图 1B 和图 1C 可以看出,贮藏期间鲜切生菜的细菌总数与大肠菌群数均大于鲜切小白菜。在贮藏过程中也发现,鲜切生菜品质下降主要表现为叶片腐烂,而鲜切小白菜主要表现为萎蔫、泛黄,后期才表现为叶片腐烂。分析其原因是生菜的含水量较高,经损伤性加工后导致较多的胞液及营养物质外泄^[23-24],致使微生物迅速增长,造成腐败^[25]。

所以,通过对感官品质和微生物指标综合分析得出,室温条件下的鲜切小白菜和生菜货架期为 3 d。

2.2 低温条件下鲜切小白菜和生菜的感官品质与微生物数量变化

首先,从感官品质方面分析(如图 2A),鲜切小白菜和生菜在低温条件下,贮藏 0~3 d 内感官品质变化不明显。贮藏 3~6 d 时,两种叶菜组织切割部位有轻微的变化,尤其是生菜切割部位有小范围的红变。贮藏 6~9 d 时,小白菜颜色变暗,极少菜叶出现黄变现象,仍保持一定的新鲜程度;生菜切割部位红变范围变大。贮藏 9~12 d 时,小白菜菜叶多数黄变,并部分出现褐色斑点;生菜红变范围扩大,尤其是主叶脉部位已超出可食用范围。所以从感官品质来判定鲜切小白菜和鲜切生菜低温贮藏的货架期应在 9~12 d 范围内。在第 10 d 时达到室温下贮藏 3 d 的感官指数,即感官评分低于 5 分,所以根据感官评分确定鲜切小白菜和生菜在低温下的货架期不超过 10 d。

其次,从微生物角度分析(图 2B、2C),低温贮藏 9~12 d 时,细菌总数达到 10^5 CFU/g,与室温贮藏 3 d 时情况一致;大肠菌群数达到 800 CFU/g 左右,达到了食品微生物限量规定的界限。与室温贮藏对比后确定鲜切小白菜和生菜在低温下的货架期不超过 10 d。这与感官指标判定结果一致。

所以,通过与室温条件下的感官品质和微生物指标相比较得出,低温条件下的鲜切小白菜和生菜货架期为 10 d。

本研究在判定鲜切小白菜和生菜货架期终点是采用以感官评分为主,以细菌总数、大肠菌群数指标为辅,综合分析。不同于其他以叶绿素含量、木质素含量、感官品质与微生物数量分别计算出不同的货架期的研究^[12],本研究是以消费者是否接受为出发点,多项指标综合分析能更准确判定鲜切小白菜和生菜的货架期终点。

2.3 针对细菌总数建立鲜切小白菜和生菜货架期预测模型

查阅文献得知,鲜切果蔬品质指标的变化除自身呼吸作用消耗的一小部分外,绝大部分均是由微生物的生长造成的^[25]。而且,在 2.1 与 2.2 中可以看出,鲜切小白菜和生菜的腐败并不主要是大肠菌群或其他某种特定腐败菌造成的。因为鲜切小白菜和生菜上微生物的生长均是以分解它们的营养物质为

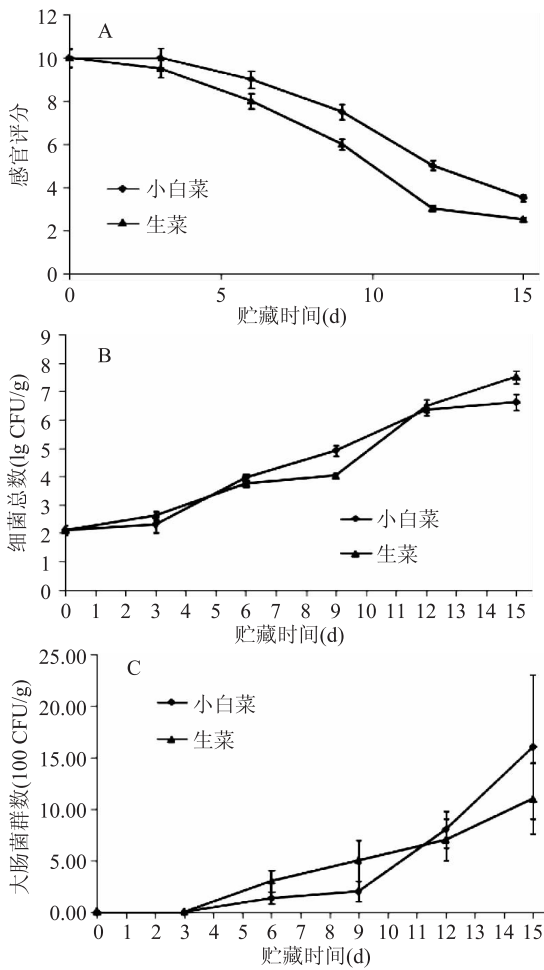


图2 4 °C下鲜切小白菜和生菜的品质变化

Fig.2 Quality changes of fresh-cut cabbage and lettuce stored at 4 °C

注:A为感官品质变化,B为细菌总数变化,C为大肠菌群数变化。

前提,都将造成产品腐败。所以,单以某一特殊微生物的数量为依据对产品货架期进行预测具有一定的片面性。本研究采用细菌总数作为自变量建立不同贮藏温度下鲜切小白菜和生菜的货架期计算模型,更全面、准确。

为扩大模型适用范围,将鲜切小白菜和生菜与鲜切小白菜实测值统一研究,建立适用于鲜切小白菜和生菜的货架期模型。根据室温和低温下鲜切小白菜和生菜上细菌总数的实测值,采用修正的Gompertz函数拟合其生长曲线,拟合曲线如图4。

采用修正的Gompertz函数拟合得到如下方程,低温条件下拟合方程:

$$N_t = 1.990 + 5.096 \times \exp \{ -\exp [0.279 \times (2.548 - t) + 1] \} \quad \text{式(4)}$$

室温条件下拟合方程:

$$N_t = 3.651 + 3.621 \times \exp \{ -\exp [1.124 \times (1.488 - t) + 1] \} \quad \text{式(5)}$$

由表2可知,在低温和室温条件下贮藏所得到的相关系数 R^2 分别为0.988和0.962,说明修正的Gompertz方程(4)、(5)能很好的拟合鲜切小白菜和生菜上细菌总数增长曲线。

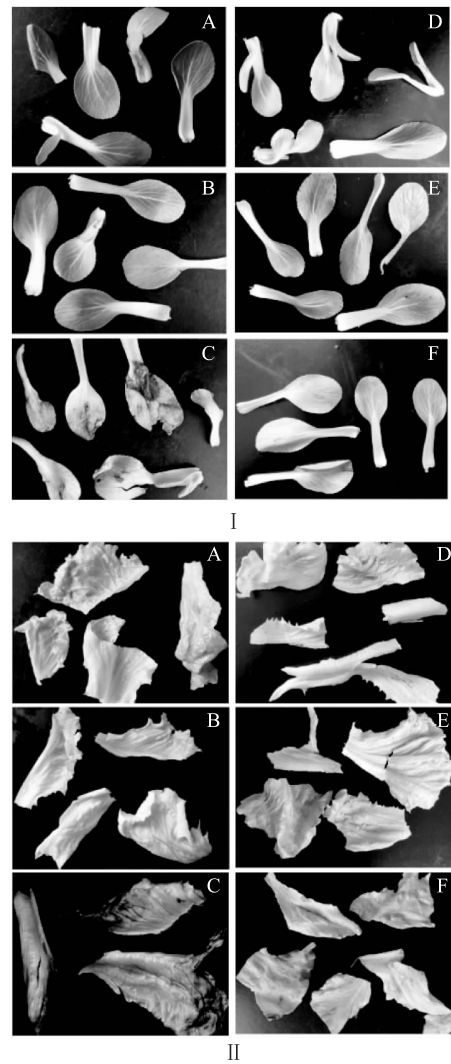


图3 4 °C与25 °C下不同贮藏时间鲜切小白菜和生菜的感官形态

Fig.3 Sensory appearance of fresh-cut cabbage and lettuce in different storage time at 4 °C and 25 °C

注:图I为鲜切小白菜不同贮藏时间的照片、图II为鲜切生菜不同贮藏时间的照片,其中A为起始状态,B为25 °C贮藏3 d时的状态,C为25 °C贮藏5 d时的状态,D为4 °C贮藏9 d时的状态,E为4 °C贮藏12 d时的状态,F为4 °C贮藏15 d时的状态。

表2 低温贮藏与室温贮藏鲜切小白菜和生菜上微生物生长动力学参数

Table 2 Kinetic parameters of CFU on fresh-cut cabbage and lettuce stored at low and room temperature

检测温度(°C)	N_0	N_{max}	μ_{max}	Lag	R^2
4	1.990	7.806	0.523	2.548	0.988
25	3.651	7.272	1.497	1.488	0.962

由2.1可知,室温条件下鲜切小白菜和生菜的货架期为3 d;由2.2可知,低温条件下鲜切小白菜和生菜货架期为10 d,用 t 表示已贮藏的时间,那么其剩余货架期(SL)应为:

$$SL_{4\text{ }^\circ\text{C}} = 10 - t$$

$$SL_{25\text{ }^\circ\text{C}} = 3 - t$$

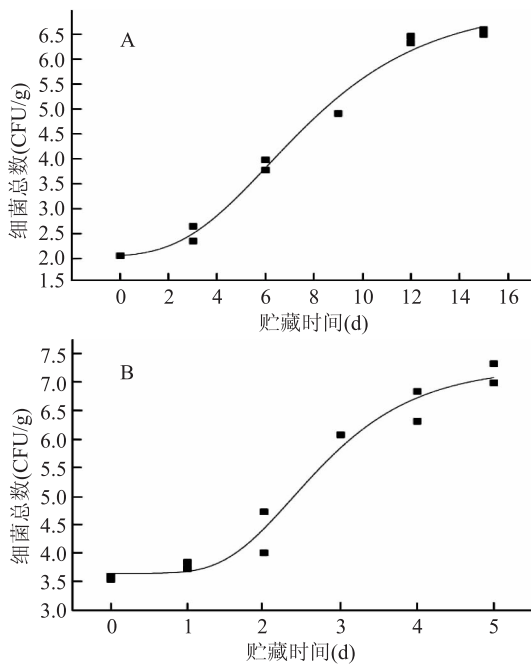


图4 细菌总数的生长拟合曲线

Fig.4 Fitted growth curves of CFU

注:A 为低温条件下,B 为室温条件下。

分别与方程(4)、(5)联立可得:

$$SL_{4\text{ }^{\circ}\text{C}} = \frac{\ln \{ \ln [5.096 / (N_i - 1.990)] \} - 1}{0.279} + 7.452 \quad \text{式(6)}$$

$$SL_{25\text{ }^{\circ}\text{C}} = \frac{\ln \{ \ln [3.621 / (N_i - 3.651)] \} - 1}{1.124} + 1.512 \quad \text{式(7)}$$

其中: N_i 为测定的细菌总数 (lg CFU/g), SL 为样品剩余货架期 (d)^[29]。

为验证货架期模型的性能,通过公式(2)和(3)分别计算得到模型(6)(7),对应的准确因子(A_f)和偏差因子(B_f)如表3所示,可以看出模型的偏差因子 B_f 分别为 0.979 和 1.001,在 0.90~1.05^[22]之间,表明模型能很好地预测鲜切小白菜和生菜的剩余货架期。

表3 低温贮藏与室温贮藏下鲜切小白菜和生菜的货架期模型的准确因子和偏差因子

Table 3 The A_f and B_f of predicted models of fresh-cut cabbage and lettuce stored at low and room temperature

检测温度(°C)	验证次数	准确因子(A_f)	偏差因子(B_f)
4	11	1.050	0.979
25	11	1.040	1.001

3 结论

以鲜切小白菜和生菜为研究对象,跟踪检测了其在低温(4 °C)与室温(25 °C)条件下贮藏期间的感官品质和微生物指标。室温条件下,在贮藏时间达到 3 d 时,样品的感官评分降到 5 分以下,不被接受;大肠菌群数增长速度达到最大;细菌总数也达到 10⁵ CFU/g 以上。所以,在室温条件下鲜切小白菜和生菜货架期为 3 d。低温条件下,在贮藏时间为 10 d

时,各项品质指标与微生物指标达到室温条件下贮藏 3 d 的程度,所以,在低温条件下鲜切小白菜和生菜的货架期为 10 d。

根据室温和低温下鲜切小白菜和生菜上细菌总数,采用修正的 Gompertz 函数拟合其生长模型,再分别计算得出其货架期模型,通过准确因子(A_f)和偏差因子(B_f)验证,表明模型能很好地预测鲜切小白菜和生菜的货架期。

参考文献

- [1] Rico D, Mar A B, Barat J M, et al. Extending and measuring the quality of fresh-cut vegetables: a review [J]. Trends in Food Science and Technology, 2007, 18(7): 373-386.
- [2] 韩俊华, 李全宏, 牛天贵, 等. 切割果蔬的微生物及其生物控制 [J]. 食品科学, 2005, 26(10): 262-267.
- [3] 曹悦, 陆利霞, 熊晓辉. 食品货架期预测新技术进展 [J]. 食品研究与开发, 2009, 30(5): 165-168.
- [5] 谢晶, 张利平, 高志立, 等. 鸡毛菜的品质动力学分析及货架期预测模型 [J]. 食品科学, 2014, 35(10): 268-272.
- [6] Toivonen P M A, Brummell D A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 48(1): 1-14.
- [7] Lehto M, Luisma R, Jenni M, et al. Hygienic level and surface contamination in fresh-cut vegetable production plants [J]. Food Control, 2011, 22(3/4): 469-475.
- [8] Alley E W, Nathane P K, Donna A M. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products [J]. Postharvest Biology and Technology, 1996, 9(2): 115-125.
- [9] Oliveira M, Abadias M. Biopreservative methods to control the growth of foodborne pathogens on fresh-cut lettuce [J]. Int. J. Food Microbiol, 2015, 214: 4-11.
- [10] Rosa M R, Jonathan M, Robert S, et al. Control of pathogenic and spoilage microorganisms in fresh-cut fruits and fruit juice by traditional and alternative natural antimicrobials [J]. Comprehensive Review in Food Science and Food Safety, 2009, 8(3): 157-180.
- [11] Zwietering M H, Jongenburger I, Rombouts F M, et al. Modelling of the bacterial growth curve [J]. Apply Environment Microbiology, 1990(56): 1875-1881.
- [12] 田梦琦, 杨润强, 庄严, 等. 鲜切水芹贮藏期间微生物生长模型及货架期预测 [J]. 食品科学, 2015, 36(18): 231-236.
- [13] Lu Z X, Lu F X, Zhang K L, et al. Predictive modeling and growth models of aerobic mesophilic bacteria on fresh-cut lettuce by hypochlorite-washing [J]. J. Food Safety, 2007, 27(2): 157-168.
- [14] Corbo M R, Altieri C, Amato D, 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.
- [15] Juneja V K, Marks H, Thippareddi H. Predictive model for growth of Clostridium perfringens during cooling of cooked uncured beef [J]. Food Microbiology, 2008, 25(1): 42-55.

(下转第 344 页)

月或6个月以上。因此,在生产实际中可采用低于15℃的低温和低于15℃的低温真空包装进行薏仁米的储藏。

参考文献

- [1] 王颖,赵兴娥,王微,等.薏苡不同部位营养成分分析及评价[J].食品科学,2013,34(5):255-259.
- [2] 金睿,叶方,于秋鹏,等.薏仁米外衣的主要营养成分研究[J].吉林农业,2011,(8):48.
- [3] Kim SO, Yun SJ, Jung B, et al. Effect of coix on plasma, liver, and fecal lipid components in the rat fed on lard- or soybean oil-cholesterol diet[J]. Life Science, 2004, 75(11):1391-1404.
- [4] Shih C, Chiang W, Kuo M. Effects of adlay on azoxymethane-induced colon carcinogenesis in rats[J]. Food and Chemical Toxicology, 2004, 42(8):1339-1347.
- [5] Bai C, Peng H, Xiong H, et al. Carboxymethylchitosan-coated proliposomes containing coix seed oil: Characterisation, stability and *in vitro* release evaluation[J]. Food Chemistry, 2011, 129(4):1695-1702.
- [6] 林汝法,柴岩,廖琴,等.中国小杂粮[M].北京:中国农业科学技术出版社,2002.
- [7] Chen H, Chung C, Chiang W, et al. Anti-inflammatory effects and chemical study of a flavonoid-enriched fraction from adlay bran[J]. Food Chemistry, 2011, 126(4):1741-1748.
- [8] 高建华,宁正祥,罗尧品.苡仁营养成分的研究[J].食品研究与开发,2006,27(7):174-176.
- [9] 许健,沈雯,孙金权,等.薏苡仁油对人原位胰腺癌 BxPC-3 细胞生长及 VEGF 和 bFGF 表达的影响[J].中草药,2012,43(4):724-728.
- [10] 吕峰,林勇毅,陈代园.薏苡仁活性多糖对小鼠的免疫调节作用[J].中国食品学报,2013,13(60):20-24.
- [11] 刘城静.薏苡山药保健饮料的研制[J].饮料工业,2011,14(9):14-16.
- [12] 吴伯候.一种薏苡仁保健粉[P].中国,专利文献种类,200810047415.X,2008.
- [13] 凌关庭,唐述潮,陶民强.食品添加剂手册[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [14] 束旭强.粮食储藏期间水分变化的探讨[J].粮食储藏,2004,(5):52-54.
- [15] 胡欣.稻谷水分对稻谷收储加工过程的影响及应对措施[J].粮食与饲料工业,2008,(3):3.
- [16] 李艳.浅析影响粮食脂肪酸值的因素[J].黑龙江粮食,2013,(8):51-52.
- [17] 杨基汉,张瑞,王璐,等.高温条件下温度对储藏稻谷水分及脂肪酸值的影响研究[J].粮食储藏,2011,40(1):45-47.
- [18] 不同储藏条件下薏仁米脂肪酸值及过氧化值的的变化[J].贵州农业科学,2014,42(8):198-201.
- [19] 韩立英.高油玉米青贮中脂肪酸的降解与抑制[D].北京:中国农业大学,2014.
- [20] Min DB, Boff JM. Chemistry and reaction of singlet oxygen in foods[J]. Comprehensive Reviews in Food Safety, 2002, (1):28-72.
- [21] Gordon MH. Antioxidants in food practical applications[M]. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2001:7-21.
- [22] Rose M G, Elena B, Francisco R, et al. Response surface model for the estimation of Escherichia coli O157:H7 growth under different experimental conditions[J]. J. Food Sci., 2005, 70(1):30-36.
- [23] Falah M A F, Nadine M D, Suryandono A. Effects of storage conditions on quality and shelf-life of fresh-cut melon (cucumis melo L.) and papaya (carica papaya L.) [J]. Procedia Food Science, 2015(3):313-322.
- [24] Mukhopadhyay S, Ramaswamy R. Application of emerging technologies to control Salmonella in foods: A review[J]. Food Research International, 2012, 45(2):666-677.
- [25] Hadjok C, Mittal G S, Warriner K. Inactivation of human pathogens and spoilage bacteria on the surface and internalized within fresh produce by using a combination of ultraviolet light and hydrogen peroxide[J]. J. Applied Microbiology, 2008, 104(4):1014-1024.
- [26] Nguyen-the C, Prunier J P. Involvement of Pseudomonads in deterioration of ready-to-use salads[J]. J. Food Sci. Technol., 1989, 24, 1350-1358.
- [27] Lee D H, Kim J B, Kim M, et al. Microbiota on spoiled vegetables and their characterization[J]. J. Food Prot., 2013, 76, 1350-1358.
- [28] 崔慧玲,陈安均,罗婵,等.鲜切生菜贮藏过程中优势腐败细菌的多样性分析[J].食品与发酵工业,2014,40(7):223-229.
- [29] 夏天龙,姜梅,王宏勋,等.鲜切紫薯中酵母菌和乳酸菌货架期模型的构建[J].食品科学,2014,35(18):252-257.

(上接第338页)