

# 基于全面稳定性指数理论的庄河大骨鸡 保质期预测

薛伟锋<sup>1\*</sup>, 侯辰侠<sup>2</sup>, 陈溪<sup>1</sup>, 曹文军<sup>2</sup>, 宁兴爽<sup>2</sup>, 刘明<sup>2</sup>, 刘水琳<sup>1</sup>, 刘东言<sup>1</sup>

(1. 中华人民共和国大连海关, 大连 116600; 2. 中检(大连)测试技术有限公司, 大连 116600)

**摘要: 目的** 建立基于全面稳定性指数(global stability index, GSI)理论预测庄河大骨鸡保质期的方法。**方法** 基于恒温加速实验, 测定大骨鸡于 4、10、20、30 °C 储藏温度下的感官、汁液流失率、菌落总数和挥发性盐基氮变化规律, 建立大骨鸡 GSI 保质期预测模型。**结果** 计算得到的 GSI 值满足零级动力学模型。活化能和指前因子分别为 17.07 kJ/mol 和 283。GSI 实验值和预测值相对误差绝对值在 20% 范围内。通过 GSI 模型预测, 获得大骨鸡在 4、10、20、30 °C 下的保质期分别为 5.8、5.0、3.9、3.1 d。**结论** 建立的 GSI 预测模型在 4~30 °C 储藏温度范围内能够有效预测大骨鸡的新鲜度。**关键词:** 庄河大骨鸡; 保质期; 温度; 全面稳定性指数

## Shelf life prediction for Zhuanghe Dagu chicken based on global stability index theory

XUE Wei-Feng<sup>1\*</sup>, HOU Chen-Xia<sup>2</sup>, CHEN Xi<sup>1</sup>, CAO Wen-Jun<sup>2</sup>, NING Xing-Shuang<sup>2</sup>,  
LIU Ming<sup>2</sup>, LIU Shui-Lin<sup>1</sup>, LIU Dong-Yan<sup>1</sup>

(1. Dalian Customs District P.R. China, Dalian 116600, China;  
2. China Inspection (Dalian) Test Technology Co., Ltd., Dalian 116600, China)

**ABSTRACT: Objective** To establish a method for predicting the shelf life of Zhuanghe big bone chicken based on the global stability index (GSI) theory. **Methods** For the purpose of establishing GSI-based model, quality degradation trend of the chicken including sensory score, water activity, drip loss, total aerobic counts and volatile base nitrogen was monitored via accelerating testing at 4, 10, 20, 30 °C. **Results** The calculated results of GSI were satisfactorily described by a zero-order kinetic model. The activation energy and the corresponding pre-exponential constant of GSI were 17.07 kJ/mol and 283, respectively. Relative error absolute values between predicted and observed GSI values were all below 20%. The product shelf life at 4, 10, 20 and 30 °C was calculated to be 5.8, 5.0, 3.9, 3.1 d, respectively. **Conclusion** The established model based on GSI can effectively predict the freshness of Zhuanghe Dagu chicken at the range of 4–30 °C during different temperatures storage.

**KEY WORDS:** Zhuanghe Dagu chicken; shelf life; temperature; global stability index

基金项目: 辽宁省自然科学基金博士启动基金项目(2019-BS-008)

Fund: Supported by the Ph.D Start-up Fund of Natural Science Foundation of Liaoning Province (2019-BS-008)

\*通讯作者: 薛伟锋, 博士, 主要研究方向为食品保质期预测模型。E-mail: xwf526@163.com

\*Corresponding author: XUE Wei-Feng, Ph.D, Technical Center of Dalian Customs, Dalian 116600, China. E-mail: xwf526@163.com

## 1 引言

作为辽宁省畜牧业“四大名旦”之一的庄河大骨鸡因其肉质鲜美,几近野味,因而深受消费者欢迎。据文献<sup>[1]</sup>报道,大骨鸡年饲养量约 230 万只左右,其中,小规模散养及庭院饲养量就有 200 万只左右。由于散户不具备加工企业完整的冷藏冷冻设备,刚宰杀的大骨鸡有相当一部分仍以热鲜鸡的形式存放。由于热鲜鸡营养丰富,很容易被微生物污染,导致腐败变质,常温下保质期可能只有半天甚至更短<sup>[2]</sup>。目前,大骨鸡加工企业给出的保质期往往较为粗糙,仅仅基于评估鸡肉品质变化中某一关键质量指标,孤立看待复杂鸡肉体系中的每一个指标,这种预测方法存在一定的片面性,不能严格、全面地监控大骨鸡品质和保质期<sup>[3,4]</sup>。因此,发展一种全面的、可靠的用于大骨鸡保质期预测的模型具有重要意义。目前,用于食品等产品保质期预测的模型主要有阿伦尼乌斯模型、初均速法、 $Q_{10}$ 法、威布尔风险分析(weibull hazard analysis, WHA)模型法和基于全面稳定性指数(global stability index, GSI)理论的多因素预测模型。阿伦尼乌斯模型是最为经典和准确的有效期预测模型之一,广泛地应用于各种受温度影响的保质期预测,其他预测模型都是基于该理论衍生出来<sup>[5-21]</sup>。初均速法最初是范云龙等<sup>[5]</sup>建立的一种简便的保质期预测方法,主要用于药品和药物制剂,是阿伦尼乌斯方程法的一种变体。 $Q_{10}$ 法是根据 Van't Hoff 经验规则衍生得到<sup>[6]</sup>,主要用于食品和药物制剂。WHA 模型法是依据产品贮藏后被消费者拒绝的概率情况,进行统计分析后预测保质期,主要用于食品和化妆品领域<sup>[7-11]</sup>。GSI 预测模型是基于产品的多个指标在温度加速实验中检测得到的整合性参数,反映的是温度对产品综合品质的影响,符合热力学反应规律,具有相应的零级和一级动力学反应公式。该模型通过将感官品质、物理化学和微生物各指标统一为一个整体指标,全面考察产品综合品质变化,有效避免了单指标保质期预测的片面性,从而准确、全面地预测产品在不同温度下的保质期。GSI 已成功用于鱼类<sup>[12-14]</sup>、蔬菜<sup>[15-19]</sup>、果汁<sup>[20]</sup>等的保质期预测。本文拟建立的基于 GSI 理论的大骨鸡保质期预测模型是通过分析大骨鸡综合品质变化,从而获得其有效的保质期。闫文杰等<sup>[21]</sup>在分析鸡肉品质变化时,从感官得分、汁液流失率、菌落总数和挥发性盐基氮等 4 方面考察鸡肉品质变化。基于此,本研究将选择上述 4 方面作为评价大骨鸡品质变化的指标。采用阿伦尼乌斯模型建立基于 GSI 的保质期预测模型,以期为大骨鸡品质监控提供科学方法。

## 2 材料与方法

### 2.1 仪器与试剂

BSA124S 型天平(德国 Sartorius 公司); THS-AOC-100AS

型恒温恒湿试验机(广东庆声科技有限公司); K1100F 型自动凯氏定氮仪(济南海能仪器股份有限公司); CL-40M 型高压灭菌锅(日本 ALP 有限公司); S220 型 pH 计(瑞士 Mettler Toledo 有限公司); 400SW 型均质器(法国 Interscience 有限公司); DK-80 型恒温水浴锅(上海一恒科技有限公司)。

甲基红指示剂(天津科密欧化学试剂有限公司); 溴甲酚绿指示剂(国药集团化学试剂有限公司); 平板计数琼脂培养基(北京陆桥生物技术有限责任公司); 硼酸、盐酸和 95%乙醇、氧化镁、磷酸二氢钾、氢氧化钠、氯化钠(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司)。

### 2.2 实验方法

#### 2.2.1 溶液配制

硼酸溶液(20 g/L): 称取 20 g 硼酸,加水溶解后并稀释至 1000 mL。

盐酸标准滴定溶液(0.10 mol/L): 取出 10 mL 盐酸,用纯水定容到 1000 mL。

甲基红乙醇溶液(1 g/L): 称取 0.1 g 甲基红,溶于 95%乙醇,用 95%乙醇稀释至 100 mL。

溴甲酚绿乙醇溶液(1 g/L): 称取 0.1 g 溴甲酚绿,溶于 95%乙醇,用 95%乙醇稀释至 100 mL。

混合指示液: 1 份甲基红乙醇溶液与 5 份溴甲酚绿乙醇溶液临用时混合。

平板计数琼脂培养基配制: 称取平板计数琼脂培养基 23.5 g 于 1000 mL 超纯水中,煮沸溶解。分装锥形瓶中,121 °C 高压灭菌 15 min。待冷却至 55 °C 时转移 20 mL 培养基到 90 mm 无菌培养皿中。

氢氧化钠溶液(1.0 mol/L): 称取 40.0 g 氢氧化钠,加超纯水溶解后并定容到 1000 mL。

磷酸盐缓冲液(贮存液): 称取 34.0 g 的磷酸二氢钾溶于 500 mL 超纯水中,用 175 mL 的 1.0 mol/L 氢氧化钠溶液调节 pH 至 7.2,用超纯水稀释至 1000 mL 后贮存于冰箱。

磷酸盐缓冲液(稀释液): 取磷酸盐贮存液 1.25 mL,用超纯水稀释至 1000 mL,分装于锥形瓶中,121 °C 高压灭菌 15 min。

无菌生理盐水: 称取 8.5 g 氯化钠溶于 1000 mL 超纯水中,121 °C 高压灭菌 15 min。

#### 2.2.2 试样制备与储藏

养鸡场中购买大小、体重和养殖年龄接近的大骨鸡。经处理后的大骨鸡取鸡胸肉,装入聚乙烯(polyethylene, PE)无菌袋中,立即运回实验室。将制成的样品避光储藏于不同温度的恒温恒湿试验机中,湿度均为 50%相对湿度(relative humidity, RH)。为了更好的模拟散户宰杀大骨鸡后热鲜鸡存放时的环境温度(尤其是夏季),本研究选取 4、10、20、30 °C 作为目标温度。

#### 2.2.3 指标测定

不同时间随机取出不同储藏温度下的 3 组样品进行

相应指标的检测, 指标包括:

(1) 感官得分: 在 Ojagh 等<sup>[22]</sup>提出的评价方法基础上进行了修改后用于本研究中。由 6 位经过培训的实验室人员对鸡肉品质进行评价。每个评价员从鸡肉的 3 个方面, 包括颜色、气味和肌肉情况(包括弹性和形态), 每个参数满分 5 分, 5 分代表品质最佳, 1 分代表品质最差, 3 个方面得分加和后给出综合得分作为最终得分, 9 分作为可接受度临界值。

(2) 汁液流失率: 用滤纸将样品表面的汁液吸干, 然后称量, 取 2 次称量的差值。

汁液流失率(%)=(前一次称量质量-后一次称量质量)/前一次称量质量×100

(3) 菌落总数的检测: 参照国家标准 GB 4789.2-2016《食品微生物学检验 菌落总数测定》中方法进行测定<sup>[23]</sup>。

(4) 挥发性盐基氮的检测: 参照国家标准 GB 5009.228-2016《食品中挥发性盐基氮的测定》中第二法自动凯氏定氮仪法进行检测<sup>[24]</sup>。

### 2.3 GSI 预测模型

#### 2.3.1 GSI 计算

根据 Achour<sup>[20]</sup>提出的 GSI 计算方法, 将表征食品质量多个指标转换为一个整体指标, 如式(1)所示:

$$GSI_j = 1 - \sum \alpha_i V_{ij} \quad (1)$$

其中,  $j$  为储藏时间;  $\sum$  为  $i=1 \sim n$  的相应值的总和( $n$  为模型关键质量指标数量);  $V_{ij}$  为指标  $i$  于第  $j$  天的测定值变化率;  $\alpha_i$  为表征指标  $i$  重要程度的权重系数,  $\sum \alpha_i = 1$ 。

式(1)中  $V_{ij}$  可以通过式(2)计算获得, 其中,  $C_{ij}$  为指标  $i$  于第  $j$  天的测定值;  $C_{i0}$  为指标  $i$  第 0 天的初始值;  $L_i$  为指标  $i$  的保质期终点临界值。

$$V_{ij} = \frac{C_{ij} - C_{i0}}{L_i - C_{i0}} \quad (2)$$

#### 2.3.2 GSI 预测模型建立

为了预测得到大骨鸡的 GSI 值, 采用零级[式(3)]和一级[式(4)]动力学模型进行拟合, 获得最优反应级别。

$$[GSI] = [GSI]_0 - k_\theta t \quad (3)$$

$$[GSI] = [GSI]_0 \exp(-k_\theta t) \quad (4)$$

式中,  $[GSI]$  为  $t$  时刻综合品质计算值;  $[GSI]_0$  为综合品质初始值;  $k_\theta$  为速率常数;  $t$  为储藏时间。

#### 2.3.3 模型验证

比较 4、10、20、30 °C 下实际测定的 GSI 值与模型预测值, 用于验证 GSI 保质期预测模型的可靠性。按照式(5)计算相对误差  $P(\%)$ <sup>[25]</sup>。

$$P(\%) = \frac{|C_{ei} - C_{ci}|}{C_{ci}} \times 100 \quad (5)$$

式中,  $C_{ei}$  为指  $i$  的实验检测值;  $C_{ci}$  为指标  $i$  的模型计算值。

## 3 结果与分析

### 3.1 鸡肉品质指标变化

4、10、20、30 °C 下大骨鸡鸡肉感官、汁液流失率、菌落总数和挥发性盐基氮随储藏时间的变化列于表 1 中。从表 1 中可以得出, 感官是评价鸡肉品质非常重要的一个参数, 但并不是唯一主导参数。本研究所选取的 4 个参数(包括感官、汁液流失率、菌落总数和挥发性盐基氮)可以很好的描述鸡肉品质的变化情况。随着储藏时间的增加, 感官得分逐渐降低, 但是汁液流失率、菌落总数和挥发性盐基氮却逐渐增长。随着温度的升高, 品质参数变化均加快。

表 1 大骨鸡鸡肉品质评价指标随储藏温度变化结果  
Table 1 Changes of quality evaluation index of Dagu chicken with storage temperature

温度/K	储藏时间/d	感官得分	汁液流失率/%	菌落总数/(lg CFU/g)	挥发性盐基氮/(mg/100 g)
277 (4 °C)	0	15.0	1.7	2.2	5.8
	2	11.8	4.0	3.7	8.0
	4	9.9	6.5	4.6	13.0
	8	6.6	8.5	8.7	18.8
283 (10 °C)	0	15.0	1.7	2.5	5.8
	2	11.5	6.0	4.6	10.0
	6	6.9	9.7	7.1	18.2
	8	5.1	11.9	9.9	21.8
293 (20 °C)	0	15.0	1.7	2.3	5.8
	2	11.2	5.8	5.2	11.2
	6	5.5	11.2	9.7	21.4
	8	3.2	14.7	11.9	29.0
303 (30 °C)	0	15.0	1.2	2.2	5.8
	2	10.7	6.2	6.1	11.4
	6	4.2	13.5	11.9	26.3
	8	2.2	16.2	14.1	34.0

### 3.2 GSI 模型

#### 3.2.1 鸡肉各指标临界值和权重系数的确定

GSI 公式中的指标临界值  $L_i$  通常由相关标准、法律法规和消费者的评价来确定。在鸡肉的感官可接受度判定过程中, 当评价小组所有成员确定鸡肉的感官得分劣变至 9 分时, 即认为鸡肉已达到了失效点。根据前人<sup>[21]</sup>的研究, 确定鸡肉汁液流失率、菌落总数和挥发性盐基氮的保质期终点临界值分别为 10%、6 lg CFU/g 和 15 mg/100 g。感官指标是评价产品综合品质和可接受程度的关键因素<sup>[26]</sup>, 与消费者的喜好程度相关<sup>[27]</sup>, 而其他品质评价指标通常具有同等的重要性, 因此, 本文令 4 个评价指标对鸡肉品质的影响权重系数  $\alpha_i$  均为 0.25。

#### 3.2.2 鸡肉综合品质稳定性指数 GSI 的变化

将鸡肉 4 个指标的实验检测值(分别为  $C_{1j}$ 、 $C_{2j}$ 、 $C_{3j}$  和  $C_{4j}$ )及其临界阈值(分别为  $L_1=9$ 、 $L_2=10$ 、 $L_3=6$  和  $L_4=15$ )代入式(2), 计算出每个参数对应的变化率  $V_{ij}$ , 再将  $V_{ij}$  和各自的权重系数( $\alpha_1=\alpha_2=\alpha_3=\alpha_4=0.25$ )代入式(1), 即可得到不同温度下鸡肉 GSI 值随时间的变化。

#### 3.2.3 GSI 保质期预测模型的建立

分别使用零级[式(3)]和一级[式(4)]动力学模型对各温度下大骨鸡鸡肉 GSI 值的下降进行拟合, 发现只有零级反应符合线性规律, 拟合结果见表 2。结果表明, 使用 GSI 的零级反应速率常数进行保质期预测模型的建立是可行的。阿伦尼乌斯理论是描述温度对食品品质变化影响的经典理论, 模型如式(6)所示。

表 2 大骨鸡 GSI 变化的零级反应动力学模型

Table 2 Zero-order kinetic model of GSI changes in large bone chickens

储藏温度/°C	拟合相关系数 $r^2$	速率常数 $k$
4	0.9986	0.1664
10	0.9940	0.2035
20	0.9982	0.2653
30	0.9970	0.3141

$$k = k_0 e^{-Ea/RT} \quad (6)$$

其中,  $k$  为反应速率常数;  $k_0$  为指前因子;  $Ea$  为活化能(kJ/mol);  $R$  为摩尔气体常数, 8.3144 J/(mol·K);  $T$  为热力学温度(K)。

将 GSI 的零级动力学方程代入式(6), 即可推导出基于 GSI 值的产品保质期预测模型, 如式(7)所示。

$$SL = \frac{[GSI]_0 - [GSI]}{k_0 \exp(-Ea/RT)} \quad (7)$$

通过阿伦尼乌斯方程描述的速率-温度关系如图 1 所示。较高的拟合系数( $r^2=0.9874$ )说明速率-温度关系模型可以通过阿伦尼乌斯方程建立。拟合直线斜率的绝对值 2.053 代表  $Ea/R$ ,  $e$  的 5.6444 次幂代表  $k_0$ , 经计算, 得到  $Ea$  和  $k_0$

分别为 17.07 kJ/mol 和 283, 代入式(7)即可得到大骨鸡鸡肉保质期预测方程, 如式(8)所示。初始时刻  $[GSI]_0=1$ , 当鸡肉品质达到保质期终点时,  $[GSI]=0$ , 由此计算得到 4、10、20、30 °C 下鸡肉的保质期分别为 5.8、5.0、3.9、3.1 d。

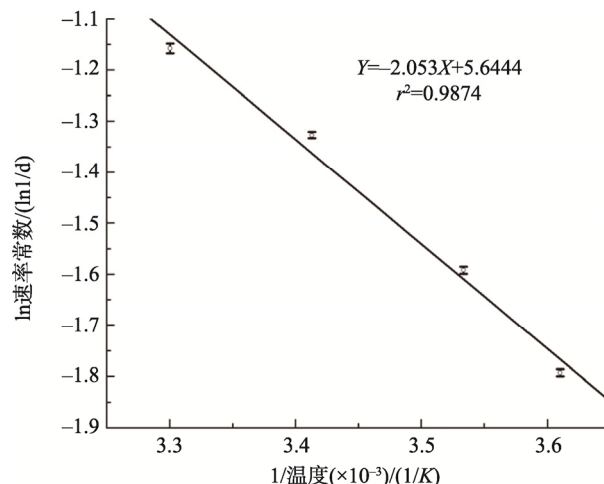


图 1  $1/T$  与大骨鸡鸡肉 GSI 衰减速率常数的关系( $n=6$ )

Fig.1 Relationship between  $1/T$  and GSI attenuation rate constant in Dagu chicken ( $n=6$ )

$$SL = \frac{[GSI]_0 - [GSI]}{283 \exp(-2053/T)} \quad (8)$$

#### 3.2.4 GSI 保质期预测模型的验证

计算 4、10、20、30 °C 下的 GSI 实验检测值与模型预测值的相对误差, 见表 3。在实验周期内, GSI 检测值与预测值的相对误差绝对值均在 20% 以下, 说明本研究建立的大骨鸡 GSI 变化动力学模型及保质期预测模型是可靠有效的<sup>[25]</sup>。经本研究建立的大骨鸡鸡肉保质期预测模型计算, 鸡肉在 20 °C 存放条件下的保质期为 3.9 d, 通过实验获得的实用保质期为 3.5 d, 相对误差约为 10%, 预测结果可靠。

## 4 结论

本研究综合考虑了庄河大骨鸡在感官、汁液流失率、菌落总数和挥发性盐基氮等 4 个品质评价参数随时间-温度变化情况。基于测定的 GSI 值, 建立了一个可以用于大骨鸡保质期预测的数学模型。相比较于通过考察鸡肉单一品质参数的变化来推断保质期的方法, 本研究建立的基于 GSI 理论的保质期预测模型是通过将多项品质参数指标统一为一个整体指标, 全面考察鸡肉品质变化, 避免了单指标保质期预测的片面性。经本研究建立的大骨鸡鸡肉保质期预测模型计算, 鸡肉在 20 °C 贮存条件下的保质期为 3.9 d, 通过实验获得的实用保质期为 3.5 d, 相对误差约为 10%, 预测结果可靠。本研究建立的 GSI 预测模型能够比较准确的描述庄河大骨鸡在 4~30 °C 温度范围内的品质劣变过程, 并能充分反映环境温度对产品综合品质的影响,

表 3 不同储藏温度下大骨鸡鸡肉 GSI 实验值与预测值的相对误差  $P(\%)$ Table 3 Relative error  $P(\%)$  between experimental and predicted GSI values of Daggu chicken at different storage temperatures

温度/ $^{\circ}\text{C}$	储藏时间/d	GSI 实验值	GSI 预测值	$P/\%$	温度/ $^{\circ}\text{C}$	储藏时间/d	GSI 实验值	GSI 预测值	$P/\%$
4	0	1.0000	0.9806	1.94	10	0	1.0000	0.9475	5.25
	2	0.6389	0.6478	-1.39		2	0.4605	0.5405	17.37
	4	0.2894	0.3150	-8.86		6	-0.2440	-0.2735	-12.09
	8	-0.3357	-0.3506	-4.43		8	-0.6831	-0.6805	0.38
20	0	1.0000	0.9630	3.70	30	0	1.0000	0.9481	5.19
	2	0.3755	0.4324	15.16		2	0.2700	0.3199	-18.47
	6	-0.6059	-0.6288	3.78		6	-0.9947	-0.9365	5.85
	8	-1.1623	-1.1594	-0.25		8	-1.5087	-1.5647	-3.71

为大骨鸡的质量监控及其保质期的预测研究工作提供了崭新的理论依据。从本研究结果可知, 新鲜大骨鸡在 4~30  $^{\circ}\text{C}$  的保质期仅为 3.1~5.8 d, 非常不利于保存, 而冷藏条件下 (0~4  $^{\circ}\text{C}$ ) 不仅可以保留肉质绝大部分营养成分, 而且鸡肉鲜嫩多汁口感佳, 能够有效提高大骨鸡鸡肉保质期, 建议新鲜大骨鸡处理后以冷藏条件贮藏, 并尽快食用。

#### 参考文献

- [1] 周孝峰, 曹悦. 庄河地区大骨鸡种质资源及养殖状况调研[J]. 现代畜牧兽医, 2012, (7): 69-70.  
Zhou XF, Cao Y. Research on germplasm resources and breeding situation of Daggu Chicken in Zhuanghe Area [J]. Mod J Animal Husband Vet Med, 2012, (7): 69-70.
- [2] 刘肫. 不同贮藏温度对冷鲜鸡微生物和肉品质影响研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2015.  
Liu F. Changes on microbial and quality of chilling chicken during different storage temperatures [D]. Xianyang: Northwest Agriculture and Forestry Technology, 2015.
- [3] 管恩平, 于新春, 石明汉, 等. 出口冰鲜鸡肉保质期期限的研究[J]. 肉类研究, 2002, (4): 33-34.  
Guan EP, Yu XC, Shi MH, et al. Study on the shelf life of exported iced fresh chicken [J]. Meat Res, 2002, (4): 33-34.
- [4] 管恩平, 于新春, 石明汉, 等. 出口冰鲜鸡肉最佳保质期期限的确定[J]. 中国动物检疫, 2002, 19(11): 20-22.  
Guan EP, Yu XC, Shi MH, et al. Determination of shelf life for exported refrigerated fresh chicken meat [J]. Chin Anim Health Insp, 2002, 19(11): 20-22.
- [5] 范云龙, 周善尧, 李维刚, 等. 初均速法测定药剂贮存稳定性的误差估算[J]. 中国医药工业杂志, 1997, 28(3): 141-143.  
Fan YL, Zhou SY, Li WG, et al. Estimated error of determination of storage stability of drug using initial uniform rate method [J]. Chin J Pharm, 1997, 28(3): 141-143.
- [6] 徐志州, 张桂芳.  $Q_{10}$  法预测卡莫氟片热稳定性[J]. 中国药师, 2000, 3(6): 342-343.  
Xu ZZ, Zhang GF. Thermal stability prediction of kamoflurane tablets with  $Q_{10}$  method [J]. Chin Pharm, 2000, 3(6): 342-343.
- [7] 周兆清, 曹蕊, 王楠, 等. 感官评价在化妆品中的应用[J]. 日用化学品科学, 2015, 38(10): 10-13.  
Zhou ZQ, Cao R, Wang N, et al. Application of sensory evaluation in cosmetics [J]. China Surfactant Deterg Cosm, 2015, 38(10): 10-13.
- [8] 丛琳, 邓慧, 邓燕柠, 等. 感官评价及其在化妆品上的应用[J]. 广东化工, 2015, 42(13): 161-162.  
Cong L, Deng H, Deng YN, et al. Sensory evaluation and its application in cosmetics [J]. Guangdong Chem Ind, 2015, 42(13): 161-162.
- [9] 殷园园, 吴梦洁, 林文强. 化妆品感官分析评价小组的测试实践[J]. 北京日化, 2016, (1): 18-24.  
Yin YY, Wu MJ, Lin WQ. The testing practice of cosmetics sensory analysis and evaluation group [J]. Beijing Daily Chem, 2016, (1): 18-24.
- [10] 马萍, 林文强, 霍刚. 感官评估在面膜产品市场研究中的应用[J]. 日用化学品科学, 2015, 38(8): 13-16.  
Ma P, Lin WQ, Huo G. Preparation of antibacterial cotton fabric and representation of antibacterial activity [J]. China Surfactant Deterg Cosm, 2015, 38(8): 13-16.
- [11] 职蕾蕾, 於勤, 鲁楠. 消费者对保湿乳感官评价的性别差异[J]. 日用化学品科学, 2015, 38(1): 34-37.  
Zhi LL, Yu Q, Lu N. Gender differences in the consumers' sensory evaluation of moisturizing lotions [J]. China Surfactant Deterg Cosm, 2015, 38(1): 34-37.
- [12] Hong H, Luo Y, Zhu S, et al. Application of the general stability index method to predict quality deterioration in bighead carp (*Aristichthys nobilis*) heads during storage at different temperatures [J]. J Food Eng, 2012, 113(4): 554-558.
- [13] Bao Y, Luo Y, Zhang Y, et al. Application of the global stability index method to predict the quality deterioration of blunt-snout bream (*Megalobrama amblycephala*) during chilled storage [J]. Food Sci Biotechnol, 2013, 22(5): 1-5.
- [14] Yao L, Luo Y, Sun Y, et al. Establishment of kinetic models based on electrical conductivity and freshness indicators for the forecasting of crucian carp (*Carassius carassius*) freshness [J]. J Food Eng, 2011, 107(2): 147-151.
- [15] Ansorena MR, Goni MG, Aguerro MV, et al. Application of the general stability index method to assess the quality of butter lettuce during postharvest storage using a multi-quality indices analysis [J]. J Food Eng, 2009, 92(3): 317-323.
- [16] Ansorena MR, Aguerro MV, Goni MG, et al. Assessment of lettuce quality

- during storage at low relative humidity using global stability index methodology [J]. *Ciência Tecnol Alime*, 2012, 32(2): 366–373.
- [17] 高丽伟, 张良伟, 黄丹枫, 等. 不同栽培方式对鸡毛菜贮藏保鲜品质的影响[J]. *食品安全质量检测学报*, 2013, (6): 1757–1763.
- Gao LW, Zhang LW, Huang DF, *et al.* The influence on preservation quality in fresh storage of pakchoi by different cultivation methods [J]. *J Food Saf Qual*, 2013, (6): 1757–1763.
- [18] 李强, 顾海宁, 杜依登, 等. 综合稳定性指数法在菠菜贮存期预测中的应用[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(16): 330–333.
- Li Q, Gu HN, Du YD, *et al.* Application of the general stability index method to predict shelf life of spinach [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2013, 34(16): 330–333.
- [19] 潘梦垚, 卢立新, 唐亚丽, 等. 基于 Global Stability Index(GSI)理论的水煮笋软罐头货架期预测[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(17): 86–90.
- Pan MY, Lu LX, Tang YL, *et al.* Shelf life prediction for boiled bamboo shoots in flexible retort pouches based on Global Stability Index (GSI) theory [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2013, 34(17): 86–90.
- [20] Achour M. A new method to assess the quality degradation of food products during storage [J]. *J Food Eng*, 2006, 75(4): 560–564.
- [21] 闫文杰, 李兴民. 保鲜剂浸泡和 PE 无菌袋包装处理对鸡胸肉品质的影响[J]. *食品科技*, 2017, (1): 163–166.
- Yan WJ, Li XM. Effects on treatments of preservative immersion and PE aseptic bag package on chicken breast qualities [J]. *Food Sci Technol*, 2017, (1): 163–166.
- [22] Ojagh SM, Rezaei M, Razavi SH, *et al.* Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout [J]. *Food Chem*, 2010, 120(1): 193–198.
- [23] GB 4789.2–2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].
- GB 4789.2–2016 National food safety standard-Determination of total number of bacterial colonies in food-Microbiology examination [S].
- [24] GB 5009.228–2016 食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定[S].
- GB 5009.228–2016 National food safety standard-Determination of volatile base nitrogen in food [S].
- [25] Kaymak-Ertekin F, Gedik A. Kinetic modelling of quality deterioration in onions during drying and storage [J]. *J Food Eng*, 2005, 68(4): 443–453.
- [26] 史波林, 赵镭, 支瑞聪. 食品感官货架期确定的一般原则与方法[J]. *食品科技*, 2012, (10): 296–301.
- Shi BL, Zhao L, Zhi RC. General guidance and method for determining the sensory shelf life of food [J]. *Food Sci Technol*, 2012, (10): 296–301.
- [27] 袁亚宏, 王周利, 李彩霞, 等. 鲜榨苹果汁理化特性和感官品质相关性[J]. *食品科学*, 2012, 33(19): 1–5.
- Yuan YH, Wang ZL, Li CX, *et al.* Correlations between physico-chemical characteristics and sensory quality of fresh apple juice [J]. *Food Sci*, 2012, 33(19): 1–5.

(责任编辑: 王 欣)

## 作者简介

薛伟锋, 博士, 主要研究方向为食品保质期预测模型。  
E-mail: xwf526@163.com