

采用挥发性盐基氮动力学模型 预测低盐虾酱的货架寿命

谢主兰, 陈龙, 雷晓凌, 涂苏红

(广东海洋大学食品科技学院, 广东湛江 524088)

摘要: 本文采用挥发性盐基氮(TVB-N)为低盐虾酱的品质变化和货架寿命的指示指标, 根据感官评定结果和 SB/T 10525-2009, 确定 TVB-N 值 4.50 mg/g 为货架寿命终点。建立 TVB-N 与贮藏时间(t)之间的一级动力学方程和 TVB-N 变化速率常数(k)与贮藏温度(T)之间的 Arrhenius 方程, 以预测在某一贮藏温度下低盐虾酱的货架寿命理论值。求得 Arrhenius 方程中 TVB-N 变化反应的活化能 E_a 为 63.69 kJ/mol, 指前因子 k_0 为 2.76×10^9 , TVB-N 的变化速率常数 k 为 $2.76 \times 10^9 e^{-63690/RT}$ 。分别在 15 °C、30 °C 和 37 °C 条件下验证动力学模型的准确性, 得到货架寿命预测值与实际值的相对误差分别为 9.79%、7.00% 和 -6.54%。进一步通过 Arrhenius 方程外推法求得低盐虾酱在 23 °C 和 27 °C 条件下保藏的理论货架寿命分别为 155.8 d 和 107.2 d, 预测结果与实际值之间能较好地符合。

关键词: 低盐虾酱; 挥发性盐基氮(TVB-N); 货架寿命; 动力学模型; Arrhenius 方程

文章编号: 1673-9078(2013)1-29-33

Shelf Life Prediction of Low-salt Shrimp Sauce through Kinetic Models of Total Volatile Basic Nitrogen

XIE Zhu-lan, CHEN Long, LEI Xiao-ling, TU Shu-hong

(College of Food Science & technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

Abstract: Total volatile basic nitrogen (TVB-N) was selected as the indicator of quality change and shelf life for low-salt shrimp sauce products. The TVB-N was determined to be 4.50 mg/g as the end of shelf life based on sensory evaluation and SB/T 10525-2009. The first order kinetic equation between TVB-N and storage time(t), and Arrhenius kinetic equation between rate constant of TVB-N(k) and storage temperature (T) were established to predict quality change of low-salt shrimp sauce products and shelf life during storage at a certain temperature. In Arrhenius equation, the activity energy E_a was obtained as 63.69 kJ/mol and pre-exponential factor k_0 was 2.76×10^9 . Velocity constant of TVB-N k was $2.76 \times 10^9 e^{-63690/RT}$. Compared with observed shelf life of low-salt shrimp sauce products stored at 15, 30 and 37 °C, relative error between predicted and observed shelf life were 9.79%, 7.00% and -6.54%, respectively. Shelf life of low-salt shrimp sauce products was 155.8 days at 23 °C and 107.2 days at 27 °C through extrapolation of Arrhenius equation, and the predicted results consistent with factual data.

Key words: low-salt shrimp sauce; total volatile base nitrogen(TVB-N); self life; kinetics model; Arrhenius equation

挥发性盐基氮 (Total Volatile Basic Nitrogen, TVB-N) 通常作为衡量蛋白性食品新鲜度和水产制品质量的理化指标, 它是指动物性食品特别是蛋白质含量较高的水产品, 在腐败过程中, 由于酶和微生物的作用, 使蛋白质分解而产生氨及胺类等具有挥发性的碱性含氮物质^[1~2], 该类物质可以与在腐败过程中同时分解产生的有机酸结合, 形成一种称为盐基态氮

收稿日期: 2012-09-05

基金项目: 湛江市科技攻关计划项目 (2012G3103002), 广东海洋大学自然科学基金项目 (1012120)

作者简介: 谢主兰 (1966-), 女, 硕士, 副教授, 研究方向: 水产品质量安全研究

($+NH_4 \cdot R^-$) 的物质积聚在蛋白性食品中, 使食品中所含 TVB-N 的量随着腐败的进程而逐渐增加^[3~5], 因此, TVB-N 与动物性食品腐败变质之间有明确的对应关系, 它是鱼、虾、贝类等水产品及其制品卫生检验标准的一项重要指标, 因此, 测定水产品及其制品中 TVB-N 的含量, 有助于判定水产品的的新鲜度和确定水产制品的质量与货架寿命^[6~7]。

食品的货架寿命是指从感官和食用安全角度分析, 食品品质保持在消费者可接受程度下的贮藏时间^[8]。而食品品质改变一般指生产贮藏过程中化学的、物理的和微生物的变化, 因此, 以化学、微生物的反应动力学模型可以较好地反映食品品质的变化^[9~11]。

低盐虾酱是以小海虾或虾的下脚料为原料,降低加盐量自然发酵或利用蛋白酶加速蛋白质的分解转化而制成的温和加工制品^[12-13]。由于食盐含量较低($\leq 18\%$),且蛋白质含量较高,因此,产品在贮藏过程中因TVB-N引起的品质变化较大,影响了其耐贮性与货架期。为此,准确预测低盐虾酱在贮藏过程中的品质变化和货架寿命对于确保该产品的质量安全具有重要的实际意义。目前,国内外应用Arrhenius法建立的挥发性盐基氮(TVB-N)动力学模型预测动物性食品货架寿命的研究已有报道^[14-15],但对于低盐虾酱在贮藏过程中品质变化的动力学模型及货架期预测方面的研究却未见报道。因此,本文通过对低盐虾酱贮藏于20℃、25℃和35℃条件下,TVB-N值变化规律的研究,结合与感官评定相关性分析,确定TVB-N值作为低盐虾酱品质变化的关键因子,然后建立TVB-N指标值随着贮藏温度和时间变化的动力学模型,以预测低盐虾酱在某一贮藏温度条件下的货架寿命,从而为确保低盐虾酱的质量安全提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

低盐虾酱,从湛江市海景市场购买的新鲜小斑节虾为原料,自制^[3]低盐虾酱以备用。

中性蛋白酶(活力为70000 U/g),北京鸿润宝顺科技有限公司;平板计数培养基,北京陆桥技术有限

责任公司;氧化镁、碳酸钾、无水碳酸钠、盐酸、甲基红、亚甲基蓝、硼酸,广州化学试剂厂。

YXQ~SG46-280SA 不锈钢手提压力蒸气灭菌锅、SW-CJ-1F 洁净工作台、HH-6 数显恒温水浴箱,上海博迅实业有限公司;101 3 BS-II 电热恒温鼓风干燥箱、SPX-250B 型生化培养箱、菌落计数器,上海跃进医疗器械厂;YS100 双目电光生物显微镜,日本尼康公司;AW-120 电子天平,日本岛津公司;SIEMENZ SCD-222 电冰箱,安徽博西华制冷有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 低盐虾酱贮藏期间的品质检测

将样品分别贮藏于20℃、25℃和35℃三种温度下,其中20℃和25℃贮藏时每5 d取样,35℃贮藏时每3 d取样,进行感官评定、理化指标和微生物指标的测定,并分析得到影响低盐虾酱品质变化的关键因子。

1.2.2 感官评定

对不同贮藏温度下的低盐虾酱定期进行感官评定^[16]。以面包为载体,样品制备员将样品制备好后,请经过训练的9名评价员采用五分制(0~4分),对样品的色泽、香气、滋味、组织状态四个方面进行感官评价。评价结束后将评分汇总进行统计处理,评分结果以样品的平均分表示,样品平均分=总评分/评价员数;样品的总体接受性是由色泽、香气、滋味和组织状态评分相加的总分。感官评分标准见表1。

表1 低盐虾酱的感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation criteria of low-salt shrimp sauce

感官	感官评分(分)				
	好(4)	较好(3)	一般(2)	较差(1)	差(0)
品质	好(4)	较好(3)	一般(2)	较差(1)	差(0)
色泽	紫红色或灰紫色	紫红色或灰紫色	酱色光泽稍暗	酱色发乌	酱色发黑
香气	虾香和酱香浓郁	虾香和酱香较浓郁,	虾香和酱气稍淡	无虾酱香气,有异味	有臭味
滋味	发酵成熟的虾酱味浓郁,无异味	虾酱味较浓,无异味	虾酱味稍淡	虾酱味较淡,有腥味	有异味
组织状态	幼滑,粘稠度适宜,质地均匀	幼滑,粘稠度较好,质地较均匀	粘稠度一般,质地一般	粘稠度较差,有分层现象	分层明显,质地不均匀

1.2.3 挥发性盐基氮(TVB-N)的测定

采用GB/T 5009.44-2003中4.1的微量扩散法。称取10.0 g样品于锥形瓶中,加入100 mL蒸馏水,用玻璃棒搅匀,振荡,浸渍30 min后过滤,滤液按微量扩散法进行测定。在扩散皿边缘涂上水溶性胶,在皿中央加入1 mL吸收液和1滴混合指示剂,在外室一侧加入1 mL样液,另一侧加饱和碳酸钾溶液,把玻璃盖盖好密封,然后轻轻转动,使样液与饱和碳酸钾溶液混合,放入37℃恒温箱放置2 h后用盐酸滴定。每个样品做三个平行,并做空白试验。结果以每100 g样品中所含TVB-N毫克数表示。样品中的挥发性盐

基氮(TVB-N)含量按下式计算。

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \times c \times 14}{m \times 1/100} \times 100 \quad (1)$$

注: X-样品中总挥发性盐基氮的含量, mg/100g; V₁-测定用样液消耗盐酸标准溶液体积, mL; V₂-试剂空白消耗盐酸标准溶液体积, mL; C-盐酸标准溶液的实际浓度, mol/L; 14-与1.00 mL盐酸标准滴定溶液[C(HCl)=1.00 mol/L]相当的氮的质量, mg; m-样品质量, g。

1.2.4 相关性分析

用Excel和SPSS 17.0软件计算低盐虾酱的感官评定结果和TVB-N值的皮尔逊(Pearson)相关系数,

该系数是衡量变量间相关程度的一个量值,用 ρ 表示, $|\rho|>0.90$ 则其相关性显著^[17]。

1.2.5 低盐虾酱挥发性盐基氮动力学模型

1.2.5.1 一级动力学方程

食品的品质变化是由某些化学反应或微生物生长引起的,而化学反应动力学模型已经得到了广泛的应用。在食品加工和保存过程中,大多数与食品有关的品质变化都遵循零级或一级反应模式,其中一级反应动力学模型应用广泛。本实验得出低盐虾酱的品质变化主要是由 TVB-N 引起的,因此,一级动力学方程可以描述其 TVB-N 变化与贮藏时间 (t) 之间的关系,也可预测产品的货架期 t。

$$A = A_0 e^{kt} \quad (2)$$

式中: A 为样品贮藏至第 t d 时的 TVB-N 值(mg/100g); A_0 为样品贮藏初始时的 TVB-N 值(mg/100g); k 为 TVB-N 变化速率常数; t 为样品的贮藏时间(d)。

1.2.5.2 Arrhenius 方程

在 20 °C、25 °C 和 35 °C 三种不同的贮藏温度下,可分别得到低盐虾酱的理化指标 TVB-N 值,利用得到的数据作图,确定反应级数,计算反应常数,得到该反应的 Arrhenius 方程。

$$k = k_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (3)$$

式中: k_0 为方程的指前因子(又称为频率因子); E_a 为 TVB-N 变化反应的活化能 (kJ/mol); T 为绝对温度(K); R 为气体常数 (8.3144 J/mol·K); k_0 和 E_a 都是与反应系统物质本性有关的经验常数。

将式(3)取对数得:

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{RT} \quad (4)$$

从方程(4)中看出,在求得不同温度下的速率常数后,用 $\ln k$ 对热力学温度的倒数 (1/T) 作图可得到一条斜率为 $-E_a/R$ 的直线,在 Y 轴上截距为 $\ln k_0$,在求得三个不同贮藏温度下的速率常数 k 后,即可计算 E_a 和 k_0 。根据一级动力学方程和 Arrhenius 方程,给定感官评定终点对应的 TVB-N 值以及某一贮藏温度,即可预测低盐虾酱的货架寿命。

2 结果与分析

2.1 感官评定结果与 TVB-N 值之间的相关性分析

在理化、微生物指标仍在标准限定的范围之内时,影响低盐虾酱品质变化的主要因素是 TVB-N 含量的变化。表 2~4 分别列出了 20、25、35 °C 贮藏时,TVB-N 值随着贮藏时间的变化以及相应的感官评定结果,其

Pearson 相关系数见表 5。

表 2 20 °C 贮藏时低盐虾酱感官评定值和 TVB-N 值的变化

Table 2 Change of TVB-N and sensory evaluation scores in low-salt shrimp sauce products stored at 20 °C

时间/d	0	5	10	15	20	25	30
色泽	3.80	3.79	3.72	3.72	3.65	3.55	3.42
香气	3.83	3.82	3.77	3.63	3.58	3.42	3.25
滋味	3.88	3.82	3.76	3.72	3.66	3.53	3.40
组织形态	3.81	3.81	3.76	3.61	3.56	3.48	3.37
总体接受性	15.32	15.24	15.01	14.68	14.45	13.98	13.44
TVB-N/(10 ⁻² mg/g)	30.72	30.82	32.43	34.24	36.99	40.59	43.75

表 3 25 °C 贮藏时低盐虾酱感官评定值和 TVB-N 值的变化

Table 3 Change of TVB-N and sensory evaluation scores in low-salt shrimp sauce products stored at 25 °C

时间/d	0	5	10	15	20	25	30
色泽	3.80	3.75	3.70	3.61	3.55	3.42	3.22
香气	3.83	3.76	3.71	3.63	3.53	3.40	3.23
滋味	3.88	3.80	3.77	3.71	3.63	3.54	3.38
组织形态	3.81	3.76	3.69	3.60	3.51	3.40	3.25
总体接受性	15.32	15.07	14.87	14.55	14.22	13.76	13.08
TVB-N/(10 ⁻² mg/g)	30.72	32.97	36.18	40.13	46.18	52.39	60.55

表 4 35 °C 贮藏时低盐虾酱感官评定值和 TVB-N 值的变化

Table 4 Change of TVB-N and sensory evaluation scores in low-salt shrimp sauce products stored at 35 °C

时间/d	0	3	6	9	12	15	18
色泽	3.80	3.74	3.65	3.55	3.38	3.12	3.03
香气	3.83	3.76	3.60	3.45	3.32	3.05	2.81
滋味	3.88	3.73	3.53	3.35	3.08	2.93	2.82
组织形态	3.81	3.63	3.57	3.33	3.06	2.98	2.68
总体接受性	15.32	14.86	14.35	13.68	12.84	12.08	11.34
TVB-N/(10 ⁻² mg/g)	30.72	34.06	40.65	46.55	54.49	60.13	68.92

表 5 感官评定值与 TVB-N 值的皮尔逊相关系数

Table 5 Pearson correlation coefficient between sensory evaluation and TVB-N

贮藏温度/°C	色泽	香气	组织形态	滋味	总体接受性
20	-0.9875**	-0.9939**	-0.9813**	-0.9899**	-0.9961**
25	-0.9942**	-0.9989**	-0.9984**	-0.9951**	-0.9981**
35	-0.9854**	-0.9930**	-0.9937**	-0.9906**	-0.9985**

注: “**”表示在 0.01 水平上显著相关。

由表 2~4 可知,三个贮藏温度下,样品色泽、香气、滋味、组织状态和总体接受性都随着 TVB-N 值的增大而减小。由表 5 可知,TVB-N 值与感官评定结果之间具有极显著的相关性,其 Pearson 相关系数 $|\rho|>0.98$ 。在实验中发现, pH 值、 a_w 和菌落总数的变

化趋势与感官评定结果的变化趋势之间的相关性比 TVB-N 值的低, 因此, 本研究选择 TVB-N 值作为低盐虾酱品质变化和货架寿命的关键指示因子。

2.2 低盐虾酱贮藏过程中挥发性盐基氮变化的动力学模型

在 20、25、35 °C 贮藏时低盐虾酱中 TVB-N 值随时间 (t) 的变化曲线, 如图 1~3。

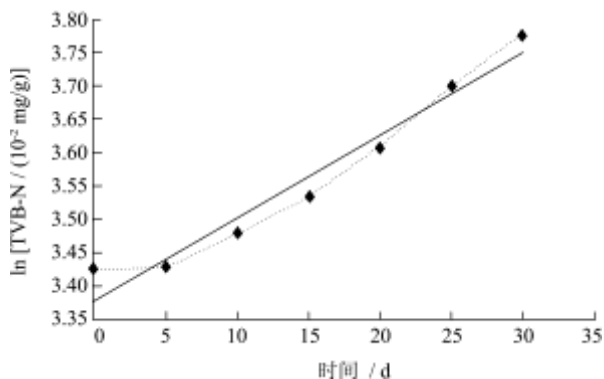


图 1 20°C 贮藏时低盐虾酱的 TVB-N 变化曲线图

Fig.1 Change curve of TVB-N in low-salt shrimp sauce products stored at 20°C

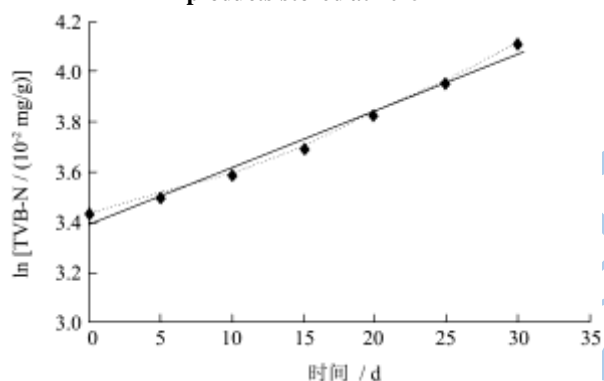


图 2 25°C 贮藏时低盐虾酱的 TVB-N 变化曲线图

Fig.2 Change curve of TVB-N in low-salt shrimp sauce products stored at 25°C

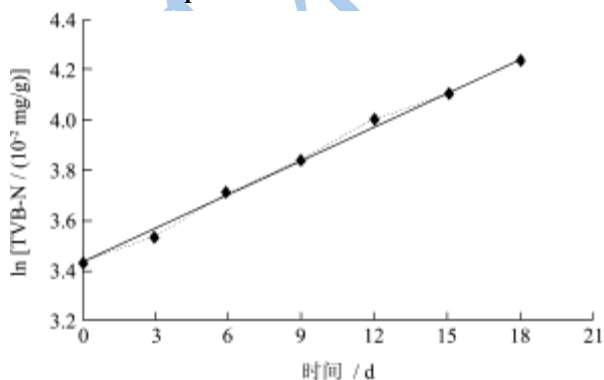


图 3 35°C 贮藏时低盐虾酱的 TVB-N 变化曲线图

Fig.3 Change curve of TVB-N in low-salt shrimp sauce products stored at 35°C

由图 3 和表 4 可知, 低盐虾酱 TVB-N 值的变化与贮藏温度、贮藏时间的相关性都很高。在三种贮藏

温度条件下, TVB-N 值随着贮藏温度的升高而增加; 反之, 贮藏温度低, TVB-N 值则增加缓慢。在同一温度下, 随着贮藏时间的延长, 低盐虾酱 TVB-N 值也逐渐增加。20 °C 贮藏 30 d 时, TVB-N 值由初始的 0.3072 mg/g 增加到 0.4375 mg/g, 增长速度较慢; 25 °C 贮藏 30 d 时, TVB-N 值增至 0.6055 mg/g, 上升速度稍快; 35 °C 贮藏 15 d 时, TVB-N 值达到 0.6013 mg/g, 在此温度下 TVB-N 增加速度很快。因此, 贮藏温度是影响低盐虾酱保质期长、短的重要因素。用线性方程对变化曲线进行回归分析, 得到回归方程和回归系数 R^2 及变化速率常数 k 值, 结果见表 6。

表 6 低盐虾酱在不同贮藏温度下 TVB-N 值随贮藏时间变化的回归方程

贮藏温度/°C	回归方程	回归系数 R^2	k 值
20	$y=0.0124x+3.3788$	0.9553	0.0124
25	$y=0.0229x+3.3841$	0.9873	0.0229
35	$y=0.0458x+3.4195$	0.9928	0.0458

由表 6 可知, 三个贮藏温度所对应的回归方程的复相关系数 R^2 均大于 0.95, 表明回归方程具有很高的拟合度; 同时, 得到的 TVB-N 的变化速率常数 k 分别为 0.0124、0.0229 和 0.0458。以 $\ln k$ 对贮藏温度的倒数 $1/T$ 作图, 得到线性方程 $y=-7.6603x+21.805$, $R^2=0.9885$, 结果见图 4。

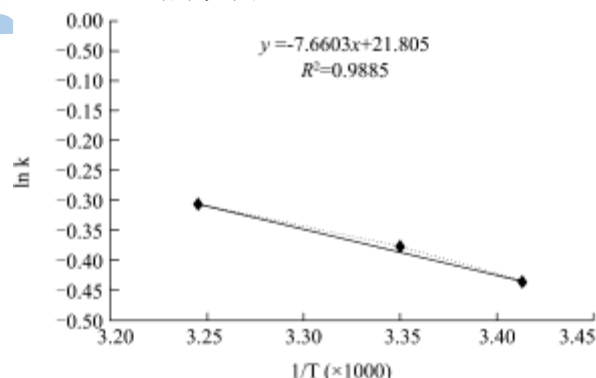


图 4 低盐虾酱 TVB-N 值变化的 Arrhenius 曲线图

Fig.4 Arrhenius curve of TVB-N change in low-salt shrimp sauce products

由线性方程计算得到 TVB-N 变化的活化能 E_a 为 63.69×10^3 kJ/mol, 指前因子 k_0 为 2.76×10^9 。在此基础上建立低盐虾酱贮藏过程中 TVB-N 变化速率常数 k 与贮藏温度 (T) 之间的 Arrhenius 方程为:

$$k = 2.76 \times 10^9 \times \exp\left(\frac{-63.69 \times 10^3}{RT}\right) \quad (5)$$

根据所得到的低盐虾酱 TVB-N 一级动力学方程和 Arrhenius 方程, 当确定了产品的贮藏温度、初始 TVB-N

值及终点TVB-N控制值,即可获得在确定的贮藏温度条件下的贮藏时间。另外,也可以通过低盐虾酱的贮藏温度、初始TVB-N值及贮藏时间,即可获得在确定的贮藏温度条件下贮藏一定时间后的TVB-N值。

2.3 TVB-N动力学模型的验证与货架期预测

2.3.1 动力学模型的验证

将低盐虾酱放在 15 °C、30 °C 和 37 °C 温度下进行贮藏,将其实际货架寿命与根据 TVB-N 动力学模型计算的货架寿命预测值进行比较,验证上述动力学模型的准确性,以两者之间的相对误差作为验证结果^[7]。如表 7 所示。

表 7 低盐虾酱在 15、30 和 37 °C 贮藏时货架期的预测值和实测值

Table 7 Predicted and observed shelf-life of low-salt shrimp sauce products stored at 15, 30 and 37 °C

贮藏温度/°C	货架期预测值/d	货架期实测值/d	相对误差/%
15	319.5	291	9.79
30	85.8	80	7.00
37	48.6	52	-6.54

由表 7 可知,在 15、30 和 37 °C 条件下贮藏的低盐虾酱的实际货架寿命与动力学模型预测值的相对误差分别为 9.79%、7.00% 和 -6.54%,其值均小于 ±10%。验证结果表明,应用本研究建立的低盐虾酱 TVB-N 动力学模型所获得货架期预测值准确率较高,根据此模型可以准确预测某一贮藏温度下低盐虾酱的货架寿命理论值。

2.3.2 由动力学模型预测低盐虾酱货架寿命

根据感官评定结果与 SB/T 10525-2009《虾酱》卫生标准^[8],建议将低盐虾酱货架寿命终点为 TVB-N 值 4.50 mg/g。对低盐虾酱贮藏过程中 TVB-N 值变化的 Arrhenius 曲线进行外推,求得 23 °C 和 27 °C 时 TVB-N 变化速率分别为 $k_{23^{\circ}\text{C}}=0.0172$ 和 $k_{27^{\circ}\text{C}}=0.0250$ 。把不同贮藏温度下的 TVB-N 变化速率常数分别代入一级动力学方程,并取货架寿命终点 TVB-N 值 $A=4.50$ mg/g,起始 TVB-N 值 $A_0=0.3072$ mg/g,即可计算出相应贮藏温度下低盐虾酱货架寿命理论值,结果如表 8 所示。

表 8 根据 TVB-N 动力学模型计算的不同贮藏温度下低盐虾酱的货架寿命预测值

Table 8 Calculated shelf-life prediction of low-salt shrimp sauce products stored at different temperatures

贮藏温度/°C	23	25	27	30	35	37
货架寿命预测值/d	155.8	121.8	107.2	85.6	58.4	48.6

3 结论

3.1 通过对低盐虾酱产品在不同贮藏温度下的挥发性盐基氮(TVB-N)值随贮藏时间变化的分析,根据感官评价与 TVB-N 的 Pearson 相关系数 $|r|>0.98$,表明 TVB-N 值与感官评定结果之间具有极显著的相关性。因此,采用挥发性盐基氮(TVB-N)作为低盐虾酱品质变化和货架寿命的指示指标。

3.2 根据计算低盐虾酱 TVB-N 动力学模型参数,求出 TVB-N 变化的活化能 E_a 为 63.69×10^3 kJ/mol、指前因子 k_0 为 2.76×10^9 ,建立了 TVB-N 与贮藏时间(t)之间的一级动力学方程、TVB-N 变化速率常数 k 与贮藏温度(T)之间的 Arrhenius 方程。

3.3 根据感官评定结果和我国《虾酱》行业标准(SB/T 10525-2009)的规定,将 TVB-N 值 4.50 mg/g 作为货架寿命终点,采用 TVB-N 动力学模型能准确预测在某一贮藏温度下低盐虾酱的货架寿命理论值,预测理论值与真实值之间能较好地符合。

参考文献

- [1] 王天佑,王玉娟,秦文.猪肉挥发性盐基氮值指标与其感官指标的差异研究[J].食品工业科技,2007,12:124-125
- [2] Leroy F, Joffraud J J, Chevalier F, et al. Research of quality indices for cold-smoked salmon using a stepwise multiple regression of microbiological counts and physico-chemical parameters [J]. J Appl Microbiol, 2001, 90(4): 578-587
- [3] 过世东,王四维.虾类产品鲜度评价方法研究进展[J].食品研究与开发,2006,27(2):161-172
- [4] 路昊,包建强.黄鳍金枪鱼肉在不同冻藏温度下品质变化的动力学研究[J].现代食品科技,2007,23(2):5-7
- [5] Tsai Y H, Chang S C, Kung H F, et al. Histamine production by *Enterobacter aerogenes* in sailfish and milk fish at various storage temperatures [J]. Journal of food protection, 2005, 68(8): 1690-1695
- [6] 陈培基,李来好,李刘冬,等.水产品中挥发性盐基氮测定方法的改良[J].中国水产科学,2006,13(1):146-150
- [7] 王志琴,姚刚,张晓红,等.牛肉保存过程中总挥发性盐基氮变化规律的探索[J].畜牧与饲料科学,2011,32(7):84-85
- [8] Shamshad S I, Kher urr nisa M, Riaz M, et al. Shelf life of shrimp (*Penaeus merguensis*) stored at different temperatures [J]. J Food Sci, 1990, 55(5): 1201-1205
- [9] 林进,杨瑞金,张文斌,等.动力学模型预测即食南美白对虾货架寿命[J].食品科学,2009,30(22):361-365
- [10] 李学英,许钟,杨宪时,等.大黄鱼产 H_2S 菌生长动力学模型和货架期预测[J].现代食品科技,2010,26(9):921-925
- [11] Tomrieri E, Russo F, Di Monaco R, et al. Shelf life prediction

- of fresh Italian pork sausage modified atmosphere packed [J].
Food Sci Technol Int, 2011, 17 (3): 223-232
- [12] 刘树青,林洪.酶法制备低盐虾酱的研究[J].海洋科学,2003,
27(3):57-60
- [13] 谢主兰,何晓丽,雷晓凌,等.虾酱酶法模拟加工过程中的细菌
学分析[J].食品科学,2011,32(7):279-281
- [14] Fujikawa H, Itoh T. Thermal inactivation analysis of
Mesophiles using the Arrhenius model and Z-value models [J].
J Food Prot, 1998, 61 (7): 910-912
- [15] 巨文华,刘青梅,杨性民,等.醉泥螺贮藏过程中品质变化的
动力学模型研究[J].中国食品学报,2008,5(8):70-74
- [16] 张水华,徐树来,王永华编.食品感官分析与实验[M].北京:化
学工业出版社,2010
- [17] 许钟,杨宪时,郭全友,等.波动温度下罗非鱼特定腐败菌生长
动力学模型和货架期预测[J].微生物学报,2005,45(5):798-
801
- [18] SB/T 10525-2009 中华人民共和国虾酱国内贸易行业标准
虾酱[S]

现代食品科技