

凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)即食虾仁在 常温保藏中的货架期预测及品质分析*

王 欢 谢 超^① 孙 媛 吴冬梅

(浙江海洋学院食品与医药学院 舟山 316000)

摘要 采用化学分析、质构检测及动力学模型建立等方法,对凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)即食虾仁在常温保藏中的细菌总数、TVB-N 值、pH 值、质构特性、色差值及感官评价等参数进行测定。以挥发性盐基氮 TVB-N 作为货架寿命的关键指示因子,利用 Arrhenius 法预测常温流通高水分即食调味虾仁的货架寿命。计算结果 E_a 为 65.26 kJ/mol, k_0 为 6.04×10^9 ,进一步推算得到在 20℃ 和 25℃ 常温流通条件下,即食虾仁产品的货架期为 148.61d 和 94.1d。在 25℃ 保藏 3 个月的虾仁虽在细菌总数、TVB-N 值、pH 值、感官评分、质构、色差值等方面均发生了一些变化,但都在安全范围之内,不影响其食用价值。本研究为常温流通的即食虾仁产品开发奠定了理论基础。

关键词 凡纳滨对虾; 常温保藏; 货架期预测; 品质分析

中图分类号 TS254.1

凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)也称南美白对虾,又称为白对虾,外形类似中国对虾,体表颜色为浅灰色,全身没有斑纹,成体对虾体长可达 24cm,是当今世界养殖产量最高的三大虾类之一(邴旭文等, 2006)。据测定,凡纳滨对虾不但营养丰富,还富含人体所需的钙、铁、锌、磷、锰、铜、硒的等矿物元素(Nilesh *et al*, 2009)。常温流通的高水分即食调味虾仁,不仅可有效防止冷冻虾仁的蛋白变性,而且开袋即食,避免了再次加工造成营养素的二次流失。其水分含量 40%—45%,相对比其它的虾干制品,其口感鲜甜嫩滑,清香淡雅,而且富含蛋白、多种维生素及矿物质等营养素,同时也很好地保持了原料虾本身的口感、风味、外观和质构。

食品品质损失动力学作为预测食品货架期的指标,备受国内外学者的关注。目前常应用 Arrhenius 法(王璋等, 2003; Nourian *et al*, 2003; Suh *et al*, 2003; 张丽平等, 2007)预测常温流通即食虾仁的货架寿命。常温流通即食虾仁品质受到许多因素的影响,包括

细菌总数、pH 值和挥发性盐基氮(TVB-N)等(林进等, 2009; 石红等, 2010)。TVB-N 是食品在腐败变质过程中,蛋白质受到酶和细菌的作用,分解生成氨类等含氮的碱性物质(Al-Dagal *et al*, 1999)。凡纳滨对虾富含人体所需的多种营养物质,将其加工成能在常温下流通且具有较长货架寿命的即食产品,意义重大。为此,本文研究凡纳滨对虾即食虾仁在一定保藏条件下的品质变化情况,采用 Arrhenius 方法预测在常温贮藏条件下产品的货架期,为产品的工业化生产提供理论基础。

1 材料与仪器

1.1 实验材料

凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)购自于浙江舟山菜场;磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、三氯乙酸(TCA)、浓硫酸、亚硫酸钠、Tris、顺丁烯二酸(maleate)、考马斯亮蓝 G-250、氯化钾、氢氧化钠、小牛血清蛋白、乙二胺四乙酸(EDTA)、二硫-2-硝基苯甲酸

* 浙江省公益项目, 2012C21068 号; 浙江省重大科技项目, 2012C11015-2 号; 浙江省自然科学基金项目, LY13C200006 号; 浙江省水产品加工及贮藏工程重点学科基金, 2011—2015 年; 舟山市科技项目, 2012C21018 号。王欢, E-mail: 1414751924@qq.com

① 通讯作者: 谢超, 副教授, E-mail: xc750205@163.com

收稿日期: 2012-11-08, 收修改稿日期: 2013-02-25

(DTNB)、三磷酸腺苷二钠(ATP)、对苯二酚、钼酸铵等,以上试剂均为分析纯。

1.2 实验仪器

JE2001 型电子天平(北京奥多利斯天平有限公司); PHS-3S 型 pH 值计(上海大普仪器有限公司); SHZ-82A 恒温水浴锅(常州诺基仪器有限公司); PRO250 高速匀浆机(美国 ProScientific 公司); U-2800 紫外可见分光光度计(日本日立); GR21G 高速冷冻离心机(日本日立); HG63 梅特勒自动水分测定仪[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司]。

2 实验方法

2.1 细菌总数的测定

采用《GB/T 4789.2-2008》(中国疾病预防控制中心营养与食品安全研究所, 2008)的测定方法。采用平板菌落计数法, 无菌条件下称取虾肉 10g 置于 90mL 无菌生理盐水的无菌锥形瓶中, 旋涡混合器振荡 5min 后, 按 10 倍稀释法稀释成 10^{-2} 、 10^{-3} 、 10^{-4} 等稀释液, 选择 2—3 个适宜的样品菌液, 各取 1mL 分别放入无菌培养皿内, 加入 15—20mL 的琼脂培养基混匀, 在 $(36 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ 的恒温培养箱内培养 24—48h 后计数。

2.2 TVB-N 值的检测

参考水产品中挥发性盐基氮的测定方法进行测定(SC/T 3032-2007)(中国水产科学研究院南海水产研究所, 2007)¹⁾。

2.3 水分含量的测定

采用自动水分测定仪进行测定, 将干燥过后的样品放入自动水分含量测定仪中测定, 干燥完毕记录其相对应的水分含量。

2.4 pH 值的检测

取碾碎的即食虾仁 5g 于烧杯中, 加入煮沸后冷却的蒸馏水定容至 50mL, 搅拌均匀, 静置 30min 浸出, 并不断摇晃, 然后过滤, 滤液用 pH 值计测定, 得出其 pH 值(赵海鹏等, 2010)。

2.5 虾仁质构的检测

采用 TMS-Pro 物性分析仪测定, 以(TPA)模式进行, 设定测试参数值为: 测试前速度 60mm/min, 测试速度 40mm/min, 测试后速度 60mm/min, 测试深度(压缩比)50%, 触发类型自动 0.6N。往复运动 2 次, 回复时间 2s。采用 P/20 探头虾仁第二腹节进行测试, 测试 3 个平行样品。最终得到样品的硬度、弹性等指标,

结果以“平均值±标准偏差”形式表示。

2.6 色差值的测定

采用 WSC-100 型色差仪对样品进行 L^* 、 a^* 、 b^* 的测定。 L^* 值表示亮度, 其值从 0 到 100 变化, 0 表示黑色, 100 表示白色; a^* 值红色度, 表示有色物质的红绿偏向, 正值越大偏向红色的程度越大, 负值越大偏向绿色的程度越大; b^* 表示黄色度, 表示有色物质的黄蓝偏向, 正值越大偏向黄色的程度越大, 负值越大偏向蓝色的程度越大; 根据测得的 a^* 、 b^* 的值计算彩度 C 值(Corzo et al, 2006)。

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

2.7 产品感官评定

采用感官评定中的选择检验法, 从三个以上的样品中选择最喜欢或最不喜欢的检验方法, 由 8 位经过训练的评定员组成感官评定小组, 对 4 个不同口味的样品进行评定, 选出最喜欢的样品(张晓鸣, 2006), 通过 X^2 检验以判断数个样品间有无显著性差异。采用如下公式求 X_0^2 :

$$X_0^2 = \sum_{i=1}^m \frac{\left(X_i - \frac{n}{m}\right)^2}{\frac{n}{m}}$$

式中, m 表示不同对虾口味的数量, n 表示有效鉴评人数, X_i 表示 m 种不同口味中, 最喜好其中某种口味的人数。查 X^2 表, 与计算的 X_0^2 值进行比较, 判断样品间的差异程度。

2.8 产品货架寿命预测

将即食虾仁分成 3 组, 分别放置在温度为 30°C 、 35°C 和 40°C 的恒温培养箱保藏, 30°C 条件下每隔 10 天测定其细菌总数、TVB-N、水分含量及 pH 值, 35°C 和 40°C 条件下分别每隔 7 天和 4 天测定其微生物指标和理化指标。

3 结果与分析

3.1 即食虾仁在不同温度保藏过程中的品质变化

在设定的温度(30°C 、 35°C 、 40°C)条件下, 高分即食调味虾仁的细菌总数、水分含量和 pH 值随贮藏时间的变化情况见表 1、表 2、表 3。

从上述表 1、表 2、表 3 可以得出, 在所有设定的贮藏温度下, 整个贮藏过程中虾仁的细菌总数随着时间的延长而增加, 在贮藏前期变化不大, 到后期

1) 中国水产科学研究院南海水产研究所, 2007. SC/T 3032-2007. 水产品中挥发性盐基氮的测定

细菌繁殖加快, 细菌总数迅速上升。前期由于 Nisin 和茶多酚的抑菌作用使其细菌处于休眠状态, 后期 pH 值慢慢升高影响其 Nisin 和茶多酚的抑菌效果, 细菌开始繁殖生长。而水分含量随着保藏时间延长而有所下降, 保藏期间水分含量从 44.07%降至 41.53%。产品的 pH 值在 5.5—6.2 范围内波动, pH 值随着时间的延长呈现先下降后上升的趋势, 出现这种现象的原因可能是在贮藏前期, 肌肉中的糖原开始分解, 代谢产生乳酸使其肌肉中的 pH 值下降, 贮藏前期由于酶和微生物的作用蛋白质慢慢分解, 产生的氨以及胺类等碱性物质不断增加, 其肌肉的 pH 值又渐渐回升(过世东等, 2006)。

3.2 即食虾仁感官评价与 TVB-N 值的相关分析

挥发性盐基氮含量作为世界上许多国家鉴定肉、

水产品腐败程度的主要指标之一(Cadun *et al*, 2005)。在水产品中 TVB-N 值水平与食品感官评价之间有相当高的相关性(柴春祥等, 2006)。挥发性盐基氮含量越低, 产品新鲜度越高。表 4、表 5 及表 6 分别列出 30、35、40℃贮藏时, TVB-N 值随贮藏时间(*t*)的变化, 以及相应的感官评定结果。由表 4、表 5、表 6 可知, 在此三个贮藏温度下, 样品的色泽、形态、组织状态和风味的感官评定结果都随着 TVB-N 值增大而有所减小, 经 SPSS 软件处理得到 TVB-N 值和感官评定结果之间存在良好的相关性, 其 Pearson 相关系数都 $\rho > 0.96$, 结果见表 7。而细菌总数、水分含量和 pH 值的变化与感官评定结果之间存在的相关性不如 TVB-N 值, 因此选择了 TVB-N 值作为常温流通即食虾仁货架期的关键指示因素。

表 1 30℃时保藏时间对产品的细菌总数、水分含量和 pH 值的影响

Tab.1 The effects of the preserved time for the total bacterial count, moisture content and pH value at 30℃

指标	时间(d)							
	0	10	20	30	40	50	60	70
细菌总数(log ₁₀ CFU/g)	0	0.5	1.0	1.4	2.2	2.5	3.0	3.6
水分含量(%)	44.07	43.63	43.28	43.03	42.96	42.44	41.89	41.53
pH 值	5.86	5.74	5.69	5.75	5.77	5.95	6.03	6.09

表 2 35℃时保藏时间对产品的细菌总数、水分含量和 pH 值的影响

Tab.2 The effects of the preserved time for the total bacterial count, moisture content and pH value at 35℃

指标	时间(d)						
	0	7	14	21	28	35	42
细菌总数(log ₁₀ CFU/g)	0	0.9	1.7	2.6	3.5	4.4	4.9
水分含量(%)	44.07	43.04	42.89	42.15	42.09	41.87	41.16
pH 值	5.86	5.77	5.71	5.78	5.82	5.92	5.99

表 3 40℃时保藏时间对产品的细菌总数、水分含量和 pH 值的影响

Tab.3 The effects of the preserved time for the total bacterial count, moisture content and pH value at 40℃

指标	时间(d)								
	0	4	8	12	16	20	24	28	32
细菌总数(lg ₁₀ CFU/g)	0	0.2	0.4	1.8	2.5	3.0	3.7	4.8	5.1
水分含量(%)	44.07	43.87	43.12	42.91	42.47	42.15	41.84	41.55	41.09
pH 值	5.86	5.74	5.66	5.52	5.63	5.76	5.89	6.02	6.12

表 4 30℃时保藏时间对虾仁感官品质和 TVB-N 值的影响

Tab.4 The effects of the preserved time for the sensory evaluation and TVB-N at 30℃

指标	时间(d)							
	0	10	20	30	40	50	60	70
色泽(分)	3.0	2.9	2.7	2.1	1.8	1.1	0.7	0.1
形态(分)	2.9	2.7	2.5	2.2	1.9	1.4	0.9	0.2
组织状态(分)	2.9	2.6	2.3	2.0	1.6	1.2	0.8	0.1
风味(分)	3.0	2.6	2.2	1.8	1.4	1.1	0.6	0.2
TVB-N(mg/100g)	1.98	2.38	2.95	5.13	7.08	10.34	13.07	16.43

表 5 35℃时保藏时间对虾仁感官品质和 TVB-N 值的影响
Tab.5 The effects of the preserved time for the sensory evaluation and TVB-N at 35℃

指标	时间(d)						
	0	7	14	21	28	35	42
色泽(分)	3.0	2.7	2.3	1.9	1.1	0.2	-0.3
形态(分)	2.9	2.5	2.2	2.0	1.7	0.4	-0.2
组织状态(分)	2.9	2.6	2.2	1.6	1.0	0.5	-0.3
风味(分)	3.0	2.7	2.4	1.7	0.9	0.3	-0.5
TVB-N(mg/100g)	1.98	3.12	5.26	7.01	9.34	15.97	24.82

表 6 40℃时保藏时间对虾仁感官品质和 TVB-N 值的影响
Tab.6 The effects of the preserved time for the sensory evaluation and TVB-N at 40℃

指标	时间(d)								
	0	4	8	12	16	20	24	28	32
色泽(分)	3.0	2.6	2.4	2.2	1.6	1.1	0.6	-0.2	-0.4
形态(分)	2.9	2.5	2.0	1.8	1.5	1.0	0.7	-0.1	-0.5
组织状态(分)	2.9	2.5	2.1	1.6	1.2	0.6	0.3	-0.2	-0.6
风味(分)	3.0	2.6	2.2	1.7	1.5	0.8	0.4	-0.3	-0.5
TVB-N(mg/100g)	1.98	2.78	4.13	5.81	8.93	10.33	12.66	17.91	22.31

表 7 感官评定值与 TVB-N 值的 Pearson 相关系数
Tab.7 The Pearson correlation coefficient of sensory evaluation and TVB-N

贮藏温度(℃)	色泽	形态	组织状态	风味
30	0.995**	0.997**	0.989**	0.970**
35	0.962**	0.984**	0.960**	0.960**
40	0.984**	0.985**	0.968**	0.972**

注: ** 显著性水平 $P<0.01$

3.3 即食虾仁动力学模型的建立

即食虾仁的品质变化是由某些化学反应(如酶解蛋白质)或微生物生长引起的,其品质变化与贮藏时间(t)之间的关系遵循一级动力学方程。利用 Arrhenius 关系式给定感官评定终点对应的 TVB-N 值以及某一贮藏温度,即可求得即产品的 t_0 。

$$A = A_0 e^{kt} \tag{1}$$

式中, A 为 TVB-N 值(mg/100g); A_0 为样品保藏初始时的 TVB-N 值(mg/100g); k 为 TVB-N 变化速率常数; t 为贮藏时间(d)。

TVB-N 变化速率常数 k 与贮藏温度 T 的关系符合 Arrhenius 方程:

$$k = k_0 e^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)} \tag{2}$$

式中, k_0 为方程指前因子; E_a 为活化能(kJ/mol); R 为气体常数 8.314J/(mol·K), 求得不同温度下的反应速率常数 k 后, 利用式(2)的对数方程用 $\ln k$ 对热力学温度低额倒数($1/T$)作图, 可得到一条斜率为 $(-E_a/R)$ 的

直线, 由此求得 Arrhenius 方程的 k_0 和 E_a 。获得该反应动力学模型中各参数的值后, 就可以求出货架寿命终端的时间及经过一定温度历程产品的品质, 也可计算出品质达到任一特定值时的贮藏时间(Vegel-Turenne *et al*, 1999; 汪琳等, 2001)。在不同温度贮藏下测得虾仁 TVB-N 值的变化情况, 结果见图 1、图 2、图 3 所示。

由图 1、图 2 和图 3 可以看出, 随着贮藏时间的延长 TVB-N 值不断增加, 且贮藏温度越高虾仁的 TVB-N 值增加越快, 经处理得到不同温度下的 TVB-N 的回归方程及变化速率常数 k 见表 8。

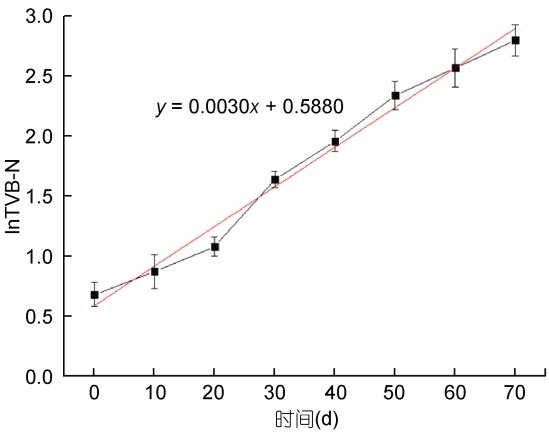


图 1 30℃即食虾仁 TVB-N 变化曲线
Fig.1 The change curve of TVB-N for instant shrimp at 30℃

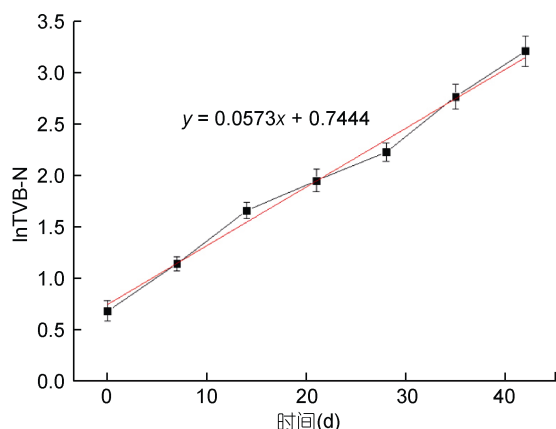


图 2 35℃即食虾仁 TVB-N 变化曲线

Fig.2 The change curve of TVB-N for instant shrimp at 35℃

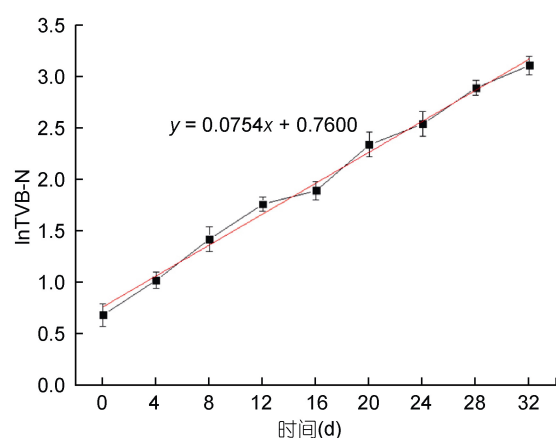


图 3 40℃即食虾仁 TVB-N 变化曲线

Fig.3 The change curve of TVB-N for instant shrimp at 40℃

表 8 不同温度下 TVB-N 的回归方程

Tab.8 The regression equation of TVB-N at different temperature

温度(℃)	回归方程	回归系数	k 值
30	$y = 0.0330x + 0.5880$	0.972	0.0330
35	$y = 0.0573x + 0.7444$	0.987	0.0573
40	$y = 0.0754x + 0.7600$	0.992	0.0754

求得三个贮藏温度所对应的 TVB-N 的变化速率常数 k 分别为 0.0330、0.0573 和 0.0754。以 $\ln k$ 对贮藏温度的倒数 $1/T$ 作图, 结果见图 4, 得到线性方程 $y = -7.849x + 22.522$, $R^2 = 0.935$ 。

由线性方程计算得到活化能 E_a 为 65.26 kJ/mol, 指前因子 k_0 为 6.04×10^9 。在此基础上建立即食凡纳滨对虾贮藏过程中 TVB-N 变化速率常数 k 与贮藏温度(T)之间的 Arrhenius 方程为:

$$k = 6.04 \times 10^9 e^{\left(\frac{65.26 \times 10^3}{RT} \right)} \quad (3)$$

3.4 即食虾仁动力学模型预测与验证

通过方程(3)可计算得到 20℃和 25℃时 TVB-N 值的 k 分别为 0.0141 和 0.0222。将 $k_{20^\circ\text{C}} = 0.0141$ 和 $k_{25^\circ\text{C}} = 0.0222$ 分别代入方程(1)中, 便可求得产品的预测货架期的理论值。其中 A 为产品感官终点的 TVB-N 值, A_0 为保藏初始时产品的 TVB-N 值。将理论值与实际货架寿命进行比较, 验证上述动力学模型的准确性, 结果以模型预测货架寿命和实测货架寿命的相对误差表示(许钟等, 2005), 结果见表 9。

从表 9 中可以看出, 在 20℃和 25℃下贮藏的高水分即食调味虾仁的 Arrhenius 法预测值与实测值的相对误差分别为 11.42%和 5.73%, 具有较好的拟合性。

3.5 虾仁制品保藏期间的细菌总数变化

细菌总数是评价食品可能被细菌污染的程度的指标之一, 虽然它与食品的细菌致病强度不一定具备对应关系, 但目前仍然是我国食品微生物检测的必检指标(Benner *et al*, 1994)。对于常温下保藏的产品, 每隔 10d 进行细菌总数的检测, 结果见图 5。由图 5 可知, 产品在保藏期间随着时间的延长细菌总数不断增加, 保藏初期细菌总数慢慢增加, 到第 40 天细菌总数为 $2.4 \log_{10}\text{CFU/g}$, 保藏后期细菌总数迅速增加, 到第 90 天时产品的细菌总数上升至 $4.5 \log_{10}\text{CFU/g}$, 到第 100 天时, 细菌总数为 $5.6 \log_{10}\text{CFU/g}$ 超出了即食产品的细菌种总数, 已不可食用。这是因为一些腐

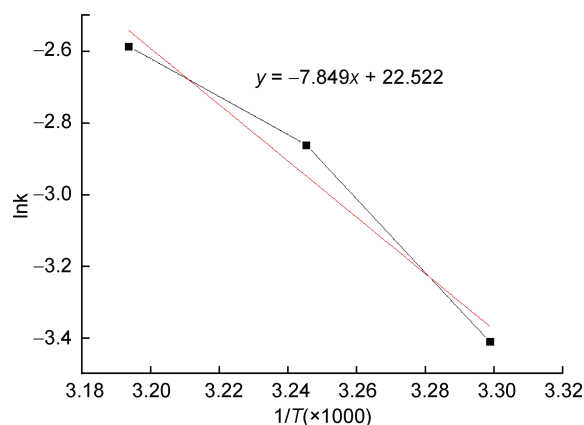


图 4 即食虾仁的 Arrhenius 曲线

Fig.4 The Arrhenius curve of instant shrimp

表 9 不同温度下产品货架期的预测验证试验

Tab.9 The verification test of shelf life prediction at different temperatures

温度(℃)	Arrhenius 法预测值(d)	实测值(d)	相对误差 (%)
20	148.2	133	11.42
25	94.1	89	5.73

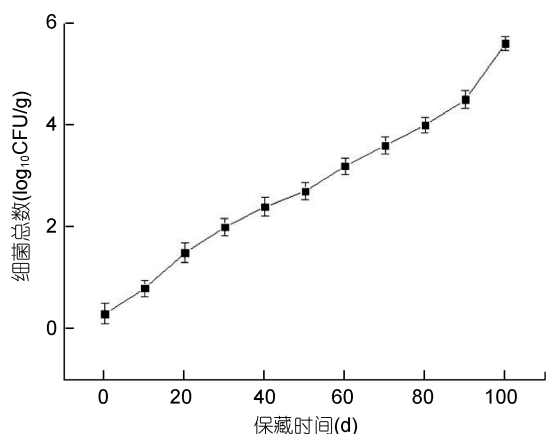


图5 保藏期间产品的细菌总数变化

Fig.5 The total bacterial count change during the preserved period

败菌在加工过程中并没有被完成杀灭,而是处于休眠状态,所以在常温保藏期内可经自我修复慢慢滋生繁殖(Juan *et al*, 2006),导致产品的细菌总数超标。

3.6 虾仁制品保藏期间的 TVB-N 值变化

由图 6 可以看出,随着保藏时间的延长 TVB-N 值不断增加,且在后期的保藏过程中增加幅度越来越快。虾仁在保藏过程中,由于体内的酶和微生物的作用使其蛋白质分解,产生的氨和低级胺类等碱性物质使虾品质下降。到保藏期结束时,产品的 TVB-N 值为 16.42,仍具有二级鲜度。

3.7 虾仁制品保藏期间的 pH 值变化

图 7 为保藏期间高水分即食调味虾仁的 pH 值变化情况,可以看出在保藏期间虾仁的 pH 值出现先下降随后上升的现象,虾仁在 0—90d 内 pH 值处在 5.1—6.2 之间,一般情况下细菌生长缓慢,到 100d 时 pH 值上升至 6.6,此时 pH 值较难抑制微生物的生长,使

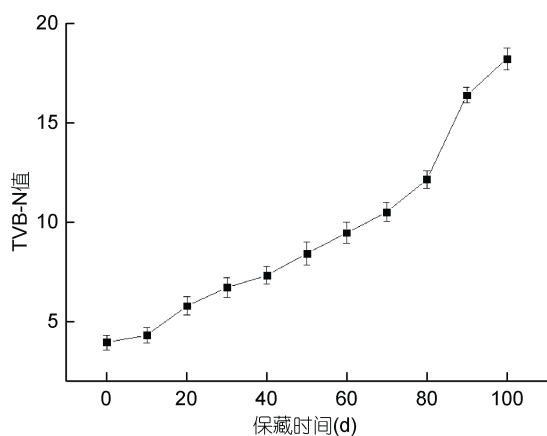


图6 保藏期间产品的 TVB-N 值变化

Fig.6 The TVB-N change value during the preserved period

其影响产品品质,因此 3 个月内产品的 pH 值符合合格的水产即食食品 pH 值的要求。

3.8 虾仁制品保藏期间的质构特性变化

从图 8 可以看出,在保藏期间高水分即食调味虾仁随着时间的增加其硬度不断增大,而弹性不断减弱。出现这样情况有可能是常温保藏下肌肉蛋白之间的氢键增加使其虾仁硬度增大;虾仁肌肉中的弹性蛋白降解为低分子物质,改变了它们肌原蛋白与弹性蛋白质之间的连接,肌动蛋白与肌球蛋白之间的结合变弱,使得肌肉弹性下降,硬度变大。

3.9 虾仁制品保藏期间色差值变化

从图 9 可以看出, L^* 、 a^* 和 b^* 值随着保藏时间的延长均呈现下降趋势,但下降幅度不显著,在三个月的保藏期间能较好保持产品的色泽。

3.10 虾仁制品保藏期间的感官评定

从图 10 中可以看出,产品在保藏过程中色泽、形态、组织状态和滋味的感官评定值都有所下降,但

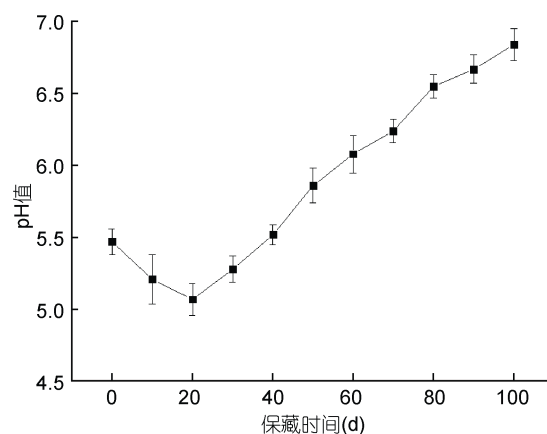


图7 保藏期间产品的 pH 值变化

Fig.7 The pH value change during the preserved period

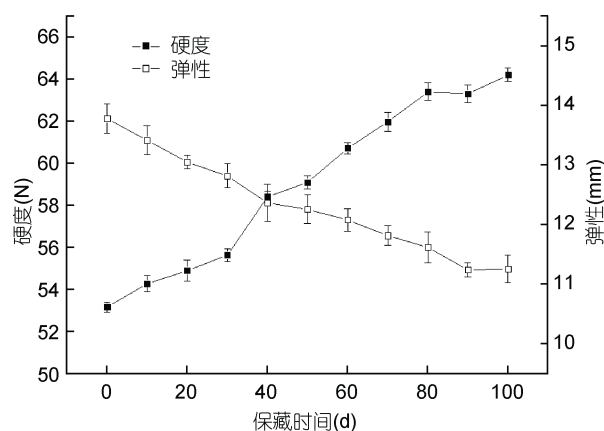


图8 保藏期间产品的质构变化

Fig.8 The texture change during the preserved period

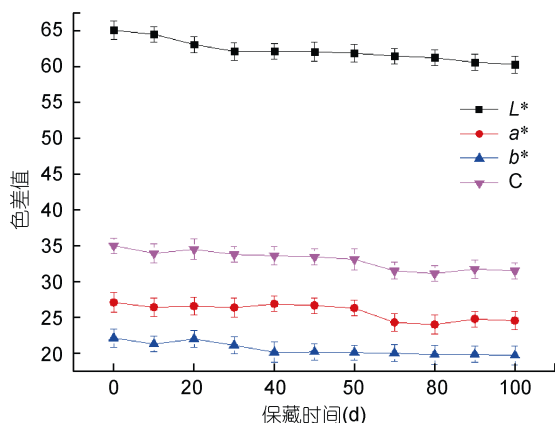


图9 保藏期间产品的色差值变化

Fig.9 The color change during the preserved period

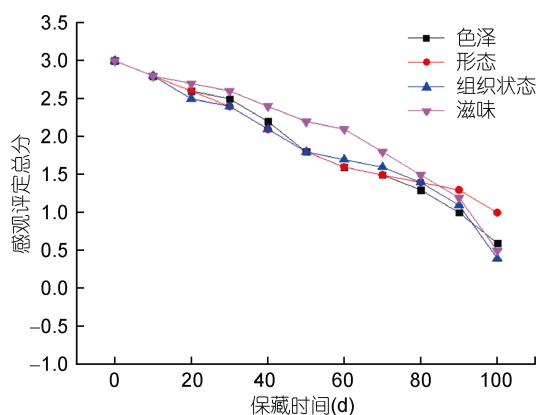


图10 保藏期间产品感官评分的变化

Fig.10 The sensory evaluation change during the preserved period

90d 时各项的感官评分仍然保持在 1 分以上, 还处在感官评定员能接受的程度。

4 结论

(1) 利用 Arrhenius 法预测常温流通高水分即食调味虾仁的货架期, 以挥发性盐基氮为品质指标, 求得产品贮藏期间品质变化反应的活化能 $E_a = 65.26 \text{ kJ/mol}$, 速率常数 $k_0 = 6.04 \times 10^9$, 品质变化的动力学模型为:

$$k = 6.04 \times 10^9 e^{\left(\frac{65.26 \times 10^3}{RT} \right)}$$

。通过建立的模型预测得到 20℃ 和 25℃ 下贮藏产品的货架期为 148.61d 和 94.1d, 与实测货架期比较, 相对误差分别为 11.42% 和 5.73%。因此确定产品在常温贮藏条件下的保质期为 3 个月。

(2) 在常温保藏即食虾仁条件下, 随着保藏时间的延长细菌总数缓慢增加, 到 100d 时已超出了可食用产品的细菌总数, 虾仁不可食用; TVB-N 值随着保

藏时间的延长先缓慢后快速的增加, 到 90d 时, TVB-N 值为 16.42, 符合水产品二级鲜度; pH 值在保藏期间呈先下降后上升的趋势, pH 值在 5.1—6.2 之间, 符合合格的水产即食食品的 pH; 经质构仪分析发现虾仁的硬度随着时间的延长而有所增加, 而弹性则有所下降; 随着保藏时间的延长, 产品的色泽、形态、组织状态和滋味都有所下降, 但仍处在感官评定员能接受的程度。

参 考 文 献

- 王 璋, 许时婴, 江 波等译, 2003. 食品化学. 北京: 中国轻工业出版社, 849—875
- 中国疾病预防控制中心营养与食品安全研究所, 2008. GB/T 4789.2-2008, 食品卫生微生物学检测菌落总数测定. 北京: 中国标准出版社, 6—16
- 石 红, 郝淑贤, 李来好等, 2010. 即食半干虾仁加工技术研究. 南方水产, 6(2): 41—45
- 过世东, 王四维, 2006. 虾类产品鲜度评价方法研究进展. 食品研究与开发, 27(2): 161—172
- 许 钟, 杨宪时, 郭全友等, 2005. 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. 微生物学报, 45(5): 798—801
- 邴旭文, 王进波, 2006. 池养南美蓝虾仁与南美白对虾肌肉营养品质的比较. 水生生物学报, 30(4): 453—458
- 汪 琳, 应铁进, 2001. 番茄果实采后贮藏过程中的颜色动力学模型及其应用. 农业工程报, 17(13): 118—121
- 张丽平, 徐晓琴, 童华荣, 2007. 动力学模型预测板鸭货架寿命. 食品科学, 28(11): 584—586
- 张晓鸣, 2006. 食品感官评定. 北京: 中国轻工业出版社, 2—140
- 林 进, 杨瑞金, 张文斌等, 2009. 动力学模型预测即食南美白对虾货架寿命. 食品科学, 30(22): 361—365
- 赵海鹏, 谢 晶, 2010. 壳聚糖涂膜保鲜南美白对虾的研究. 山西农业科技, 38(4): 72—75, 79
- 柴春祥, 杜利农, 2006. 动力学模型在鱼肉品质变化中的应用. 食品工业科技, 27(1): 75—76
- Al-Dagal M M, Bazaraa W A, 1999. Extension of shelf life of whole and peeled shrimp with organic acid salts and bifidobacteria. Food Prot, 62: 51—56
- Benner R A, Miget R, Finne G *et al*, 1994. Lactic acid melanosis inhibitors to improve shelf life of brown shrimp *Penaeus aztecus*. Food Sci, 59: 242—250
- Cadun A, Cakli S, Kisla D, 2005. A study of marination of deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*, Lucas, 1846) and its shelf life. Food Chemistry, 90: 53—59
- Corzo O, Bracho N, Marval J, 2006. Effects of brine concentration and temperature on colour of vacuum pulse osmotically dehydrated sardine sheets. Lebensm-Wissu-Technol, 39(6): 665—670

- Juan C Ramirez-Suarez, Michael T Morrissey, 2006. Effect of high pressure processing (HPP) on shelf life of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) minced muscle. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12: 156—165
- Nilesh P N, Soottawat B, 2009. Effect of ferulic acid on inhibition of polyphenoloxidase and quality changes of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during iced storage. *Food Chemistry*, 116(1): 323—331
- Nourian F, Ramaswamy H S, Kushalappa A C, 2003. Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. *Lebensm-Wissu-Technol*, 36(1): 49—65
- Suh H J, Noh D O, Kang C S *et al*, 2003. Thermal kinetics of color degradation of mulberry fruit extract. *Nahrung/Food*, 47(2): 132—135
- Vegel-Turenne C, Mahfouz M, Allaf K, 1999. Three models for determining the induction time in the browning kinetics of the Grany Smith apple under static condition. *Journal of Food Engineering*, 41: 133—139

SHELF LIFE PREDICTION AND QUALITY ANALYSIS OF *LITOPENAEUS VANNAMEI* INSTANT SHRIMP DURING ROOM TEMPERATURE STORAGE

WANG Huan, XIE Chao, SUN Yuan, WU Dong-Mei

(School of Food Science and Pharmacy, Zhejiang Ocean University, Zhoushan, 316000)

Abstract The total bacteria count, TVB-N (total volatile basic nitrogen), pH, texture, color and sensory evaluation of *Litopenaeus vannamei* instant shrimp during room temperature storage were determined by chemical analysis, texture detection, and kinetics modeling. TVB-N was used as the key indicators factor of shelf life prediction, in which high moisture circulation of sample was measured by Arrhenius method at room temperature. The results show that E_a was 65.26kJ/mol, k_0 was 6.04×10^9 . The shelf life of instant shrimp products at 20℃ and 25℃ was 148.61d and 94.1d, respectively. Although the total bacterial count, TVB-N, pH, sensory evaluation, texture, color have changed at 25℃ for 3 months, they were all within the safety range. Therefore, this study would establish a theoretical base for instant shrimp products development.

Key words *Litopenaeus vannamei*; room temperature storage; shelf life prediction; quality analysis