

低盐虾酱品质动力学模型的建立

于 慧, 刘海梅*, 王 静, 伊 东, 赵 芹, 李海燕
(鲁东大学食品工程学院, 山东 烟台 264025)

摘 要: 为探究温度和食盐含量对低盐虾酱发酵过程中品质动力学变化的影响, 研究不同发酵温度 (5、15、25 °C) 和不同食盐腌渍条件 (12%、16%、20%) 下虾酱中挥发性盐基氮 (total volatile basic nitrogen, TVB-N)、游离氨基态氮 (free amino nitrogen, FAN) 和感官品质的变化, 建立虾酱发酵过程中的品质动力学模型。结果表明: 食盐含量越低, 虾酱发酵速率越快, 成熟期越短, 成熟时的TVB-N值越高; 不同食盐含量条件下, FAN值与发酵时间呈指数关系, TVB-N值与发酵时间在发酵初期呈线性关系, 但发酵后期呈指数关系; 温度越高, 虾酱发酵成熟时间越短, 5、15、25 °C条件下成熟时间分别为49、38、28 d, FAN值与发酵时间呈线性关系, TVB-N值与发酵时间呈线性关系。所得方程均能准确模拟发酵过程中虾酱的品质动力学变化。

关键词: 低盐虾酱; 品质动力学; 挥发性盐基氮; 游离氨基态氮

Kinetic Modeling of Quality Changes of Low-Salt Shrimp Sauce during Fermentation

YU Hui, LIU Haimei*, WANG Jing, YI Dong, ZHAO Qin, LI Haiyan
(School of Food Engineering, Ludong University, Yantai 264025, China)

Abstract: In order to explore the influence of fermentation temperature and salt content on quality kinetics of low-salt shrimp sauce during fermentation, changes in total volatile basic nitrogen (TVB-N), free amino nitrogen (FAN) and sensory quality were investigated during fermentation at different temperatures (5, 15, and 25 °C) with the addition of different amounts of salt (12%, 16%, and 20%). The kinetics of these quality changes was modeled. The lower salt content increased the fermentation rate, shortened the ripening time and elevated the TVB-N value at the end of the ripening period. Kinetics of FAN value was fitted to exponential model. At the beginning of fermentation, kinetics of TVB-N value was fitted to a linear model, but it was also fitted to an exponential model at the end of fermentation. The higher fermentation temperature shortened the ripening time, which was 28, 38, and 49 days at 25, 15, and 5 °C, respectively. For each temperature, both FAN and TVB-N values were linearly correlated with fermentation time. All the models developed could accurately simulate the kinetics of quality changes in shrimp sauce during fermentation.

Key words: low-salt shrimp sauce; temperature; salt; free amino nitrogen; total volatile basic nitrogen; quality kinetics

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201718003

中图分类号: TS254

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2017) 18-0017-05

引文格式:

于慧, 刘海梅, 王静, 等. 低盐虾酱品质动力学模型的建立[J]. 食品科学, 2017, 38(18): 17-21. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201718003. <http://www.spkx.net.cn>

YU Hui, LIU Haimei, WANG Jing, et al. Kinetic modeling of quality changes of low-salt shrimp sauce during fermentation[J]. Food Science, 2017, 38(18): 17-21. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201718003. <http://www.spkx.net.cn>

虾酱是我国沿海地区以及东南亚各国的传统发酵调味品^[1-3], 富含游离氨基酸、不饱和脂肪酸 (富含 (二十碳五烯酸 (eicosapentaenoic acid, EPA)、二十二碳六烯酸 (docosahexaenoic acid, DHA))、虾青素、钙、铁、硒、VA等营养元素^[4-5]。传统虾酱自然发酵过程温度波

动大, 周期长^[6-7], 且产品含盐量高 (25%~30%)^[7-10], 不仅不利于产业化生产及产品质量的标准化^[7], 而且不符合现代低盐饮食需求。因此, 保温发酵^[2,11]、低盐发酵^[12-13]、酶法发酵^[13-17]等现代发酵手段已成为缩短发酵时间、改进虾酱产业化程度、提高虾酱品质的重要研究课题。

收稿日期: 2016-07-12

基金项目: 山东省自然科学基金项目 (ZR2014BP016); 山东省科技发展计划项目 (2012YD07013)

作者简介: 于慧 (1982—), 女, 讲师, 博士, 研究方向为水产品加工与贮藏。E-mail: zoezhuihui@hotmail.com

*通信作者: 刘海梅 (1979—), 女, 教授, 博士, 研究方向为水产品加工与综合利用。E-mail: hellen_79@aliyun.com

微生物在食品发酵过程中起着至关重要的作用,影响着发酵进程以及产品的风味、品质^[18-19]。低盐条件下发酵虾酱,由于渗透压降低,微生物生长速率提高,发酵时间也会缩短,但是食盐含量过低会导致微生物生长速率过快,成熟期短,虾酱的风味、口感和色泽等品质下降^[12]。温度的高低也直接影响微生物的生长,从而影响发酵进程和产品品质。由此可见,食盐含量和温度控制是低盐虾酱生产和虾酱品质控制的两个重要因素^[20-21]。目前,研究学者主要针对虾酱发酵过程中适用的食盐含量和温度对产品品质的影响做了诸多研究,但是针对发酵过程中虾酱品质动力学的研究甚少。

本实验选取直接反映虾酱成熟度和虾酱品质的游离氨基态氮(free amino nitrogen, FAN)值和挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)值作为评价指标,并对产品进行感官评定,研究不同温度和食盐含量下的虾酱品质变化,建立虾酱发酵过程中的品质动力学方程,为预测虾酱的品质提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜的鲜明鼓虾(*Alpheus distinguendus*) 烟台文化路农贸市场;氢氧化钠、硼酸、氧化镁、甲醛、盐酸、甲基红、次甲基蓝(均为分析纯) 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

PB-10 pH计 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;AP-9925真空泵 天津奥特塞恩斯仪器有限公司;SPX-150B-Z型生化培养箱 上海博迅实业有限公司医疗设备厂;TDL-5-A飞鸽牌系列离心机 上海安亭科学仪器厂。

1.3 方法

1.3.1 虾酱的制备

称取一定量的鲜明鼓虾,发酵罐中按照一层虾一层盐的方式加入一定量的食盐(12%、16%、20%),置于不同温度(5、15、25℃)发酵,发酵过程中每隔1d搅拌1次,直至发酵结束。发酵过程中取样进行指标测定和感官评价。研究不同食盐腌渍条件下选用的温度为25℃,不同温度条件下选用的食盐腌渍条件为食盐质量分数20%。

1.3.2 FAN值的测定

采用GB/T 5009.39—2003《酱油卫生标准的分析方法》甲醛值法测定^[22]。

1.3.3 TVB-N值的测定

采用半微量定氮法^[23]。

1.3.4 感官评定

采用10分法,由10名感官评定人员从虾酱的色泽、

气味、滋味和体态4个方面进行对虾酱进行感官评定,感官评定标准见表1。

表1 感官评定标准
Table 1 Criteria for sensory evaluation of shrimp sauce

评分	颜色	气味	滋味	体态
8~10	暗红色或灰紫色	虾酱香气明显,无腥臭味	有发酵成熟的虾酱滋味,无异味	幼滑,黏稠适中,质地均匀,无分层
6~8	暗红色或灰紫色	稍有虾酱香气,无腥臭味	有虾酱滋味,无异味	幼滑,黏稠度小,无分层
4~6	酱色无光泽,发黄	稍有虾酱香气,有腥臭味	略有虾酱滋味,稍有异味	黏稠度小,开始出现分层
2~4	酱色发乌	无虾酱香气,有腥臭味	无成熟虾酱滋味,异味较大	酱体较稀,分层较清楚
0~2	酱色发黑	有刺激性臭味	无成熟虾酱滋味,异味浓郁	分层明显,质地不均匀

1.4 数据处理

采用Excel进行数据的初步处理和作图,并采用SAS软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 食盐腌渍条件对虾酱发酵动力学的影响

FAN值和TVB-N值直接影响虾酱的品质,为了研究食盐含量对虾酱的发酵进行的影响,在25℃发酵,选用12%、16%、20% 3个梯度食盐质量分数进行虾酱发酵动力学及品质变化研究。

2.1.1 FAN值的动力学变化

游离氨基酸和肽是虾酱中重要的呈味物质,是由虾体中的内源蛋白酶和微生物生长代谢产生的蛋白酶共同降解虾酱中的蛋白质而产生的^[24]。FAN值是判定发酵产品发酵程度的特性指标,是判断虾酱成熟的重要指标,FAN含量表示虾酱中蛋白质被降解成氨基酸的程度,商业行业标准规定其质量分数应该大于1.1%^[12],在发酵过程中其变化趋势如图1所示。

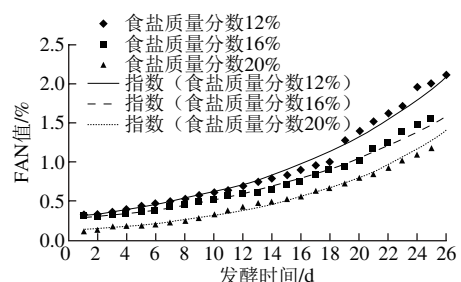


图1 不同含量食盐腌渍条件下FAN值的动力学变化
Fig. 1 Kinetic changes in free amino nitrogen value at different salt contents

不同食盐含量腌渍条件下,因渗透压的不同,在虾酱的发酵过程中FAN值变化速率不同,发酵时间对FAN值均有极显著影响($P<0.01$)。发酵初期,FAN的增加量较少,3个样本(食盐质量分数分别为12%、16%、20%)的FAN值由发酵第1天的0.33%、0.30%、0.12%增

加至第10天的0.60%、0.52%、0.34%。食盐含量对于FAN增长速率的影响主要体现在发酵后期, 10 d后发酵速率明显增加, FAN的生成量呈指数增加, 其FAN值在不同食盐含量条件下表现出显著差异。食盐含量越低, FAN生成量增加速率越快, 达到国标规定含量的时间越短; 食盐含量越高, 达到行业标准规定含量的时间越长。食盐质量分数分别为12%、16%、20%样本在发酵第19、21、25天时, FAN值达到行业标准规定的1.1%要求, 分别达到1.28%、1.16%、1.18%; 经模拟, 发酵时间与FAN值之间符合指数关系, 其模拟方程分别为 $y=0.123\ 3e^{0.093\ 7x}$ ($R^2=0.987\ 1$)、 $y=0.117\ 1e^{0.101\ 9x}$ ($R^2=0.990\ 9$)、 $y=0.264\ 8e^{0.065\ 5x}$ ($R^2=0.995\ 3$)。从 R^2 值可以看出, 3个方程能准确模拟不同食盐腌渍条件下虾酱中FAN值在发酵过程中的变化。

2.1.2 TVB-N值的动力学变化

动物性食品在腐败过程中, 由于酶和微生物作用降解蛋白质产生的氨及低级胺类等具有挥发性的碱性含氮物质^[25-26], 该类物质可以与腐败过程中分解产生的有机酸结合, 形成盐基态氮 ($^+\text{NH}_4 \cdot \text{R}^-$), 此物质在食品中积聚, 使食品中TVB-N值随着腐败的进行而逐渐增加^[27-30], TVB-N值已成为鉴定水产品腐败程度与鲜度的标准^[12,23]。TVB-N值的大小指示虾酱的腐败程度, 按照SB/T 10525—2009《虾酱》的规定, 其含量不能超过450 mg/100 g的标准。不同食盐腌渍条件下, 虾酱中TVB-N值的动力学变化如图2所示。

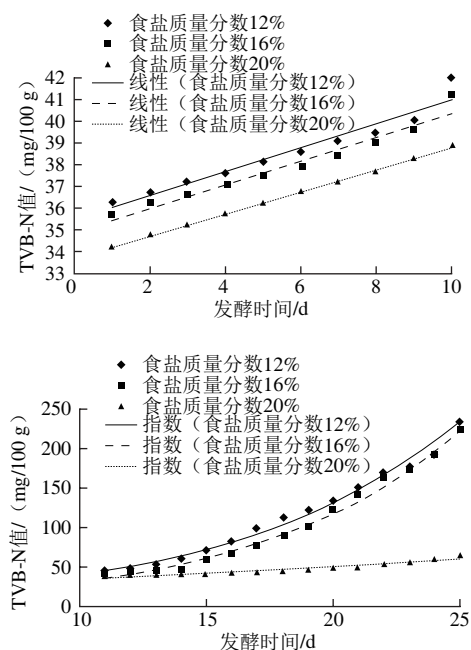


图2 不同食盐含量下TVB-N值的动力学变化

Fig. 2 Kinetic changes in TVB-N value at different salt contents

不同食盐含量腌渍条件下, 因渗透压的不同在虾酱的发酵过程中TVB-N值含量变化速率不同。发酵时间对TVB-N值均有极显著影响 ($P<0.01$)。在发酵初期, 样品中活菌数量较少, 代谢产物生成量少。在发酵前10 d, TVB-N值增加速率较慢, 在3个食盐含量条件下, 每天增加量约为0.5 mg/100 g。食盐含量越高, TVB-N值越低, 说明食盐含量越高越能有效抑制腐败微生物的生长。经模拟, 发酵时间与TVB-N值之间符合线性关系, 食盐质量分数12%、16%、20%样本线性模拟方程分别为 $y=0.555\ 6x+35.468$ ($R^2=0.945\ 6$)、 $y=0.546\ 4x+34.907$ ($R^2=0.953\ 7$)、 $y=0.511\ 6x+33.7$ ($R^2=0.999\ 1$)。从 R^2 值可以看出, 3个方程能准确模拟不同食盐含量条件下发酵初期 (前10 d) 虾酱中TVB-N值的变化过程。

发酵后期, TVB-N值呈指数增加, 在不同食盐含量表现出显著差异, 食盐含量越低, TVB-N值增加速率越快。第19天 (12%)、第21天 (16%)、第25天 (20%) 发酵成熟后, TVB-N值分别达到123.00、142.00、66.23 mg/100 g, 均低于行业标准要求的450 mg/100 g。发酵25 d时, 12%和16%食盐质量分数的虾酱TVB-N值接近, 分别为234、223.45 mg/100 g, 而食盐质量分数20%的TVB-N值仅为66.23 mg/100 g, 3个样品的TVB-N值均低于行业标准要求的450 mg/100 g。经模拟, 发酵时间与TVB-N值之间符合指数关系, 食盐质量分数12%、16%、20%样本模拟方程分别为 $y=12.072e^{0.119\ 2x}$ ($R^2=0.989\ 0$)、 $y=8.790\ 3e^{0.129\ 5x}$ ($R^2=0.985\ 7$)、 $y=25.737e^{0.034x}$ ($R^2=0.925\ 0$)。从 R^2 值可以看出, 3个方程能准确模拟不同食盐含量条件下发酵后期 (10~25 d) 虾酱中TVB-N值的变化过程。

2.1.3 食盐含量对虾酱感官评定的影响

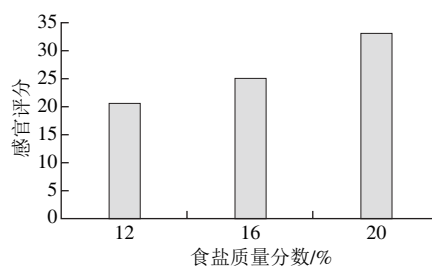


图3 虾酱的感官评定

Fig. 3 Sensory evaluation of shrimp sauce

发酵结束后, 对虾酱的颜色、气味、滋味和体态进行感官评价, 评价结果见图3。随着食盐含量增加, 虾酱的感官评分增加, 食盐质量分数为12%的虾酱, 其色泽发黄, 有虾酱香气, 但是香气较淡, 黏稠度较小; 食盐质量分数为16%的虾酱, 色泽出现暗红色, 虾酱香气增加, 滋味明显, 出现幼滑感; 而食盐质量分数为20%的虾酱, 色泽呈紫红色, 具有发酵虾酱的香气和滋味,

无异味,黏稠适中,质地均匀,符合虾酱的感官指标要求。虽然食盐含量的增加会延长虾酱的成熟期,但是其TVB-N生成量降低,且在相对长的发酵过程中,微生物和酶的分解作用更加充分,有利于风味成分的形成,增加了虾酱的色、香、味、体态。

2.2 温度对虾酱发酵动力学的影响

为了研究温度对鲜明鼓虾虾酱发酵动力学的影响,选取20%的食盐质量分数,研究5、15、25℃3个温度梯度对虾酱中FAN值和TVB-N值的影响。

2.2.1 FAN值的动力学变化

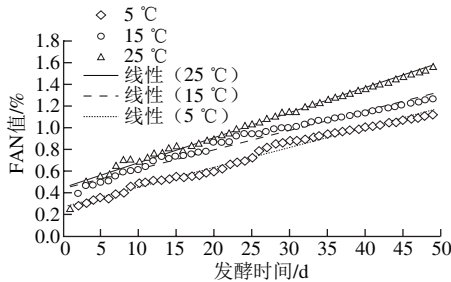


图4 温度对发酵过程中FAN值的影响

Fig. 4 Effect of fermentation temperature on free amino nitrogen value as a function of fermentation time

3个发酵温度条件下,发酵时间对FAN值均有极显著影响($P<0.0001$)。发酵温度越高,发酵速率越快,FAN生成速率越快。根据SB/T 10525—2009中理化指标要求,25℃发酵,虾酱在28 d时FAN值已符合指标要求,虾酱已经成熟,而其他两个温度条件下的虾酱均未成熟;15℃发酵持续到38 d时,FAN值达到行业标准要求(FAN值达到1.104%),而5℃继续发酵至49 d时,FAN值(1.111%)才达到指标要求,此时15、25℃发酵虾酱的FAN值达到1.251%、1.551%。3个发酵温度条件下,FAN值达到行业标准指标要求的时间相差10 d左右。微生物生长过程中产生的蛋白酶以及虾体内存在的内源蛋白酶都会降解蛋白质生成游离的氨基酸,蛋白酶的活性温度在37℃左右^[4],温度越高,蛋白酶酶活越高,促进了蛋白质的分解,生成的FAN越多。因此,在37℃以下温度发酵时,温度越高到达发酵终点所需时间越短。

经模拟,发酵时间与FAN值之间符合线性关系,温度分别为5、15、25℃线性模拟方程分别为 $y=0.0183x+0.2642$ ($R^2=0.9628$)、 $y=0.018x+0.4295$ ($R^2=0.9681$)、 $y=0.0231x+0.4406$ ($R^2=0.9876$)。从 R^2 值可以看出,3个方程能准确模拟不同温度条件下虾酱中FAN值的变化过程。

2.2.2 TVB-N值的动力学变化

3个发酵温度条件下,发酵时间对TVB-N值均有极显著影响($P<0.0001$)。在整个发酵过程中,虾

酱TVB-N值呈现稳定上升的趋势,而且在较高发酵温度TVB-N值一直高于较低温度。鲜明鼓虾的TVB-N值仅为27.71 mg/100 g,当发酵至30 d时,3个发酵温度(5、15、25℃)TVB-N值分别增加到90.83、132.54、166.97 mg/100 g,均符合行业标准要求(≤ 450 mg/100 g)。经模拟,发酵时间与TVB-N值之间符合线性关系,温度5、15、25℃线性模拟方程分别为 $y=2.1165x+25.487$ ($R^2=0.9791$)、 $y=3.4842x+28.672$ ($R^2=0.9973$)、 $y=4.2697x+32.616$ ($R^2=0.9784$)。从 R^2 值可以看出,3个方程能准确模拟不同温度条件下虾酱中TVB-N值的变化。

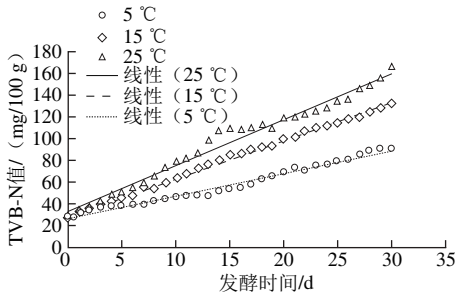


图5 温度对发酵过程中虾酱TVB-N值的影响

Fig. 5 Effect of fermentation temperature on the TVB-N value of shrimp paste as a function of fermentation time

2.2.3 温度对虾酱发酵过程中感官评定的影响

表2 发酵过程中虾酱的感官评分
Table 2 Effect of fermentation temperature on sensory evaluation of shrimp sauce as a function of fermentation time

时间/d	感官评分		
	5℃	15℃	25℃
5	8.0	12.0	13.6
10	8.0	8.0	12.0
15	13.6	17.6	20.8
20	19.2	24.8	29.6
25	23.2	30.4	33.6
30	28.0	32.8	37.6

研究温度对虾酱发酵过程中感官品质的影响,感官指标包括颜色、气味、滋味和体态,评价结果见表2。相同发酵时间时,不同发酵温度下虾酱的感官评分不同,温度越高,感官评分越高。发酵15 d内,3个温度条件下虾酱的感官评分差异不大,但发酵20 d后,感官评分差异越来越大。随着发酵时间延长,感官评分显著增加。当发酵到30 d时,25℃发酵虾酱的感官评分达到37.6的高分,15℃和5℃的感官评分也达到32.8和28.0。根据温度对FAN值的影响,25℃发酵时,虾酱在28 d时已成熟,而15℃和5℃发酵的虾酱在30 d时仍未成熟,从而导致感官评分出现明显差异。

3 结 论

食盐含量对FAN值和TVB-N值均有极显著影响。食盐含量越低, 虾酱发酵速率越快, 成熟期越短, 成熟时的FAN值和TVB-N值越高。在25 d内, FAN值达到行业标准要求的1.1%, TVB-N值低于行业标准要求的450 mg/100 g。发酵时间与FAN值之间符合指数模型, 建立的指数方程能准确模拟FAN值在发酵过程中的动力学变化过程。发酵初期, TVB-N值呈线性增加, 发酵后期直至成熟(10~25 d), 其含量呈指数增加, 建立的线性和指数方程能准确模拟TVB-N值在不同发酵期的动力学变化。

发酵温度对FAN值和TVB-N值均有极显著影响。温度越高, 虾酱发酵成熟时间越短, 3个发酵温度条件下, 虾酱的成熟时间分别为49、38、28 d。FAN值与发酵时间呈线性关系, TVB-N值与发酵时间呈线性关系, 建立的方程均能准确模拟发酵过程中FAN值和TVB-N值的动力学变化。

食盐质量分数为20%的虾酱, 在25℃发酵28 d时即可成熟, 发酵虾酱的色泽呈紫红色, 具有发酵虾酱的香气和滋味, 无异味, 黏稠适中, 质地均匀。TVB-N值、FAN值和感官指标均符合SB/T 10525—2009的要求。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 戴萍, 李展锐, 潘裕, 等. 温度对传统虾酱发酵过程中安全性品质影响[J]. 食品科技, 2013, 38(4): 286-289. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2013.04.032.
- [3] 梁艳. 虾酱制品的加工技术[J]. 农产品加工(创新版), 2012(10): 50.
- [4] MONTANO N, GAVINO G, GAVINO V C. Polyunsaturated fatty acid contents of some traditional fish and shrimp paste condiments of Philippines[J]. Food Chemistry, 2001, 75(2): 155-158. DOI:10.1016/S0308-8146(01)00126-1.
- [5] 孙国勇, 左映平. 虾酱发酵技术及研究进展[J]. 中国调味品, 2013, 38(1): 60-62.
- [6] 吴帅, 杨锡洪, 解万翠, 等. 低值虾发酵制备传统虾酱风味的综合分析与比较[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 121-127. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201602021.
- [7] 康宪, 戴萍, 林捷, 等. 传统虾酱生产技术的研究进展[J]. 中国酿造, 2013, 32(9): 21-23.
- [8] 商务部. 虾酱: SB/T 10525—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [9] 农业部. 虾酱: SC/T 3602—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [10] 谢主兰, 何晓丽, 王美华. 低盐虾酱在不同温度下贮藏的品质变化与货架期[J]. 中国酿造, 2012, 31(2): 173-177.
- [11] 李莹, 吕欣然, 马欢欢, 等. 应用顶空-固相微萃取结合气相色谱-质谱联用技术分析传统锦州虾酱中挥发性物质[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(9): 210-216.
- [12] 谢主兰, 雷晓凌, 何晓丽, 等. 食盐添加量对低盐虾酱品质特征的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(9): 116-119. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2012.09.084.
- [13] 綦翠华, 王元秀, 张伟, 等. 酶法制备虾酱工艺条件的研究[J]. 食品科技, 2007, 32(4): 108-111. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2007.04.034.
- [14] 綦翠华, 张伟, 王元秀, 等. 虾酱的酶法制备及其应用[J]. 食品工业, 2007(4): 19-20.
- [15] 徐军. 响应面优化复合酶酶解制备南极磷虾酱工艺研究[J]. 中国调味品, 2015, 40(4): 24-28; 41.
- [16] 谢主兰, 涂苏红, 陈龙, 等. 响应面法优化酶法制备低盐虾酱的工艺[J]. 中国酿造, 2013, 32(1): 41-45.
- [17] 刘淑英, 任秀娟, 于海洋, 等. 酶法制备对虾虾酱的研究[J]. 中国调味品, 2016, 41(11): 105-109. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2016.11.024.
- [18] 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.
- [19] 戴娟, 马莉, 李晔. 虾酱罐头在不同的贮藏温度和时间下菌落总数和挥发性物质的变化[J]. 食品工业科技, 2016, 37(9): 336-339.
- [20] 魏环宇, 张先, 李范洙, 等. 低温贮藏条件下低盐虾酱的品质变化[J]. 中国调味品, 2016, 41(8): 41-44.
- [21] 杜云建, 赵玉巧, 马晨艳. 虾酱的研究[J]. 中国调味品, 2009, 34(8): 81-84.
- [22] 卫生部, 国家标准化管理委员会. 酱油卫生标准的分析方法: GB/T 5009.39—2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [23] 农业部. 水产品中挥发性盐基氮的测定: SC/T 3032—2007[S]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [24] 王学军, 连岩, 刘瑶. 太平洋磷虾虾酱、虾油、虾味素的制取工艺[J]. 渔业现代化, 2005(3): 37-38; 43.
- [25] 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, 28(12): 124-125. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2007.12.021.
- [26] LEROI F, JOFFRAUD J J, CHEVALIER F, et al. Research of quality indices for cold-smoked salmon using a stepwisemultiple regression of microbiological counts and physico-chemical parameters[J]. Journal of Application Microbiology, 2001, 90(4): 578-587. DOI:10.1094/PHYTO.2000.90.1.45.
- [27] 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.
- [28] 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. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2007.02.002.
- [29] 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.
- [30] 谢主兰, 陈龙, 雷晓凌, 等. 采用挥发性盐基氮动力学模型预测低盐虾酱的货架寿命[J]. 现代食品科技, 2013, 29(1): 30-33; 90. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2013.01.035.