

## 沙蟹汁调配工艺的研究

罗美燕,陈蕾蕾,徐雯慧,杨玉平,黎志健,刘唤明,邓楚津\*,洪鹏志

(广东海洋大学 食品科技学院,广东省水产品加工与安全重点实验室,  
广东省现代农业科技创新中心,广东 湛江 524088)

**摘要:**为了改善沙蟹汁的风味,提高沙蟹汁的市场价值,沙蟹汁经 $\beta$ -环糊精脱腥处理后,利用核苷酸钠和鱼露肽进行调配。以感官评价为指标,探究核苷酸钠和鱼露肽的最佳添加量,并利用电子鼻、电子舌分析其风味变化。结果表明,添加2.0%鱼露肽和3.0%核苷酸钠的沙蟹汁感官评分较高;电子鼻分析结果表明,氮氧化合物、甲基类化合物含量减少,芳香类化合物含量增加;电子舌分析结果表明,咸味、鲜味、苦味、丰富性均变化显著。通过脱腥处理后,添加鱼露肽和核苷酸钠调配的沙蟹汁风味得到很大改善。

**关键词:**沙蟹汁;风味;感官评价;电子鼻;电子舌

中图分类号:TS264.9

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2020.08.017

文章编号:1000-9973(2020)08-0078-05

### Study on the Blending Technology of Pickled Crab

LUO Mei-yan, CHEN Lei-lei, XU Wen-hui, YANG Yu-ping, LI Zhi-jian, LIU Huan-ming,  
DENG Chu-jin\*, HONG Peng-zhi

(Key Lab of Aquatic Product Processing and Safety in Guangdong Province, Guangdong Modern  
Agricultural Science and Technology Innovation Center, College of Food Science and  
Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

**Abstract:** In order to improve the flavor and increase the market value of pickled crab, after the pickled crab is treated with  $\beta$ -cyclodextrin, sodium nucleotide and fish sauce peptide are used for blending. With sensory evaluation as the index, the optimal additive amount of sodium nucleotide and fish sauce peptide are explored, and the flavor changes are analyzed by electronic nose and electronic tongue. The results show that the pickled crab added with 2.0% fish sauce peptide and 3.0% sodium nucleotide has a higher sensory score. Electronic nose analysis results show that the content of nitrogen oxides and methyl compounds decreases, and the content of aromatic compounds increases. Electronic tongue analysis results show that the saltiness, umami, bitterness and richness all change significantly. After the deodorization treatment, the flavor of pickled crab prepared by adding fish sauce peptide and sodium nucleotide is greatly improved.

**Key words:** pickled crab; flavor; sensory evaluation; electronic nose; electronic tongue

水产调味料是经过人们长期实践得到的,其历史悠久,主要是利用低值的小型鱼、虾、贝、蟹等经过腌制发酵制成,现今较为常见的水产调味料是蚝油、鱼露、虾酱等<sup>[1]</sup>。沙蟹汁也是一种传统的水产调味料,由新鲜沙蟹经清洗处理、捣碎后加盐发酵而成,因其既含有蟹肉的鲜味,又含有丰富的营养物质而受到人们的青睐,在广西北海,沙蟹汁可谓家喻户晓。据报道,利用沙蟹汁烹制的“沙蟹汁豆角”、“沙蟹汁白切鸡”等菜肴被《舌尖上的中国》推广后,成功地吸引了大众的眼球,

沙蟹汁也成为了广西北海著名的特色产品。目前,沙蟹汁的制作依旧以传统的发酵工艺为主,很多产品都是由家庭小作坊制作,生产出的产品固液分离,腥味重,色泽差,产品质量不稳定,且口味较为单一,难以满足大众对食物“色、香、味俱全”的要求。

实际上,在现有的许多调味品中,会合理地使用一些食品添加剂,使调味料变得更加符合人们在营养、感官上的要求。王丽娟等<sup>[2]</sup>在鱼露中添加L-丙氨酸,利用感官评定、顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用

收稿日期:2020-03-01

\* 通讯作者

基金项目:北海市科技计划项目(北科合 201884015);广东海洋大学创新实验项目(CXXL2019157);南方海洋科学与工程重点实验室(湛江)资助项目(ZJW-2019-07);湛江市海洋经济创新发展示范市建设项目(2017C<sub>8</sub>B<sub>1</sub>)

作者简介:罗美燕(1997-),女,广东茂名,硕士研究生,研究方向:水产品加工工程;

邓楚津(1981-),男,广东佛山人,高级实验师,硕士,研究方向:水产品加工。

(HS-SPME-GC-MS) 分析其对鱼露风味的影响,发现 0.5%~2.0% 的 L-丙氨酸能够减弱鱼露的腥味,并改善鱼露的整体风味品质。樊亚鸣等<sup>[3]</sup>探究了不同的甜味剂、酸味剂、鲜味剂对酱油风味的影响,并优化了产品的工艺参数,制得的产品在感官上得到大大改善,在理化指标上符合国家标准。韩硕等<sup>[4]</sup>将酸水解植物蛋白调味粉应用到蚝油的调配中,发现 HVP 粉的添加增加了蚝油氨基酸的含量,加剧了美拉德反应,从而改善了色泽,增强了蚝香,明显改善了蚝油的感官品质,提高了其营养价值。黄鹤<sup>[5]</sup>在蟹酱中加入绵白糖、白醋、料酒等调配出天然健康的新型风味酱,改善了蟹酱的风味,提高了蟹酱的经济价值。

核苷酸钠是常见的食品添加剂,即 5'-呈味核苷酸二钠,常见于人们在烹饪中使用的鸡精、味精等调味料中,具有增加鲜味的作用,广泛应用于食品加工或调味品制造业,且溶解后清澈透明,对食品无外观上的改变,安全性较高<sup>[6]</sup>。鱼露肽是将发酵后的鱼露进行超滤,然后将超滤得到的透过液喷雾干燥。鱼露肽富含氨基酸,无苦腥味,能够提高食品的氨基酸态氮含量,具有增加风味、鲜度,调节腥味等作用。

本实验将传统工艺发酵的沙蟹汁脱腥处理后,以感官评价为考察指标,探究呈味核苷酸二钠和鱼露肽的最佳添加量及比例,通过电子鼻和电子舌分析调配前后沙蟹汁的风味变化,研制出一种风味优良、受大众欢迎的沙蟹汁,提高了沙蟹汁的经济价值。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

沙蟹汁:广西沙蟹妹海洋生物科技有限公司;β-环糊精:淄博千汇生物科技有限公司;核苷酸钠:河南润诚化工产品有限公司;鱼露肽:由本实验室制备,鱼露经过超滤后的透过液经喷雾干燥后制得。

### 1.2 仪器与设备

PEN3 电子鼻 德国 AIRSENSE 公司;HH. S21-8 水浴锅 上海博讯实业有限公司医疗设备厂;CR-400 色差计 柯尼卡美能达投资有限公司;TS-5000Z 电子舌 日本 INSENT 公司。

### 1.3 方 法

#### 1.3.1 沙蟹汁脱腥处理

采用包埋法进行脱腥<sup>[7]</sup>,添加 0.3% β-环糊精于沙蟹汁中,放于 75 °C 的水浴锅中,保温 25 min,取出,用定性滤纸过滤,4 °C 保存备用。

#### 1.3.2 沙蟹汁调配

##### 1.3.2.1 确定鱼露肽的添加量

将经过脱腥处理的沙蟹汁与水按照 1:1 的比例混合作为原液,分别添加 1.0%、1.5%、2.0% 和 3.0% 的鱼露肽。

##### 1.3.2.2 确定核苷酸钠的添加量

同 1.3.2.1 中的方法稀释后,分别添加 1.0%、

2.0%、3.0% 和 4.0% 的核苷酸钠于沙蟹汁中。

##### 1.3.2.3 确定沙蟹汁最佳的调配参数

根据单独添加鱼露肽和核苷酸钠实验结果,按表 1 设计同时添加核苷酸钠和鱼露肽的实验,确定沙蟹汁最佳的调配参数。

表 1 沙蟹汁中同时添加鱼露肽和核苷酸钠实验  
Table 1 The experiments for simultaneously adding fish sauce peptide and sodium nucleotide into pickled crab

实验序号	鱼露肽添加量	核苷酸钠添加量
1	1.5	2.0
2	1.5	3.0
3	1.5	4.0
4	2.0	2.0
5	2.0	3.0
6	2.0	4.0

##### 1.3.3 调配沙蟹汁感官评价

选择 10 名没有明显口味偏好的同学,分别从色泽、香气、滋味、体态 4 个方面对沙蟹汁进行感官评价并且打分,再取各同学打分的平均值为最后的评分,评分标准见表 2。

表 2 感官评价方法  
Table 2 Sensory evaluation methods

项目	方法	描述	评分标准
色泽	对光观察,相互比色	光泽度、光亮度、颜色	颜色好看、鲜艳有光泽(15分) 颜色不好看(0分)
	取 20 mL 样品于锥形瓶中轻轻振荡,吸其气味	浓郁的、强烈的、好闻的鱼腥味和蟹味	香味好(30分) 香味强烈、刺鼻(15分) 腥味重(0分)
滋味	取 1 mL 样品,滴入口中品味,用舌尖涂布满口,鉴别滋味	鲜味、咸味、醇厚、涩味、苦味、酸味	滋味鲜美可口(40分) 滋味醇厚(30分) 滋味偏苦(25分) 无鲜味(7分) 有苦味和异味(0分)
	取 5 mL 于白色瓷瓶中观察	浓度、粘度、澄清度、有无沉淀、悬浮物等	稀稠适度澄清透明(15分) 无沉淀、无悬浮物(10分) 稀稠不适度(5分) 有沉淀、悬浮物(0分)

##### 1.3.4 色差测定

对色差计进行校正后,吸取 2 mL 样品于比色皿中,将比色皿放于色差计检测口上进行测定,并读出样品的 L 值、a 值、b 值,每个样品测定 3 次。

##### 1.3.5 电子鼻分析

对调配之前的沙蟹汁产品和经过去腥处理添加鱼露肽和核苷酸钠调配得到的产品做电子鼻分析,取 5 mL 沙蟹汁于 20 mL 顶空瓶中,立即加盖密封,在室温下静置 30 min,插入电子鼻探头吸取顶端空气,样品准备时间为 5 s,电子鼻的获取检测时间为 150 s,清洗时间为 90 s,进样流量为 400 mL/min,载气流速为 400 mL/min;载气为经活性炭吸附后的干燥空气,每个样品重复测定 5 次,PEN3 电子鼻传感器阵列及其主要特性见表 3。

表 3 PEN3 电子鼻传感器阵列及其主要特性

Table 3 PEN3 electronic nose sensor array and its main characteristics

序号	传感器名称	主要性能描述
1	W1C	对芳香族化合物敏感
2	W5S	对氮氧化物敏感
3	W3C	对氨类和芳香族化合物敏感
4	W6S	对氢类敏感
5	W5C	对烷烃、芳香族化合物敏感
6	W1S	对甲基类敏感
7	W1W	对无机硫化物和萜烯类敏感
8	W2S	对醇类和部分芳香族化合物敏感
9	W2W	对芳香族化合物和有机硫化物敏感
10	W3S	对烷烃敏感

### 1.3.6 电子舌分析

取沙蟹汁原汁、脱腥处理后的沙蟹汁以及调配沙蟹汁按 1:5 的比例稀释后转至电子舌专用容器,即可上机待测。电子舌的传感器为人工脂膜传感器,包括 AAE 鲜味传感器、CT0 鲜味传感器、CA0 酸味传感器、C00 苦味传感器、AE1 涩味传感器、GL1 甜味传感器,参比溶液为 KCl+酒石酸(人工唾液),负极清洗液为水+乙醇+HCl,正极清洗液为 KCl+水+乙醇+KOH,每个样品进行 4 次循环,取后 3 次的的数据进行分析,数据分析利用设备自带的数据库及软件。

### 1.3.7 数据分析

采用 SPSS 和 Excel 2018 对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 添加鱼露肽对沙蟹汁的影响

在 1:1 稀释的脱腥沙蟹汁原液中,分别添加 1.0%、1.5%、2.0% 和 3.0% 鱼露肽,结果见表 4。

表 4 添加鱼露肽对沙蟹汁的影响

Table 4 Effect of adding fish sauce peptide on pickled crab

鱼露肽添加量 (%)	1.0	1.5	2.0	3.0
L 值	4.16±0.01 <sup>d</sup>	4.68±0.01 <sup>c</sup>	5.30±0.02 <sup>b</sup>	5.79±0.02 <sup>a</sup>
感官评价	偏咸,鱼露肽溶解泡沫少,沙蟹汁味较浓	偏咸,鱼露肽溶解泡沫少,沙蟹汁味浓	偏咸,鱼露肽溶解泡沫较少,沙蟹汁味明显	偏咸,鱼露肽溶解有明显泡沫,沙蟹汁味变淡

由表 4 可知,当鱼露肽的添加量为 1.5%、2.0% 和 3.0% 时,由 L 值可以看出,不同鱼露肽添加量,沙蟹汁的色差值显著不同( $P < 0.05$ );鱼露肽的添加量为 1.0% 时,与鱼露肽添加量为 1.5% 和 2.0% 的沙蟹汁产生的溶解泡沫均不多,对沙蟹汁的外观影响小,但添加量为 1.5% 和 2.0% 时,沙蟹汁味更浓郁;当鱼露肽的添加量为 3.0% 时,沙蟹汁的味道被掩盖,蟹味变淡,且泡沫明显增多,沙蟹汁的感官评价变差。因此,

初步确定鱼露肽的添加量为 1.5% 和 2.0%。

### 2.2 添加核苷酸钠对沙蟹汁的影响

在 1:1 稀释的脱腥沙蟹汁原液中,分别添加 1.0%、2.0%、3.0% 和 4.0% 的核苷酸钠,结果见表 5。

表 5 添加核苷酸钠对沙蟹汁的影响

Table 5 Effect of adding sodium nucleotide on pickled crab

核苷酸钠添加量 (%)	1.0	2.0	3.0	4.0
L 值	3.67±0.01 <sup>b</sup>	3.75±0.01 <sup>a</sup>	3.77±0.01 <sup>a</sup>	3.76±0.01 <sup>a</sup>
感官评价	沙蟹汁味浓,口感无明显变化	沙蟹汁味浓,口味偏咸,有一定鲜味	沙蟹汁味较浓,鲜味明显增加,口感偏咸	沙蟹汁味稍有变淡,鲜味明显增加,口感偏咸

由表 5 可知,当核苷酸钠的添加量为 1.0% 时,沙蟹汁的口感无明显改善,当核苷酸钠的添加量大于 1.0% 时,L 值的差异不显著( $P > 0.05$ ),表明添加核苷酸钠对沙蟹汁的外观没有造成明显的改变,且添加量大于 1.0% 时,沙蟹汁的鲜味才明显增加,因此,根据添加核苷酸钠对沙蟹汁口感及感官的影响,本研究初步确定核苷酸钠的添加量为 2.0%、3.0% 和 4.0%。

### 2.3 同时添加鱼露肽和核苷酸钠对沙蟹汁的影响

根据单独添加鱼露肽和核苷酸钠的结果,设计同时添加鱼露肽和核苷酸钠的实验,结果见表 6。

表 6 同时添加鱼露肽和核苷酸钠对沙蟹汁的影响

Table 6 Effect of simultaneously adding fish sauce peptide and sodium nucleotide on pickled crab

实验序号	鱼露肽添加量 (%)	核苷酸钠添加量 (%)	感官评分
1	1.5	2.0	67
2	1.5	3.0	85
3	1.5	4.0	75
4	2.0	2.0	90
5	2.0	3.0	95
6	2.0	4.0	75

由表 6 可知,当鱼露肽的添加量为 1.5%,感官评分均较低,此时沙蟹汁口味调整效果不明显,但通过添加适量的核苷酸钠,能很好改善沙蟹汁的风味,鲜味明显增加;当鱼露肽的添加量为 2.0%,且核苷酸钠的添加量大于 2.0% 时,沙蟹汁的感官评分有所提高,当核苷酸钠的添加量增至 3.0% 时,沙蟹汁的口感达到最佳,评分最高;而鱼露肽的添加量为 2.0%,核苷酸钠的添加量为 4.0% 时,沙蟹汁的感官评分降低,此时沙蟹汁的感官评分较低,原因是鱼露肽和核苷酸钠的大量加入,掩盖了沙蟹汁的味道。因此,考虑保留沙蟹汁独特风味以及外观等因素,选择 2.0% 鱼露肽+3.0% 核苷酸钠组合作为最终添加量。

### 2.4 电子鼻分析调配前后沙蟹汁风味

调配之前的沙蟹汁产品和经过去腥处理添加鱼露肽和核苷酸钠调配得到的产品做电子鼻分析,将结果做雷达图,见图 1。



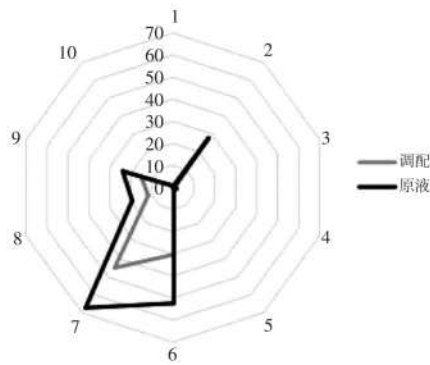


图 1 调配前后沙蟹汁电子鼻雷达图对比

Fig. 1 Comparison of electronic nose radar chart of pickled crab before and after blending

由图 1 可知,传感器对调配前的沙蟹汁原液和调配的沙蟹汁的响应明显不同,传感器 W5S、W1S、W1W 及 W2W 对调配前的沙蟹汁原液有响应,且响应值较高,即对氮氧化物、甲基类、无机硫化物和萜烯类及芳香族化合物和有机硫化物敏感;传感器 W1S、W1W 及 W2W 对调配的沙蟹汁响应较明显,即对甲基类、无机硫化物和萜烯类及芳香族化合物和有机硫化物敏感。比较分析沙蟹汁原液和调配沙蟹汁,调配沙蟹汁 W5S 传感器的响应值比沙蟹汁原液低,表明调配后氮氧化物减少,此外,调配沙蟹汁的甲基类化合物含量也减少。W3C 和 W5C 响应值增加,这两个传感器分别代表对芳香类化合物敏感,说明调配沙蟹汁芳香类化合物含量增加。

### 2.5 电子舌分析沙蟹汁原液、去腥处理及调配后沙蟹汁

沙蟹汁原液、去腥处理未调配沙蟹汁和调配沙蟹汁的鲜味、咸味、丰富性的比对结果见图 2 中(a)。其中 X 轴代表咸味、Y 轴代表丰富性,气泡大小代表鲜味。由图 2 中(a)可知,去腥沙蟹汁和沙蟹汁原液在咸味、丰富性、鲜味上没有明显差异,但与调配沙蟹汁相比,差异较大,表明去腥处理对沙蟹汁的影响较小,鱼露肽和核苷酸钠的添加对沙蟹汁的影响较大。沙蟹汁经过调配后,鲜味明显增加,表明添加鱼露肽和核苷酸钠能提高沙蟹汁的鲜味。

3 种沙蟹汁样品的苦味、涩味及苦味回味比对结果见图 2 中(b)。其中 X 轴代表苦味、Y 轴代表涩味,气泡大小代表苦味回味。由图 2 中(b)可知,3 种沙蟹汁样品均能引起苦味传感器、涩味传感器响应,其中涩味传感器的响应值相对较低,去腥沙蟹汁和沙蟹汁原液在苦味、涩味及苦味回味上没有明显差异,但调配沙蟹汁与两者差异显著,添加鱼露肽和核苷酸钠能够降低沙蟹汁的苦味和涩味,同时数值上显示 3 个沙蟹汁产品具有一定的苦味回味、涩味,但数值整体均偏小,

接近于无味点。

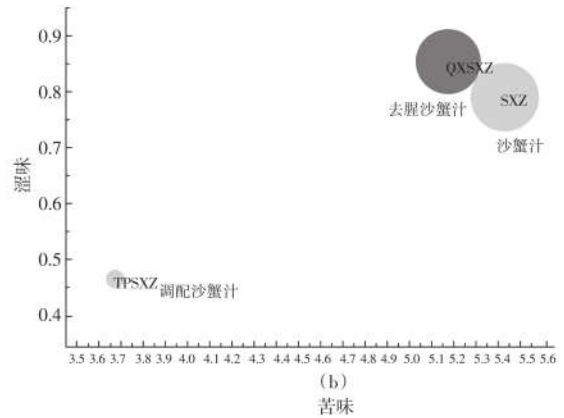
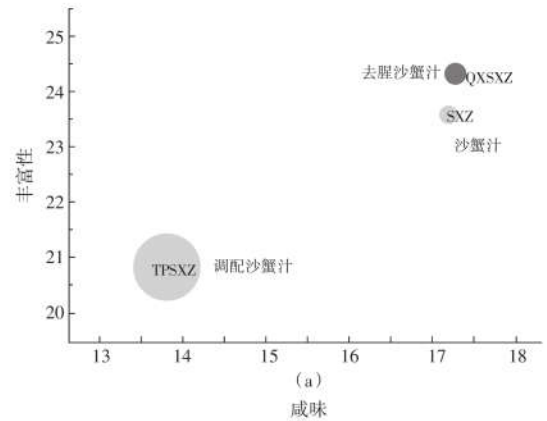


图 2 沙蟹汁样品气泡图

Fig. 2 Bubble diagram of pickled crab samples

对 3 种沙蟹汁样品做主成分分析,分别以主成分 1 和主成分 2 为横、纵坐标轴,方差贡献率分别为 98.68% 和 1.31%,累计贡献率达到 99.99%,满足大于 85% 的界限<sup>[8]</sup>,表明主要成分 1 和主成分 2 包含了样品所有信息,可以反映出沙蟹汁的整体滋味信息。基于有效的味觉指标(去除酸味、涩味回味)对 3 个样品进行聚类分析,结果见图 3。味觉指标贡献率见表 7。

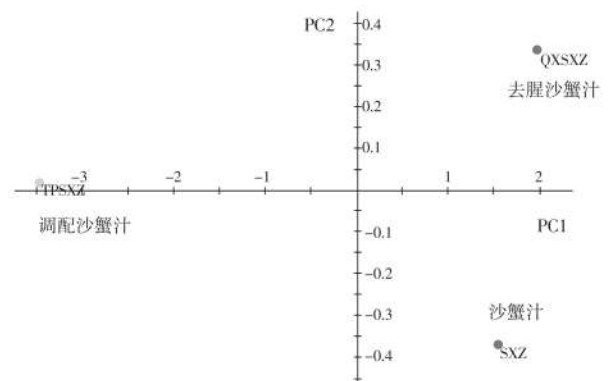


图 3 沙蟹汁的 PCA 分析图

Fig. 3 Principal component analysis chart of pickled crab

表7 沙蟹汁样品的PCA主成分贡献表  
Table 7 The principal component contribution table of pickled crab samples

	PC1	PC2
苦味	0.301531	0.528931
涩味	0.068162	-0.050077
苦味回味	0.053526	0.070199
鲜味	-0.314645	-0.359961
丰富性	0.609871	-0.720431
咸味	0.65622	0.253385
特征值	9.191674	0.122231
贡献率	98.687653	1.312347

由表7可知,苦味、鲜味、丰富性、咸味对PC1和PC2的贡献率均较大(数值的绝对值越大,贡献率越大),说明3个沙蟹汁样品的味道差异主要表现在该4个味觉指标上。第一主成分贡献率最大,达到98.68%,结合PCA图分析,沙蟹汁原液和去腥沙蟹汁在味道上差异不大,但这两者与调配沙蟹汁差异显著,即在苦味、咸味、鲜味和丰富性方面均发生明显变化。

### 3 结论

本实验以感官评价为考察指标,确定0.2%核苷酸钠和0.3%鱼露肽为沙蟹汁的最佳调配工艺参数,此时调配沙蟹汁在感官上评分较高。通过电子鼻分

析,发现调配沙蟹汁的氮氧化合物、甲基类化合物含量减少,芳香类化合物含量增加。通过电子舌分析,发现去腥沙蟹汁和沙蟹汁原液在滋味上差异不明显,但两者与调配沙蟹汁差异显著,调配沙蟹汁的咸味、鲜味、苦味、丰富性均变化显著。

#### 参考文献:

[1]甘晖.几种常见的传统水产调味料的制作方法[J].科学养鱼,2014,30(6):76-77.

[2]王丽娟,邱婷,陆震鸣,等. L-丙氨酸对鱼露风味的影响[J].食品工业科技,2018,39(14):186-189,204.

[3]樊亚鸣,李晓,黄启强,等.极鲜酱油的风味调配及新型添加剂的应用[J].食品与发酵工业,2001,27(1):42-45.

[4]韩硕,郑姣姣,李永歌.酸水解植物蛋白调味粉在蚝油中的应用[J].中国调味品,2019,44(1):136-140.

[5]黄鹤.调味蟹酱发酵过程品质变化及成品抗氧化作用的研究[D].锦州:锦州医科大学,2018.

[6]石庆安.呈味核苷酸产品在鸡精生产中的应用研究[J].现代食品,2019,5(12):92-94.

[7]邓静,杨蕊,朱佳倩,等.水产原料腥味物质的形成及脱腥技术研究进展[J].食品安全质量检测学报,2019,10(8):2097-2102.

[8]樊艳,李浩丽,郝怡宁.基于电子舌与SPME-GC-MS技术的腐乳风味物质的检测[J/OL].食品科学:1-26[2020-03-09].  
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20200115.1707.002.html>.

#### (上接第73页)

[3]徐云强,孙卫青,熊光权,等.低盐鲫鱼鱼露发酵过程中的氨基酸分析[J].中国调味品,2018,43(10):85-90.

[4]白洁.发酵型牡蛎调味液的研制及其营养价值研究[J].中国调味品,2019,44(11):101-104.

[5]Lee S S, Kim N G, Choi Y J. Comparison of food components in enzymatic oyster hydrolysates according to the processing conditions[J]. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 2018, 6(47):620-628.

[6]王正云,蒋慧亮,渠柳柳.草鱼下脚料制备鱼酱油的酶解工艺优化[J].中国调味品,2019,44(6):89-91.

[7]Normah I, Noorasma M. Flavor improvement of mud clam (*Polymesoda erosa*) hydrolysate by using Maillard reaction[J]. International Food Research Journal, 2018, 25(3):1146-1152.

[8]Qi Hang, Xu Zhe, Li Yu-bo, et al. Seafood flavourings characterization as prepared from the enzymatic hydrolysis of *Undaria pinnatifida* sporophyll by-product[J]. International Journal of Food Properties, 2017, 20(12):2867-2876.

[9]Yuasa Masahiro, Kawabeta Koji, Eguchi Ayaka, et al. Characterization of taste and micronutrient content of rock oysters (*Crassostrea nippona*) and Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in Japan[J]. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2018, 13(1):52-57.

[10]Peinado I, Koutsidis G, Ames J. Production of seafood flavour formulations from enzymatic hydrolysates of fish by-products[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 66(1):444-452.

[11]Laohakunjit Natta, Selamassakul Orrapun, Kerdchoechuen Orapin. Seafood-like flavour obtained from the enzymatic hydrolysis of the protein by-products of seaweed (*Gracilaria* sp.) [J]. Food Chemistry, 2014, 158(1):162-170.

[12]Muzaddadi A U, Devatkal S, Oberoi H S. Chapter 9—Seafood Enzymes and Their Application in Food Processing[M]. Agro-Industrial Wastes as Feedstock for Enzyme Production, Dhillon G S, Kaur S, San Diego: Academic Press, 2016:201-232.

[13]张典,李龄佳,崔春,等.牡蛎酶解工艺的响应面优化研究[J].中国调味品,2019,44(5):12-16.

[14]许劲,孙丽滢,郭吉泰.扇贝裙边酶解过程中呈味组分的变化规律研究[J].现代食品科技,2019,35(7):121-126.

[15]王海丹,成亚斌,宋贤良,等.盐鸡卤汁酶解工艺优化及氨基酸组成分析[J].食品工业科技,2018,39(9):295-300.

[16]国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.235—2016,食品安全国家标准 食品中氨基酸态氮的测定[S].

[17]国家卫生和计划生育委员会. GB 1886.171—2016,食品安全国家标准 食品添加剂 5'-呈味核苷酸二钠(又名呈味核苷酸二钠)[S].

[18]Zhang Xiaoyu, Jiang Di, Li Dongmei, et al. Characterization of a seafood-flavoring enzymatic hydrolysate from brown alga *Laminaria japonica* [J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2019, 13(2):1185-1194.

[19]Venugopal V. Chapter Three—Enzymes from Sea food Processing Waste and Their Applications in Seafood Processing[M]. Advances in Food and Nutrition Research, Kim S, Toldrá F, Carolina: Academic Press, 2016:78,47-69.