

# 基于电子鼻辅助的酸辣花蛤酱研制开发

祝伦伟<sup>1</sup>, 刘波<sup>2</sup>, 朱文慧<sup>1</sup>, 步营<sup>1\*</sup>, 李学鹏<sup>1</sup>, 张秀清<sup>1</sup>, 刘贺<sup>1\*</sup>, 于志国<sup>3</sup>

(1.渤海大学 食品科学与工程学院, 辽宁省高校重大科技平台“食品贮藏加工及质量安全控制工程技术研究中心”, 辽宁省高等学校生鲜食品产业技术研究院, 辽宁 锦州 121013;

2.山东天博食品配料有限公司, 山东 济宁 272010; 3.丹东泰丰

食品有限公司, 辽宁 丹东 118300)

**摘要:**以花蛤、糟辣椒为主要原料,选择感官评价为指标,通过正交试验研制开发一款酸辣花蛤酱,并采用电子鼻技术进行风味差异分析。结果表明:在基础配方上添加花蛤 21%、杏鲍菇 25%、糟辣椒 4% 和菜籽油 18%为酸辣花蛤酱的最佳工艺配方。成品具有花蛤的鲜香味,颜色红润,酸辣可口,组织状态良好。采用电子鼻分析发现其挥发性成分包含氮氧类、甲基类、芳香类等化合物,各组的风味有差别,证明电子鼻技术能有效应用于酸辣花蛤酱特征风味的分析,辅助产品开发。

**关键词:**花蛤;糟辣椒;即食海鲜酱;电子鼻

中图分类号:TS254.5

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2020.05.007

文章编号:1000-9973(2020)05-0042-04

## Development of Sour and Spicy Clam Sauce by Electronic Nose

ZHU Lun-wei<sup>1</sup>, LIU Bo<sup>2</sup>, ZHU Wen-hui<sup>1</sup>, BU Ying<sup>1\*</sup>, LI Xue-peng<sup>1</sup>,

ZHANG Xiu-qing<sup>1</sup>, LIU He<sup>1\*</sup>, YU Zhi-guo<sup>3</sup>

(1.Fresh Food Industry Technology Research Institute in Colleges and Universities of Liaoning Province, Major Science and Technology Platform “Food Storage, Processing and Quality Safety Control Engineering Technology Research Center” in Colleges and Universities of Liaoning Province, College of Food Science and Engineering, Bohai University, Jinzhou 121013, China;

2.Shandong Tianbo Food Ingredients Co., Ltd., Jining 272010, China; 3.Dandong

Taifeng Foodstuff Co., Ltd., Dandong 118300, China)

**Abstract:** A kind of sour and spicy clam sauce is developed by orthogonal test with clam and fermented chili as the main raw materials and the sensory evaluation as the index, and the electronic nose (e-nose) technique is used to analyze the flavor difference. The results show that the optimal formula of the sour and spicy clam sauce is as follows: clam is 21%, *Pleurotus eryngii* is 25%, fermented chili is 4%, rapeseed oil is 18% based on the basic formula. The finished product has the fresh flavor of clam, red color, sour and spicy taste, and good texture. It is found that the volatile components include nitrogen and oxygen, methyl, aromatic and other compounds by e-nose analysis, and the flavor of each group is different. It is proved that e-nose technique could be effectively applied for the analysis of the characteristic flavor of sour and spicy clam sauce and to assist the product development.

**Key words:** clam; fermented chili; instant seafood sauce; electronic nose

收稿日期:2019-10-19

\* 通讯作者

基金项目:“十三五”国家重点研发计划项目(2018YFD0400603);辽宁省教育厅自然科学基金项目(LF2017008);辽宁食品产业校企联盟校企合作科研项目(2018LNSPLM0103);辽宁省兴辽英才计划项目(XLYC1807133)

作者简介:祝伦伟(1995-),男,硕士研究生,研究方向:水产品加工及贮藏;

步营(1981-),男,工程师,研究方向:水产品加工及贮藏;

刘贺(1979-),男,教授,研究方向:粮食、油脂与植物蛋白工程。

## 1 概述

我国贝类资源十分丰富,2017 年的海水养殖贝类总量达到 143.7 万吨,其中蛤类养殖产量为 41.8 万吨,产量位居第二<sup>[1]</sup>。花蛤(*Ruditapes variegata*)便是一种重要的蛤类,其又被称为杂色蛤、菲律宾蛤仔、蚬子等。具有高蛋白、低脂肪的营养结构<sup>[2]</sup>,除此之外,花蛤制品具有降血糖、抑制 ACE 活性和清除自由基等功能特性<sup>[3-5]</sup>。糟辣椒是云南、贵州地区一种传统的乳酸发酵制品,挑选新鲜红线椒为原料,并加入适量的生姜和大蒜,将其混合剁碎,装入密封的坛中,然后在低盐的条件下,利用微环境中的乳酸菌进行发酵制作而成<sup>[6]</sup>。糟辣椒酸辣可口,具有发汗除湿、开胃的效果,并且富含有益人体健康的辣椒素<sup>[7]</sup>。

目前,花蛤多以冷冻、干制和鲜销为主,由于运输条件和地域等诸多因素的限制,使得花蛤的消费群体和范围受限。将其加工为休闲类的即食食品能有效解决以上难题,目前关于花蛤加工产品有通过酶解制备花蛤露<sup>[8]</sup>、即食肉糜<sup>[9]</sup>,加工种类单一。研究发现,海鲜酱类制品颇受消费者喜爱,并且加工技术成熟。目前关于海鲜酱制品的研究有扇贝香辣酱、鲍鱼内脏鲜味酱、虾仁干贝复合拌饭酱以及香辣虾酱<sup>[10-13]</sup>,关于花蛤酱制品的研究还相对较少。

感官评价在食品研发中有着举足轻重的地位,但是感官评价易受环境和自身条件的影响,因此本试验采用电子鼻技术对风味进行差异性分析,对感官评价结果进行辅助验证。PEN3 型便携式电子鼻传感器是一种新颖的分析、识别和检测手段<sup>[14]</sup>。根据对不同样品的气味信息进行简单的比对分析,通过采集标样信息建立数据库,再利用化学计量学的统计分析方法对未知样品进行定性和定量分析,所得结果具有较高的可信度和重复性<sup>[15]</sup>。

本文以花蛤、糟辣椒等为主要原料,以感官评价为指标,使用电子鼻辅助分析,研制开发了口感和风味独特的酸辣花蛤酱,以期在花蛤酱工业化生产提供一定的理论依据。

## 2 材料与方 法

### 2.1 材料与试剂

花蛤:辽宁丹东泰丰食品有限公司提供;杏鲍菇、菜籽油、大蒜、生抽酱油、料酒、白砂糖、味精、白芝麻、食盐:锦州万维超市;糟辣椒:贵州遵义;平板计数琼脂培养基:青岛海博生物有限公司。

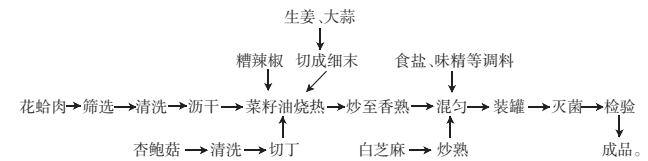
### 2.2 主要仪器

DL-1 型万用电炉 北京中兴伟业仪器有限公司;高精度电子天平 深圳安普特电子科技有限公司;电磁炉 美的集团;PEN3 型电子鼻 德国 Airsense 公司;JHG-Q60-P100 均质机 上海融合机械设备有限公司;LRH-150 型生化培养箱 上海一恒科技有限公

司;SW-CJ-2FD 型洁净工作台 苏净集团苏州安泰空气技术有限公司;LDZX-40SC 型灭菌锅 上海申安医疗器械厂。

### 2.3 方法

#### 2.3.1 工艺流程



#### 2.3.2 操作要点及注意事项

##### 2.3.2.1 原料选择

选择新鲜的、肉质坚实饱满、具有浓郁香气和滋味的花蛤;选择新鲜、无发霉软烂、气味清香的杏鲍菇;选择酸度与辣度合适、色泽红润、无腐败变质的糟辣椒;选择个大饱满、未发芽、无霉变的大蒜。

##### 2.3.2.2 风味调配

将菜籽油加热至 150 °C 左右,放入计量好的糟辣椒、生姜、大蒜后炒制约 1 min,将温度调至 100 °C 左右后再加入计量好的花蛤、杏鲍菇炒制约 8 min。加入称量好的食盐、味精、料酒、生抽酱油、白砂糖、白芝麻炒制约 2 min,拌匀后出锅。

##### 2.3.2.3 装罐

对空罐进行沸水消毒 15 min,罐清洗消毒后沥干罐内的水分。将制作好的酸辣花蛤酱装入罐中并预留 0.8 mm 左右的顶隙,采用加热排气法减少罐内的空气,排气时间约 5 min,然后旋紧罐盖。

##### 2.3.2.4 灭菌冷却

采用 115 °C/15 min 的灭菌条件进行灭菌处理,采用反压冷却法进行罐头的冷却,操作过程中注意调节压缩空气的大小以维持锅内的反压状态。

### 2.3.3 感官检验

根据试验设计制作产品,由 10 名食品专业人员组成评审小组对产品的色泽、香气、滋味和组织状态进行感官评定,总分 100 分,评分标准见表 1。

表 1 感官评价标准

Table 1 The sensory evaluation standard

项目	标准	分值(分)
色泽	颜色鲜亮,有光泽,酱汁为红色	20~30
	颜色较暗,无光泽	10~20
	颜色十分暗淡,无光泽	0~10
风味	酸辣可口,有杏鲍菇和花蛤的鲜香味,气味协调,无苦、腥味,无焦糊味	35~50
	滋味一般,气味较协调,酸辣味突出,香味较淡,无其他异味	20~35
	过咸或辣,甚至有焦糊味	0~20
外观	杏鲍菇和花蛤比例适宜,无异物,无霉变	15~20
	杏鲍菇或花蛤占比过多,酱较稠或较稀,无异物,无霉变	10~15
	酱不均匀,有异物或(和)霉变	0~10

### 2.3.4 正交试验设计

酸辣花蛤酱的基础配方:大蒜 1.5%,生抽酱油 4.5%,料酒 4.5%,白砂糖 0.4%,食盐 0.3%,味精 0.5%,白芝麻 0.4%。根据预试验结果,选择花蛤添加量(18%、21%、24%)、杏鲍菇添加量(21%、25%、29%)、菜籽油添加量(14%、18%、22%)、糟辣椒添加量(4%、8%、12%)设计 4 因素 3 水平  $L_9(3^4)$  的正交试验,因素水平表见表 2。

表 2 正交试验因素水平表

Table 2 The factors and levels of orthogonal experiment

水平	因素			
	A 花蛤	B 杏鲍菇	C 菜籽油	D 糟辣椒
1	18	21	14	4
2	21	25	18	8
3	24	29	22	12

### 2.3.5 电子鼻分析

将 9 组正交试验按照顺序依次编号为 1~9 号,最佳配方组编号为 10 号,然后进行电子鼻分析。电子鼻传感器由 10 种金属氧化物半导体型(metal oxide semiconductor, MOS)化学传感元件组成,见表 3。称取 5 g 样品于 50 mL 烧杯中,用保鲜膜封口,室温下平衡 30 min,检测条件:取样间隔 1 s,清洗时间 100 s,测定时间 150 s,重复 3 次。

表 3 PEN3 型电子鼻标准传感器阵列性能<sup>[16]</sup>

Table 3 The performance of PEN3 electronic nose standard sensor array

传感器	传感器名称	性能描述
R(1)	W1C	芳香成分苯类
R(2)	W5S	灵敏度大,对氮氧化物很灵敏
R(3)	W3C	氨类,对芳香成分灵敏
R(4)	W6S	主要对氢气有选择性
R(5)	W5C	短链烷烃芳香成分
R(6)	W1S	对甲基类灵敏
R(7)	W1W	对无机硫化物灵敏
R(8)	W2S	对醇类、醛酮类灵敏
R(9)	W2W	芳香成分,对有机硫化物灵敏
R(10)	W3S	对长链烷烃灵敏

### 2.3.6 产品质量标准的制定

参照 GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》、GB 7098—2015《食品安全国家标准 罐头食品》、GB 10136—2015《食品安全国家标准 动物性水产制品》,同时通过保温试验、感官评价和理化、微生物指标的检测,初步制定出产品的质量指标。

### 2.4 数据处理

电子鼻数据用自带的 Winmuster 系统进行载荷(loadings)分析以及主成分分析(principal component analysis, PCA),响应值雷达图用 Origin 8.5 软件

绘制。

## 3 结果与分析

### 3.1 酸辣花蛤酱正交试验结果

根据预试验结果发现花蛤、杏鲍菇、菜籽油、糟辣椒等物料的添加量对产品的品质影响较大,因此选取花蛤、杏鲍菇、菜籽油、糟辣椒进行正交试验。通过感官评价确定酸辣花蛤酱的最佳配方,各因素水平及试验结果见表 4。

表 4 正交试验设计结果

Table 4 The results of orthogonal experiment

序号	A 花蛤 (%)	B 杏鲍菇 (%)	C 菜籽油 (%)	D 糟辣椒 (%)	感官评分
1	1(18)	1(21)	1(14)	1(4)	90
2	1	2(25)	2(18)	2(8)	86
3	1	3(29)	3(22)	3(12)	80
4	2(21)	1	2	3	83
5	2	2	3	1	94
6	2	3	1	2	82
7	3(24)	1	3	2	82
8	3	2	1	3	80
9	3	3	2	1	92
$K_1$	85.3	85	84	92	
$K_2$	86.3	86.7	87	83.3	
$K_3$	84.7	84.7	85.3	81	
R	1.7	2	3	11	
主次因素	D>C>B>A				
最优组合	$A_2B_2C_2D_1$				

由表 4 可知,影响酸辣花蛤酱品质的因素主次为  $D>C>B>A$ ,即糟辣椒添加量的高低对酸辣花蛤酱的品质影响最大,其次是菜籽油含量、杏鲍菇含量,最后为花蛤含量,最优组合为  $A_2B_2C_2D_1$ 。由正交设计试验所得出的最优配方为花蛤 21%、杏鲍菇 25%、糟辣椒 4%、菜籽油 18%、大蒜 1.5%、生抽酱油 4.5%、料酒 4.5%、白砂糖 0.4%、食盐 0.3%、味精 0.5%、白芝麻 0.4%。

10 位食品专业评价人员对最佳工艺条件制作的酸辣花蛤酱进行感官评价,评分平均之后的最终得分为 96 分。由表 1 可知,所得产品的感官评价结果为优。

### 3.2 电子鼻分析结果

#### 3.2.1 传感器响应值分析

为了解不同组别样品的气味差异,采用电子鼻对样品的整体轮廓进行描述。电子鼻的响应值也称作相对电阻值,即样品气味与纯空气电阻率的比值( $G/G_0$ 或  $G_0/G$ )<sup>[17]</sup>。酸辣花蛤酱的电子鼻响应值雷达图见图 1。

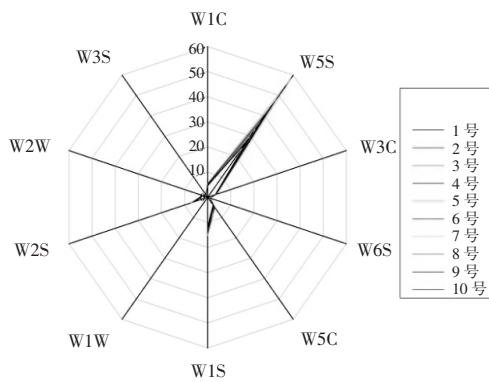


图 1 传感器对不同酸辣花蛤酱芳香物的雷达图  
Fig.1 Radar map of sensor for different aromatic substances in clam sauce

由图 1 可知,电子鼻对酸辣花蛤酱的挥发性成分有明显响应,并且每一个传感器对样品的响应值各不相同,其中传感器 W5S(对氮氧化合物敏感)的强度最大,传感器 W5C(对短链烷烃芳香成分敏感)、W1S(对甲基类灵敏)和 W2S(对醇类、醛酮类灵敏)的响应强度次之,其他传感器无明显响应。说明氮氧化合物、芳香族类、醛酮类物质可能是酸辣花蛤酱中主要的风味来源。10 组样品间风味物质的种类较为相似,但之间存在强度差异,这表明样品间的风味有所不同。

### 3.2.2 载荷分析

载荷分析是电子鼻不同传感器对于主成分分析贡献率大小的分析,各传感器的载荷贡献率差异明显,据此可对传感器进行选择与优化,选取贡献率最大的传感器进行重点研究。

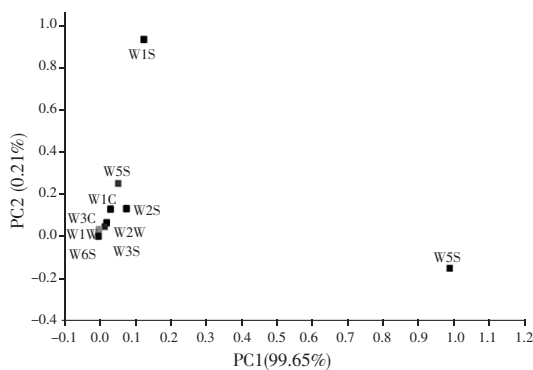


图 2 正交试验样品的载荷分析图

Fig.2 Loading analysis diagram of orthogonal experimental samples

由图 2 可知,W5S 在横坐标上离原点距离最远,这表明其在第一主成分方面的贡献最大。而 W1S 在纵坐标上离原点最远,同样表明其在第二主成分方面的贡献率大。该结果与响应值分析吻合,综合来看,样品的气味物质主要是氮氧化合物和甲基类物质。

### 3.2.3 主成分分析

9 组正交组和最优组的酸辣花蛤酱的 PCA 分析

图谱见图 3。

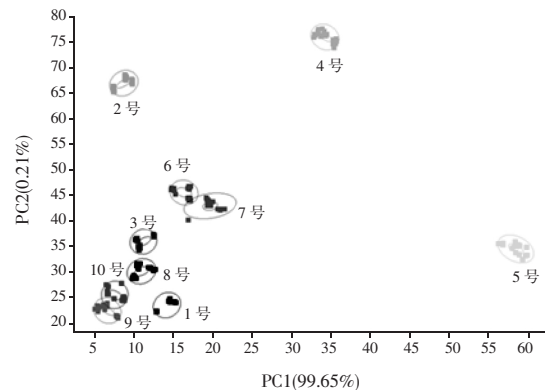


图 3 正交试验样品的 PCA 分析图

Fig.3 PCA analysis diagram of orthogonal experimental samples

主成分分析(PCA)是将所提取的电子鼻传感器多指标的信息进行数据转换和降维的一种分析方法,一般总贡献率大于 85% 便能较好地反映全部特征。PC1 和 PC2 贡献率分别为 99.65% 和 0.21%,总贡献率为 99.86%,说明主成分可以很好地反映各组酸辣花蛤酱中挥发性气味的全部特征信息。由图 3 可知,1, 3, 8, 9, 10 号样品距离很接近,表明彼此间气味差异很小。并且 6 号和 7 号, 9 号和 10 号分别出现重叠现象,表明彼此之间气味有相同之处。2 号、4 号和 5 号在 PCA 图中明显远离其他 7 组样品,表明与其他 7 组样品间风味差异较大。电子鼻 PCA 分析图与感官评价结果有一定的关联性,可以通过电子鼻的分析结果对感官评价结果进行进一步的验证。最佳的 10 号配方在分析谱图中位于 1, 3, 8, 9 号的中间位置,表明 10 号配方的气味比较协调、适中,其在感官评价中得分也是最高的,适合大部分消费者的风味习惯。

### 3.3 产品指标

#### 3.3.1 感官指标

成品具有花蛤的鲜香味,颜色红润,酸辣可口,组织状态良好。

#### 3.3.2 微生物指标

符合罐头食品商业无菌的要求,按 GB 4789.26—2013 规定的方法检验。

#### 3.3.3 污染物指标

铅(以 Pb 计)  $\leq 1.5$  mg/kg; 镉(以 Cd 计)  $\leq 2.0$  mg/kg; 汞(以 Hg 计)  $\leq 0.5$  mg/kg; 砷(以 As 计)  $\leq 0.5$  mg/kg; 铬(以 Cr 计)  $\leq 2.0$  mg/kg; 多氯联苯  $\leq 0.5$  mg/kg。

## 4 结论

试验以花蛤、杏鲍菇、糟辣椒等原辅料制作酸辣花蛤酱。利用感官评价法进行正交试验,确定酸辣花蛤酱的配方为花蛤 21%、杏鲍菇 25%、糟辣椒 4%、菜籽油 18%、大蒜 1.5%、生抽酱油 4.5%、料(下转第 62 页)

参考文献:

- [1]胡少华,肖小年,易醒,等.薏苡仁的研究新进展[J].时珍国医国药,2009,20(5):1059-1060.
- [2]刘星,王正武.薏仁的化学成分及其应用研究[J].食品与药品,2014,16(2):129-133.
- [3]陆雅丽,王明力,闫岩.薏苡仁综合开发利用[J].中国食物与营养,2013,19(4):64-66.
- [4]高建华,宁正祥,罗尧晶.苡仁营养成分的研究[J].食品研究与开发,2006(7):174-176.
- [5]牟灿灿,卢红梅,陈莉,等.发酵方式对薏仁碎米酱油品质的影响[J].中国调味品,2019,44(5):21-27.
- [6]肖小年,曾海龙,易醒,等.薏仁多糖的提取与分离纯化[J].食品科学,2010,31(22):1-5.
- [7]Numata M, Yamamoto A, Moribayashi A, et al. Antitumor components isolated from the Chinese herbal medicine *Coix lacryma-jobi*[J]. Plantamedica, 1994, 60(4): 356-359.
- [8]田晓,董银卯,何聪芬,等.薏苡仁蛋白质提取工艺的优化研究[J].食品工业科技,2011,32(10):381-383.

(上接第 45 页)酒 4.5%、白砂糖 0.4%、食盐 0.3%、味精 0.5%、白芝麻 0.4%、适量水。制成的酸辣花蛤酱成品具有花蛤与杏鲍菇的鲜香味,颜色红润,酸辣可口,组织状态良好。采用电子鼻分析发现其挥发性成分包含氮氧类、甲基类、芳香类等化合物,各组的风味有差别,证明电子鼻技术能有效应用于酸辣花蛤酱特征风味的分析,可以佐证感官评价结果,辅助用于产品的开发。

参考文献:

- [1]农业部渔业渔政管理局.中国渔业年鉴[M].北京:中国农业出版社,2018:33
- [2]董辉,王颖,刘亚琼,等.杂色蛤软体部营养成分分析及评价[J].水产学报,2011,35(2):276-282.
- [3]姜文杰.杂色蛤降血糖功能性产品的研究开发[D].大连:大连海洋大学,2015.
- [4]吴体智,盛乃娟,杨丽,等.杂色蛤中 ACE 抑制肽的分离鉴定与分子对接研究[J].食品工业科技,2016,37(19):153-156,161.
- [5]Cho W I, Kim S M. Taste compounds and biofunctional activities of the Sandy Beach clam hydrolysate for the shellfish flavoring condiment[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2016, 25(1): 24-34.
- [6]曾海英,秦礼,康江萍.糟辣椒中乳酸菌的鉴定及生物学特性比较研究[J].中国酿造,2002(S1):15-21.
- [7]Fernández-García E, Carvajal-Lérida I, Pérez-Gálvez A,

- [9]Tokuda H, Matsumoto T, Konoshima T, et al. Inhibitory effect on Epstein-barr virus activation and anti-tumor promoting activities of coix seed[J]. Planta Med, 1990, 56: 653-654.
- [10]魏建春,魏书信.薏苡仁红枣保健饮料的研制[J].食品科技,2002(4):58-59.
- [11]吕峰,林勇毅,林启训,等.低度薏米酒酿造工艺[J].福建农业大学学报,2005(2):216-220.
- [12]刘云山.固态生料制醋生产技术探讨[J].中国调味品,2018,43(1):140-142.
- [13]张惟广.酿造工艺学(1版)[M].成都:成都科技大学出版社,1998:56-81.
- [14]胡杨,任梦,王心强,等.全液态发酵红曲米醋工艺的研究[J].中国调味品,2018,43(2):124-128.
- [15]陈卫锋,徐升运,秦涛,等.酶法酿造沙棘荞麦醋工艺研究[J].中国调味品,2018,43(9):126-129.
- [16]吕欢,刘瑶,樊迎,等.响应面法优化壶瓶枣醋的工艺研究[J].中国调味品,2019,44(7):14-19,24.

Carotenoids exclusively synthesized in red pepper (capsanthin and capsorubin) protect human dermal fibroblasts against UVB induced DNA damage[J]. Photochemical & Photobiological Sciences, 2016, 15(9): 1204-1211.

- [8]卓晓沁,陈慧敏,李文亮,等.营养型花蛤露的研制[J].北京农业,2014(6):192.
- [9]吕学皎,李诗雅,韩青,等.新型即食肉糜菲律宾蛤仔的研制[J].农产品加工,2018(6):5-9.
- [10]孙丰婷,孙风光,张琛.扇贝香菇香辣酱的研制[J].中国调味品,2018,43(1):122-124.
- [11]卢芸,姚瑶,汤纯,等.鲍鱼内脏鲜味酱制作工艺优化[J].中国调味品,2019,44(6):119-123,130.
- [12]王建化,王英平,陈海鸥,等.虾仁干贝香菇复合型海鲜拌饭酱的研究[J].中国调味品,2018,43(10):102-105.
- [13]步营,胡显杰,刘波,等.香辣即食虾酱的研制开发[J].中国调味品,2018,43(8):72-75.
- [14]贡慧,杨震,刘梦,等.秋刀鱼热加工后挥发性风味成分变化的分析[J].肉类研究,2017,31(1):25-31.
- [15]陈娜,陈小娥,方旭波,等.基于电子鼻和气质联用技术分析鱼油挥发性成分[J].中国粮油学报,2017,32(10):179-184.
- [16]李迎楠,刘文营,成晓瑜.GC-MS 结合电子鼻分析温度对肉味香精风味品质的影响[J].食品科学,2016,37(14):104-109.
- [17]Huang X H, Zheng X, Chen Z H, et al. Fresh and grilled eel volatile fingerprinting by e-nose, GC-O, GC-MS and GC×GC-QTOF combined with purge and trap and solvent-assisted flavor evaporation[J]. Food Research International, 2019, 115: 32-43.