

剁椒扇贝酱工艺研究及贮藏品质分析

李旭阳, 何余堂, 解玉梅, 王 键, 杨立娜, 刘 贺*

(渤海大学食品科学与工程学院 国家鱼糜及鱼糜制品加工技术研发分中心

生鲜农产品贮藏加工及安全控制技术国家地方联合工程研究中心 辽宁锦州 121013)

摘要 以渤海湾虾夷扇贝为原料,开发一种新型酸辣型海鲜酱调味品。通过响应面试验设计,优化剁椒扇贝酱生产工艺。建立剁椒扇贝酱的货架期模型,并利用质构、流变、电子鼻等仪器分析其贮藏品质。结果表明,剁椒扇贝酱最优工艺为:虾夷扇贝添加量 20%、剁辣椒添加量 45%、菜籽油含量 5%。在 25℃条件下测得剁椒扇贝酱黏度随剪切速率的增加呈下降趋势。全质构分析结果显示:随贮藏时间的延长,样品回复性基本无变化,硬度、弹性和咀嚼性均呈明显下降趋势。电子鼻分析表明剁椒扇贝酱中的风味物质主要由氮氧化合物及甲基类化合物组成。用货架期模型预测,当剁椒扇贝酱的贮藏温度为 4℃和 25℃时,货架期分别为 126 d 和 40 d。本研究为剁椒扇贝酱的研发提供了新思路。

关键词: 虾夷扇贝; 剁椒扇贝酱; 工艺技术; 品质分析

文章编号 1009-7848(2022)04-0225-08 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2022.04.022

中国贝类资源丰富,海水养殖贝类总产量 1 438.9 万 t,其中扇贝养殖产量 182.8 万 t^[1]。虾夷扇贝(*Mizuhopecten yessoensis*)是一种重要的扇贝类,在 20 世纪 80 年代初作为新品种引入我国,现已在中国海域广泛生长,主要分布在辽宁、山东等北方沿海。虾夷扇贝具有低脂肪、高优质脂肪酸、高蛋白的营养结构^[2]。此外,扇贝制品具有护肝、抗凝血活性、抑制 ACE 活性以及抑菌、抗菌效果^[3-5]。剁辣椒是湖南湘西地区特色食品,是在低盐条件下利用微环境中的乳酸菌发酵制作的传统乳酸发酵制品,成品水分少,颜色暗红,口感酸中带辣^[6]。剁辣椒具有温中散寒,下气消食的作用,并含有丰富的辣椒素^[7-8],有益人体健康。当前,扇贝多以鲜销、干制、冷冻为主,由于地域条件、运输等多种因素,限制了扇贝的消费群体和范围。迄今为止,关于扇贝加工产品有通过酶解制备扇贝多肽^[9]、即食扇贝肉^[10]。

市场上的调味酱以豆类为基础的豆瓣酱^[11]和以小麦为基础的甜面酱^[12]最为常见。随着食品工

业的发展,逐渐出现了肉酱^[13]、鱼酱^[14]和果酱^[15]等调味品。古人认为酱咸甘平,归脾胃经,清热解毒。时至今日,随着调味酱生产工艺的不断进步,使其逐渐发展成菜肴烹调类产品,其中海鲜酱制品深受消费者的喜爱。目前关于海鲜酱制品的研究集中于蟹黄调味酱、鱼子酱、虾酱以及海鲜肉复合酱^[16-19],而关于扇贝酱的研究相对较少。

本研究以虾夷扇贝为主要原料,与剁辣椒、菜籽油等进行调配,以剁椒扇贝酱感官评价为依据利用响应面法进行工艺优化,分析剁椒扇贝酱的主要特征风味与品质,预测其货架期。

1 材料和方法

1.1 材料与试剂

虾夷扇贝,辽宁丹东泰丰食品有限公司;剁辣椒:湖南长沙;菜籽油,辽宁益海嘉里集团;平板计数琼脂培养基,上海瑞楚生物科技有限公司。

1.2 仪器和设备

DHR-1 型旋转流变仪,美国 TA 公司;OA21002 型精密电子天平,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;PEN3 型电子鼻,德国 AIRSENSE 公司;TA-XT Plus 质构仪,英国 StableMicoSystems 公司;HWS-12 型电热恒温水浴锅、LRH-150 型生化培养箱,上海一恒科技有限公司;LDZX-40SC 型灭菌锅,上海申安医疗器械厂;SW-CJ-2G 型洁净工作台,苏净集团苏州安泰空气技术有限公司。

收稿日期: 2021-08-08

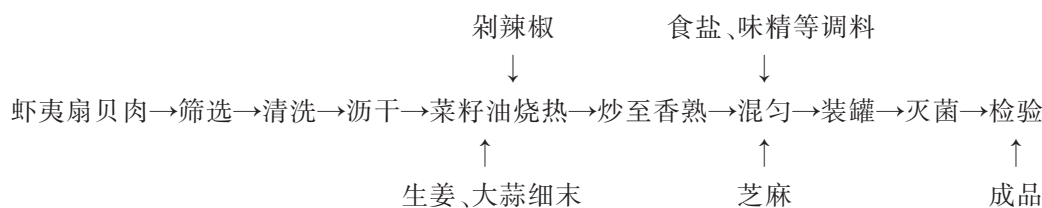
基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(31901680);“十三五”国家重点研发计划子课题(2018YFD0400600)

作者简介: 李旭阳(1998—),男,硕士生

通信作者: 刘贺 E-mail: liuhe2069@163.com

1.3 扇贝剁椒酱的制备方法

1.3.1 工艺流程



注意事项及操作要点:

1) 选取肉质饱满鲜嫩、滋味鲜甜和香气浓厚的虾夷扇贝;选择酸辣适中、色泽暗红、无腐败变质的剁辣椒;选择饱满新鲜、无瑕疵发霉的大蒜。

2) 将菜籽油加热至 150 ℃,放入姜、蒜末炒香后及时倒入称量好的剁辣椒炒制约 1 min,加入计量好的虾夷扇贝肉烹饪约 5 min,拌匀收汁即可。

3) 包装:采用真空包装保存,用 100 g/袋规格的真空袋灌装密封;

4) 灭菌:将装有剁椒扇贝酱的软包装超高压灭菌处理,得到终产品。

1.3.2 感官评价 参考姚玉静等^[20]的海鲜调味酱感官评定标准并稍作修改,经由 20 人感官分析、评分。品评指标包括组织状态、气味、风味、色泽,总分为 100 分(详见表 1)。

1.3.3 响应面试验设计 分别按 10%,20%,30%添加虾夷扇贝,研究扇贝添加量对剁椒扇贝酱感官的影响。剁辣椒添加量分别为 40%,50%,60%,找出剁辣椒的合适添加量。菜籽油添加量分别为 5%,10%,15%,根据感官评定结果找出最优菜籽油添加量。由产品感官评分结果筛选对结果有显著影响的因素,做响应面优化试验并采用 Box-Behnken 试验设计优化试验。

1.4 剁椒扇贝酱品质分析方法

1.4.1 质构的测定 用 TA-XT Plus 型质构仪测定剁椒扇贝酱的全质构分析(TPA),测试条件:选用 P/50 柱形探头,测前速度 2.0 mm/s,测试速度 1.0 mm/s,测后速度 2.0 mm/s,触发力 5.0 g,两次压缩间隔时间 5 s。

1.4.2 稳态流变的测定 采用旋转流变仪,选用直径为 40 mm 的平板探头,板间隙设置为 1 mm,

表 1 剁椒扇贝酱感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standard of chopped pepper scallop sauce

项目	标准	分值/分
色泽(25分)	色泽均匀一致,呈红褐色	18~25
	色泽暗淡,呈灰褐色	9~17
	色泽暗淡,呈暗褐色	0~8
滋味(25分)	咸淡适宜,鲜辣可口,鲜味突出	18~25
	咸淡适宜,鲜辣可口,鲜味淡	9~17
	太咸或太淡,口感粗糙,基本没有鲜味	0~8
风味(25分)	香味协调,无腥味	18~25
	香味协调,腥味较淡	9~17
	香味不协调,明显腥味	0~8
组织状态(25分)	组织均匀,稠度合适,质地均一	18~25
	组织较均匀,略稀或太黏稠	9~17
	组织不均匀,出现明显的析油现象	0~8

表 2 响应面试验设计因素水平与编码

Table 2 Factor level and coding of response surface experimental design

水平	A(扇贝添加量/%)	B(剁辣椒添加量/%)	C(菜籽油添加量/%)
-1	10	40	5
0	20	50	10
1	30	60	15

在剪切速率 0.1~100 s⁻¹ 的条件下,对不同贮藏时间的剁椒扇贝酱进行稳态剪切流变测试。

1.4.3 气味的测定 取样品两倍稀释后于样品瓶中静置 3 h,用电子鼻检测气味。响应值在 104 s 时

达到稳定,选择此时的响应值为测试原始数据。

1.5 菌落总数的测定

按照 GB 4789.2-2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验菌落总数测定》方法计数。

1.6 货架期的预测

采用 Q_{10} 法预测^[21],在温度差值为 10℃ 的 2 个温度下贮藏,2 个温度下的货架寿命比率 Q_{10} 的计算公式见式(1)。根据式(2)可得到剁椒扇贝酱在 4℃ 和 25℃ 下贮藏的货架期。

$$Q_{10} = \frac{t \text{℃下产品的货架期}}{(t+10)\text{℃下产品的货架期}} \quad (1)$$

$$Q_{S(t)} = Q_{S(t_0)} \times Q_{10}^{(t-t_0)/10} \quad (2)$$

式(2)中, $Q_{S(t)}$ ——所求温度(t)条件下的货架期; $Q_{S(t_0)}$ ——测定温度(t_0)下的货架期。

将经密封和灭菌的剁椒扇贝酱软包装分别置于 35℃ 和 45℃ 的恒温培养箱内。35℃ 恒温箱内的样品每隔 6 d 取样检测;45℃ 恒温箱内的样品每隔 3 d 取样检测;记录贮藏期间内剁椒扇贝酱菌落总数,直至感官上出现不可接受的样品为止,记为达到货架期终点,进而预测剁椒扇贝酱的货架期。

2 结果与分析

2.1 响应面优化结果

当扇贝添加量达 20% 时,感官评分最高;当扇贝添加量高于 20% 时,酱中扇贝腥味逐渐显现,导致感官评分降低,由此可初步确定扇贝添加量为 20%。当剁辣椒添加量为 50% 时,辣度适中,感官评分最高;当剁辣椒添加量大于 60% 时,辣味过重,剁辣椒添加量小于 40% 时,酸辣味不明显,感官得分降低。由此可初步确定剁辣椒添加量为 50%。当菜籽油添加量为 10% 时,剁椒扇贝酱感官评分最高;当菜籽油添加量小于 10% 时,剁椒扇贝酱香味略显不足;当菜籽油添加量大于 10% 时,剁椒扇贝酱口感油腻,影响感官评分下降。

对所建模型进行分析处理,得到最终结果:当扇贝添加量 22.53%,剁辣椒添加量 44.31%,菜籽油添加量 6.03% 时,感官评分最高达 87.60 分。根据实际生产情况将工艺修正为扇贝添加量为 20%,剁辣椒添加量为 45%,菜籽油添加量为 5%。

表 3 电子鼻传感器阵列及性能

Table 3 Electronic nose sensor array and its performance

传感器	传感器名称	传感器响应特性
R1	W1C	对芳香化合物(香精、香料类)敏感
R2	W5S	对氮氧化物敏感
R3	W3C	对氨和芳香化合物(芳香胺类)敏感
R4	W6S	对氢敏感
R5	W5C	对烯烃和芳香化合物(芳香烃类)敏感
R6	W1S	对碳氢化合物(烯烃)敏感
R7	W1W	对硫化氢敏感
R8	W2S	对醇类和一些芳香族化合物(芳香醇类)敏感
R9	W2W	对芳香族化合物和有机硫化物敏感
R10	W3S	对烷烃(甲烷类)敏感

表 4 响应面试验结果

Table 4 Response surface experimental results

试验编号	A(扇贝添加量/%)	B(剁辣椒添加量/%)	C(菜籽油添加量/%)	感官评价/分
1	30	50	15	76 ± 6.1
2	20	50	10	84 ± 7.2
3	10	60	10	73 ± 1.9
4	10	50	15	69 ± 6.9
5	10	50	5	71 ± 2.4
6	20	60	5	81 ± 1.0
7	20	40	5	81 ± 3.2
8	30	50	5	85 ± 1.9
9	30	40	10	86 ± 2.2
10	20	50	10	85 ± 5.5
11	20	60	15	72 ± 2.7
12	30	60	10	77 ± 1.3
13	10	40	10	68 ± 1.8
14	20	50	10	83 ± 1.6
15	20	50	10	83 ± 1.6
16	20	40	15	70 ± 4.7
17	20	50	10	84 ± 7.2

表5 回归方程显著性检验与方差分析

Table 5 Significance test and variance analysis of regression equation

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	590.92	9	65.66	17.99	0.0005	**
A(扇贝添加量)	231.13	1	231.13	63.32	< 0.0001	**
B(剁辣椒添加量)	0.50	1	0.50	0.14	0.7222	
C(菜籽油添加量)	120.12	1	120.13	32.91	0.0007	**
AB	49	1	49	13.42	0.0080	**
AC	12.25	1	12.25	3.36	0.1096	
BC	1	1	1	0.27	0.6168	
A ²	60.00	1	60.00	16.44	0.0048	**
B ²	38.52	1	38.53	10.56	0.0141	*
C ²	60.00	1	60.00	16.44	0.0048	**
残差	25.55	7	3.65			
失拟项	14.75	3	4.92	1.82	0.2833	
纯误差	10.80	4	2.70			
总变异	616.47	16				

注:*. 差异显著($P < 0.05$);**. 差异极显著($P < 0.01$)。

根据单因素实验结果,选取扇贝添加量、剁辣椒添加量、菜籽油添加量为考察因素,利用 Design-Expert 软件中的 Box-Behnken 试验设计方案,优化剁椒扇贝酱生产工艺,以感官评分为响应值^[22],得到二次多项式回归模型 $Y = 82.8 + 5.38A - 0.25B - 3.88C - 3.50AB - 1.75AC + 0.50BC - 3.78A^2 - 3.03B^2 - 3.77C^2$ 。该回归方程对试验拟合情况好。本试验揭示各因素对结果的影响,建立了良好的多元二次回归方程。影响剁椒扇贝酱感官评分因素的主次顺序为剁辣椒添加量(B)>虾夷扇贝添加量(A)>菜籽油添加量(C)。

2.2 质构特性

将剁椒扇贝酱在 25℃条件下贮藏,测定不同贮藏时间剁椒扇贝酱的 TPA。从表 6 可看出,随着贮藏时间的延长,该酱的弹性、回复性无明显变化,而硬度、咀嚼度都呈下降趋势,剁椒扇贝酱品质降低,这是由于随时间延长,剁椒扇贝酱中扇贝肉中的肌原纤维蛋白因辣椒素及微生物影响^[23],一部分肌原蛋白转变为可溶性的明胶,溶解在酱料中,使扇贝的肌肉组织结构发生改变。Yan 等^[24]的研究也显示出扇贝水解后由肽引起的特定凝胶特性,导致剁椒扇贝酱中扇贝肉组织结构发生不可逆变化,因此质构特性发生改变。

表6 25℃贮藏条件下剁椒扇贝酱质构变化

Table 6 The texture change of chopped pepper scallop sauce during storage at 25℃

贮藏期/d	硬度/g	弹性	咀嚼度/g	回复性
1	680.44 ± 2.36 ^e	0.622 ± 0.06 ^a	211.79 ± 1.58 ^{ef}	0.150 ± 0.03 ^b
3	666.16 ± 7.29 ^{de}	0.601 ± 0.02 ^a	209.22 ± 3.23 ^e	0.159 ± 0.02 ^b
7	622.99 ± 3.86 ^{cd}	0.581 ± 0.05 ^a	194.95 ± 2.70 ^d	0.150 ± 0.01 ^b
14	609.16 ± 1.79 ^c	0.600 ± 0.08 ^a	187.18 ± 2.06 ^c	0.159 ± 0.03 ^b
21	565.67 ± 9.82 ^{ab}	0.599 ± 0.03 ^a	166.26 ± 1.76 ^b	0.134 ± 0.01 ^a
28	550.14 ± 1.84 ^{ab}	0.584 ± 0.04 ^a	163.12 ± 3.62 ^b	0.156 ± 0.02 ^b
35	542.54 ± 1.09 ^a	0.602 ± 0.07 ^a	154.75 ± 3.83 ^a	0.156 ± 0.01 ^b

注:同列数据不同肩标字母表示有显著差异($P < 0.05$)。

2.3 稳态流变分析

由图1可知,在25℃贮藏条件下,不同贮藏时间的剁椒扇贝酱随剪切速率的增加,其表观黏度逐渐降低,这与质构特性结果一致。这表明随着贮藏时间的延长,剁椒扇贝酱稳定性好,呈现明显的剪切稀化现象^[25]。贮藏时间对酱黏度的影响有如下原因:扇贝一部分肌原蛋白转为明胶。高蛋白质食品会因还原糖发生美拉德反应而使蛋白质聚集^[26],导致食品质地变硬,黏度降低。随着贮藏时间的延长,剁椒扇贝酱中钠盐、钾盐等盐分渗入扇贝肌肉组织中,降低其凝胶特性,这可以通过形成永久性肌蛋白长丝来解释^[27]。

2.4 风味分析

以剁椒扇贝酱的电子鼻数据作雷达图2。由图2可知,电子鼻对剁椒扇贝酱中挥发性成分有明显响应,其中,传感器W5S(对氮氧化合物敏感)的响应值最大,W1S(对甲基类灵敏)的响应值次之,其它传感器无明显响应。说明氮氧化合物、甲基类物质可能是剁椒扇贝酱中主要的风味来源,这与文献[28]和[29]报道结果一致。其中氮氧化合物和醇类化合物增长的原因,主要是由剁辣椒在贮藏期间其组织中独特风味物质持续挥发所产生。甲基类化合物是贝类本身及加工后所特有的风味,贮藏期间所产生的风味物质对影响产品品质的硫化物及有机硫化物都有抑制作用,赋予并增强剁椒扇贝酱独特的风味,提高剁椒扇贝酱品质。

2.5 菌落总数

图3显示35℃和45℃贮藏条件下剁椒扇贝酱的菌落总数。对剁椒扇贝酱进行超高压灭菌处理,基本保证了贮藏初期剁椒扇贝酱中无微生物存活。随着贮藏时间的延长,剁椒扇贝酱中的微生物数量缓慢增长,以感官不可接受为货架期终点,35℃下贮藏31d时菌落总数达到256 CFU/g,45℃下贮藏19d达到265 CFU/g,菌落总数均符合国家标准(<5000 CFU/g)。这是因为在灭菌处理时未将微生物的芽孢全部杀死,导致剁椒扇贝酱里原本存在的微生物芽孢,随贮藏时间的延长开始萌芽、生长和繁殖,因此剁椒扇贝酱中微生物数量逐渐增加。

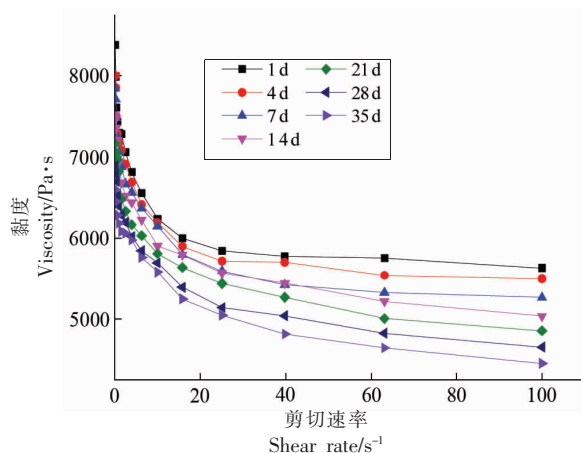


图1 25℃条件下贮藏期间剁椒扇贝酱黏度变化
Fig.1 Viscosity change of chopped pepper scallop sauce during storage at 25℃

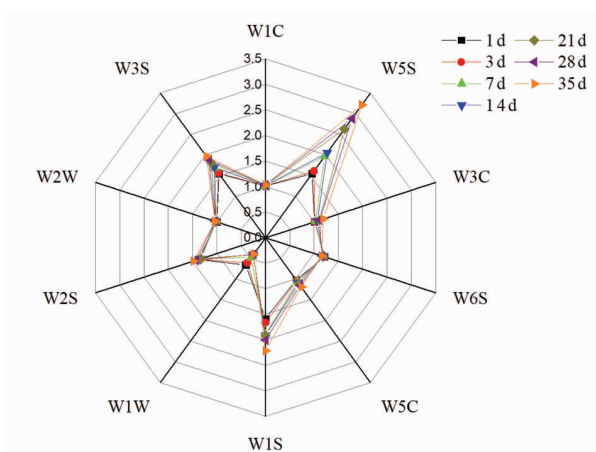


图2 剁椒扇贝酱的电子鼻雷达评价图
Fig.2 Electronic nose radar evaluation chart of chopped pepper scallop sauce

2.6 预测的货架期

采用 Q_{10} 货架期预测模型预测剁椒扇贝酱的货架期。根据感官鉴定和菌落总数分析得出:35℃条件下剁椒扇贝酱贮藏货架期为31d;45℃条件下剁椒扇贝酱贮藏货架期为19d。

将所得货架期带入式(1),求出 Q_{10} 。

$$Q_{10} = 35^\circ\text{C下产品货架期}/45^\circ\text{C下产品货架期} = 31/19 = 1.63;$$

$$\text{预测得到:} 25^\circ\text{C下货架期为 } Q_{S(25^\circ\text{C})} = Q_{S(t_0)} \times Q_{10}^{(t_0-t)/10} = 25 \times 1.63 \times (35-25)/10 = 40 \text{ d};$$

$$4^\circ\text{C下货架期为 } Q_{S(4^\circ\text{C})} = Q_{S(t_0)} \times Q_{10}^{(t_0-t)/10} = 25 \times 1.63 \times (35-4)/10 = 126 \text{ d}。$$

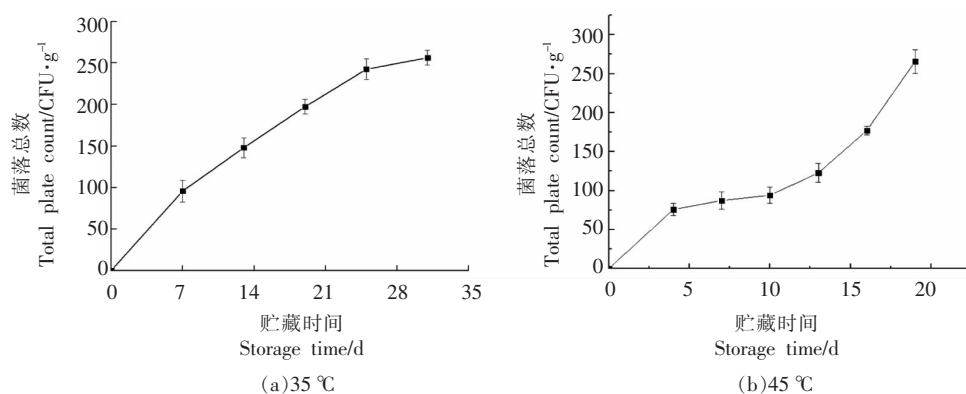


图3 贮藏温度对剁椒扇贝酱中菌落总数的影响

Fig.3 Effect of storage temperature on total number of bacterial colonies in chopped pepper scallop sauce

3 结论

通过响应面试验设计得到剁椒扇贝酱最优配方为:虾夷扇贝添加量 20%,剁辣椒添加量 45%,菜籽油添加量 5%。剁椒扇贝酱流变特性的整体趋势为:剪切速率递增,黏度下降。剁椒扇贝酱具有胶变性流体和剪切稀变型的基本特征。TPA 结果显示,随着贮藏时间的延长,样品的回复性和弹性基本无变化,硬度和咀嚼性均呈较明显的下降趋势,使贮藏期间扇贝酱的质量有所下降,这与流变结果一致。风味物质分析表明,剁椒扇贝酱的风味物质主要是氮氧化合物和醇类,其次是甲基类化合物。用货架期模型预测剁椒扇贝在 4 °C 和 25 °C 货架期分别为 126 d 和 40 d。

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, 2020: 23.
Administration of Fisheries and Fishery, Ministry of Agriculture. China fishery yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2020: 23.
- [2] 李伟青, 王颖, 孙剑锋, 等. 海湾扇贝营养成分分析及评价[J]. 营养学报, 2011, 33(6): 630-632.
LI W Q, WANG J, SUN J F, et al. Analysis and evaluation of nutrient constituents of bay scallop[J]. Chinese Journal of Nutrition, 2011, 33(6): 630-632.
- [3] SONG S, WANG L, WANG L, et al. Structural characterization and anticoagulant activity of two polysaccharides from *Patinopecten yessoensis* viscera [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 136(5): 579-585.
- [4] YU Z, WU S, ZHAO W, et al. Identification and the molecular mechanism of a novel myosin-derived ACE inhibitory peptide[J]. Food & Function, 2018, 9(1): 364-370.
- [5] WANG Z, LIU X, XIE H, et al. Antioxidant activity and functional properties of alcalase-hydrolyzed scallop protein hydrolysate and its role in the inhibition of cytotoxicity *in vitro*[J]. Food Chemistry, 2020, 344(1): 128566.
- [6] 许弯, 刘伟, 胡小琴, 等. 湖南剁辣椒中优良乳酸菌的筛选鉴定及其发酵辣椒汁风味研究[J]. 食品工业科技, 2020, 41(8): 96-103.
XU W, LIU W, HU X Q, et al. Screening and identification of excellent lactic acid bacteria in Hunan chopped pepper and study on flavor of fermented pepper juice[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(8): 96-103.
- [7] LI W, YANG H, LU Y. Capsaicin alleviates lipid metabolism disorder in high beef fat-fed mice[J]. Journal of Functional Foods, 2019, 60: 103444.
- [8] KENIG S, BARUCA-ARBEITER A, MOHORKO N, et al. Moderate but not high daily intake of chili pepper sauce improves serum glucose and cholesterol levels[J]. Journal of Functional Foods, 2018, 44(5): 209-217.
- [9] WU D, WU C, TU M, et al. Identification and analysis of bioactive peptides from scallops (*Chlamys farreri*) protein by simulated gastrointestinal digestion [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2018, 42(9): 1-10.

- [10] 刘昌衡, 孟秀梅, 袁文鹏, 等. 即食扇贝的加工技术[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(7): 69-71.
LIU C H, MENG X M, YUAN W P, et al. Processing technology of instant food scallop[J]. Food Research and Development, 2011, 32(7): 69-71.
- [11] LIN H B, BI X P, ZHOU B B, et al. Microbial communities succession and flavor substances changes during Pixian broad-bean paste fermentation[J]. Food Bioscience, 2021, 42(8): 101053.
- [12] 马红俊. 甜面酱及其制备方法[P]. CN112617171A, 2021-04-09.
MA H J. Sweet flour paste and preparation method thereof[P]. CN112617171A, 2021-04-09.
- [13] RR A, KB B, MP B. The influence of the substitution of fat with modified starch on the quality of pork liver pâtés—ScienceDirect[J]. LWT, 2020, 135: 101053.
- [14] 郑志颖, 周晶, 袁丽, 等. 混合菌株和外源赖氨酸对鱼酱发酵品质的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(12): 108-114.
ZHENG Z Y, ZHOU J, YUAN L, et al. Effects of mixed starter cultures and exogenous L-lys on fermentation quality of fish paste [J]. Food Science, 2019, 40(12): 108-114.
- [15] 赵思佳, 高畅, 于泽, 等. 低糖果酱的研究进展[J]. 食品工业, 2019, 40(12): 264-267.
ZHAO S J, GAO C, YU Z, et al. Research progress on low sugar jam[J]. Food Industry, 2019, 40(12): 264-267.
- [16] 叶韬, 陈志娜, 刘瑞, 等. 蟹黄调味酱加工工艺及其微生物污染分析[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(5): 152-159.
YE T, CHEN Z N, LIU R, et al. The processing technology and microbial contamination analysis of crab roe sauce[J]. Food and Fermentation Industry, 2020, 46(5): 152-159.
- [17] TAVAKOLI S, LUO Y, REGENSTEIN J M, et al. Sturgeon, caviar, and caviar substitutes: From production, gastronomy, nutrition, and quality change to trade and commercial mimicry [J]. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 2021, 29(4): 753-768.
- [18] 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.
BU Y, HU X J, LIU B, et al. Research and development of spicy instant shrimp sauce [J]. China Condiments, 2018, 43(8): 72-75.
- [19] WANG J H, WANG Y P, CHEN H O, et al. Development of mixed seafood sauce with shrimp meat, dried scallop and mushroom [J]. China Condiment, 2018, 43(10): 102-105.
- [20] 姚玉静, 杨昭, 黄佳佳, 等. 即食海鲜调味酱的研制[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(14): 146-150.
YAO Y J, YANG Z, HUANG J J, et al. Preparation of instant hoisin sauce [J]. Food Research and Development, 2020, 41(14): 146-150.
- [21] 袁乙平, 何雨婕, 肖含磊, 等. 青花椒酱的开发及其货架期预测[J]. 食品科学技术学报, 2021, 39(1): 162-170.
YUAN Y P, HE Y J, XIAO H L, et al. Development of green pepper sauce and its shelf-life prediction [J]. Journal of Food Science and Technology, 2021, 39(1): 162-170.
- [22] 魏巍. 扇贝酱发酵过程中主要理化指标及成品品质和抗氧化功能研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2014.
WEI W. Study on the main physical and chemical indexes of scallop sauce fermentation process, product quality and antioxidant function [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2014.
- [23] LI L Y, EASA A M, LIONG M T, et al. The use of microbial transglutaminase and soy protein isolate to enhance retention of capsaicin in capsaicin-enriched layered noodles [J]. Food Hydrocolloids, 2013, 30(2): 495-503.
- [24] YAN J N, ZHANG M, ZHAO J, et al. Gel properties of protein hydrolysates from trypsin-treated male gonad of scallop (*Patinopecten yessoensis*) [J]. Food Hydrocolloids, 2019, 905: 452-461.
- [25] 张璐璐. 蛋白/淀粉复合纳米胶粒的微流控设计及其乳液递送系统的构建[D]. 广州: 华南理工大学, 2020.
ZHANG L L. Microfluidic design of protein/starch composite nanoparticles and construction of emulsion delivery system [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2020.
- [26] 余园芳. 高蛋白中间水分食品中美拉德反应对蛋白聚集的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2011.
YU Y F. Effects of Maillard reaction on protein aggregation in high protein intermediate water-based foods [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2011.
- [27] FENG J, CAO A, CAI L, et al. Effects of partial substitution of NaCl on gel properties of fish my-

- ofibrillar protein during heating treatment mediated by microbial transglutaminase[J]. *LWT- Food Science and Technology*, 2018, 93: 1-8.
- [28] 罗凤莲. 湖南剁椒腌制过程中风味及品质变化规律研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2014.
- LUO F L. Study on the change rule of flavor and quality of chopped pepper in Hunan during pickling process[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2014.
- [29] 步营, 胡显杰, 刘瑛楠, 等. 两种浓缩方式对扇贝蒸煮液色泽及挥发性风味物质的影响[J]. *中国调味品*, 2019, 44(12): 12-17.
- BU Y, HU X J, LIU Y N, et al. Effects of different concentration methods on color and volatile flavor compounds of scallop cooking liquid[J]. *China Condiments*, 2019, 44(12): 12-17.

Studies on Technology and Analysis on the Storage Quality of Scallop Sauce with Chopped Pepper

Li Xuyang, He Yutang, Xie Yumei, Wang Jian, Yang Lina, Liu He*

(College of Food Science and Technology, Bohai University, National R & D Branch Center of Surimi and Surimi Products Processing, National & Local Joint Engineering Research Center of Storage, Processing and Safety Control Technology for Fresh Agricultural, Jinzhou 121013, Liaoning)

Abstract A new kind of hot and sour hoisin sauce was developed with scallop from Bohai Bay. The response surface design was used to optimize the production process of chopped pepper scallop sauce. The shelf life model of scallop sauce with chopped pepper was established, and its storage quality was analyzed by instruments of texture, rheology and electronic nose. The results showed that the optimal production process of chopped pepper scallop sauce was as follows: 20% added scallop, 45% added chili and 5% Canola oil. Under the condition of 25 °C, the viscosity of chopped pepper scallop sauce decreased with the increase of shear rate as the storage time increased. The TPA results showed that with the prolongation of storage time, the sample recovery basically did not change, and the hardness, elasticity and chewiness were significantly decreased. Based on analyses of the electronic nose, it was found that the flavor substances in the chopped pepper scallop sauce were mainly composed of nitrogen oxides and methyl compounds. The shelf life model was used to predict that the shelf life of chopped pepper scallop sauce was 126 d and 40 d when the storage temperature was 4 °C and 25 °C, respectively. This study provided a new idea for the research and development of hoisin sauce.

Keywords *Mizuhopecten yessoensis*; chop chili scallop sauce; process technology; quality analysis