

# 不同热杀菌条件对酸辣花蛤酱风味品质的影响

步营<sup>1</sup>, 祝伦伟<sup>1</sup>, 朱文慧<sup>1\*</sup>, 李学鹏<sup>1</sup>, 励建荣<sup>1</sup>, 刘贺<sup>1</sup>, 于志国<sup>2</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. 丹东泰丰食品有限公司, 辽宁 丹东 118300)

**摘要:**研究了不同杀菌条件对酸辣花蛤酱感官风味品质的影响。根据不同的杀菌条件将酸辣花蛤酱分为4组:A组(未杀菌)、B组(90℃/30 min)、C组(110℃/20 min)、D组(115℃/15 min),通过菌落总数的测定判定各组杀菌效果。采用色差仪测定色泽变化,借助顶空固相微萃取-气相色谱-质谱(HS-SPME-GC-MS)联用结合电子鼻技术测定风味物质,以此探究不同杀菌条件对酸辣花蛤酱感官风味品质的影响。结果表明:110℃/20 min杀菌条件是酸辣花蛤酱的最佳杀菌条件,此条件下酸辣花蛤酱的杀菌效果较好,色泽变化小且挥发性风味物质的损失较小。

**关键词:**花蛤酱;色泽;气相色谱-质谱联用;电子鼻

中图分类号:TS254.5

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2019.09.020

文章编号:1000-9973(2019)09-0101-06

## Effect of Different Thermal Sterilization Conditions on Flavor Quality of Spicy and Sour Clam Sauce

BU Ying<sup>1</sup>, ZHU Lun-wei<sup>1</sup>, ZHU Wen-hui<sup>1\*</sup>, LI Xue-peng<sup>1</sup>, LI Jian-rong<sup>1</sup>,  
LIU He<sup>1</sup>, YU Zhi-guo<sup>2</sup>

(1. Liaoning Provincial University's Major Science and Technology Platform "Engineering and Technology Research Center for Food Storage and Processing & Quality and Safety Control", Fresh Food Industry Technology Research Institute in Liaoning Provincial Institutions of Higher Education, College of Food Science and Engineering, Bohai University, Jinzhou 121013, China; 2. Dandong Taifeng Food Co., Ltd., Dandong 118300, China)

**Abstract:** The effects of different sterilization conditions on the sensory flavor quality of clam sauce are studied. According to different bactericidal conditions, clam sauce is divided into four groups: group A (non-bactericidal), group B (90℃/30 min), group C (110℃/20 min) and group D (115℃/15 min). The bactericidal effect of each group is determined by the determination of the total number of colonies. In order to explore the effects of different sterilization conditions on the sensory flavor quality of spicy and sour clam sauce, the color change is determined by chromatograph and the flavor substances are determined by headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS) combined with electronic nose technology. The results show that the optimum sterilizing conditions are 110℃/20 min. Under these conditions, the bactericidal effect of spicy and sour clam sauce is better, the color change is small and the loss of volatile flavor substances is small.

**Key words:** clam sauce; color; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS); electronic nose

花蛤(*Ruditapes variegatus*)又称杂色蛤、蚬子等,是一种富含优质蛋白和多不饱和脂肪酸(PUFA)的贝类,

收稿日期:2019-03-18

\* 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)

作者简介:步营(1981-),男,工程师,硕士,研究方向:水产品加工及贮藏;  
朱文慧(1982-),女,讲师,博士,研究方向:水产品加工及贮藏。

DHA 和 EPA 含量丰富,二者共占 PUFA 的 67.82%<sup>[1]</sup>,具有降血糖和保肝功能<sup>[2,3]</sup>。目前花蛤多以冻品或鲜销为主,花蛤酱类产品极大地扩展了原料的应用范围和消费群体。酸辣花蛤酱参照实际生产中同类产品杀菌条件处理后发现色泽、风味都明显劣变,严重影响产品质量。色泽在很大程度上能够反映产品质量的好坏,往往是决定消费者购买与否的首要因素,而风味则更为重要,两者是评价产品的重要指标。感官评定是一种常用的食品评价方式,但是由于其主观性较强并且结果重复性差,因此结果需要结合现代化仪器设备的检测。众多研究表明,电子鼻技术结合顶空固相微萃取-气相色谱-质谱法(HS-SPME-GC-MS)是一种分析挥发性物质组成的方法,可对杏鲍菇<sup>[4,5]</sup>以及花蛤<sup>[6,7]</sup>中各种挥发性物质进行分离、定性、定量分析。

杀菌条件是影响产品品质和卫生安全的关键环节,杀菌温度和时间对酸辣花蛤酱的感官风味品质产生影响。本文利用 SPME 提取技术结合 GC-MS 分析技术,探究工业化生产中常用的低温杀菌(90℃,30 min)与高温杀菌(110℃,20 min;115℃,15 min)方式对酸辣花蛤酱色泽以及挥发性风味物质的影响,以期在延长货架期的同时,减少杀菌过程对酸辣花蛤酱风味及感官的影响,为其工业化生产提供理论参数与依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

#### 1.1.1 材料

花蛤:由辽宁丹东泰丰食品有限公司提供;杏鲍菇、辣椒、食盐等调味料:市售。

#### 1.1.2 试剂

平板计数琼脂培养基:青岛海博生物有限公司;氯化钠(分析纯):天津虔诚伟业科技发展有限公司。

### 1.2 仪器与设备

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;DL-1 型万用电炉 北京中兴伟业仪器有限公司;HH-4 型数显恒温水浴锅 常州国华电器有限公司;LDZX-40SC 型灭菌锅 上海申安医疗器械厂;JHG-Q60-P100 均质机 上海融合机械设备有限公司;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;LRH-150 型生化培养箱 上海一恒科技有限公司;PEN3 电子鼻 德国 Airsense 公司;CR-400 型色彩色差计 日本 Konica Minolta 公司;DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器 郑州长城科工贸有限公司;SPME 装置、50/30 μm 二甲基苯/碳分子筛/聚二甲基硅氧烷(DVB/CAR/PDS)萃取头、7890N/5975 GC-MS 仪 美国 Agilent 公司;20 mL 顶空钳口样品瓶 美国 Supelco 公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 酸辣花蛤酱的制备

原料预处理→炒制→调味→装罐→杀菌→检验。

#### 1.3.2 杀菌条件设计

对实验样品进行分组,分别为 A 组(未杀菌组)、B 组(杀菌参数:90℃/30 min)、C 组(杀菌参数:110℃/20 min)以及 D 组(杀菌参数:115℃/15 min),见表 1。

表 1 杀菌条件

Table 1 Sterilization conditions

分组	温度(℃)	时间(min)
B	90	30
C	110	20
D	115	15

#### 1.3.3 感官检验

挑选 10 名食品专业人员组成评审小组,分别从色泽、气味、滋味方面对 4 组样品进行感官评定,总分 100 分,最终结果以平均值表示,结果保留整数,评分标准见表 2。

表 2 感官评价标准

Table 2 Standards of sensory evaluation

指标	优(80~100 分)	良(50~80 分)	差(0~50 分)
色泽 (20 分)	颜色鲜亮,有光泽,酱汁为红色(15~20 分)	颜色较暗,无光泽(5~15 分)	颜色十分暗淡,无光泽(0~5 分)
气味 (40 分)	杏鲍菇和花蛤的鲜香味浓郁,气味协调,无腥味,无焦糊味(30~40 分)	气味较协调,香味较淡,无其他异味(20~30 分)	无香味,甚至有焦糊味(0~20 分)
滋味 (40 分)	酸辣度适宜,味道醇厚(30~40 分)	酸度和(或)辣度较高,味道较醇厚(20~30 分)	过酸和(或)过辣,味道十分不佳(0~20 分)

#### 1.3.4 菌落总数测定

参照 GB 4789.2—2016《食品微生物学检验 菌落总数测定》进行菌落总数测定<sup>[8]</sup>。

#### 1.3.5 色泽测定

采用 CR-400 型色彩色差计测定 L\*、a\*、b\*<sup>[9,10]</sup> 值,其中 L\* 表示明度(L\* 为 0 指示黑色,L\* 为 100 指示白色),a\* 表示颜色的红绿值(a\* 负值指示绿色,a\* 正值指示红色),b\* 表示颜色的黄蓝值(b\* 负值指示蓝色,b\* 正值指示黄色),经白板校正后测定 4 组样品中杏鲍菇和花蛤的色泽,每组样品做 6 次平行,选择较准确的数据作为处理结果。

#### 1.3.6 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,每型传感元件对应的主要敏感物质见表 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。每组实验做 3 个平行,本实验使用设备自带 WinMuster 软件对样品中挥发性气味的指标信息进行分析<sup>[11]</sup>。

表 3 PEN3 型电子鼻标准传感器阵列性能  
Table 3 Properties of standard sensor array  
on PEN3 electronic nose

传感器	传感器名称	性能描述	敏感气体	阈值 (mL/m <sup>3</sup> )
R(1)	W1C	芳香成分	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	10
R(2)	W5S	对氮氧化合物很灵敏	NO <sub>2</sub>	1
R(3)	W3C	氨类,对芳香成分灵敏	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	10
R(4)	W6S	主要对氢气有选择性	H <sub>2</sub>	100
R(5)	W5C	烷烃芳香成分	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1
R(6)	W1S	对甲烷灵敏	CH <sub>4</sub>	100
R(7)	W1W	对硫化物灵敏	H <sub>2</sub> S	1
R(8)	W2S	对乙醇灵敏	CO	100
R(9)	W2W	对有机硫化物灵敏	H <sub>2</sub> S	1
R(10)	W3S	对烷烃灵敏	CH <sub>4</sub>	100

1.3.7 HS-SPME-GC-MS 测定

1.3.7.1 挥发性成分的提取

参照徐永霞等<sup>[12]</sup>的方法略作修改,取破碎后的样品 5 g 加入 10% 的 NaCl 溶液制成样液,称取 5 g 样液加入 20 mL 样品瓶中,放入微型磁力搅拌子并密封后将 SPME 针插入样品瓶中,在 60 ℃ 恒温磁力搅拌器中平衡 15 min,使用 50/30 μm DVB/CAR/PDMS 萃取头(280 ℃ 活化 30 min),顶空吸附 20 min,插入 GC 进样口,解吸 5 min,分析 20 min。

1.3.7.2 GC-MS 联用条件

GC 条件:参照李学鹏等<sup>[13]</sup>的方法稍作修改,HP-5MS 毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm);进样口温度 250 ℃;载气为 He,流速为 1.5 mL/min;升温程序:柱初温 40 ℃,保持 2 min,以 4 ℃/min 升至 160 ℃,保持 1 min,以 10 ℃/min 升至 250 ℃,保持 5 min。不分流模式进样,无溶剂延时。MS 条件:接口温度 280 ℃;离子源温度 230 ℃;传输线温度 250 ℃,四极杆温度 150 ℃;电子能量 70 eV;质量扫描范围为 m/z 30~550。全扫描方式,扫描速度 1.9×10<sup>2</sup> amu/s。

1.3.8 数据处理

采用 SPSS 19.0 统计软件进行方差分析,采用多重比较分析法对各处理组进行显著性分析,P<0.05 为差异显著,P<0.01 为差异极显著。实验重复 3 次,结果以“平均值±标准偏差”表示。

2 结果与分析

2.1 感官评价结果

根据表 2 的要求进行评分后结果为 A 组 88 分、B 组 85 分、C 组 82 分、D 组 75 分。凭肉眼可见,3 组杀菌组的整体色泽要稍暗于未杀菌组;4 组的滋味难以区分,但是 D 组的香味浓郁程度明显不及其他 3 组,因此继续进行以下分析。

2.2 菌落总数测定结果

表 4 菌落总数测定结果  
Table 4 Determination results of total number of colony

组别	菌落总数(CFU/g)
A 组(未杀菌)	2500
B 组(90 ℃/30 min)	430
C 组(110 ℃/20 min)	120
D 组(115 ℃/15 min)	95

由表 4 可知,随着杀菌温度的升高,杀菌效果也随之改善。其中 115 ℃/15 min 条件下杀菌效果最佳,110 ℃/20 min 条件下的杀菌效果略低于前者,两者杀菌效果较为接近,而 90 ℃/30 min 条件下杀菌效果明显低于 D 组和 C 组。

2.3 色泽测定结果

色泽是影响食品感官的首要因素,食品良好的色泽可以增强人们的食欲,同时,色泽的改变可以直观地反映出产品品质的变化<sup>[14]</sup>。

表 5 杏鲍菇色泽测定结果  
Table 5 Determination results of *Pleurotus eryngii* color

指标	A 组	B 组	C 组	D 组
L*	67.01±1.00 <sup>a</sup>	64.90±2.60 <sup>ab</sup>	58.82±0.96 <sup>c</sup>	61.87±1.88 <sup>d</sup>
a*	-1.51±0.22 <sup>a</sup>	-0.90±0.42 <sup>b</sup>	0.66±0.27 <sup>c</sup>	1.24±0.14 <sup>d</sup>
b*	36.74±2.62 <sup>a</sup>	32.63±3.46 <sup>ab</sup>	27.47±5.05 <sup>bc</sup>	26.36±1.30 <sup>cd</sup>

注:同行不同肩标字母表示差异显著(P<0.05),下同。

由表 5 可知,杏鲍菇在 L\* (明度) 方面,3 组杀菌组的明度均出现降低现象,其中 C 和 D 两组相对于 A 组之间有显著差异(P<0.05),B 组和 A 组差异不显著(P>0.05);在 a\* (红绿值) 方面,3 组杀菌组与未杀菌组之间均有显著性差异(P<0.05),并且随着杀菌温度的升高,红绿值由负值变为正值,同时逐渐增大,原因可能是红色的酱汁渗入杏鲍菇导致的;在 b\* (黄蓝值) 方面,3 组杀菌组均出现降低现象,其中 C 和 D 两组相对于 A 组之间有显著差异(P<0.05)。

表 6 花蛤色泽测定结果  
Table 6 Determination results of *Ruditapes variegatus* color

指标	A 组	B 组	C 组	D 组
L*	50.71±2.34 <sup>a</sup>	49.45±0.83 <sup>a</sup>	50.09±1.60 <sup>a</sup>	51.69±1.30 <sup>a</sup>
a*	2.10±0.45 <sup>a</sup>	1.96±0.30 <sup>a</sup>	1.65±0.25 <sup>b</sup>	1.53±0.25 <sup>b</sup>
b*	31.69±1.28 <sup>a</sup>	26.80±1.77 <sup>b</sup>	21.17±1.84 <sup>c</sup>	18.71±1.09 <sup>d</sup>

由表 6 可知,花蛤在 L\* (明度) 方面,3 组杀菌组与未杀菌组之间差异不显著(P>0.05);在 a\* (红绿值) 方面,3 组杀菌组均出现降低现象,其中 C 和 D 两组相对于 A 组之间有显著差异(P<0.05),B 组和 A 组差异不显著(P>0.05);在 b\* (黄蓝值) 方面,3 组杀菌组均出现降低现象,3 组杀菌组与未杀菌组之间均有显著性差异(P<0.05)。

2.4 电子鼻测定结果

2.4.1 主成分分析(PCA)

酸辣花蛤酱在不同杀菌条件处理后的 PCA 分析

图谱见图 1。一般总贡献率大于 85%便能较好地反映全部特征,第一主成分和第二主成分贡献率分别为 95.55%和 3.57%,总贡献率为 99.12%,说明主成分可以很好地反映不同杀菌条件处理后酸辣花蛤酱中挥发性气味的全部特征信息<sup>[15]</sup>。

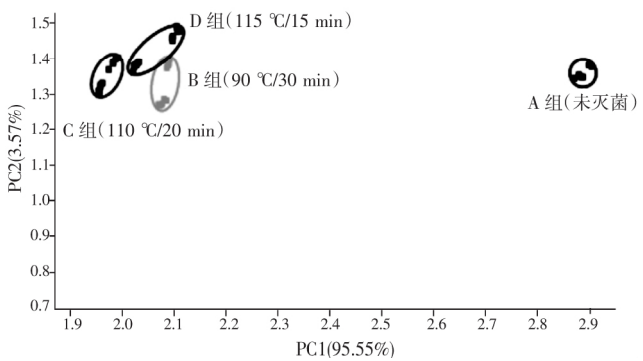


图 1 不同杀菌条件下样品的 PCA 分析  
Fig.1 PCA analysis of samples at different sterilization conditions

由图 1 可知,B,C,D 组对于 A 组来说在第一主成分上有明显的位置迁移,说明杀菌处理后的酸辣花蛤酱风味呈现显著变化,3 组杀菌组的挥发性气味区域比较靠近,说明挥发性成分有共性,其中 B 组与 C 组稍有重叠,但整体区分效果较好。

2.4.2 线性判别分析(LDA)

用 LDA 判别函数法分析结果见图 2。

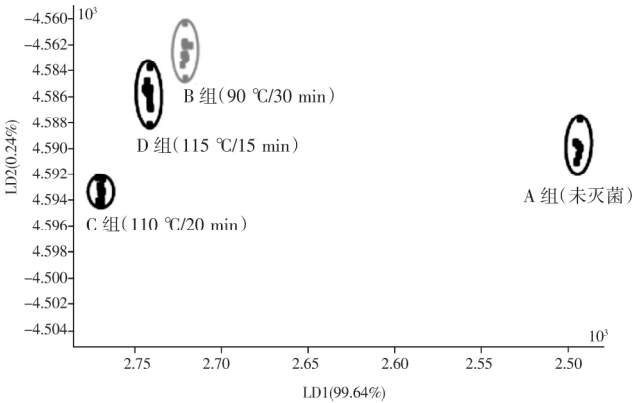


图 2 不同杀菌条件下样品的 LDA 分析  
Fig.2 LDA analysis of samples at different sterilization conditions

由图 2 可知,第一主成分贡献率为 99.64%,第二主成分贡献率为 0.24%,总贡献率为 99.88%,说明 2 个主成分能够很好代表样品气味信息特征。图中 4 点都有各自的香气区域,所有的样品根据横坐标跨度的不同可以完全分开,即不同杀菌条件处理的酸辣花蛤酱样品可以区别开来。在本实验中,采用 LDA 对酸辣花蛤酱进行电子鼻分析结果优于 PCA,这一结果与陈廷廷等<sup>[16]</sup>的结果一致。

2.5 HS-SPME-GC-MS 结果分析

表 7 不同杀菌条件下样品主要挥发性成分  
Table 7 Main volatile components of samples at different sterilization conditions

物质种类	化合物	保留时间 (min)	相对含量(%)				气味描述
			A组	B组	C组	D组	
醇类	乙醇	2.01	6.35	1.52	3.66	10.46	呈酒的气味
	异戊醇	4.63	0.06	ND	0.05	ND	呈苹果和白 兰地香味
	1,1-环丙二甲醇	8.59	0.12	ND	0.08	ND	
	2-乙基己醇	14.2	0.44	ND	ND	ND	呈淡淡 的花香
	苯乙醇	17.46	0.32	ND	0.28	0.34	呈玫瑰 香味
	正庚醇	12.02	ND	0.18	ND	ND	呈柑橘 香味
	$\alpha$ -(1-氨基)-3-羟 基苯甲醇	40.34	ND	0.04	ND	0.06	
	2-庚炔-1-醇	5.09	ND	ND	ND	0.09	
	物质种类 相对含量 小计		5	3	4	4	
		7.29	1.74	4.07	10.95		
醛类	异戊醛	3.86	0.64	0.27	ND	ND	呈水果 香味
	正己醛	6.16	1.4	0.6	0.94	0.78	呈青草 气味
	庚醛	9.42	0.99	0.49	0.6	0.39	呈鱼腥味
	苯甲醛	11.64	0.6	ND	ND	0.89	呈苦杏仁味
	正辛醛	13.14	3.4	1.53	1.69	1.54	呈茉莉花 香味
	(E,E)-2,4-庚二烯醛	13.49	1.21	ND	1.36	2.15	
	反-2-辛烯醛	15.22	0.55	ND	ND	0.78	
	壬醛	16.92	2.58	0.59	2.09	1.63	呈油脂 气味
	2-甲基烯醛	18.95	0.58	ND	ND	ND	
	2-甲基丙烯醛	23.86	0.4	ND	ND	ND	
	2,4-癸二烯醛	24.45	0.65	0.41	ND	ND	呈鱼腥味
							呈浓郁水 果、绿叶清 香气味
	2-己烯醛	7.83	ND	0.05	ND	ND	
							呈甜橙油 与柠檬油 的香味
	癸醛	20.56	ND	0.59	ND	ND	
	2,5-二甲氧基-4-甲 苯甲醛	32.35	ND	0.4	1.99	ND	
	戊醛	3.82	ND	ND	0.13	ND	呈特殊 香气
	2-甲基-2-丁烯醛	4.76	ND	ND	0.17	ND	
	十五醛	40.19	ND	ND	0.67	ND	
	苯乙醛	14.75	ND	ND	0.4	0.84	呈风信子 香味
3-羟基丁醛	37.99	ND	ND	ND	0.02		
	物质种类 相对含量 小计		11	9	10	9	
			13.04	4.93	10.04	9.02	
酸类	丙酸	4.25	ND	0.43	ND	ND	呈刺激性气 味
	正戊酸	6.44	ND	0.36	ND	ND	

续 表							续 表								
物质种类	化合物	保留时间 (min)	相对含量(%)				气味描述	物质种类	化合物	保留时间 (min)	相对含量(%)				气味描述
			A 组	B 组	C 组	D 组					A 组	B 组	C 组	D 组	
酯类	环丙甲酸	3.33	ND	ND	0.16	ND	呈水果香味	烯烃类	2-甲基十一烷	18.99	ND	ND	0.46	ND	呈柠檬香味
	棕榈酸	39.61	ND	ND	1.2	ND			2,3,4-三甲基正己烷	20.67	ND	ND	0.28	ND	
	油酸	41.56	ND	ND	8.79	0.7	呈芥子似刺激性臭味	正二十七烷	23.33	ND	ND	0.25	ND	呈强烈芳香气味	
	十八烷酸	41.72	ND	ND	2.77	ND		3,5-二甲基辛烷	24	ND	ND	0.16	ND		
	反油酸	42.33	ND	ND	0.23	ND	呈嫩荚青刀豆香味	正二十一烷	29.92	ND	ND	0.43	ND	呈强烈木酚香味	
	物质种类	0	2	5	1	物质种类		4	12	18	3				
	相对含量小计	0	0.79	13.15	0.7	相对含量小计	0.62	8.82	7.32	1.4					
	乙酸乙酯	2.82	0.54	2.26	0.29	ND	呈微弱蜡香和奶油香气	双戊烯	14.06	0.56	0.48	0.35	ND	呈类似苯甲醛的特殊气味	
	3-丁烯基异硫氰酸酯	12.47	1.17	0.56	0.53	1.32		1,3-辛二烯	14.75	0.68	ND	ND	ND		
	异硫氰酸烯丙酯	16.19	1.07	0.53	0.17	ND	呈强烈芳香气味	螺[2.4]庚-4,6-二烯	5.29	ND	2.74	ND	ND	呈强烈木酚香味	
	己酸己酯	24.26	0.07	ND	ND	ND		5-十二烯	11.44	ND	0.2	ND	ND		
	异戊酸己酯	20.36	ND	0.39	ND	0.91	呈强烈芳香气味	1-十六烯	20.46	ND	0.32	ND	ND	呈强烈木酚香味	
	邻苯二甲酸双十二酯	38.39	ND	0.05	ND	ND		香树烯	29.71	ND	0.37	ND	ND		
	己二酸二(2-乙基己)酯	44.2	ND	0.18	0.17	ND	角鲨烯	45.76	ND	0.39	ND	ND			
	乙醇酸乙酯	2.32	ND	ND	0.43	ND	苯并环丁烯	9.05	ND	ND	ND	0.31			
	甲基丙烯酸烯丙酯	23.85	ND	ND	0.33	ND	己二烯	13.92	ND	ND	0.58	0.15			
	17-甲基硬脂酸甲酯	37.22	ND	ND	0.02	ND	1,5-二甲基-1,5-环辛二烯	14.06	ND	ND	0.34	0.22			
	棕榈酸甲酯	39.06	ND	ND	0.26	ND	呈强烈芳香气味	物质种类	2	6	3	3			
	软脂酸乙酯	39.88	ND	ND	0.79	ND		相对含量小计	1.24	4.5	1.27	0.68			
	油酸甲酯	41.06	ND	ND	0.32	ND	呈强烈木酚香味	芳香类	邻二甲苯	8.3	0.82	ND	ND	ND	呈强烈木酚香味
	亚油酸乙酯	41.67	ND	ND	1.15	ND		邻-异丙基苯	13.93	0.19	ND	ND	ND		
酮类	对甲氧基肉桂酸辛酯	43.39	ND	ND	0.16	ND	呈强烈木酚香味	间二甲苯	8.3	ND	0.52	0.92	ND	呈强烈木酚香味	
	顺-9-十六碳烯酸乙酯	43.99	ND	ND	0.1	ND		4-异丙基甲苯	13.93	ND	0.15	ND	ND		
	邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯	46.49	ND	ND	0.22	ND	呈强烈木酚香味	4-乙基苯酚	10.07	ND	ND	0.24	ND		
	物质种类	4	6	14	2	物质种类		2	2	2	0				
	相对含量小计	2.85	3.97	4.94	2.23	相对含量小计	1.01	0.67	1.16	0					
	2-壬酮	16.4809	0.49	ND	0.68	ND	呈强烈木酚香味	其他	糠醛	7.36	0.22	0.3	0.18	0.33	呈强烈木酚香味
	物质种类	1	0	1	0			2,5-二氢呋喃	3.25	0.09	ND	ND	ND		
	相对含量小计	0.49	ND	0.68	ND		2,5-二甲基吡嗪	9.8	0.25	ND	ND	ND	呈强烈木酚香味		
	正壬烷	9.3	0.22	0.15	0.12	ND	呈强烈木酚香味	烯丙基甲基二硫醚	9.92	0.88	ND	0.08		ND	
	十一烷	16.69	0.31	ND	0.6	ND		呈强烈木酚香味	二甲基三硫	11.87	0.22	0.21	ND	ND	呈强烈木酚香味
	十二烷	26.97	0.04	0.35	0.26	ND	2-正戊基呋喃		12.69	1.06	0.72	1.25	0.84		
	正二十烷	41.01	0.05	0.71	0.34	0.71	茴香脑		23.46	0.23	0.13	0.14	ND	呈强烈木酚香味	
	正十五烷	41.98	ND	0.29	0.17	0.53	丙酰胺	42.99	0.01	ND	0.01	ND			
	正十九烷	27.66	ND	0.09	ND	ND	1,5-二甲基己胺	1.62	ND	0.12	ND	ND	呈强烈木酚香味		
	十四烷	23.06	ND	0.83	0.25	0.16	呈强烈木酚香味	二烯丙基硫醚	7.93	ND	0.14	ND		ND	
	十三烷	23.72	ND	0.46	0.2	ND		2,3,5,6-四甲基吡嗪	16.29	ND	0.44	ND	ND	呈强烈木酚香味	
	正戊烷	2.16	ND	4.57	ND	ND	呈强烈木酚香味	2,6-二叔丁基苯醌	29.18	ND	0.09	ND	ND		
	4-甲基十二烷	21.07	ND	0.52	1.4	ND		丙酮二甲肼	36.89	ND	0.03	ND	ND	呈强烈木酚香味	
2,4-二甲基庚烷	22.51	ND	0.61	1.02	ND	芥酸酰胺	44.35	ND	0.68	ND	ND				
烷烃类	正十七烷	19.39	ND	0.1	ND	ND	呈强烈木酚香味	2-乙基呋喃	3.88	ND	ND	0.54	0.96	呈强烈木酚香味	
	正二十四烷	14.84	ND	0.14	0.11	ND		甲基丙烯酸酞胺	26.03	ND	ND	0.09	ND		
	2,7-二甲基辛烷	10.32	ND	ND	0.11	ND									
	异癸烷	11.62	ND	ND	0.61	ND									
	2,4-二甲基己烷	12.08	ND	ND	0.55	ND									

续 表

物质 种类	化合物	保留时间 (min)	相对含量(%)				气味描述
			A 组	B 组	C 组	D 组	
	二甲基二硫	4.79	ND	ND	ND	0.09	呈恶臭 气味
	甲基烯丙基三硫醚	18.16	ND	ND	ND	0.44	
	2,3,5,6-四氯茴香醚	32.39	ND	ND	ND	1.58	
	物质种类		8	10	7	6	
	相对含量 小计		2.96	2.74	2.29	4.24	

注:ND 表示未检测到。

由表 7 可知,从 A 组(未杀菌)共鉴定出 37 种挥发性物质,其中醇类 5 种(7.29%),醛类 11 种(13.04%),酯类 4 种(2.85%),酮类 1 种(0.49%),烷烃类 4 种(0.62%),烯烃类 2 种(1.24%),芳香类 2 种(1.01%),其他类 8 种(2.96%)。从 B 组(90 °C/30 min)共鉴定出 50 种挥发性物质,其中醇类 3 种(1.74%),醛类 9 种(4.93%),酸类 2 种(0.79%),酯类 6 种(3.97%),烷烃类 12 种(8.82%),烯烃类 6 种(4.50%),芳香类 2 种(0.67%),其他类 10 种(2.74%)。从 C 组(110 °C/20 min)共鉴定出 64 种挥发性物质,其中醇类 4 种(4.07%),醛类 10 种(10.04%),酸类 5 种(13.15%),酯类 14 种(4.94%),酮类 1 种(0.68%),烷烃类 18 种(7.32%),烯烃类 3 种(1.27%),芳香类 2 种(1.16%),其他类 7 种(2.29%)。从 D 组(115 °C/15 min)共鉴定出 28 种挥发性物质,其中醇类 4 种(10.95%),醛类 9 种(9.02%),酸类 1 种(0.70%),酯类 2 种(2.23%),烷烃类 3 种(1.40%),烯烃类 3 种(0.68%),其他类 6 种(4.24%)。

2.6 不同杀菌条件酸辣花蛤酱挥发性成分组成分析

2.6.1 醇类化合物

醇类可能是在加热过程中,脂肪经氧化分解生成或是由羰基化合物还原而生成的,因为醇类阈值较高,一般对于食品的风味贡献很小,除非它们以高浓度存在或者是不饱和的<sup>[17]</sup>。在 A,B,C,D 组中,萃取得到的挥发性醇类分别为 5 种(相对含量 7.29%)、3 种(1.74%)、4 种(4.07%)、4 种(10.95%),随着温度的升高,醇类化合物在挥发性物质中的相对含量呈现先降低后升高的趋势,但是异戊醇、2-乙基己醇、苯乙醇、正庚醇这类呈现水果香味及花香的醇类含量随着杀菌温度升高而逐渐减少甚至未检出,D 组中含量升高主要是产生了较多的乙醇。有研究表明,1-辛烯-3-醇是食用菌中的特征风味物质<sup>[18]</sup>,广泛存在于各类食用菌中,但是在本试验 4 组中均未检出,原因可能是 1-辛烯-3-醇热稳定性不高,在产品制作时便已受热分解。

2.6.2 醛类化合物

醛类的阈值通常比其他化合物的阈值要低,是酸辣花蛤酱中检出的最主要的挥发性风味化合物。在 A,B,C,D 组中,萃取得到的挥发性醛类分别为 11 种(13.04%)、9 种(4.93%)、10 种(10.04%)、9 种(9.02%),升温可使醛类化合物相对含量减少,可能是因为升温

过程中醛类通过还原作用生成醇类物质或裂解生成烃类。其中正己醛、庚醛、正辛醛、壬醛是 4 组中共有的醛类化合物,庚醛具有强烈的油脂气味、2,4-癸二烯醛和壬醛具有鱼腥味,正辛醛和正己醛具有青草香味及花香。其相对含量大多随着温度的升高而降低。2,4-癸二烯醛只存在于 A 组和 B 组中,并且随着温度升高其相对含量减少,这一结果与康翠翠等<sup>[19]</sup>的研究结果一致,说明温度高于 90 °C 时可使其降解。整体来看,随着温度的升高,有助于腥味的减少,但是同时具有良好风味的部分醛类相对含量也在减少。

2.6.3 烷烃类化合物

烷烃类化合物主要来源于脂肪酸烷氧自由基的均裂,但是由于其阈值很高,一般对食品总体风味贡献不大。在 A,B,C,D 组中,萃取得到的挥发性烷烃类分别有 4 种(0.62%)、12 种(8.82%)、18 种(7.32%)、3 种(1.4%),可以看出烷烃类种类及相对含量为先增加后减少的趋势,原因可能是脂肪酸在较高温度时大量裂解,继续升高温度后烷烃又发生反应所导致。

2.6.4 酯类化合物

酯类化合物是发酵或脂质代谢产物生成的羧酸和醇的酯化作用的产物,赋予食品甜香、水果香、花香<sup>[20]</sup>。在 A,B,C,D 组中,萃取得到的挥发性酯类分别为 4 种(2.85%)、6 种(3.97%)、14 种(4.94%)、2 种(2.23%),可以看出酯类化合物相对含量随着温度的升高而先增加后减少,其中呈现水果香味的乙酸乙酯和己酸己酯只存在于 A 和 B 两组中。

同时也检测出少量的其他类别的挥发性物质,例如具有水果香味的 2-壬酮,具有柠檬香味的双戊烯,具有芳香味的邻-异丙基苯、4-异丙基甲苯、4-乙基苯酚,以及具有巧克力风味的 2,5-二甲基吡嗪。

综上所述,随着杀菌温度的升高,挥发性物质的种类表现为先增加后降低的趋势,并且在构成比例和相对含量上存在一定的差异,但其风味物质的组成也存在共同的物质,这一结果与电子鼻分析结果较为一致。酸辣花蛤酱中主要的风味物质是醛类、醇类、烷烃类物质,也含有少量的芳香类、酯类物质和其他类物质。

3 结论

本试验以菌落总数、色泽、风味物质为指标来探究杀菌条件对酸辣花蛤酱的影响。结果表明:随着杀菌温度的提高,杀菌效果也明显变好,其中 B 组(90 °C/30 min)杀菌效果较差,不适合作为酸辣花蛤酱的杀菌条件,C(110 °C/20 min),D(115 °C/15 min)两组杀菌效果良好;随着杀菌温度的升高,酸辣花蛤酱的  $a^*$  逐渐增大, $L^*$ 、 $b^*$  逐渐减小,整体色泽变化程度不大;电子鼻结果显示:电子鼻能很好地将不同杀菌条件处理的酸辣花蛤酱样品区别开来,采用 LDA 区分效果明显优于 PCA;气相色谱-质谱结果显示:从 A 组(未杀菌)、B 组(90 °C/30 min)、C 组(110 °C/20 min)和 D 组(115 °C/15 min)杀菌处理的酸辣花蛤酱中分别鉴定出 37,50,64,28 种(下转第 115 页)

- [7]张学君,张学良,李支亮.一种油辣椒的制作方法及产品:CN106616616A[P].2017.
- [8]Martínez J, Rosas J, Pérez J, et al. Green approach to the extraction of major capsaicinoids from habanero pepper using near-infrared, microwave, ultrasound and Soxhlet methods, a comparative study[J]. Natural Product Research, 2018(13):1-6.
- [9]Lu M, Ho C T, Huang Q. Extraction, bioavailability, and bioefficacy of capsaicinoids[J]. Journal of Food & Drug Analysis, 2017, 25(1):27-36.
- [10]Manikharda M, Takahashi M, Arakaki M, et al. Influence of fruit ripening on color, organic acid contents, capsaicinoids, aroma compounds, and antioxidant capacity of shimatogarashi (*Capsicum frutescens*)[J]. Journal of Oleo Science, 2017, 67(1):113-123.
- [11]张郁松. 营养风味辣椒酱工艺的研制[J]. 中国调味品, 2018, 43(3):88-90.
- [12]孙丰婷,张琛,胡乔迁. 西红柿辣椒酱的研制[J]. 中国调味品, 2017, 42(8):78-80.
- [13]程光跃. 一种糟辣椒的制备方法:CN106722539A[P]. 2017.
- [14]梅源,唐佳颖,何惠容,等. 霉豆瓣中优势微生物蛋白酶活性测定[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(9):130-136.
- [15]Muyzer G. DGGE/TGGE a method for identifying genes from natural ecosystems[J]. Current Opinion in Microbiology, 1999(2):317-322.
- [16]Diaz M, Ladero V, Redruello B, et al. A PCR-DGGE method for the identification of histamine-producing bacteria in cheese[J]. Food Control, 2016, 63:216-223.
- [17]周斐君,周亚男,李志江,等. 工厂化条件下酱曲中性蛋白酶活性监控及豆酱品质分析[J]. 食品工业, 2016(12):153-157.
- [18]梁晋维,李斌,俞东阳,等. 制固态曲参数对酱油曲中 *Aspergillus oryzae* NCFEC03 产蛋白酶活力的影响[J]. 中国调味品, 2017, 42(6):29-33.
- [19]童佳. 米曲霉发酵高盐稀态酱油过程中挥发性风味物质及蛋白酶表达规律研究[D]. 无锡:江南大学, 2017.
- [20]樊君,钟小廷,罗红刚,等. 酱油圆盘制曲过程中蛋白酶酶活研究[J]. 中国调味品, 2016, 41(3):77-80.
- [21]朱永清,李治华,李华佳,等. 基于 PCR-DGGE 分析不同品牌郫县豆瓣酱真菌多样性[J]. 食品科学, 2017, 38(2):104-108.
- [22]高秀芝,易欣欣,刘慧,等. 东北传统豆酱发酵过程中微生物的多样性[J]. 生物技术通报, 2016, 32(4):251-255.

(上接第106页)挥发性物质,主要以醛类、醇类、烷烃类物质为主,也含有少量的芳香类和酯类物质,但是从总体来看,随着杀菌温度的升高,具有良好花香及水果香味的醛类、醇类、酯类化合物相对含量逐渐减少甚至未检出。综合结果表明 110℃/20 min 是酸辣花蛤酱的最佳杀菌条件。

参考文献:

- [1]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.
- [2]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.
- [3]倪骏,张倩,刘睿,等. 杂色蛤核苷部位的保肝作用研究[J]. 南京中医药大学学报, 2018, 34(3):231-235.
- [4]殷朝敏,范秀芝,樊喆,等. 14 种侧耳属食用菌干品挥发性香味成分分析[J]. 食品科学, 2018, 39(16):240-246.
- [5]刘璐,乔宇,廖李,等. 杏鲍菇及其预煮液挥发性成分分析[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(22):5726-5728.
- [6]黄忠白,丁媛,黄健,等. 栉孔扇贝柱和扇贝裙边中挥发性物质的比较分析[J]. 食品科学, 2016, 37(4):98-102.
- [7]王娜. 即食杂色蛤贮藏特性的研究[D]. 保定:河北农业大学, 2012.
- [8]GB 4789.2-2016, 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].
- [9]徐吉祥,楚炎沛. 色差计在食品品质评价中的应用[J]. 现代面粉工业, 2010, 24(3):43-45.
- [10]张艺,张甫生,宋莹莹,等. 干燥条件对青椒色泽的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(5):23-27.
- [11]刘楠,李婷婷,仪淑敏,等. GC-MS 结合电子鼻分析茶多酚对冷藏草鱼片挥发性成分的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(22):237-243.
- [12]徐永霞,刘滢,宋帅婷,等. SPME 萃取头对大菱鲆鱼肉挥发性成分萃取效果分析[J]. 食品工业科技, 2013, 34(12):90-93, 97.
- [13]李学鹏,刘晏玮,高郡焕,等. 美拉德反应改良四角蛤蜊酶解液的风味[J]. 食品科学, 2018, 39(16):82-89.
- [14]Xiao H W, Bai J W, Sun D W, et al. The application of superheated steam impingement blanching(SSIB)in agricultural products processing:a review[J]. Journal of Food Engineering, 2014, 132:39-47.
- [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]陈廷廷,胡琼,唐洁,等. 基于电子鼻及气相色谱-质谱联用技术对川西高原 4 种蜂蜜挥发性成分分析[J]. 食品科学, 2018, 39(16):233-239.
- [17]Shahidi F,李洁. 肉制品与水产品的风味[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2001:143-164.
- [18]殷朝敏,范秀芝,史德芳,等. HS-SPME-GC-MS 结合 HPLC 分析 5 种食用菌鲜品中的风味成分[J]. 食品工业科技, 2019, 40(3):254-260.
- [19]康翠翠,施文正,刁玉段,等. 加热温度对花鲈鱼肉挥发性成分的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(18):60-66.
- [20]Keenan D F, Brunton N P, Mitchell M, et al. Flavour profiling of fresh and processed fruit smoothies by instrumental and sensory analysis[J]. Food Research International, 2012, 45(1):17-25.