

即食鱼糜脆片腥味物质的脱除方法研究

林慧婷^{1,2}, 邓昌俊^{1,3}, 曾红亮^{1,2}, 林少玲^{1,2}, 张怡^{1,2}, 胡嘉淼^{1,2*}

(1. 福建农林大学 食品科学学院, 福州 350002; 2. 闽台特色海洋食品加工及营养健康教育部
工程研究中心, 福州 350002; 3. 中国-爱尔兰国际合作食品物质学
与结构设计研究中心, 福州 350002)

摘要: 该研究旨在筛选出高效、简便的脱腥剂, 用于脱除即食鱼糜脆片的腥味。分别考察了纯牛奶、铁观音茶叶、海藻糖和纯姜粉对即食鱼糜脆片的脱腥效果, 以腥味成分为指标, 采用电子鼻联合顶空固相微萃取和气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)对不同脱腥剂处理的即食鱼糜脆片进行腥味成分鉴定, 同时对脆片进行感官评定。结果表明, 使用3%姜粉、7%海藻糖复配的脱腥剂可使鱼糜中正己醛等主要腥味物质从34.03%下降至5.33%, 提升即食鱼糜脆片的风味和口感。该研究结果对提升即食鱼糜脆片品质、改良即食鱼糜脆片的工艺具有重要意义。

关键词: 鱼糜; 海藻糖; 姜粉; 脱腥; 挥发性物质; 气相色谱-质谱法(GC-MS); 电子鼻

中图分类号: TS202.1 文献标志码: A doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2021.06.019
文章编号: 1000-9973(2021)06-0099-08

Study on the Methods for Removing the Fishy Substances in Ready-to-eat Surimi Chips

LIN Hui-ting^{1,2}, DENG Chang-jun^{1,3}, ZENG Hong-liang^{1,2}, LIN Shao-ling^{1,2},
ZHANG Yi^{1,2}, HU Jia-miao^{1,2*}

(1. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;
2. Engineering Research Center of Fujian-Taiwan Special Marine Food Processing and
Nutrition Health, Ministry of Education, 350002, China; 3. China-Ireland
International Cooperation Center for Food Material Science
and Structure Design, Fuzhou 350002, China)

Abstract: The purpose of this study is to screen out the effective and simple deodorant for removing the fishy odour of ready-to-eat surimi chips. In this study, the deodorization effects of pure milk, Tieguanyin tea, trehalose and pure ginger powder on ready-to-eat surimi chips, electronic nose combined with headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) are used to identify the fishy components of ready-to-eat surimi chips treated with different deodorants taking the fishy components as the indexes, and the sensory evaluation is carried out on surimi chips with different deodorization treatments. The results show that the deodorant mixed with 3% ginger powder and 7% trehalose can reduce the main fishy substances such as n-hexanal in surimi from 34.03% to 5.33%, enhance the flavor and texture of ready-to-eat surimi chips. The results of this study are of great significance for improving the quality of ready-to-eat surimi chips and improving the technology of ready-to-eat surimi chips.

收稿日期: 2020-12-15

基金项目: 国家自然科学基金青年基金(31801649); 福建农林大学科技创新专项基金(CXZX2018063); 福州市自然科学基金(2018-N-15)

作者简介: 林慧婷(1996-), 女, 福建漳州人, 硕士, 研究方向: 农产品加工及贮藏。

* 通讯作者: 张怡(1975-), 女, 湖北鄂州人, 教授, 博士, 研究方向: 海洋食品加工;

胡嘉淼(1984-), 男, 山东曲阜人, 讲师, 博士, 研究方向: 海洋活性产物。

引文格式: 林慧婷, 邓昌俊, 曾红亮, 等. 即食鱼糜脆片腥味物质的脱除方法研究[J]. 中国调味品, 2021, 46(6): 99-106.

Key words: surimi; trehalose; ginger powder; deodorization; volatile substances; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS); electronic nose

鱼糜制品是指将擂溃后的新鲜鱼糜配以佐料,成型后对其进行加热或干燥处理后所制备的一种水产海鲜制品^[1]。长久以来,鱼糜制品喜得人心,不仅因为鱼糜制品滋味鲜美、口感优良,而且鱼糜蛋白含量高于其他普通禽肉和乳制品,易被人体消化吸收,具备潜在的开发价值^[2]。传统的鱼糜制品主要是以鱼肠、鱼饼、蟹棒等为主的冷冻预调理产品^[3],随着消费者对产品的食用方便性、适口性及营养保健的要求越来越高,鱼糜的模拟化制品也逐渐从传统制品向休闲化食品生产发展^[4]。此前,本课题组已采用真空低温油炸技术研发出一款含油量低、营养保健且具有商业薯片特征的即食鱼糜脆片^[5]。

然而,前期研究表明鱼糜脆片中腥味较重,严重制约了其产品的开发。目前研究表明,食品中大多数腥臭味来源于氨基酸、脂质、饱和/不饱和脂肪酸的变异,原料本身抑或是在加工和贮藏过程中生成盐基挥发类物质(如氨、生物胺)、挥发性硫类物质(如丙酮、甲硫醇)、挥发性羰基化合物(如 C1~C8)^[6-10]。化学方法、生物方法、物理方法和天然脱腥方法是当前常用的 4 种脱除腥味的办法。其中,化学方法常添加抗氧化剂防止脂质氧化,消减鱼糜腥味;或促发美拉德效应分解蛋白质以掩盖鱼肉中的腥味。微生物的分级降解反应是生物法脱除鱼腥的原理,目前常用的生物脱腥剂是生物酶和酵母剂,付湘晋等^[11]发现酵母的发酵作用可以降低醛类含量,将醛类和醇类转化为相应的酸。但生物法在提高食用安全性的同时,其添加量和作用时间难以把握,且发酵过程中容易产生新的异味。利用辅料包埋或吸附不良气味是物理脱腥方法的原理,如牡蛎酶解液经过麦芽糊精的包埋作用改善了其存在苦腥味的品质问题^[12-13]。形成腥味成分的途径多元化,通过抑制腥味产生或遮蔽不良气味是解决鱼腥味的关键^[14],目前开发天然脱腥剂以去除食物腥味成为食品工业中的研究热点之一,如富含酚类和萜烯类化合物的姜粉是最具代表性的植物来源天然脱腥剂之一,其抗氧化杀菌作用高效出色,可以有效抑制鱼肉酯类物质氧化,阻止腥味释放^[15];而海藻糖自身性质非常稳定,可以有效抑制酯类物质氧化,矫正水产品苦腥气味生成^[16-17];此外,钱攀等的研究结果也表明茶叶浸泡可以有效脱除鱼肉腥味^[18];而牛奶也被认为是中国民间去腥、调味、增鲜的烹饪佐料之一,但其应用于鱼糜腥味的脱除未见报道。

因此,在这项研究中,我们立足于课题组前期即食鱼糜脆片的制备工艺,探索纯牛奶、铁观音茶叶、海藻糖和纯姜粉 4 种天然脱腥剂对即食鱼糜脆片的脱腥效果,以期建立一套简便、高效、无害的即食鱼糜脆片的

脱腥方法,这对改良即食鱼糜脆片工艺、提升即食鱼糜脆片品质具有实用性意义。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

海藻糖:河南中诺生物科技有限公司;棕榈油:益江(张家港)粮油工业有限公司;金线鱼鱼糜(冻藏):青岛盛腾海产有限公司;铁观音茶叶:泉州忆品仙贸易有限公司;纯姜粉:兴化市乐源食品有限公司;纯牛奶:内蒙古蒙牛乳业有限公司。

QP2010 气相色谱-质谱联用仪(带有 20, 50 mL 顶空样品瓶) 美国 Agilent 公司;DF-101S 固相微萃取装置(带有 PDMS/DVB 萃取头) 上海秋佐科学仪器有限公司;PEN 3.5 便携式电子鼻 德国 Airsense 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 脱腥工艺流程

基于邓昌俊等^[19]报道的鱼糜脆片制作工艺,在蒸煮定型前采用茶水、海藻糖、鲜牛奶及纯姜粉进行脱腥处理得到鱼糜样品进行下一步工艺。

1.2.2 脱腥条件的优化

1.2.2.1 脱腥剂的选择

采用电子鼻对即食鱼糜脆片的气味进行定性分析,从纯姜粉组、海藻糖组、茶水组、鲜牛奶组中分别称取 3.0 g 脱腥样品于顶空萃取瓶中,使用顶空吸气法采集挥发性物质。采集气味的条件:顶空温度为 25 ℃;恒速流量为 300 mL/min;测定时长为 180 s,每测 3 次换一种样品。电子鼻的传感用途见表 1。

表 1 电子鼻的传感用途

Table 1 The sensor use of electronic nose

型号	用途
W1C	对苯类易感
W5C	对短链烷烃芳香成分易感
W5S	对氮氧化物易感
W6S	对氢化物易感
W3S	对芳氨类易感
W2S	对醇类、醛酮类易感
W1W	对硫化物易感
W2W	对有机硫化物易感
W1S	对甲基类易感
W3S	对长链烷烃易感

1.2.2.2 姜粉添加量的选择

将预脱腥的鱼糜片搅碎匀浆,姜粉的添加量为 1%、3%、5%、7%、9%,以含硫化合物的含量为指标,考察姜粉对鱼糜脆片脱腥工艺的影响。

1.2.2.3 海藻糖添加量的选择

将预脱腥的鱼糜片搅碎匀浆,海藻糖的添加量为 1‰、3‰、5‰、7‰、9‰,以醇、醛酮类物质的含量为指标,考察海藻糖对鱼糜脆片脱腥工艺的影响。

1.2.3 GC-MS 检测

1.2.3.1 样品的前处理

使用顶空-固相微萃取方法萃取挥发性成分,每个样品重复实验 3 次^[20]。准确取搅碎匀浆的鱼糜 3.0 g,按 1:1.5(饱和氯化钠溶液)注入顶空微萃取瓶中,取瓶子于 60 °C 搅拌 40 min 后,将萃取头从瓶中取出,于顶空状态吸附挥发性物质 40 min,然后用 GC-MS 方法测定风味物质。

1.2.3.2 鱼糜脆片气相条件

a. 色谱条件

色谱柱:DB-5MS 毛细管柱(60 m×0.32 mm, 1 μm);升温程序:250 °C 为进样口温度,保持 40 °C 的柱初温 5 min,样品以 3 °C/min 升至 100 °C,维持 1 min,再以 5 °C/min 升至 160 °C,维持 1 min,最后以 12 °C/min 升至 240 °C,维持 3 min;载气(He)以 1.0 mL/min 流过柱子;模式为不分流进样。

b. 质谱条件

传输线温度 280 °C;离子源温度 230 °C;四级杆温度 150 °C;电子轰击(EI)离子源;电子能量 70 eV;质量扫描范围 35~350 m/z。

各组分峰面积的相对百分含量用面积归一化法计算得出;样品的挥发性成分在 NIST 11. Lib 和 NIST 11S. Lib 谱库进行比对分析。

1.2.4 感官评定

感官评定小组为 16 人,风味知识培训于评定前进行^[21]。评分介于 1~8 分,分别对不同处理组的色泽、表面状况、咀嚼性、腥味、油脂味、香气进行评价。分值越高,感官品质越好。

表 2 感官评分标准表

Table 2 The sensory evaluation standard

项目	评分标准
色泽	色泽鲜明,呈金黄色(7~8分);颜色不均匀,呈黄白色(4~6分);色泽暗淡,呈焦白或焦黄色(<4分)
表面状况	鱼糜脆片表面较完整,平坦无碎屑(7~8分);鱼糜脆片边缘沿曲卷,碎屑很少(4~6分);鱼糜脆片曲卷重叠较严重,且有破碎(<4分)
咀嚼性	鱼糜脆片硬度合适,酥脆度佳(7~8分);鱼糜脆片有不均匀的空隙,酥脆度一般(4~6分);鱼糜脆片过硬或过软,没有酥脆性(<4分)
腥味	无任何腥味(7~8分);具有淡淡的腥味(4~6分);腥味较严重(<4分)
油脂味	油炸型香味浓厚(7~8分);具有淡淡的油炸香味(4~6分);油味较严重(<4分)
香气	鱼香味较为全面(7~8分);具有淡淡的鱼香味和杂味(4~6分);无味或者杂味较为严重(<4分)

1.2.5 数据处理及统计分析

采用 Excel 2016 软件和 Origin 2018 软件进行数据处理及绘图。

2 结果与分析

2.1 脱腥条件的确定

2.1.1 脱腥剂的确定

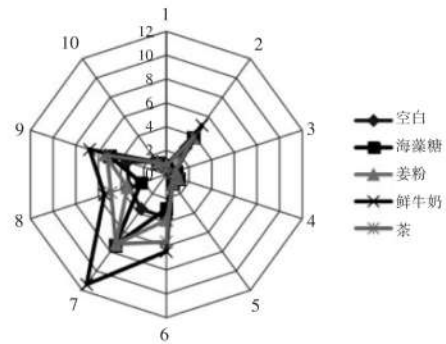
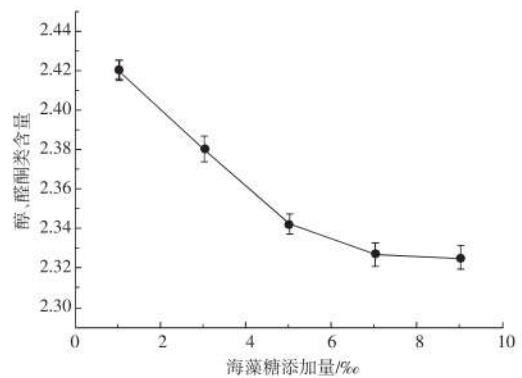


图 1 鱼糜脆片雷达响应图

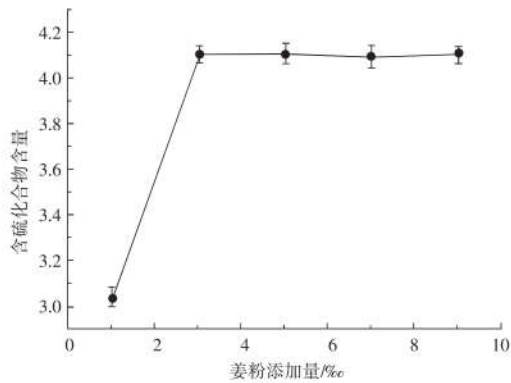
Fig. 1 The radar response diagram of surimi chips

由图 1 可知 4 种脱腥剂处理鱼糜脆片的效果,R(7)硫化物和 R(9)有机硫化物在 4 个处理组中的变化较大,都明显增加,其中牛奶组的硫化物和有机硫化物呈最高的水平,这很可能是牛奶的氨基酸受热加速了含硫化合物的分解,如硫化氢等^[22],造成鱼糜脆片的风味下降;而 R(6)甲基类和 R(8)醇类及醛酮类也在牛奶组和茶水组呈现一个较高的水平,有文献报道醇、醛酮类的阈值较低,易造成鱼类产品中产生腥味^[23],与此同时,从海藻糖组和姜粉组观察到 R(6)甲基类和 R(8)醇类及醛酮类的水平有所降低,还观察到姜粉组的 R(7)硫化物的水平较高,这可以说明采用海藻糖和姜粉作为即食鱼糜脆片的脱腥剂可以有效抑制醇类和醛酮类腐败气味的生成,故采用这两种脱腥剂做下一步研究。

2.1.2 海藻糖和姜粉使用量的确定



a. 醇、醛酮类物质变化趋势



b. 含硫化化合物变化趋势
图 2 添加量对鱼糜腥味的影

Fig. 2 The effect of additive amount on fishy taste of surimi

由图 2 中(a)可知,随着海藻糖使用量的增加,醛酮类及醇类物质的生成量越来越少,当添加量达到 7%时,鱼糜脆片的醇类、醛酮类达到一个稳定的水平,这说明 7%的添加量可以减少醇类、醛酮类的生成。由图 2 中(b)可知,1%~3%的姜粉添加量越多,生成硫化物含量越高,当使用量高于 3%时,含硫化物含量开始持平,说明姜粉在脱腥过程中缓释含硫化物以遮蔽鱼糜的腥味物质,因此选择姜粉的最佳添加量为 3%。

2.2 鱼糜脱腥前后挥发性成分分析

以 NIST 11 和 NIST 11. S 图谱库为分析依据,结合 GC-MS 对鱼糜脆片的检测结果,整合得到表 3 和图 3。

表 3 鱼糜样品去腥前后挥发性成分峰面积比较

Table 3 Comparison of peak areas of volatile components in surimi samples before and after deodorization

保留时间/min	中文名	英文名	峰面积/%				
			空白处理组	姜粉处理	海藻糖处理	复配处理	油炸成品
2.945	异戊醛	Butanal, 3-methyl-	0.92	0.62	1.92	0.30	0.98
3.7055	亚硫酸丁基丙基酯	Sulfurous acid, butyl undecyl ester	0.13	-	-	-	-
5.573	3,6-二甲基癸烷	Decane, 3,6-dimethyl-	-	0.44	-	-	0.76
5.615	十四烷	Tetradecane	0.57	0.11	0.60	0.27	0.12
5.659	3,8-二甲基十一烷	Undecane, 3,8-dimethyl-	-	0.40	-	-	-
5.931	蒎烯	Camphene	0.43	0.50	0.51	0.47	-
6.505	乙酸丁酯	Acetic acid, butyl ester	0.08	-	-	-	-
6.515	己醇醋酸酯	Acetic acid, hexyl ester	-	-	0.30	-	-
6.718	正己醛	Hexanal	34.03	7.60	23.38	5.33	5.58
6.96	2,6-二甲基壬烷	Nonane, 2,6-dimethyl-	-	1.15	-	-	0.07
7.226	十一烷	Undecane	0.18	0.10	0.36	-	0.20
7.374	4-甲基十二烷	Dodecane, 4-methyl-	0.32	-	-	-	-

续 表

保留时间/min	中文名	英文名	峰面积/%				
			空白处理组	姜粉处理	海藻糖处理	复配处理	油炸成品
7.432	5-丁基壬烷	Nonane, 5-butyl	-	-	0.13	-	-
7.909	乙基苯	Ethylbenzene	0.30	0.21	0.96	0.14	0.55
8.16	间二甲苯	Benzene, 1,3-dimethyl-	0.64	0.21	1.13	0.47	0.37
8.356	邻二甲苯	o-Xylene	1.73	0.99	1.43	0.22	-
8.389	对二甲苯	p-Xylene	0.28	-	0.52	0.66	-
8.473	苯乙酸异戊酯	Acetic acid, phenyl-, isopentyl ester	-	0.48	-	-	-
9.14	水芹烯	alpha-Phellandrene	-	0.16	-	-	-
9.364	正丁醇	1-Butanol	4.50	2.25	6.99	2.23	-
9.375	3-乙基-2-甲基丙烯醛	2-Pentenal, 2-methyl-	-	-	-	-	0.20
9.459	β-月桂烯	beta-Myrcene	-	0.12	-	-	-
9.605	2-乙基丁烯醛	2-Butenal, 2-ethyl	-	-	-	-	0.20
9.613	3,8-二甲基癸烷	Decane, 3,8-dimethyl-	-	0.07	-	-	-
10.09	1-戊烯-3-醇	1-Penten-3-ol	-	-	0.12	-	1.04
10.53	1,3-二甲基环戊烷	1,3-Dimethylcyclopentanol	5.24	-	-	-	-
10.665	2-庚酮	2-Heptanone	1.67	1.79	5.04	1.40	0.15
10.72	5-甲基己醛	Hexanal, 5-methyl-	-	-	-	-	0.60
10.778	2-壬酮	2-Nonanone	-	-	-	0.77	-
10.802	庚醛	Heptanal	-	-	-	1.64	10.06
11.003	双戊烯	D-Limonene	1.66	0.74	2.11	-	0.77
11.223	桉叶油醇	Eucalyptol	0.45	3.97	-	5.06	-
11.698	十二烷	Dodecane	-	0.74	-	0.08	0.50
12.143	丁酸丁酯	Butanoic acid, butyl ester	1.13	0.86	2.08	0.34	0.18
12.337	异戊醇	1-Pentanol	0.8	-	1.18	-	-
12.519	2-正戊基呋喃	Furan, 2-pentyl	1.09	0.47	2.69	0.73	2.88
13.151	十一醇	1-Undecanol	-	0.05	-	-	-
13.476	苯乙烯	Styrene	3.42	1.73	4.03	1.73	0.69
13.546	环辛四烯	1,3,5,7-Cyclooctatetraene	0.86	-	-	-	-
13.844	正十七烷	Heptadecane	2.20	0.82	-	-	0.20
14.015	正十九烷	Nonadecane	1.51	0.57	-	-	-
14.113	正戊醇	1-Pentanol	0.47	0.34	-	-	1.91
14.261	正二十一烷	Heneicosane	-	0.49	-	1.13	-
14.335	丁酸异戊酯	Butanoic acid, 3-methylbutyl ester	-	0.09	-	0.07	0.11
14.375	均三甲苯	Mesitylene	-	0.06	-	-	-
14.556	4-萜烯	(+)-4-Carene	-	0.09	-	-	-
14.867	3-羟基-2-丁酮	Acetoin	-	-	0.13	-	-
15.071	仲辛酮	2-Octanone	0.26	0.14	2.40	0.22	-
15.169	正辛醛	Octanal	1.24	0.68	2.10	0.26	2.24
15.917	十三烷	Tridecane	0.13	0.07	-	-	0.05
16.464	2-溴十二烷	2-Bromo dodecane	1.27	-	0.13	-	0.28
16.583	(E)-2-庚烯醛	(E)-Hept-2-enal	0.70	0.27	0.88	0.26	0.62

续 表

保留时间/min	中文名	英文名	峰面积/%				
			空白处理组	姜粉处理	海藻糖处理	复配处理	油炸成品
16.716	2-溴十四烷	2-Bromotetradecane	—	0.12	—	—	—
17.051	2,3-辛二酮	2,3-Octanedione	2.65	1.56	2.81	—	0.96
17.22	正己酸乙酯	n-Caproic acid vinyl ester	—	1.48	—	1.89	0.23
17.417	甲基庚烯酮	5-Hepten-2-one, 6-methyl-	0.36	1.96	—	3.04	0.11
18.549	正己醇	1-Hexanol	0.73	0.42	3.78	0.44	0.39
19.67	2-壬酮	2-Nonanone	0.21	—	—	—	—
19.889	壬醛	Nonanal	1.68	1.05	6.01	2.89	21.72
21.199	反-2-辛烯醛	2-Octenal, (E)	0.48	0.59	0.86	0.53	1.87
21.424	2-氧代辛酸	2-Oxo-octanoic acid	0.17	0.08	0.35	0.18	—
22.43	(-)- α -荜澄茄油烯	alpha-Cubebene	—	0.14	—	—	—
22.555	十五醛	Pentadecanal	—	—	—	0.09	—
22.562	三癸醛	Tridecanal	—	—	0.17	—	—
22.691	可巴烯	Copaene	—	—	—	0.53	—
22.779	1-辛烯-3-醇	1-Octen-3-ol	3.93	1.82	6.89	2.47	2.42
22.926	反式-1,2-二甲基环戊烷	Cyclopentane, 1,2-dimethyl-	0.72	—	—	—	—
22.952	正庚醇	1-Heptanol	0.84	0.50	—	—	1.00
23.009	碘十六烷	Hexadecane, 1-iodo-	—	0.30	—	—	—
23.162	6-十二烷酮	6-Dodecanone	0.13	—	—	—	—
23.267	(+)-长叶环烯	1,2,4-Methenoazulene, decahydro-1,5,5,8a-tetramethyl-, [1S-(1.alpha.,2.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,8a.beta.,9R*)]-	—	0.27	—	—	—
23.269	环苜蓿烯	1,2,4-Metheno-1H-indene, octahydro-1,7a-dimethyl-5-(1-methylethyl)-, [1S-(1.alpha.,2.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,5.alpha.,7a.beta.)]-	—	0.53	—	0.72	—
23.314	1,3,8-p-孟三烯	1,3,8-p-Menthatriene	0.13	—	—	—	—
23.321	6-甲基-5-庚烯-2-醇	5-Hepten-2-ol, 6-methyl-	—	0.14	—	—	—
23.62	香茅醛	Citronellal	—	—	—	0.13	—
23.707	alpha-荜澄烯	alpha-Copaene	0.6	0.44	—	—	—
23.915	4-乙基环己醇	4-Ethylcyclohexanol	0.12	—	—	—	—
24.168	3,5,5-三甲基-1-己烯	1-Hexene, 3,5,5-trimethyl-	0.87	—	—	—	—
24.174	十七氟壬酸-丁酯	Heptadecafluorononanoic acid, butylester	—	—	—	0.27	—

续 表

保留时间/min	中文名	英文名	峰面积/%				
			空白处理组	姜粉处理	海藻糖处理	复配处理	油炸成品
24.179	(2E)-3,5,5-三甲基-2-己烯	3,5,5-Trimethyl-2-hexene	—	0.33	—	—	—
24.275	甲基辛基甲酮	2-Decanone	—	0.14	—	2.51	0.13
24.284	alpha-柏木烯	1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3R-(3.alpha.,3a.beta.,7.beta.,8a.alpha.)]-	3.38	2.02	1.08	—	—
24.422	2-乙基己醇	1-Hexanol, 2-ethyl-	2.57	1.41	3.93	—	1.37
24.485	反式-2-辛烯-1-醇	2-Octen-1-ol, (E)	0.48	0.30	—	2.14	0.31
24.825	苯甲醛	Benzaldehyde	1.92	0.89	2.62	0.99	1.41
24.943	1-十六烯	Hexadecane	0.57	0.50	1.56	0.65	1.91
25.061	3,5-二甲基三十八烷	Octatriacontane, 3,5-dimethyl-	—	1.02	—	—	—
25.108	十六烷	Hexadecane	—	—	—	0.93	0.39
25.732	反式-2-壬醛	2-Nonenal, (E)	—	—	0.43	—	1.99
25.879	alpha-香柠檬烯	Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 2,6-dimethyl-6-(4-methyl-3-pentenyl)-	—	0.10	—	—	—
26.119	4-乙基环己醇	4-Ethylcyclohexanol	—	0.12	—	0.72	0.06
26.119	2,4-二甲基环己醇	Cyclohexanol, 2,4-dimethyl-	0.23	—	—	0.25	0.07
26.675	芳樟醇	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	—	2.01	—	3.48	0.13
26.899	3,5-辛二烯-2-酮	3,5-Octadien-2-one, (E,E)-	0.46	0.40	—	—	4.18
27.017	正辛醇	1-Octanol	1.03	0.66	1.33	0.92	0.05
27.268	1-冰片基乙酸酯	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,7,7-trimethyl-, acetate, (1S-endo)-	0.19	—	—	—	—
27.316	alpha-菖蒲醇	alpha-acorenol	0.36	—	—	—	—
27.322	乙酸冰片酯	Bornyl acetate	—	1.49	—	1.59	0.07
27.622	荜澄茄油烯	1H-Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]benzene, octahydro-7-methyl-3-methylene-4-(1-methylethyl)-, [3aS-(3a.alpha.,3b.beta.,4.beta.,7	—	0.42	—	—	—
27.653	槐香烯	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,2.beta.,4	—	2.28	—	—	—

续 表

保留时间/min	中文名	英文名	峰面积/%				
			空白处理组	姜粉处理	海藻糖处理	复配处理	油炸成品
27.808	3-甲基-4-庚酮	4-Heptanone,3-methyl-	0.10	—	—	—	—
28.145	甲基壬基甲酮	2-Undecanone	0.61	1.34	—	—	0.19
28.38	罗汉柏烯	cis-Thujopsene	0.37	0.45	0.29	—	—
29.165	苯乙酸戊酯	Benzeneacetic acid,2-pentyl ester	0.53	—	0.52	—	—
29.277	甲基苯基酮	Acetophenone	—	—	0.75	—	—
29.314	香树烯	1H-Cycloprop [e] azulene,decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-, (1aR,4aS,7R,7aR,7bS)-(-)	—	—	—	1.87	—
29.427	烯丙基正戊基甲醇	1-Nonen-4-ol	0.60	0.32	—	—	0.17
29.43	1-壬烯-4-醇	1-Nonen-4-ol	—	—	0.68	—	—
29.8	正己酸乙酯	n-Caproic acid vinyl ester	0.18	—	0.18	—	0.77
29.857	beta-杜松烯	Naphthalene,1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, [1S-(1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)]-	—	2.80	—	—	—
30.03	γ-辛内酯	γ-Octalactone	—	—	—	—	0.12
30.059	β-倍半水芹烯	Cyclohexene,3-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-6-methylene-, [S-(R*,S*)]-	—	0.15	—	—	—
30.139	异龙脑	Isoborneol	—	—	—	8.57	—
30.14	2-茨醇	endo-Borneol	—	0.13	—	0.11	—
30.237	7-辛烯-1-醇,3,7-甲基-乙酸酯	6-Octen-1-ol,3,7-dimethyl-, acetate	—	—	—	0.45	—
30.249	1-壬醇	1-Nonanol	0.53	—	0.54	—	0.30
30.269	十一醇	1-Undecanol	0.45	—	—	—	—
30.306	γ-桉醇	8-epi-gama.-eudesmol	—	0.25	—	—	—
30.641	γ-衣兰油烯	gamma-Murolene	0.23	1.25	—	1.63	0.32
31.02	α-松油醇	alpha-Terpineol	0.73	—	0.42	—	—
31.072	异喇叭烯	Isoborneol	—	7.84	—	—	—
31.733	异构-姜烯	1,3-Cyclohexadiene,5-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-2-methyl-, [S-(R*,S*)]-	—	14.99	—	—	—
31.932	β-红没药烯	beta-Bisabolene	—	—	—	8.75	—
32.581	α-法呢烯	alpha-Farnesene	—	2.80	—	—	—
32.615	α-金合欢烯	alpha-Farnesene	—	—	—	5.24	—
32.735	乙酸香叶酯	Geranyl acetate	—	0.37	—	—	—
33.048	α-姜黄烯	Benzene,1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-	—	7.46	—	13.36	0.68

续 表

保留时间/min	中文名	英文名	峰面积/%				
			空白处理组	姜粉处理	海藻糖处理	复配处理	油炸成品
33.458	桃金娘烯醇	Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene-2-methanol,6,6-dimethyl-	—	0.28	—	0.34	—
33.809	(E,E)-2,4-癸二烯醛	(E,E)-2,4-decadienal	—	0.14	—	0.15	2.84
34.014	花侧柏烯	Benzene,1-methyl-4-(1,2,2-trimethylcyclopentyl)-, (R)-	0.36	0.25	0.14	0.44	—
34.47	2-甲基萘	Naphthalene,2-methyl-	—	0.18	—	—	0.84
34.481	1-甲基萘	Naphthalene,1-methyl-	0.15	—	0.16	—	—
34.808	2-(4-甲基苯基)丙-2-醇	Benzenemethanol, alpha, alpha, 4-trimethyl-	—	0.15	—	0.21	—
34.939	香叶醇	Geraniol	—	0.37	—	0.40	—
35.058	香叶基丙酮	5,9-Undecadien-2-one,6,10-dimethyl-, (E)-	—	—	0.22	—	—
35.329	4-氯苯甲醇	4-Chlorobenzyl alcohol	—	—	—	0.09	—
36.107	苯乙醇	Phenylethyl Alcohol	0.98	0.47	0.97	0.84	0.19
36.365	2,6-二叔丁基对甲酚	Butylated Hydroxytoluene	—	—	—	0.15	0.03
36.699	乙酸橙花叔醇酯	Nerolidyl acetate	—	0.06	—	—	—
37.135	麦芽醇	Maltol	—	—	—	—	0.46
37.617	1,8-二甲萘	Naphthalene,1,8-dimethyl-	—	0.09	—	0.12	0.12
38.042	苯酚	Phenol	0.24	0.14	0.29	0.22	0.08
38.132	beta-紫罗酮	3-Buten-2-one,4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	—	0.10	—	0.22	—
38.793	反式-橙花叔醇	1,6,10-Dodecatrien-3-ol,3,7,11-trimethyl-, (E)-	—	0.13	—	0.35	—
39.21	间甲酚	Phenol,3-methyl	—	—	0.20	—	—
39.252	榄香醇	Cyclohexanemethanol,4-ethenyl-alpha, alpha,4-trimethyl-(3-1-methylethenyl)-, [1R-(1.alpha.,3.alpha.,4.beta.)]-	—	—	—	0.30	—
39.517	沉香螺醇	Agarospirol	—	0.12	—	—	—
39.52	γ-桉叶醇	gama-eudesmol	—	0.08	—	0.13	—
39.668	柏木脑	Cedrol	1	0.89	0.43	2.95	0.75
40.213	乙酸柏木酯	1H-3a,7-Methanoazulen-6-ol,octahydro-3,6,8,8-tetramethyl-,acetate,[3R-(3.alpha.,3a.beta.6.alpha.,7.beta.,8a.alpha.)]-	—	—	—	0.10	—

续 表

保留时间/min	中文名	英文名	峰面积/%				
			空白处理组	姜粉处理	海藻糖处理	复配处理	油炸成品
40.917	β-桉叶醇	2-Naphthalenemethanol, 1, 2, 3, 4, 4a, 5, 6, 8a-octahydro-alpha, .alpha. ,4a, 8-tetramethyl-, [2R-(2.alpha., 4a.alpha., .8a.beta.)]-	—	0.16	—	0.34	—
41.223	喇叭烯氧化物(1)	Ledene oxide(1)	—	—	—	0.22	—
41.59	角鲨烯	Squalene	—	—	—	—	0.08
41.668	法尼酸	3,7,11-Trimethyl-2,6,10-dodecatrienoic acid	—	—	—	0.10	—
41.851	2,4-二叔丁基苯酚	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	—	—	—	0.07	—
43.772	邻苯二甲酸二异丁酯	1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	—	—	0.51	0.18	0.32

注：“—”表示未检出。

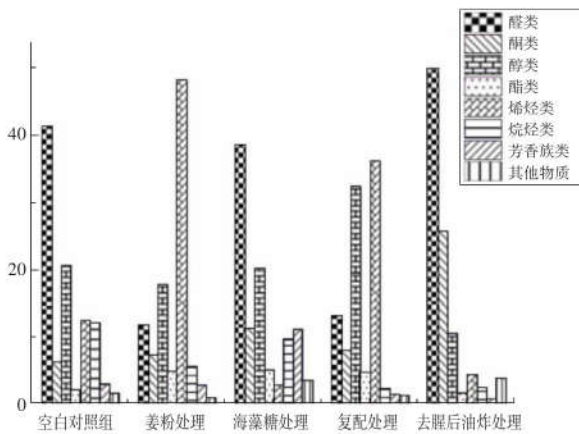


图 3 鱼糜样品峰面积占比图

Fig. 3 The chart of peak area proportion of surimi samples

由表 3 可知,海藻糖组、去腥后油炸处理组、复配组、姜粉组和空白对照组的挥发性物质的总含量依次递增,这是由于鱼类饱含脂肪酸和蛋白,在加工和贮藏过程中,氨基酸分解、微生物反应、脂质氧化作用影响了鱼糜的风味,而不同的处理造成了鱼糜风味的差异。其中海藻糖组减少了 8 种醇类物质和 3 种酮类物质,主要生成了邻二甲苯、对二甲苯、间二甲苯,这说明海藻糖有助于遮蔽酮醇类的不良风味^[24]。由图 3 可知,姜粉组增加了 14 种烯炔类物质和 8 种醇类物质^[25],如香叶醇、桃金娘烯醇、异构-姜烯等,且烯炔类物质的面积上升到 48.37%,汪莉莎等^[26]报道姜粉富含 α-姜黄烯、α-法尼烯等烃类成分,可以掩蔽鱼糜的腥臭味,

是姜粉的主要挥发性物质。此外,由表 3 还观察到复配组也含有 β-红没药烯、α-金合欢烯等烯炔类物质,且烯炔类物质的峰面积维持在 35.74%,同时复配组也减少了 3 种酮类物质;由图 3 进一步观察到挥发性物质的组分在复配组和空白对照组的差异比较明显,较低的香气阈值致使酮类和醛类变成影响风味的最主要挥发性物质^[27],但在海藻糖和姜粉的协同作用下,空白对照组的醛酮类总数由 62.21% 降至复配组的 28.97%,这说明醛酮类物质可以被复合脱腥剂有效脱除。可以由图 3 观察到鱼糜经过真空油炸处理,醛类物质的含量从 9 种上升至 13 种,且酮类物质和醛类物质作为主要风味物质,其峰面积分别达到 25.75% 和 49.97%^[28],包含(E)-2-庚烯醛、壬醛、反-2-辛烯醛、苯甲醛等油炸风味物质^[29-30],结合表 3 进一步观察到正己醛经过姜粉和海藻糖的协同处理,从 34.03% 跌至 5.33%,而求海强^[31]的研究也表明醛酮类物质容易在热降解或热氧化条件下生成,说明复配的天然脱腥剂不仅温和,而且脱腥效果简便高效。

2.3 感官评价结果分析

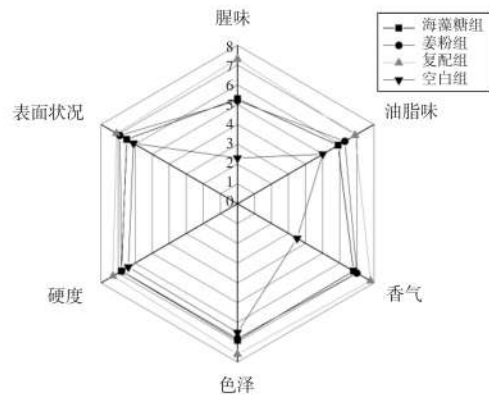


图 4 脱腥剂对鱼糜感官评价的影响

Fig. 4 The effect of deodorant on the sensory evaluation of surimi samples

通过对不同去腥条件的鱼糜脆片进行感官评分,由图 4 可知,脱腥处理的鱼糜脆片腥味明显减轻,特别是海藻糖-姜粉复配组达到最好的除腥效果。各组样品的油脂味、硬度、表面状况呈相近的分值,这是因为真空油炸技术不会使鱼糜脆片吸附过多油脂,说明海藻糖和姜粉可以提高鱼糜组织的硬度,还能促进鱼糜的脆酥感。各组的香气分值存在较大的差异,由于空白组没有添加除腥剂,容易产生杂味。因为海藻糖抑制醛类物质生成,姜粉又富含姜辣素,二者对鱼糜脱腥具有协同作用,复配组的香气和色泽明显优于其他组。海藻糖还有助于抑制脂肪酸的分解,可以减少油脂酸败生成杂味,干扰味觉,而适

量的海藻糖也有助于鱼糜脆片在膨化过程中形成均匀的金黄色泽。综上所述,姜粉和海藻糖复配可以提升鱼糜脆片的风味和口感。

3 结论

该脱腥实验结果表明,姜粉和海藻糖在抑制鱼糜腥臭的风味上具有协同作用,3‰姜粉和7‰海藻糖复配的天然脱腥剂可以降低即食鱼糜脆片的腥味,提升即食鱼糜脆片的风味品质,改良即食鱼糜脆片的生产工艺,但此脱腥剂在即食鱼糜脆片的长期贮藏过程中是否稳定有效,以及是否造成即食鱼糜脆片营养流失仍需进一步的探究。

参考文献:

- [1]谭力,周春霞,洪鹏志.淡水鱼鱼糜制品加工特性及品质影响因素[J].食品与机械,2018,34(8):165-168.
- [2]YOUSEFI A, MOOSAVI-NASAB M. Textural and chemical attributes of sausages developed from Talang Queenfish (*Scomberoides commersonianus*) mince and surimi[J]. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 2014, 13(1): 228-241.
- [3]顾晓慧,殷邦忠,王联珠,等.我国冷冻鱼糜生产及标准现状分析[J].食品科学,2014,35(23):303-307.
- [4]陈竟豪,苏晗,马冰迪,等.鱼糜制品品质控制技术研究报告[J].食品研究与开发,2019,40(6):200-206.
- [5]HU J, ZENG H, DENG C, et al. Optimization of vacuum frying condition for producing silver carp surimi chips[J]. Food Science & Nutrition, 2019, 7(8): 2517-2526.
- [6]CHAKRABORTY K, JOSEPH D. Production and characterization of refined oils obtained from Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*)[J]. J Agric Food Chem, 2015, 63(3): 998-1009.
- [7]JUNIOR N A D, DE QUEIROZ M E L R, NEVES A A, et al. Headspace solid phase microextraction-gas chromatography for the determination of trihalomethanes in fish[J]. Microchemical Journal, 2017, 133: 539-544.
- [8]PARCHAMI R, KAMALABADI M, ALIZADEH N. Determination of biogenic amines in canned fish samples using head-space solid phase microextraction based on nanostructured polypyrrole fiber coupled to modified ionization region ion mobility spectrometry[J]. Journal of Chromatography A, 2017, 1481: 37-43.
- [9]SELLI S, CAYHAN G G. Analysis of volatile compounds of wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) by simultaneous distillation extraction (SDE) and GC-MS[J]. Microchemical Journal, 2009, 93(2): 232-235.
- [10]KUVENDZIEV S, LISICHKOV K, ZEKOVIC Z, et al. Supercritical fluid extraction of fish oil from common carp (*Cyprinus carpio* L.) tissues[J]. The Journal of Supercritical Fluids, 2018, 133: 528-534.
- [11]付湘晋,许时婴.酸碱法提取鲢鱼蛋白脱腥及酵母脱腥机理[J].食品与生物技术学报,2009,28(1):57-62.
- [12]董庆亮,许丽莉.分子包埋技术制备脱腥牡蛎粉工艺的优化[J].食品与机械,2016,32(7):186-190.
- [13]杨凯,张森,胡乐,等.脱腥剂在我国鱼类脱腥处理中的研究进展[J].食品工业,2018,39(8):217-220.
- [14]吴静,黄卉,李来好,等. HS-SPME-GC-MS 分析大蒜水提取物对罗非鱼肉腥味的的影响[J].食品与发酵工业,2019,45(14):133-142.
- [15]卢彩会,牟德华.姜黄油的抗炎镇痛及体外抗氧化活性[J].食品科学,2018,39(1):243-249.
- [16]田成福.以淀粉为原料酶法生产海藻糖的研究[D].无锡:江南大学,2017.
- [17]徐永霞,姜程程,张朝敏,等.海藻糖对白鲢鱼脱腥效果的影响[J].食品与发酵工业,2014,40(12):32-36.
- [18]钱攀,马旭婷,许刚,等.美国鲢鱼挥发性成分和脱腥方法研究[J].中国食品学报,2016,16(12):169-173.
- [19]邓昌俊,郑心怡,沈瑾烨,等.响应面法优化低温真空油炸鱼糜脆片加工工艺[J].食品工业科技,2018,39(15):181-188.
- [20]臧明伍,张凯华,王守伟,等.基于 SPME-GC-O-MS 的清真酱牛肉加工过程中挥发性风味成分变化分析[J].食品科学,2016,37(12):117-121.
- [21]崔阳阳,姜启兴,许艳顺,等.浸渍入味对冷冻熟制小龙虾品质的影响[J].食品工业科技,2014,35(14):297-300.
- [22]顾小卫,赵国琦,郭鹏,等.牛奶风味影响因素的研究进展[J].乳业科学与技术,2010,33(2):95-98.
- [23]ZHANG Z, LI G, LUO L, et al. Study on seafood volatile profile characteristics during storage and its potential use for freshness evaluation by headspace solid phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry[J]. Anal Chim Acta, 2010, 659(1-2): 151-158.
- [24]虞铭霞,张怡,张宾.海藻糖和褐藻胶寡糖对冻藏紫贻贝品质的影响[J].现代食品科技,2019,35(9):163-169.
- [25]曲清莉,傅茂润,陈庆敏,等.利用 GC-MS 和电子鼻研究超微粉碎对姜风味物质的影响[J].中国调味品,2016,41(12):20-24.
- [26]汪莉莎,陈光静,张甫生,等.顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用法分析仔姜与老姜的挥发性成分[J].食品科学,2014,35(10):153-157.
- [27]ALASALVAR C, TAYLOR K D, SHAHID F. comparison of volatiles of cultured and wild sea bream (*Sparus aurata*) during storage in ice by dynamic headspace analysis/gas chromatography-mass spectrometry[J]. J Agric Food Chem, 2005, 53(7): 2616-2622.
- [28]张文君,何慧,杨尔宁,等. SPME-GC-MS 法检测油炸藕夹挥发性风味物质[J].食品科学,2012,33(14):228-234.
- [29]陈小冬,江猛,王菊琳,等.白鲢鱼糜熟制后挥发性风味的对比[J].食品科技,2016,41(4):152-160.
- [30]叶韬,林琳,张永进,等.罗非鱼排二段酶解工艺优化及其对酶解液风味物质的影响[J].淡水渔业,2014,44(5):87-94.
- [31]求海强.食用植物油挥发性风味成分的研究[D].杭州:浙江工业大学,2009.