

不同烹饪方式对黄颡鱼肉品质特性的影响

夏超,于小番,崔丹丹,王慧敏,李小函,田颖,许慧卿*

(扬州大学 旅游烹饪学院,江苏 扬州 225127)

摘要:为探究不同烹饪方式和程度下黄颡鱼品质特性的差异,试验以生鱼肉作为对照,研究了水煮、油炸和微波3种烹饪方式对黄颡鱼基础营养物质、质构及挥发性风味化合物的影响。结果表明,黄颡鱼品质特性在不同烹饪方式下有显著差异。水煮处理对营养物质的影响最小;油炸和微波处理均能不同程度地提高灰分、蛋白质和脂肪的百分含量。3种烹饪方式均使鱼肉的硬度、粘附性、弹性和咀嚼性上升,胶黏性下降,其中水煮处理的鱼肉硬度和咀嚼性较低。水煮、油炸和微波处理的鱼肉中分别检出挥发性成分27,32,30种,微波处理主要挥发性成分的醛类和醇类总量达73.71%。综合来看,3种烹饪方式中微波处理的黄颡鱼肉品质最佳。

关键词:黄颡鱼;烹饪方式;营养物质;质构;挥发性成分

中图分类号:TS254.4

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2020.07.022

文章编号:1000-9973(2020)07-0096-05

Effects of Different Cooking Methods on the Quality Characteristics of *Pelteobagrus fulvidraco*

XIA Chao, YU Xiao-fan, CUI Dan-dan, WANG Hui-min, LI Xiao-han, TIAN Ying, XU Hui-qing*

(School of Tourism and Culinary Science, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China)

Abstract: In order to explore the differences of quality characteristics of *Pelteobagrus fulvidraco* under different cooking methods and degrees, the effects of three cooking methods such as boiling, frying and microwave on the basic nutrients, texture and volatile flavor compounds of *Pelteobagrus fulvidraco* are studied with raw fish as the control. The results show that the quality characteristics of *Pelteobagrus fulvidraco* are significantly different by different cooking methods. Boiling treatment has the least effect on the nutrients, frying and microwave treatments could increase the percentage of ash, protein and fat to some extent. The hardness, adhesiveness, elasticity and chewiness of fish increase, while the viscosity decreases by the three cooking methods. 27, 32, 30 kinds of volatile components are detected in boiled, fried and microwave treated fish respectively. The total amount of the main volatile components such as aldehydes and alcohols treated by microwave is 73.71%. In summary, the quality of *Pelteobagrus fulvidraco* treated by microwave is the best among the three cooking methods.

Key words: *Pelteobagrus fulvidraco*; cooking methods; nutrients; texture; volatile components

鱼肉及其产品可作为人体优质蛋白质、必需微量元素和部分维生素的良好来源,随着我国水产养殖业的兴起,我国膳食中鱼肉的比重日益增加。黄颡鱼的环境适应能力强,在长江中下游、黄河、珠江、黑龙江流域较为常见,是常见的小型经济鱼类,具有营养丰富、

含肉率高、味道鲜美和无肌间刺等特点。

不同的烹饪方式由于传热介质的差异,会使鱼肉的组成成分、理化指标和整体风味等发生不同程度的变化^[1,2]。常见的鱼肉加热方法有水煮、油炸和微波等。水煮能促进营养物质的释放,使肉质易于消化,降

收稿日期:2020-01-21

* 通讯作者

基金项目:国家自然科学基金(81472963)

作者简介:夏超(1997-),男,硕士研究生,研究方向:营养与食品卫生学;

许慧卿(1972-),女,教授,博士,研究方向:食品加工及微生物技术。

低烹饪处理的不利影响;油炸可赋予鱼肉独特的风味和酥脆的质感,有利于食物的快速成型;微波与炒、煮、炸等传统烹饪方式由外向内的热传导方式的不同在于,鱼肉中的小分子物质吸收微波后,发生剧烈震动,电磁能量转化为鱼肉中的能量,从而产生热能^[3]。大量研究表明,微波加热可降低蛋白质的分解速率,保护多不饱和脂肪酸,并对大肠杆菌等常见细菌具有较好的灭菌效果^[4-6]。目前国内对黄颡鱼的研究主要集中在养殖、饲料、繁殖和营养等方面,研究表明,烹饪与食物的营养价值、感官特性以及消费者的接受程度具有明显的相关性^[7],但烹饪对黄颡鱼品质的影响却鲜有报道。本研究以黄颡鱼为研究对象,比较水煮、油炸和微波这 3 种不同传热介质的加热方式对黄颡鱼的影响,旨在得到最佳的加热方法和评价方式,为黄颡鱼的品质利用及加工生产提供一定的基础科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜黄颡鱼:购自扬州市本地农贸市场;硫酸铜、硫酸钾、氢氧化钠、硫酸、盐酸、硼酸溶液、乙酸镁、氯化钠、石油醚:国药集团化学试剂有限公司;甘氨酸、丙烯酰胺、三羟甲基氨基甲烷、双丙烯酰胺:北京金泰宏生物科技有限公司;N,N,N,N-四甲基乙二胺、 β -巯基乙醇:上海麦克林生化科技有限公司;溴酚蓝、十二烷基硫酸钠:Diamond 科技公司;Marker 蛋白:生工生物工程(上海)股份有限公司。

1.2 仪器与设备

自动凯氏定氮仪、脂肪测定仪、HYP-1008 消化炉 上海纤检仪器有限公司;电子天平 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;Vortex-Genie 2 涡旋振荡器 美国 Scientific Industries 公司;HH-4 数显恒温水浴锅 江苏金坛市环宇科学仪器厂;DHG-9140A 电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏试验设备有限公司;箱式电阻炉 余姚金电仪表有限公司;调节式万用电炉 南通市长江光学仪器有限公司;TMS-Pro 物性测定仪 美国 FTC 公司;65 μ m PDMS 萃取头 上海安谱科学仪器公司;Trace ISQ 气质联用仪 美国赛默飞世尔有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 样品制备

新鲜黄颡鱼宰杀→去除内脏→洗净后去骨、去皮→取净鱼肉→放入料理机搅碎混匀→制成鱼泥→称取 5 g 鱼泥放入自制模具→压制成 5 cm $\times$ 2.5 cm $\times$ 0.25 cm 的鱼片→以生肉作对照组→采用水煮、油炸和微波 3 种烹饪方式(每种烹饪方式设定低、中、高 3 种烹饪温度,样品烹饪程度的判断标准见表 1)进行加工→鱼泥成品于-70 $^{\circ}$ C 冰箱冷冻保存。

表 1 黄颡鱼鱼肉样品烹饪程度的判断标准
Table 1 The judgment standard for cooking degrees
of *Pelteobagrus fulvidraco* samples

处理方式	烹饪程度	成熟度	判断标准
水煮	低(15 s)	半熟	表面变白,横切面粉色,鱼腥味明显,边缘平整
	中(30 s)	成熟	完全变白,横切面白色,浮于水面,鱼腥味不明显,边缘平整
	高(60 s)	过熟	完全变白,横切面白色,鱼腥味不明显,鱼肉松散
油炸	低(15 s)	半熟	表面呈白色,横切面粉色,鱼腥味明显,边缘平整
	中(45 s)	成熟	完全变白,横切面白色,鱼腥味不明显,边缘皱缩
	高(60 s)	过熟	呈淡黄色,横切面白色,表面少许深黄色,边缘皱缩
微波	低(15 s)	半熟	半粉半白,略微透明,横切面淡粉色,鱼腥味明显,边缘平整
	中(60 s)	成熟	完全变白,不透明,横切面白色,鱼腥味减弱,鱼片皱缩
	高(100 s)	过熟	呈浅黄色,出现点状透明,横切面白色,鱼片皱缩边缘卷曲

1.3.2 基础营养物质的测定

1.3.2.1 粗蛋白的测定

参照 GB 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》,测定样品中蛋白质含量。

1.3.2.2 水分的测定

参照 GB 5009.3—2016《食品中水分的测定》,测定样品中水分的含量。

1.3.2.3 粗脂肪的测定

参照 GB 5009.6—2016《食品中粗脂肪的测定》,测定样品中脂肪的含量。

1.3.2.4 灰分的测定

参照 GB 5009.4—2016《食品中灰分的测定》,测定样品中灰分的含量。

1.3.3 质构特性

用质构仪对黄颡鱼样品的质构特性包括硬度、粘附性、弹性、胶黏性、咀嚼性等参数进行测定。采用 TPA 检测,对样品进行两次压缩。探头类型为 TA5 圆柱形探头,目标 25%,触发点负载 500 g,测试速率 1 mm/s,返回速率 1 mm/s,循环次数 2 次。

1.3.4 挥发性风味物质

GC-MS 样品:选取生肉、水煮中、油炸中和微波中 4 个处理组的 3 个样品,将 5 g 样品与 0.18 g/mL 氯化钠溶液按 1:1 混合,样品充分均质后放入 20 mL 顶空瓶中待测。

使用 65 μ m 的 PDMS/DVB 萃取头;萃取时间 40 min。生样萃取:置于 45 $^{\circ}$ C 水浴中;熟样萃取:置于 60 $^{\circ}$ C 水浴中,解吸时间 5 min。3 组平行试验取平均值。

气相色谱条件:HP-5MS 石英毛细管柱(30 mm $\times$ 0.25 mm,0.5 μ m);升温程序:初始温度 40 $^{\circ}$ C,保持

1 min,以 4 °C/min 升至 160 °C,立即以 10 °C/min 升至 250 °C,保持 3 min;载气(He)流速 1.0 mL/min;模式进样:不分流。

质谱条件:电子能量 70 eV,灯丝发射电流 200 μ A,离子源温度 250 °C,检测器温度 250 °C,接口温度 250 °C,检测器电压 1.2 kV,质量扫描范围 50~450 m/z。

1.4 数据处理与分析

采用 Microsoft Excel 2010 软件和 SPSS 20.0 软件进行分析和绘制图表。测定结果用“平均值 $\pm$ 标准差”表示, $p<0.05$ 表示差异性显著。

2 结果与分析

2.1 不同烹饪方式对黄颡鱼鱼肉基础营养物质的影响

表 2 不同烹饪方式下黄颡鱼鱼肉的基础营养物质
Table 2 The basic nutrients of *Pelteobagrus fulvidraco*
by different cooking methods

g/100 g				
组别	水分	灰分	蛋白质	脂肪
对照	76.35 $\pm$ 0.300 ^a	0.71 $\pm$ 0.03 ^b	15.98 $\pm$ 1.013 ^c	4.13 $\pm$ 1.01 ^c
水煮低	76.98 $\pm$ 0.203 ^a	0.32 $\pm$ 0.07 ^c	15.80 $\pm$ 0.592 ^c	4.05 $\pm$ 0.30 ^c
水煮中	75.12 $\pm$ 0.109 ^a	0.72 $\pm$ 0.18 ^b	17.42 $\pm$ 0.258 ^c	4.10 $\pm$ 0.64 ^c
水煮高	76.79 $\pm$ 0.170 ^a	0.57 $\pm$ 0.05 ^{bc}	16.40 $\pm$ 0.37 ^c	4.12 $\pm$ 0.64 ^c
油炸低	74.32 $\pm$ 0.007 ^b	0.74 $\pm$ 0.24 ^b	17.96 $\pm$ 0.358 ^c	4.26 $\pm$ 1.01 ^c
油炸中	70.36 $\pm$ 0.109 ^b	0.79 $\pm$ 0.20 ^b	20.99 $\pm$ 0.286 ^b	5.28 $\pm$ 0.91 ^b
油炸高	38.55 $\pm$ 2.769 ^c	3.5 $\pm$ 0.99 ^a	40.19 $\pm$ 0.142 ^a	17.35 $\pm$ 2.24 ^a
微波低	76.00 $\pm$ 0.638 ^a	0.86 $\pm$ 0.25 ^{bc}	17.70 $\pm$ 0.034 ^c	4.21 $\pm$ 1.14 ^c
微波中	74.57 $\pm$ 0.580 ^b	1.01 $\pm$ 0.37 ^b	19.09 $\pm$ 0.37 ^{bc}	4.50 $\pm$ 0.34 ^c
微波高	59.78 $\pm$ 1.154 ^c	1.67 $\pm$ 0.07 ^a	29.97 $\pm$ 0.485 ^b	6.72 $\pm$ 0.65 ^b

注:同列肩标字母不同表示差异性显著($p<0.05$)。下表同。

蛋白质、脂肪、矿物质和维生素是鱼肉中主要的基础营养物质,从食品营养的角度出发,蛋白质和脂肪含量在评价鱼类营养水平中具有重要意义。由表 2 可知,鱼肉经水煮后水分含量无明显变化,且与生肉接近,可能是加热时与水直接接触,导致水分无显著变化。与其他处理组相比,油炸高和微波高处理组的水分损失差异显著($p<0.05$),可能是因为高温导致鱼肉中的水分蒸发较快。鱼肉在不同烹饪方式处理后灰分含量变化显著($p<0.05$),说明其无机物质受烹饪方法和时间影响较大,与陈丽丽等^[8]对脆肉鲩鱼肉的实验结果一致。

水煮处理后鱼肉蛋白质和脂肪含量无显著差异($p>0.05$),与油炸和微波相比差异显著($p<0.05$),其中油炸中、微波中和微波高处理组的蛋白质和脂肪含量显著提高($p<0.05$),可能是因为鱼肉在加热过程中水分大量损失,导致蛋白质和脂肪的相对含量增加,与阮光锋等^[9]烹调后罗非鱼的粗蛋白和粗脂肪含量有所升高的研究结果一致。随着油炸时间的延长,水分不断减少,在表面形成带有气孔的外皮壳,油脂不

断渗入而导致含油量的增加^[10]。Bastias 等^[11]的研究结果表明,三文鱼和智利鲑鱼的蛋白质含量在不同烹饪处理后均显著增加,但脂肪含量下降,可能是鱼类品种的影响所致。Alipour 等^[12]研究了油炸和烧烤对波斯鲟鱼片基本成分的影响,发现处理后鱼片的水分相对含量显著降低,蛋白质和脂肪的相对含量显著增加。值得注意的是,油炸高和微波高处理组的灰分、蛋白质和脂肪含量显著上升,说明适当延长烹饪时间有利于提高单位重量的营养物质含量。

2.2 不同烹饪方式对黄颡鱼鱼肉质构特性的影响

表 3 不同烹饪方式下黄颡鱼鱼肉的质构特性

Table 3 The texture characteristics of *Pelteobagrus fulvidraco* by different cooking methods

	硬度(N)	粘附性(mJ)	弹性(mm)	胶黏性(N)	咀嚼性(mJ)
对照	37.9 $\pm$ 1.56 ^c	5.08 $\pm$ 0.07 ^a	0.69 $\pm$ 0.02 ^b	15.9 $\pm$ 0.81 ^c	10.99 $\pm$ 0.04 ^c
水煮低	88.9 $\pm$ 2.57 ^b	2.06 $\pm$ 0.13 ^b	1.06 $\pm$ 0.08 ^a	48.4 $\pm$ 1.27 ^b	51.28 $\pm$ 1.33 ^b
水煮中	70.2 $\pm$ 1.70 ^b	1.68 $\pm$ 0.06 ^b	1.47 $\pm$ 0.08 ^a	42.6 $\pm$ 0.64 ^b	62.80 $\pm$ 0.49 ^b
水煮高	74.7 $\pm$ 0.43 ^b	1.20 $\pm$ 0.10 ^c	1.35 $\pm$ 0.06 ^a	46.1 $\pm$ 0.85 ^b	62.39 $\pm$ 0.15 ^b
油炸低	116.6 $\pm$ 1.70 ^b	0.92 $\pm$ 0.02 ^c	1.17 $\pm$ 0.34 ^a	72.0 $\pm$ 1.42 ^{ab}	84.16 $\pm$ 1.70 ^{ab}
油炸中	190.2 $\pm$ 2.14 ^a	0.64 $\pm$ 0.05 ^c	1.21 $\pm$ 0.09 ^a	127.2 $\pm$ 6.38 ^a	154.13 $\pm$ 2.14 ^a
油炸高	144.1 $\pm$ 1.61 ^{ab}	0.32 $\pm$ 0.11 ^c	1.42 $\pm$ 0.22 ^a	92.6 $\pm$ 0.40 ^{ab}	131.19 $\pm$ 1.61 ^a
微波低	43.0 $\pm$ 1.31 ^c	2.10 $\pm$ 0.08 ^b	1.46 $\pm$ 0.13 ^a	25.4 $\pm$ 2.69 ^c	37.02 $\pm$ 3.63 ^b
微波中	83.5 $\pm$ 1.22 ^b	3.74 $\pm$ 0.49 ^b	1.35 $\pm$ 0.11 ^a	54.8 $\pm$ 1.80 ^b	74.23 $\pm$ 0.98 ^b
微波高	127.2 $\pm$ 1.06 ^b	0.35 $\pm$ 0.08 ^c	1.47 $\pm$ 0.07 ^a	72.9 $\pm$ 0.83 ^{ab}	107.15 $\pm$ 3.85 ^{ab}

质构特性用来直观地表征肉制品的组织状态、品质性状、结构变化和口感好坏等,是评价鱼肉感官质量的重要指标^[13]。由表 3 可知,黄颡鱼鱼肉的质构特性在不同烹饪方式及程度下的变化显著($p<0.05$)。硬度是食品保持内部性状的结合力^[14],油炸处理的鱼肉硬度与生肉的差异最为显著($p<0.05$)。粘附性是咀嚼时与口腔器官粘在一起的力,油炸处理的鱼肉粘附性与其他组的差异显著($p<0.05$)。弹性主要表现为对外力的抵抗能力,鱼肉在水煮、油炸和微波处理下的弹性无显著差异($p>0.05$),表明不同烹饪方法对黄颡鱼鱼肉弹性的影响差别不大。油炸中处理组的鱼肉胶黏性最高,可能是因为加热过程中油脂的渗入使鱼肉整体的胶黏性显著增加;而油炸高处理组的胶黏性相对于油炸中处理组有所下降,可能是因为随着时间的延长,鱼肉内部水分大量散失,表面炭化,蛋白质变性程度加剧,导致胶黏性下降。咀嚼性反映了将食品咀嚼成适合吞咽时的稳定形态所需要的能量大小,鱼肉在油炸处理下表现出较高的咀嚼性,可能是因为高温下肌原纤维蛋白变性以及胶原蛋白收缩^[15],使肌肉纤维更加紧密。

黄颡鱼肉的硬度、弹性、胶黏性和咀嚼性在加热处理后均有不同程度的上升,其中油炸的影响最大。硬度和咀嚼性这两个特性直接决定了鱼肉的食用口感。鱼肉的硬度和咀嚼性越小,肉质越嫩。由表 3 可知,在鱼肉成熟的前提下,水煮中处理组(30 s)硬度(70.2 N)最

小,水煮高处理组(60 s)咀嚼性(62.39 mJ)最小。由此可见,水煮的鱼肉质构最佳。

2.3 不同烹饪方式对黄颡鱼挥发性风味物质的影响

表 4 不同烹饪方式下黄颡鱼鱼肉挥发性
风味物质的相对含量

Table 4 The relative content of volatile flavor components
in *Pelteobagrus fulvidraco* by different cooking methods

种类	序号	化合物	相对含量(%)			
			对照	水煮中	油炸中	微波中
醛类	A1	己醛	14.54	45.97	21.32	37.54
	A2	壬醛	1.42	4.31	5.34	6.25
	A3	2,3-二甲基戊醛	—	0.71	—	0.57
	A4	2-甲基庚醛	—	0.66	1.77	1.15
	A5	苯甲醛	—	0.61	—	—
	A6	庚醛	—	1.13	—	—
	A7	辛醛	—	1.56	1.45	3.30
	A8	反-2-辛烯醛	—	1.30	1.02	2.54
	A9	(Z)-2-壬烯醛	—	0.45	—	1.16
	A10	(Z)-2-癸烯醛	—	—	1.81	0.88
	A11	反-2-十二烯醛	—	—	0.70	—
	A12	2-十一烯醛	—	—	1.88	—
	A13	反式-2,4-癸二烯醛	—	—	2.29	—
	A14	2,4-癸二烯醛	—	—	8.10	—
物质种类			2	9	10	8
总和			15.96	56.70	45.68	53.39
酯类	B1	12,15-十八碳二炔酸甲酯	0.90	—	0.82	1.71
	B2	己酸乙基酯	3.43	3.37	—	—
	B3	苯氨基甲酸酯	2.16	—	—	—
	B4	甲基 9,11-十八碳二炔酸酯	—	0.41	—	—
	B5	10,12-二十五烷二炔酸甲酯	—	0.27	—	0.28
	B6	(E)-10-十七烯-8-炔酸甲酯	—	—	—	0.54
	B7	9-十八碳烯-12-炔酸甲酯	—	—	1.58	—
	B8	13,16-十八碳二炔酸甲酯	—	—	0.27	—
	B9	甲氧基乙酸, 2-十四烷基酯	—	—	0.75	—
	B10	γ -十二内酯	—	—	0.32	—
	B11	3,6-十八碳二炔酸甲酯	—	—	—	1.02
	B12	甲氧基乙酸, 2-十三烷基酯	—	—	—	0.43
物质种类			3	3	5	5
总和			6.49	4.05	3.74	3.98
烃类	C1	(S)-(-)-柠檬烯	1.54	1.45	—	3.76
	C2	6-甲基-十八烷	5.73	1.44	0.48	0.62
	C3	3,5-二甲基-1-己烯	1.82	—	—	—
	C4	正十六烷	2.29	—	—	—
	C5	2,6,10-三甲基十四烷	3.51	0.84	0.49	1.24
	C6	2-溴丁烷	—	1.05	—	—
	C7	4-异丙基甲苯	—	0.35	—	—
	C8	顺式-1,2-二羟甲基乙烯	—	1.03	—	—
	C9	17-氯-7-十七碳烯	—	0.25	—	—
	C10	十六烷, 1,1-双(十二烷氧基)	—	—	—	0.48

续 表

种类	序号	化合物	相对含量(%)			
			对照	水煮中	油炸中	微波中
醇类	C11	正十二烷	—	—	1.81	—
	C12	Z,Z,Z-1,4,6,9-十九碳四烯	—	—	0.25	0.35
	C13	7-十七碳烯,1-氯	—	—	0.44	—
	C14	1,1-二甲基-2-辛基环丁烷	—	—	—	1.08
	物质种类		5	7	5	6
	总和		14.89	6.41	3.47	7.53
	D1	1-己烯-3-醇	1.61	—	—	—
	D2	1-戊醇	1.76	0.96	3.52	2.11
	D3	正己醇	4.18	—	—	—
	D4	1-辛烯-3-醇	4.50	7.39	7.24	10.06
	D5	2-乙基-1-己醇	1.77	0.71	—	—
	D6	1-辛醇	—	0.98	—	—
	D7	(Z)-2-辛烯-1-醇	—	0.84	0.44	3.68
	D8	2-戊醇,1-(2-亚甲基环丙基)-4-甲基	—	1.23	—	—
酮类	D9	1-十六烷醇,2-甲基	—	—	2.14	0.79
	D10	1-庚醇,6-甲基	—	—	1.23	2.65
	D11	异松醇	—	—	0.81	—
	D12	2,5-十五碳二烯-1-醇,(Z,Z)-	—	—	1.20	—
	D13	3-癸炔-2-醇	—	—	—	1.03
	物质种类		5	6	7	6
	总和		13.82	12.11	16.58	20.32
	E1	2,3-辛二酮	—	—	4.74	7.88
	E2	香叶基丙酮	—	—	0.4	—
	物质种类		—	—	2	1
总和		—	—	5.14	7.88	
其他化合物	F1	9-十六烯酸	—	—	0.25	—
	F2	甜菜碱	1.49	—	—	—
	F3	乙二醇二缩水甘油醚	1.65	—	—	—
	F4	1-亚甲基-1H-茚	1.31	0.39	—	0.77
	F5	8-甲基-6-壬烯酰胺	—	0.38	—	0.64
	F6	2-正戊基呋喃	—	—	2.11	—
	F7	2,3-蒎	—	—	0.81	—
	F8	胍基乙酸	—	—	—	0.84
	F9	1-十八烷基磺酰氯	—	—	—	1.11
	物质种类		3	2	3	4
总和		4.45	0.77	3.17	3.36	

注:“—”表示未检出。

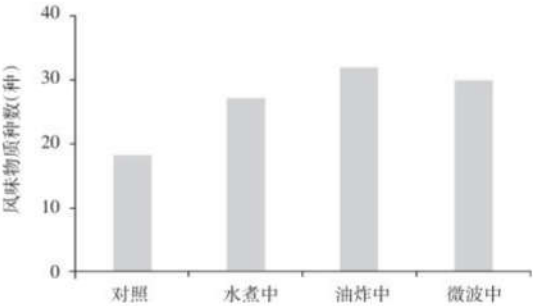


图 1 不同烹饪方式下黄颡鱼鱼肉挥发性风味物质的种数
Fig.1 The number of volatile flavor components
in *Pelteobagrus fulvidraco* by different
cooking methods

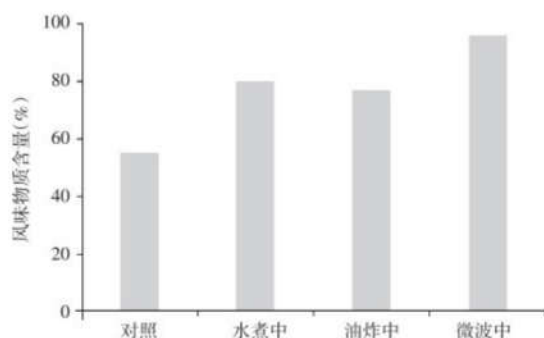


图2 不同烹饪方式下黄颡鱼鱼肉挥发性风味物质的含量

Fig. 2 The content of volatile flavor components in *Pelteobagrus fulvidraco* by different cooking methods

鱼肉中挥发性风味物质的种类及含量是评价鱼肉加热方法的重要标准之一,相关研究表明,烹饪方式与挥发性物质的形成对消费者的基本特征偏好和接受度有直接影响^[16]。由表4、图1和图2可知,水煮、油炸和微波加热的黄颡鱼鱼肉分别检测出27,32,30种挥发性物质,相对含量分别为80.04%、77.78%和96.46%。

3种烹饪方式处理鱼肉中,醛类化合物的含量都占到了一半左右,因此醛类化合物在鱼肉总体风味中的比例最高。醛类物质大部分来源于脂质氧化和降解^[17],其阈值较低,通过气味调和作用而对鱼肉的总体风味产生一定的影响^[18],鱼肉的肉香味大部分来源于此,具有代表性的醛类如己醛、壬醛和辛醛,能赋予鱼肉甜香味和果香味。鱼肉中检测出的酯类化合物对风味的贡献不大,其生成过程较为复杂,主要来源于微生物作用或酯化反应。研究表明,高温不利于酯类物质的形成^[19]。经水煮、油炸和微波处理后的鱼肉酯类相对含量都很低,且与生肉比较呈下降趋势。烃类物质的阈值较高,但在一定条件下可以形成醛类、酮类和酯类化合物,对总体风味的呈现有一定的潜在影响。醇类化合物来自羧基化合物的还原或脂肪在高温下的氧化分解,不饱和醇类的阈值相对于饱和醇类较低,油炸和微波后鱼肉中醇类物质的种类和含量均有所增加,可能是因为高温促使鱼肉中的蛋白质和脂肪降解,生成小分子的醇类物质。在油炸和微波处理中,分别检测出2种和1种酮类化合物,其中香叶基丙酮具有热带水果味和木香味^[20]。综合来看,微波处理下黄颡鱼中的醛类、醇类等主要风味物质的含量比水煮和油炸多,因此微波赋予黄颡鱼更丰富的风味。

3 结论

不同烹饪加热方式处理后的鱼肉,其基础营养物质、质构及风味物质发生了显著变化。与对照组相比,水煮对样品整体的品质特性影响最低,其中,中、高处理组的硬度和咀嚼性相对于油炸和微波较低,说明水煮处理的

肉质较嫩。油炸样品的蛋白质及脂肪的含量较高,产生风味物质的种类最多,达32种,但水分损失严重。微波高处理组的样品蛋白质和脂肪含量由原先的15.98 g/100 g和4.13 g/100 g,增加至29.97 g/100 g和6.72 g/100 g,且水分含量比同等时间油炸处理要高,硬度和咀嚼性较低,风味物质的相对含量最高,达96.46%。综合考虑鱼肉的营、质构和风味各项指标,得出微波加热处理的黄颡鱼鱼肉品质最佳,其中,微波60 s的鱼肉质感较好,微波100 s的鱼肉蛋白质和脂肪含量较高。

参考文献:

- [1]Kosulwat S, Greenfield H, Buckle K A. True retention of nutrients on cooking of Australian retail lamb cuts of differing carcass classification characteristics[J]. Meat Science, 2003,65(4):1410-1412.
- [2]Clausen I, Ovesen L. Changes in fat content of pork and beef after pan-frying under different conditions [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2005,18(2-3):201-211.
- [3]孙凤坤, 邢泽炳. 微波技术原理及其发展与应用[J]. 科技创新与应用, 2014(6):3-4.
- [4]Sahin S, Sumnu G. Effects of microwave cooking on fish quality[J]. International Journal of Food Properties, 2001, 4(3):501-512.
- [5]Hearn T L, Sgoutas S A, Sgoutas D S, et al. Stability of polyunsaturated fatty acids after microwave cooking of fish[J]. Journal of Food Science, 2006,52(5):1430-1431.
- [6]陈胜妹, 王恒鹏, 吴鹏, 等. 酱卤牛肉研究进展[J]. 中国调味品, 2019,44(4):181-183.
- [7]Barbara Nieva-Echevarria, Encarnacion Goicoechea, Maria J Manzanos, et al. Effects of different cooking methods on the lipids and volatile components of farmed and wild European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. Food Research International, 2017,103:48-58.
- [8]陈丽丽, 张树峰, 袁美兰, 等. 不同烹饪方式对脆肉鲩鱼肉营养品质的影响[J]. 中国调味品, 2019,44(10):40-45.
- [9]阮光峰, 范志红, 李楠楠, 等. 烹调对罗非鱼主要营养成分及脂肪酸的影响[J]. 中国农业大学学报, 2012(1):143-148.
- [10]杨铭铎, 邓云, 石长波, 等. 油炸过程与油炸食品品质的动态关系研究[J]. 中国粮油学报, 2006,21(5):93-97.
- [11]Bastias Jose M, Pamela B, Sergio A, et al. Determining the effect of different cooking methods on the nutritional composition of salmon (*Salmo salar*) and Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) fillets[J]. PloS One, 2017,12(7):1-10.
- [12]Alipour H J, Shabanpour B, Shabani A, et al. Effects of cooking methods on physico-chemical and nutritional properties of Persian sturgeon *Acipenser persicus* fillet[J]. International Aquatic Research, 2010,2(1):15-23.
- [13]Maria Dolores Ayala, Abdel I, Santaella M, et al. Muscle tissue structural changes and texture development in sea bream, *Sparus aurata* L. during post-mortem storage[J]. LWT-Food Science and Technology, 2010,43(3):470-475.

(下转第107页)

72, $C = 100\%$, $D = 40$, 此时预测的水解度最大值为48.7683%。

2.2.3 双菌发酵最佳优化工艺及验证试验

为确定预测值的可靠性与准确性,依据回归模型优化金枪鱼下脚料双菌发酵的最佳条件,并结合实际生产操作的可行性,最佳工艺参数设定为:基质水分含量90%~100%,接种量14 mL/100 g,双菌接种量比7:7,发酵温度40℃,发酵时间72 h,初始pH 7.5。以此条件进行3次重复试验,结果见表4。

表4 双菌发酵最佳参数及验证试验结果

Table 4 The optimum parameters of double bacteria fermentation and the results of verification test

初始 pH	发酵时间 (h)	发酵温度 (℃)	基质水分含量 (%)	接种量 (mL/100 g)	双菌接种量比	预测值 (%)	平均值 (%)	误差 (%)
7.5	72	40	90~100	14	7:7	48.7683	48.2912	0.98

由表4可知,水解度的测定值(48.2912%)与预测值(48.7683%)的误差为0.98%,未表现出显著差异性,说明该RSM模型能替代试验预测双菌发酵的实际情况。

3 结论

以单因素试验为基础,确定发酵温度、发酵时间、双菌接种量比和基质水分含量进行响应面试验设计,优化金枪鱼下脚料双菌发酵制备调味料的工艺,BBD模型拟合与方差分析结果表明:所建回归模型效果极显著,4个因素及两因素之间的交互作用对水解度的影响极显著,各因素的影响大小顺序是基质水分含量(C)>双菌接种量比(A)>发酵温度(D)>发酵时间(B);优化所得最佳工艺参数为基质水分含量90%~100%,接种量14 mL/100 g,双菌接种量比7:7,发酵温度40℃,发酵时间72 h,初始pH值7.5。水解度与预测值无显著性差异,表明RSM模型可替代试验预测双菌发酵制备调味料的实际情况。

参考文献:

- [1]段振华,王素华.金枪鱼的加工利用技术研究进展[J].肉类研究,2013,27(8):35-38.
- [2]蔡路昀,张滋慧,李秀霞,等.鱼类下脚料在工业中应用的研究进展[J].食品工业科技,2017(8):356-363.
- [3]Roslan J, Yunus K F M, Abdullah N, et al. Characterization of fish protein hydrolysate from tilapia (*Oreochromis niloticus*) by-product[J]. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 2014(2):312-319.

(上接第100页)

- [14]李肖婵,林琳,郑静静,等.不同复合包装材料对即食小龙虾品质的影响[J].中国调味品,2020,45(3):118-124.
- [15]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.
- [16]Dominguez Rubén, Borrajo P, Lorenzo José M, et al. The effect of cooking methods on nutritional value of foal meat[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2015, 43:61-67.

- [4]何小庆,曹文红,章超桦,等.波纹巴非蛤蛋白酶解产物的抗氧化活性及分子量分布研究[J].现代食品科技,2014,30(1):74-80.
- [5]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):88-91.
- [6]史博文,孙维维,薛长湖,等.酶在南极磷虾高值化利用中的研究进展[J].食品工业科技,2018,39(13):320-324.
- [7]朱文慧,杨琬琳,步营,等.超高压耦合酶解鳕鱼骨的工艺优化及其对酶解液滋味的影响[J].食品工业科技,2019,40(4):214-219.
- [8]孙一玮,李雪,刘春娥,等.响应面法优化双酶复合水解鳕鱼加工副产物的加工工艺[J].食品安全质量检测学报,2017,8(7):2768-2773.
- [9]李剑瑛,施沈佳,黎中宝,等.赤鲋鱼鱼皮制备胶原肽的酶解工艺优化及其理化特性分析[J].食品工业科技,2019,40(10):184-193.
- [10]Chi C F, Hu F Y, Li Z R, et al. Influence of different hydrolysis processes by trypsin on the physicochemical, antioxidant and functional properties of collagen hydrolysates from *Sphyrna lewini*, *Dasyatis akjei* and *Raja porosa* [J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2016, 25(5):616-632.
- [11]Chen J D, Li L, Yi R Z, et al. Release kinetics of tilapia scale collagen I peptides during tryptic hydrolysis[J]. Food Hydrocolloids, 2018, 77:931-936.
- [12]张宁,孙力军,王雅玲,等.纳豆芽孢杆菌 NT-6 固态发酵罗非鱼下脚料条件优化及产脂肽组分分析[J].食品科学,2016,37(21):144-150.
- [13]刘晓宇,罗仓学,张雯.响应面法优化鹰嘴豆发酵纳豆工艺[J].中国调味品,2019,44(2):51-55.
- [14]邹大维,熊建军,刘桂琼,等.鱼酱酸调味料中总酸、氨基酸态氮检测分析[J].中国调味品,2018,43(3):149-151.
- [15]温志鹏,耿予欢,许彩虹,等.响应面法优化蛋白酶酶解海带蛋白的工艺研究[J].食品工业,2019(1):112-116.
- [16]于慧,李明艳,张典,等.响应面试验优化裙带菜蛋白酶解工艺及酶解液抗氧化活性[J].食品科学,2017,38(6):96-103.
- [17]于慧,刘海梅,李蒙娜,等.响应面法优化龙须菜蛋白酶解工艺及酶解液的抗氧化活性[J].食品工业科技,2017(12):29.

- [17]步营,李月,朱文慧,等.不同烹饪方式对海鲈鱼品质和风味的影响[J].中国调味品,2020,45(1):26-30.
- [18]王嘉瑞,李青卓,胡文康,等.腊八豆挥发性风味物质的研究[J].中国调味品,2020,45(3):145-151.
- [19]Lorenzo José M, Domínguez Rubén. Cooking losses, lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat as affected by cooking procedure[J]. Flavour and Fragrance Journal, 2014, 29(4):240-248.
- [20]刘欣,赵改名,柳艳霞,等.肉桂块和肉桂粉对卤鸡腿肉挥发性风味成分影响的比较[J].食品科学,2013(14):223-226.