

杜智翔,张茜,黄琪琳,等.酵母抽提物对鱼糕凝胶品质和风味特性的影响[J].华中农业大学学报,2022,41(1):219-228.  
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2022.01.022

# 酵母抽提物对鱼糕凝胶品质和风味特性的影响

杜智翔<sup>1</sup>,张茜<sup>1</sup>,黄琪琳<sup>1</sup>,李沛<sup>2</sup>,郭江勇<sup>2</sup>,覃先武<sup>2</sup>,熊建<sup>2</sup>

1.华中农业大学食品科学技术学院/国家大宗淡水鱼加工技术研发分中心(武汉),武汉 430070;

2.安琪酵母股份有限公司,宜昌 443003

**摘要** 为研究不同类型酵母抽提物对鱼糕凝胶品质和风味特性的影响,分别添加 7 种不同类型酵母抽提物(FA31、FA37、FIG12、KU012、FIG22、KA66、FG10)和味精,测定鱼糕的白度、质构特性、凝胶强度和持水性,综合感官评分选取 3 种酵母抽提物(KA66、FA31、KU012),进一步采用电子舌对鱼糕滋味整体评判,并结合电子鼻和顶空固相微萃取-气质色谱-质谱联用技术(HS-SPME-GC-MS),对鱼糕的挥发性风味物质进行鉴定分析。结果表明:酵母抽提物可以改善鱼糕的凝胶品质,含 20%葡聚糖的 FA37 型酵母抽提物对鱼糕的白度、凝胶强度和持水性都有显著提升作用;含 80%多肽的 FA31 型酵母抽提物可明显提升鱼糕的白度。添加 3 种酵母抽提物(FA31、KU012、KA66)后的鱼糕鲜味和咸味值明显提高,对于苦味和酸味差异不大。添加 3 种酵母抽提物后鱼糕的主要腥味物质 1-辛烯-3-醇、壬醛等含量均有不同程度的减少。此外,在添加 KA66 的鱼糕中新鉴定出正己醇、2,6-二乙基吡嗪、2-庚酮、癸烷等对鱼糕风味特征有贡献作用的风味物质。因此,添加酵母抽提物可以改善鱼糕的凝胶品质,丰富并提升鱼糕的风味特性。

**关键词** 酵母抽提物;鱼糕;凝胶品质;风味;调味料;顶空固相微萃取-气质色谱-质谱联用技术

**中图分类号** TS 254.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2022)01-0219-10

鱼糕是将采出的鱼肉漂洗后,加入肥膘肉、淀粉等辅料蒸制而成,具有滑嫩可口、营养丰富等特点,是湖北省传统特色鱼糜制品之一<sup>[1]</sup>。漂洗是鱼糜加工的重要步骤,可以除去水溶性蛋白质、色素、脂肪、腥味物质等成分,改善鱼糜品质,但同时也会造成一些水溶性游离氨基酸、呈味核苷酸和呈味肽的损失,使鱼糕鲜味不足<sup>[2]</sup>。此外,鱼糜中残留的腥味物质,蒸制造成的挥发性风味物质的损失<sup>[3]</sup>,都会对鱼糕的风味造成不利影响。因此,如何保持和提升鱼糕产品的风味是行业内的研究重点。

酵母抽提物(yeast extract, YE)是以食用酵母为原料,经酶解、浓缩制成的一种天然调味料,富含氨基酸、核苷酸、多肽和 B 族维生素等,不仅能作为风味原料,还能作为风味前驱物参与风味的形成<sup>[4]</sup>,赋予食品浓郁的肉香、酱香,起到提鲜、增咸等作用,已广泛应用于食品风味的改善。目前,酵母抽提物在水产品中调味应用的研究逐渐增多。任佳悻等<sup>[5]</sup>研究发现 FIG18LS 型酵母抽提物富含鲜味氨基酸、鲜味核苷酸和多种呈肉香味的气味活性化合物,可

以很好地掩蔽清蒸鱼片的腥味,并赋予鱼片浓厚的鲜味;翟营营等<sup>[6]</sup>研究发现酵母抽提物(KA66、FA28、KU012、FA01)的加入均能使鱼糜制品鲜味显著提升,回味绵长,对鱼糜制品的土腥味也有明显的抑制作用。但是关于酵母抽提物对鱼糜制品挥发性风味物质的影响尚无报道。此外,不同类型的酵母抽提物由于菌种、生产工艺等的不同,成分、色泽、香气等特征都具有显著的差异<sup>[7]</sup>,对鱼糜制品的凝胶品质和风味特性也有不同的影响。

本研究通过在鱼糕中添加不同类型的酵母抽提物,研究其对鱼糕白度、质构特性、凝胶强度、持水性等凝胶品质的影响,进一步采用电子舌、电子鼻和 HS-SPME-GC-MS,综合评价酵母抽提物对鱼糕增味抑腥的作用,探索提升鱼糕风味的有效方法。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

草鱼(约 3.5 kg/尾)、葱、姜、鸡蛋、肥膘肉、食

收稿日期:2021-10-31

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFD0901003);安琪酵母股份有限公司技术合作项目(2020-4201-13-000898)

杜智翔, E-mail: dzx981218@163.com

通信作者:黄琪琳, E-mail: hql@mail.hzau.edu.cn; 熊建, E-mail: xiongjian@angelyeast.com

盐、白砂糖、马铃薯淀粉,购于华中农业大学中百超市。KA66型、FA31型、FG10型、KU012型、FIG22型、FIG12型、FA37型酵母抽提物(表1),安琪酵母股份有限公司。

色谱级邻二氯苯,美国Sigma-Aldrich公司。

## 1.2 仪器与设备

鱼糕模具,广州绿宝烘焙有限公司;AC2IOS型分析天平,德国Sartorius公司;OIDIRE食品调

理机,中山市优益电器实业有限公司;CR-400型色差仪,日本柯尼卡美能达公司;TA-XT Plus型物性测试仪,英国Stable Micro System公司;Avanti J-26XP型高速冷冻离心机,美国Beckman Coulter公司;FOX4000型电子鼻,法国Alpha M.O.S公司;MOS ASTREE型电子舌,法国Alpha M.O.S公司;QP2010Ultra型气相色谱-质谱联用仪,日本岛津公司。

表1 YE种类及成分

Table 1 Types and components of YE

酵母抽提物种类 Types of YE	白度 Whiteness	水分/% Moisture	总氮/% Total nitrogen	灰分/% Ash	NaCl/%	特殊成分含量/% Special ingredient content
FA31	67.01	≤6.0	≥9.0	≤15.0	≤3.0	肽 Peptide ≥80.0
FA37	75.52	≤6.0	≥7.0	≤15.0	≤5.0	葡聚糖 Glucan ≥20.0
FIG12	58.56	≤6.0	≥8.5	≤15.0	≤5.0	谷氨酸 Glutamate ≤12.0、 I+G 8.0~12.5
KU012	39.07	≤6.0	≥9.0	≤15.0	≤3.0	谷氨酸 Glutamate 9.0~12.0、 I+G 8.0~12.5
FIG22	57.66	≤6.0	≥8.5	≤15.0	≤5.0	谷氨酸 Glutamate ≤12.0、 I+G 20.0~24.0
KA66	57.09	≤6.0	≥8.0	≤15.0	17.0~22.0	谷氨酸 Glutamate ≤12.0
FG10	60.77	≤6.0	≥8.0	≤15.0	≤5.0	总谷胱甘肽 Total glutathione 10.0~14.0

## 1.3 鱼糕的制备方法

1)采肉。新鲜草鱼将其尾部、头部、红肉、内脏等去掉后,清洗干净,采出白肉,采肉率约为18%。

2)漂洗。采出的白肉称量后,以自来水:鱼肉为5:1的质量比进行漂洗10 min,漂洗3次。

3)加料斩拌。清洗后的鱼肉分3步进行斩拌。空斩:将鱼肉和肥膘肉放入调理机中空斩2 min;盐斩:加入食盐斩拌1 min;调味斩:将剩余辅料加入调理机中斩拌2 min。前期试验确定了鱼糕的最优配方(以鱼肉总质量为100 g计)为:酵母抽提物或味精添加量为0.5 g、食盐添加量2 g、淀粉添加量为10 g、肥膘肉添加量10 g、白砂糖0.5 g、鸡蛋清8 g、葱姜汁10 g。

4)成型。将斩拌好的鱼糜放入模具中,并整理成型。

5)蒸煮。将整理成型后的鱼糜在100℃蒸制25 min。

6)真空包装。鱼糕冷却到室温后,进行真空包装。

## 1.4 白度的测定

将鱼糕切成边长为2 cm的立方体,使用标准白板校正后的色差仪测定样品的 $L^*$ 、 $a^*$ 和 $b^*$ 值,按式(1)计算白度 $W$ :

$$W = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

## 1.5 质构特性(TPA)的测定

参考李孚杰<sup>[1]</sup>方法并稍作修改。将平衡至室温的鱼糕切成边长为2 cm的立方体,置于测试台上进行测试。测试条件为:P/36R探头,测前、测中、测后速率均为1 mm/s,样品压缩比30%,2次压缩间隔时间5 s,触发力5 g。

## 1.6 凝胶强度的测定

将平衡至室温的鱼糕切成边长为2 cm的立方体,置于测试台上进行测试。测试条件为:P/0.25S探头,测前速度5 mm/s,测中速度1 mm/s,测后速度5 mm/s,压缩距离15 mm。按式(2)计算凝胶强度,单位为 $g \cdot mm$ 。

$$\text{凝胶强度} = \text{破断力} \times \text{破断距离} \quad (2)$$

## 1.7 持水性的测定

将鱼糕切成厚度2 mm左右的薄片,记录质量为 $m_1$ ,用2层滤纸包裹鱼糕后放入离心管中,4 000 r/min离心15 min后再次称质量,记为 $m_2$ ,每个样品重复5次。按式(3)计算持水性(WHC)。

$$\text{WHC} = m_2 / m_1 \times 100\% \quad (3)$$

## 1.8 感官评价

鱼糕样品放置在随机三位数编码的白色一次性纸盘中,由8位经过培训的感官评价人员(年龄22~26岁,4名男生,4名女生)按照表2标准对鱼糕的色泽、气味、滋味、组织形态和弹性等感官指标进行

评价,计算得出感官评价总分。感官评价标准参考李孚杰<sup>[1]</sup>和翟营营等<sup>[6]</sup>并稍作修改。

### 1.9 电子舌和电子鼻测定

参考任佳悻等<sup>[5]</sup>的方法进行电子舌测定。参考刘念等<sup>[8]</sup>的方法进行电子鼻测定。

### 1.10 HS-SPME-GC-MS 测定鱼糕挥发性成分

准确称取 3.0 g 鱼糕样品于 20 mL 顶空瓶

中,加入 7 mL 的饱和食盐水和 300  $\mu$ L 内标物邻二氯苯(1  $\mu$ g/mL),于 60  $^{\circ}$ C 下平衡 3 min,插入 65  $\mu$ m DVB/CAR/PDMS 萃取头萃取 50 min,萃取完成后插入气相色谱-质谱进样口 250  $^{\circ}$ C 解吸 5 min。

气相色谱-质谱条件参考黄晶晶等<sup>[9]</sup>的

方法。

表 2 鱼糕感官评价标准

Table 2 Sensory evaluation standard of fish cakes

指标 Index	分值 Score	评分标准 Score criteria	权重 Weight factor
色泽 Color	7~9	洁白,光泽感明显 White, strongly glossy	0.1
	4~6	稍有黄色,有光泽感 Slightly yellow, glossy	
	1~3	颜色偏黄,光泽感黯淡 Yellow, dull	
气味(嗅闻) Off-odor (smell)	7~9	闻起来无鱼腥味 No fishy smell	0.15
	4~6	闻起来稍有鱼腥味 Slightly fishy smell	
	1~3	闻起来有较重鱼腥味 Strongly fishy smell	
气味(咀嚼) Off-odor (chew)	7~9	咀嚼后无鱼腥味 No fishy smell	0.15
	4~6	咀嚼后稍有鱼腥味 Slightly fishy smell	
	1~3	咀嚼后有较重鱼腥味 Strongly fishy smell	
滋味 Taste	7~9	鲜味明显,回味绵长 Significantly umami taste, strong mellow taste, lasting aftertaste	0.3
	4~6	有鲜味,回味适中 Umami taste, moderate aftertaste	
	1~3	无鲜味,有苦味和酸涩味 No umami taste, bitter and sour taste	
组织形态 Tissue	7~9	断面紧密,有小气孔,无大气孔 Compact section, small pores, no large pores	0.1
	4~6	断面基本密实,有大气孔 Medium compact section, large pores	
	1~3	断面松软,有大气孔且分布不均匀 Soft section, large pores and uneven distribution	
弹性 Springiness	7~9	用力按压表面不断裂,放手迅速恢复原状 No breaking when pressed, rapid restitution	0.2
	4~6	用力按压表面不断裂,放手不能快速恢复原状 No breaking when pressed, medium restitution	
	1~3	用力压表面破裂 Cracking when pressed	

### 1.11 数据处理

试验数据采用 Excel 2019 和 Origin 2018 进行处理,采用 SPSS Statistics 25 进行 ANOVA 及 Duncan's 检验( $\alpha=0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 白度

白度值是评价鱼糜制品品质的一个重要指标,一般要求鱼糜制品有较大的白度值和  $L^*$  值,

较小的  $b^*$  和  $a^*$  值。由表 3 可知,添加酵母抽提物对鱼糕白度有显著影响,KA66、FIG12 和 FIG22 都会导致鱼糕的白度值显著降低( $P<0.05$ ),而 FA37、FA31 和味精组鱼糕的白度值则显著增大( $P<0.05$ ),这也与感官评价的结果较为接近。

### 2.2 质构特性

鱼糕的质构特性包括硬度、弹性、内聚性和咀嚼性等参数,如表 4 所示,添加不同类型酵母抽提物和

表 3 添加不同 YE 对鱼糕白度的影响

Table 3 Effect of adding different YE on the whiteness of fish cakes

样品 Sample	$L^*$	$a^*$	$b^*$	W
对照 Control	84.39 $\pm$ 0.38bc	-1.67 $\pm$ 0.17bc	6.58 $\pm$ 0.45c	82.95 $\pm$ 0.09b
MSG	84.27 $\pm$ 0.28c	-1.90 $\pm$ 0.20c	4.81 $\pm$ 0.78d	83.43 $\pm$ 0.12a
KA66	84.46 $\pm$ 0.19bc	-1.31 $\pm$ 0.14a	7.44 $\pm$ 0.33b	82.71 $\pm$ 0.08c
FA31	84.92 $\pm$ 0.05a	-1.48 $\pm$ 0.18ab	6.86 $\pm$ 0.15bc	83.37 $\pm$ 0.09a
FG10	84.70 $\pm$ 0.11ab	-1.33 $\pm$ 0.15a	7.30 $\pm$ 0.14bc	82.99 $\pm$ 0.11b
KU012	84.68 $\pm$ 0.15ab	-1.87 $\pm$ 0.03c	7.53 $\pm$ 0.25b	82.83 $\pm$ 0.07bc
FIG12	83.44 $\pm$ 0.22d	-1.88 $\pm$ 0.10c	6.78 $\pm$ 0.17bc	82.01 $\pm$ 0.21d
FIG22	83.16 $\pm$ 0.12d	-1.54 $\pm$ 0.05ab	8.22 $\pm$ 0.48a	81.19 $\pm$ 0.11e
FA37	84.29 $\pm$ 0.18c	-1.92 $\pm$ 0.17c	5.31 $\pm$ 0.37d	83.30 $\pm$ 0.08a

注:同列不同字母表示有显著性差异( $P<0.05$ ),下同。Note: The different letters in the same column indicate significant differences ( $P<0.05$ ). The same as below.

表 4 添加不同 YE 对鱼糕 TPA 的影响

Table 4 Effect of adding different YE on TPA of fish cakes

样品 Sample	硬度/g Hardness	弹性 Springiness	内聚性 Cohesiveness	咀嚼性/g Chewiness
对照 Control	801.30±65.43ab	0.97±0.01a	0.780±0.003bc	618.61±9.07ab
MSG	830.27±9.03ab	0.93±0.03a	0.800±0.005a	548.18±9.49b
KA66	807.17±78.94ab	0.95±0.01a	0.770±0.020c	589.28±38.47ab
FA31	796.64±28.64ab	1.10±0.28a	0.770±0.010c	679.56±184.11ab
FG10	864.16±112.47ab	0.96±0.01a	0.770±0.004c	705.87±81.93a
KU012	757.93±11.37b	0.93±0.02a	0.790±0.007ab	630.82±16.03ab
FIG12	747.31±20.49b	0.94±0.02a	0.800±0.006a	560.31±9.02b
FIG22	887.99±25.47a	0.95±0.01a	0.770±0.005c	726.10±24.24a
FA37	805.60±89.39ab	0.96±0.01a	0.790±0.007ab	616.28±64.36ab

味精对鱼糕的硬度、弹性和咀嚼性都无显著影响 ( $P>0.05$ ),但 FIG12 和味精能显著提升鱼糕的内聚性 ( $P<0.05$ )。

### 2.3 凝胶强度

如图 1 所示,与空白组相比,FA37、味精、KU012 和 FIG12 都能提高鱼糕的凝胶强度,其中添加 FA37 和味精的鱼糕凝胶强度显著增大 ( $P<0.05$ ),分别增大了 16.4% 和 16.2%,而添加 FG10 和 FA31 的鱼糕凝胶强度显著降低 ( $P<0.05$ ),分别降低了 22.2% 和 12.6%。

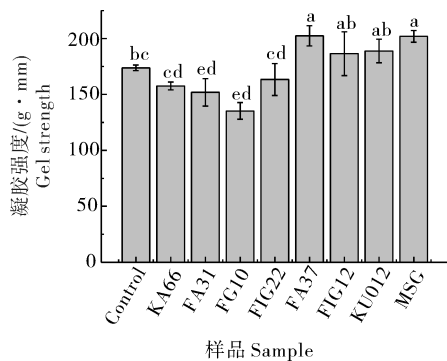


图 1 添加不同 YE 对鱼糕凝胶强度的影响

Fig.1 Effect of adding different YE on gel strength of fish cakes

### 2.4 持水性

如图 2 所示,7 种酵母抽提物对鱼糕持水性的影响有显著差异。与空白组相比,添加 FG10、FIG22 和 FA31 的鱼糕持水性显著降低 ( $P<0.05$ ),而添加 FA37、FIG12、KA66 和味精时,鱼糕的持水性显著升高 ( $P<0.05$ ),其中 FA37 对鱼糕持水性的增强作用最大。

### 2.5 感官品质

如表 5 所示,添加不同类型的酵母抽提物对鱼糕感官品质的影响不同,KA66、FA31、KU012 对鱼糕的整体感官品质有提升作用,而 FIG12、FIG22、FA37 则对鱼糕的整体感官品质有不利影响,但添

加酵母抽提物的鱼糕与空白组相比,气味得分都有所提升,可能是由于酵母抽提物中的某些物质与异味物质反应,或是美拉德反应形成了新的风味物质,从而使鱼糕的气味得到改善。

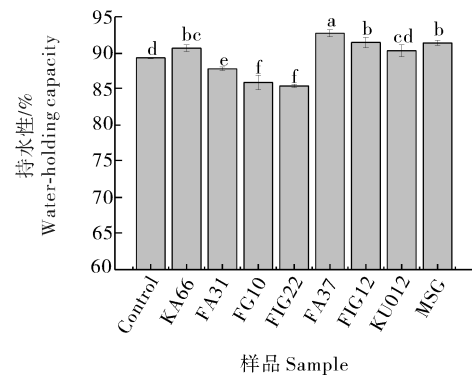


图 2 添加不同 YE 对鱼糕持水性的影响

Fig.2 Effect of adding different YE on the water-holding capacity of fish cakes

### 2.6 电子舌

根据凝胶品质的研究结果,综合感官评分选取了 3 种酵母抽提物(KA66、FA31、KU012)和味精进行后续风味特性的实验。采用电子舌对 5 组鱼糕的鲜味、咸味、甜味、酸味、苦味进行检测,结果如图 3 所示,相较于空白组,添加酵母抽提物和味精后鱼糕的鲜味和咸味都得到了显著的提高 ( $P<0.05$ ),苦味、酸味和甜味则差别不大,并且 3 种酵母抽提物对鱼糕鲜味和咸味的提升作用与等量的味精无显著差异 ( $P>0.05$ ),说明这 3 种酵母抽提物都有明显的提味增鲜的作用。KU012、KA66 和 FA31 含有大量的谷氨酸、核苷酸和低聚肽等对鲜味有较大贡献的滋味成分,这可能正是这 3 种酵母抽提物对鱼糕鲜味有显著提升的原因。此外,KA66 含有大量的 NaCl,而 KU012 和 FA31 中 NaCl 含量较低,但这 3 种酵母抽提物组鱼糕经电子舌测定的咸味响应值近似,说明 KU012 和 FA31 中可能含有与 NaCl 有呈味相乘作用的物质。

表 5 添加不同 YE 对鱼糕感官品质的影响

Table 5 Effect of adding different YE on sensory quality of fish cakes

样品 Sample	色泽 Color	气味(嗅闻) Off-odor (smell)	气味(咀嚼) Off-odor (chew)	滋味 Taste	组织状态 Tissue	弹性 Springiness	总分 Total score
Control	0.80±0.06ab	1.00±0.15a	1.00±0.16a	2.00±0.23a	0.750±0.030a	1.40±0.06a	6.95±0.69a
MSG	0.88±0.05a	1.03±0.17a	1.05±0.14a	2.21±0.32a	0.710±0.110ab	1.45±0.26a	7.33±1.05a
KA66	0.75±0.05ab	1.09±0.17a	1.14±0.11a	2.29±0.22a	0.790±0.080a	1.58±0.13a	7.64±0.76a
FA31	0.80±0.10ab	1.07±0.15a	1.09±0.19a	2.10±0.36a	0.730±0.046ab	1.53±0.24a	7.28±1.08a
FG10	0.74±0.16ab	1.07±0.13a	1.05±0.18a	1.91±0.39a	0.710±0.064ab	1.48±0.21a	6.96±1.13a
KU012	0.79±0.08ab	1.01±0.19a	1.05±0.27a	2.18±0.57a	0.690±0.064ab	1.43±0.27a	7.15±1.44a
FIG12	0.65±0.14b	1.01±0.21a	1.07±0.26a	2.02±0.47a	0.740±0.110ab	1.38±0.31a	6.87±1.50a
FIG22	0.69±0.10ab	1.07±0.20a	1.09±0.13a	1.99±0.36a	0.590±0.099b	1.45±0.14a	6.88±1.02a
FA37	0.78±0.08ab	1.09±0.17a	1.01±0.19a	1.73±0.21a	0.780±0.071a	1.45±0.18a	6.84±0.90a

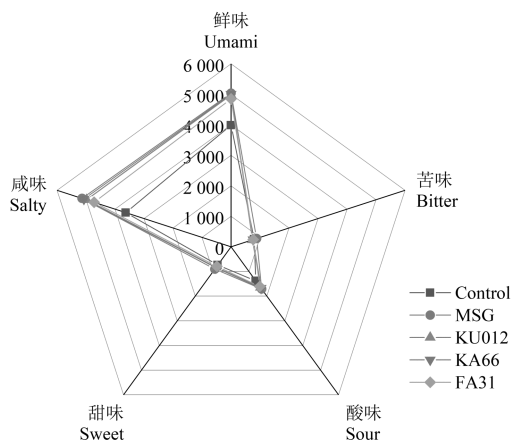


图 3 添加不同 YE 的鱼糕电子舌雷达图  
Fig.3 Electronic tongue radar chart of fish cakes with different YE

通过 PCA 分析法对 5 组鱼糕间的电子舌响应信号进行对比分析。如图 4 所示,PC1 的贡献率为 80.797%,PC2 的贡献率为 15.436%,累积贡献率达 96.233%,能够很好地代表鱼糕的总体滋味特征。添加酵母抽提物和味精的鱼糕滋味特征都与空白组有显著差异,并且 KA66、FA31、KU012 这 3 种酵母抽提物鱼糕的滋味特征也有显著差异。KU012 组和味精组相距较近,但 5 组样品之间没有明显的重叠,说明 PCA 可以将添加不同类型酵母抽提物的鱼糕样品有效分开。

2.7 电子鼻

采用 P/T/LY 金属氧化物传感器(ppb 级)对 5 组鱼糕中的挥发性成分进行检测。如图 5 所示,T、P 这 2 种类型传感器对鱼糕的响应值较高,而 LY 型传感器对鱼糕的响应值较低。5 组鱼糕产品的风味轮廓相似,说明各组所含的对风味贡献较大的化合物种类基本一致,并且与空白组相比,添加酵母抽提物和味精的鱼糕对 T、P 这 2 类传感器的响应值均有显著提高( $P < 0.05$ ),表明添加酵母抽提物可以

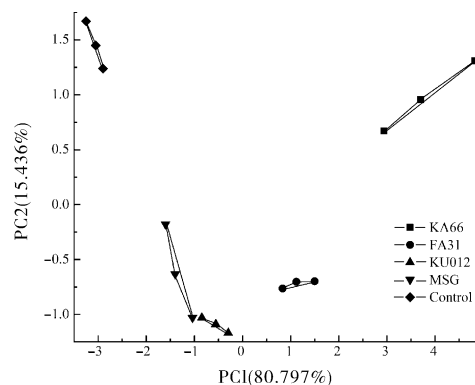


图 4 添加不同 YE 的鱼糕电子舌响应信号 PCA 分析  
Fig.4 Electronic tongue response signal PCA analysis offish cakes with different YE

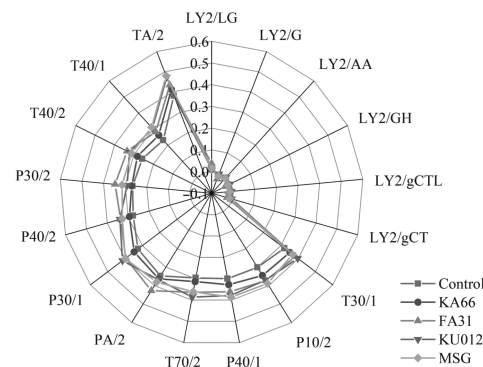


图 5 添加不同 YE 的鱼糕电子鼻雷达图  
Fig.5 Electronic nose radar chart of fish cakes with different YE

提高醛、酮、醇、烯烃类挥发性风味物质的种类或含量,使鱼糕的气味更加丰富浓郁。

由图 6 可知,2 个主成分贡献率分别为 81.647%、8.510%,累积贡献率 90.157%,说明这 2 种主成分基本能够反映鱼糕的总体风味特征。并且由图中各组之间的距离可以看出,味精组与空白组相距较近,气味差异较小,而添加酵母抽提物后的鱼糕与空白组相距较远,气味特征差异更大,KA66、

FA31、KU012 这 3 种酵母抽提物鱼糕的气味特性也有明显的差异,表明酵母抽提物对鱼糕的整体风味有更大的影响,并且不同种类的酵母抽提物会使鱼糕整体风味有不同的改变。

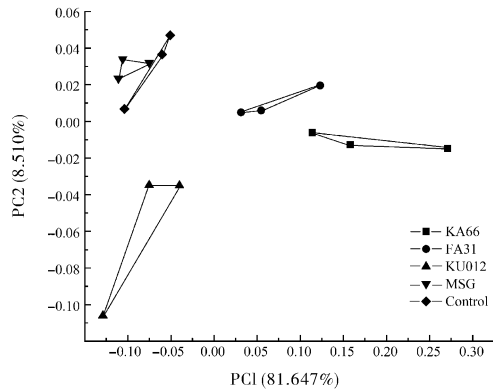


图 6 添加不同 YE 的鱼糕电子鼻响应信号 PCA 分析  
Fig.6 Electronic nose response signal PCA analysis of fish cakes with different YE

## 2.8 挥发性成分

如表 6 所示,空白组、KA66 组、FA31 组和 KU012 组 4 种鱼糕中分别鉴定出 19、23、22、19 种风味化合物,在添加了酵母抽提物 KA66 和 FA31 的鱼糕中,风味化合物分别增加了 4、3 种,而 KU012 组风味物质的种类保持不变。鱼糕中检测出的醛类、醇类物质相对含量最多,其次为酯类、烃类,最后为酮类、酚类和其他类。

由表 7 可以看出,己醛、庚醛、壬醛、(E)-2-癸烯醛、(E,E)-2,4-癸二烯醛和 1-辛烯-3-醇对鱼糕总体挥发性气味贡献较大(OAV >1)。添加酵母抽提物后鱼糕中检测出的腥味物质的种类和含量明显减少。鱼油味的(E,E)-2,4-癸二烯醛、油脂味的(E)-2-辛烯醛和(E)-2-癸烯醛等都是鱼糜制品中腥味的主要来源<sup>[10]</sup>,这 3 种醛类化合物在空白组都有检出,而在 KA66 组和 FA31 组均未被检出,在 KU012 组虽然被检测出,但含量分别减少 33.3%、20.9%和

表 6 添加不同 YE 的鱼糕挥发性风味物质分析

Table 6 Analysis of volatile flavor compounds in fish cakes with different YE

类别 Species	化合物 Compounds	CK	KA66	FA31	KU012
醛类 Aldehydes	己醛 Hexanal	5.59	17.59	8.66	5.04
	庚醛 Heptanal	3.80	7.70	7.80	3.30
	癸醛 Decanal	0.40	0.78	0.19	—
	壬醛 Nonanal	9.80	1.94	1.21	8.60
	(E)-2-癸烯醛 (E)-2-Decenal	1.10	—	—	0.87
	(E,E)-2,4-癸二烯醛 (E,E)-2,4-Decadienal	0.76	—	—	0.34
	(E)-2-辛烯醛 (E)-2-Octenal	0.09	—	—	0.06
	13-十四醛 13-Tetradecanal	—	—	—	0.15
	十六醛 Hexadecanal	0.26	—	—	—
	4-乙基苯甲醛 4-Ethylbenzaldehyde	—	0.12	0.10	0.15
种类 Types	3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛 3,7-Dimethyl-2,6-octadienal	0.12	0.74	0.12	0.87
	1-甲基-3-环乙烯-1-甲醛 1-Methyl-3-cycloethylene-1-formaldehyde	—	—	0.20	—
	1-甲基-3-环己烯-1-羧醛 1-Methyl-3-cyclohexene-1-carboxyaldehyde	—	0.24	—	—
	种类 Types	9	7	7	9
酮类 Ketones	2-十五烷酮 2-Pentadecanone	0.11	—	0.13	0.79
	2-庚酮 2-Heptanone	—	0.27	—	—
种类 Types		1	1	1	1
醇类 Alcohols	正己醇 Hexanol	—	1.46	—	—
	1-辛烯-3-醇 1-Octen-3-ol	14.46	13.55	10.39	5.87
	4-甲基-5-癸醇 4-Methyl-5-decanol	—	0.22	0.17	0.46
	1,7-辛二烯-3-醇 1,7-Octadiene-3-ol	—	0.23	0.15	—
	环辛醇 Cyclooctanol	0.22	0.51	0.33	0.23
	$\alpha$ -松油醇 $\alpha$ -Terpineol	0.70	0.83	0.91	—
	(R)-3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇 (R)-3,7-Dimethyl-1,6-octadiene-3-ol	—	0.68	0.60	—
2-茨醇 Borneol	0.11	0.38	—	—	
种类 Types		4	8	6	3

续表 6 Continued Table 6

类别 Species	化合物 Compounds	CK	KA66	FA31	KU012
烃类 Hydrocarbons	十二烷 Dodecane	—	0.78	0.97	—
	十三烷 Tridecane	—	0.13	0.11	0.10
	癸烷 Decane	—	1.58	—	—
	7-亚丙基-双环庚烷 7-Propyl-bicycloheptane	—	—	0.11	—
	5-(1,5-二甲基-4-己烯基)-2-甲基-1,3-环己二烯	1.83	—	0.93	0.79
	5-(1,5-Dimethyl-4-hexenyl)-2-methyl-1,3-cyclohexadiene	—	—	1.38	—
	3,5-二甲基-辛烷 3,5-Dimethyl-octane	—	—	—	—
(E)-十六烷基-2-烯 (E)-Cetyl-2-ene	0.33	—	—	—	
种类 Types		2	3	5	2
酯类 Esters	正癸酸乙烯酯 Vinyl decanoate	1.44	3.40	3.05	1.36
种类 Types		1	1	1	1
酚类 Phenols	3-烯丙基-6-甲氧基苯酚 3-Allyl-6-methoxyphenol	—	—	0.08	—
	(1R)-顺-马鞭草酚 (1R)-cis-Verbenol	—	0.31	—	0.38
	丁香酚 Eugenol	0.13	—	—	0.10
种类 Types		1	1	1	2
呋喃类 Furans	2-戊基呋喃 2-Pentylfuran	0.77	0.95	0.84	1.37
种类 Types		1	1	1	1
吡嗪类 Pyrazines	2,6-二乙基吡嗪 2,6-Diethylpyrazine	—	0.55	—	—
种类 Types		0	1	0	0
总种类 Total types		19	23	22	19

注：“—”表示该化合物感官特征未查到，下同。Note：“—” indicates that the sensory characteristics are not found. The same as below.

55.3%。直链饱和醛，如己醛、庚醛、壬醛都对鱼腥味有较大贡献(OAV>1)，其中壬醛是鱼腥味的主体成分之一<sup>[11]</sup>，在添加酵母抽提物后，壬醛含量分别降低 80.2%、87.7% 和 12.2%。1-辛烯-3-醇被认为是最能代表鱼腥味的物质之一(OAV>1)<sup>[12]</sup>，在空白鱼糕中 1-辛烯-3-醇含量最高，为 14.46 μg/kg，而在添加了酵母抽提物后其含量分别减少了 0.91、4.07、8.59 μg/kg，这些都表明酵母抽提物对鱼糕的腥味起到显著的抑制作用。

此外，添加酵母抽提物后具有蔬菜、水果味的 2-戊基呋喃含量分别提高了 0.18、0.07、0.60 μg/kg。在 KA66 组鱼糕中检出了青草气味的正己醇、香蕉味的 2-庚酮、肉制品烘烤及坚果香味的 2,6-二乙基吡嗪和烃类气味的癸烷等新的风味物质，在添加 KA66 和 FA31 的鱼糕中，植物花香味的 α-松油醇含量也有所提高，这些都表明酵母抽提物可以改变鱼糕中风味化合物的种类和含量，赋予鱼糕更丰富、浓郁的气味。

表 7 添加不同 YE 鱼糕 OAV 值

Table 7 OAV value of fish cakes with different YE

化合物 Compounds	气味 Aromas	阈值/(μg/kg) Threshold	OAV			
			CK	KA66	FA31	KU012
己醛 Hexanal	青草味 Green	5	1.12	3.52	1.73	1.01
庚醛 Heptanal	水果味 Fruit	3	1.27	2.57	2.60	1.10
癸醛 Decanal	油脂味 Fatty	2	0.20	0.39	0.10	—
壬醛 Nonanal	肥皂味 Soap	1	9.80	1.94	1.21	8.60
(E)-2-癸烯醛 (E)-2-Decenal	油脂味 Fatty	0.4	2.75	—	—	2.18
(E,E)-2,4-癸二烯醛 (E,E)-2,4-Decadienal	鱼油味 Fish oil	0.07	10.86	—	—	4.86
(E)-2-辛烯醛 (E)-2-Octenal	油脂、坚果味 Fatty, nutty	3	0.03	—	—	0.02
1-辛烯-3-醇 1-Octen-3-ol	蘑菇味 Mushroom	1	14.46	13.55	10.39	5.87
2-戊基呋喃 2-Pentylfuran	蔬菜、水果味 Vegetable, fruit	6	0.13	0.16	0.14	0.23

注：风味化合物的阈值参考文献[13-14]。Note: The threshold of flavor compounds refer to [13-14].

### 3 讨论

#### 3.1 不同 YE 对鱼糕凝胶品质的影响

本研究结果表明,不同种类的酵母抽提物,由于色泽、成分、pH 等的不同会对鱼糕的凝胶品质产生不同的影响。酵母抽提物的颜色对鱼糕的白度影响较大,部分酵母抽提物如 KA66、FIG12 和 FIG22 本身呈黄色,添加后会显著降低鱼糕的白度值,而 FA37 和 FA31 黄色较浅,不会对鱼糕的白度值产生较大的负面影响。添加酵母抽提物 FA37 和 FA31 的鱼糕组织状态紧密,气孔小且少,光滑平整的表面能反射较多的光<sup>[15]</sup>,也有较高的白度值。

在鱼糜制品加工过程中,盐类会促进肌原纤维蛋白的溶解并诱导其交联形成凝胶,盐溶性蛋白溶出的越多,越利于形成紧密的凝胶网络结构。因此,加入富含 I+G 的 KU012 和 FIG12 都会使鱼糕凝胶强度增大<sup>[16]</sup>,但盐类含量过高时,则可能造成脱水,反而不利于盐溶性蛋白的溶出<sup>[17]</sup>,这也与 FIG22 组鱼糕凝胶强度有所降低的结果一致。FIG12 和 KA66 都富含谷氨酸,在低盐条件下,谷氨酸可以抑制肌球蛋白的聚集,促进热诱导凝胶结构的改变,形成一个有助于保留水分的凝胶网络,导致持水性显著增强<sup>[18]</sup>。并且酵母抽提物中含有的赖氨酸、精氨酸等碱性氨基酸也有利于蛋白质分子间的交联<sup>[19]</sup>。FA37 含有 20% 葡聚糖,葡聚糖本身有很强的吸水性且能镶嵌在鱼糜凝胶的网络结构中,形成更加致密的凝胶<sup>[20]</sup>,使蛋白网络结构更加牢固,因此提高了鱼糕的凝胶强度和持水性。FG10 含有 10%~14% 谷胱甘肽,还原型谷胱甘肽具有的游离巯基与肌原纤维蛋白之间的反应,会抑制蛋白质间二硫键的形成,使蛋白质交联不足,导致凝胶网络结构减弱,凝胶强度下降<sup>[21]</sup>。FA31 由于其含有大量的肽可能干扰肌原纤维蛋白的凝胶作用<sup>[22]</sup>,使鱼糕凝胶强度显著降低。

此外,有些酵母抽提物如 FG10、FA31、FIG22 等,pH 值 5.0~6.0,接近肌原纤维蛋白等电点,净电荷的减少会造成与周围水形成氢键的结合位点减少,也会造成肌丝间静电斥力的减弱,使凝胶网络孔径减小,不能容纳更多的水,导致鱼糕持水性的下降<sup>[23]</sup>。

#### 3.2 不同 YE 对鱼糕风味特性的影响

本研究结果表明,添加酵母抽提物 FA31、KU012、KA66 会显著提高鱼糕的鲜味和咸味,这是由于酵母抽提物中含有大量谷氨酸、丙氨酸、I+G

等丰富的滋味物质,并且鲜味氨基酸与鲜味核苷酸存在协同增效作用<sup>[5]</sup>,能显著提高酵母抽提物的鲜味。翟营营等<sup>[6]</sup>研究发现,酵母抽提物(KA66、FA28、KU012、FA01)含有大量的鲜味氨基酸,并且在鱼糜熟制过程中,酵母抽提物中的蛋白质、小肽进一步分解成游离氨基酸,增加鲜味氨基酸的含量,因此能显著提高鱼糜制品的鲜味。此外,鱼糕咸味显著提高,可能是由于酵母抽提物中的某些物质使人对钠离子更敏感<sup>[2]</sup>,在低盐情况下产生较强咸味感,另一方面,鲜味和咸味的相互作用,也会使咸味口感得到加强。

本研究通过 HS-SPME-GC-MS 进一步研究添加酵母抽提物后鱼糕的挥发性成分,结果表明添加酵母抽提物 FA31、KU012、KA66 会显著降低 1-辛烯-3-醇、壬醛、(E,E)-2,4-癸二烯醛、(E)-2-辛烯醛和(E)-2-癸烯醛等腥味物质的含量,这可能是因为酵母抽提物含有的短肽具有一定抗氧化活性<sup>[24]</sup>,可以在一定程度上减缓脂肪的氧化,抑制 1-辛烯-3-醇等腥味物质形成,从而达到抑腥效果。刘钰琪等<sup>[2]</sup>认为酵母抽提物含有的挥发性风味物质掩盖了鱼糜的异味,或是酵母提取物中的一些物质在鱼糜熟化过程中与异味物质反应,从而降低了异味物质的含量。此外,加入酵母抽提物的鱼糕中检测出正己醇、2-庚酮、2,6-二乙基吡嗪、癸烷等新的风味物质,正己醇是淡水鱼清新气味的标志化合物<sup>[25]</sup>,烃类物质对鱼肉的整体香味效果有提升作用<sup>[26]</sup>,因此,酵母抽提物也可以通过产生新的挥发性物质,丰富并提升鱼糕的整体风味。

综上所述,添加不同类型的酵母抽提物(FA31、FA37、FIG12、KU012、FIG22、KA66、FG10)对鱼糕的白度、持水性、质构特性和凝胶强度均有不同程度的影响,但在风味特性方面,添加酵母抽提物 FA31、KU012、KA66 后的鱼糕电子舌鲜味和咸味响应值显著提高( $P < 0.05$ ),对气味也有明显的改善作用。鱼糕的挥发性风味物质主要以醛类和醇类为主,添加 3 种酵母抽提物后可明显减少鱼糕中壬醛、(E,E)-2,4-癸二烯醛、1-辛烯-3-醇等主要腥味物质的含量,并且产生青草味的正己醇和烤肉味的 2,6-二乙基吡嗪等新的风味物质,增强并丰富了鱼糕的风味特征。由此可见,酵母抽提物作为一种天然、营养的调味料,添加至鱼糜制品中,可以起到提升鲜味、抑制腥味的的作用,并使鱼糕的风味更加丰富和浓郁,具有很大的应用价值。



## 参考文献 References

- [1] 李孚杰.传统鱼糕的工艺和配方优化及防腐保鲜研究[D].武汉:华中农业大学,2008.LI F J.Study on the optimization of the factors of craft and supplementary materials and preservation of traditional fish-cake[D].Wuhan:Huazhong Agricultural University,2008(in Chinese with English abstract).
- [2] 刘钰琪,陈澄,陈周,等.酵母提取物对鱼糜凝胶品质的影响[J].肉类研究,2019,33(5):1-6.LIU Y Q,CHEN C,CHEN Z, et al.Effect of yeast extract on properties of surimi gel[J].Meat research,2019,33(5):1-6(in Chinese with English abstract).
- [3] 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.BU Y,LI Y,ZHU W H, et al.Effects of different cooking methods on quality and flavor of sea bass[J].China condiment,2020,45(1):26-30(in Chinese with English abstract).
- [4] 刘建彬,宋焕禄.酵母抽提物鲜味(umami)及浓厚味(kokumi)滋味活性的评价与研究[J].中国酿造,2014,33(1):99-104.LIU J B,SONG H L.Evaluation of umami and kokumi taste of yeast extract[J].China brewing,2014,33(1):99-104(in Chinese with English abstract).
- [5] 任佳桢,翟营营,黄晶晶,等.酵母抽提物滋味成分分析及其复合调味料对鲢鱼风味的影响[J].食品科学,2020,41(16):210-217.REN J Y,ZHAI Y Y,HUANG J J, et al.Analysis of taste components of yeast extract and effect of composite seasoning containing it on the flavor of silver carp[J].Food science,2020,41(16):210-217(in Chinese with English abstract).
- [6] 翟营营,黄晶晶,张慧敏,等.酵母抽提物主要滋味成分分析及其对鱼糜制品风味的影响[J].华中农业大学学报,2019,38(5):105-113.ZHAI Y Y,HUANG J J,ZHANG H M, et al.Analysis of main taste components of yeast extract and its effect on flavor of surimi products[J].Journal of Huazhong Agricultural University,2019,38(5):105-113(in Chinese with English abstract).
- [7] WAN F Z,XIAO Q,ZHUANG J, et al.Characterization of aroma-active compounds in four yeast extracts using instrumental and sensory techniques[J].Journal of agricultural and food chemistry,2019,68(1):267-278.
- [8] 刘念,黄琪琳,李沛,等.不同种类酵母抽提物对调理乌鳢鱼片风味及品质的影响[J].水产学报,2021,45(7):1089-1100.LIU N,HUANG Q L,LI P, et al.Effect of yeast extracts on flavor and texture of seasoned snakehead fish(*Channa argus*) fillets[J].Journal of fisheries of China,2021,45(7):1089-1100(in Chinese with English abstract).
- [9] 黄晶晶,张慧敏,赵丽媛,等.酵母葡聚糖的前处理及其对白鲢鱼肉的去腥效果[J].食品科学,2020,41(20):54-60.HUANG J J,ZHANG H M,ZHAO L Y, et al.Yeast glucan pretreatment and its deodorization effect for silver carp mince[J].Food science,2020,41(20):54-60(in Chinese with English abstract).
- [10] 薛永霞,张作乾,张洪才,等.不同加工阶段对上海熏鱼(草鱼)风味物质的影响[J].食品科学,2019,40(16):160-168.XUE Y X,ZHANG Z Q,ZHANG H C, et al.Effect of different processing stages on flavor components of Shanghai smoked fish made from grass carp[J].Food science,2019,40(16):160-168(in Chinese with English abstract).
- [11] 冯倩倩,胡飞,李平凡.SPME-GC-MS分析罗非鱼体中挥发性风味成分[J].食品工业科技,2012,33(6):67-70.FENG Q Q,HU F,LI P F.Analysis of volatile compounds of Tilapia by solid phase microextraction and GC-MS[J].Science and technology of food industry,2012,33(6):67-70(in Chinese with English abstract).
- [12] 曾文浩,熊怡婷,熊善柏,等.酵母葡聚糖对鲢鱼肉挥发性成分的影响[J].华中农业大学学报,2020,39(3):94-104.ZENG W H,XIONG Y T,XIONG S B, et al.Effect of yeast  $\beta$ -glucan on volatile compounds of silver carp meat[J].Journal of Huazhong Agricultural University,2020,39(3):94-104(in Chinese with English abstract).
- [13] QI J,ZHANG W W,XU Y, et al.Enhanced flavor strength of broth prepared from chicken following short-term frozen storage[J/OL].Food chemistry,2021,356:129678[2021-10-31].<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129678>.
- [14] CHEN Q,HU Y Y,WEN R X, et al.Characterisation of the flavour profile of dry fermented sausages with different NaCl substitutes using HS-SPME-GC-MS combined with electronic nose and electronic tongue[J/OL].Meat science,2021,172:108338[2021-10-31].<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108338>.
- [15] KANG G H,YANG H S,JEONG J Y, et al.Gel color and texture of surimi-like pork from muscles at different rigor states post-mortem[J].Asian-Australasian journal of animal sciences,2007,20(7):1127-1134.
- [16] ALI ARFAT Y,BENJAKUL S.Gel strengthening effect of zinc salts in surimi from yellow stripe trevally[J].Food bioscience,2013,3:1-9.
- [17] 孙迪,邓亚敏,郑多多,等.不同盐处理对乳化肉糜的流变性质和凝胶特性的影响[J].食品与发酵工业,2018,44(9):98-104.SUN D,DENG Y M,ZHENG D D, et al.Effect of salt treatments on rheological and gelation properties of pork meat emulsions[J].Food and fermentation industries,2018,44(9):98-104(in Chinese with English abstract).
- [18] YUAN L,KONG Y F,LENG W J, et al.L-Glutamic acid affects myosin aggregation and the physical properties of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) surimi gels[J/OL].Food bioscience,2021,40:100886[2021-10-31].<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100886>.
- [19] 张道静,周存六.L-精氨酸和L-赖氨酸在肉及肉制品中的应用研究进展[J].肉类研究,2020,34(6):96-102.ZHANG D J,ZHOU C L.A review of the effects of L-arginine and L-lysine on the physicochemical properties of meat and meat products[J].Meat research,2020,34(6):96-102(in Chinese with English abstract).
- [20] 熊怡婷.酵母葡聚糖对白鲢鱼糜凝胶特性及其挥发性成分的影响[D].武汉:华中农业大学,2017.XIONG Y T.Effect of yeast glucan on chymoplasma gel properties and its volatile components of silver carp[D].Wuhan:Huazhong Agricultural Uni-

- versity, 2017(in Chinese with English abstract).
- [21] CHEN B, ZHOU K, XIE Y, et al. Glutathione-mediated formation of disulfide bonds modulates the properties of myofibrillar protein gels at different temperatures[J/OL]. *Food chemistry*, 2021, 364: 130356 [2021-10-31]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130356>.
- [22] 王鹏, 穆雅慧, 何思宁, 等. 牛骨胶原水解物抑制鲢鱼肌原纤维蛋白氧化和增强凝胶特性研究[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(11): 73-80. WANG P, MU Y H, HE S N, et al. Oxidation inhibition and gel properties enhancement of myofibrillar protein from silver carp by bovine-bone collagen hydrolysate[J]. *Science and technology of food industry*, 2021, 42(11): 73-80 (in Chinese with English abstract).
- [23] WESTPHALEN A D, BRIGGS J L, LONERGAN S M. Influence of pH on rheological properties of porcine myofibrillar protein during heat induced gelation[J]. *Meat science*, 2005, 70(2): 293-299.
- [24] 欧阳伟虹, 胡伟, 周旭静, 等. 酵母抽提物对小黄鱼边角料腥味脱除研究[J]. *食品与生物技术学报*, 2020, 39(6): 76-83. OUYANG W H, HU W, ZHOU X J, et al. Removal of fishy smell of *Polyactis* scraps by yeast extract[J]. *Journal of food science and biotechnology*, 2020, 39(6): 76-83 (in Chinese with English abstract).
- [25] CALKINS C R, HODGEN J M. A fresh look at meat flavor[J]. *Meat science*, 2007, 77(1): 63-80.
- [26] 何苗. 福建风味鸭在贮藏过程中色泽和风味变化及调控研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014. HE M. Study on changes and control methods for color and flavor of Fujian flavor duck during storage[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2014 (in Chinese with English abstract).

## Effects of yeast extracts on gel qualities and flavor characteristics of fish cakes

DU Zhixiang<sup>1</sup>, ZHANG Qian<sup>1</sup>, HUANG Qilin<sup>1</sup>, LI Pei<sup>2</sup>,  
GUO Jiangyong<sup>2</sup>, QIN Xianwu<sup>2</sup>, XIONG Jian<sup>2</sup>

1. *College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University/  
National R&D Branch Center for Conventional Freshwater Fish Processing (Wuhan),  
Wuhan 430070, China;*

2. *Angel Yeast Co. Ltd., Yichang 443003, China*

**Abstract** In order to study the effects of yeast extracts on gel qualities and flavor characteristics of fish cakes, seven different types of yeast extracts including FA31, FA37, FIG12, KU012, FIG22, KA66, FG10 and monosodium glutamate were added to determine the whiteness, texture characteristics, gel strength and water-holding capacity of fish cakes. Three types of yeast extracts including KA66, FA31 and KU012 were selected by comprehensive sensory scores. The taste of fish cakes was further evaluated by electronic tongue. The volatile flavor compounds of fish cakes were evaluated by electronic nose and headspace solid phase microextraction combined with gas chromatograph-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS). The results showed that yeast extracts improved the gel quality of fish cakes. The FA37 yeast extract containing 20% glucan significantly improved the whiteness value, gel strength and water-holding capacity of fish cakes. The FA31 yeast extract containing 80% polypeptide significantly improved the whiteness value of fish cakes. After adding yeast extracts (FA31, KU012, KA66), the umami taste and salty taste of the fish cakes was significantly improved, with no obvious differences in sourness and bitter aftertaste among the fish cakes. The results of analyzing volatile flavor compounds showed that the content of 1-octene-3-ol and nonanal, the main off-odors in fish cakes, reduced to varying degrees after adding three yeast extracts. In the fish cakes with KA66 added, hexanol, 2, 6-diethylpyrazine, 2-heptanone, decane and other flavor compounds that contribute to the flavor characteristics of fish cakes were newly identified. It is indicated that adding yeast extracts can improve the gel quality of fish cakes, enrich and enhance the flavor characteristics of fish cakes.

**Keywords** yeast extracts; fish cake; gel quality; flavor; seasoner; HS-SPME-GC-MS

(责任编辑: 赵琳琳)