



不同种类酵母抽提物对调理乌鳢鱼片风味及品质的影响

刘念¹, 黄琪琳^{1*}, 李沛^{2*}, 郭江勇², 覃先武²

(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), 湖北 武汉 430070;
2. 安琪酵母股份有限公司, 湖北 宜昌 443003)

摘要: 为探究添加不同种类酵母抽提物对生鲜鱼片风味及质构的影响, 实验以调理乌鳢鱼片为原料, 通过同时蒸馏萃取法(SDE)提取挥发性成分, 利用GC-MS联合电子鼻、电子舌对6组调理乌鳢鱼片(空白对照CK组、FA02组、KU012组、FG10组、FA39组和F55组)进行风味成分分析, 再结合感官、色度和质构进一步评价了6组调理乌鳢鱼片的品质。结果显示, CK组检测出42种挥发性物质, 而添加5种酵母抽提物后(FA02、KU012、FG10、FA39、F55), 挥发性物质的种类显著增多, 分别为60、66、56、52、46种。鱼片中主要特征挥发性物质为醛类, 如庚醛、癸醛以及(E,E)-2,4-癸二烯醛等; 添加不同种类酵母抽提物后, 各组鱼片挥发性物质增加了(E)-4-癸烯醛、2-壬酮和3-壬烯-2-酮等。其中KU012组挥发性物质种类及含量增加最多, 如具有清新气味的(E)-2-戊烯醛、黄瓜味的(E,Z)-2,6-壬二烯醛以及提高整体风味的(Z)-2-(2-戊烯基)呋喃。电子鼻和电子舌的测定结果显示, 各酵母抽提物组与CK组在气味、滋味方面存在显著差异。相对于CK组, 添加酵母抽提物调理的乌鳢鱼片色泽呈浅黄, 质构略有降低, 但感官评分有所升高。研究表明, 不同种类酵母抽提物均能一定程度改善调理乌鳢鱼片的风味、质构及感官品质, 其中KU012组综合表现最佳。本研究为酵母抽提物在水产品中的调味应用提供了参考, 具有实践价值。

关键词: 乌鳢; 酵母抽提物; 风味; 质构; 感官评价; 同时蒸馏萃取法

中图分类号: TS 254.4

文献标志码: A

乌鳢(*Channa argus*)又名黑鱼或财鱼, 属于肉食性鱼类, 广泛分布于亚洲淡水水域。其肉质肥美、肌间刺少, 蛋白质和必需氨基酸含量丰富, 并具有调养补血的优点, 深受消费者青睐。目前市场上常见的乌鳢初加工产品——生鲜调理乌鳢鱼片采用食盐、味精、香辛料等进行调味。为响应国家减盐政策, 促进新型调味料的研发应用。酵母抽提物(yeast extract, YE)作为食品加工调味品, 成为很多生产厂家和消费

者的选择, 有逐渐取代谷氨酸钠之势。在日常生活中应用于做饭煲汤、火锅底料中, 能够提供丰富的鲜味并有效平衡异味^[1]。YE就其种类, 可以划分为基础鲜味型、增强鲜味型、浓厚味型、特征风味型、自溶型。其中基础鲜味型酵母抽提物含有较多的氨基酸和多肽等, 能提供理想的肉汤滋味与口感。增强鲜味型酵母抽提物添加了大量天然呈味核苷酸和氨基酸, 具有典型的鲜味口感^[2]。浓厚味型酵母抽提物相比普

收稿日期: 2021-04-30 修回日期: 2021-05-13

资助项目: 国家重点研发计划(2018YFD0901005)

第一作者: 刘念(照片), 从事水产品加工与贮藏研究, E-mail: 511523386@qq.com

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



通酵母抽提物,多肽含量更高,具有典型的浓厚味特征风味并具有长久的回味。特征风味型酵母抽提物是含有特殊成分的酵母抽提物产品,根据产品需求提供不同的特征风味,如牛肉风味等。自溶型YE是含有细胞壁的酵母抽提物产品,富含酵母 β -葡聚糖,具有提高免疫力,增强体质质的功效。

本研究采用YE复合调味液对乌鳢鱼片进行真空滚揉调理,探究了不同种类酵母抽提物对调理乌鳢鱼片风味品质、质构特性的影响,从感官指标、物理指标、风味特征的角度对鱼片的感官、色度、质构特性、气味、滋味、挥发性成分及特征风味物质的变化情况进行分析,并综合以上指标筛选出最优种类的酵母抽提物的调理配方,为酵母抽提物在水产品中的加工和工业化生产提供一定指导。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

新鲜乌鳢,体质量为2.5~3.5 kg,购于武汉市洪山区华中农业大学农贸市场。

1.2 主要试剂

酵母抽提物:FA02型(基础鲜味)、FG10型(浓厚味)、KU012型(高鲜型)、FA39型(风味型)、F55型(自溶粉),由安琪酵母股份有限公司提供。其他:食用盐(湖北广盐蓝天盐化有限公司)、蔗糖(山东雅汇糖业有限公司)、柠檬酸钠(河南万邦实业有限公司)、环己酮(美国Sigma-Aldrich公司)、正己烷(上海源叶生物科技有限公司)、无水硫酸钠(国药集团化学试剂有限公司)。

1.3 仪器与设备

分析天平AC210S,德国Sartorius公司;JAI2002天平,北京赛多利天平有限公司;质构仪TA-XT2i,英国Stable-Micro Systems公司;色度仪CR-400,美国TA公司;电子鼻FOX4000,法国Alpha M.O.S公司;电子舌MOS ASTREE,法国Alpha M.O.S公司;气相色谱/质谱联用仪QP2010Ultra,日本岛津公司;真空滚揉机TM-20型,无锡哈克逊工贸有限公司;台式离心机TDL-5A型,海菲哈尔分析仪器有限公司。

1.4 实验方法

调理鱼片的制备 以鱼片的质量为基准,

选择食盐添加量2%、酵母抽提物添加量2%、蔗糖添加量1%、柠檬酸钠添加量1%为调理配方制作滚揉液,按照料液比为1:0.75(鱼片质量:水体积, W/W)添加滚揉液,将乌鳢鱼片于室温(22℃)、真空度为70 kPa、转速20 r/min滚揉30 min后取出备用^[3]。按照酵母抽提物添加种类的不同,将调理乌鳢鱼片分为6组,分别为空白组(CK)、FA02组、KU012组、FG10组、FA39组和F55组。

感官评价 将调理好的乌鳢鱼片放入沸水锅中煮30 s捞出后,进行感官评定。感官评定由8位22~25岁受过训练的品评员(4男4女)对调理乌鳢鱼片进行评价。感官评价标准如表1所示,根据各指标对鱼片的影响程度赋予不同的权重。感官评定总体评分计算公式:

感官得分=色泽得分 \times 0.2+气味(嗅闻)得分 \times 0.15+气味(咀嚼)得分 \times 0.15+滋味得分 \times 0.3+口感得分 \times 0.2^[4]。

色度的测定 按照陈澄等^[5]的方法并稍作修改。切一片厚度为1 cm的鱼肉,采用CR-400色度仪测量鱼片白度。取鱼片白肉部分测量白度(M),并分别记录各样品的色差值 L^* 、 a^* 、 b^* 。白度计算公式:

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

式中, L^* 表示样品的明度值; a^* 值表示红绿值, $+a^*$ 表示样品偏红, $-a^*$ 表示样品偏绿; b^* 值表示黄蓝值, $+b^*$ 表示样品偏黄, $-b^*$ 表示样品偏蓝。

质构特性的测定 按照李娜等^[6]的方法并稍作修改。将鱼切成1.5 cm \times 1.5 cm \times 1.0 cm的规格,在20℃下采用TA.XT物性试验仪的TPA模式对样品进行质构参数的测定。

电子鼻 按照张彩霞等^[7]的方法并稍作修改。将鱼片剁碎成2 mm \times 2 mm小块,准确称取2 g置于10 mL电子鼻进样瓶,采用FOX4000电子鼻进行检测。

电子鼻参数:产生时间120 s,顶空产生温度50℃,振荡速率500 r/min。总获取时间120 s,获取间隔时间1 s,获取延滞时间300 s。注射体积1.5 mL,注射速率1.5 mL/s,进样针温度为60℃。载气为合成干燥空气,流速150 mL/min。每种样品4个平行。

电子舌 参考任佳怿等^[8]的方法,准确称

表1 调理乌鳢鱼片感官评价表

Tab. 1 Sensory evaluation table of seasoned *C. argus* fillet

指标 index	权重 weight value	评价标准 evaluation criterion	感官评分 sensory score
色泽 color	0.20	色泽正常, 光泽自然, 洁白	9~10
		色泽正常, 白色明显, 些许黄色	7~8
		色泽稍黯淡, 稍有黄色	5~6
		色泽较暗淡, 颜色偏黄	3~4
		色泽暗淡, 颜色偏黄严重	1~2
气味(嗅闻) odour (smell)	0.15	鱼片固有香味, 清新	9~10
		鱼片固有香味, 较清新	7~8
		固有香味清淡, 略带异味	5~6
		固有香味消失, 有腥臭味或土霉味	3~4
气味(咀嚼) odour (chew)	0.15	有强烈的腥臭味或土霉味	1~2
		鱼片固有香味, 清新	9~10
		鱼片固有香味, 较清新	7~8
		固有香味清淡, 略带鱼腥味	5~6
滋味 taste	0.30	固有香味消失, 有腥臭味或土霉味	3~4
		有强烈的腥臭味或土霉味	1~2
		鱼肉鲜味显著增加, 清爽, 回味持久	9~10
		鱼肉鲜味略增加, 清爽, 回味较持久	7~8
		具有鱼肉本身的鲜味	5~6
口感 mouthfeel	0.20	鱼肉鲜味较淡/较咸/较甜	3~4
		基本无鱼肉鲜味/咸味, 鲜味很轻或很重	1~2
		肉质嫩滑紧致, 口感细腻, 有弹性	9~10
		口感较细腻, 偏嫩, 稍有弹性	7~8
		口感偏硬, 稍有弹性	5~6
		无弹性, 无鱼肉纤维感	3~4
		很硬, 无弹性	1~2

取煮熟的鱼片 30 g 于烧杯中, 加入 200 mL 去离子水, 均质机均质 (6 000 r/min, 2 min), 静置 20 min, 利用离心机在 4 °C 下以 10 000 r/min 离心 10 min, 过滤后待测。在电子舌专用的进样杯中加入 80 mL 滤液至刻度, 在保证室内物理条件不发生变化的情况下完成测定。将每个样品的数据采集时间设置为 120 s, 以 1 s 为周期完成数据采集, 选取第 120 秒出现的响应值作为电子舌原始数据

信号, 以 10 s 为周期完成清洗。

SDE-GC-MS 参考郑子薇等^[9]的方法并加以修改: 取 100 g 调理鱼片, 用液氮将其快速冻结后, 用磨粉机粉碎成粉末放入圆底烧瓶中。加入 150 mL 饱和食盐水, 另加入 15 μL 环己酮 (1 000 mg/L) 作为内标物, 置于同时蒸馏萃取装置的重相端, 电热套加热, 温度为 (170±1) °C。另取 50 mL 二氯甲烷溶液于 100 mL 圆底烧瓶中, 置于装置的轻相端水浴加热, 温度为 (45±1) °C。连续提取 4 h 后取出有机相, 加入无水硫酸钠, 冷却脱水 24 h 后过滤, 氮吹至 0.5 mL 后使用 1 mL 正己烷进行溶剂替换, 再氮吹至 0.5 mL 后冷冻保存, 待 GC-MS 分析。

取冰箱中储存的进样瓶于 GC/MS 自动进样盘中, 每次取样 1 μL。气相色谱条件: HP-5MS (5% 苯基) 甲基硅氧烷毛细管柱 (30 m×0.25 mm, 0.25 μm; Bellefonte, PA)。程序升温: 柱初温 40 °C, 保持 5 min, 以 4 °C/min 升至 250 °C, 保持 2 min。进样口温度 230 °C, 载气流量 1 mL/min, 不分流。质谱分析条件: 传输线温度 280 °C, 离子源温度 230 °C, 四极杆温度 150 °C。离子化方式 EI, 电子能量 70 eV, 质量扫描范围 m/z 35~450。

样品中各挥发性成分的含量 c_i (μg/kg) 计算公式:

$$c_i = \frac{A_i W_{is}}{A_{is} W}$$

式中, A_i 和 A_{is} 分别为各挥发性成分和内标物质的峰面积; W_{is} (μg) 和 W (kg) 分别为内标物的质量和不同前处理样品的质量。

通过 NIST 17-1、NIST 17-2 和 NIST 17s 标准谱库对 GC-MS 图谱进行检索匹配定性, 取 Similarity Index (SI) 大于 80 的物质。采用面积归一化法进行半定量分析, 确定物质的相对含量。每个样品至少重复测定 2 次。

仅通过挥发性物质的含量高低去判断食品的整体风味是不够准确的, 通常需要和阈值结合考量才能更好地判定。因此, 通过气味活度值 (OAV) 公式进行分析, 来进一步确定乌鳢制品的主体腥味物质成分。其中 OAV 值=嗅感物质的绝对浓度/感觉阈值。

当 OAV<1, 表明该物质对样品总体气味无显著贡献; 当 OAV≥1, 说明该物质可能对样品总体气味影响较大。且在一定范围内, OAV 值

越大说明该物质对样品总体气味的贡献越大。

1.5 数据分析

使用 Microsoft Excel 2016 和 SPSS 26.0 软件进行数据处理及统计分析, 使用 Past3 软件进行 PCA 分析及绘图, 其余使用 Origin Pro 2019 软件进行绘制。显著性分析采用 Duncan 氏检验, $P>0.05$ 为差异不显著, $P<0.05$ 为差异显著。

2 结果

2.1 添加不同酵母抽提物对调理乌鳢鱼片的感官品质的影响

添加不同种类酵母抽提物的乌鳢鱼片其色泽、气味、滋味、口感及综合感官评分显示, CK 组加权得分最低, 低至 6 分, KU012 组得分最高, 为 8.23 分 (表 2)。其中 CK 组色泽得分最高, 相较于添加酵母抽提物组色泽更为洁白。在气味、滋味和口感方面, CK 组均低于酵母抽提物组。得分最高的 KU012 组虽然色泽较其他种类酵母抽提物和 CK 组来说不够洁白, 但其在

口感和滋味增鲜方面尤为突出, 相对于 FA39、F55 和 CK 组有明显提升 ($P<0.05$)。在气味方面, 5 种酵母抽提物无明显差异, 基本无鱼腥味, 有淡淡的青草味和酵母味。从滋味方面分析, KU012、FA02 和 FG10 组相对于 FA39、F55 和 CK 组有显著差异 ($P<0.05$)。

2.2 添加不同酵母抽提物对调理乌鳢鱼片的质构特性的影响

CK 组在各组鱼片中的硬度、弹性、咀嚼性和回复性均为最高, 调理液中添加酵母抽提物会使鱼片质构特性发生变化 (表 3)。添加酵母抽提物后, 鱼片的硬度、弹性和回复性有降低的趋势, 但是内聚性和咀嚼性无明显差异。这可能是因为酵母抽提物中含有的一些氨基酸可以起到软化肉质的作用。

2.3 添加不同酵母抽提物对调理乌鳢鱼片的色度的影响

真空滚揉腌制后, CK 和 FA39 组 L^* 值和白度值较高, 显著高于其他酵母抽提物组 ($P<0.05$),

表 2 添加不同酵母抽提物鱼片的感官评分

Tab. 2 Sensory score of fish fillets with different YE

YE种类 YE types	色泽 color	气味(嗅) odour (smell)	气味(嚼) odour (chew)	滋味 taste	口感 mouthfeel	得分 score
KU012	7.70±0.48 ^a	8.37±0.48 ^a	7.57±0.68 ^a	8.30±0.48 ^a	8.55±0.63 ^a	8.23
FA39	8.52±0.55 ^a	7.67±0.47 ^a	7.90±0.20 ^a	7.00±0.82 ^b	7.05±0.52 ^b	7.57
FA02	8.20±0.54 ^a	7.75±0.5 ^a	8.25±1.25 ^a	8.07±0.83 ^a	7.97±0.82 ^{ab}	8.07
FG10	8.22±0.93 ^a	7.90±0.66 ^a	8.22±0.52 ^a	8.20±0.50 ^a	8.25±0.24 ^a	8.16
F55	8.45±0.64 ^a	7.50±1.00 ^a	7.42±0.66 ^a	6.47±0.55 ^b	7.12±0.33 ^b	7.38
CK	8.80±0.75 ^a	6.34±0.12 ^b	6.21±0.41 ^b	6.35±0.73 ^b	7.03±0.11 ^b	6.00

注: YE.酵母抽提物。同行不同小写字母表示有显著性差异($P<0.05$), 下同

Notes: YE. yeast extracts. Different lowercase letters reflect significant differences in the same row ($P<0.05$), the same below

表 3 添加不同种类酵母抽提物对调理鱼片质构特性的影响

Tab. 3 Effect of YE addition on texture profiles of seasoned fish fillet

YE种类 YE types	硬度/g hardness	弹性/mm springiness	内聚性 cohesiveness	咀嚼性/g gumminess	回复性 chewiness
KU012	3 719.84±69.26 ^b	0.69±0.01 ^{ab}	0.69±0.01 ^a	1 833.46±67.99 ^a	0.48±0.01 ^b
FA39	3 893.30±234.92 ^{ab}	0.67±0.02 ^{bc}	0.69±0.01 ^a	1 650.75±25.53 ^b	0.50±0.01 ^{ab}
FA02	3 900.57±27.61 ^{ab}	0.70±0.01 ^a	0.64±0.04 ^b	1 799.82±141.79 ^a	0.50±0.01 ^{ab}
FG10	4 029.00±199.40 ^a	0.68±0.03 ^{abc}	0.67±0.02 ^{ab}	1 844.61±25.87 ^a	0.51±0.01 ^a
F55	3 781.55±79.46 ^{ab}	0.65±0.03 ^c	0.67±0.01 ^{ab}	1 869.40±104.53 ^a	0.49±0.02 ^{ab}
CK	4 101.47±203.58 ^a	0.71±0.02 ^a	0.69±0.01 ^a	1 884.23±112.72 ^a	0.51±0.02 ^a

其中 KU012 组 L^* 值和白度值最低, 这与感官评价结果一致 (表 4)。这可能是因为酵母抽提物 KU012 色泽较黄, 在调理过程中附着在鱼片表面, 光对调理鱼片反射作用减弱, 使鱼片的亮度值和白度值降低。

表 4 添加不同种类酵母抽提物对调理乌鳢鱼片色度的影响

Tab. 4 Effect of YE addition on chromaticity of seasoned *C. argus* fillet

YE 种类 YE types	L^*	a^*	b^*	白度值 whiteness value
KU012	52.29±0.29 ^c	0.63±0.33 ^b	1.18±0.72 ^{ab}	52.27±0.28 ^b
FA39	57.07±0.26 ^a	0.32±0.2 ^b	0.43±0.76 ^{ab}	57.06±0.25 ^a
FA02	54.52±0.85 ^b	1.91±1.84 ^a	0.73±0.59 ^{ab}	54.45±0.88 ^{ab}
FG10	53.79±0.45 ^b	1.01±1.01 ^a	0.26±0.55 ^b	53.76±0.45 ^{ab}
F55	54.83±0.65 ^b	2.27±1.52 ^a	1.54±0.86 ^a	54.73±1.68 ^{ab}
CK	57.64±0.68 ^a	0.54±0.48 ^a	0.38±0.84 ^{ab}	57.63±0.58 ^a

2.4 电子舌分析

PC1 的贡献率为 55.966%, PC2 的贡献率为 39.838%, 二者之和为 95.804%, 且区间指数 (DI) 为 95 (图 1), 说明电子舌可以很好地区别各组的滋味。表明这二者可以很好地代表样品总体滋味特征。样品之间的距离表示样品之间的差异, 两个样品相距越远, 它们的滋味特征差距越大^[10]。图中, CK 组鱼片样品位于第二象限, 而其他调理后的样品则主要分布在其他 3 个象限, 并且每

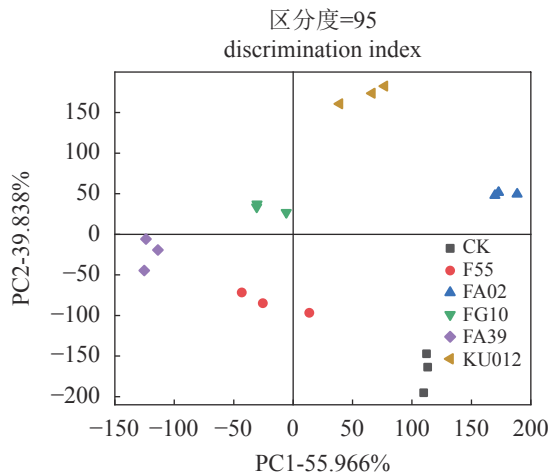


图 1 添加不同种类酵母抽提物调理鱼片电子舌 PCA 分析

Fig. 1 PCA analysis by electronic tongue for seasoned fish fillets with different types of YE

组距离差距越大, 说明添加酵母抽提物对于鱼片的滋味成分影响越大。其中 KU012 组相对其他酵母抽提物组而言距离 CK 组最远, 对鱼片滋味成分影响较大。

2.5 电子鼻分析

电子鼻信号的 PCA 分析 主成分分析 (PCA) 是以一定方式重组具有相关性的原始指标, 以形成一套新的综合分析数据, 从而代替原始指标^[11-12]。对 6 组样品电子鼻结果进行 PCA 分析, 第一主成分分析 PC1 贡献率为 69.575%, 第二主成分 PC2 贡献率为 24.724%, PC1 和 PC2 贡献率之和为 94.299%, 总贡献率大于 90% (图 2), 能很好地反映各组调理鱼片产品的整体信息特征, 并表征各样品之间挥发性成分的差异。FA02 与 KU012 整体分布在第三象限, 其中 KU012 沿第一主成分横向分布最远, 对挥发性成分影响最大。F55 横向和纵向与 CK 组相近, 对鱼肉挥发性成分的影响可能不大, 与感官分析结果一致。

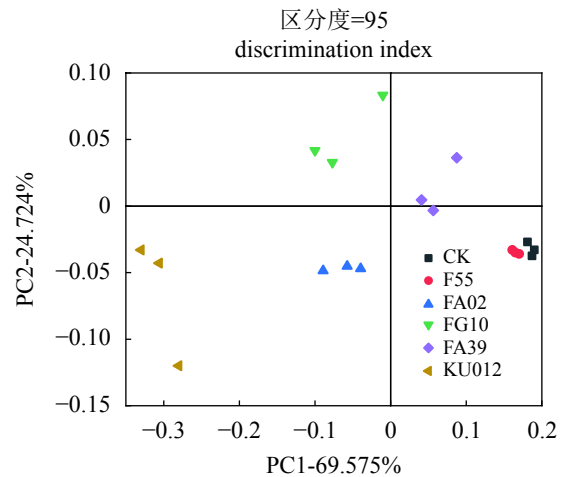


图 2 添加不同种类酵母抽提物调理鱼片电子鼻 PCA 分析

Fig. 2 PCA analysis by electronic nose for seasoned fish fillets with different types of YE

电子鼻雷达图分析 电子鼻响应值雷达图可直观地表征不同样品间指纹信息图谱的差异性。除传感器 LY2/gCTL(硫化氢)、LY2/GH(氨、胺类化合物)、LY2/G(氮、胺类化合物、酮类、醇类) 和 T40/1(氟化物) 外, 其余电子鼻传感器对 3 组样品的响应值有显著性差异。KU012 组中 T30-1(极性有机化合物)、PA-2(酮类、醇类、

胺类化合物、含硫化合物)、P30-2(醇类、醛类、硫化氢)这类化合物含量显著高于其他组,而LY2/AA(氨、酮类、醇类)和LY2/GctI(硫化氢)这类化合物含量较低(图3)。说明各组样品中极性化合物、酮醇醛类化合物存在种类和含量方面的明显差异,且这些化合物对鱼肉具有主要香气贡献作用,尤其是添加酵母抽提物 KU012 组,相对于CK 组变化尤为明显。

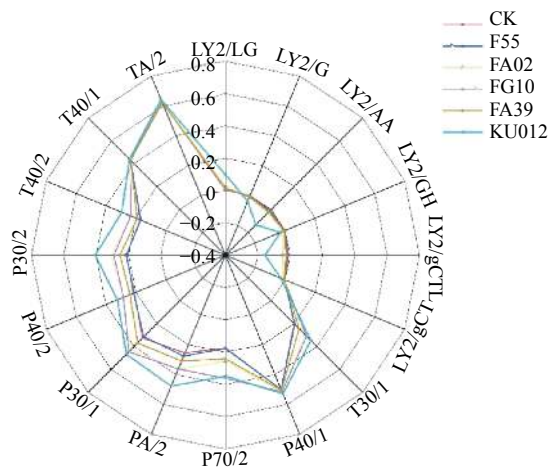


图3 添加不同种类酵母抽提物调理鱼片电子鼻雷达图分析

Fig. 3 Radar image analysis by electronic nose of seasoned fish fillets with different types of YE

2.6 挥发性成分分析

挥发性成分的种类和含量 调理乌鳢鱼片通过SDE法提取后,利用GC-MS分析,可以看出CK组和添加5种酵母抽提物组(FA02、KU012、FG10、FA39、F55)挥发性物质分别为42、60、66、56、52和46种。添加酵母抽提物后,鱼片的挥发性物质都有一定程度的提升,添加KU012检测到的挥发性物质最多。

CK组中检测到醛类物质11种、醇类物质8种、酮类物质4种,共计42种挥发性成分(图4),大量挥发性化合物如醛类、酮类、醇类物质等对肉制品的整体风味有贡献作用^[13]。醇、醛、酮含量占总挥发性物质的含量分别为37.78%、8.93%和2.41%,三者加合49.12%,约占CK组总挥发性物质含量的一半(图5)。

添加酵母抽提物后,鱼片中含有的醛类、酮类、醇类等物质的种类和含量都远高于CK组,而且鱼片中最主要的挥发性醛类物质均占挥发性物质总量的一半左右,其中FA02组56.69%、

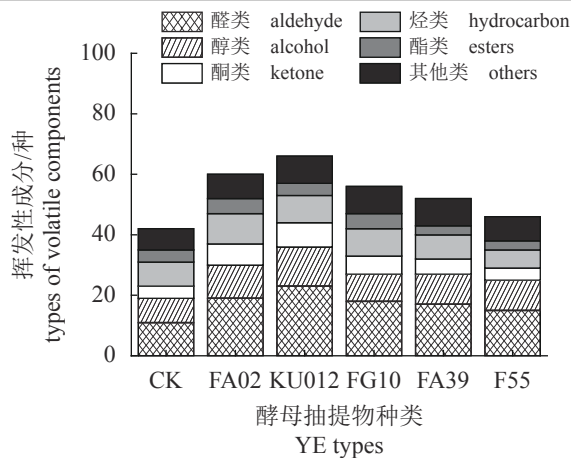


图4 添加不同种类YE 调理后鱼片挥发性成分种数
Fig. 4 Number of volatile components in fish fillets after adding different types of YE

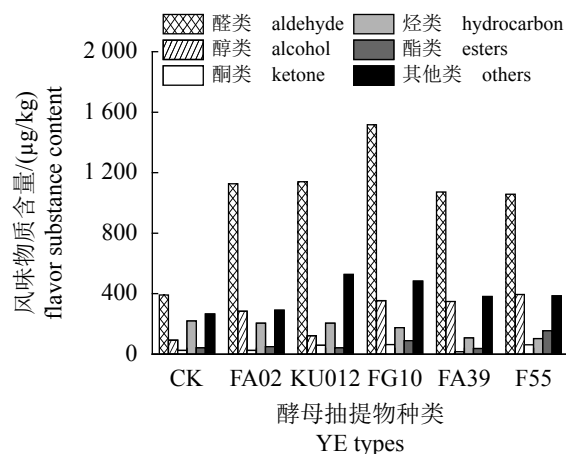


图5 添加不同种类YE 调理后乌鳢鱼片风味物质含量

Fig. 5 Flavor content of *C. argus* fillets after adding different types of YE

KU012组54.58%、FG10组56.58%、FA39组54.46%、F55组48.45%。可以看出,在KU012组中检测到的挥发性物质种类最多,有66种,醛类物质有23种,相对其他组最多。醇、醛、酮含量占总挥发性物质的含量分别为54.58%、5.82%和2.77%,相对CK组,醛类比重显著增加,醇、酮类虽含量均有提升但比重下降。

特征性挥发成分 醛类物质在CK组以及其他5种酵母抽提物组中,种类及含量较高(表5),多是由不饱和脂肪酸氧化作用形成^[11-12],对调理鱼片整体风味的贡献较大。6组均共有的醛类化合物包括具有水果、干鱼味的庚醛。具有油脂味的癸醛以及具有鱼油味的(E,E)-2,4-癸二烯醛、辛醛、1-辛烯-3-醇等均是鱼肉自带的呈味物质,

臧明伍等^[13]研究表明,鱼肉内挥发性组分较多,1-辛烯-3醇为主要挥发性组分,与本实验结果一致。

添加酵母抽提物后,调理乌鳢鱼片的挥发性风味成分增加,含量提升,风味明显优于CK组。其中KU012组检出的特征挥发性成分的引入最多,也在一定程度上掩盖了不良风味,对鱼片的赋香抑腥作用最为明显。

3 讨论

本实验探究了不同种类的酵母抽提物调理鱼片,利用电子鼻、GC-MS和电子舌分析其气味特性、挥发性成分和滋味特性,并结合感官、质构特性进行分析。

感官评定结果表明,KU012组中评分最高而色度得分最低,CK组感官综合评分最低。添加酵母抽提物后,调理鱼片的硬度、弹性、回复性有略降低的趋势,但是内聚性和咀嚼性无明显差异。

不同种类酵母抽提物的添加,更加丰富了鱼片的风味成分。酵母抽提物组特有的(E)-4-癸烯醛、长链烷醛等赋予鱼片一定的柑橘、南瓜

等味道。其中KU012组中检测出大多数具有明显气味特征的醛类物质,如具有清新气味与黄瓜味的(E)-2-戊烯醛、(E,Z)-2,6-壬二烯醛,具有肥皂气味的壬醛,以及可进一步参与聚合反应生成其他香气物质的长链烷醛等。醛类物质阈值较低,所以对水产品的整体风味影响较大,对于整体风味有所提升^[14],与感官结果相一致。Zhou等^[15]通过偏最小二乘回归(PLSR)评估了气味活性化合物与感官特征之间的相关性,发现2,4-壬二醛、(E)-2-辛烯、己醛和(E)-2-癸烯与令人愉快的风味属性呈正相关。

醇类也会导致调理后的鱼片散发令人愉快的风味,在添加酵母抽提物调理后,产生的苯乙醇带有玫瑰味^[16-18]。这类醇类物质通常来自于碳水化合物以及氨基酸的还原作用、醛类物质的分解以及脂肪的氧化酶解作用^[19]。CK组总醇类含量为92.61 μg/kg,明显低于5种添加酵母抽提物组的醇类化合物总含量,其5组含量分别为283.72、122.43、353.8、347.94和395.06 μg/kg,添加了酵母抽提物后,鱼片组醇类含量明显提升(表5,表6)。

表5 GC-MS对各实验组挥发性物质的鉴定结果

Tab. 5 GC-MS identification results of volatile compounds in each group

挥发性物质 volatile compounds	气味 smell	含量/(μg/kg) content					
		CK	FA02	KU012	FG10	FA39	F55
醛类/种		11	19	23	18	17	15
醛含量		391.57	1 116.65	1 147.80	1 517.29	1 064.6	1 034.08
己醛	鱼腥味、青草味	47.05	139.18	67.08	—	—	—
庚醛	水果味、干鱼味	9.16	58.35	35.94	29.83	32.54	20.27
辛醛	柑橘味	10.31	22.24	14.40	25.97	25.67	24.07
癸醛	油脂味	6.48	10.37	5.83	9.19	15.90	9.76
壬醛	肥皂味	56.98	181.73	125.82	86.52	100.70	—
(E)-2-戊烯醛	清新味	—	—	1.82	—	—	—
(E)-2-壬烯醛	坚果味	3.99	—	5.86	4.83	8.91	—
(E,Z)-2,6-壬二烯醛	黄瓜味	—	—	2.60	—	—	—
苯甲醛	苦杏仁味	—	—	—	25.20	22.74	10.48
苯乙醛	玫瑰味	23.06	—	—	32.67	95.35	26.28
(E)-4-癸烯醛	南瓜味	—	—	5.33	3.98	—	5.18
(E)-2-癸烯醛	油脂味	1.27	3.25	3.08	1.71	3.35	—
(E,E)-2,4-癸二烯醛	鱼油味	11.79	6.24	5.73	3.95	16.47	2.80
(E)-2-辛烯醛	油脂、坚果味	—	17.32	15.44	7.35	12.28	4.15
4-乙基苯甲醛	—	—	—	2.39	—	—	—
十一烷醛	—	—	—	—	3.19	—	—

·续表5·

挥发性物质 volatile compounds	气味 smell	含量/($\mu\text{g}/\text{kg}$) content					
		CK	FA02	KU012	FG10	FA39	F55
10-十一烯醛	—	—	3.64	—	—	—	—
十二烷醛	—	3.07	4.66	5.33	3.38	—	3.40
(E)-2-十二烯醛	—	—	—	—	—	6.98	—
十三烷醛	—	—	105.14	10.45	70.66	62.62	—
十五烷醛	—	223.56	92.95	67.73	132.40	121.97	55.59
十六烷醛	—	—	133.62	289.12	965.31	343.86	389.59
十七烷醛	—	—	31.95	34.76	—	14.16	8.44
二十烷醛	—	—	12.12	16.96	19.37	5.11	—
(Z)-9-十四碳烯醛	—	—	7.87	9.59	9.34	—	—
(Z)-9-十六碳烯醛	—	—	9.47	352.28	31.32	—	29.85
(Z)-9-十八碳烯醛	—	—	257.57	43.55	—	176.01	381.34
13-十八碳烯醛	—	—	—	3.69	51.13	—	47.90
醇类/种	—	8	11	13	9	10	10
醇含量	—	92.61	283.72	122.43	353.82	347.94	395.06
1-辛烯-3-醇	蘑菇味	26.86	30.91	22.88	16.68	16.89	10.71
(E)-2-辛烯-1-醇	—	4.78	8.88	4.43	3.47	—	—
1-辛醇	—	7.64	17.03	18.07	17.84	13.55	12.68
(Z)-2-壬烯-1-醇	—	—	6.42	—	—	—	—
(E)-3-己烯-1-醇	—	—	—	—	270.03	224.06	238.3
2-丙基-1-戊醇	—	—	—	—	8.64	12.01	9.79
苯乙醇	玫瑰味	—	5.88	4.95	6.73	2.31	3.60
1-壬醇	—	—	9.04	10.90	15.51	20.97	10.47
1-癸醇	—	—	—	2.31	0.86	1.29	1.29
1-十一烷醇	—	14.26	8.71	—	—	—	—
2,7-辛二烯-1-醇	—	—	—	9.89	—	—	—
1-十六醇	—	25.58	—	—	—	13.71	—
十四烷醇	—	3.48	2.36	1.72	—	—	7.52
植醇	—	1.35	—	—	—	—	3.14
(Z)-9-十八烯-1-醇	—	—	6.69	8.93	—	—	—
2-甲基-1-十六醇	—	—	—	7.97	—	—	—
叶绿醇	—	—	—	2.82	—	—	—
2-十二烯-1-醇	—	—	—	6.81	14.07	—	—
2,4-二乙基-1-庚醇	—	—	—	—	—	3.84	—
(Z)-9-十四碳烯-1-醇	—	—	—	—	—	39.30	—
十八烷醇	—	—	181.75	—	—	—	97.55
(Z,Z)-9,12-十八碳二烯-1-醇	—	8.66	6.04	20.73	—	—	—
酮类/种	—	4.00	7.00	8.00	6.00	5.00	4.00
酮含量	—	24.99	24.44	58.34	63.23	16.28	62.08
3-己酮	—	1.50	1.42	6.88	3.28	1.14	10.34
2-己酮	—	—	—	26.93	34.08	—	28.88
2-甲基-3-辛酮	—	3.72	5.69	—	—	—	—
2-壬酮	水果味、干鱼味	—	1.16	1.73	1.86	2.12	—

· 续表 5 ·

挥发性物质 volatile compounds	气味 smell	含量/($\mu\text{g}/\text{kg}$) content					
		CK	FA02	KU012	FG10	FA39	F55
2-癸酮	—	—	3.14	3.82	—	—	—
2,3-辛二酮	—	—	—	4.81	—	—	—
(E,Z)-2,6-壬二酮	—	—	—	—	2.18	1.97	—
2,4-辛烷二酮	—	—	—	—	3.78	—	—
5-戊基二氢-2(3H)-呋喃酮	—	3.03	—	—	—	—	—
2-十一烷酮	—	—	3.32	2.97	3.28	3.64	0.37
3-壬烯-2-酮	坚果味	—	1.84	2.29	—	—	—
2-十五烷酮	—	16.74	7.86	8.90	14.78	—	22.50
香叶基丙酮	—	—	—	—	—	7.41	—
烃类/种		8	10	9	9	8	6
烃含量		219.38	205.01	205.24	175.13	107.00	102.39
2,6,11-三甲基十二烷	—	—	1.62	—	16.01	—	12.87
十三烷	—	49.59	—	—	2.42	—	—
十五烷	—	93.52	58.08	—	—	—	—
6-甲基-十五烷	—	—	10.31	7.50	—	—	—
二十一烷	—	16.11	—	—	8.14	16.31	4.30
二十五烷	—	14.08	18.55	—	12.46	7.46	—
植烷	—	—	—	23.09	42.77	6.83	47.00
(E)-3-十六碳烯	—	12.27	3.54	—	—	16.99	1.65
(E)-3-二十碳烯	—	25.97	70.28	—	4.92	—	—
(E)-5-二十碳烯	—	—	14.15	86.99	—	—	—
(Z)-3-十六烯	—	—	—	27.22	—	—	—
新植二烯	—	7.85	13.33	13.78	79.67	22.34	5.43
反式角鲨烯	—	—	15.15	46.65	8.72	37.08	31.13
酯类/种		4	5	4	5	3	3
酯含量		42.37	49.74	41.75	88.94	37.58	155.05
γ -十二内酯	—	2.08	3.93	3.75	7.30	15.94	12.41
邻苯二甲酸二丁酯	—	12.15	9.91	10.24	22.67	19.82	11.43
邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯	—	24.90	22.61	26.28	37.63	—	126.12
乙酸二十烷基酯	—	3.25	10.21	—	16.38	—	—
正己酸乙酯	—	—	3.08	1.48	4.97	1.82	5.10
其他挥发性物质/种		7	8	9	9	9	8
其他挥发性物质含量		265.59	290.28	527.40	483.11	381.55	385.81
壬酸	—	14.48	20.21	33.72	9.98	7.35	12.88
油酸	—	53.99	11.95	11.02	27.61	144.01	53.40
硬脂酸	—	75.84	47.10	23.55	174.20	93.30	109.89
吡嗪	烧糊味	4.28	39.92	21.29	15.96	27.32	22.35
N,N-二丁基甲酰胺	—	48.15	48.83	24.60	31.94	45.63	33.35
(Z)-9-十六碳烯酰胺	—	—	53.64	79.93	58.68	21.54	—
硬脂酰胺	—	22.90	15.00	170.53	47.37	6.57	91.63
(Z)-9-十六碳酰胺	—	—	—	79.93	58.68	21.54	26.25
十六碳酰胺	—	45.96	53.64	79.93	58.68	14.29	36.07
(Z)-2-(2-戊烯基)呋喃	—	—	—	2.90	—	—	—

表 6 对调理鱼片主要挥发性成分 OAV 值分析

Tab. 6 Analysis of OAV value of main volatile components in seasoned fish fillets

挥发性物质 volatile compounds	气味 smell	阈值/($\mu\text{g}/\text{kg}$) threshold	OAV					
			CK	FA02	KU012	FG10	FA39	F55
己醛	鱼腥味、青草味	2.4	19.60	57.99	27.95	—	—	—
庚醛	水果味、干鱼味	3	3.05	19.45	11.98	9.94	10.85	6.76
辛醛	柑橘味	3.4	—	6.54	4.24	7.64	7.55	7.08
癸醛	油脂味	1	6.48	10.37	5.83	9.19	15.90	9.76
壬醛	肥皂味	2	28.49	90.87	62.91	43.26	50.35	—
(E)-2-戊烯醛	清新味	1.5	—	—	1.21	—	—	—
(E)-2-壬烯醛	坚果味	0.08	49.93	—	73.25	60.40	111.35	—
(E,Z)-2,6-壬二烯醛	黄瓜味	0.0045	—	—	578.04	—	—	—
苯甲醛	苦杏仁味	41.7	0.12	—	—	0.60	0.55	0.25
(E,E)-2,4-癸二烯醛	鱼油味	0.03	393.02	207.94	191.01	131.61	348.90	93.27
(E)-2-辛烯醛	油脂、坚果味	3	—	5.77	5.15	2.45	4.09	1.38
1-辛烯-3-醇	蘑菇味	1.2	22.38	25.76	19.06	13.90	14.08	8.93
2-壬酮	水果味、干鱼味	38	—	0.03	0.05	0.05	0.06	—
吡嗪	烧糊味	140	0.03	0.29	0.15	0.11	0.20	0.16

从酵母组中检测到具有水果味和坚果味的 2-壬酮、3-壬烯-2-酮，在 CK 组中均未检出，这可能是由于酵母菌失活前，发酵作用产生的前体物质降解所产生的^[17]。鱼片挥发性化合物中，烷烃、烯烃类化合物种类相对较多，有 6~10 种，其中种类和含量较多的烃类物质主要集中在 CK、FA02 和 KU012 这 3 组中。烯类物质的风味阈值较小，对鱼肉的主体风味影响较大，有些烯类物质更是合成醛类和醇类的前体物质。相比于其他种类化合物，6 组鱼片中的酯类化合物在整体挥发性风味成分中的种类占比最少。酸类可以赋予鱼片良好的风味，一定量的酸类物质可以提高水产加工制品的整体风味特性，过量则会降低其整体食用品质，适量的酸类物质使 KU012 组整体风味更佳。同时 (Z)-2-(2-戊烯基)呋喃也在 KU012 组中检出，刘建彬等^[20]同样于酵母抽提物中提取到此类呋喃物质，该物质对肉制品整体风味具有促进作用。

由于鱼肉中的脂肪发生氧化反应，产生的醛类物质阈值较低，对鱼片的风味影响较大，因此醛类物质被认为是鱼肉中的主要风味物质。吡嗪是调理鱼片中所共有的，虽有烧糊味产生，但由于其阈值高达 140，故对调理乌鳢鱼片整体风味影响不明显 (OAV<1)。

对添加不同种类酵母抽提物组调理鱼片利

用电子鼻进行 PCA 分析，可以看出各组鱼片气味差异明显，F55 横向和纵向与 CK 组相近，而 FA02 在横向分布上与 CK 组有较大差异，FG10 横向和纵向都和 CK 组有较大差异，KU012 沿第一主成分横向分布最远，对挥发性成分影响最大。雷达图分析可以看出，各组样品中极性化合物、酮醇醛类化合物存在较大差异，这些化合物对鱼肉特征香气成分具有贡献作用，尤其是添加酵母抽提物 KU012 组与 CK 组差异最明显。电子舌的 PCA 分析结果显示，添加酵母抽提物对于鱼片的滋味成分影响较大。其中 KU012 组相对 CK 组纵向跨度最明显，对鱼片滋味成分影响较大。可以看出，添加酵母抽提物后，鱼片产品各项理化指标及风味品质都有所提升，其中 KU012 组表现良好，是较好的酵母抽提物种类。

参考文献 (References):

- [1] 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).
- [2] 郭甲, 姚娟, 龚大春. 高鲜型酵母抽提物的开发进展[J]. *中国调味品*, 2017, 42(2): 171-174.

- Guo J, Yao J, Gong D C. Progress in the development of hi-fresh yeast extract[J]. *China Condiment*, 2017, 42(2): 171-174(in Chinese).
- [3] 谢娟,曹锦轩,潘道东,等.滚揉对成熟过程中鹅肉品质及其蛋白质结构的影响[J].*现代食品科技*, 2014, 30(10): 205-211.
- Xie M, Cao J X, Pan D D, *et al.* Influence of different tumbling methods on meat quality and protein structure of goose muscle during postmortem aging[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2014, 30(10): 205-211(in Chinese).
- [4] 刘念,黄琪琳,李沛,等.以酵母抽提物为基料的调理配方对黑鱼片感官品质和质构特性的影响[J].*中国调味品*, 2021, 46(4): 25-30.
- Liu N, Huang Q L, Li P, *et al.* Effect of yeast extract-based preparation formula on the sensory quality and texture properties of snakehead fillets[J]. *China Condiment*, 2021, 46(4): 25-30(in Chinese).
- [5] 陈澄,胡杨,安玥琦,等.浸渍液组成与调理工艺对调理草鱼片品质的影响[J].*肉类工业*, 2020(5): 25-35.
- Chen C, Hu Y, An Y Q, *et al.* Effects of composition of impregnation solution and conditioning technology on the quality of conditioning grass carp fillets[J]. *Meat Industry*, 2020(5): 25-35(in Chinese).
- [6] 李娜,蔡鲁峰.调理食品及其发展现状与趋势探讨[J].*粮食与食品工业*, 2020, 27(1): 31-34.
- Li N, Cai L F. Prepared foods and its development status and trend[J]. *Cereal & Food Industry*, 2020, 27(1): 31-34(in Chinese).
- [7] 张彩霞,奚印慈,柳泽琢也,等.电子鼻结合GC-MS检测沙拉酱对挪威三文鱼风味的影响[J].*食品工业科技*, 2019, 40(17): 257-262, 275.
- Zhang C X, Xi Y C, Yanagisawa T, *et al.* Effect of mayonnaise on Norwegian salmon flavor by electronic nose combined with GC-MS[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(17): 257-262, 275(in Chinese).
- [8] 任佳怿,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).
- [9] 郑子薇,王丹,李鹏宇,等.豆豉鲮鱼挥发性风味成分分析[J].*精细化工*, 2017, 34(8): 900-906, 941.
- Zheng Z W, Wang D, Li P Y, *et al.* Analysis of volatile flavor compounds in douchi dace[J]. *Fine Chemicals*, 2017, 34(8): 900-906, 941(in Chinese).
- [10] Ross C F. Considerations of the use of the electronic tongue in sensory science[J]. *Current Opinion in Food Science*, 2021, 40: 87-93.
- [11] Labreche S, Bazzo S, Cade S, *et al.* Shelf life determination by electronic nose: application to milk[J]. *Sensors & Actuators B: Chemical*, 2005, 106(1): 199-206.
- [12] Dutta R, Kashwan K R, Bhuyan M, *et al.* Electronic nose based tea quality standardization[J]. *Neural Networks*, 2003, 16(5-6): 847-853.
- [13] 臧明伍,王宇,韩凯,等.北京清真酱牛肉挥发性风味化合物的研究[J].*食品工业科技*, 2010, 31(8): 70-73, 357.
- Zang M W, Wang Y, Han K, *et al.* Study on volatile flavor compounds of Beijing moslemic braised beef with soy sauce[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2010, 31(8): 70-73, 357(in Chinese).
- [14] 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).
- [15] Zhou Y Q, Wu S M, Peng Y L, *et al.* Effect of lactic acid bacteria on mackerel (*Pneumatophorus japonicus*) seasoning quality and flavor during fermentation[J]. *Food Bioscience*, 2021, 41: 100971.
- [16] Giri A, Osako K, Ohshima T. Identification and characterisation of headspace volatiles of fish *miso*, a Japanese fish meat based fermented paste, with special emphasis on effect of fish species and meat washing[J]. *Food Chemistry*, 2010, 120(2): 621-631.
- [17] 沈丽,张丽君,许柏球.固相微萃取-气质联用法测定鲫鱼体中挥发性物质[J].*食品工业科技*, 2011, 32(6): 161-163.
- Shen L, Zhang L J, Xu B Q. Determination of evaporated substances from crucian carp (*Carassius auratus*) by solid phase microextraction and chromatography-mass spectrometry[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2011, 32(6): 161-163(in Chinese).
- [18] Fratini G, Lois S, Pazos M, *et al.* Volatile profile of Atlantic shellfish species by HS-SPME GC/MS[J]. *Food Research International*, 2012, 48(2): 856-865.
- [19] Iglesias J, Medina I, Bianchi F, *et al.* Study of the volatile compounds useful for the characterisation of fresh and frozen-thawed cultured gilthead sea bream fish by solid-phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry[J]. *Food Chemistry*, 2009, 115(4): 1473-1478.
- [20] 刘建彬,宋焕禄,李沛,等.商品化酵母抽提物中风味活性化合物的综合定量分析及其应用特性研究[J].*中国调味品*, 2015, 40(7): 1-10.

Liu J B, Song H L, Li P, *et al.* Quantitative analysis and comprehensive study of flavor-active compounds and

application properties of commercial yeast extract[J]. *China Condiment*, 2015, 40(7): 1-10(in Chinese).

Effect of yeast extracts on flavor and texture of seasoned snakehead fish (*Channa argus*) fillets

LIU Nian¹, HUANG Qilin^{1*}, LI Pei^{2*}, GUO Jiangyong², QIN Xianwu²

(1. College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, National R & D Branch Center for Conventional Freshwater Fish Processing, Wuhan 430070, China;
2. Angel Yeast Co., Ltd., Yichang 443003, China)

Abstract: snakehead fish (*Channa argus*), a carnivorous fish, is widely distributed in freshwater areas of Asia. *C. argus* has fatty meat, few intermuscular bones, and is rich in protein and essential amino acids. It has the advantages of delicious taste, and rich nutrition, and is favored by consumers. At present, the common raw *C. argus* processed products on the market—freshly prepared snakehead fish fillets are seasoned with salt, monosodium glutamate, spices and so on. In order to respond to the national salt reduction policy and promote the development and application of new seasonings, this article uses yeast extract to season fresh *C. argus* fillets. In order to investigate the effects of adding different yeast extracts on the flavor and texture of raw fish fillets, the volatile components were extracted by simultaneous distillation extraction (SDE) from seasoned snakehead fish fillets, and the flavor and composition of six groups of seasoned *C. argus* fillets (control check CK group, FA02 group, KU012 group, FG10 group, FA39 group, F55 group) were analyzed by GC-MS in combination with electronic nose and electronic tongue. The quality of the six groups of seasoned snakehead fish fillets was further evaluated by combining sensory, color and texture analysis. The results showed that 42 volatile substances were detected in the CK group, while five yeast extracts were added (FA02, KU012, FG10, FA39, F55) with significantly more volatile substances of 60, 66, 56, 52 and 46 kinds respectively. The main characteristic volatile substances in the fillets were aldehydes, such as heptanal, decanal and (E, E)-2,4-decadienal and so on; after adding different types of yeast extracts, the volatile substances in each group of fish fillets increased, such as (E)-4-decenal, 2-nonanone, 3-nonen-2-one and so on. The KU012 group showed the greatest increase in the types and content of volatile substances, such as (E)-2-pentenal with fresh odor, (E, Z)-2, 6-nonadienal with cucumber flavor, and (Z)-2-(2-pentenyl)furan to enhance the overall flavor. The results by electronic nose and electronic tongue showed significant differences in odor and taste between each yeast extract group and the CK group. Compared to the CK group, the *C. argus* fillets seasoned with the addition of yeast extract had a light yellow color, slightly reduced texture and higher sensory scores. Different types of yeast extracts could improve the flavor, texture and sensory quality of *C. argus* fillets to a certain extent, and the KU012 group had the best overall performance. This study provides reference for the application of yeast extracts in the seasoning of aquatic products.

Key words: *Channa argus*; fillets; flavor; texture; sensory evaluation; simultaneous distillation extraction

Corresponding authors: HUANG Qilin. E-mail: hql@mail.hzau.edu.cn;

LI Pei. E-mail: lipei@angelyeast.com

Funding project: National Key R & D Program (2018YFD0901005)