

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

翟营营 黄晶晶 张慧敏 任佳悻 熊善柏 黄琪琳

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

摘要 以4种酵母抽提物(KA66、FA28、KU012、FA01)为原料,通过分析其金属离子、游离氨基酸、总氨基酸和核苷酸的组成,以滋味活度值(TAV)和味精当量(EUC)为指标分别评价各滋味成分对酵母抽提物滋味的贡献程度和鲜味物质间的协同增鲜作用;并将其加入到鱼糜制品中,通过感官评价和电子鼻分析探究其对鱼糜制品风味的影响。结果表明,酵母抽提物 KU012 中谷氨酸、丙氨酸、5'-IMP、5'-GMP 等滋味物质含量最高, TAV 值最大,而 FA01 中丙氨酸、5'-IMP、5'-GMP 含量最低, TAV 值最小; FA28 中总氨基酸含量最高,谷氨酸含量最高; KU012 的 EUC 值最高, 1 g KU012 产生的鲜味强度相当于 125.22 g 单一味精(MSG)所产生的鲜味强度,为 125.22 gMSG/g;感官结果表明,酵母抽提物可显著改善鱼糜制品的滋味,对腥味也有一定掩蔽作用, KU012 感官评分最高;电子鼻的结果表明,加入不同的酵母抽提物后,鱼糜制品的挥发性成分区别较大。

关键词 酵母抽提物; 滋味活度值; 协同增鲜; 味精当量; 鱼糜制品风味; 感官评价; 电子鼻

中图分类号 TS 254.5 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2019)05-0105-09

随着人们生活水平的提高,国内外的食品调味料行业也发生着巨大的变化。酵母抽提物(yeast extract, YE)作为一种具有复杂调味特性的天然调味料,被广泛应用于食品加工的各个领域。酵母抽提物是由酵母细胞中的水溶性成分制得的浓缩物,含有丰富的呈味氨基酸和呈味核苷酸,在制作过程中B族维生素、谷胱甘肽、微量元素等营养成分也一起从酵母细胞中提取出来,因而具有良好的调味特性和营养价值^[1-3]。独特而浓郁的鲜味和肉香味是其主要风味特征,将其添加到食品中能改善产品滋味,缓和酸味,去除苦味,屏蔽食品原料中的异味,使产品滋味醇厚柔和、香气浓郁持久^[4]。酵母细胞中核酸的降解产物5'-肌苷酸(5'-IMP)和5'-鸟苷酸(5'-GMP)是众所周知的活性风味增强剂,它们不但本身具有鲜味,而且可以增强其他化合物的风味和口感。有研究表明,5'-IMP和5'-GMP的风味增强活性比广泛使用的风味增强剂谷氨酸钠(MSG)大100倍以上^[5]。Yamaguchi等^[6]的研究则表明呈味核苷酸(5'-IMP和5'-GMP)与味精类似成分(谷氨酸和天冬氨酸)的协同作用会大大增加汤的鲜味。

鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*, silver carp)又称白鲢、白鱼,是我国主要养殖鱼类之一,2017年鲢产量更是达到了385.28万t^[7]。鲢肉质细嫩,蛋白质含量丰富,必需氨基酸比例适宜,多不饱和脂肪酸含量高,具有很高的营养价值^[8]。由于鲢土腥味较重,鲜销价格低,将其加工成鱼糜制品是提高鲢附加值的有效途径。但是鱼糜制品的鲜味不足,土腥味并不能完全去除,仍是其发展的瓶颈^[9]。因此,笔者将酵母抽提物添加到鱼糜制品中,利用其复杂的调味特性,以期达到增强鱼糜制品的鲜味、抑制土腥味的效果。

本研究首先对酵母抽提物中主要的滋味成分进行分析,并以滋味活度值(taste active value, TAV)和味精当量(equivalent umami concentrations, EUC)为评价指标分别评价各滋味成分对酵母抽提物滋味的贡献程度和鲜味成分间的协同增鲜作用;然后将酵母抽提物加入到鱼糜制品中,通过感官评价和电子鼻分析综合评价其对鱼糜制品风味的影响。

收稿日期: 2019-04-22

基金项目: 现代农业产业技术体系专项(CARS-45-27); 中央高校基本科研业务费专项(2662018PY057)

翟营营, 硕士研究生. 研究方向: 水产品风味调控. E-mail: sdauzyy560@163.com

通信作者: 黄琪琳, 博士, 教授. 研究方向: 食品大分子的结构与功能特性, 水产品加工与风味调控. E-mail: hql@mail.hzau.edu.cn

1 材料与amp;方法

1.1 原料及试剂

基础鲜味型酵母抽提物:KA66(高盐)和 FA28(低盐),富含氨基酸和肽,具有纯正的肉汤口感;增强鲜味型酵母抽提物:KU012,富含氨基酸和核苷酸,鲜味强劲;高葡聚糖型酵母抽提物:FA01,葡聚糖含量高,富含氨基酸和肽;以上 4 种酵母抽提物均由安琪酵母股份有限公司提供。试验鲢购于华中农业大学农贸市场。

硫酸铜、硫酸钾、硫酸、盐酸、硼酸、氢氧化钠等试剂均为分析纯,购于国药集团化学试剂有限公司;核苷酸标准品为色谱纯,购于上海源叶生物科技有限公司。

1.2 仪器与设备

AA-6300C 型原子吸收光谱仪,日本岛津公司;Avanti J-26xp 型高速冷冻离心机,贝克曼库尔特有限公司;L-8900 型氨基酸自动分析仪,日立高新技术公司;e2692 型高效液相色谱仪,美国 WATERS 公司;FOX-4000 型电子鼻,美国 Alpha M.O.S 公司。

1.3 金属离子含量的测定

金属离子含量均以原子吸收光谱仪进行测定。其中,K、Na 含量的测定采用 GB 5009.91—2017《食品中钾、钠的测定》;Ca 含量的测定采用 GB 5009.92—2016《食品中钙的测定》;Mg 含量的测定采用 GB 5009.241—2017《食品中镁的测定》;Zn 含量的测定采用 GB 5009.14—2017《食品中锌的测定》;Cu 含量的测定采用 GB 5009.13—2017《食品中铜的测定》。

1.4 游离氨基酸组成的测定

准确称取 1.0 g 酵母抽提物,加入 20 mL 混合溶液(混合溶液配制:0.1 mol/L 盐酸和 10%三氯乙酸体积比=1:2),漩涡振荡后超声 15 min;4 ℃、12 000 r/min 离心 20 min,取上清液 10 mL,4 ℃放置 1 h;再以 4 ℃、12 000 r/min 离心 20 min,取上清液 5 mL,过 0.22 μm 滤膜,用氨基酸自动分析仪测定游离氨基酸组成。

1.5 总氨基酸组成的测定

准确称取 50 mg 酵母抽提物,先加入 10 mL 6 mol/L HCl,再加入 40 μL 苯酚,采用氮气保护;110 ℃水解 22 h,取上清液 2 mL,氮气吹干后,用 10 mL 0.02 mol/L HCl 溶解,12 000 r/min 离心 20 min,取上清液,过 0.22 μm 滤膜,用氨基酸自动分析仪测定。

1.6 核苷酸组成的测定

参考 GB 5413.40—2016《婴幼儿食品和乳品中核苷酸的测定》并作适当修改。准确称取 1.0 g 酵母抽提物溶于 50 mL 超纯水中,沸水浴 1 min,冷却后过 0.45 μm 滤膜备用。

色谱条件:大连依利特 Hypersil ODS2-C18 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm);流动相:50 mmol/L 磷酸二氢钾,超声脱气后使用;流速 1.0 mL/min;进样量:10 μL;检测波长:254 nm;检测时间:30 min。

1.7 滋味活度值

滋味活度值^[10]为样品中滋味物质的浓度与其阈值的比值,反映酵母抽提物中滋味活性成分对其滋味的贡献程度。其计算公式为:

$$TAV = \frac{C}{T} \quad (1)$$

式(1)中:TAV 为滋味活度值;C 为滋味物质的含量,mg/g;T 为滋味物质的阈值,mg/g。

当 TAV ≥ 1 时,表明该呈味物质对于样品的整体滋味有显著影响,且数值越大贡献越大;当 TAV < 1 时,表明该呈味物质对整体滋味贡献不显著。

1.8 味精当量

味精当量^[11]表示 2 类鲜味物质混合物协同作用所产生的鲜味强度相当于多少浓度的单一味精(MSG)所产生的鲜味强度。其计算公式为:

$$EUC = \sum a_i b_i + 12.18(\sum a_i b_i)(\sum a_j b_j) \quad (2)$$

式(2)中:EUC 代表味精当量,mgMSG/g; a_i 代表鲜味氨基酸(Asp, Glu)的含量,mg/g; b_i 代表鲜味氨基酸相对于 MSG 的相对鲜度系数(Glu 为 1, Asp 为 0.077); a_j 代表呈味核苷酸(5'-IMP、5'-GMP、5'-AMP)的含量,mg/g; b_j 代表呈味核苷酸相对于 IMP 的相对鲜度系数(5'-IMP 为 1.5、5'-GMP 为 2.3、5'-AMP 为 0.18);12.18 是协同作用常数。

1.9 鱼糜制品的制备

新鲜鲢采肉后漂洗 3 次,其中自来水漂洗 2 次,质量分数 0.5% NaCl 溶液漂洗 1 次;鱼肉与水的比例为 1:5,水温为 4 ℃左右。漂洗后离心脱水,调节鱼糜含水量至 80%。添加质量分数 1% NaCl 溶液和质量分数 2% 酵母抽提物后,擂溃均匀后灌制成鱼肠,两段式加热(40 ℃加热 1 h, 90 ℃加热 0.5 h),煮熟后捞出,自来水冲洗冷却至室温。

1.10 感官评价

感官评价小组由 10 名评价员组成,男女各 5

名,事先都进行了严格的培训。要求评价员在评价之前和评价过程中禁止使用有香味的化妆品,且至少在评价前 60 min 避免接触香烟及其他强烈味道或气味。手上不应留有洗涤剂的残留香气。感官评

分表如表 1 所示,满分 60 分。根据各指标对风味影响的程度赋予不同的权重:色泽 0.10、气味(嗅闻) 0.15、气味(咀嚼)0.15、滋味 0.40、组织状态 0.10、口感 0.10,最后将总分换算为 100 分。

表 1 感官评分表

Table 1 Score criteria on sensory

指标 Index	评价 Evaluation	分值 Score	权重 Weight factor
色泽 Color	颜色洁白 White	7~9	0.10
	颜色稍黄 Slightly yellow	4~6	
	颜色较黄 Yellow	1~3	
气味(嗅闻) Odor (smelling)	闻起来基本无鱼腥味 No fishy-odors	7~9	0.15
	闻起来稍有鱼腥味 Slightly fishy-odors	4~6	
	闻起来鱼腥味重 Strongly fishy-odors	1~3	
气味(咀嚼) Odor (chewing)	咀嚼后基本无腥味 No fishy-odors	7~9	0.15
	咀嚼后稍有腥味 Slightly fishy-odors	4~6	
	咀嚼后腥味重 Strong fishy-odors	1~3	
滋味 Taste	鱼肉鲜味显著增加,滋味醇厚,回味持久 The umami taste of fish significantly increasing, strong mellow taste, and the aftertaste lasting	13~15	0.40
	鱼肉鲜味略微增加,滋味醇厚,回味较持久 The umami taste of fish slightly increasing, mellow taste and the aftertaste lasting	10~12	
	具有鱼肉本身的鲜味,回味适中 The umami taste of fish, moderate aftertaste	7~9	
	鱼肉鲜味较淡,具有轻微苦味和酸涩味;具有较重的酵母抽提物的味道 The umami taste of fish light, slightly bitter and sour taste, stronger taste of yeast extract	4~6	
组织形态 Tissue	基本无鱼肉鲜味,苦味和酸涩味较重;具有很重的酵母抽提物的味道 No umami taste, strong bitter and sour taste, strong taste of yeast extract	1~3	0.10
	鱼片饱满完整,纹路清晰 Fish fillets full and complete with clear striations	7~9	
	鱼片较饱满完整,纹路较清晰 Fish fillets medium full and complete with clear striations	4~6	
口感 Mouth feel	鱼片不饱满且破碎,纹路不清晰 Fish fillets not full and broken, the striations not clear	1~3	0.10
	肉质紧实 The texture of the meat firm	7~9	
	肉质较紧实 The texture of the meat medium firm	4~6	
	肉质疏松 The texture of the meat loose	1~3	

1.11 电子鼻分析

电子鼻样品制备:准确称取鱼肉 2.0 g 于 10 mL 样品瓶中,旋盖密封待用。每个样品重复测定 3 次。

电子鼻参数设置:产生时间 120 s;顶空产生温度 50 ℃;振荡速度 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;注射速度 1.5 mL/s;进样针温度 60 ℃。载气为合成干燥空气,流速 150 mL/min。

1.12 数据处理

实验数据用 OriginPro 2015 进行处理,采用 SAS 9.2 进行 ANOVA 单因素方差分析及 Duncan's 检验 ($P < 0.05$),以“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 金属离子含量

由表 2 可知,Na⁺、K⁺ 是酵母抽提物中含量最高的 2 种金属离子。KA66 中 Na⁺ 含量最高,为 119.27 mg/g,远高于其他 3 种酵母抽提物;KU012 中 K⁺ 含量最高,为 86 mg/g;FA01 中 K⁺ 含量最低,为 21.65 mg/g。作为常量元素,酵母抽提物中 Ca²⁺、Mg²⁺ 含量均较低,对酵母抽提物滋味贡献较小。除此之外,酵母抽提物中还含有 2 种微量金属元素 Zn²⁺、Cu²⁺,其含量虽然很低,但却和人体关键的新陈代谢密切相关。

表 2 酵母抽提物金属离子含量
Table 2 Metal ion content of yeast extract

酵母抽提物 YE	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺
KA66	38.40±0.751b	119.27±5.222a	0.22±0.002c	1.23±0.08a	0.06±0.001a	0.43±0.029a
FA28	46.62±2.109b	20.74±1.042b	0.34±0.001b	1.40±0.051a	0.07±0.001a	0.33±0.001a
KU012	86.00±9.092a	28.27±4.416b	0.26±0.032c	1.30±0.611a	0.05±0.007b	0.42±0.075a
FA01	21.65±3.131c	18.15±0.987b	0.40±0.007a	1.45±0.267a	0.07±0.000a	0.31±0.009a

注:以上含量均以干基质量计;同列不同小写字母表示有显著性差异, $P<0.05$ 。Note:The above contents were measured by dry weight; different lowercase letters in the same column indicate a significant difference of $P<0.05$.

2.2 游离氨基酸分析

1)游离氨基酸组成。由表 3 可知,4 种酵母抽提物中均检测出 17 种游离氨基酸,其中 KU012 游离氨基酸总量最高,为 249.10 mg/g,KA66 和 FA28 游离氨基酸含量较为接近,分别为 194.95、190.00 mg/g,FA01 游离氨基酸含量最低,为 176.70 mg/g。根据酵母抽提物中游离氨基酸的呈味特性将氨基酸分为 3 大类,分别为鲜味/酸味氨基酸、甜

味氨基酸和苦味氨基酸。由表 3 可知,KU012 中鲜味/酸味氨基酸和甜味氨基酸含量最高,分别为 112.11、103.19 mg/g,谷氨酸、丙氨酸含量的不同是造成差异的主要原因;苦味氨基酸的含量最低,仅为 33.81 mg/g。KA66、FA28 和 FA01 中鲜味/酸味氨基酸含量较为接近且含量较低,苦味氨基酸含量较高;KA66 中苦味氨基酸含量最高,FA01 中甜味氨基酸含量最低。

表 3 酵母抽提物游离氨基酸组成及滋味活度值

Table 3 Free amino acid composition and taste activity value of yeast extract

游离氨基酸 Free amino acid	呈味特性 Taste characteristics	KA66		FA28		KU012		FA01	
		mg/g	TAV	mg/g	TAV	mg/g	TAV	mg/g	TAV
天冬氨酸 Asp	鲜/酸 Umami/sour (+)	11.98±0.18	11.98	9.88±0.27	9.88	4.30±0.17	4.30	9.88±0.28	9.88
谷氨酸 Glu	鲜/酸 Umami/sour (+)	25.72±1.13	85.73	28.51±1.53	95.03	107.81±5.50	359.37	27.44±1.91	91.47
鲜味/酸味氨基酸总量/(mg/g) Total umami/acidic amino acids		37.70±0.75		38.39±1.21		112.11±5.02		37.32±2.01	
苏氨酸 Thr	甜 Sweet(+)	8.20±0.39	3.15	6.41±0.37	2.47	4.90±0.38	1.88	7.54±0.51	2.90
丝氨酸 Ser	甜 Sweet(+)	7.93±0.38	5.29	5.79±0.47	3.86	2.22±0.32	1.48	7.48±0.68	4.99
甘氨酸 Gly	甜 Sweet(+)	4.76±0.17	3.66	3.91±0.10	3.01	1.88±0.17	1.45	4.16±0.33	3.20
丙氨酸 Ala	甜 Sweet(+)	35.47±1.07	59.12	50.92±2.40	84.87	89.78±4.78	149.63	30.47±2.88	50.78
脯氨酸 Pro	甜 Sweet(+)	5.31±0.48	1.77	3.86±0.47	1.29	4.41±0.42	1.47	3.82±0.50	1.27
甜味氨基酸总量/(mg/g) Total sweet amino acids		61.67±2.75		70.89±3.46		103.19±4.33		53.47±2.31	
异亮氨酸 Ile	苦 Bitter(-)	11.99±0.29	13.32	9.36±1.20	10.40	2.39±0.10	2.66	11.18±0.42	12.42
亮氨酸 Leu	苦 Bitter(-)	19.19±0.31	10.10	16.00±0.40	8.42	2.51±0.27	1.32	18.01±0.61	9.48
酪氨酸 Tyr	苦 Bitter(-)	7.99±0.57	/	5.56±0.37	/	1.00±0.02	/	7.85±0.52	/
苯丙氨酸 Phe	苦 Bitter(-)	12.31±1.10	13.68	10.10±1.07	11.22	1.61±0.06	1.79	11.03±0.97	12.26
组氨酸 His	苦 Bitter(-)	2.70±0.06	13.50	2.41±0.07	12.05	1.89±0.08	9.45	2.05±0.12	10.25
缬氨酸 Val	甜/苦 Sweet/bitter(-)	14.02±0.48	35.05	12.46±0.20	31.15	5.52±0.42	13.80	13.54±0.84	33.85
赖氨酸 Lys	甜/苦 Sweet/bitter(-)	10.25±0.41	20.50	9.00±0.47	18.00	3.57±0.31	7.14	8.43±0.56	16.86
半胱氨酸 Cys	苦/甜/硫 Bitter/sweet/sulfur (-)	1.37±0.06	/	1.24±0.10	/	1.29±0.07	/	0.48±0.02	/
蛋氨酸 Met	苦/甜/硫 Bitter/sweet/sulfur (-)	4.10±0.18	13.67	3.32±0.47	11.07	0.50±0.02	1.67	3.94±0.25	13.13
精氨酸 Arg	苦/甜 Bitter/sweet(+)	11.66±0.12	23.32	11.29±0.47	22.58	13.53±0.78	27.06	9.39±0.61	18.78
苦味氨基酸总量/(mg/g) Total bitter amino acids		95.58±3.61		80.74±3.12		33.81±1.41		85.90±3.54	
总计/(mg/g) Total		194.95±6.81		190.00±7.80		249.10±10.34		176.70±5.27	

注:游离氨基酸含量均以干基质量计;(+)表示令人愉悦的感觉,(-)表示令人不愉悦的感觉。Note:Free amino acid content is measured by dry weight; (+) indicates a pleasant feeling, and (-) indicates an unpleasant feeling.

2)游离氨基酸滋味活度值。由表 3 可知,4 种酵母抽提物中所有游离氨基酸的 TAV 均大于 1,表明所有氨基酸对酵母抽提物滋味都有贡献,其中对滋味贡献最大的均为谷氨酸,其次为丙氨酸。在 4 种酵母抽提物中,KU012 中谷氨酸、丙氨酸的 TAV 值最大,尤其是谷氨酸的 TAV 值远高于其他 3 种酵母抽提物;KA66 和 FA01 中丙氨酸的 TAV 值较低,对滋味贡献较小。除丙氨酸外,其他几种甜味氨基酸

氨酸的 TAV 值较低,对酵母抽提物甜味影响较小。此外,KA66、FA28 和 FA01 中苦味氨基酸的 TAV 值较高,可能会对酵母抽提物滋味产生不利影响。

2.3 总氨基酸组成

4 种酵母抽提物均检测出 17 种氨基酸,其中富含 7 种必需氨基酸,色氨酸则在酸解时被破坏,因而都没有检出。由表 4 可知,酵母抽提物 FA28 中总氨基酸含量最高,为 696.69 mg/g,达到了酵母抽提物总量的 70%;天冬氨酸含量最高,为 75.09 mg/g;必需氨基酸含量最高,为 233.13 mg/g;KU012 中谷

氨酸、丙氨酸含量最高,分别为 206.99、116.00 mg/g,但其天冬氨酸和必需氨基酸含量在 4 种酵母抽提物中最低,仅为 32.53、74.97 mg/g;KA66 和 FA01 中总氨基酸组成及含量较为接近,总氨基酸含量分别为 541.42、548.07 mg/g;必需氨基酸含量也较为接近,分别为 192.02、194.50 mg/g。4 种酵母抽提物总氨基酸组成中谷氨酸、丙氨酸和天冬氨酸这 3 种氨基酸总和分别占了总氨基酸含量的 39.57%、42.20%、68.34%、37.23%,是酵母抽提物中最主要的氨基酸。

表 4 酵母抽提物总氨基酸组成

Table 4 Total amino acid composition of yeast extract

名称 Name	KA66	FA28	KU012	FA01
天冬氨酸 Asp	60.35±2.72	75.09±2.36	32.53±1.84	55.29±3.03
谷氨酸 Glu	95.38±4.17	125.35±4.14	206.99±7.98	94.11±4.13
苏氨酸 * Thr *	25.60±1.22	33.16±1.68	14.66±0.95	28.18±1.70
丝氨酸 Ser	26.02±2.01	32.48±2.65	12.75±0.53	29.22±2.60
甘氨酸 Gly	24.37±1.37	32.85±1.22	23.34±0.75	36.40±1.15
丙氨酸 Ala	58.53±2.85	93.54±4.96	116.00±5.32	54.64±3.14
脯氨酸 Pro	20.86±0.89	27.77±1.17	11.91±0.71	19.43±1.03
异亮氨酸 * Ile *	26.08±1.02	30.39±1.43	7.64±0.50	26.38±1.85
亮氨酸 * Leu *	38.60±1.62	46.97±1.05	11.07±0.24	38.52±1.79
酪氨酸 Tyr	19.73±1.25	23.16±1.27	8.98±0.27	19.68±1.75
苯丙氨酸 * Phe *	23.52±1.98	28.50±1.63	6.91±0.30	23.27±1.97
组氨酸 His	10.72±0.31	13.16±0.69	4.49±0.22	10.73±0.56
缬氨酸 * Val *	30.66±1.01	37.53±1.59	14.20±0.62	31.53±1.03
赖氨酸 * Lys *	40.88±2.50	50.65±2.90	17.93±1.37	40.97±2.10
半胱氨酸 Cys	4.17±0.22	4.56±0.37	7.68±0.64	5.22±0.47
蛋氨酸 * Met *	6.68±0.46	5.93±0.61	2.56±0.24	5.65±0.40
精氨酸 Arg	29.27±1.90	35.61±1.25	20.58±1.52	28.85±1.29
必需氨基酸 EAA	192.02±5.63	233.13±8.25	74.97±3.48	194.50±5.72
总计 Total	541.42±25.08	696.69±31.79	520.22±23.74	548.07±27.53

注:氨基酸含量均以干基质量计;*为必需氨基酸。Note:Amino acid content is determined by dry weight;* is essential amino acid; EAA is essential amino acid content.

2.4 核苷酸分析

1)核苷酸组成。5'-IMP 和 5'-GMP 是主要的鲜味促进剂。4 种酵母抽提物中 5'-核苷酸的高效液相色谱图见图 1,具体含量如表 5 所示。由表 5 可知,4 种酵母抽提物中均含有这 2 种呈味核苷酸,KU012 中 5'-IMP 和 5'-GMP 含量最高,分别为 46.11、21.21 mg/g,明显高于其他 3 种酵母抽提物;FA01 中 5'-IMP 和 5'-GMP 含量最低,仅为 1.68、2.13 mg/g。FA28 和 KU012 中 5'-CMP 含量虽然较高,但是由于结构上不含羟基,对风味几乎没有影响。5'-AMP 的增鲜效果弱于 5'-IMP 和 5'-GMP,且在 4 种酵母抽提物中含量较低,对酵母抽提物滋味的影响较小。

2)核苷酸滋味活度值。核苷酸的 TAV 值如表 5 所示,除 5'-CMP 外,其余 3 种呈味核苷酸的 TAV 值均大于 1,表明它们对于酵母抽提物滋味贡献较

大。4 种酵母抽提物中 5'-IMP 和 5'-GMP 的 TAV 值显著高于表明 5'-AMP,是酵母抽提物中主要的呈味氨基酸。酵母抽提物 KU012 中 5'-IMP 和 5'-GMP 的 TAV 值最高,分别为 184.44、169.68,表明 KU012 的增鲜作用最强;而 FA01 中 5'-IMP 和 5'-GMP 的 TAV 分别仅为 6.72、17.04,增鲜效果较弱。

2.5 味精当量

滋味活度值虽然能准确地评价各滋味成分对酵母抽提物滋味的贡献程度,但是这种方法还存在一定不足。滋味成分往往不是单独存在,滋味物质间的协同增效作用才是影响酵母抽提物滋味的关键。Yamaguchi 等^[6]在研究中发现了呈味氨基酸和呈味核苷酸的相互作用,并提出用味精当量(EUC)来表示。Mau^[12]则将 EUC 值划分为 3 个等级:>10 gMSG/g 干基质量;0.1~10 gMSG/g 干基质量;<0.1 gMSG/g 干基质量。4 种酵母抽提物的味精当量值如表 6 所示。

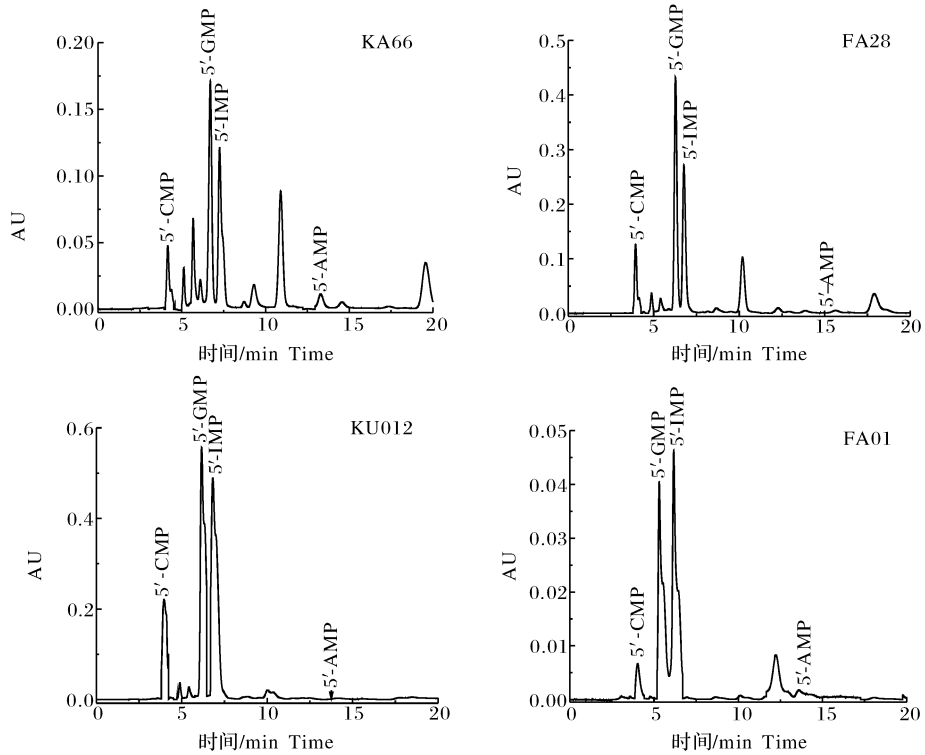


图 1 4 种酵母抽提物的核苷酸的液相色谱图

Fig.1 High performance liquid chromatography of nucleotides of four yeast extract

表 5 4 种酵母抽提物的核苷酸组成及滋味活度值

Table 5 Nucleotide composition and taste activity value of yeast extract

5'-核苷酸 5'-nucleotide	KA66		FA28		KU012		FA01	
	mg/g	TAV	mg/g	TAV	mg/g	TAV	mg/g	TAV
5'-CMP	2.64±0.26	/	14.72±6.95	/	12.48±0.81	/	0.33±0.22	/
5'-GMP	4.16±0.20	33.28	10.05±0.56	80.40	21.21±1.04	169.68	2.13±0.04	17.04
5'-IMP	6.01±0.14	22.04	14.99±2.30	59.96	46.11±2.99	184.44	1.68±0.59	6.72
5'-AMP	0.65±0.04	1.30	0.87±0.30	1.74	0.5±0.07	1.00	1.22±0.32	2.44
总量 Total	13.46		40.63		80.30		5.36	

注:以上含量均以干基质量计。下表同。Note:The above contents are calculated by dry weight.The same as below.

表 6 4 种酵母抽提物的味精当量

Table 6 Equivalent umami concentrations of four yeast extract

酵母抽提物 YE	天冬氨酸/(mg/g)	谷氨酸/(mg/g)	5'-GMP/	5'-IMP/	5'-AMP/	EUC/ (g MSG/g)
	Asp	Glu	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	
KA66	11.98	25.72	4.16	6.01	0.65	5.12
FA28	9.88	28.51	10.05	14.99	0.87	13.67
KU012	4.30	107.81	21.21	46.11	0.50	125.22
FA01	9.88	27.44	2.13	1.68	1.22	2.36

由表 6 可知,酵母抽提物 KU012 的 EUC 值最高,为 125.22 gMSG/g,即 1 g KU012 产生的鲜味强度相当于 125.22 g 单一味精所产生的鲜味强度,大大高于 Mau^[12]划分的第一个等级,协同增鲜作用最强;FA01 的 EUC 值最低,仅为 2.36 gMSG/g,表明其虽具有一定的增鲜效果,但协同增鲜作用较弱。

2.6 添加 2% 酵母抽提物鱼糜制品的感官评价结果

以空白组为对照,将其各个指标设置一个参比值,在此基础上对实验组进行打分。感官评价结果如表 7 所示。由表 7 可知,添加 2% 酵母抽提物对于鱼糜制品的色泽、气味(嗅闻)、气味(咀嚼)、滋味、组织状态均有显著影响,添加 KU012 的鱼糜制品感官得分最高。添加 KU012 对鱼糜制品色泽影响最大,其余 3 种酵母抽提物对鱼糜制品色泽也有显

著影响,但影响较小且不同样品间没有显著性差异。添加酵母抽提物均对鱼糜制品的土腥味起到一定的抑制作用,同时还可赋予其浓郁的肉香味。添加酵母抽提物可显著改善鱼糜制品的滋味,使其滋味醇

厚且回味持久;其中添加 KU012 滋味得分最高,增鲜效果最好。此外,添加 4 种酵母抽提物后鱼糜制品的组织状态得分均出现了不同程度的降低,其中 KU012 得分最低。

表 7 添加 2% 酵母抽提物的鱼糜制品的感官评价结果

Table 7 Effect on sensory evaluation of surimi product with 2% yeast extract added

酵母抽提物 YE	色泽 Color	气味(嗅闻) Odor(smelling)	气味(咀嚼) Odor(chewing)	滋味 Taste	组织状态 Tissue	口感 Mouth feel	总分 Score
对照 Control	9.00a	8.00c	8.00c	21.00c	9.00a	9.00ab	64.67
KA66	6.35±0.84b	10.33±1.14b	10.67±1.22b	28.44±2.95b	7.78±1.11b	9.05±0.77a	72.62
FA28	6.48±0.76b	11.39±1.78ab	10.83±1.27b	26.67±4.87b	8.15±0.83ab	8.33±0.85ab	71.85
KU012	5.24±1.06c	11.53±1.55ab	13.21±1.55a	34.67±3.77a	6.67±0.91c	8.22±0.50b	79.54
FA01	6.94±0.62b	12.22±0.79a	10.56±1.24b	26.67±4.07b	7.96±1.00b	8.70±0.76ab	73.06

注:同列不同小写字母表示有显著性差异, $P < 0.05$ 。Note: Different lowercase letters in the same column indicate a significant difference of $P < 0.05$.

2.7 添加 2% 酵母抽提物的鱼糜制品的电子鼻分析

近年来,作为人类感官分析的补充,科学家已经开发出基于传感器阵列的芳香分析技术,这种技术即电子鼻。电子鼻通过化学传感器分析样品和设备之间的化学相互作用或过程,可以将化学或生物化学信息转换为分析上有用的信号^[13]。主成分分析法是最常用的数据处理方法(principal component analysis, PCA)。

1) 主成分分析(PCA)结果。电子鼻数据分析往往涉及很多变量,但这些变量不是完全独立的,而是存在一定的相关性。将主成分分析所得到的数据进行降维处理,处理后的指标间既不相干,又能反映原来的信息,最后通过二维散点图来表示,这种方法即主成分分析法^[14-15]。图 2 是添加 2% 酵母抽提物鱼糜制品的电子鼻响应信号的主成分分析结果。

97.177%, 大于 90%, 可以用来代表鱼糜制品挥发性成分的整体信息。由图 2 中不同样品区域分布情况可知,添加酵母抽提物后的试验组与对照组之间距离较远,其中 KA66、FA28 和 FA01 主要沿第一主成分轴负方向分布,KA66 和 FA01 空间距离较近,说明这 2 个样品的挥发性成分较为接近,而 FA01 则沿第一主成分轴负方向分布,距离较远。KU012 除了在横向分布上与对照组有较大差距外,在第二主成分轴分布上也有较大差异。同一样品间分布较为集中,说明重复性好;不同样品之间没有重叠,说明试验组和对照组在挥发性成分上具有较大差异。

2) 电子鼻传感器对不同样品响应值信号的雷达图。本试验所用电子鼻传感器为 P/T/LY 金属氧化物传感器,传感器灵敏度为 10^{-6} , 可以对样品中的挥发性成分进行有效检测。如图 3 所示,P、T 这 2 种类型的传感器对添加酵母抽提物的鱼糜制品总挥发性成分具有较高的响应值,除 TA/2、T40/1、P40/1、P10/2 这 4 个传感器不能有效区分对照组和

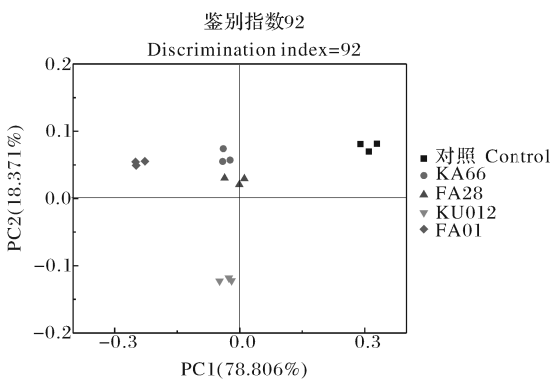


图 2 添加 2% 酵母抽提物的鱼糜制品的电子鼻响应信号 PCA 分析

Fig.2 PCA of electronic nose data for surimi with 2% yeast extract added

由图 2 可知,第一主成分区贡献率为 78.806%, 第二主成分区贡献率为 18.371%, 两者之和为

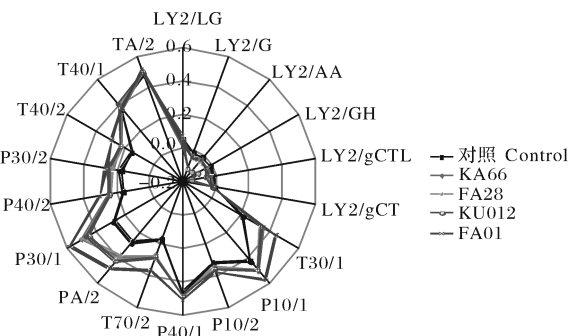


图 3 电子鼻传感器对不同样品响应值信号的雷达图
Fig.3 Radar diagram of electronic nose sensor for different sample response signals

试验组中挥发性成分的区别外,其他均能有效区分试验组和对照组;LY 型传感器对酵母抽提物/鱼糜复合物中的挥发性成分响应值较低,但是除 LY2/LG 和 LY2/gCT 外,其他几种传感器都能有效地将对对照组和试验组区分开来。试验结果表明,FOX-4000 型电子鼻中的大多数传感器能有效地区分对照组和试验组。

3 讨 论

4 种酵母抽提物中滋味成分含量高,添加到鱼糜制品中均可起到很好的增鲜去腥效果。

KA66 中 Na^+ 含量最高,KU012 中 K^+ 含量最高,它们都是调味料中必不可少的辅助呈味成分。一般来讲,金属离子的呈味特性与其离子半径有关,随着正负离子半径之和的增加,其咸味减小,苦味加强;因此,NaCl 呈现的是单纯的咸味,而 KCl 稍有苦味^[16]。付光中^[17]的试验结果表明 K^+ 、 Na^+ 的缺失会降低贝类的甜味、咸味和鲜味,并使苦味增加。Konosu 等^[18]与 Hayashi 等^[19]也证实了 K^+ 、 Na^+ 是甲壳动物的主体滋味构成组分。

游离氨基酸是酵母抽提物主要滋味成分之一,其呈味特性与侧链 R 基团的疏水性有密切关系。当氨基酸的疏水性较小时主要呈甜味,如丙氨酸;当氨基酸的疏水性较大时主要呈苦味,如亮氨酸;当其侧链 R 基团为酸性基团时则呈酸味,如谷氨酸^[16]。谷氨酸是 4 种酵母抽提物中含量最高的游离氨基酸,谷氨酸单钠盐是 L-谷氨酸的唯一活性形式,并且在 pH 5.0~8.0 时达到最佳的鲜味增强效果。因此,4 种酵母抽提物都具有一定的增鲜效果。5'-核苷酸是食品中常见的风味增效剂,其 6 位上的羟基是产生风味增效作用所必需的,5'-IMP 和 5'-GMP 6 位上均为羟基,其增鲜效果最强^[11]。5'-核苷酸除了本身具有鲜味外,它们和呈味氨基酸之间的协同增效作用也是影响酵母抽提物滋味的重要因素。Yamaguchi 等^[6]的研究表明,鲜味氨基酸和 5'-核苷酸的结合可以显著增强鲜味。Kawai 等^[20]的研究表明,当 5'-IMP 存在时会使甜度增大。本研究结果显示在 4 种酵母抽提物中,KU012 中谷氨酸、5'-IMP 和 5'-GMP 含量最高,TAV 值最大,因此,其增鲜效果最强。EUC 值的结果表明,KU012 中鲜味氨基酸和鲜味核苷酸的协同增鲜作用最强。贾丹^[21]和尹涛^[22]也以 TAV 值和 EUC 值为评价指标分别分析了不同体质量和处理方式的鲢肌肉中的滋

味活性成分,取得了理想的试验结果。

将酵母抽提物加入到鱼糜制品中,鱼糜制品鲜味提升显著,并且滋味醇厚,回味持久。虽然添加 KU012 对鱼糜制品的滋味影响最为显著,但是其他 3 种酵母抽提物的加入也可以显著改善鱼糜制品的滋味,这可能与其总氨基酸含量较高有关。这 3 种酵母抽提物中总氨基酸含量均高于 KU012,且谷氨酸和天冬氨酸含量较高。在鱼糜制品的熟制过程中,未降解的蛋白质或小肽进一步分解为游离氨基酸,鲜味氨基酸含量增加,也会显著增强鱼糜制品的鲜味。此外,酵母抽提物的加入可以明显抑制鱼糜制品中的土腥味,并使其伴有浓郁的肉香味。电子鼻分析结果也表明,加入酵母抽提物以后,鱼糜制品的挥发性成分发生了较大变化,这可能与酵母抽提物本身的特征气味有关。由此可见,将酵母抽提物应用在鱼糜制品的加工中,可以解决鱼糜制品滋味不足且土腥味较重的问题,提高大众对鱼糜制品的接受度。

参 考 文 献

- [1] LIU J, SONG H, LIU Y, et al. Discovery of kokumi peptide from yeast extract by LC-Q-TOF-MS/MS and sensomics approach[J]. Journal of the science of food and agriculture, 2015, 95(15):3183-3194.
- [2] AMES J M, LEOD G M. Volatile components of a yeast extract composition[J]. Journal of food science, 2010, 50(1):125-131.
- [3] CHAE H J, JOO H, IN M J. Utilization of brewer's yeast cells for the production of food-grade yeast extract. Part 1: effects of different enzymatic treatments on solid and protein recovery and flavor characteristics[J]. Bioresource technology, 2001, 76(3):253-258.
- [4] 王琴, 黄嘉玲, 黎奇欣. 酵母抽提物的生产技术进展[J]. 现代食品科技, 2013(7):1747-1750.
- [5] CHARPENTIER C, AUSSENAC J, CHARPENTIER M, et al. Release of nucleotides and nucleosides during yeast autolysis: kinetics and potential impact on flavor[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2005, 53(8):3000-3007.
- [6] YAMAGUCHI S, YOSHIKAWA T, IKEDA S, et al. Measurement of relative taste intensity of some L-alpha-amino acids and 5' nucleotides[J]. Journal of food science, 1971, 36(6):846-849.
- [7] 农业农村部渔业局. 中国渔业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018.
- [8] 孔保华, 耿欣, 高兴华, 等. 不同漂洗方法对鲢鱼糜凝胶特性的影响[J]. 食品工业, 2000(1):42-43.
- [9] 杨玉平. 鲢体内土腥味物质鉴定及分析方法与脱除技术的研究

- [D].武汉:华中农业大学,2010.
- [10] 侯文杰,吴旭干,施文正.池塘养殖与野生三疣梭子蟹滋味的比较研究[J].食品工业科技,2018(8):6-12.
- [11] PHAT C, MOON B, LEE C. Evaluation of umami taste in mushroom extracts by chemical analysis, sensory evaluation, and an electronic tongue system [J]. Food chemistry, 2016, 192:1068-1077.
- [12] MAU J. The umami taste of edible and medicinal mushrooms [J]. International journal of medicinal mushrooms, 2005, 7(1/2):119-125.
- [13] 邹小波,赵杰文.电子鼻快速检测谷物霉变的研究[J].农业工程学报,2004,20(4):121-124.
- [14] DUTTA R, KASHWAN K R, BHUYAN M, et al. Electronic nose based tea quality standardization [J]. Neural networks, 2003, 16(5):847-853.
- [15] LABRECHE S, BAZZO S, CADE S, et al. Shelf life determination by electronic nose: application to milk [J]. Sensors and actuators B: chemical, 2005, 106(1):199-206.
- [16] 夏延斌.食品风味化学[M].北京:化学工业出版社,2008.
- [17] 付光中. 虾呈味基料的制备工艺及其风味研究[D].湛江:广东海洋大学,2010.
- [18] KONOSU S, YAMAGUCHI K, HAYASHI T. Studies on flavor components in boiled crabs; I Amino-acid and related compounds in extracts [J]. Bulletin of the Japanese society of scientific fisheries, 1978, 44(5):505-510.
- [19] HAYASHI T, YAMAGUCHI K, KONOSU S. Studies on flavor components in boiled crabs; II Nucleotides and organic-bases in the extracts [J]. Bulletin of the Japanese society of scientific fisheries, 1978, 44(12):1357-1362.
- [20] KAWAI M, OKIYAMA A, UEDA Y. Taste enhancements between various amino acids and IMP [J]. Chemical senses, 2002, 27(8):739-745.
- [21] 贾丹.青鱼肌肉蛋白质及其凝胶特性的研究[D].武汉:华中农业大学,2015.
- [22] 尹涛.纳米鱼骨的制备、特性表征及其对鱼糜胶凝影响的机制研究[D].武汉:华中农业大学,2015.

Analysis of main taste components of yeast extract and its effect on flavor of surimi products

ZHAI Yingying HUANG Jingjing ZHANG Huimin REN Jiayi XIONG Shanbai HUANG Qilin

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

Abstract The compositions of metal ions, free amino acids, total amino acids and nucleotides of four different yeast extracts (KA66, FA28, KU012, FA01) were analyzed. Subsequently, the contribution of each taste component to the taste of yeast extract was evaluated using taste activity value (TAV), and their synergistic interactions were explored through the equivalent umami concentrations (EUC). The effect of yeast extracts on the flavor of the surimi product was explored by sensory evaluation and electronic nose. The results showed that the yeast extract KU012 had the highest content of glutamic acid, alanine, 5'-IMP and 5'-GMP with the biggest TAV, which were the lowest in FA01. The content of total amino acids in FA28 was the highest and the glutamic acid was the main component. The EUC of KU012 was 125.22 gMSG/g, namely, the umami intensity produced by 1 g KU012 was equal to that of 125.22 g single monosodium glutamate. Sensory results showed that yeast extracts could significantly improve the taste of surimi products, and also had a certain masking effect on fishy-odors. KU012 had the highest sensory score. The results of the electronic nose showed that the volatile components of the surimi products were significantly different after the addition of different yeast extracts.

Keywords yeast extract; taste active value; synergistic interactions of freshener; equivalent umami concentrations; flavor of surimi product; sensory evaluation; electronic nose