

文章编号: 1000-0615(2017)06-0984-09

DOI: 10.11964/jfc.20170310765

· 综述 ·

## 鱼露特征挥发性化合物的研究进展

江津津<sup>1</sup>, 梁兰兰<sup>1\*</sup>, 林婉玲<sup>2</sup>, 林金莺<sup>3</sup>

(1. 广州城市职业学院食品系, 广东 广州 510405;

2. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300;

3. 广州大学化学化工学院, 广东 广州 510006)

**摘要:** 研究了鱼露浓郁独特的风味及现代快速发酵工艺所存在的风味品质问题, 并综述了近20年来的鱼露特征挥发性化合物的研究, 结果表明探究鱼露特征挥发性化合物的形成是可行的。结果显示, 气味指纹技术与气相色谱—人工嗅辨仪—质谱(GC-O-MS)联用可以探讨鱼露特征风味的形成; 鱼露的气味是融合了奶酪味、氨味、腌渍味、酸味、鱼腥臭味和肉香味的复杂刺激性气味, 含硫与含氮化合物是特征挥发性化合物; 鱼的种类、嗜盐微生物、酶解途径对特征挥发性化合物形成都有很大影响。研究表明, 鱼露的挥发性风味是非常复杂的体系, 挥发性化合物的形成不是简单因素作用或个别化合物转化导致的。鱼露挥发性化合物研究可以解决鱼露风味品质提升的难题。

**关键词:** 鱼露; 风味; 挥发性化合物; 发酵; 嗜盐微生物

**中图分类号:** TS 254.5

**文献标志码:** A

鱼露(fish sauce)是一种历史悠久的传统水产调味品, 在我国也被称为鱼酱油、虾油。鱼露加工的原理是利用低值海鱼的内源酶水解蛋白质和脂肪, 在嗜盐微生物的协同作用下, 降解产物溶于渗出汁液再经陈酿后熟得到的液态调味品。中国鱼露加工的历史非常悠久, 早在公元前三世纪《周礼》中就有相关记载。在泰国、柬埔寨、马来西亚、菲律宾等东南亚国家, 鱼露是餐饮的重要组成(表1)<sup>[1]</sup>。风味是鱼露最重要的品质特性, 其气味浓郁独特, 挥发性化合物组成复杂, 有100多种已被确定, 包含短链挥发性脂肪酸(VFA), 含氮物、含硫物及芳香族碳水化合物等。对气味有关键贡献的特征化合物称香味活性物质(aroma-active compounds), 它们才是风味的关键。为了获得较好的风味, 鱼露的加工需数月甚至1年以上的时间<sup>[2]</sup>。生产周期冗长带来成本高和品质控制困难等问题。研究鱼露的特征挥发性化合物及其影响因素, 探讨嗜

盐微生物对挥发性化合物形成的作用可能是提升鱼露风味品质并指导快速发酵的突破点。本文对近20年来鱼露的特征挥发性化合物研究进行综述, 总结鱼露特征挥发性化合物形成的影响因素和未来的研究方向。

### 1 鱼露挥发性化合物研究方法

挥发性风味物质也被称为气味物质, 挥发性化合物的研究不仅可使人们获得食品天然成分的化学信息, 推测风味形成机理, 还可以为人们仿香、创香、合成新型的风味提供科学依据。现代分析仪器和技术为挥发性化合物研究提供了便利, 大量化合物被鉴定, 人们对风味的认知不断加深。挥发性化合物分析的第一步是把气味化合物从样品中吸附萃取出来, 不应使风味化合物遭到破坏, 更不应产生新的气味化合物。目前常用制备方法有溶剂萃取法、常压或减压蒸馏技术、同时蒸馏萃取法、静态顶

收稿日期: 2016-03-16 修回日期: 2017-05-03

资助项目: 国家自然科学基金(31401625); 广东省自然科学基金(2016A030313564)

通信作者: 梁兰兰, E-mail: 949267803@qq.com

表1 世界各国鱼露的名称、原料鱼种与工艺

Tab. 1 Fish sauce processing methods and types of fish used in various countries

国家(地区) country (region)	名称 name	原料鱼种 raw fish species	发酵工艺与时间 fermentation process and time
日本 Japan	Shottsuru	沙丁鱼 <i>Sardinella lemuru</i> 柔鱼 squid	5 : 1 鱼 : 盐+发芽大米和酒曲(3 : 1)混合(6个月)
韩国 Korea	Jeot-kal	各种鱼 various fish	4 : 1 鱼 : 盐(6个月)
越南 Vietnam	Nuoc-mam	日本鳀 <i>Engraulis japonius</i> 日本鲭 <i>Pneumatophorus japonicus</i>	3 : 1~3 : 2 鱼 : 盐(4~12个月)
泰国 Thailand	Nam-pla	蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i> 日本鳀 <i>Engraulis japonius</i> 日本鲭 <i>Pneumatophorus japonicus</i> 鲛 <i>Cirrhinus molitorella</i>	5 : 1 鱼 : 盐(5~12个月)
马来西亚 Malaysia	Budu Bakasang	日本鳀 <i>Engraulis japonius</i> 沙丁鱼 <i>Sardinella lemuru</i>	5 : 1~3 : 1 鱼 : 盐+棕榈糖+罗望子(3~12月) 5 : 2 鱼 : 盐(3~12个月)
缅甸 Myanmar	Ngapi	各种鱼 various fish	5 : 1 鱼 : 盐(3~6周)
菲律宾 the Philippines	Patis	日本鳀 <i>Engraulis japonius</i> 太平洋鲱 <i>Clupea pallasi</i> 蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>	3 : 1~4 : 1 鱼 : 盐(3~12个月)
印度尼西亚 Indonesia	Ketjap-ikan	日本鳀 <i>Engraulis japonius</i> 太平洋鲱 <i>Clupea pallasi</i> 暗花纹唇鱼 <i>Osteochilus salsburyi</i>	5 : 1 鱼 : 盐(6个月)
印度/巴基斯坦 India/Pakistan	Colombo-cure	日本鳀 <i>Engraulis japonius</i> 太平洋鲱 <i>Clupea pallasi</i>	6 : 1 鱼(取出内脏的鱼+罗望子) : 盐(12个月)
中国香港 Hong Kong	鱼露 fish sauce	蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i> 沙丁鱼 <i>Sardinella lemuru</i> 日本鳀 <i>Engraulis japonius</i> 丽叶鲷 <i>Caranx kalla</i> 褐蓝子鱼 <i>Siganus fuscescens</i>	4 : 1 鱼 : 盐(3~12个月)
希腊 Greece	Garos	日本鲈 <i>Pneumatophorus japonicus</i>	9 : 1 鱼(只用肝脏) : 盐(8天)
法国 France	Pissala	日本鳀 <i>Engraulis japonius</i> 云斑虾虎鱼 <i>Ctenogobius criniger</i> 三带虹银汉鱼 <i>Melanotaenia trifasciata</i> 大西洋青鳞鱼 <i>Harengula zunasi</i>	4 : 1 鱼 : 盐(2~8周)
柬埔寨 Cambodia	Nuoc-mam	日本鳀 <i>Engraulis japonius</i> 日本鲭 <i>Pneumatophorus japonicus</i> 蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>	3 : 1~3 : 2 鱼 : 盐(2~3个月)

空取样技术、动态顶空取样技术(吹扫—冷阱捕集技术)、固相微萃取技术、超临界流体萃取技术、分级分离技术等。鱼露的挥发性化合物分析目前通用的方法是气相色谱—质谱联用法, 但此法气味的吸附萃取不易实现, 检测成本偏高。气味指纹(sensor array fingerprint, SAF)分析是利用金属氧化物传感器阵列系统, 基于传感器阵列技术和模式识别技术, 不单独分析部分气味信息, 也不定性定量样品气味中所含的化合物名称和含量, 而是与人的嗅觉一样, 给予风味综合整体信息(“指纹”数据)的方法, 它不仅可根据不同的气味感应到不同的信号, 而且可以将这些信号与经过识别训练后所建数据库中的模型信号加以比较判别。相比气相色谱或感官分析能更快捷客观地识别特征风味。气味的响应信号数据再应用化学计量学、统计学、应用数学的计算方法, 产生指纹图谱, 给出气味指纹信息, 鉴别差异大小并溯源<sup>[3]</sup>。

气相色谱—闻香—质谱联用(GC-O-MS)是当前较为完善的人工感官检测技术, 是在传统气相色谱—质谱联用的基础上, 针对样品挥发性风味分析的特有技术, 用于分离鉴别关键化合物非常有效。挥发性化合物的含量很低, 其对于气味的贡献取决于人的嗅觉对它们的识别阈值和其含量<sup>[4]</sup>。含量大的挥发性成分未必对风味有大的贡献, 某些微量挥发性成分才代表某种食品的特征香气, 这种有代表性的香气成分被称为特征挥发性化合物。当前对鱼露的特征挥发性化合物仍知之不多, 特征挥发性化合物或称香味活性物质(aroma-active compounds)才是鱼露风味研究的关键。常见的气相色谱—嗅闻技术还有稀释至阈值法、香气提取稀释分析(aroma extract dilution analysis, AEDA)和结合感官反应测量法(combined hedonic and response measurement, CHARM)、直接强度法以及检测频率法(detection

frequency, DF)等<sup>[5]</sup>。研究者还将固相微萃取(SPME)和AEDA法的结合应用进行了探索,最初将吸附时间减半以达到稀释的目的,后来又采用改变吸附头的厚度和长度来得到不同的吸附体积,譬如Kim等<sup>[6]</sup>采用改变仪器分流比的方法稀释被分析物。Fang等<sup>[7]</sup>用AEDA法分析了热反应肉味香精的风味物质。也有研究人员采用GC-O对Iberian火腿顶空萃取挥发物的香味活性化合物进行了鉴别,共检测到28种香味化合物<sup>[8-9]</sup>。国内鉴定特征气味化合物的技术发展较慢,田怀香等<sup>[10]</sup>在2004年,用自制的Sniffing装置通过AEDA法报道了金华火腿中26种风味活性化合物对整体风味的贡献大小。江津津等<sup>[11-13]</sup>在2009年以气味指纹和GC-MS联用探究了潮汕鱼露的特征风味,发现气味指纹传感器针对样品的特殊气味有不同的选择性响应,各传感器对有机酸、乙醇、胺、硫化物、羰基化合物等的灵敏度彼此不同。长链羰基和乙醇的量与新鲜鱼的气味相关,而短链的醇、羰基、硫化物和氮化物的量与不新鲜鱼的气味相联系。气味指纹分析对鱼露特征风味的评判结果与感官评判结果一致,与GC-O-MS结果也相互对应。气味指纹技术与GC-O-MS联用有利于探讨潮汕鱼露特征风味的形成机理。

## 2 鱼露挥发性风味特征

人们食用鱼露的历史虽然悠久,但关于鱼露挥发性风味的研究并不多。近年,国外对鱼露的研究主要集中在微生物种群和风味成分检测方面,并比较了东南亚几种商品鱼露的滋味和气味成分<sup>[4, 14-17]</sup>。也有对日本鱼露、鱼体加工废弃物酿制的鱼露以及酱油曲作为发酵剂的鱼露的风味成分进行了研究<sup>[17-19]</sup>,凭借愈来愈先进的提取与检测技术,已经基本弄清这几种鱼露的挥发性化合物组成。除此之外,还有鱼露呈味组分方面的报道。鱼露挥发性风味组成相当复杂,多数研究认为鱼露风味由氨味、肉味和奶酪味组成,其中氨、多种胺等构成了氨味,而低分子量的挥发性酸(VFA),特别是蚁酸、乙酸、丙酸、正丁酸、正戊酸、异戊酸构成了干酪风味。Shimoda等<sup>[20]</sup>以中国台湾鱼露为样本进行检测分析,在碱性条件下,约有124种挥发性成份被确定或暂时确定,包括20种含氮物、20种

醇、18种含硫物、16种酮、10种芳香族碳水化合物,8种酸、8种醛、8种酯、4种呋喃及12种其他成份。对挥发性化合物的检出过程进行分析,认为不同pH值下进行提取对风味物的挥发性影响较大,对测定的结果影响较大。提高pH值,在碱性条件下有助于检测三甲胺和二甲基二硫等高挥发性化合物。McIver等<sup>[21]</sup>采用分级分离的方法,通过调节泰国鱼露Nam-pla的pH值,把鱼露分为中性、酸性与碱性组分后再经过乙醚的萃取,最后检测发现了43种以前未经确认的化合物。其中包括8种酸,10种醇,6种胺,7种其他的含氮化合物,4种内酯,3种羰基化合物,以及5种含硫化合物(表2)。

江津津等<sup>[22-23]</sup>对中国传统鱼露的典型代表(潮汕鱼露)的挥发性化合物进行了研究。结果表明,潮汕鱼露的气味是融合了奶酪味、氨味、腌渍味、酸味、鱼腥臭味和肉香味的复杂刺激性气味,其中的3-甲硫基丙醛、2-甲基三硫、2-甲基二硫、丁酸、3-甲基丁酸、2-甲基丁酸、2-甲基丙醛、3-甲基丁醛、2-甲基丁醛、三甲胺以及苯甲醛等为香气活性化合物。含硫化合物是潮汕鱼露特征风味的关键,3-甲硫基丙醛、2-甲基三硫、2-甲基二硫的形成与蛋白质降解密切相关。发酵前期,蛋白质和脂肪水解,游离氨基酸和醇类形成,随着发酵进程,挥发物中醇类逐渐减少,酸类不断增多,最后才形成特征的含硫、含氮化合物。潮汕鱼露中的含氮化合物主要来源于蛋白氮和非蛋白氮(游离氨基酸、核糖、多肽、氨类、尿素和三甲胺等),这些也是特征风味物的前体。研究还发现原料鱼腌渍前,在微生物的作用下开始腐败时,有大量的挥发性脂肪酸生成,加盐腌渍后,微生物的活动受到抑制,挥发性酸生成的同时被抑制。有氧发酵的潮汕鱼露,气味更加刺鼻且有奶酪味,挥发性酸含量显著高于厌氧发酵的鱼露。厌氧发酵鱼露的氧化酸败味更少,风味品质更好。

## 3 鱼露挥发性化合物的影响因素

食品中的非挥发性化合物往往是挥发性化合物的前体物质,如脂肪、氨基酸和短肽等。从鱼的挥发性风味的前体来看,脂类,例如二十碳五烯酸、花生五烯酸等通过鱼体内的酶促氧化反应形成了新鲜鱼的香气;鲜度较差的鱼

表 2 泰国鱼露中的化合物<sup>[21]</sup>  
 Tab. 2 Compounds identified in fermented Nam-pla<sup>[21]</sup>

化合物名称 compound name	组分 component	报道情况 reported
<b>酸 acid</b>		
蚁酸 formic	A	NPR
乙酸 acetic	A/29	NPR
丙酸 propionic	A/14	NPR
正丁酸 n-butyric	A/17	NPR
异丁酸 isobutyric	A/3	NPR
缬草酸 valeric	A	NPR
异缬草酸 isovaleric	A/6	NPR
己酸 caproic	A	NPR
异己酸 isocaproic	A	
庚酸 heptanoic	A	NPR
乙酰基丙酸 levulinic	A/10	NPR
安息香酸 benzoic	A	NPR
苯乙酸 phenylacetic	A/3	NPR
3-苯丙酸 3-phenylpropionic	A	NPR
<b>醇 alcohol</b>		
乙醇 ethanol	N	NPR
丁醇 butanol	N	NPR
2-甲基丙醇 2-methyl-1-propanol	N	NPR
戊醇 pentanol	N	NPR
3-甲基-1-丁醇 3-methyl-1-butanol	N	NPR
1,2-丙二醇 1,2-propanediol	N	
2,3-丁二醇 2,3-butanediol	N, B	
丙三醇 glycerol	N, B	NPR
2-呋喃甲醇 2-furanmethanol	N	
4-甲基环己醇 4-methylcyclohexanol	N	
<b>胺 amine</b>		
二甲胺 dimethyl amine	B	
三甲胺 trimethylamine	B	
组胺 histamine	B	
色胺 tryptamine	B	NPR
酪胺 tyramine	B	NPR
多巴胺 dopamine	B	NPR
真蛸胺 octopamine	B	NPR
苯乙胺 phenylethylamine	B	NPR

· 续表2 ·

化合物名称 compound name	组分 component	报道情况 reported
<b>其他含氮化合物 other nitrogenous compounds</b>		
氨 ammonia	B	
氨基酸 amino acids	A, N, B	
二乙基咪唑 2-ethylimidazole	N	
吲哚 indole	N, B	
3-甲基吲哚 3-methylindole	N, B	
2-甲基吡嗪 2-methylpyrazine	N	NPR
2,5-二甲基吡嗪 2,5-dimethylpyrazine	N	NPR
2-哌啶酮 2-piperidinone	A	NPR
2-吡咯烷酮 2-pyrrolidinone	A	NPR
<b>酯 ester</b>		
γ-丁内酯 γ-butyrolactone	N	
γ-己内酯 γ-caprolactone	N	NPR
4-羟基草酸内酯 4-hydroxyvaleric acid lactone	A, N	NPR
2-甲基-4-羟基草酸内酯 2-methyl-4-hydroxy valeric acid lactone	A, N	NPR
<b>羰基化合物 carbonyl compound</b>		
苯甲醛 benzaldehyde	N	NPR
3-羟基-2-丁酮 3-hydroxy-2-butanone	N	NPR
5-甲基-2-呋喃酮 5-methyl-2-furanone	N	NPR
<b>含硫化合物 sulfur compounds</b>		
甲硫醇 methyl mercaptan	N	NPR
3-甲硫基丙醇 3-(methylthio)-1-propanol	B	NPR
3-甲硫基丙酸 3-(methylthio)propionic acid	N	
2-甲硫基戊烷 2-(methylthio)pentane	N	NPR

注: A. 酸性组分; B. 碱性组分; N. 中性组分; NPR. 前无报道

Notes: A. acidic component; B. alkaline component; N. neutral component; NPR. no reported before

的腥味前体物质主要是碱性氨基酸和鱼体内含有的氧化三甲胺, 当鱼的鲜度继续下降时, 腐败臭味的前体是体表黏液和体内含有的各种蛋白质、脂质。蛋白质和脂质在微生物的繁殖作用下, 生成了硫化氢、氨、甲硫醇、腐胺、尸胺、吲哚、四氢吡咯、六氢吡咯等化合物<sup>[24-26]</sup>。鱼露某些挥发性风味前体物与鱼类的挥发性风味前体物相似, 都是氨基酸或者脂肪酸在微生物和酶的复杂降解和相互影响的过程中形成各种挥发性化合物。

表3列出了东南亚地区5种鱼露中的游离氨

基酸<sup>[27]</sup>。从表中可以看出, 谷氨酸是鱼露中含量最高的氨基酸, 其次是赖氨酸、丙氨酸、天冬氨酸。这几种氨基酸都具有鲜味, 氨基酸变构是挥发性化合物形成的途径之一。有文献<sup>[28-29]</sup>报道鱼露中低分子量的挥发性酸, 特别是乙酸、丙酸、正丁酸、异戊酸是构成鱼露干酪味的主要原因。短链挥发性脂肪酸(VFA)的相对和绝对数量因鱼露的产地不同而不同, 不同原料鱼和不同加工工艺都会影响挥发性脂肪酸的形成。与那些含较高VFA的产品相比, 这些含VFA较少的产品被认为有较少的干酪味, 而呈现

表3 东南亚5种鱼露的游离氨基酸  
Tab. 3 Free amino acid in fish sauce from various countries

氨基酸 amino acid	泰国 Thailand (n=10)	韩国 Korea (n=9)	日本 Japan (n=11)	缅甸 Myanmar (n=7)	越南 Vietnam (n=20)
牛磺酸 Tau	119±27	192±48	223±73	142±127	171±70
天冬氨酸 Asp	583±129	349±108	657±255	287±331	1002±369
苏氨酸 Thr	384±82	207±54	420±128	131±150	584±249
丝氨酸 Ser	233±74	128±64	369±104	11±15	483±260
谷氨酸 Glu	1489±327	550±144	1088±343	560±456	1584±691
脯氨酸 Pro	135±53	181±75	230±71	67±81	322±146
甘氨酸 Gly	267±50	346±127	298±100	237±248	461±182
丙氨酸 Ala	574±97	715±234	611±130	469±361	985±320
胱氨酸 Cys	17±24	36±7	23±47	13±18	45±48
缬氨酸 Val	478±98	427±83	517±136	289±200	709±200
甲硫氨酸 Met	222±44	197±222	237±95	75±57	230±68
异亮氨酸 Ile	334±49	347±57	392±84	184±114	374±87
亮氨酸 Leu	439±60	544±84	541±113	271±145	427±108
酪氨酸 Tyr	91±23	110±26	128±71	64±49	128±62
苯丙氨酸 Phe	323±57	257±40	374±123	110±62	415±120
色氨酸 Trp	-	12±15	24±45	1±2	50±62
赖氨酸 Lys	767±148	655±129	801±205	405±368	1269±419
组氨酸 His	275±60	103±45	318±143	12±12	370±159
精氨酸 Arg	3±10	50±74	280±186	8±12	217±334
总量 total	6732±1253	5406±755	7532±1551	3335±2674	9826±3107

注:  $P<0.05$ ; -, 未检测出

Notes:  $P<0.05$ ; -, not detected

出较多的氨味。利用U-14C标记蛋白质水解物, 观察到在细菌的作用下氨基酸衍生出丙酸、正丁酸以及正戊酸。鱼露中其他的酸也可能源于氨基酸, 例如苯乙酸和3-苯丙酸源于苯丙氨酸, 但鱼露中含有的己酸和庚酸成分说明脂质的氧化作用也是鱼露中酸形成的主要原因。Sanceda等<sup>[30]</sup>认为, 越南鱼露中富含寡肽(分离得到17种肽, 并确定了其氨基酸序列), 占总含氮量的20%。这些肽有助于鱼露挥发性风味的产生, 从侧面说明鱼露的风味与酶解过程有关。江津津等<sup>[23]</sup>的研究结果表明, 原料蛋白质含量高, 氨基酸总量高, 尤其是含硫氨基酸含量高的原料鱼最有利于形成传统鱼露的特征风味, 而脂肪含量高的原料鱼发酵得到鱼露风味稍差。发酵前期为加快蛋白质水解而进行加热保温并不利于

特征风味形成, 而发酵后期提高温度则对风味的形成有促进作用。发酵、酶解途径对鱼露特征风味有很大影响。

鱼露中的嗜盐微生物对挥发性风味的影响研究较少, 从鱼露发酵液中提取的嗜盐性的和耐盐性的产酶微生物包括*Halobacterium salinarium*和*H. thailandensis*, 这些菌株已经作为生产商业蛋白酶的来源。Uchida等<sup>[31]</sup>从越南鱼露中分离出枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis* CN<sub>2</sub>), 该菌在大豆蛋白胨培养基上产生出大量的碱性蛋白酶, 该酶经过电泳均相和纯化结晶, 测得分子量为27 636 u, N-端氨基酸序列为AQSVPYGISQIKAPAL, 最适pH值和最适温度分别为10和50 °C, 但在高盐浓度下, 这些微生物产的蛋白酶的酶活性受到一定程度的抑制<sup>[32-33]</sup>。江津津等<sup>[34]</sup>对发酵液中

的中等嗜盐菌研究发现,菌落总数随着发酵时间的延长不断下降。嗜盐乳酸菌对挥发性脂肪酸的形成有帮助,并且加速了非酶褐变进程。嗜盐菌分泌的蛋白酶为高温蛋白酶,不仅促进发酵,还对挥发性气味的形成有贡献。

#### 4 未来与展望

鱼露的风味是一个非常复杂的体系,挥发性风味物质的生成机理还需要深入探讨。国内外研究者在应用酶和微生物快速发酵鱼露时,往往难以得到能和传统工艺媲美的风味,需要从挥发性化合物的角度进一步探讨才能解决实际问题。从近20年的鱼露特征挥发性化合物的研究来看,可总结出3点:

①气味指纹技术与气相色谱—人工嗅辨仪—质谱(GC-O-MS)联用可以探讨鱼露特征风味的形成;

②鱼露的气味是融合了奶酪味、氨味、腌渍味、酸味、鱼腥臭味和肉香味的复杂刺激性气味,含硫与含氮化合物是其特征挥发性化合物;

③原料鱼种、嗜盐微生物、酶解途径对特征挥发性化合物形成都有很大影响。

结合加工过程研究特征挥发性风味化合物的形成与影响因素,从挥发性风味化合物分析着手筛选工艺参数,有利于解决鱼露传统工艺生产周期漫长,现代工艺风味异变的难题,为鱼露的工业化和规模化生产奠定基础。虽然我国鱼露的消费量还不大,但已被更多地应用于餐饮行业和食品加工,有发展前景,鱼露挥发性化合物的研究也为其他水产调味料的风味研究提供了理论依据。

#### 参考文献:

- [1] Beddows C G. Fermented fish and fish products[M]// Wood B J B. Microbiology of fermented foods. London: Elsevier, 1985.
- [2] Lopetcharat K, Choi Y J, Park J W, *et al.* Fish sauce products and manufacturing: a review[J]. Food Reviews International, 2001, 17(1): 65-88.
- [3] 赵杰文,孙永海.现代食品检测技术[M].北京:中国轻工业出版社,2005: 41-62.
- Zhao J W, Sun Y H. Modern detection techniques for food[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2015: 41-62 (in Chinese).
- [4] Yimdee T, Wang X C. Comparison of odor and taste of commercial brand fish sauces from east and south east Asian countries[J]. International Journal of Food Properties, 2015, 19(4): 873-896.
- [5] Delahunty C M, Eyres G, Dufour J P. Gas chromatography-olfactometry[J]. Journal of Separation Science, 2006, 29(14): 2107-2125.
- [6] Kim T H, Lee S M, Kim Y S, *et al.* Aroma dilution method using GC injector split ratio for volatile compounds extracted by headspace solid phase microextraction[J]. Food Chemistry, 2003, 83(1): 151-158.
- [7] Fang Y, Wu G, Cadwallader K R. Characterization of the aroma of a meatlike process flavoring from soybean-based enzyme-hydrolyze vegetable protein[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(10): 2900-2907.
- [8] Carrapiso A I, Ventanas J V, García C. Characterization of the most odor-active compounds of Iberian ham headspace[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(7): 1996-2000.
- [9] Sánchez-Peña C M, Luna G, García-González D L, *et al.* Characterization of French and Spanish dry-cured ham: influence of the volatiles from the muscles and subcutaneous fat quantified by SPME-GC[J]. Meat Science, 2004, 69(4): 635-645.
- [10] 田怀香,王璋,许时婴. GC-O法鉴别金华火腿中的风味活性物质[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(12): 117-123.
- Tian H X, Wang Z, Xu S Y. Characterization of odor-active compounds in Jinhua ham by GC-olfactometry[J]. Food and Fermentation Industry, 2004, 30(12): 117-123(in Chinese).
- [11] Jiang J J, Zeng Q X, Zhu Z W. Analysis of volatile compounds in traditional Chinese fish sauce (Yu Lu)[J]. Food and Bioprocess Technology, 2011, 4(2): 266-271.
- [12] Jiang J J, Zeng Q X, Zhu Z W, *et al.* Chemical and sensory changes associated Yu-lu fermentation process—a traditional Chinese fish sauce[J]. Food Chemistry, 2007, 104(4): 1629-1634.
- [13] 江津津,陈丽花,黎海彬,等. 基于电子鼻的鱼露香气品质识别[J]. 农业工程学报, 2011, 27(12): 374-377.
- Jiang J J, Chen L H, Li H B, *et al.* Flavor identification

- of fish sauce based on electronic nose[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(12): 374-377(in Chinese).
- [14] Lee H W, Choi Y J, Hwang I M, *et al.* Relationship between chemical characteristics and bacterial community of a Korean salted-fermented anchovy sauce, Myeolchi-Aekjeot[J]. Lwt-Food Science and Technology, 2016, 73: 251-258.
- [15] Kim B M, Park J H, Kim D S, *et al.* Effects of rice koji inoculated with *Aspergillus luchuensis* on the biochemical and sensory properties of a sailfin sandfish (*Arctoscopus japonicus*) fish sauce[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2016, 51(8): 1888-1899.
- [16] Udomsil N, Chen S, Rodtong S, *et al.* Quantification of viable bacterial starter cultures of *Virgibacillus* sp. and *Tetragenococcus halophilus* in fish sauce fermentation by real-time quantitative PCR[J]. Food Microbiology, 2016, 57: 54-62.
- [17] 船津保浩, 小長谷史郎, 加藤一郎, 等. マルソウダ加工残滓から調製した魚醤油と数種アジア産魚醤油との呈味成分の比較[J]. 日本水産学会誌, 2000, 66(6): 1026-1035.
- Funatsu Y, Konagaya, Shiro K I, *et al.* Comparison of taste components of several Asian fish sauce and fish sauce was prepared from the residue of silver carp processing[J]. Journal of Japanese Fisheries, 2000, 66(6): 1026-1035.
- [18] 船津保浩, 砂子良治, 小長谷史郎, 等. 醤油麹を用いて製造したマルソウダ魚醤油と国内産魚醤油および大豆こいくち醤油との呈味成分の比較[J]. 日本水産学会誌, 2000, 66(6): 1036-1045.
- Funatsu Y, Sunago R, Konagaya S, *et al.* Comparison of taste components of soy sauce and the fish sauce made with soy sauce koji[J]. Journal of Japanese Fisheries, 2000, 66(6): 1036-1045.
- [19] 船津保浩, 加藤一郎, 川崎賢一, 等. マルソウダ加工残滓から調製した魚醤油と数種アジア産魚醤油との揮発性成分の比較[J]. 日本水産学会誌, 2001, 67(3): 489-496.
- Funatsu Y, Konagaya S, Kawasaki K, *et al.* Comparison of volatile components in several Asian fish sauce and fish sauce was prepared from the residue of silver carp processing[J]. Journal of Japanese Fisheries, 2001, 67(3): 489-496.
- [20] Shimoda M, Peralta R R, Osajima Y. Headspace gas analysis of fish sauce[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1996, 44(11): 3601-3605.
- [21] McIver R C, Brooks R I, Reineccius G A. Flavor of fermented fish sauce[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1982, 30(6): 1017-1020.
- [22] 江津津, 黎海彬, 陈丽花, 等. 不同原料鱼酿造鱼酱油的挥发性风味差异[J]. 食品科学, 2013, 34(4): 195-198.
- Jiang J J, Li H B, Chen L H, *et al.* Difference in volatile odor of fish sauce made from different fish materials[J]. Food Science, 2013, 34(4): 195-198(in Chinese).
- [23] 江津津, 黎海彬, 曾庆孝, 等. 潮汕鱼酱油营养成分分析与品质评价[J]. 食品科学, 2012, 33(23): 310-313.
- Jiang J J, Li H B, Zeng Q X, *et al.* Nutritional composition analysis and quality evaluation of chaoshan fish sauce[J]. Food Science, 2012, 33(23): 310-313(in Chinese).
- [24] Zellner B A, Dugo P, Dugo G, *et al.* Gas chromatography-olfactometry in food flavour analysis[J]. Journal of Chromatography A, 2008, 1186(1-2): 123-143.
- [25] Marsili R. Flavor, fragrance, and odor analysis[M]. Boca Raton: CRC Press, 2013.
- [26] Fukami K, Ishiyama S, Yaguramaki H. Identification of distinctive volatile compounds in fish sauce[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2002, 50(19): 5412-5416.
- [27] Park J M, Fukumoto Y, Fujita E, *et al.* Chemical composition of fish sauces produced in southeast and east Asian countries[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2001, 14(2): 113-125.
- [28] 船津保浩. 醤油曲を用いて製造した魚醤油の風味[J]. 日本食品科学工学会誌, 2002, 49(1): 1-11.
- Funatsu Y. Flavor of fish sauce made from soy sauce koji[J]. Journal of Japanese Food Science, 2002, 49(1): 1-11.
- [29] 船津保浩, 川崎賢一, 袁春红, 等. 醤油曲および乳酸菌を用いて調製した中国魚醤油と中国市販魚醤油の揮発性成分の比較[J]. 日本食品科学工学会誌, 2002, 49(2): 106-118.
- Funatsu Y, Kawasaki K, Yuan C H, *et al.* Comparison of volatile components of fish sauce fermented with soy sauce and fish sauce fermented with lactic acid bacteria in Chinese market[J]. Journal of Japanese Food Science,



- 2002, 49(2): 106-118.
- [30] Sanceda N G, Suzuki E, Kurata T. Branched chain amino acids as source of specific branched chain volatile fatty acids during the fermentation process of fish sauce[J]. *Amino Acids*, 2003, 24(1): 81-87.
- [31] Uchida H, Kondo D, Yamashita S, *et al.* Purification and properties of a protease produced by *Bacillus subtilis* CN<sub>2</sub> isolated from a Vietnamese fish sauce[J]. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2004, 20(6): 579-582.
- [32] Park J N, Ishida K, WataNabe T, *et al.* Taste effects of oligopeptides in a Vietnamese fish sauce[J]. *Fisheries Science*, 2002, 68(4): 921-928.
- [33] Kim W J, Kim S M. Purification and characterization of *Bacillus subtilis* JM-3 protease from anchovy sauce[J]. *Journal of Food Biochemistry*, 2005, 29(5): 591-610.
- [34] 江津津, 曾庆孝, 朱志伟, 等. 耐盐微生物对鲮制鱼露风味形成的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2008, 34(11): 25-28.
- Jiang J J, Zeng Q X, Zhu Z W, *et al.* The influence of halotolerant microorganism on volatile aroma components in anchovy Yulu[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2008, 34(11): 25-28(in Chinese).

## Research progress of characteristic volatile compounds of fish sauce

JIANG Jinjin<sup>1</sup>, LIANG Lanlan<sup>1\*</sup>, LIN Wanling<sup>2</sup>, LIN Jinying<sup>3</sup>

(1. School of Food, Guangzhou City Polytechnic, Guangzhou 510405, China;

2. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;

3. School of Chemistry and Chemical Engineering, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** In order to study the unique flavor of fish sauce, solve the flavor and quality problems of modern rapid fermentation process, fish sauce characteristics of volatile compounds in recent 20 years were reviewed in this paper. The research shows that research on the formation of fish sauce characteristic volatile compounds is feasible. Odor fingerprint technology and gas chromatography - mass spectrometry olfactometry artificial instrument (GC-O-MS) was used in combination on the formation of flavor characteristics of fish sauce; the smell of fish sauce is a blend of cheese flavor, taste, flavor, sour pickled ammonia, fishy smell and flavor of the meat complex excitant odour, and sulfur and nitrogen compounds are the characteristics of volatile compounds; the species of fish, *halophilic* microorganisms and enzymatic pathway have great influence on the formation of volatile compounds. The volatile flavor of fish sauce is a very complex system, and the effect is not a simple factor or individual compound transformation which leads to the formation of volatile compounds. Study on volatile compounds of fish sauce can solve the problems in improving the flavor quality of fish sauce.

**Key words:** fish sauce; flavor; volatile compounds; fermentation; halophilic bacteria

**Corresponding author:** LIANG Lanlan. E-mail: 949267803@qq.com

**Funding projects:** National Natural Science Foundation of China (31401625); Natural Science Foundation of Guangdong Province (2016A030313564)