

龙池鲫鱼和异育银鲫的脂肪酸及风味物质的比较分析

邓博心¹, 邹超¹, 梁晨¹, 成向荣¹, 徐钢春², 唐雪^{1,*}

(1.江南大学食品学院, 江苏无锡 214122;

2.中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 农业部淡水渔业和种质资源利用重点实验室, 江苏无锡 214081)

摘要:利用GC-MS和HPLC测定龙池鲫鱼和异育银鲫肌肉风味物质和脂肪酸, 确定其在龙池鲫鱼和异育银鲫中的差异。结果表明: 生鲜的龙池鲫鱼和异育银鲫的肌肉正己醛含量无显著差异, 经加热后两种鱼的肌肉正己醛含量分别增加了9.72和43.17倍。脂肪酸EPA和DHA的含量生鲜龙池鲫鱼分别为 2.76 ± 1.28 和 9.35 ± 1.17 , 显著高于异育银鲫EPA含量 0.98 ± 0.24 和DHA含量 3.71 ± 0.71 , 并且加热后差异更加明显。生鲜状态下龙池鲫鱼肌苷酸(IMP)含量低于异育银鲫, 但经热处理后异育银鲫所含IMP较生鲜时略微下降, 而龙池鲫鱼IMP大幅增加, 绝对含量超过相同处理条件下的异育银鲫。小肽含量丰富, 肽2为主要成分, 异育银鲫含量显著高于龙池鲫鱼($p < 0.05$); 加热后含量均显著降低, 但仍具显著差异性($p < 0.05$)。

关键词: 鲫鱼, 肌肉, 脂肪酸, 正己醛, 核苷酸, 小肽

Comparative analysis of fatty acids and flavor compounds *Carassius auratus* in Long Lake and *Carassius auratus gibelio*

DENG Bo-xin¹, ZOU Chao¹, LIANG Chen¹, CHENG Xiang-rong¹, XU Gang-chun², TANG Xue^{1,*}

(1.School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2.Key Laboratory of Freshwater Fisheries and Germplasm Resources Utilization, Ministry of Agriculture, Freshwater Fisheries Research Centre, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China)

Abstract: GC-MS and HPLC were applied to determine the flavor substance and fatty acid of *Carassius auratus* in Long Lake and *Carassius auratus gibelio* and to identify the relevant difference between them. The results indicated that there was no obvious difference between the hexanal contents in the muscles of both fresh *Carassius auratus* in Long Lake and *Carassius auratus gibelio*, and the hexanal contents in both fish could be respectively increased by 9.72 times and 43.17 times through heating. EPA and DPA in fatty acid of fresh *Carassius auratus* in Long Lake respectively were 2.76 ± 1.28 and 9.35 ± 1.17 , which were much higher than that of *Carassius auratus gibelio* (EPA 0.98 ± 0.24 and DHA 3.71 ± 0.71), and this difference was much more obvious after heating. The inosinic acid (IMP) content of fresh *Carassius auratus* in Long Lake was lower than that of fresh *Carassius auratus gibelio*, however, after heating, the inosinic acid (IMP) content of *Carassius auratus gibelio* was slightly decreased, on the contrary, the inosinic acid (IMP) content of *Carassius auratus* in Long Lake was sharply increased with the absolute content higher than that of *Carassius auratus gibelio* under the same treating condition. Small peptide in the two kinds of fish was rich with peptide 2 as the primary component. The peptide 2 content in *Carassius auratus gibelio* was obviously higher than that of *Carassius auratus* in Long Lake ($p < 0.05$), after heating, the peptide contents in both kinds of fish were significantly decreased, but there was still significant difference ($p < 0.05$) between them.

Key words: crucian; muscle; fatty acid; hexanal; nucleotide; small peptide

中图分类号: TS254.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)06-0157-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.06.027

收稿日期: 2014-07-15

作者简介: 邓博心(1992-), 女, 本科, 研究方向: 营养代谢与调控。

* 通讯作者: 唐雪(1981-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 营养代谢与调控。

基金项目: 江苏省水产三项工程项目(Y2013-1)。

龙池鲫鱼 (*Carassius auratus* in Long Lake) 其鳞细肉嫩, 为历代皇家贡品, 其科研价值、药用价值和营养价值极高^[1], 但目前其产量少, 主要以鲜活的形式销售, 加工和开发利用程度较低。异育银鲫 (*Carassius auratus gibelio*) 是我国淡水养殖中的重要饲养对象^[2]。加热是蛋白质变性形成的最常用的加工手段之一, 可赋予鱼肉较佳的营养品质和特有的风味特征。鱼肉含有丰富的脂肪酸, 在加热过程中可氧化降解为大量新的醇、醛、酮和碳氢类挥发性物质。同时, 加热使蛋白质变性, 并形成核苷酸、小肽等滋味物质。目前对异育银鲫的研究较多, 主要集中在饲料营养物质对异育银鲫的生长、体脂沉积和肌肉成分的影响^[2-3], 以及含肉率和营养评价^[4]等方面, 还未见对异育银鲫风味特征及加热对鱼肉风味影响的研究报道; 对龙池鲫鱼的相关研究还没有公开的报道。本文以龙池鲫鱼和异育银鲫为研究对象, 比较分析两种鲫鱼风味特征及加热对鱼肉风味的影响, 为龙池鲫鱼的品质鉴定和资源开发利用提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

龙池鲫鱼 取自南京六合区龙池, 鲜活6尾, 平均体长 (20.65±1.85) cm、平均体重 (287.43±6.62) g; 异育银鲫 取自常州金坛市建昌水产养殖场, 鲜活6尾, 平均体长 (22.31±4.25) cm、平均体重 (297.34±10.82) g; 氢氧化钠、甲醇、盐酸、高氯酸、磷酸、氢氧化钾、氯化钠 国药集团化学试剂有限公司; 腺苷-5'-单磷酸二钠盐 (纯度98%)、次黄嘌呤 (纯度98%)、5'-肌苷酸 (纯度98%)、肌苷 (纯度99%) 上海百灵威科技; 腺苷-5'-三磷酸二钠盐水合物 东京化成工业株式会社。

SCION SQ 456-GC气相色谱质谱仪 美国BRUKER公司; 5804R台式高速冷冻离心机 上海艾本德公司; 1260高效液相色谱仪 美国Agilent公司; 1525高效液相色谱仪 美国Waters公司; QP2010气相色谱质谱仪 日本岛津公司。

1.2 实验方法

1.2.1 材料处理 将两种鱼各随机分为两组。剔除鱼鳞、鱼皮和内脏后, 各取其中一组放入锅中, 常压下加热30min。再分别从生鲜和蒸熟的鱼背部肌肉取样, 斩成肉糜并搅拌均匀。自然冷却后放置于-20℃冰箱保存, 备用。

1.2.2 挥发性物质测定 称取2.50g肉糜置于顶空瓶中, 将老化后的75μm Car/PDMS萃取头插入样品瓶顶空, 于60℃吸附30min, 在SCION SQ 456-GC (BRUKER US) 上进样, 解吸并平衡。

色谱条件: 色谱柱: DB-WAX毛细管柱 (30m×0.25mm×0.25μm), 进样口温度为250℃; He为载气; 不分流式进样; 流速0.9mL/min, 程序升温。

质谱条件: EI离子源; 发射电流80μA; 电子能量70eV; 离子源温度200℃; 传输线温度250℃; 检测电压1000V。

1.2.3 脂肪酸测定 称取200mg肉糜于提脂瓶中, 加入1mL三氯甲烷和1mL甲醇, 加入内标并用打碎机将样

品打碎, 再加入1mL甲醇, 混匀后3000r/min离心3min, 将三氯甲烷层转移到新的提脂瓶中, 氮气吹干, 加入1mL 10%盐酸甲醇, 60℃水浴3h, 加入饱和生理盐水和2mL正己烷, 混匀, 3000r/min离心3min, 取上清于GC瓶中, 进行GC-MS测定。

GC-MS主要技术参数: 高纯He为载气, 流速8mL/min, 程序升温; 气化温度250℃; 离子源温度230℃; 电力电压70eV; 进样量1μL; 检测器电压350V。

1.2.4 核苷酸含量测定 称取5.00g肉糜于离心管中, 加入30mL 5%高氯酸溶液, 冰浴中匀浆两次; 用同浓度高氯酸洗涤匀浆器两次, 洗液并入离心管中, 离心 (4℃, 1000r/min 10min) 后吸取上清液; 沉淀物用同浓度高氯酸洗涤, 离心后合并; 两次上清液用0.5mol/L NaOH调节pH至6.5; 定容至100mL经0.25μm滤膜过滤, 取10μL在Agilent 1260高效液相色谱仪上进样分析。

HPLC主要技术参数: 色谱柱Diamonsil C₁₈ (5μm, 4.6mm×250mm), 紫外检测器 (260nm), 流动相A: 0.05% H₃PO₄, B: 95% 甲醇; 进样量: 10μL; 流速: 1.0mL/min; 柱温为30℃。梯度洗脱程序见表1。定性采用对照标准品在同样条件下的保留时间, 定量采用标准曲线来计算。

表1 核苷酸梯度洗脱程序

时间 (min)	流动相A (%)	流动相B (%)
0	5	95
10	60	40
15	60	40
21	5	95

1.2.5 小肽的测定 测定参考Bauchart^[5]的方法, 并做了一些修改。具体方法如下: 1.00g的肉样与5mL 0.6mol/L的高氯酸匀浆, 过滤; 用30% KOH调pH至6.0, 0.25μm滤膜过滤; 取10μL于Waters 1525高效液相色谱仪进行测定。

HPLC主要技术参数: 色谱柱Ultimate AQ-C₁₈ (5μm, 4.6mm×250mm), 柱温为30℃, 紫外检测器 (220nm), 流动相A: 0.05%三氟乙酸水溶液, B: 乙腈 (含0.1% TFA)。流动相经0.45μm滤膜过滤后用超声波清洗仪于室温下脱气30min。进样量10μL, 流动相流速0.8mL/min。梯度洗脱程序见表2。

表2 小肽梯度洗脱程序

时间 (min)	流动相A (%)	流动相B (%)
0	5	95
20	60	40
25	60	40
26	5	95
32	5	95

1.3 数据处理

实验数据用Excel和SPSS v19.0软件进行统计分

析,显著性方差分析法为DUNCAN,检测限为0.05。结果以平均值±标准差(Means±SE)表示。

2 结果与分析

2.1 挥发性物质

通过SPME萃取测得生鲜龙池鲫鱼挥发性物质共29种,生鲜异育银鲫挥发性物质共30种。表3列出生鲜龙池鲫鱼和异育银鲫挥发性物质组成及含量。

表3 生鲜龙池鲫鱼和异育银鲫挥发性物质组成及含量
Table 3 Fresh *Carassius auratus* in Long Lake and *Carassius auratus gibelio* composition and content of volatile substances

组别	龙池鲫鱼(%)	异育银鲫(%)
醇类	51.72	46.67
酮类	20.69	10
醛类	10.34	6.67
碳氢类化合物	6.9	20.00
酯类	3.45	6.67
杂环化合物	6.9	10.00

章超桦等的研究^[9]确定己醛是鲫鱼气味最重要的相关物质,鲫鱼具有的特征气味主要与己醛和含C5-C8的醇酮类物质,如1-戊烯-3-醇和2,3-戊二酮等有关,这些挥发性物质的协同作用构成了鲫鱼具有的草腥味和泥土味。根据上述研究,列出了鲫鱼的主要特征性挥发物质。

鱼肉在加热后挥发性化合物主要为脂肪酸的氧化降解产物:醇、醛、酮和碳氢类物质。醇类物质为脂肪酸二级氢过氧化物的降解产物,不饱和醇具有花香、果香;醛类物质为不饱和脂肪酸的降解产物,具有奶油、清香;酮类为不饱和脂肪酸的自动氧化产物。醇、醛、酮是熟鱼肉重要气味物质来源。碳氢化合物也是脂质氧化产物,但风味特征贡献不大^[7]。由表4得出,加热后龙池鲫鱼除庚醛略高于异育银鲫外,醛类物质含量均略低于异育银鲫,1-戊烯-3-醇和2,3-戊二酮等醇、酮类特征气味物质含量高于异育银鲫。

表4 龙池鲫鱼和异育银鲫挥发性物质组成及相对含量

Table 4 Volatile compounds content of muscle of *Carassius auratus* in Long Lake and *Carassius auratus gibelio*

组别	龙池鲫鱼(生)(%)	异育银鲫(生)(%)	龙池鲫鱼(熟)(%)	异育银鲫(熟)(%)
3-羟基-2-丁酮	18.07±5.62 ^d	16.95±0.77 ^{cd}	1.91±0.43 ^a	8.41±0.49 ^{ab}
2,3-辛二酮	0.50±0.16 ^a	-	6.44±1.51 ^a	2.03±1.85 ^b
2,3-戊二酮	6.68±1.74 ^b	-	7.45±0.32 ^b	1.77±0.10 ^a
壬醛	0.89±0.33 ^a	0.13±0.11 ^a	1.97±0.32 ^b	2.45±0.68 ^b
正己醛	3.19±1.34 ^a	0.94±0.29 ^a	34.25±6.72 ^b	40.28±4.97 ^b
庚醛	0.41±0.16 ^a	-	2.44±0.049 ^c	1.36±0.31 ^b
正辛醇	0.65±0.19 ^{ab}	0.96±0.48 ^b	0.18±0.10 ^a	-
顺-2-戊烯醇	0.96±0.95 ^a	0.44±0 ^a	0.20±0.13 ^a	4.62±1.19 ^b
乙醇	28.49±3.97 ^c	42.40±3.77 ^d	14.53±3.96 ^a	17.10±4.76 ^b
正己醇	11.45±2.86 ^b	11.44±1.44 ^b	2.72±1.09 ^a	2.68±0.58 ^a
1-辛烯-3-醇	6.52±1.24 ^a	3.28±0.22 ^a	3.29±1.02 ^a	-
1-戊醇	2.12±0.63 ^b	1.16±0.18 ^a	1.21±0.081 ^a	0.91±0.74 ^a
1-戊烯-3-醇	2.93±1.84 ^b	0.51±0.12 ^a	4.44±0.10 ^{bc}	-

注:不同小写字母表示同行数据间具有显著性差异($p < 0.05$),“-”表示没有检测到;表5-表7同。

同时,龙池鲫鱼加热后,产生草腥味等不良气味的正己醛绝对含量低于异育银鲫。这种现象可能表明,加热后异育银鲫具有的草腥味和土腥味等不良气味较龙池鲫鱼重。因此,在气味上龙池鲫鱼较好。

2.2 脂肪酸

如表5所示,龙池鲫鱼和异育银鲫肌肉中主要含有13种脂肪酸。其中饱和脂肪酸(SFA)4种,分别为豆蔻酸(C14:0)、棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)和十七烷酸(C17:0);单不饱和脂肪酸(MUFA)有3种:棕榈一烯酸(C16:1)、油酸(C18:1n-9)和油酸(C18:1);多不饱和脂肪酸(PUFA)有6种,分别为亚油酸(C18:2)、亚麻酸(C18:3)、二十碳三烯酸(C20:3)、花生四烯酸(C20:4)、EPA(C20:5)和DHA(C22:6)。结果显示SFA含量以C16:0和C18:0占主导,这与Xue Tang所研究的结果相一致;C18:1(n-9)是MUFA主要成分,在两种鱼中均有所体现^[8]。

龙池鲫鱼肌肉中对人体有重要营养作用的脂肪酸(C18:2 n-6、C20:4 n-6、C20:5 n-3和C22:6 n-3)含量(37%)明显高于异育银鲫(17.16%)。传统加热方式对脂肪酸的影响,主要是由于汁液流失造成脂肪酸含量降低^[9];高温促进脂肪酸热氧化和降解反应的发生^[10],导致一些不饱和脂肪酸损失的增加。然而经加热后异育银鲫中的脂肪酸含量降低,与上述研究相符;而龙池鲫鱼肌肉中的PUFA含量明显增加,尤其是EPA和DHA的含量分别增加了167.39%和48.13%。高含量的PUFA能显著地增加香味,并在一定程度上反映肌肉的多汁性^[11]。因此,加热后龙池鲫鱼中的PUFA含量的反常增高是龙池鲫鱼在气味和营养价值上优于异育银鲫的原因之一。

2.3 核苷酸

Yamaguchi等的研究结果表明,以5'-鸟苷酸和5'-肌苷酸为代表的呈鲜味核苷酸共有30多种^[12-13],惠心怡^[14]研究表明腺嘌呤核苷三磷酸(ATP)及其关联物对于鱼肉鲜味具有较大贡献,其中肌苷酸(IMP)使ATP及其关联物的水溶液具有了鲜味,腺嘌呤核

表5 新鲜的龙池鲫鱼和异育银鲫的肌肉脂肪酸含量

Table 5 Fatty acid composition of muscle of *Carassius auratus* in Long Lake and *Carassius auratus gibelio*

组别	龙池鲫鱼(生)(%)	异育银鲫(生)(%)	龙池鲫鱼(熟)(%)	异育银鲫(熟)(%)
C14:0	0.55±0.09 ^a	0.66±0.06 ^{a,b}	1.18±0.19 ^c	0.64±0.06 ^{a,b}
C16:0	9.54±2.87 ^a	13.44±0.42 ^b	12.31±0.77 ^{a,b}	11.88±0.61 ^{a,b}
C17:0	0.32±0.08 ^a	-	0.83±0.13 ^b	0.27±0.01 ^a
C18:0	3.26±0.45 ^a	3.6±0.09 ^a	4.60±0.30 ^b	3.36±0.15 ^a
ΣSFA	23.21±3.49	17.7±0.57	18.92±1.39	16.15±0.83
C16:1	2.11±0.28 ^a	2.45±0.30 ^a	4.27±0.63 ^b	2.19±0.17 ^a
C18:1n-9	16.19±10.11 ^b	28.06±2.78 ^c	6.98±1.48 ^a	26.36±1.46 ^c
C18:1	2.96±0.76 ^{a,b}	2.76±0.13 ^a	3.63±0.12 ^c	2.98±0.23 ^{a,b}
ΣMUFA	21.26±11.15	33.27	14.88±2.23	31.53±1.86
C18:2n-6	20.25±2.93 ^c	9.04±4.03 ^b	26.49±2.89 ^c	4.22±2.63 ^{a,b}
C18:3n-6(9,12,15)	1.67±0.05 ^a	1.28±0.11 ^a	2.58±0.14 ^{a,b}	1.42±0.15 ^a
C20:3	2.00±0.79 ^c	1.57±0.38 ^c	0.71±0.06 ^{a,b}	1.19±0.02 ^{a,b,c}
C20:4n-6	4.64±1.30 ^{b,c}	3.43±0.41 ^{a,b}	5.36±0.55 ^c	3.3±0.26 ^a
C20:5n-3	2.76±1.28 ^{a,b}	0.98±0.24 ^a	7.38±2.74 ^c	1.04±0.15 ^a
C22:6n-3	9.35±1.17 ^b	3.71±0.71 ^a	13.85±3.48 ^c	3.15±0.40 ^a
ΣPUFA	40.67±7.52	20.21±5.88	56.37±9.86	14.32±3.61

昔二磷酸(ADP)和ATP的去除会使酸度增加,而次黄嘌呤(Hx)具有苦味^[5]。通过核苷酸标准品(图1)的保留时间,确定龙池鲫鱼和异育银鲫中ATP及其关联物的成分及含量(图2)。

如表6所示,新鲜龙池鲫鱼AMP含量略高于异育银鲫,但无显著性差异;而龙池鲫鱼IPM含量显著低于异育银鲫,表明新鲜异育银鲫的鲜味要优于龙池鲫鱼。在经热处理后,肌苷(HxR)、次黄嘌呤(Hx)、肌苷酸(IMP)和腺嘌呤核苷酸(AMP)的含量在两种鱼之间无显著性差异。通过加热前后比较,可见异育银鲫IMP含量略降,AMP含量显著增加;龙池鲫鱼的IMP和AMP含量显著增加,且绝对含量高于异育银鲫;龙池鲫鱼的Hx含量下降了81.42%,异育银鲫下降了39.21%。根据贾丹等^[16]和刘敬科^[17]的研究,鲢鱼在经过加热后IMP含量明显下降,HxR和Hx含量明显增加,IMP和HxR为主要核苷酸类物质。加热后鲢鱼和鲫鱼肌肉中核苷酸类物质含量变化的差异,说明两种鱼中核苷酸类物质的生化结构不同,从而导致热降解特性不同。龙池鲫鱼IMP增加、Hx降低的现象,可以说明龙池鲫鱼在经加热处理后鲜味物质含量可以得到大幅度提升而产生不良风味的核苷酸含量大幅降低,使其具有优于异育银鲫的良好滋味。

表6 龙池鲫鱼与异育银鲫热加工前后ATP及其关联物

Table 6 *Carassius auratus* in Long Lake and *Carassius auratus gibelio* ATP before and after thermal processing and related compounds

组别	龙池鲫鱼(生)(%)	异育银鲫(生)(%)	龙池鲫鱼(熟)(%)	异育银鲫(熟)(%)
AMP	7.09±0.72 ^a	5.92±0.46 ^a	9.99±1.09 ^b	8.33±2.53 ^b
Hx	16.22±1.47 ^b	4.31±0.93 ^a	2.69±0.15 ^a	2.62±0.73 ^a
IMP	30.62±3.86 ^a	57.52±9.44 ^b	62.41±3.29 ^b	56.44±5.04 ^b
HxR	32.40±2.15 ^b	23.39±8.47 ^a	15.89±2.60 ^a	18.43±3.88 ^a

2.4 小肽

表7列出了龙池鲫鱼和异育银鲫肌肉中小肽类物质含量。加热后的龙池鲫鱼中,肽2、肽8和肽10含量分别降低了25.66%、65.95%和75.84%,而肽4和肽6的含量分别增加了67.82%和59.14%。异育银鲫中肽2、肽3和肽10的含量分别降低了22.92%、36.24%和54.47%,肽4的含量增加了65.93%。肽不仅是风味成分,而且它还是其他风味化合物的前体类物质^[17]。加热会促进蛋白质降解生成小肽,但同时又会导致小肽降解形成新的风味物质^[18]。小肽类物质是鱼肉重要的呈味物质^[19],含Glu-的二肽类物质是主要的风

表7 龙池鲫鱼和异育银鲫肌肉小肽含量

Table 7 Oligopeptide contents of muscle of *Carassius auratus* in Long Lake and *Carassius auratus gibelio*

组别	龙池鲫鱼(生)(%)	龙池鲫鱼(熟)(%)	异育银鲫(生)(%)	异育银鲫(熟)(%)
小肽1	2.34±0.39 ^b	1.08±0.3 ^b	0.61±0.07 ^a	-
小肽2	39.25±2.30 ^c	29.21±1.05 ^a	45.44±0.87 ^d	35.02±2.64 ^b
小肽3	0.81±0.53 ^a	0.83±0.21 ^a	2.29±0.20 ^c	1.46±0.10 ^b
小肽4	8.48±1.72 ^a	26.35±0.75 ^{b,c}	8.51±0.29 ^a	24.98±1.51 ^b
小肽5	4.96±0.71 ^a	5.70±0.14 ^{a,b}	5.12±0.55 ^a	5.80±0.47 ^{a,b}
小肽6	8.67±3.46 ^a	21.22±2.28 ^b	20.45±3.25 ^b	20.18±1.18 ^b
小肽7	1.22±0.23 ^a	1.48±0.15 ^a	1.49±0.41 ^a	1.28±0.50 ^a
小肽8	5.58±0.53 ^b	1.90±0.29 ^a	1.77±0.19 ^a	1.28±0.14 ^a
小肽9	0.35±0.02 ^a	0.36±0.09 ^a	0.25±0.02 ^a	0.23±0.11 ^a
小肽10	20.82±2.92 ^c	5.03±0.26 ^a	9.18±1.89 ^b	4.18±0.41 ^a
小肽11	2.58±0.35 ^b	1.58±0.30 ^a	1.55±0.21 ^a	1.17±0.10 ^a
小肽12	0.55±0.05 ^{c,d}	0.37±0.05 ^b	0.30±0.04 ^{a,b}	0.25±0.03 ^a
小肽13	2.26±0.04 ^a	2.04±0.48 ^a	1.87±0.29 ^a	2.18±0.44 ^a
小肽14	0.50±0.11 ^c	0.29±0.01 ^{a,b}	0.33±0.00 ^b	0.22±0.01 ^a
小肽15	0.55±0.14	-	-	-
小肽16	-	-	0.28±0.10 ^b	0.15±0.05 ^a

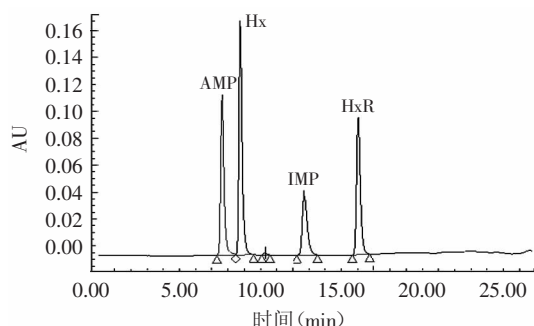


图1 核苷酸标准品色谱图

Fig.1 Nucleotide standard chromatogram

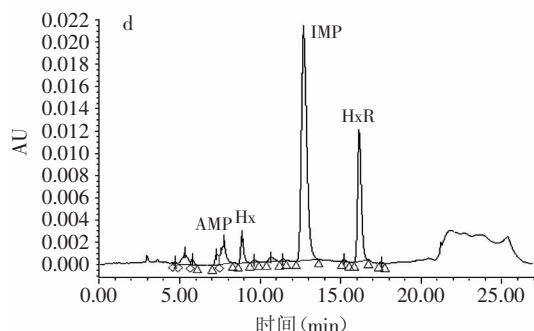
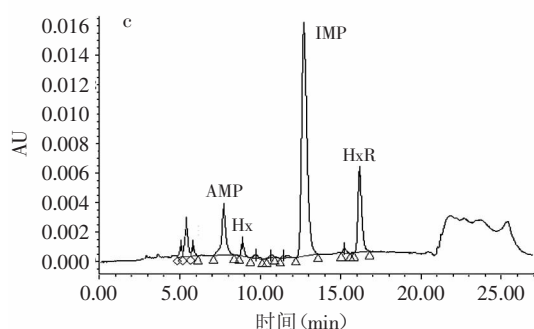
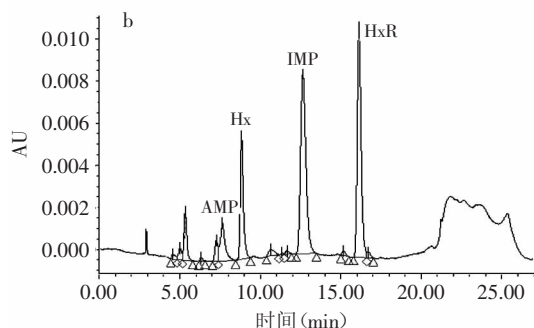
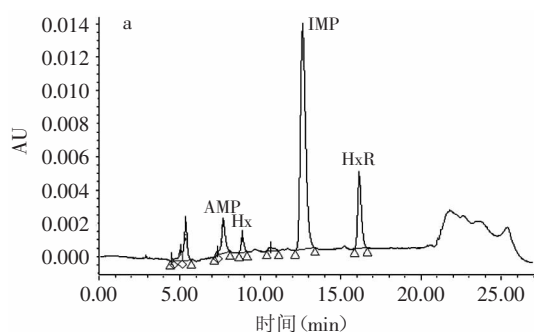


图2 龙池鲫鱼和异育银鲫ATP及其关联物色谱图

Fig.2 The chromatogram of ATP and its related compounds of *Carassius auratus* in Long Lake and *Carassius auratus gibelio*

味增强剂,并且可以降低苦味。因此,加热处理对鲫鱼肌肉中小肽的影响,可能会导致滋味的变化。而加热后的龙池鲫鱼含量增加的小肽数量多于异育银鲫,这可能会使加热后龙池鲫鱼的风味优于异育银鲫。

3 讨论与结论

比较鲫鱼的特征风味物质正己醛的含量和加热前后含量的变化得出,龙池鲫鱼在生鲜状态下正己醛含量为 3.19 ± 1.34 ,高于异育银鲫,因而具有的鲫鱼特有的草腥味更重;而热处理后,龙池鲫鱼正己醛增长了9.72倍,远低于异育银鲫增长的43.17倍,且绝对含量上低于异育银鲫,因此得出加热对异育银鲫产生草腥味有更大影响。

在加热后,龙池鲫鱼和异育银鲫在具有重要营养价值和对呈味产生显著影响的EPA、DHA两种脂肪酸具有显著($p < 0.05$)差异。龙池鲫鱼EPA为 7.38 ± 2.74 、DHA为 13.85 ± 3.48 ,异育银鲫EPA为 1.04 ± 0.15 、DHA为 3.15 ± 0.40 ,龙池鲫鱼的两种重要脂肪酸含量显著($p < 0.05$)高于异育银鲫,这表明加热不仅使龙池鲫鱼含有重要营养价值的脂肪酸大幅增加,也对良好风味的产生积极影响。

通过比较主要呈味核苷酸IMP含量变化,得出龙池鲫鱼在加热后呈鲜物质增加了103.82%,异育银鲫主要呈鲜物质下降1.88%,并且加热后龙池鲫鱼IMP含量在绝对值上远高于异育银鲫,因而可推测加热使龙池鲫鱼滋味优于异育银鲫。

测定鱼肉中小肽的含量,得出生鲜状态下龙池鲫鱼有6种具有显著性差异($p < 0.05$)的小肽含量高于异育银鲫;经热加工后龙池鲫鱼有9种小肽绝对含量都高于异育银鲫,表明龙池鲫鱼经热加工后在鲜味程度和浓度上都优于异育银鲫。本文通过比较龙池鲫鱼与异育银鲫在风味和营养上的差别,得出的数值结论可作为鱼肉加工及综合利用的参考依据,也可为热加工对龙池鲫鱼风味的影响提供理论参考。

参考文献

- [1] 赵仁宣. 话说龙池鲫鱼[J]. 水产养殖, 1991(3): 28-29.
- [2] 严安生,熊传喜,周志军,等. 异育银鲫的含肉率及营养评价[J]. 水利渔业, 1998(3): 16-19.
- [3] 王爱民,吕富,杨文平,等. 饲料脂肪水平对异育银鲫生长性能、体脂沉积、肌肉成分及消化酶活性的影响[J]. 动物营养学报, 2010, 22(3): 625-633.
- [4] 刘晓庆,朱晓鸣,韩冬,等. 饲料鱼粉、菜粕比例对异育银鲫生长和饲料利用的影响[J]. 水生生物学报, 2014, 38(4): 657-663.
- [5] Bauchart C, Chambon C, Mirand P P, et al. Peptides in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle subjected to ice storage and heating[J]. Food Chemistry, 2007, 100: 1566-1572.
- [6] 章超群,平野敏行,铃木健,等. 鲫的挥发性成分[J]. 水产学报, 2000, 24(4): 355-358.
- [7] 刘敬科. 鲢鱼风味特征及热历史对鲢鱼风味的影响[D]. 北

(下转第170页)

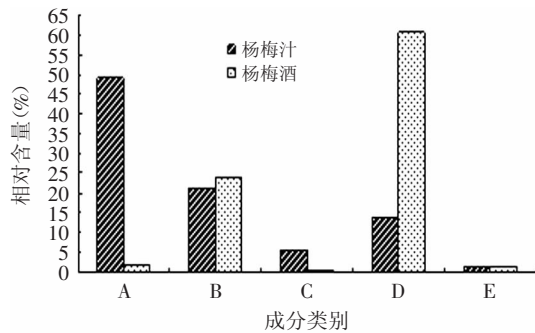


图2 杨梅汁和杨梅酒芳香成分类别统计

Fig.2 The classification statistics of aromatic profiles for red bayberry juice and wine

注:A.萜烯及氧化萜烯类;B.醇类;C.酮醛类;D.酯类;E.酸类及其他。

料、酵母菌种和发酵条件也影响着果酒的发酵香气。在发酵过程中,酵母代谢会产生许多副产物,果酒内部也在进行缓慢复杂的生化反应,这些共同决定了杨梅酒最终的香气^[13]。

3 结论

3.1 SO_2 浓度在40~120mg/L时, L^* 值增大到42.20后减小, a^* 值和 b^* 值都逐渐减小;柠檬酸含量逐渐减小,乙酸含量增大到2.90g/L后减小。

3.2 在30℃至20℃的发酵温度下,杨梅酒的 L^* 、 a^* 、 b^* 、C值均高于30℃时,且柠檬酸含量高出20.53%。30℃时乙酸含量高出69.66%。

3.3 随着接种量的增大,杨梅酒的 L^* 值减小, a^* 值减小后略有增大;柠檬酸含量增大到14.03g/L后减小。

3.4 杨梅汁中芳香成分以萜烯类(49.10%)和醇类(21.16%)为主,而杨梅酒中芳香物质主要是酯类

(60.573%)和醇类(23.77%)。

参考文献

- [1] 罗国向,孙云飞,孙金才,等. 低度杨梅果酒的研制[J]. 食品研究与开发,2004,25(4):65-67.
- [2] 谢思芸,钟瑞敏,肖仔君,等. 杨梅果醋体外抗氧化活性的研究[J]. 食品与机械,2012,28(6):31-34.
- [3] 秦红,宋庆庆,华晓燕. 杨梅果酒对肠道细菌的抑菌效果[J]. 贵州农业科学,2012,40(10):157-159.
- [4] Flores P, Hellín P, Fenoll J. Determination of organic acids in fruits and vegetables by liquid chromatography with tandem-mass spectrometry [J]. Food Chemistry, 2012, 132(2): 1049-1054.
- [5] 谭超,刘华戎,龚加顺,等. 不同地域功夫红茶制备茶膏的理化成分及色差分析[J]. 农产品加工,2013(4):29-32.
- [6] 刘峰,钟瑞敏,曾庆孝,等. 固定化细胞酿造杨梅果酒的研究[J]. 食品与机械,2005,21(1):7-9.
- [7] 张泓. 苹果酒酵母营养与有机酸代谢的研究[D]. 北京:中国农业大学,2006.
- [8] 余信,麻成金,黄群,等. 靖州杨梅干红酒发酵工艺研究[J]. 食品科学,2008,29(10):16-19.
- [9] 沈颖,刘晓艳,白卫东,等. 果酒中有机酸及其对果酒作用的研究[J]. 中国酿造,2012,32(2):29-32.
- [10] 刘晓艳,白卫东,蒋爱民,等. 荔枝果酒加工过程中有机酸的变化研究[J]. 中国酿造,2012(11):65-69.
- [11] 钟瑞敏,谢思芸,肖仔君,等. 杨梅果汁、果酒和果醋芳香成分初步分析[J]. 食品研究与开发,2013,34(3):77-80.
- [12] 刑建荣,杨颖,夏其乐,等. 全果发酵生产杨梅果酒工艺条件及品质的研究[J]. 浙江农业学报,2012,24(6):1111-1116.
- [13] 钟世荣,夏兵兵,刘达玉. 桔子果酒的酿造及成分分析[J]. 食品工业科技,2010(7):294-297.

(上接第161页)

京:中国农业大学,2002.

- [8] Tang X, Xu G, Dai H, Xu P, et al. Difference in muscle cellularity and flesh quality between wild and farmed *Coilia nasus* (Engraulidae) [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2012, 92(7): 1504-1510.
- [9] Brewer M, Novakowski J. Heating rate, pH and final endpoint temperature effects on color and cook loss of a lean ground beef model system [J]. Meat Science, 1999, 52(4): 443-451.
- [10] Cheah P B, Lesward D A. High pressure effects on lipid oxidation in minced pork [J]. Meat Science, 1996, 43(2): 123-134.
- [11] 毛国祥,赵万里. 新太湖鹅、太湖鹅和隆昌鹅肌肉品比较研究[J]. 动物科学与动物医学, 2000, 17(1): 16-19.
- [12] Yamaguchi S, Yoshikawa T, Ikeda S, et al. Measurement of the relative taste intensity of some L- α -amino acid and 5'-nucleotides [J]. Journal of Food Science, 1971, 36(6): 846-849.
- [13] Kuninaka A. Studies on taste of ribonucleic acid derivatives

- [J]. Journal of Agricultural and Chemistry Society of Japan, 1960, 34: 487-492.
- [14] 惠心怡. 淡水鱼肉水溶性风味成分的分析[D]. 上海:上海水产大学食品学院,2006.
- [15] 邓捷春. 暗纹东方鲀与红鳍东方鲀食用口感及风味差异研究[D]. 上海:上海海洋大学,2009.
- [16] 贾丹,刘敬科,孔进喜,等. 不同体质量鲢肌肉中主要滋味物质的研究[J]. 华中农业大学学报,2013,32(3):124-129.
- [17] Careri M, Mangia A, Barbieri G, et al. Sensory property relationship to chemical data of Italian-type dry-cured ham [J]. Journal of Food Science, 1993, 58(5): 968-972.
- [18] Sentandreu M A, Stoeva S, Aristoy M C, et al. Identification of small peptides generated in Spanish dry-cured ham [J]. Journal of Food Science, 2003, 68(1): 64-69.
- [19] 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.