

文章编号: 1674-5566(2019)04-0626-08

DOI:10.12024/jsou.20180602335

不同月份刀鲚鲜味物质变化规律

阮明杰¹, 陶宁萍^{1,2}

(1. 上海海洋大学 食品学院, 上海 201306; 2. 上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海 201306)

摘要:以刀鲚为研究对象,探究不同月份刀鲚鲜味物质的变化规律。在熟制状态下,利用分光光度法、火焰原子吸收光谱法、高效液相色谱法,分析对比 1—12 月份刀鲚的鲜味物质的组分变化规律并计算其滋味强度值(taste activity value, TAV)和味精当量(equivalent umami concentration, EUC),研究不同月份刀鲚各鲜味相关物质含量的变化规律与鲜度的变化规律之间的关系。结果显示,各鲜味相关物质含量变化规律较一致,除大部分无机离子含量 1—3 月由于洄游脱盐降低以外,全年呈现先增高,3 月后骤降,4—5 月降低趋缓,10 月后又回升的趋势;EUC 变化规律同大部分鲜味相关物质一致,在 3 月呈现峰值(即刀鲚在 3 月味道最鲜)。综合其理化指标及其生长规律结果推断分析,3—5 月刀鲚性腺发育至成熟,消耗大量的营养物质,导致鲜味物质等骤降,之后刀鲚进行洄游,此过程中无进食体能消耗大,导致部分鲜味物质被消耗;10 月份刀鲚到达生殖场后开始进食,并为下次洄游做准备,促使刀鲚肉中的滋味物质含量开始有所回升。

关键词:刀鲚; 洄游过程; 甜菜碱; 游离氨基酸; 核苷酸; 滋味强度值; 无机离子

中图分类号: TS 254.1 **文献标志码:** A

刀鲚(*Coilia nasua*)俗称刀鱼,是鲱形目(Clupeiformes)的一种,也称为长颌鲚^[1]。刀鲚属于洄游性鱼类,具有溯河产卵的特性。在每年春天 2 月末开始到 3 月初,它会从近海区域洄游到淡水区域,一般主要集中在黄河口附近水域,其性成熟后在长江或黄河支流产卵。刀鲚资源稀少,但其味道鲜美,我国古代就流传着“清明前鱼骨软如绵,清明后鱼骨硬似铁”的说法,说明刀鲚的品质与时节有很大关系。其原因在于刀鲚在整个洄游产卵的过程中,并不进食大量浮游生物,消耗了大量脂肪及核苷酸等营养元素,从而使得鱼的口感发生变化。刀鲚一方面可以做成美食,另一方面被用来制药,但“鲜”是它最重要的特点^[2]。有研究^[3]表明,清明前后的刀鲚肉极其鲜美,与鲥鱼和河豚并称为“长江三鲜”。

常见水产品中与鲜味相关的呈味成分主要包括甜菜碱、呈味核苷酸、游离氨基酸、无机离子等。在水产品中,甜菜碱以甘氨酸甜菜碱为主,即 N,N,N-三甲胺甘氨酸,该物质在水产品中主

要呈现甜味以及特别的鲜味^[4]。在海产品的壳类、软体类产品中,甜菜碱的含量非常高,是海产品具有极鲜特点主要影响因素之一。很多研究表明游离氨基酸对水产品的鲜味影响较大,如:谷氨酸、天门冬氨酸和丙氨酸等^[5],但天门冬氨酸与谷氨酸如单独存在于水溶液中,则主要呈现酸味;而甘氨酸和丙氨酸以甘味为主,同时也呈现出鲜味的特点,它们对水产品滋味的影响也较大;组氨酸以苦味为主,若含量与阈值相比较低时,能使其他氨基酸的鲜味得以提升。对水产品的鲜味有重要影响的 5'-核苷酸,如 IMP、AMP、GMP 等,其中在鱼体肌肉中最主要的呈鲜物质是 IMP^[6]。通常来说,中性盐以咸苦味为主,无机离子尽管自身不呈鲜,但能够有效增强其他鲜味物质的鲜味,对水产品的鲜味有着很大的影响^[7],如 Na⁺、Cl⁻ 等无机离子与游离氨基酸、5'-核苷酸类等呈鲜物质共同存在时,可使样品的整体鲜味更为突出。目前国内对刀鲚洄游变化规律的研究仅有管卫兵等^[8]对其生殖条件特征进行比

收稿日期: 2018-06-09 修回日期: 2019-01-02

基金项目: 上海市自然科学基金(14ZR1420100); 上海市科委工程中心建设项目(11DZ2280300)

作者简介: 阮明杰(1994—),男,硕士研究生,研究方向为食品营养与品质。E-mail:1065589941@qq.com

通信作者: 陶宁萍, E-mail:nptao@shou.edu.cn

较,但对其洄游过程中滋味物质的变化鲜有报道。本研究按刀鲚洄游路线,以1—12月份的刀鲚作为研究对象,分析其滋味物质特别是鲜味相关物质的变化规律为人工养殖刀鲚的风味提升提供理论依据。

1 材料与仪器

1.1 试验材料

刀鲚属长江洄游型崇明岛刀鲚,2016年1—12月购买于上海市芦潮港,1—3月刀鲚[体长 (30.2 ± 1.4) cm、体质量 (145 ± 2) g]取自东海、4—10月刀鲚[体长 (26.3 ± 0.8) cm、体质量 (107 ± 2) g]取自长江、11—12月刀鲚[体长 (28.77 ± 0.9) cm、体质量 (120 ± 3) g]取自东海,捕捞后冰鲜运输至实验室。测定和记录后,对样品进行清洗、去内脏、去头,取肉后捣碎,分装于无菌自封袋中, -80 °C 保存待用。

1.2 试剂与仪器

采用美国 Unico 公司 UV-2200 紫外可见分光光度计;美国 Waters 公司 E2695 高效液相色谱仪;日本 Hitachi 公司 L-8800 氨基酸自动分析仪;德国耶拿公司 ZEENIT 700 原子吸收光谱仪;上海雷磁公司 ZD-2 自动电位滴定仪甜菜碱、5'-鸟苷酸(GMP)、5'-肌苷酸(IMP)、次黄嘌呤(Hx)、5'-腺苷酸(AMP)、5'-尿苷酸(UMP)、5'-胞苷酸(CMP)、肌苷(HxR)标准品都购自于 Sigma 公司,无机离子进行分析时,使用我国标准物质中心的标准物质;试剂均为国产分析纯试剂,主要是盐酸和高氯酸等;水为超纯水。

1.3 实验方法

1.3.1 样品预处理

取不同月份的刀鲚肉各 2.5 g, 4 °C 条件下解冻 30 min,隔水蒸煮,蒸制 15 min 后待用。

1.3.2 甜菜碱的测定

甜菜碱的测定参照陈德慰等^[4]的方法,称取 2 g 左右样品,加入 40 mL 超纯水搅拌 1 min。在 5 000 g 条件下离心 10 min,过滤并收集滤液。取沉淀加超纯水 40 mL,重复上述步骤,将 2 次得到的滤液混合在一起,用超纯水定容至 100 mL。吸取 50 mL 的定容液,使用浓盐酸调 pH 为 1.0,加入 0.25 g 活性炭,加热到微沸,在这个过程中需不停搅匀。冷却后,用 35 mL 的热超纯水进行清洗。滤液冷却后,用浓盐酸调 pH 为 1.0。在 525

nm 波长的紫外光下进行比色皿测量,参比溶液为 70% 丙酮。

1.3.3 5'-核苷酸的测定

参考 HEU 等^[9]的实验方法,取 2 g 左右熟制肉,加入 20 mL 5% 的高氯酸(perchloric acid, PCA),匀浆 2 min,进行超声波处理 5 min,充分溶出后,离心(14 000 g, 10 min),过滤,取上清液,沉淀物加 20 mL 5% PCA,重复上述步骤 1 次,将 2 次所得的上清液进行混合,调 pH 为 6.8,用超纯水定容至 50 mL。

HPLC 参数:色谱柱为 ODS-3/C18 ($5 \mu\text{m}$, 4.6×250 mm),柱温 35 °C,进样量 $10 \mu\text{L}$ 。洗脱液组成:流动相 A 为 CH_4O ,流动相 B 为 12.5 mmol/L 的 KH_2PO_4 和 12.5 mmol/L 的 K_2HPO_4 ,加入 KOH 调节 pH 至 5.8。控制流速为 1.0 mL/min,洗脱梯度如下:起始流动相为 3% A, 8 min;线性变化至 6% A, 2 min;再线性变化至 30% A, 13 min;最后线性变化至 0% A, 3 min。设置紫外检测器波长为 248 nm。

1.3.4 游离氨基酸的测定

因为很多的氨基酸中无生色基团,使得常规的紫外检测法无法正常进行,必须采用衍生化法来转化氨基酸分子,使其成为能够具有较强荧光吸收能力的衍生物,故参照 COCHET 等^[10]的方法,取 2 g 左右熟制肉,加入 15 mL 0.1 mol/L 的盐酸匀浆 2 min,超声波处理 30 min,离心(14 000 g, 10 min),取上清;取沉淀加入 10 mL 0.1 mol/L 的盐酸,重复上述操作 1 次,将 2 次所得的上清液进行混合,用超纯水定容至 25 mL。取 10 mL 定容后的溶液,加入同体积的 10% TCA,静置 1 h 后进行离心(5 000 g, 10 min),取上清调 pH 为 2.0,用 0.22 μm 的水相滤膜进行过滤,利用氨基酸自动分析仪进行测量。

1.3.5 水溶性无机离子的测定

结合 AOAC 969.23^[11]中制定的标准,将样品中该物质进行提取后,采用原子吸收光谱仪对 K^+ 等进行测量;使用磷钼蓝分光光度法测量 PO_4^{3-} ^[12];使用电位滴定法测量 Cl^- ^[13]。

1.3.6 滋味强度值(TAV)

滋味强度值^[14](taste active values, TAV)为某种呈味物质在其肉中的含量与其自身阈值的比例。若 TAV 小于 1,表明这种滋味物质对样品呈味影响不显著;若 TAV 大于 1,表明这种物质

对呈味影响很大,值越高,说明它对呈味影响越大。在食物中,若某一呈味物质的 TAV 大于 1,代表该物质为呈味活性物质。

1.3.7 味精当量(EUC)

味精当量(equivalent umami concentrations, EUC)代表的是鲜味强度值,即当鲜味氨基酸与核苷酸协同作用的鲜味值等同于多少含量的味精的鲜味值。参考味精当量公式^[15]:

$$EUC = \sum a_i b_i + 1.218 (\sum a_i b_i) (\sum a_j b_j) \quad (1)$$

式中:EUC 为味精当量(g MSG/100 g); a_i 为氨基酸的浓度; a_j 为核苷酸的浓度; b_i 为呈鲜系数;1.218 为协同作用系数。EUC 换算法可以量化呈鲜物质的作用,所以,这一方法在国内判定产品鲜味强度时得到广泛的使用。

1.3.8 统计分析

数据由 Excel、SPSS 20.0 进行分析,结果以平均值 ± 标准偏差($n = 3$)表示;主成分分析由 Alpha Soft 14.0 进行分析。

2 结果与讨论

2.1 与鲜味相关滋味物质标准曲线方程

由表 1 可见所有标准曲线方程相关系数 R^2 均大于 0.9,说明拟合效果良好。

表 1 与鲜味相关滋味物质标准曲线方程

Tab.1 Standard curve equation of umami-related taste compounds

滋味物质 Taste substances	标准曲线方程 Standard curve equation	R^2
甜菜碱 Betaine	$y = 0.1544x - 0.0037$	0.9896
无机离子 Inorganic ion	K^+ $y = 0.3247x - 0.0131$	0.9982
	Na^+ $y = 0.2359x + 0.0034$	0.9965
	Ca^{2+} $y = 0.0316x + 0.0332$	0.9995
	Mg^{2+} $y = 0.5326x + 0.0009$	0.9981
核苷酸 Nucleotide	PO_4^{3-} $y = 0.0924x + 0.0012$	0.9990
	ATP $y = 10414x - 18315$	0.9992
	ADP $y = 11193x - 20198$	0.9981
	GMP $y = 10173x - 13250$	0.9977
	IMP $y = 15562x - 68712$	0.9986
Hx $y = 33819x - 98831$	0.9981	
AMP $y = 18767x - 23991$	0.9985	

2.2 不同月份刀鲚肉中的甜菜碱含量变化规律

甜菜碱的来源主要有 3 种:一是通过体外摄入,二是通过体内胆碱经过胆碱单加氧酶、胆碱脱氢酶、甜菜碱醛脱氢酶等氧化合成^[16],三是水产动物会随着生活环境的盐度增减而发生改

变^[17]。10 月份刀鲚洄游到达东海后开始大量进食,为产卵进行准备,结果显示甜菜碱含量在 10 月到次年 3 月份呈现增长的趋势。3 月份其质量分数低于三虎梭子蟹(1 047 mg/100 g)和虾头(958 mg/100 g)^[18]的甜菜碱含量,但高于一些鱼类如罗非鱼(360 mg/100 g)、草鱼(290 mg/100 g)和马面鱼(220 mg/100 g)^[4]。该物质在水产品中主要呈现甜味以及特别的鲜味,可能对刀鲚的鲜味产生较大影响。3 月下旬刀鲚卵巢开始重新发育,从沿海口进入长江,到 5 月份刀鲚性腺成熟度达到最大,在此期间,可能会消耗大量营养物质,因此甜菜碱在 3—5 月出现骤降。其在性腺发育成熟后开始在长江水域进行生殖洄游,但在其生殖洄游到达东海之前,为节约能量并不会大量进食浮游生物,因此可能造成了刀鲚肉中甜菜碱含量在 5—10 月进一步下降,并在 10 月下降至最低。甜菜碱含量随刀鲚生殖洄游的周期变化可能是造成刀鲚鲜味呈现周期变化的原因之一。

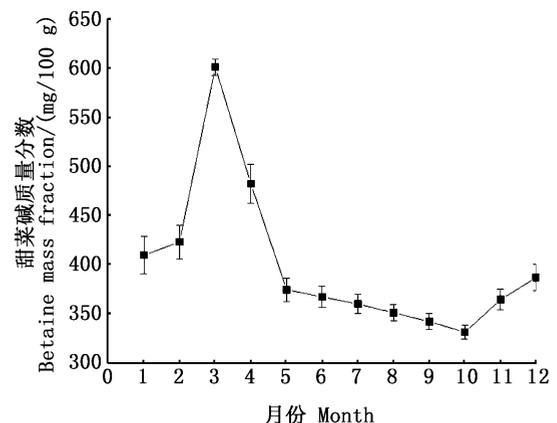


图 1 不同月份刀鲚肉中甜菜碱含量的变化规律

Fig.1 Comparison of betaine contents in different months of *Coilia nasua* meat

2.3 不同月份刀鲚肉中的无机离子变化规律

由图 2 可以看出,除 K^+ 外, Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 和 PO_4^{3-} 的含量均在 1 月份时最高,可能是刀鲚 1—3 月份生活在海水中,海水渗透压较高且进食盐度较高的食物,使得此时刀鲚中的 Na^+ 、 Cl^- 等离子含量较高,有研究表明, Na^+ - K^+ -ATP 酶参与渗透压调节, Na^+ 、 Cl^- 含量提高时 K^+ 会因参与渗透调节有所消耗而下降,而 Na^+ 、 Cl^- 含量降低时则会从环境中补充 K^+ 维持渗透平衡,因此,1—3 月份刀鲚鱼肉中 K^+ 会随 Na^+ 、 Cl^-

的减少而增多^[19]。4 月份后刀鲚由海域转入江域进行生殖洄游,江水渗透压相对海水偏低,为平衡渗透压,将过多的盐分脱除,同时刀鲚在进行产卵时,卵巢发育需要大量的无机离子,这可能是3—4 月份刀鲚无机离子含量显著降低的原因^[20]。4—10 月份刀鲚在长江流域进行生殖洄游,考虑到刀鲚在洄游过程中几乎无进食,同时维持自身的发育,消耗无机离子,这可能是4—10 月份无机离子含量逐步降低的原因。10—12 月份刀鲚洄游结束,由江域转入海域,开始大量进食同时为下一次排卵做准备,因此无机离子含量显著上升。无机离子对鲜味有协同增鲜效应,因此计算刀鲚每月无机离子的 TAV,探究刀鲚洄游过程中无机离子含量变化规律对其鲜味变化的影响具有现实意义。

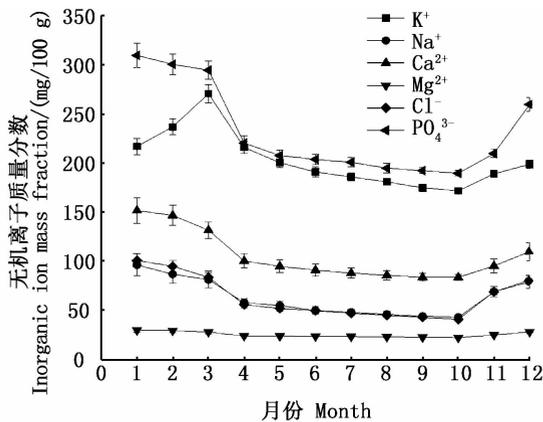
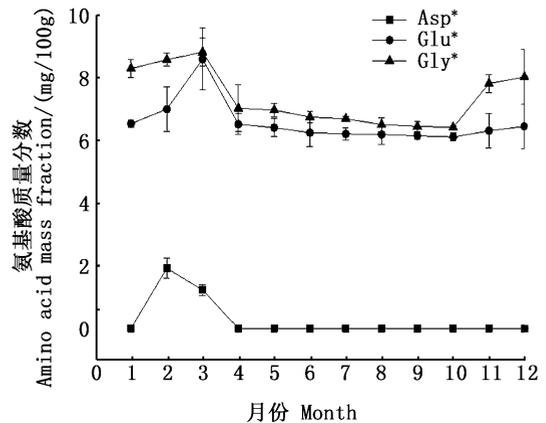


图2 不同月份刀鲚肉中的水溶性无机离子变化规律
Fig.2 Comparison of inorganic ions contents in different months of *Coilia nasua* meat

由表2 可以看出 K^+ 、 PO_4^{3-} 和1 月份刀鲚 Ca^{2+} 的 TAV 值均大于1,说明 K^+ 和 PO_4^{3-} 对于刀鲚的滋味起着关键的作用,为呈味活性物质。有研究通过减除实验证明,少了 Na^+ 和 Cl^- ,蟹的甜味、咸味、鲜味等特征风味都显著降低,甚至失去味感,而 K^+ 、 PO_4^{3-} 对蟹的鲜味也起到提升作用,这是由于呈味物质诸如氨基酸、核苷酸只有与无机离子结合,以盐的形式存在才有较强的呈味特性,但 Na^+ 和 Cl^- 的含量过多时,咸味就会将其他的味道掩盖掉。刀鲚在3 月份时, Na^+ 和 Cl^- 含量减少,只有 K^+ 含量较高,可能会提高3 月份刀鲚的鲜味。刀鲚洄游造成无机离子浓度的差异对鱼肉的增鲜效果还需进一步研究。

2.4 不同月份刀鲚肉的游离氨基酸变化规律

从表3 和图3 可以看出,刀鲚中大部分游离氨基酸含量在3 月份达到了最高,3—10 月份游离氨基酸含量呈现下降趋势,因为从3—4 月刀鲚产卵消耗自身大量的营养物质,导致其自身氨基酸含量下降,而在4—10 月份刀鲚由海域转入江域进行生殖洄游。刀鲚生殖洄游可能与游速较快的洄游鱼类很相似,如金枪鱼^[21],整个洄游过程几乎不进食,消耗主要贮能物质脂肪和糖原产生能量以维持生命活动,在脂肪大量消耗后开始利用蛋白质作为代谢能源,氨基酸用于葡萄糖再生的比例增加,造成体内氨基酸代谢库的缩小和蛋白质合成量的下降,其中异亮氨酸和组氨酸显著降低,分别从 5.20 mg/100 g 和 18.60 mg/100 g 下降到 1.98 mg/100 g 和 10.38 mg/100 g,呈鲜味的谷氨酸和甘氨酸也显著降低,而天冬氨酸2—3 月被检测出,10 月份后大部分游离氨基酸含量有所回升,规律同无机离子(图2-3)。可见洄游过程对呈鲜味的氨基酸含量造成影响,从而对刀鲚滋味品质造成影响。但游离氨基酸的含量远远小于其阈值,且所有游离氨基酸的 TAV 值均小于1,说明游离氨基酸本身对其影响不显著,但考虑到游离氨基酸可以与其他呈味物质之间如5'-核苷酸发生相互作用,因此游离氨基酸对刀鲚的滋味影响还需进一步研究。



* 表示呈鲜味氨基酸
* indicates savory amino acids

图3 不同月份刀鲚肉的呈鲜味氨基酸含量的变化(mg/100 g)

Fig.3 Comparison of umami amino acids contents in different months of *Coilia nasua* meat(mg/100 g)

表 2 不同月份刀鲚肉中水溶性无机离子滋味强度值的变化

Tab. 2 Comparison of inorganic ions TAVs in different months of *Coilia nasua* meat

无机离子 Inorganic ion	味觉阈值 Taste threshold	一月 January	二月 February	三月 March	四月 April	五月 May	六月 June	七月 July	八月 August	九月 September	十月 October	十一月 November	十二月 December
K ⁺	130	1.67	1.83	2.09	1.67	1.55	1.47	1.43	1.39	1.35	1.33	1.46	1.53
Na ⁺	180	0.54	0.48	0.45	0.32	0.31	0.29	0.27	0.26	0.25	0.24	0.38	0.44
Ca ²⁺	150	1.01	0.98	0.88	0.67	0.64	0.61	0.59	0.57	0.56	0.56	0.64	0.73
Mg ²⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl ⁻	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PO ₄ ³⁻	130	2.39	2.32	2.27	1.70	1.60	1.57	1.55	1.50	1.48	1.46	1.62	2.00

注：“-”表示该物质的阈值尚未探明或不呈味

Notes: “-” indicates that the threshold of the substance has not been ascertained or not tasted

表 3 不同月份刀鲚肉的游离氨基酸质量分数的变化

Tab. 3 Comparison of free amino acids mass fraction in different months of *Coilia nasua* meat mg/100 g

氨基酸种类 Amino acid	味觉阈值 Taste threshold	一月 January	二月 February	三月 March	四月 April	五月 May	六月 June
Asp [*]	100	N. D.	1.92 ± 0.32 ^b	1.22 ± 0.17 ^a	N. D.	N. D.	N. D.
Thr	260	2.22 ± 0.91 ^b	2.38 ± 0.11 ^b	2.64 ± 0.77 ^b	1.32 ± 0.10 ^a	1.30 ± 0.29 ^a	1.20 ± 0.08 ^a
Ser	150	2.66 ± 0.33 ^b	2.38 ± 0.76 ^b	2.80 ± 0.88 ^b	1.64 ± 0.29 ^a	1.45 ± 0.27 ^a	1.40 ± 0.03 ^a
Glu [*]	30	6.54 ± 1.12 ^a	7.00 ± 1.71 ^b	8.60 ± 0.99 ^c	-6.52 ± 0.33 ^a	6.41 ± 0.28 ^a	6.25 ± 0.44 ^a
Gly [*]	130	8.30 ± 1.29 ^c	8.58 ± 2.21 ^c	8.82 ± 1.12 ^c	-7.03 ± 0.75 ^a	6.97 ± 0.22 ^a	6.75 ± 0.19 ^a
Ala	60	8.54 ± 2.78 ^d	8.98 ± 1.89 ^d	9.86 ± 2.11 ^d	3.58 ± 1.21 ^a	3.31 ± 0.86 ^a	3.20 ± 1.76 ^a
Val	40	2.32 ± 1.27 ^a	6.24 ± 3.18 ^b	5.16 ± 2.27 ^c	1.66 ± 0.88 ^a	1.64 ± 0.12 ^a	1.63 ± 0.12 ^a
Ile	90	2.02 ± 0.27 ^a	5.18 ± 2.29 ^b	5.20 ± 3.54 ^b	1.98 ± 0.54 ^a	1.95 ± 0.41 ^a	1.90 ± 0.26 ^a
Leu	380	4.04 ± 1.78 ^b	8.16 ± 3.99 ^d	5.16 ± 2.72 ^c	2.48 ± 0.19 ^a	2.32 ± 0.25 ^a	2.92 ± 0.71 ^a
Phe	90	N. D.	N. D.	1.70 ± 0.21 ^b	1.54 ± 0.27 ^b	1.48 ± 0.13 ^b	1.42 ± 0.27 ^b
Lys	50	6.20 ± 1.34 ^b	7.52 ± 2.47 ^c	8.86 ± 2.98 ^d	4.02 ± 0.75 ^a	3.96 ± 0.68 ^a	4.02 ± 0.75 ^a
His	20	13.44 ± 3.14 ^g	16.00 ± 5.11 ^h	18.70 ± 1.85 ⁱ	10.38 ± 2.12 ^f	9.17 ± 1.28 ^e	8.46 ± 0.85 ^d
Arg	50	8.84 ± 0.29 ^a	8.15 ± 0.18 ^a	7.92 ± 0.21 ^a	8.04 ± 0.31 ^a	8.02 ± 0.11 ^a	8.48 ± 0.99 ^a

氨基酸种类 Amino acid	味觉阈值 Taste threshold	七月 July	八月 August	九月 September	十月 October	十一月 November	十二月 December
Asp [*]	100	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
Thr	260	1.17 ± 0.03 ^a	1.13 ± 0.31 ^a	1.10 ± 0.26 ^a	1.07 ± 0.09 ^a	1.34 ± 0.48 ^a	1.68 ± 0.27 ^{ab}
Ser	150	1.37 ± 0.71 ^a	1.32 ± 0.29 ^a	1.28 ± 0.19 ^a	1.25 ± 0.38 ^a	1.50 ± 0.88 ^a	1.97 ± 0.71 ^a
Glu [*]	30	6.21 ± 0.19 ^a	6.19 ± 0.31 ^a	6.15 ± 0.12 ^a	6.11 ± 0.12 ^a	6.31 ± 0.55 ^a	-6.45 ± 0.71 ^a
Gly [*]	130	6.69 ± 0.09 ^a	6.51 ± 0.21 ^a	6.45 ± 0.17 ^a	6.42 ± 0.06 ^a	7.82 ± 0.28 ^b	-8.03 ± 1.88 ^b
Ala	60	3.16 ± 0.88 ^a	3.08 ± 0.99 ^a	3.01 ± 0.12 ^a	2.99 ± 0.12 ^a	4.56 ± 2.31 ^b	6.72 ± 1.31 ^c
Val	40	1.60 ± 0.28	1.56 ± 0.31 ^a	1.54 ± 0.11 ^a	1.53 ± 0.09 ^a	1.68 ± 0.31 ^a	1.79 ± 0.51 ^a
Ile	90	1.84 ± 0.12 ^a	1.77 ± 0.09 ^a	1.71 ± 0.19 ^a	1.56 ± 0.33 ^a	1.88 ± 0.46 ^a	1.95 ± 0.37 ^a
Leu	380	2.73 ± 0.07 ^a	2.56 ± 0.56 ^a	2.48 ± 0.21 ^a	2.45 ± 0.11 ^a	2.92 ± 0.09 ^a	3.47 ± 1.11 ^{ab}
Phe	90	1.36 ± 0.23 ^b	1.31 ± 0.19 ^b	1.28 ± 0.04 ^b	1.01 ± 0.17 ^b	0.93 ± 0.24 ^b	0.75 ± 0.38 ^a
Lys	50	3.74 ± 0.17 ^a	3.62 ± 0.21 ^a	3.58 ± 0.37 ^a	3.50 ± 0.09 ^a	5.22 ± 0.99 ^b	5.87 ± 1.23 ^b
His	20	7.98 ± 0.71 ^c	6.71 ± 1.23 ^b	6.36 ± 0.65 ^b	5.50 ± 0.17 ^a	8.67 ± 0.23 ^{cd}	10.15 ± 0.88 ^f
Arg	50	8.71 ± 0.29 ^a	9.80 ± 0.99 ^b	10.21 ± 1.34 ^{bb}	10.30 ± 1.98 ^b	9.85 ± 0.71 ^b	9.17 ± 1.34 ^{ab}

注:平均值 ± 标准差;每行上标不同字母者差异显著(P < 0.05);鲜味氨基酸用*表示;“N. D.”代表未检出

Notes: Mean ± standard deviation; the difference between each line of the different letters is significant (P < 0.05); the umami amino acid is indicated by *; “N. D.” means not detected

2.5 不同月份刀鲚肉的核苷酸变化规律

由图4可以看出,5'-IMP在3月份达到最高值,此后浓度骤降,至4月之后下降速度趋缓,与无机离子以及游离氨基酸的变化趋势相同。这可能是由于刀鲚性腺开始重新发育,大量消耗核苷酸。有研究表明,鱼类在产卵期间皮质醇激素增加,且核苷酸含量会抑制鱼类体内皮质醇激素释放,在到达生殖地之前,刀鲚洄游过程中不进食又不断消耗自身的能量,通过消耗核苷酸,以适应整个洄游过程中激素分泌水平及满足能量需求。10月份以后5'-IMP含量回升规律也同上述几种物质。而5'-AMP和5'-GMP的含量较低,在整个洄游过程变化不明显。

由表4可以看出,仅IMP的TAV大于1,说明IMP是刀鲚主要的呈鲜味核苷酸。3月份时IMP在刀鲚中的质量分数达到最大值90.21 mg/100 g, TAV值达到3.6,对刀鲚的鲜味贡献较大。YAMAGUCHI等^[22]认为,鲜味氨基酸与5'-核苷酸协同效应,能够使鱼的鲜味显著增加,而3月份IMP和主要呈鲜味氨基酸谷氨酸都达到最高值,为解释核苷酸与氨基酸的协同效应计算其味精当量(EUC)对刀鲚鲜味进行评价。

2.6 不同月份刀鲚的味精当量(EUC)

从图5可以看出,3月份刀鲚EUC达到最高为2.12 g MSG/100 g,10月份刀鲚的EUC降到最低为1.09 g MSG/100 g,且所有月份刀鲚EUC均大于1,表明鲜味是刀鲚滋味的主要呈现方式,且与洄游过程中各滋味物质含量变化规律一致,因此,3月份刀鲚具有滋味佳、鲜味最强的特性。

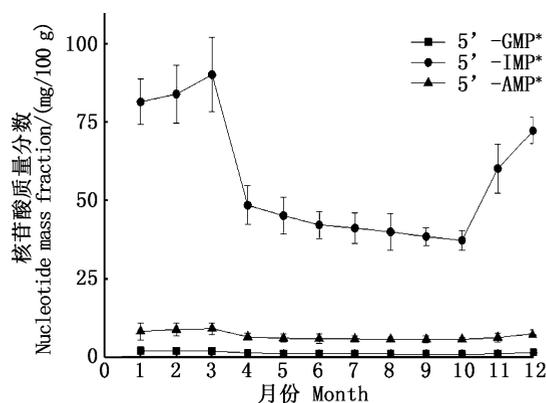


图4 不同月份刀鲚肉的呈鲜核苷酸含量变化规律(mg/100g)

Fig. 4 Comparison of umami nucleotides contents in different months of *Coilia nasua* meat (mg/100g)

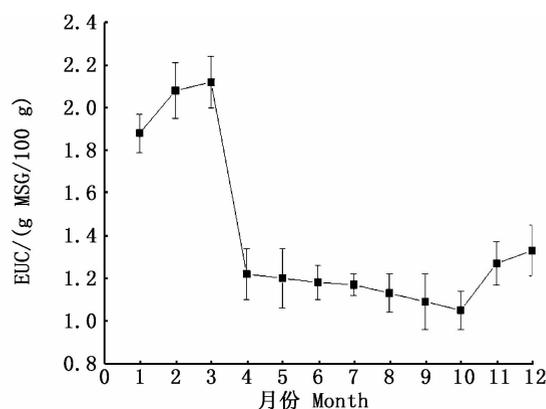


图5 不同月份刀鲚的EUC值(g MSG/100g)

Fig. 5 Comparison of EUC value in different months of *Coilia nasua* meat (g MSG/100g)

表4 不同月份刀鲚肉的滋味强度值

Tab. 4 Comparison of TAVs of nucleotides in different months of *Coilia nasua* meat

5'-核苷酸 5'-Nucleotide	味觉阈值 Taste threshold	1月 January	2月 February	3月 March	4月 April	5月 May	6月 June	7月 July	8月 August	9月 September	10月 October	11月 November	12月 December
5'-ATP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5'-GMP*	12.50	0.15	0.14	0.13	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.10
5'-IMP*	254.00	3.26	3.44	3.61	1.93	1.80	1.68	1.64	1.59	1.53	1.49	2.41	2.90
5'-ADP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5'-AMP*	50.00	0.16	0.17	0.18	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12

注:“-”表示该物质的阈值尚未探明或不呈味

Notes: “-” indicates that the threshold of the substance has not been ascertained or not tasted

3 讨论

本研究对1—12月刀鲚洄游过程中的与鲜味相关组分的含量变化规律进行研究,1—3月份刀鲚生活在东海,3—4月排卵生殖并由东海游入长江流域,4—10月在长江流域进行生殖洄游,10—12月从江域返回东海并为下一次排卵进行准备,整个洄游过程中甜菜碱、 K^+ 、大部分游离氨基酸和5'-IMP的含量变化规律较一致:先增高,3月份后骤降,接着到4或5月降低趋缓,10月以后又回升的趋势;由于3月份刀鲚洄游从东海入江脱除多余的盐分,所以大部分无机离子含量从1月开始降低,3月以后变化规律同前所述其他物质。1—3月份刀鲚为其生殖进行准备,营养丰富其鲜味物质含量普遍上升;4—10月份考虑到刀鲚在洄游过程中几乎不进食体能消耗,这可能是导致其鲜味物质含量逐渐降低的原因;10—12月份刀鲚开始下一次返程并为下一次洄游做准备其鲜味物质含量缓慢上升,其变化规律和生理代谢过程能量摄入含量变化的相关性较好。对各鲜味物质进行TAV与ECU评价,发现EUC变化规律同主要鲜味相关组分的含量变化规律,鲜味是刀鲚其主要滋味呈现方式,甜菜碱和5'-IMP对鲜味贡献较大,同时与游离氨基酸和无机离子发生鲜味协同效应,在3月EUC值达到最大,3月刀鲚肉味道最为鲜美,本研究为进一步提高人工养殖刀鲚的品质提供理论参考和依据。

参考文献:

- [1] LI Y X, XIE S G, LI Z J, et al. Gonad development of an anadromous fish *Coilia ectenes* (Engraulidae) in lower reaches of Yangtze River, China [J]. *Fisheries Science*, 2007, 73(6): 1224-1230.
- [2] ZHENG JY, TAO N P, GONG J, et al. Comparison of non-volatile taste-active compounds between the cooked meats of pre-and post-spawning Yangtze *Coilia ectenes* [J]. *Fisheries Science*, 2015, 81(3): 559-568.
- [3] GONG J, SHEN H, ZHENG JY, et al. Identification of key umami-related compounds in Yangtze *Coilia ectenes* by combining electronic tongue analysis with sensory evaluation [J]. *RSC Advances*, 2016, 6(51): 45689-45695.
- [4] 陈德慰, 苏键, 颜栋美, 等. 广西北部湾常见水产品中甜菜碱含量测定及呈味效果评价 [J]. *现代食品科技*, 2011, 27(4): 468-472.
CHEN D W, SU J, YAN D M, et al. Determination and taste evaluation of betaine present in common aquatic products from Beibu Gulf in Guangxi [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2011, 27(4): 468-472.
- [5] 翁丽萍. 养殖大黄鱼和野生大黄鱼风味研究 [D]. 杭州: 浙江工商大学, 2012.
WENG L P. Research on flavor of breeding large yellow croaker and wild large yellow croaker [D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2012.
- [6] TSAI S Y, TSAI H L, MAU J L. Non-volatile taste components of *Agaricus blazei*, *Agrocybe cylindracea* and *Boletus edulis* [J]. *Food Chemistry*, 2008, 107(3): 977-983.
- [7] NISHIMURAT. Influence of endopeptidases and aminopeptidases on the production of taste peptides and free amino acids in muscle foods [M] // SHAHIDI F, HO C T, WATANABE S, et al. *Food Factors in Health Promotion and Disease Prevention*. Washington: ACS, 2003, 851: 419-430.
- [8] 管卫兵, 陈辉辉, 丁华腾, 等. 长江口刀鲚洄游群体生殖特征和条件状况研究 [J]. *海洋渔业*, 2010, 32(1): 73-81.
GUAN W B, CHEN H H, DING H T, et al. Reproductive characteristics and condition of anadromous *Coilia ectenes* (Engraulidae) in Yangtze Estuary [J]. *Marine Fisheries*, 2010, 32(1): 73-81.
- [9] HEU M S, KIM J S, SHAHIDI F. Components and nutritional quality of shrimp processing by-products [J]. *Food Chemistry*, 2003, 82(2): 235-242.
- [10] COCHET M, BROWN M, KUBE P, et al. Sensory and physicochemical assessment of wild and aquacultured green and black lip abalone (*Haliotis laevigata* and *Haliotis rubra*) [J]. *Journal of Shellfish Research*, 2013, 32(1): 81-89.
- [11] TACON A G J, CODY J J, CONQUEST L D, et al. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2002, 8(2): 121-137.
- [12] REN D X, CHEN B, CHEN Y L, et al. The effects of κ -casein polymorphism on the texture and functional properties of mozzarella cheese [J]. *International Dairy Journal*, 2013, 31(2): 65-69.
- [13] 安泰莹, 文庆珍, 朱金华. 氯离子测定方法研究进展 [J]. *河南化工*, 2013, 30(3/4): 8-11, 24.
AN T Y, WEN Q Z, ZHU J H. Research progress of determination of chloride ion [J]. *Henan Chemical Industry*, 2013, 30(3/4): 8-11, 24.
- [14] 龚骏, 陶宁萍, 钱晓明, 等. 长江刀鲚、黄河刀鲚与东海刀鲚熟制肉的滋味成分差异 [J]. *食品工业科技*, 2014, 35(20): 182-185, 195.
GONG J, TAO N P, QIAN X M, et al. Differences among taste compounds of cooked meat from Yangtze River, Yellow River and seawater *Coilia ectenes* Jordan [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, 35(20): 182-185, 195.
- [15] CHEN D W, ZHANG M. Non-volatile taste active compounds

- in the meat of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Food Chemistry, 2007, 104(3): 1200-1205.
- [16] DE VOOYS C G N, GEENEVASEN J A J. Biosynthesis and role in osmoregulation of glycine-betaine in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* LMK [J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 2002, 132(2): 409-414.
- [17] 沈月新. 水产食品学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001.
- SHEN Y X. Aquatic food science[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2001.
- [18] 黄丽贞. 海产品中呈味成份甜菜碱的测定[J]. 上海水产大学学报, 1994, 3(3): 160-163.
- HUANG L Z. Measurement of betaine as flavouring component in seafood products [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 1994, 3(3): 160-163.
- [19] JARVIS P L, BALLANTYNE J S. Metabolic responses to salinity acclimation in juvenile shortnose sturgeon *Acipenser brevirostrum*[J]. Aquaculture, 2003, 219(1/4): 891-909.
- [20] 滕静, 陶宁萍, 李玉琪. 卵巢发育不同阶段长江刀鲚肉营养成分的分析及评价[J]. 现代食品科技, 2016, 32(9): 267-274.
- TENG J, TAO N P, LI Y Q. Analysis and evaluation of nutritional composition of Yangtze River coilia meat at different ovarian development stages [J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(9): 267-274.
- [21] SHIAU C Y, PONG Y J, CHIOU T K, et al. Effect of starvation on free histidine and amino acids in white muscle of milkfish *Chanos chanos* [J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 2001, 128(3): 501-506.
- [22] TSAI S Y, HUANG S J, LO S H, et al. Flavour components and antioxidant properties of several cultivated mushrooms [J]. Food Chemistry, 2009, 113(2): 578-584.

Change law of *Coilia nasua* umami taste in different months

RUAN Mingjie¹, TAO Ningping^{1,2}

(1. College of Food Sciences&Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai Aquatic Product Storage Engineering Technology Research Center, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to test the differences in umami compounds during the *Coilia nasua* migration process, the cooked meat was analyzed by spectrophotometry, flame atomic absorption spectroscopy and high performance liquid chromatography. The changes of composition of *Coilia nasua* umami compounds from January to December were compared, and the taste activity value (TAV) and equivalent umami concentration (EUC) of each umami compound were calculated in order to study the relation between concentrations of umami substances and umami intensity. Results showed that: the change rule of the contents of most umami compounds was relatively uniform, and the trend of increasing from January to March and then decreasing dramatically, decreasing gently from April or May, and increasing again from October was observed throughout the year except that the concentrations of most inorganic ions decreased from January to March due to removal of salts; the change of MSG equivalent of *Coilia nasua* meat was similar to that of composition of umami compounds, peaked in March (*Coilia nasua* is most delicious in March.). Integral analysis of its physical and chemical indicators and its growth rule indicated the gonad of the *Coilia nasua* started developing to mature from March, consuming of a lot of nutrient, which results in umami compounds decrease dramatically; the *Coilia nasua* ate no food during the migration and consumed a lot of energy, caused umami compounds to be further consumed; after the *Coilia nasua* reached the reproductive field in October, they begin to eat, and prepare for the next migration, which prompted the umami compounds in the *Coilia nasua* to start to pick up.

Key words: *Coilia nasua*; migration process; betaine; free amino acid; nucleotide; taste activity value; inorganic ion