

冷藏和热加工对鲢肌肉主要滋味活性物质的影响

尹涛 刘敬科 赵思明 熊善柏

华中农业大学食品科学技术学院/环境食品学教育部重点实验室/
国家大宗淡水鱼加工技术研发分中心(武汉), 武汉 430070

摘要 以鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)为原料,通过滋味活性值(taste active value, TAV)和味精当量(equivalent umami concentration, EUC)2种滋味表征方法,研究冷藏和热加工对鲢肌肉中滋味活性物质的影响。结果表明:鲢肌肉中主要滋味活性物质是谷氨酸(Glu)、组氨酸(His)、肌苷酸(IMP)、钾和钠。在5℃冷藏过程中,IMP含量迅速下降,次黄嘌呤(hypoxanthine, Hx)和Glu含量增加,His、K、Na含量基本不变。新鲜鲢肌肉在100℃加热30 min后,IMP含量迅速降低,而其他滋味活性物质含量的变化相对较小。鲜味氨基酸和核苷酸及其降解产物的协同作用对加热后的鲢肌肉的鲜味贡献非常显著,EUC达到0.4 g MSG/100 g。冷藏不同时间后再加热,鲜味活性物质对鲢肌肉的鲜味贡献程度在冷藏3 d内较缓慢下降,在第5天急剧下降。苦味活性物质对加热后的鲢肌肉的苦味贡献程度随冷藏时间延长逐渐上升。

关键词 鲢; 滋味; 滋味活性物质; 滋味活性值; 味精当量

中图分类号 TS 254.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2015)01-0108-07

滋味是食品风味的一个重要特征,由滋味活性物质和味蕾受体相互作用产生,酸、甜、苦、咸和鲜是5种基本的味道^[1]。游离氨基酸、核苷酸类物质、小肽和矿物质等为常见的滋味活性物质^[2-4]。鱼肉中呈甜味物质一般包含葡萄糖、甘氨酸、丙氨酸等^[5];呈咸味物质一般为氯化钠、氯化钾等无机盐类^[6];呈酸味物质一般为天门冬氨酸、琥珀酸、乳酸、磷酸等^[7],它们在非发酵鱼肉中的含量较低,而活性阈值相对较高,对鱼肉滋味影响不明显^[8-9];呈苦味物质一般为肌酸、肌酸酐、次黄嘌呤、缬氨酸、组氨酸等^[7];呈鲜味物质为谷氨酸、谷氨酸钠(MSG)、肌苷一磷酸、鸟苷酸、琥珀酸钠、天冬氨酸钠以及一些小肽等^[8]。相对于化合物的含量,滋味活性值(taste active value, TAV)更能客观反映化合物对食品滋味的贡献^[10],目前TAV已经被广泛运用于评价滋味活性物质对滋味贡献大小中^[10-12]。另外,根据鲜味活性物质之间的协同作用建立的以MSG计的味精当量(equivalent umami concentration, EUC)可以很好反映鲜味活性物质之间的味相乘效果,可用于评价食物的鲜味^[10]。

鲢(*Hypophthalmichthys titrix*)是中国淡水养殖的一类重要的经济鱼类,被称为中国“四大家鱼”之一,年产量约360万t^[13]。除了营养品质,其滋味特征也是影响消费者接受程度的一个重要因素。新鲜鲢肌肉中的滋味活性物质已有相当多的报道^[8,14-15],但是关于冷藏不同时间后再加热的鲢肌肉中的主要滋味活性物质的变化研究还未见报道。笔者以鲢肌肉为原料,通过TAV和EUC的表征方法,研究冷藏(5℃,0、1、3、5、7 d)和热加工(100℃,30 min)对鲢肌肉中主要滋味活性物质的影响,以期为淡水鱼的加工和品质保障提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 鲢(*Hypophthalmichthys titrix*)。个体质量(2.0±0.3) kg,购于武汉市南湖渔场。将刚捕获的活鱼在2 h内运送到实验室,采用快速敲击头部的方式将鱼击毙,去除鱼鳞、鱼鳃和内脏,清洗干净后取鲢背部肌肉于5℃条件下冷藏,分别于0、1、3、5和7 d定时取样,将样品分为2份:一份直接测定;另一份

收稿日期: 2013-11-27

基金项目: 现代农业产业技术体系专项(CARS-46-23); 国家“十二五”科技支撑计划项目(2013BAD19B10)

尹涛, 博士研究生, 研究方向: 水产品加工及贮藏工程。E-mail: yintao_cn@163.com

通信作者: 熊善柏, 博士, 教授, 研究方向: 水产品加工保鲜理论与技术创新。E-mail: xionsgb@mail.hzau.edu.cn

于 100 °C 蒸汽加热 30 min, 自然冷却后测定。

2) 主要试剂。高氯酸、三氯乙酸、三乙胺、乙腈购于国药集团化学试剂有限公司, 氨基酸标准液购于 Sigma 公司, 核苷酸类物质标准液购于 Amresco 公司, 矿物质标准液购于国药集团化学试剂有限公司, 以上试剂均为分析纯或以上。

3) 主要仪器和设备。835-50 型氨基酸自动分析仪, 日本日立公司; 600E 型液相色谱仪, 美国 Waters 公司; Spherisorb OSD 色谱柱(5 μm , 46 mm \times 250 mm), 美国 Waters 公司; Supelcosil-LC318 色谱柱(5 μm , 46 mm \times 250 mm), 美国 Bellefonte 公司; FJ-2000 型高速分散均质机, 上海标准模具厂; 台式低速离心机, 上海市安亭仪器制造厂; BS-2102 型分析天平, 德国 Sartorius 公司; 微量进样器, 上海市安亭微量进样器厂; VISTA-MPX 型电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-AES), 美国 Varian 公司。

1.2 试验方法

1) 游离氨基酸测定。参考吕广英等^[16]的方法, 采用氨基酸自动分析仪分析。

2) 核苷酸及其降解产物测定。参照 Aubourg 等^[17]的方法, 略作修改。具体方法为: 准确称取 5.0 g 鱼肉, 置于 50 mL 离心管中, 加入 5% 的高氯酸溶液 30 mL, 用高速分散均质机匀浆 2 次(10 000 r/min, 2 \times 20 s), 离心(4 °C, 1 000 r/min) 10 min 后吸取上清液, 分别用 0.50 mol/L 和 0.05 mol/L 的 NaOH 调节样品溶液 pH 为 6.5, 用去离子水定容至 100 mL, 接着用 0.25 μm 滤膜过滤, 最后取 20 μL 滤液进样分析。HPLC 主要技术参数: Spherisorb OSD 色谱柱, 25 °C 柱温, 紫外分光检测器(215 nm 和 254 nm); 洗脱液 A: 向 3.5 mL 磷酸中加入 7.2 mL 三氯乙酸和 200 mL 水, 摇匀, 定容至 1.0 L, 接着用三乙胺调节 pH 为 6.5; 洗脱液 B: 甲醇。洗脱液用 0.45 μm 的滤膜过滤后用超声波清洗仪于室温条件下脱气 30 min。洗脱液流速为 1.0 mL/min; 洗脱程序: 采用梯度洗脱, 洗脱液 A 由 0 调节至 5% 并保持 20 min, 然后用 2.5% B 平衡 10 min。

3) 小肽测定。参照 Bauchart 等^[18]的方法, 略作修改。具体方法为: 5.0 g 的鱼肉与 25 mL 0.6 mol/L 的高氯酸均质(10 000 r/min, 3 \times 10 s), 离心(15 300 r/min) 10 min 后用滤纸(Whatman No. 54) 过滤, 用 30% 的 KOH 调节 pH 至 6.0, 接着用滤纸和 0.25 μm 的滤膜过滤, 用微孔进样器吸取 20 μL

滤液用于 HPLC 分析。HPLC 主要技术参数: Supelcosil-LC318 色谱柱, 30 °C 柱温, 紫外分光检测器(214 nm); 洗脱液 A: 0.1% 的三氟醋酸水溶液, 洗脱液 B: 0.1% 三氟醋酸乙腈溶液。洗脱液经 0.45 μm 的滤膜过滤后用超声波清洗仪于室温条件下脱气 30 min。洗脱液流速为 1.0 mL/min; 洗脱程序: 采用梯度洗脱, 最初为 3.2% B; 0.5 min 至 4.5%; 5 min 至 8.5%; 10 min 至 11.5%; 19 min 至 26.5%; 22 min 至 99%; 99% 保持 12 min; 再重新开始 3.2%。定量分析以峰面积计算。

4) 矿物质的测定。参照 Beyza 等^[19]的方法, 略作修改, 采用 ICP-AES 测定鱼肉中矿物质的含量。ICP 的技术参数: 功率为 1.2 kW, 等离子体气流量为 15.0 L/min, 辅助气流量为 1.50 L/min, 喷雾器高压为 200 kPa, 仪器稳定延时 20 s, 进样延时 20 s, 泵速 15 r/min, 冲洗时间 20 s。

5) 滋味活性值及味精当量的计算。滋味活性值(TAV)反映鱼肉中滋味活性物质对其滋味的贡献程度, TAV 小于 1 表示该滋味活性物质对鱼肉滋味贡献程度不显著; TAV 大于 1, 表示该滋味活性物质对鱼肉滋味贡献程度显著, 且数值越大, 贡献程度越大。滋味活性值及味精当量(EUC)的计算参照 Chen 等^[10]方法。

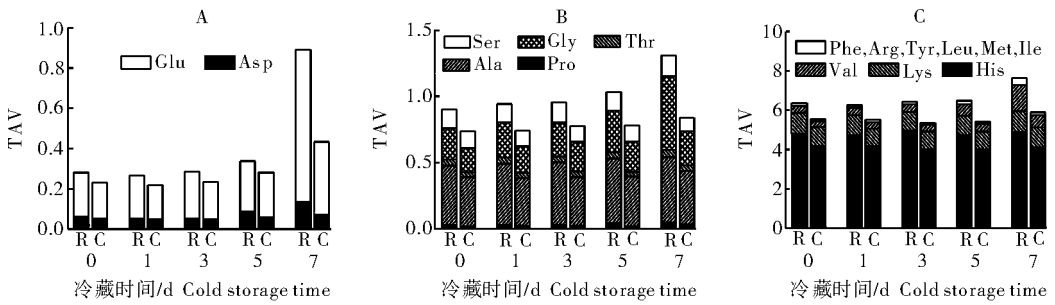
1.3 数据处理

采用 SASV 8.1 软件进行数据分析, 采用 ANOVA 进行方差分析(SAS Institute Inc., Cray, NC, USA, 2000), 显著性方差分析法为 LSD, 检测限为 0.05。

2 结果与分析

2.1 冷藏和加热对鲢肌肉游离氨基酸的影响

由图 1 可知, Glu 是鲢鱼肉中呈鲜味的主要氨基酸, His 是呈苦味的主要氨基酸, Gly 和 Pro 是呈甜味的主要氨基酸。新鲜鲢肌肉中总苦味氨基酸的 TAV 为 6.2, 远大于总鲜味氨基酸的 TAV(0.3) 和总甜味氨基酸的 TAV(0.8)。在冷藏过程中, 总鲜味氨基酸、总甜味氨基酸和总苦味氨基酸的 TAV 逐渐增大, 在第 7 天分别为 0.9、1.3 和 7.5。新鲜鲢肌肉热加工后, 肌肉中总鲜味氨基酸、总甜味氨基酸和总苦味氨基酸的 TAV 均显著下降, 分别为 0.2、0.7 和 5.6, 可见氨基酸对加热后的鲢肌肉滋味的贡献以苦味为主(不考虑滋味相互作用), 而对鲜味和甜味贡献不明显。随着冷藏时间延长, 加热后



TAV: 滋味活性值 Taste active value; R: 冷藏后的生鲢肌肉 Fish flesh with different cold storage time; C: 冷藏不同时间后再加热的熟鲢肌肉 Fish flesh with different cold storage time followed by heating. 下同 The same as below.

图 1 冷藏和加热后鲢肌肉中呈味氨基酸的滋味活性值

Fig. 1 Taste active value of free amino acids in fish flesh after refrigeration and heating

的鲢肌肉中总鲜味氨基酸、总甜味氨基酸和总苦味氨基酸的 TAV 均逐渐增加。

2.2 冷藏和加热对鲢肌肉核苷酸及其降解产物的影响

肌苷酸 (IMP) 是新鲜鲢肌肉中最主要的呈鲜味的核苷酸降解产物, 含量为 529.2 mg/100 g, 占到总含量的 63.0% (表 1)。另一种呈鲜味的腺苷酸 (AMP) 含量较少, 为 12.9 mg/100 g。呈苦味的核苷酸降解产物次黄嘌呤 (Hx) 在新鲜鱼肉中含量很

少, 为 11.0 mg/100 g。在冷藏过程中, 三磷酸腺苷 (ATP) 和二磷酸腺苷 (ADP) 含量逐渐降低, 腺苷酸 (AMP) 含量先增加后降低, IMP 含量持续降低, Hx 含量急剧增加, 次黄嘌呤核苷 (HxR) 含量先增加后降低。新鲜鲢肌肉加热后, IMP 含量急剧降低, AMP 含量显著降低, Hx 含量显著增加。随着冷藏时间延长, 加热后的鲢肌肉中 IMP 含量显著降低, AMP 含量先增加后降低, Hx 含量显著增加。

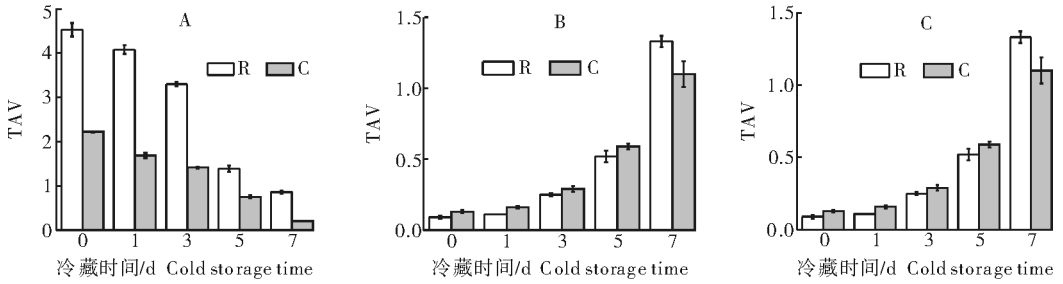
表 1 冷藏和加热后鲢肌肉中核苷酸类化合物含量¹⁾

Table 1 Concentrations of nucleotide compounds in fish flesh after refrigeration and heating

mg/100 g

核苷酸 Nucleotide	冷藏时间/d Cold storage time	冷藏时间/d Cold storage time				
		0	1	3	5	7
次黄嘌呤 Hx	R	11.0±0.7 eB	13.3±0.6 dB	29.8±1.1 cB	62.5±5.1 bA	159.5±5.2 aA
	C	15.9±1.2 eA	19.7±0.9 dA	34.8±2.1 cA	71.2±2.5 bA	132.2±10.9 aB
肌苷酸 IMP	R	529.2±26.1 aA	478.4±16.6 bA	387.2±10.2 cA	161.8±12.1 dA	98.7±6.5 eA
	C	228.0±1.7 aB	173.4±8.2 bB	145.7±3.2 cB	50.8±4.2 dB	19.5±0.2 eB
次黄嘌呤核苷 HxR	R	250.1±4.6 aB	261.1±12.4 bB	318.8±13.4 cB	345.6±14.2 cA	196.8±12.8 dA
	C	316.8±15.7 bA	353.8±15.3 aA	371.7±12.5 aA	318.4±16.7 bA	178.1±10.6 cB
腺苷酸 AMP	R	12.9±0.9 aA	14.3±1.2 bA	15.7±0.3 cA	7.2±0.2 dA	/
	C	10.3±0.4 aB	12.4±3.2 bA	8.0±1.0 cB	/	/
腺苷二磷酸 ADP	R	32.2±1.4 aA	29.6±2.3 bA	13.2±1.0 cA	/	/
	C	25.4±1.3 aB	19.1±1.1 bB	15.0±0.8 cA	/	/
腺苷三磷酸 ATP	R	9.9±1.0 aA	7.3±0.8 bA	5.0±0.7 cA	/	/
	C	9.1±0.3 aA	7.5±0.7 bA	3.7±1.0 cB	/	/
合计 Total	R	845.2±22.2 aA	803.9±31.1 abA	765.5±25.1 cA	577.1±31.1 cA	455.1±24.5 dA
	C	609.6±18.1 aB	585.9±25.5 abB	578.8±16.1 abB	440.4±18.4 aB	329.7±21.4 dB

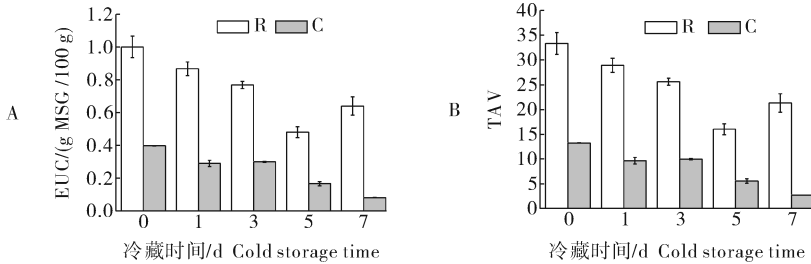
1) 不同小写字母表示在不同冷藏时间下生鲢肌肉或加热后的鲢肌肉之间有显著差异 ($P < 0.05$), 不同大写字母表示在相同冷藏时间下生鲢肌肉和加热后的鲢肌肉之间有显著性差异 ($P < 0.05$), “/”表示没有检测到, 下表同。Different lowercases in the same row represent significant difference between the raw or cooked fish with different storage time. Different capitals in same column represent significant difference between the raw and cooked fish with same storage time. “/” represents not detected. The same as below.



TAV: 滋味活性值 Taste active value; A: IMP 肌苷酸 Inosinic acid; B: AMP 腺苷酸 Adenosine monophosphate; C: Hx 次黄嘌呤 Hypoxanthine.

图 2 冷藏和加热后鲢肌肉呈味核苷酸类物质的滋味活性值

Fig. 2 Taste active value of nucleotide compounds in fish flesh after refrigeration and heating



EUC: 味精当量 Equivalent umami concentration; TAV: 滋味活性值 Taste active value.

图 3 冷藏和加热后鲢肌肉中味精当量(A)和滋味活性值(B)

Fig. 3 Equivalent umami concentration(A) and taste active(B) value of fish flesh after refrigeration and heating

新鲜鲢肌肉中, IMP 对鲜味贡献明显 (TAV = 4.5, 图 2A), AMP 对鲜味贡献不明显 (TAV = 0.3, 图 2B), Hx 对苦味贡献不明显 (TAV = 0.1, 图 2C)。在冷藏过程中, IMP 和 AMP 的 TAV 逐渐降低, Hx 的 TAV 急剧增加。冷藏 7 d 后, Hx 对鲢鱼肉苦味贡献显著 (TAV = 1.3)。加热后, IMP 和 AMP 的 TAV 显著降低, Hx 的 TAV 急剧增加。Asp、Glu、IMP 和 AMP 是鱼肉中重要的鲜味物质, 它们之间会产生协同反应, 起到极大增强鲜味的作用。鲜味活性物质对新鲜鲢肌肉的鲜味贡献非常明显, EUC 为 1.0 g MSG/100 g, TAV 达到 33.0 (图 3)。EUC 和 TAV 在鱼肉冷藏前 5 d 逐渐下降, 在第 7 天又显著增加。新鲜鲢肌肉热加工后, TAV 急剧下降, 为 13.8。加热后的鲢鱼肌肉的 TAV 在冷藏 3 d 内缓慢下降, 而在冷藏第 5 天急剧下降。

2.3 冷藏和加热对鲢肌肉小肽物质的影响

与游离氨基酸一样, 小肽本身不仅是风味成

分, 而且还是其他风味化合物的前体物。鲢肌肉中检测到 12 种小肽 (表 2)。肽 7 为新鲜鲢肌肉中含量最高的小肽物质, 在冷藏前 3 d 含量逐渐降低, 然后保持不变。含量较低的小肽 10 随冷藏时间延长含量增加, 在第 7 天的含量为初始含量的 12 倍。加热对鲢肌肉中小肽类物质含量影响明显, 加热后肽 7 含量显著降低, 肽 5 含量急剧增加, 其他小肽类物质则呈现交织状的变化趋势。

2.4 冷藏和加热对鲢肌肉矿物质的影响

钾、钠和钙为鱼肉中最主要的矿物质成分, 含量分别为 1 304.8、969.8、135.9 mg/100 g, 3 种矿物质总含量占到总矿物质含量的 95.0% 以上 (表 3)。鱼肉中的矿物质含量在冷藏过程中变化不显著 ($P > 0.05$), 而加热会导致矿物质含量显著降低 ($P < 0.05$)。由图 4 可知, K 和 Na 对鲢肌肉咸味贡献明显 ($TVA > 1$), Ca 对鲢肌肉咸味贡献不明显 ($TVA < 1$)。

表2 冷藏和加热后鲢肌肉中小肽类物质含量

Table 2 Concentrations of peptide in fish flesh after refrigeration and heating

mg/100 g

小肽序号 Number of peptide		冷藏时间/d Cold storage time				
		0	1	3	5	7
1	R	9.0±0.4 cB	13.2±1.5 bA	24.7±1.4 aA	26.9±1.1 aA	27.0±2.1 aA
	C	11.8±0.7 cA	13.5±0.7 cA	22.7±1.8 bA	23.8±1.3 bB	26.8±1.9 aA
2	R	29.5±2.6 aB	32.9±1.7 aB	33.2±2.4 aA	33.3±1.0 aA	32.4±0.6 aA
	C	35.4±1.7 abA	36.7±0.8 aA	35.0±2.2 abA	32.9±3.0 bA	32.2±0.6 bA
3	R	22.3±0.7 abA	23.2±1.5 aA	19.7±2.1 bA	16.3±1.0 cA	16.4±0.4 cA
	C	9.5±0.7 bB	9.6±0.8 bB	10.5±1.1 abB	9.3±1.6 bB	11.8±0.7 aB
4	R	0.2±0.0 cB	0.2±0.0 cB	0.1±0.0 cB	1.5±0.2 bA	2.6±0.1 aA
	C	1.9±0.2 aA	1.0±0.0 dA	0.8±0.0 dA	1.3±0.1 cB	1.5±0.1 bB
5	R	4.3±0.3 cB	0.1±0.0 dB	0.4±0.0 dB	8.4±0.3 bB	9.5±0.7 aB
	C	54.7±1.6 cA	61.2±2.5 bcA	63.7±5.0 bA	68.6±2.7 bA	78.6±7.1 aA
6	R	6.3±0.2 a	6.0±0.3 a	5.0±0.2 b	5.0±0.1 b	4.0±0.1 cA
	C	/	/	/	/	1.3±0.0 B
7	R	195.8±16.3 aA	170.2±12.1 bA	101.4±3.8 cA	95.6±8.7 cA	107.8±8.6 cA
	C	93.5±7.2 bB	115.7±4.8 aB	83.5±2.5 cB	63.7±3.0 dB	46.2±5.5 eB
8	R	7.2±0.1 bA	2.9±0.1 dB	2.4±0.1 eB	3.8±0.2 cA	8.8±0.3 aA
	C	5.4±0.3 bB	5.6±0.6 bA	3.9±0.4 cA	2.6±0.9 cB	8.8±0.6 aA
9	R	6.9±0.4 a	6.9±0.4 a	3.7±0.3 b	2.8±0.2 c	3.1±0.1 bc
	C	/	/	/	/	/
10	R	10.1±0.7 eB	49.1±1.6 dB	64.4±2.2 cA	96.6±2.2 bA	128.8±7.1 aA
	C	53.9±2.8 cA	61.9±4.8 cA	59.4±6.75 cA	73.8±5.9 bB	121.9±7.6 aA
N1	R	/	/	/	/	0.8±0.0 A
	C	/	/	/	/	0.6±0.0 B
11	R	5.9±0.2 aA	5.4±0.5 aA	3.2±0.2 bA	5.4±0.4 aA	6.1±0.2 aA
	C	4.2±0.1 bB	3.8±0.3 bB	2.3±0.2 cB	2.7±0.1 cB	5.0±0.5 aB
合计 Total	R	297.3±20.2 bA	310.0±16.3 bA	258.2±8.8 cA	295.8±14.2 bA	347.0±15.8 aA
	C	270.3±6.1 cA	309.1±11.1 abA	281.9±16.4 bcA	278.7±17.4 bcA	334.9±23.9 aA

表3 冷藏和加热后鲢肌肉中矿物质含量

Table 3 Concentrations of minerals in fish flesh after refrigeration and heating

mg/100 g

矿物质 Minerals		冷藏时间/d Cold storage time				
		0	1	3	5	7
K	R	1 304.8±45.0 aA	1 283.5±78.8 aA	1 329.6±43.3 aA	1 291.2±35.8 aA	1 210.5±46.1 aA
	C	1 106.5±33.2 aB	1 085.3±52.5 aB	1 116.6±32.2 aB	1 057.1±52.1 aB	964.9±36.2 bB
Na	R	969.8±51.6 aA	918.8±48.9 aA	931.3±37.0 aA	933.7±29.3 aA	905.2±29.1 aA
	C	809.7±39.5 aB	786.7±14.6 aB	801.9±12.2 aB	748.4±34.8 bB	716.6±29.4 bB
Ca	R	135.9±8.8 aA	126.9±9.9 aA	120.3±9.4 aA	121.7±8.7 aA	130.5±12.4 aA
	C	98.2±7.5 aB	90.4±5.4 abB	91.8±4.3 abB	83.8±6.3 bB	82.0±2.9 bB
Mg	R	68.9±6.0 aA	64.3±6.6 aA	66.9±4.8 aA	61.4±4.0 aA	61.5±4.4 bA
	C	53.9±4.0 aB	52.1±4.2 aB	53.0±3.4 aB	48.6±3.1 bB	45.4±3.5 bB
Fe	R	14.2±1.2 aA	14.7±0.8 aA	14.2±1.0 aA	16.3±1.6 aA	15.9±0.7 aA
	C	11.0±0.6 aB	11.9±0.8 abB	11.8±0.7 abB	11.0±0.7 abB	10.6±0.3 bB
Al	R	1.9±0.2 aA	1.8±0.1 aA	1.6±0.2 aA	1.7±0.2 aA	1.8±0.2 aA
	C	1.4±0.2 aB	1.2±0.1 abB	1.3±0.1 bcB	1.1±0.1 bcB	1.1±0.0 cB
Cu	R	3.4±0.3 aA	3.0±0.2 aA	3.3±0.2 aA	3.2±0.2 aA	3.0±0.2 aA
	C	2.4±0.1 aB	2.3±0.2 aB	2.1±0.1 aB	2.4±0.1 aB	2.1±0.2 cB
Zn	R	8.6±0.4 abA	8.7±0.3 aA	8.3±0.3 abA	8.2±0.5 abA	8.1±0.3 bA
	C	5.2±0.3 aB	5.5±0.3 aB	5.1±0.4 aB	5.9±0.0 aB	4.3±0.3 bB
Mn	R	0.6±0.1 aA	0.5±0.0 abA	0.5±0.0 abA	0.5±0.0 abA	0.5±0.0 bA
	C	0.4±0.1 aB	0.4±0.0 abB	0.4±0.0 abB	0.4±0.0 bB	0.3±0.0 cB
合计 Total	R	2 507.9±111.9 aA	2 422.4±122.8 aA	2 475.9±82.7 aA	2 437.8±57.6 aA	2 336.8±92.6 aA
	C	2 088.9±75.5 aB	2 036.0±67.2 aB	2 083.9±52.4 aB	1 987.7±95.4 aB	1 827.1±72.8 bB

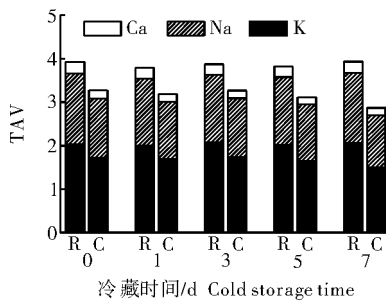


图4 冷藏和加热后鲢肌肉呈味矿物质的滋味活性值

Fig. 4 Taste active value of minerals in fish flesh after refrigeration and heating

3 讨论

鱼肉中游离氨基酸总含量随着冷藏时间延长而增加,其含量变化主要与内源性蛋白酶和微生物酶引起的蛋白质水解有关^[20]。在冷藏过程中,ATP和ADP含量逐渐降低,AMP含量先增加后降低,IMP含量持续降低,Hx含量急剧增加,HxR含量先增加后降低。鱼被宰杀后,正常的生理代谢机能遭到破坏,组织合成反应停止,分解代谢继续进行,ATP在三磷酸腺苷酶的作用下反应生成ADP,ATP含量迅速消耗殆尽^[21]。而冷藏3d后的鱼肉中仍然含有一定量的ATP,其原因可能是三磷酸腺苷酶的活力在低温条件下显著下降^[22]。IMP的含量增加或减少取决于其形成或降解量的比率,一方面ATP降解产物AMP在腺苷酸脱氨酶的作用下生成IMP,另一方面IMP在磷酸酯酶和核苷水解酶的作用下反应生成HxR和Hx^[21],因此,冷藏过程中IMP的含量变化呈现先缓慢降低然后急剧降低的趋势。鱼肉的鲜味在冷藏第5天显著下降。另外,我们前期研究表明,鲢肉在5℃冷藏不同时间后再加热,挥发性物质含量在冷藏3d内较缓慢下降,在第5天急剧下降。因此,鲢肌肉宜在冷藏3d内食用以保持其风味。在冷藏过程中鱼肉蛋白质和多肽在内源蛋白酶和微生物酶作用下水解生成小肽,而小肽类物质,自身还可以被微生物和酶降解生成游离氨基酸,小肽的含量取决于二者的比例^[23-24]。鱼肉中主要以游离态的形式存在的矿物质,不同于游离氨基酸、小肽类和核苷酸类物质,易受酶和微生物影响,因此,在整个冷藏期间含量变化不大。新鲜和冷藏鱼肉的氨基酸总含量在加热后显著降低,其原因主要是游离氨基酸在加热过程中参与反应生成挥发性化合物^[4]。鱼肉加热后,IMP含量急剧下

降,Hx和HxR的含量显著增加,主要原因是IMP在高温下发生热降解^[23]。加热会促使肉中肽类加速形成各类风味化合物,同时又会促进蛋白质的降解生成肽类。加热对不同肽类的转化作用不同,从而造成其变化的差异^[3]。对于小肽的感官特性需要进一步研究。加热后矿物质含量下降可能与加热时汁液流失有关^[25]。

参 考 文 献

- [1] COON H. 'Umami' the fifth basic taste[J]. Nutrition and Food Science,1992,92(2):21-23.
- [2] HAYASHI T, YAMAGUCHI K, KONOSU S. Sensory analysis of taste-active components in the extract of boiled snow crab meat[J]. Journal of Food Science,1981,46(2):479-483.
- [3] 何小峰,岳馨钰,王益,等.瓦罐鸡汤主要滋味物质研究[J].食品科学,2010,31(22):306-310.
- [4] 刘源,徐幸莲,王锡昌,等.不同加工对鸭肉滋味成分的作用研究[J].食品科学,2008,29(3):127-130.
- [5] 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:上海海洋大学图书馆,2009.
- [6] GOKOGLU N, YERLIKAYA P, CENGIZ E. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Food Chemistry,2004,81(1):19-22.
- [7] SPURVEY S, PAN B S, SHAHIDI F. Flavour of shellfish [M]. 2nd ed. London: Blackie Academic and Professional, 1998.
- [8] 惠心怡,王锡昌,陶宁萍.构成鲢鱼肉土腥味的水溶性风味成分分析[J].中国食品学报,2006,6(1):189-194.
- [9] YOKO K, NAOKO Y, SHIGERU O, et al. Taste-active components in the mantle muscle of the oval squid (*Sepioteuthis lessoniana*) and their effects on squid taste[J]. Food Research International,2008,41(4):371-379.
- [10] 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.
- [11] ROTZOLL N, DUNKEL A, HOFMANN T. Quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments on the key taste compounds in morel mushrooms (*Morchella deliciosa* Fr.) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2006,54(7):2705-2711.
- [12] SCHARBERT S, HOFMANN T. Molecular definition of black tea taste by means of quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2005,53(13):5377-5384.
- [13] 农业部渔业局.中国渔业统计年鉴[R].北京:中国农业出版社,2011.
- [14] LIU J K, ZHAO S M, XIONG S B, et al. Influence of recooking

- on the volatile and non-volatile of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) [J]. *Fish Science*, 2009, 75(4): 1067-1075.
- [15] 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.
- [16] 吕广英, 丁玉琴, 孔进喜, 等. 加工方式对鱼骨汤营养和风味的影响[J]. *华中农业大学学报*, 2013, 32(2): 129-133.
- [17] AUBOURG S P, PINIRO C, GALLARD O, et al. Biochemical changes and quality loss during chilled storage of farmed turbot (*Psetta maxima*) [J]. *Food Chemistry*, 2005, 90(3): 445-452.
- [18] BAUCHART C, CHAMBON C, MIRAND P P, et al. Peptides in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle subjected to ice storage and cooking [J]. *Food Chemistry*, 2007, 100(4): 1566-1572.
- [19] BEYZA E, AKIF O. The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish [J]. *Food Chemistry*, 2009, 115(2): 419-422.
- [20] MIYAGAWA M, TABUCHI Y, YAMANE K, et al. Changes in the free amino acid profile of snow crab *Chionoecetes opilio* muscle during storage in ice [J]. *Agricultural and Biological Chemistry*, 1990, 54(2): 359-364.
- [21] 熊善柏. 水产品保鲜储运与检验 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [22] 李燕, 周培根, 戚晓玉. 肌苷酸和肌苷作为评价虾鲜度质量指标的研究 [J]. *上海水产大学学报*, 2013, 28(1): 264-267.
- [23] KUD Y, FUJITA M, GOTO H, et al. Effects of freshness on ATP-related compounds in retorted chub mackerel *Scomber japonicas* [J]. *LWT-Food Science Technology*, 2007, 40(1): 1186-1190.
- [24] RODRIGUEZ A, CARRILES N, GALLARDO J M, et al. Chemical changes during farmed coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) canning, effect of a preliminary chilled storage [J]. *Food Chemistry*, 2009, 112: 362-368.
- [25] RUIZ J, VENTANAS J. New device for direct extraction of volatiles in solid samples using SMPE [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, 49: 5115-5121.

Effects of cold storage and heating on the taste active compounds in silver carp (*Hypophthalmichthys titrix*) flesh

YIN Tao LIU Jing-ke ZHAO Si-ming XIONG Shan-bai

College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University/
Key Laboratory of Environment Correlative Dietology, Ministry of Education/
National R & D Branch Center for Conventional Freshwater Fish Processing (Wuhan),
Wuhan 430070, China

Abstract Effects of cold storage and heating on the taste active compounds in the flesh of silver carp (*Hypophthalmichthys titrix*) were studied by taste active value (TAV) and equivalent umami concentration (EUC) methods. Glutamic (Glu), histidine (His), inosine monophosphate (IMP), potassium (K) and sodium (Na) were proved to be the major taste active compounds in the flesh. During cold storage at 5 °C, IMP content decreased rapidly, hypoxanthine (Hx) and Glu increased, His, K and Na kept constant. IMP in the raw fish flesh decreased rapidly after heating at 100 °C for 30 min, while changes of other taste active compounds were relatively small. Synergistic effect between flavor amino acid and nucleotide degradation products was significantly contributed to increasing umami of cooked fish flesh. EUC in the cooked fish flesh was 0.4 g sodium glutamate/100 g. Raw fish flesh was stored for different time followed by cooking at 100 °C for 30 min, degree of contribution by umami taste active compounds to cooked fish flesh decreased slowly within 3 days' storage, while it decreased rapidly on the 5th day. Degree of contribution by bitter taste active compounds increased with storage time.

Key words silver carp; taste; taste active compounds; taste active value; equivalent umami concentration