

# 鲢鱼新鲜度对鱼糜凝胶品质的影响

吕 顺, 王 冠, 陆剑锋, 姜绍通, 林 琳\*

(合肥工业大学生物与食品工程学院, 安徽省农产品精深加工重点实验室, 安徽 合肥 230009)

**摘 要:** 通过对4℃条件下鲢鱼死后10 h感官特性、pH值和僵直指数的变化过程以及鲢鱼死后不同时间鱼肉的挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)值和Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性变化的检测, 研究鲢鱼肉新鲜度对鱼糜凝胶品质的影响。结果表明: 鲢鱼在死后2~3 h开始进入僵直期, 鱼体僵直指数升高, pH值下降; 随着鲢鱼死后时间的延长, 鱼肉的TVB-N值显著升高, Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性显著降低。采用死后不同时间的鲢鱼肉制作的鱼糜凝胶, 其凝胶强度、保水性和白度均有显著差异, 其中以新鲜鲢鱼为原料制作的鱼糜凝胶的凝胶强度最高, 而鱼糜凝胶的保水性和白度在鱼肉的僵直期最差。

**关键词:** 鲢鱼; 新鲜度; 僵直; 鱼糜; 凝胶强度

Effects of Freshness of Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) on Quality of Surimi Gel

LÜ Shun, WANG Guan, LU Jianfeng, JIANG Shaotong, LIN Lin\*

(Key Laboratory for Agricultural Products Processing of Anhui Province, College of Biotechnology and Food Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** The sensory characteristics, pH and rigor mortis index of silver carp after 10 h postmortem were observed, and the total volatile basic nitrogen (TVB-N) value and Ca<sup>2+</sup>-ATPase activity of silver carp meat were determined at different time of postmortem at 4℃. The effects of freshness of silver carp on surimi quality were investigated. The results indicated that the rigor mortis of silver carp began at 2–3 hours postmortem. Meanwhile, the rigor mortis index increased and pH of fish meat decreased. With increasing of postmortem time, the TVB-N value of fish meat increased, and Ca<sup>2+</sup>-ATPase activity decreased significantly. Surimi gels showing significant differences in gel strength, water-holding capacity (WHC) and whiteness were made using silver carp meat at different time of postmortem. The surimi gel made from fresh silver carp had the highest gel strength, and the WHC and whiteness of surimi were the worst when the silver carp was in the stage of rigor mortis.

**Key words:** silver carp; freshness; rigor mortis; surimi; gel strength

中图分类号: TS254.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2015)04-0241-06

doi:10.7506/spkx1002-6630-201504048

冷冻鱼糜是将鱼肉经过采肉、漂洗、脱水后, 加入适量的糖类、多聚磷酸盐等防止蛋白质冷冻变性的添加剂, 使之在较低温度条件下, 能够较长时间保藏的生产鱼糜制品的原料; 而鱼糜制品是以鱼肉或冷冻鱼糜为原料, 将鱼肉绞碎, 加食盐、辅料等进行擂溃成黏稠的鱼肉糊后, 再成型、加热而制成的具有弹性的凝胶体<sup>[1]</sup>。鱼糜制品是一种高蛋白、低脂肪的营养制品, 因其营养丰富、价格适宜、食用方便, 深受国外市场和国内广大消费者的欢迎<sup>[2]</sup>。

冷冻鱼糜及鱼糜制品的生产原料主要是海水鱼类, 其中以狭鳕为主, 但是近年来由于过度捕捞和环境污染的影响, 海水鱼资源日益减少, 鱼糜生产的原料问题日

益凸现<sup>[3]</sup>。我国淡水鱼产量很高, 大量的淡水鱼资源有望成为我国鱼糜生产的另一原料来源。鲢鱼是我国重要的淡水养殖鱼种, 2012年产量达368.78万 t, 位居淡水鱼产量第二位<sup>[4]</sup>, 然而鲢鱼肉薄、刺多且风味不如其他鱼种<sup>[5]</sup>, 再加上技术原因, 目前鲢鱼依旧以鲜活销售为主, 大量蛋白资源长期得不到有效的利用。相关研究发现, 鲢鱼蛋白白度和凝胶特性好, 适合生产冷冻鱼糜和鱼糜制品<sup>[6-7]</sup>。因此以鲢鱼为原料生产冷冻鱼糜和鱼糜制品一方面可以充分利鲢鱼资源, 另一方面又可以为鱼糜生产提供稳定的新原料, 意义重大。

目前, 有关加工条件和方法及各种添加剂对鱼糜凝胶品质的影响的研究较多, 而针对鱼死后的新鲜度变化

收稿日期: 2014-05-18

基金项目: 国家农业科技成果转化资金项目(2012GB2C300202)

作者简介: 吕顺(1977—), 男, 工程师, 硕士, 研究方向为水产加工副产物综合利用。E-mail: lsd7705@126.com

\*通信作者: 林琳(1978—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为水产活性物质及功能特性。E-mail: linlin@hfut.edu.cn

和死后不同时间对鱼糜品质影响的研究较少。在鱼的贮藏过程中,随着新鲜度的降低,所制成鱼糜的凝胶特性也随之降低,当鱼的新鲜度下降到一定程度后,会失去形成凝胶的能力<sup>[8]</sup>。陈舜胜等<sup>[9]</sup>发现在30℃低温一段加热时鲢鱼鱼糜凝胶的形成与鲢鱼鲜度关系不大;85℃一段加热时,凝胶化能力随鲜度下降而降低;30~85℃二段加热与30℃一段加热相比,两者凝胶破断强度之间的差值随鲢鱼新鲜度的下降而减小;60℃加热条件下,凝胶劣化程度随原料鲜度下降而明显加剧。因此,本实验通过测定白鲢鱼死后不同时间各理化指标的变化,包括感官指标、僵直指数、pH值、挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)值、Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性,考察不同新鲜度的原料鱼对鱼糜品质的影响,为以鲢鱼为原料生产冷冻鱼糜和鱼糜制品提供理论依据和参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

鲜活鲢鱼(*Hypophthalmichthys molitrix*)购于合肥马鞍山路家乐福超市,平均质量(600±100)g,体长31~37cm。

三羟甲基氨基甲烷(Tris) 华美生物工程公司;四水合钼酸铵 鑫科股份合肥工业大学化学试剂厂;三磷酸腺苷二钠(ATP-Na<sub>2</sub>) 美国Amresco公司;其他化学试剂均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

WB-2000IXA型全自动测色色差计 北京康光仪器有限公司;TA-XT plus物性测试仪 英国Stable Micro System公司;SZC-180型鱼肉采肉机、S2-5型斩拌机 广州旭众食品机械有限公司;QJHC-12A型绞肉机 浙江千家汇仪器制造厂;SS300型三足式离心机 上海浦东天本离心机械有限公司;SP-75系列可见分光光度计 上海光谱仪器有限公司;PHS-3C精密pH计 上海沪西分析仪器厂有限公司;CT15RT型台式高速冷冻离心机 上海天美生化仪器设备工程有限公司;LRH-100CL型低温培养箱 上海一恒科技有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 鲢鱼死后10h内各理化指标的测定

共取5条鲢鱼,经人工放血宰杀后,开膛,去除内脏,清洗干净,然后将鱼置于4℃低温培养箱中,观察其感官变化并测定其僵直指数。

##### 1.3.1.1 感官变化

观察并记录鲢鱼在死后不同时间内眼睛的凹陷、明暗程度变化,体表光泽度变化,肌肉弹性变化等。

##### 1.3.1.2 僵直指数测定

参照Roth等<sup>[10]</sup>的方法:测出鱼体长的中点,将鱼体

放在水平板上,使鱼体长的前1/2放在平板上,后1/2自然下垂。测定水平板表面水平延长线至鱼尾根部(不包括尾鳍)的垂直距离 $L$ 和 $L'$ ,按式(1)计算僵直指数( $R$ )。

$$R/\% = \frac{L-L'}{L} \times 100 \quad (1)$$

式中: $L$ 为鱼体刚死后的垂下值/cm; $L'$ 为鱼体各时间的垂下值/cm。

#### 1.3.1.3 鲢鱼肉pH值的测定

参照GB/T 9695.5—2008《肉与肉制品pH测定》<sup>[11]</sup>。

#### 1.3.2 鲢鱼死后不同时期新鲜度相关指标的测定

取3条鲢鱼,在新鲜、死后1h(僵直前期)、死后3h(僵直期)、死后6h(僵直后期)和死后4d的时间内,测定鱼肉的TVB-N值和Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性。鲢鱼死后均于4℃贮藏。

##### 1.3.2.1 TVB-N值测定

参照水产行业标准SC/T 3032—2007《水产品中挥发性盐基氮的测定》<sup>[12]</sup>。

##### 1.3.2.2 鱼肉中Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性的测定

参照郝淑贤等<sup>[13]</sup>的方法进行测定。取一定质量的鱼肉,加10倍体积的0.5mol/L KCl溶液,将鱼肉绞碎,然后按1:10冰水稀释,置于离心管中,5000r/min离心20min,倒去上层清液,取出沉淀物,再重复3次,最后得到的肌原纤维沉淀物用玻璃匀浆器加Tris-HCl缓冲溶液(20mmol/L, pH 7.0)匀浆,所得的肌原纤维悬浊液供Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性测定用。

在试管中加入20mmol/L Tris-HCl 2.5mL、50mmol/L CaCl<sub>2</sub> 1.0mL、4mol/L KCl 1.0mL、6.67mmol/L ATP-Na<sub>2</sub> 1.5mL,置于28℃的水浴锅中保温30min,然后加入肌原纤维蛋白酶液4mL开始反应,反应体积为10mL,最后加入1.0mL 15%的三氯醋酸终止反应。空白对照组自反应开始时加1.0mL 15%的三氯醋酸。反应终止后用滤纸过滤,滤液定容至100mL,采用钼酸铵法<sup>[14]</sup>测定反应中释放的无机磷含量。Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性单位是在一定的条件下,以每分钟每毫克肌原纤维蛋白酶分解ATP所释放的磷酸根中磷的物质的量计算( $\mu\text{mol}/(\text{min}\cdot\text{mg})$ )。

#### 1.3.3 死后不同时期的鲢鱼肉制作的鱼糜凝胶的指标测定

分别以新鲜、死后1h(僵直前期)、死后3h(僵直期)、死后6h(僵直后期)和死后4d(4℃贮藏)的鲢鱼肉为原料,制作鱼糜凝胶,考察鲢鱼死后不同时间的鲢鱼肉制作的鱼糜凝胶的品质差别。

##### 1.3.3.1 鲢鱼鱼糜凝胶的制备工艺流程

原料鱼→去内脏、鳞、头→清洗→采肉→漂洗→脱

水→绞碎→擂溃(斩拌)→灌肠→煮制→冷却→4℃冷藏过夜→测定鱼糜凝胶指标

### 1.3.3.2 操作要点

1) 漂洗: 采用0.15%的NaCl溶液, 在10℃条件下漂洗1次, 肉水比为1:5(g/mL); 2) 斩拌: 空斩4 min, 盐斩8 min(加入2%的食盐, 0.3%的复合磷酸盐), 鱼肉温度控制在10℃以下; 3) 加热: 采用两段加热法, 第一段在35℃条件下凝胶化1 h, 然后在90℃条件下水浴30 min; 4) 冷却: 加热后将其投入0~10℃冷水中急速冷却, 20 min后取出。冷却后将鱼糜凝胶在4℃冷藏室放置过夜, 第2天测试其性质。

### 1.3.3.3 鱼糜凝胶强度的测定

将制得的鱼糜凝胶切成圆柱体试样( $\Phi 23\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ ), 选用质构仪的凝胶强度模型分析其质构<sup>[15]</sup>。测定参数: 触发类型Auto, 触发力10.0 g, 测前速率1.00 mm/s, 测试速率1.1 mm/s, 测后速率1.00 mm/s, 下压距离15.00 mm, 压缩探头为不锈钢P/5S圆柱形。每组取3个平行样品, 结果取平均值, 按式(2)计算鱼糜凝胶强度。

$$\text{凝胶强度}/(\text{g} \cdot \text{cm}) = B \times D \quad (2)$$

式中:  $B$ 为破断强度/g;  $D$ 为凹陷深度/cm。

### 1.3.3.4 鱼糜凝胶保水性的测定

将制得的鱼糜凝胶切成约2 mm的薄片, 将薄片8等分, 取约1.5 g样品, 用滤纸包好装入离心管内, 用离心法测定其保水性<sup>[16]</sup>。离心参数: 转速3 800 r/min、时间10 min、温度18℃。试样做3组平行, 结果取平均值, 按式(3)计算保水性。

$$\text{保水性}/\% = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (3)$$

式中:  $m_1$ 为离心前鱼糜凝胶的质量/g;  $m_2$ 为离心后鱼糜凝胶的质量/g。

### 1.3.3.5 鱼糜凝胶白度的测定

将所得的鱼糜凝胶切成厚约0.5 cm的薄片, 在色差计的“sample”模式下测定样品色泽。每组取3个平行样品; 每个试样重复检测6次, 取平均值。分别测定样品的亮度( $L^*$ )值、红度( $a^*$ )值和黄度( $b^*$ )值, 按式(4)计算鱼糜凝胶的白度<sup>[17]</sup>。

$$\text{白度} = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad (4)$$

## 1.4 数据处理与分析

数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用 $t$ 检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 鲢鱼死后10 h内感官特性的变化

表1 鲢鱼死后10 h感官特性的变化

Table 1 Change in sensory characteristics of silver carp at 10 h postmortem

死后时间/h	眼睛	体表	肌肉
0	凸出、饱满、明亮	有光泽、鳞片完整	有弹性
1	凸出、较饱满、明亮	有光泽、鳞片完整	有弹性
2	凸出、较饱满、较明亮	光泽减弱、鳞有脱落	弹性稍差
3	略凸出、较明亮	光泽弱、鳞有脱落	弹性稍差、变硬
5	稍有凹陷、略混浊	光泽弱、鳞有脱落、有黏液渗出	弹性稍差、肉质变软
7	凹陷、混浊	色暗淡、鳞有脱落、黏液增多	弹性差
9	凹陷、混浊	色暗淡、鳞有脱落、黏液多	弹性差

从表1可以看出, 在鲢鱼死后1 h的时间内, 眼睛、体表及肌肉组织状态均无明显变化; 死后2 h时, 体表光泽减弱并有鳞片开始脱落, 肌肉的弹性变差; 在死后3 h时, 鲢鱼肉质弹性变差, 同时有僵硬的现象出现; 在鲢鱼死后5 h时, 鱼眼睛出现明显凹陷并混浊, 体表有黏液渗出, 肉质弹性变差同时肉质变软; 在鲢鱼死后7~9 h的时间内, 眼睛完全凹陷并混浊, 体表颜色暗淡、鳞片脱落, 黏液较多, 同时肉质缺乏弹性。通过对鱼体的感官特性进行观察, 可以看出随着鲢鱼死亡时间的延长, 其外观会发生较显著的变化, 这些变化与鱼肉的新鲜度的下降相关。

### 2.2 鲢鱼死后10 h内僵直指数的变化

鱼类死后, 体内的各种酶仍具有活力, 但由于动物死后有氧呼吸作用停止, 只能依靠体内残留的葡萄糖进行无氧糖酵解, ATP的供能显著减少, 使肌质网机能失常,  $\text{Ca}^{2+}$ 失控溢出而不能被收回; 同时糖酵解作用产生大量乳酸造成肌肉pH值下降至肌球蛋白和肌动蛋白等电点, 使肌肉蛋白质变性凝固。这两方面共同作用造成了肌肉的不可逆收缩, 表现为肌肉僵硬, 即尸僵<sup>[18]</sup>。

表2 鲢鱼死后10 h僵直指数的变化 ( $n=5$ )

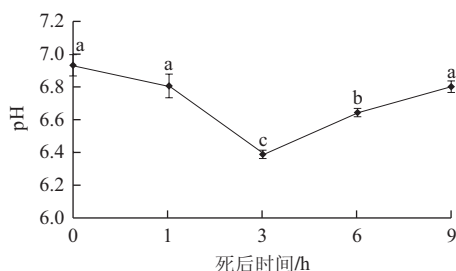
Table 2 Change in rigor mortis index of silver carp at 10 h postmortem ( $n=5$ )

死后时间/h	0	1	2	3	4	5	7	9
僵直指数/%	0.0±0.0	2.1±0.4	5.7±0.3	9.3±2.1	7.9±1.6	4.3±0.4	2.9±0.6	2.9±0.6

研究<sup>[18]</sup>表明, 一般鱼体进入僵直状态后用手指压, 指印不易凹下; 手握鱼头, 鱼尾不会下弯; 口紧闭, 鳃盖闭合, 整个鱼身挺直。通过对鲢鱼的外观观察可以看出鲢鱼在死后2 h开始进入尸僵, 从鲢鱼死后10 h僵直指数的变化可以看出(表2), 僵直指数在死后3 h达到最大值, 5 h后尸僵过程完成, 鱼体开始变软, 进入解僵过程; 鲢鱼死后7 h后, 僵直指数基本不发生变化, 说明解僵过程完成, 但僵直指数不能恢复为最初的0, 说明鱼肉的弹性和延展性不能恢复到尸僵前的水平。与大型海水鱼如大西洋鲑鱼(*S. salar*)<sup>[19]</sup>、真鲷(*Sparus aurata* L.)<sup>[20]</sup>相比, 鲢鱼的尸僵过程持续时间较短, 僵直指数变化幅度不大。



### 2.3 鲢鱼死后10 h内鱼肉pH值的变化



不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

图1 鲢鱼死后10 h内鱼肉pH值的变化

Fig.1 Change in pH of silver carp meat at 10 h postmortem

从图1可以看出, 鲢鱼死后的pH值接近中性, 随着死后时间的延长, 鱼肉的pH值逐渐下降, 在死后3 h鱼肉的pH值到达最低值, 随后pH值开始升高。

通常而言, 水产动物停止呼吸后, 体内的糖原被降解, 生成乳酸等酸类物质, 造成肌肉pH值的下降, 下降程度与肌肉中糖原的含量有关。随后在自身酶和微生物的作用下, 鱼体内的蛋白质、氨基酸及其他含氮物质被分解为氨、三甲胺、吲哚、组胺等碱性物质, 使得肌肉pH值上升。因此, 一般鱼死后肌肉pH值的变化曲线呈“V”型<sup>[21]</sup>。动物死后肌肉的pH值变化与其鲜度密切相关, 但鱼肉的pH值还受很多因素的影响, 如鱼种类、生长环境、包装形式等, 因此仅凭pH值不能准确判断鱼肉的新鲜度, 但是可以把鱼肉的pH值作为评价其鲜度变化的辅助指标<sup>[22]</sup>。

### 2.4 鲢鱼死后不同时间鱼肉TVB-N值的变化

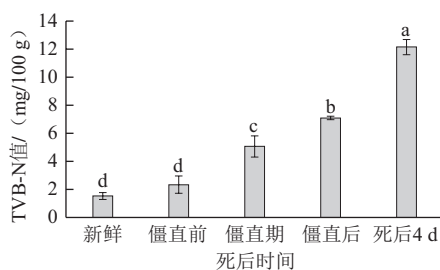


图2 鲢鱼死后不同时间鱼肉TVB-N值的变化

Fig.2 Change in TVB-N value of silver carp meat at different time of postmortem

从图2可以看出, 随着鲢鱼死后时间的延长, 其鱼肉的TVB-N值呈显著上升 ( $P < 0.05$ )。参照GB 2733—2005《鲜、冻动物性水产品卫生标准》<sup>[23]</sup>中对淡水鱼肉TVB-N值的规定, 在鲢鱼死后4 d, 其TVB-N值仍符合卫生要求 ( $\leq 20$  mg/100 g), 可用作食用或进一步加工。

### 2.5 鲢鱼死后不同时间鱼肉Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性的变化

肌原纤维蛋白质中的肌球蛋白具有ATP酶活性, 在鱼肉的贮藏过程中, 蛋白质的变性会引起ATP酶的

活性发生改变, 因此Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性可以作为评价肌球蛋白分子完整性的指标, 也是反映鱼肉蛋白质变性的常用指标<sup>[24]</sup>。

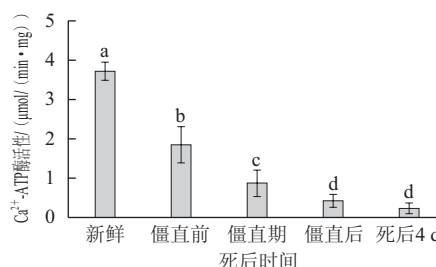


图3 鲢鱼死后不同时间鱼肉Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性的变化

Fig.3 Change in Ca<sup>2+</sup>-ATPase activity of silver carp meat at different time of postmortem

从图3可以看出, 随着鲢鱼死后时间的延长, 鱼肉中Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性呈显著下降趋势 ( $P < 0.05$ )。在鲢鱼死后3 h (僵直期), 肌肉中Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性下降至0.89 μmol/(min·mg), 降幅为76.3%; 僵直后期 (死后6 h), 肌肉中Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性下降至0.44 μmol/(min·mg); 到鲢鱼死后4 d时, 肌肉中Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性下降至0.24 μmol/(min·mg), 降幅为93.6%。从统计分析结果来看, 僵直后期与死后4 d肌肉中Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性差异不显著, 说明鲢鱼肉中的Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性在僵直过程结束后, 活性即降到最低。因此, 可以通过测定鲢鱼肉中Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性间接反映鲢鱼死亡的时间。

从图2和图3的对比来看, 鲢鱼死后不同时间鱼肉TVB-N值的变化与Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性的变化趋势正好相反, 说明TVB-N值和Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性2个指标可能有一定的关联性, 均能反映鱼肉的新鲜度, TVB-N值与新鲜度呈负相关, Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性与新鲜度呈正相关。

### 2.6 死后不同时间的鲢鱼肉制作鱼糜凝胶对鱼糜品质的影响

#### 2.6.1 鲢鱼死后不同时间对鱼糜凝胶的凝胶强度的影响

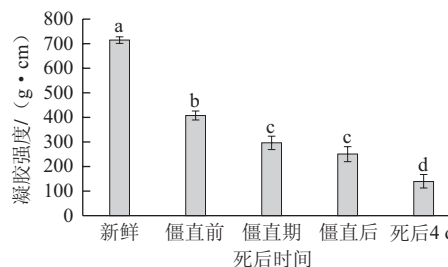


图4 鲢鱼死后不同时间对鱼糜凝胶的凝胶强度的影响

Fig.4 Effect of postmortem time of silver carp on gel strength of surimi gel

从图4可以看出, 死后时间对鱼糜凝胶强度的影响显著 ( $P < 0.05$ ), 采用新鲜鲢鱼肉制作鱼糜, 其凝胶强

度最高,随着鲢鱼死后时间的延长,鱼糜凝胶的凝胶强度逐渐降低。这与 $\text{Ca}^{2+}$ -ATP酶活性的变化过程类似,与TVB-N值的变化过程相反,说明鱼肉的新鲜度直接影响鱼糜凝胶的凝胶强度,鱼肉新鲜度越好,其制成的鱼糜凝胶的凝胶强度越高,特别是在鲢鱼死后2~3 h的时间内,鱼肉新鲜度的变化,对鱼糜凝胶的影响较大,而僵直期和僵直后期的鲢鱼肉,制成的鱼糜凝胶的凝胶强度差异不显著( $P>0.05$ )。因此建议以鲢鱼为原料生产冷冻鱼糜时,尽量在鲢鱼死后3 h内将其加工成鱼糜,可保证鱼糜及鱼糜制品具有较好的品质。

#### 2.6.2 鲢鱼死后不同时间对鱼糜凝胶的保水性的影响

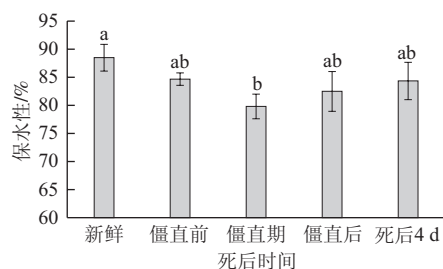


图5 鲢鱼死后不同时间对鱼糜凝胶保水性的影响

Fig.5 Effect of postmortem time of silver carp on water holding capacity of surimi gel

从图5可以看出,以刚宰杀的新鲜鲢鱼为原料制作的鱼糜凝胶,保水性最好;处于僵直期的鱼肉(宰后3 h)制作的鱼糜凝胶保水性最差,与新鲜鱼肉制作鱼糜凝胶的保水性差异显著( $P<0.05$ );随着鱼肉僵直过程的完成,鱼糜凝胶的保水性有一定程度的提高,僵直后期(死后6 h)和死后4 d的鱼肉所制成的鱼糜凝胶保水性差别不大( $P>0.05$ )。

动物在死后由于糖酵解过程的继续进行,肉中乳酸积累和pH值降低,从而引起肌质网破裂,钙离子的释放,最终导致肌肉中的肌球蛋白和肌动蛋白形成永久性的结合,肌球蛋白和肌动蛋白的永久性结合使得蛋白质分子间的空隙变小,结合水的能力变弱<sup>[25]</sup>,因此肉在僵直期时保水性最差,随着僵直过程的结束,肉的保水性会有一定程度的恢复。

#### 2.6.3 鲢鱼死后不同时间对鱼糜凝胶的白度的影响

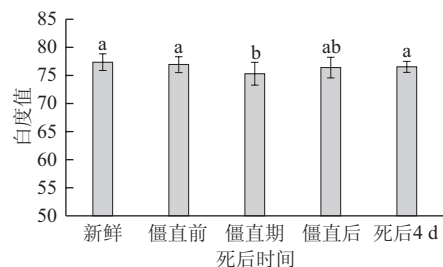


图6 鲢鱼死后不同时间对鱼糜凝胶的白度的影响

Fig.6 Effect of postmortem time of silver carp on whiteness of surimi gel

从图6可以看出,死后时间对鱼糜凝胶白度的影响显著( $P<0.05$ ),处于僵直期的鱼肉所制成的鱼糜凝胶,白度值最低,随着僵直过程的完成,鱼糜凝胶的白度可以恢复到与新鲜鱼肉所制鱼糜凝胶接近的水平。

### 3 结论

本实验对鲢鱼在4℃条件下,死后10 h内感官变化、pH值和僵直指数的变化进行了测定和分析,进而考察鲢鱼肉的TVB-N值和 $\text{Ca}^{2+}$ -ATP酶活性随鲢鱼死后时间延长的变化;分别选用死后不同时期的鲢鱼肉制作鱼糜,通过测定鱼糜凝胶的白度、保水性和凝胶强度,研究鲢鱼新鲜度对鱼糜凝胶品质的影响。结果表明,鲢鱼在死后2~3 h开始进入僵直期,鱼体僵直指数开始升高,pH值下降,从外观上表现为鱼肉弹性变差、光泽减弱、有鳞片脱落等,表明其新鲜度开始下降。随着鲢鱼死后时间的延长,鲢鱼肉的TVB-N值显著升高, $\text{Ca}^{2+}$ -ATP酶活性显著降低。采用死后不同时间的鲢鱼肉制作的鱼糜凝胶,其凝胶强度、保水性和白度均有显著差异,其中以新鲜鲢鱼为原料制作的鱼糜凝胶,凝胶强度最高;鱼糜凝胶的保水性和白度在鱼肉的僵直期最差,僵直过程完成后,保水性和白度会有一定的恢复。因此,以淡水鱼特别是鲢鱼为原料生产冷冻鱼糜时,需采用新鲜度较高的鱼肉,尽量在鲢鱼死后2~3 h内完成其加工过程,才能获得高品质鱼糜和鱼糜制品。

#### 参考文献:

- [1] 王锡昌,汪之和. 鱼糜制品加工技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1997: 3-4.
- [2] 李俊杰,熊善柏,曾俊,等. 鲢鱼鱼浆对鱼糜凝胶品质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(1): 53-56.
- [3] 林琳,陆剑锋,翁世兵,等. 漂洗工艺对鲢鱼鱼糜凝胶强度和色泽的影响[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(2): 8-12.
- [4] 农业部渔业局. 2013中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013: 1-45.
- [5] 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, 21(1): 43-44.
- [6] 张俊杰,曾庆孝. 我国淡水鱼鱼糜的研究情况[J]. 食品与发酵工业, 2002, 28(9): 57-63.
- [7] 罗永康,沈慧星,潘道东,等. 鲢鱼鱼糜蛋白质凝聚特性的研究[J]. 食品与发酵工业, 2002, 28(1): 23-26.
- [8] BENJAKUL S, VISESSANGUAN W, THONGKAEW C, et al. Effect of frozen storage on chemical and gel-forming properties of fish commonly used for surimi production in Thailand[J]. Food Hydrocolloids, 2005, 19(2): 197-207.
- [9] 陈舜胜,王锡昌,周丽萍,等. 冰藏鲢的鲜度变化对其鱼糜凝胶作用的影响[J]. 上海水产大学学报, 2000, 9(1): 45-50.
- [10] ROTH B, MOELLER D, VELAND J O, et al. The Effect of stunning methods on rigor mortis and texture properties of Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. Journal of Food Science, 2002, 67(4): 1462-1466.

- [11] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 9695.5—2008 肉与肉制品: pH测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [12] 农业部. SC/T 3032—2007 水产品中挥发性盐基氮的测定[S]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [13] 郝淑贤, 吴燕燕, 李来好, 等. 加工条件对淡水鱼肌原纤维 $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase稳定性的影响[J]. 食品科学, 2005, 26(10): 79-82.
- [14] 卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.87—2003 食品中磷的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [15] FU Xiangjin, HAYAT K, LI Zhonghai, et al. Effect of microwave heating on the low-salt gel from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi[J]. Food Hydrocolloids, 2012, 27(2): 301-308.
- [16] 焦道龙, 陆剑锋, 张伟伟, 等. 斩拌初始温度对白鲢鱼糜物理特性的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(23): 101-104.
- [17] PARRARAVIVAT J, MORIOKA K, SHIRSAKI M, et al. Effect of washing conditions on the removal of lipid from the fatty fish Escolar (*Lepidocybium flavobrunneum*) meat[J]. Journal of Biological Sciences, 2008, 8(1): 34-42.
- [18] 刘书成. 水产食品加工学[M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2011: 129-130.
- [19] ROTH B, GRIMSBØ E, SLINDE E, et al. Crowding, pumping and stunning of Atlantic salmon, the subsequent effect on pH and rigor mortis[J]. Aquaculture, 2012, 326/329: 178-180.
- [20] AYALA M D, ABDEL I, SANTAELLA M, et al. Muscle tissue structure changes and texture development in sea bream, *Sparus aurata* L., during post-mortem storage[J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(3): 465-475.
- [21] 李婷婷, 励建荣, 赵崑. 壳聚糖涂膜对冷藏美国红鱼品质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(10): 299-303.
- [22] 林琳, 高艳艳, 吕顺, 等. 草鱼低温贮藏过程中的品质变化特性[J]. 食品科学, 2009, 30(24): 433-435.
- [23] 卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB 2733—2005 鲜、冻动物性水产品卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [24] 邓德文, 陈舜胜, 程裕东, 等. 鲢肌肉在保藏中的生化变化[J]. 上海水产大学学报, 2000, 9(4): 319-322.
- [25] PAREDI G, RABONI S, BENDIXEN E, et al. "Muscle to meat" molecular events and technological transformations: the proteomics insight[J]. Journal of Proteomics, 2012, 75: 4275-4289.