

# 谷氨酸钠和乙醇对鱼糜制品冻融稳定性的影响

谢青青<sup>1</sup> 杨宏<sup>1,2,3</sup> 王玉栋<sup>1</sup> 张伟敏<sup>4</sup> 庄洋<sup>1</sup>

1. 华中农业大学食品科学技术学院, 武汉 430070;

2. 湖南文理学院水产高效健康生产湖南省协同创新中心, 常德 415000;

3. 华中农业大学环境食品学教育部重点实验室, 武汉 430070;

4. 海南大学食品科学与工程学院, 海口 570228

**摘要** 以冷冻鱼糜为原料, 添加谷氨酸钠和乙醇, 通过测定菌落总数、挥发性盐基氮(TVB-N)值、pH、2-硫代巴比妥酸(TBARS)值、结合色度( $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ )、持水性和质构特性, 探讨-22℃条件下在数次冻融循环中谷氨酸钠和乙醇的添加对鱼糜制品品质的影响。结果表明, 谷氨酸钠和乙醇能提高鱼糜凝胶的持水性、白度和弹性, 并且在冻融循环中能显著延缓持水性、白度和弹性的下降( $P < 0.05$ ); 随着冻融循环次数的增加, 添加谷氨酸钠和乙醇的鱼糜凝胶的菌落总数、TVB-N值和TBARS值的上升速率显著低于空白组( $P < 0.05$ ), 且同时添加效果最佳; pH呈先降低后升高的趋势, 同时添加波动幅度最小, 说明谷氨酸钠和乙醇可以延缓鱼糜制品在冻藏过程的品质变化, 且作用效果是谷氨酸钠和乙醇混合添加组最佳, 谷氨酸钠组和乙醇组次之。

**关键词** 谷氨酸钠; 乙醇; 鱼糜制品; 冻融循环; 品质变化

**中图分类号** TS 254.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2019)05-0114-08

鱼糜制品是消费量最大的水产食品之一, 是由鲜鱼经采肉、擂溃、斩拌、成型等过程而制成的凝胶食品, 具有高蛋白、低脂肪等优点。近几年来, 我国淡水鱼及其鱼糜制品的产量增幅明显, 2017年鱼糜制品产业规模超过150万t<sup>[1]</sup>。淡水鱼自身水分含量高, 捕获之后易腐败变质, 影响鱼肉的鲜度和风味。因此, 在商业生产中更倾向于加工成鱼糜制品。虽然鱼糜制品相较于鲜鱼具有一定的优势, 但也存在一些不足。鱼糜制品在生产中由于环境温度存在一定的波动变化, 包括贮存、运输、加工和食用等环节, 会发生反复冻融(冻融循环就是鱼糜凝胶结晶-重结晶的过程), 导致鱼糜制品的品质发生劣化, 比如嫩度下降、蛋白质变性和凝胶劣变等。因此, 研究鱼糜制品在冻融循环中的品质变化及找寻应对措施成为当下鱼糜制品行业备受关注的课题。

国内外学者对新鲜淡水鱼在贮藏过程中的品质变化进行了许多研究, 但关于鱼糜制品在结晶-重结晶的冻融过程中的品质变化鲜有报道。刘美华<sup>[2]</sup>发现微冻条件下贮藏可以保持大黄鱼较低的细菌总数和TVB-N值。陈思等<sup>[3]</sup>发现与冷藏相比, 微冻条

件下能明显延长白鲢鱼片的货架期。Chytiri等<sup>[4]</sup>把整条虹鳟鱼及切片虹鳟鱼置于冰中贮藏, 对比发现整条虹鳟鱼的三甲胺(TMA)值、挥发性盐基氮(TVB-N)值和2-硫代巴比妥酸(TBARS)值均低于切片虹鳟鱼。

谷氨酸钠(MSG)可消除鱼肉中的苦涩味<sup>[5]</sup>, 除单独使用外, 谷氨酸钠与一些核苷酸类调配成复合调味料, 与食盐共同使用时可增强其呈味作用。乙醇中的液体分子具有渗透作用<sup>[6]</sup>, 可起到防腐杀菌的效果。鱼糜制品的结构、成分及其中微生物的数量和种类与鲜鱼有较大区别, 因而其腐败模式也有很大差异, 鱼糜制品的腐败主要由细菌生长引起<sup>[7]</sup>。李雨琦<sup>[8]</sup>曾在鱼糜制品添加了谷氨酸钠和乙醇, 确定了有利于鱼糜制品凝胶性能的最适添加量。所以选取了谷氨酸钠和乙醇对鱼糜制品凝胶性能最好的添加浓度, 本研究主要以添加谷氨酸钠和食用乙醇单独及复配来处理鱼糜制品, 通过模拟贮藏期来对比-22℃冻藏条件对鱼糜制品鲜度品质及质构特性的影响, 研究其品质变化规律, 以期为淡水鱼鱼糜

收稿日期: 2019-02-18

基金项目: “十二五”科技支撑计划项目(2012BAD27b03)

谢青青, 硕士研究生. 研究方向: 水产品加工与贮藏. E-mail: 907159758@qq.com

通信作者: 杨宏, 博士, 教授. 研究方向: 食品加工. E-mail: yangh@mail.hzau.edu.cn

制品的贮藏加工、开发具有特色的鱼糜原料、制备新型鱼糜制品等提供一定的参考。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与试剂

冷冻鲢鱼糜,AAA级,购自洪湖市井力水产食品股份有限公司;95%食用乙醇,江苏省华兴生物科技有限公司;谷氨酸钠、三氯乙酸、氯化钠、无水乙醇、氯仿、生理盐水、硫代巴比妥酸、乙二胺四乙酸、硼酸、氧化镁、盐酸、亚甲基蓝、甲基红,国药集团化学试剂有限公司;DTNB,瑞士Fluka公司;Tris-base,Amresco公司;福林酚,Sigma公司;以上试剂均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

ME104型电子天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;HR7625食物调理机,中国香港飞利浦家庭电器有限公司;TA-XT Plus物性测试仪,美国Texture Technologies有限公司;XHF-DY型高速分散器,宁波新之生物科技股份有限公司;Avanti J-E高速离心机,美国Beckman Colter有限公司;HH-4恒温水浴锅,江苏常州国华电子有限公司;DHG-9341A电热恒温干燥箱,上海精宏实验设备有限公司;HYC-940冷藏柜、DW-25W518冷冻柜,青岛海尔特种电气有限公司;SIM-F140AY65制冰机,三洋电机国际贸易有限公司;UV-1800紫外分光光度计,日本岛津公司;K9840凯氏定氮仪,上海博讯实业有限公司;Ultrascan XE色度仪,美国Hunterlab公司;PB-10酸度计,德国Sartorius公司。

### 1.3 试验方法

1)鱼糜凝胶的制备。冷冻鱼糜在4℃半解冻8~12 h,待解冻后放于食品料理机中空斩1 min,然后以鱼糜质量为100%计,加入质量分数2% NaCl溶液盐斩1 min,分别加入不同添加物(1.5% MSG、0.6%乙醇、1.5% MSG+0.6%乙醇,按鱼糜质量计),并以空白组作为对照组,分别命名为MSG组、Alcohol组、MIX组和Control组。加冰水将鱼糜含量调节为质量分数80%,继续斩拌2 min。将斩拌鱼糜进行手动灌肠,肠衣直径为20 mm,长度25 cm,并两端封口。随后鱼肠先于40℃水浴煮制60 min,然后于90℃煮制30 min,加热完毕后立即取出,并于0℃冰水中冷却20 min。然后放入-22℃冷冻柜中贮藏,每隔7 d,将鱼肠全部放置于4℃冷

藏柜解冻12 h,每次取3根鱼肠进行相关指标的测定,剩余鱼肠继续放入-22℃冷冻柜贮藏,如此重复4次。

2)菌落总数的测定。参照GB 4789.2—2010《食品微生物学检验:菌落总数测定》采用稀释平板计数法测定。

3)挥发性盐基氮(TVB-N)值的测定。参照GB 5009.228—2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》并稍作修改。称取5 g鱼糜样品,加入50 mL三氯乙酸,用XHF-DY型高速分散器均质,浸提1 h,后续过程与GB 5009.228—2016一致。

4)pH的测定。参考Zogul等<sup>[9]</sup>的方法。取10 g绞碎样品于烧瓶中,加入煮沸冷却的蒸馏水90 mL,匀浆后静置30 min后过滤,用PB-10酸度计测其pH。

5)2-硫代巴比妥酸(TBARS)值的测定。参考文献<sup>[10]</sup>的方法测定。

6)色度的测定。将鲢鱼糜凝胶在室温下平衡2 h,剥去肠衣,切成高20 mm的圆柱体,用色差仪测定其 $L^*$ 、 $a^*$ 与 $b^*$ 值。白度值 $W$ 按公式(1)进行计算。

$$W = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

式(1)中: $L^*$ 表示样品的亮度; $a^*$ 值表示红绿值; $b^*$ 值表示黄蓝值。

7)鱼糜凝胶TPA测定。从4℃冰箱中取出鱼肠,在室温下平衡后去肠衣,切成20 mm高的圆柱体,用质构仪(TA-XT Plus)测其质构特性,参数设定为:探头P/36 R,触发力5 g,压缩比40%,测试前、中、后速度分别为5.0、1.0、5.0 mm/s。选取硬度、弹性、内聚性和咀嚼性作为鱼糜凝胶TPA的分析指标。

8)鱼糜凝胶持水性的测定。鱼糜凝胶持水性的测定参考Kocher等<sup>[11]</sup>的方法。将凝胶样品切成约3 mm厚的薄片,称取2.0~3.0 g样品,质量记为 $m_1$ ,平摊在滤纸上并包裹好放入离心管中,离心转速8 000 r/min,时间15 min,温度4℃,称取离心后的样品质量 $m_2$ 。持水性WHC按公式(2)计算。

$$WHC = \frac{m_2}{m_1} \times 100\% \quad (2)$$

### 1.4 统计分析方法

所有数据采用SPSS 21.0软件进行统计学分析,并进行方差分析;采用Duncan's方法进行显著

性分析( $P<0.05$ ),并用 GraphPad Prism5 作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 谷氨酸钠和乙醇对鱼糜制品菌落总数的影响

随着贮藏时间的延长,鱼糜制品的菌落总数不断增加,这是导致鱼糜制品腐败变质的原因之一。水产品鱼肉中菌落总数的可接受限值为  $6 \text{ lg}(\text{CFU}/\text{g})$ <sup>[12]</sup>。谷氨酸钠和乙醇在冻融循环中对鱼糜凝胶中菌落总数的影响见图 1。由图 1 可知,随着冻融次数的增加,鱼糜的菌落总数呈现缓慢增加的趋势。在整个冻融循环过程中,实验组(MSG 组、Alcohol 组、MIX 组)显著低于 Control 组( $P<0.05$ )。第 0 次冻融循环时,Control 组、MSG 组、Alcohol 组和 MIX 组鱼糜制品初始的菌落总数值分别为 3.14、3.08、3.01、3.05  $\text{lg}(\text{CFU}/\text{g})$ ,其中 Alcohol 组的最低。第 4 次冻融循环结束后,各组鱼糜的菌落总数值从大到小依次为:Control 组、MSG 组、Alcohol 组、MIX 组。说明谷氨酸钠和乙醇都可以抑制微生物的增长,延长鱼糜制品的货架期,且 MIX 组和 Alcohol 组效果更明显。李佳格等<sup>[13]</sup>研究了乙醇对贮藏期内的鲜切生菜菌落总数的影响,发现 Alcohol 组菌落总数显著低于空白组;谢沁等<sup>[14]</sup>研究发现乙醇对微生物的生长繁殖有良好的抑制作用。这都与本文的研究结论相一致。

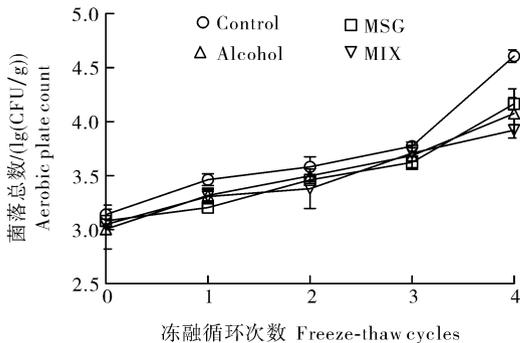


图 1 谷氨酸钠和乙醇在冻融循环中对鱼糜凝胶 TVC 值的影响

Fig.1 The effects of MSG and alcohol on TVC of surimi gels during freeze-thaw cycles

### 2.2 谷氨酸钠和乙醇对鱼糜制品 TVB-N 值的影响

鱼肉中丰富的蛋白质会被微生物分解生成胺类等碱性含氮类物质,TVB-N 是评价鱼糜腐败变质常用的指标之一<sup>[15]</sup>。谷氨酸钠和乙醇在冻融循环中对鱼糜凝胶 TVB-N 值的影响见图 2。由图 2 可知,在整个冻融循环中,TVB-N 值呈现缓慢上升的趋

势,从第 2 次冻融循环开始,TVB-N 值相对快速增加,且 Control 组的 TVB-N 值显著高于实验组( $P<0.05$ ),第 4 次冻融循环后 Control 组、MSG 组、Alcohol 组和 MIX 组的 TVB-N 值均升高,分别为 10.44、9.12、8.71、9.09  $\text{mg}/100 \text{ g}$ ,均不超过淡水产品一级新鲜度 TVB-N 限值(不大于  $13 \text{ mg}/100 \text{ g}$ )<sup>[16]</sup>,且 Control 组>MSG 组>MIX 组>Alcohol 组,说明减缓变质作用效果从好到差依次是:Alcohol 组、MIX 组、MSG 组。表明在冻藏过程中添加谷氨酸钠和乙醇能够有效抑制鱼糜蛋白的变质。这可能是因为谷氨酸钠的增鲜作用和乙醇的杀菌作用协同抑制了酶的作用和微生物的生长,从而延缓了鱼糜制品的腐败。邹聪聪等<sup>[17]</sup>研究了鱼糜在 3 种冻藏温度下的品质变化,对比鱼糜的 TVB-N 值等指标,结果表明冻藏温度越低,鱼糜的保鲜效果越好。综合分析,在鱼糜制品中添加谷氨酸钠和乙醇都可以减缓碱性含氮物质的生成速度,从而减缓鱼糜的腐败变质速率。

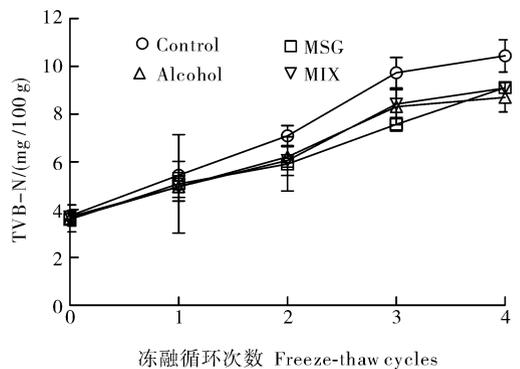


图 2 谷氨酸钠和乙醇在冻融循环中对鱼糜凝胶 TVB-N 值的影响

Fig.2 The effects of MSG and alcohol on TVB-N content of surimi gels during freeze-thaw cycles

### 2.3 谷氨酸钠和乙醇对鱼糜制品 pH 的影响

pH 反映鱼肉的酸碱度,鱼的种类不同,pH 对鱼的鲜度和鱼肉品质有不同的影响<sup>[13]</sup>。谷氨酸钠和乙醇在冻融循环中对鱼糜凝胶 pH 的影响见图 3。由图 3 可知,随着冻融次数增加,4 组样品的 pH 均呈现先下降后上升的趋势。pH 先下降是由于冷冻初期由于鱼糜制品中的糖原酵解产生乳酸等物质,降解后产生磷酸等酸性物质,使 pH 逐步下降<sup>[18]</sup>;经过一段时间的冻藏,由于氨基酸等含氮物质分解产生挥发性碱性含氮物使 pH 又上升,与朱广文等<sup>[19]</sup>研究的草鱼在冻藏条件下 pH 的变化规律近似。另有研究发现,在微生物及酶的作用下,蛋

白质会发生脱氨基反应,释放  $H^+$ ,使酸度上升<sup>[18]</sup>。4组鱼糜制品的pH在第3次冻融循环中均达到了最低值,然后开始上升。在第2次冻融循环中Control组、MSG组、Alcohol组和MIX组的pH分别为6.73、6.58、6.70、6.74,与第1次冻融循环相比,波动幅度从高到低依次为:Control组、MSG组、Alcohol组、MIX组。郑俏然等<sup>[20]</sup>研究发现,用体积分数70%乙醇提取的生姜液来处理猪肉,其保鲜期高达15d,同时pH波动率仅为3.4%,远低于Control组。综上分析,谷氨酸钠和乙醇可以延缓鱼糜制品的品质劣化,且同时添加的效果最好。

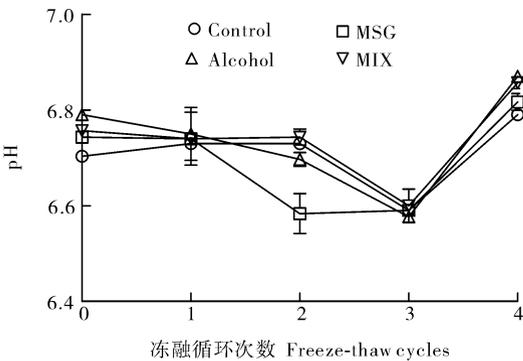


图3 谷氨酸钠和乙醇在冻融循环中对鱼糜凝胶pH的影响

Fig.3 The effect of MSG and alcohol on the pH of surimi gels during freeze-thaw cycles

### 2.4 谷氨酸钠和乙醇对鱼糜制品TBARS值的影响

脂质氧化是导致鱼糜制品变质的另一个重要因素。丙二醛(MDA)是脂质过氧化反应形成的脂质过氧化分解产物<sup>[21]</sup>,而TBARS值是脂质氧化和MDA含量的衡量指标。谷氨酸钠和乙醇在冻融循环中对白鲢鱼糜凝胶TBARS值的影响如图4所示。由图4可知,在冻藏0d时TBARS值很小,为0.140 mg/100g,整个冻融循环中,鱼糜制品的TBARS值呈缓慢上升的趋势。第4次冻融循环中实验组的TBARS值显著低于Control组(0.659 mg/100g),而MSG组、Alcohol组和MIX组的TBARS值分别为0.525、0.592、0.473 mg/100g,说明谷氨酸钠和乙醇可以有效减缓冻藏过程中脂肪的氧化速率,且MIX组效果更佳。Feng等<sup>[22]</sup>发现在香肠中加入乙醇可以有效降低其脂肪和蛋白质的氧化。综上分析,谷氨酸钠和乙醇可以减缓鱼糜制品在冻融循环中脂肪的氧化,延长其贮藏期。

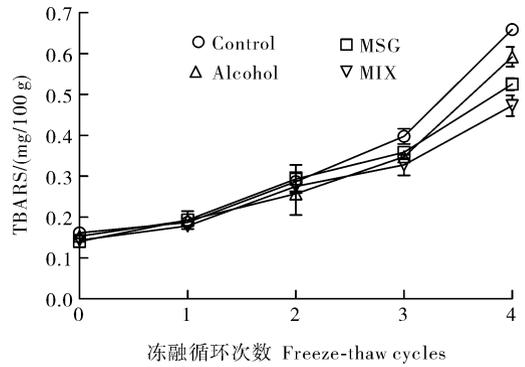


图4 谷氨酸钠和乙醇在冻融循环中对鱼糜凝胶TBARS值的影响

Fig.4 The effect of MSG and alcohol on the

TBARS values of surimi gels during freeze-thaw cycles

### 2.5 谷氨酸钠和乙醇对鱼糜制品白度值的影响

鱼糜白度指标反映鱼糜的色泽和质量,是衡量鱼糜品质的重要指标之一,色泽白嫩的鱼糜制品相对更受消费者喜爱<sup>[23]</sup>。表1显示了谷氨酸钠和乙醇在冻融循环中对鱼糜凝胶色度的影响。随着冻融次数的增加,4种样品的亮度值( $L^*$ )呈下降趋势, $L^*$ 反映了蛋白质网络结构的致密性,白度值 $W$ 也呈下降趋势( $P < 0.05$ ),二者呈现较为一致的变化规律。第0次冻融循环时,Control组、MSG组、Alcohol组、MIX组的 $W$ 值分别为78.06、77.25、77.77和78.69,第4次冻融循环时,其白度值分别为72.63、72.23、72.42、71.29。总体来看,MSG组和Alcohol组样品的 $W$ 值比Control组的下降幅度小,说明谷氨酸钠和乙醇可以促进鲢鱼糜凝胶表面致密网络结构的形成,且在冻融初期(0、1和2次冻融循环)MIX组的 $W$ 值最高。这与Peiretti等<sup>[24]</sup>研究乙醇对猪肉品质的影响结果相一致。综上分析,谷氨酸钠和乙醇的添加,增加了鲢鱼糜凝胶表面致密网络结构的形成,从而提高了鱼糜制品的白度。

### 2.6 谷氨酸钠和乙醇对鱼糜制品持水性的影响

持水性反映了蛋白凝胶保持水分的能力,与鱼糜凝胶网络结构和蛋白质变性程度密切相关,间接反映了鱼糜凝胶微观网络结构的致密程度<sup>[25]</sup>。谷氨酸钠和乙醇对鱼糜凝胶持水性的影响如图5所示。由图5可见,在第4次冻融循环结束之后,MIX组和Alcohol组的持水性显著高于空白对照组( $P < 0.05$ )。在第4次冻融循环中,Control组、MSG组、Alcohol组和MIX组的持水性分别下降了12.51%、

表 1 谷氨酸钠和乙醇在冻融循环中对鱼糜凝胶色度的影响

Table 1 The effects of MSG and alcohol on color of surimi gels during freeze-thaw cycles

指标 Index	样品组 Samples group	冻融循环次数 Freeze-thaw cycles				
		0	1	2	3	4
$L^*$	Control	78.60±0.55ABa	73.70±0.60Bb	72.94±0.60Ab	72.58±1.62Ab	72.57±0.50Ab
	MSG	77.67±0.09Ca	73.85±1.50Bb	73.95±0.24Ab	73.55±0.23Ab	72.60±0.40Ab
	Alcohol	78.23±0.40BCa	75.06±1.35Bb	72.98±0.96Ac	72.59±0.50Ac	72.74±1.04Ac
	MIX	79.17±0.10Aa	77.30±0.44Ab	74.11±0.71Ac	73.08±1.08Ac	71.58±0.52Ad
$a^*$	Control	-3.02±0.06Aa	-3.16±0.21Aa	-3.23±0.16Aa	-3.29±0.21Aa	-3.26±0.06Aa
	MSG	-3.12±0.17Aa	-3.19±0.16Aab	-3.56±0.15Bb	-3.18±0.33Aab	-3.19±0.02Aab
	Alcohol	-3.11±0.05Aa	-3.23±0.06Aab	-3.33±0.12ABbc	-3.46±0.19Ac	-3.51±0.06Bc
	MIX	-3.11±0.10Aa	-3.31±0.16Aabc	-3.35±0.05ABabc	-3.52±0.09Aac	-3.17±0.13Aab
$b^*$	Control	3.81±0.08Aab	2.80±0.15Ab	3.93±0.70Aa	3.60±0.89Aab	2.94±0.31ABab
	MSG	3.06±0.13Ba	2.92±0.29Aa	2.62±0.11Ba	2.95±1.30Aa	3.20±0.28Aa
	Alcohol	3.25±0.10Ba	2.74±0.37Ab	2.60±0.25Bb	2.58±0.24Ab	2.29±0.04Cb
	MIX	3.23±0.49Ba	3.04±0.20Aa	2.57±0.48Ba	2.81±0.30Aa	2.63±0.33BCaW
$W$	Control	78.06±0.52ABa	73.36±0.56Bb	72.45±0.56Ab	72.14±1.62Ab	72.63±0.22Ab
	MSG	77.25±0.12Ca	73.49±1.45Bb	73.57±0.25Ab	73.17±0.21Ab	72.23±0.43ABb
	Alcohol	77.77±0.39BCa	74.70±1.38ABb	72.65±0.93Ac	72.25±0.46Ac	72.42±1.04ABc
	MIX	78.69±0.06Aa	76.86±0.48Ab	73.76±0.68Ac	72.71±1.10Ac	71.29±0.50Bd

注:不同大写字母表示添加物间存在显著差异,不同小写字母表示冻融循环次数之间存在显著差异。下同。Note: Different uppercase letters indicated the mean values were significantly different by different additive, different lowercase letters indicated the mean values were significantly different between different freeze-thaw cycles. The same as follows.

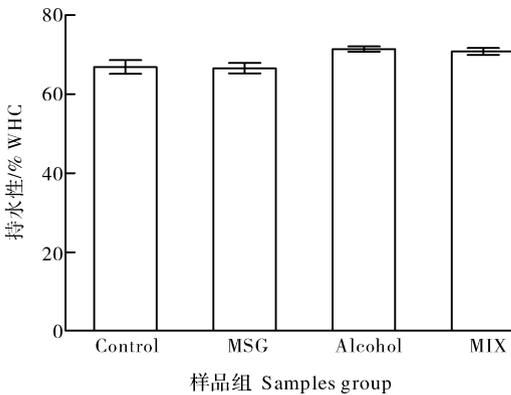


图 5 谷氨酸钠和乙醇在第 4 次冻融循环中对鱼糜凝胶持水性的影响

Fig.5 The effect of MSG and alcohol on water holding capacity on surimi gels during the 4th freeze-thaw cycle

11.96%、7.61%和 9.20%, Alcohol 组和 MIX 组的下降幅度均低于 Control 组,表明谷氨酸钠和乙醇可提高鱼糜制品的抗冻性,从而对持水性具有一定的影响。这与高玉丽等<sup>[26]</sup>研究通过乙醇提取的红藻糖更能提高草鱼鱼糜的抗冻性结论相一致。Arfat 等<sup>[27]</sup>研究发现向鱼糜中加入适量的盐可以使蛋白质以有序交联的形式增强,形成具有更高持水性能的致密网络结构。综上分析,谷氨酸钠和乙醇

可以提高鱼糜蛋白的持水性。

## 2.7 谷氨酸钠和乙醇对鱼糜制品 TPA 的影响

肉制品的食用品质受其质构特性的影响,是鱼糜制品食用品质的重要指标。谷氨酸钠和乙醇在冻融循环中对鱼糜凝胶 TPA 指标的影响如图 6 所示。由图 6 可见,随着冻融次数的增加,鱼糜凝胶的硬度、弹性、咀嚼性和内聚性均呈下降的趋势,这与鱼糜持水性的变化特性一致,可能是温度的变化对鱼糜凝胶中水分的存在状态产生了影响,从而降低了鱼糜凝胶网络的稳定性,使得 TPA 指标下降。就每次冻融循环而言,添加了谷氨酸钠和乙醇的鱼糜凝胶的硬度、弹性、内聚力和咀嚼性总体高于 Control 组,说明 MSG 和乙醇可以延缓鱼糜凝胶 TPA 指标的下降,这与 Feng 等<sup>[22]</sup>在香肠中添加乙醇会提高其质构特性的研究结果相一致。当加入 1.5%MSG 时,硬度、弹性、内聚力和咀嚼性指标都较高。这可能是因为较高离子强度的条件下,鱼糜蛋白中的肌原纤维蛋白发生了溶解反应,使得肌原纤维蛋白能够与肌红蛋白相互交联,从而加强了蛋白质的凝胶结构<sup>[28]</sup>。因此,在鱼糜制品的冻融循环中添加适量的谷氨酸钠和乙醇来保持鱼糜制品的质构特性是可行的。

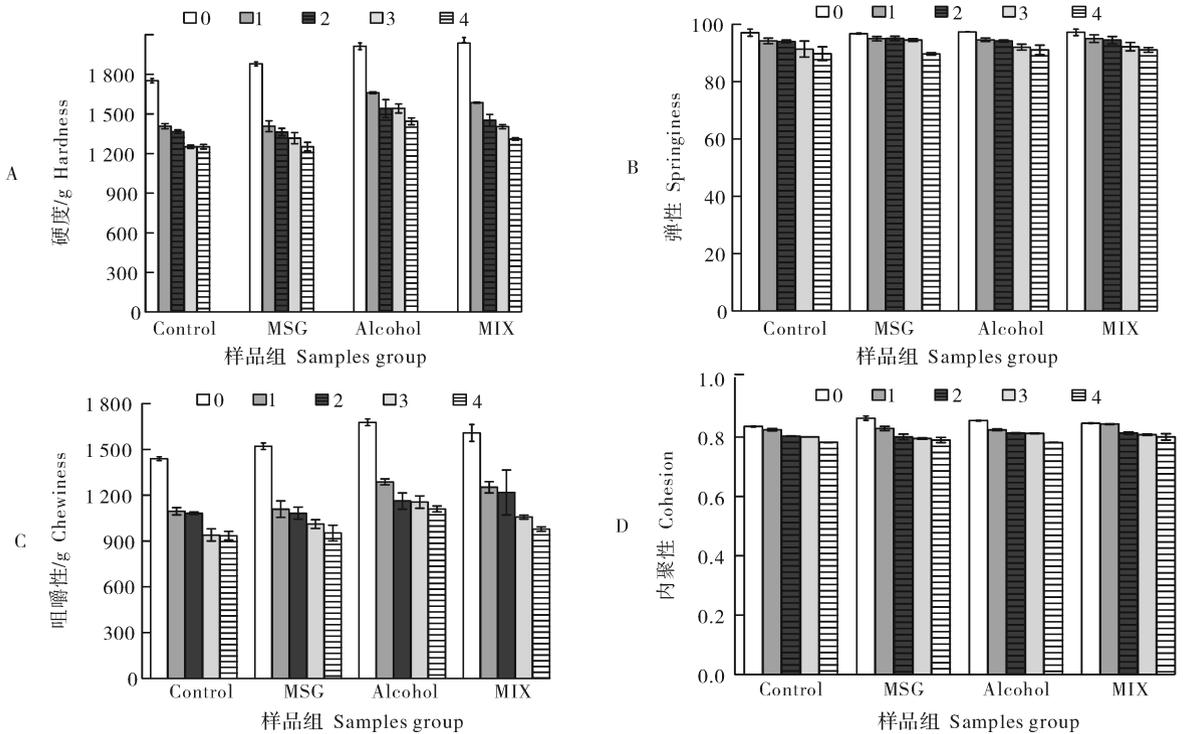


图 6 谷氨酸钠和乙醇在冻融循环中对鱼糜凝胶 TPA 的影响

Fig.6 The effect of MSG and alcohol on the TPA of surimi gels during free-thaw cycles

### 3 讨论

在鱼糜制品冻融循环贮藏过程中,添加谷氨酸钠和乙醇可以抑制微生物菌落数量的增长,延缓鱼糜蛋白质被分解生成胺类等碱性含氮类物质,从而减缓 TVB-N 值的增加,可能是因为食用乙醇本身的渗透和防腐杀菌作用,在冻结与解冻过程中乙醇液体中的分子渗透到鱼糜里面,在内部发生反应,起到提味和延长鱼糜制品保存期的作用。李全<sup>[29]</sup>研究了乙醇处理对罗氏沼虾肉贮藏品质的影响,结果表明,体积分数 10% 的乙醇可以使虾肉的失重率减少 59.98%、硬度降低 12.71%、内聚性降低 8.33%、弹性降低 10.44%、咀嚼度降低 8.14% 及粗蛋白含量降低 21.54%,说明乙醇可降低虾肉溶解氧的消耗并且可以杀死微生物从而保持虾肉的新鲜。而谷氨酸钠里面的钠离子能够与微生物中的蛋白质等物质发生反应,从而抑制腐败菌的繁殖与生长。同时谷氨酸钠和乙醇还可以降低冻融循环中鱼糜制品 pH 值的波动,增强冻融循环中鱼糜品质的稳定性。一般活鱼肌肉的 pH 值接近 7.0,但死后 pH 值可根据季节、品种和其他因素而变化(pH 6.0~7.0),本研究 4 组样品的 pH 值均处于此范围。

冻融循环过程中,随着冻融次数的增加,鱼糜凝胶受到的机械损伤变大,当其与氧气的接触面积变大时,鱼糜凝胶中的脂质类物质则发生更大程度的氧化,所以 4 组样品的 TBARS 值是随着贮藏期的延长而逐渐升高的,同时鱼糜制品细胞中的酶类物质活性降低,导致抗氧化能力减弱,从而加速了脂类的氧化变质。但是随着乙醇的添加,乙醇分子中的活性基<sup>[30]</sup>通过抑制鱼糜蛋白中酶的活力,增大其抗氧化能力,从而降低 TBARS 值。Chytiri 等<sup>[4]</sup>也有类似的结论,在整个贮藏期内,所有的鳟样品的 TBARS 值均升高,但是有国外研究报道称 TBARS 值可能无法揭示实际的脂质氧化程度,因为丙二醛可以与鱼糜中的其他组分相互作用。因此,判断鱼糜制品的品质需结合菌落总数及 TVB-N 等指标来进行评判。

鱼糜制品的色度对消费者的选择有一定影响,鲜亮的颜色更能引起食欲。亮度值反映了鱼糜凝胶表面光反射能量的大小,而能量的大小又取决于凝胶蛋白网络的致密程度<sup>[9]</sup>。添加谷氨酸钠和乙醇可以提高鱼糜凝胶的白度值,其作用原理同 TPA 值相似。持水性代表的是鱼糜制品凝胶网络中受到外力作用而不轻易溢出的水分占鱼糜制品中总水分的

比例。由图 5 可以看出,谷氨酸钠和乙醇在鲢鱼糜冻融循环中发挥了稳定性作用,因为谷氨酸钠中的盐离子与氯化钠中的钠离子协同作用,使凝胶三维网络结构的形成更为有序,通过毛细管作用将更多的水分截留在凝胶三维网络中,从而提高鱼糜凝胶的持水性能<sup>[30]</sup>,而乙醇是有机溶剂且具有极性,其中羟基中的氢、氧原子分别带有正、负电,可分别与蛋白质分子中的相异电荷发生反应,使蛋白质分子之间的凝集变得更为有序,从而更利于凝胶网络结构的形成<sup>[31]</sup>。并且当谷氨酸钠和乙醇同时作用于鱼糜凝胶时,其持水性更好。随着冻融循环次数的增加,鱼糜制品的硬度、弹性、咀嚼性和内聚性均呈下降的趋势。但如图 6 所示,在同一冻融循环中,Alcohol 组和 MIX 组的 TPA 值均高于 Control 组,说明乙醇添加有利于鱼糜凝胶制品的保存。王婵秋等<sup>[32]</sup>研究发现,乙醇添加可以提高大豆蛋白的凝胶强度,提高其品质。综合分析,添加谷氨酸钠和乙醇后在冻藏条件下可以更好地保持鱼糜制品的蛋白凝胶网络,这与持水性的结论相似,二者在一定程度上是相互验证的。

本研究得出,在鱼糜制品的冻融循环中,谷氨酸钠和乙醇的添加可抑制微生物生长和脂质的氧化,从而延缓鱼糜制品的菌落总数、挥发性盐基氮(TVB-N)值、硫代巴比妥酸(TBARS)值的增长;降低鱼糜制品品质的劣化速率,延缓鱼糜制品品质特性、持水性和白度的下降,并降低其 pH 值的波动幅度,在贮藏期间能较好保持鱼糜制品的凝胶品质,且综合评价保藏效果是 MIX 组 > Alcohol 组 > MSG 组 > Control 组。谷氨酸钠和乙醇作为常用的食品添加剂,除了去腥、杀菌、提鲜等作用,在鱼糜制品的贮藏期方面也有积极的作用,具有广阔的应用前景。

## 参 考 文 献

- [1] 农业农村部渔业局. 中国渔业年鉴[M]. 北京:中国农业出版社,2018.
- [2] 刘美华. 大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)微冻保鲜的研究[D]. 福州:福建农林大学,2004.
- [3] 陈思,李婷婷,李欢,等. 白鲢鱼片在冷藏和微冻条件下的鲜度和品质变化[J]. 食品科学,2015,36(24): 297-301.
- [4] CHYTIRI S, CHOULIARA I, SAVVAIDIS I N, et al. Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout [J]. Food microbiology, 2004, 21(2): 157-165.
- [5] 王向阳, 金菲, 李刚. 谷氨酸钠及 5'-肌苷酸钠+5'-鸟核苷酸(1+G)添加到食品中的稳定性研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(2): 118-123.
- [6] 王英武. 料酒在烹调中的作用与机理研究[J]. 活力, 2012, 14: 31.
- [7] YOON I H, MATCHES J R, RASCO B. Microbiological and chemical changes of surimi-based imitation crab during storage[J]. Journal of food science, 2010, 53(5): 1343-1346.
- [8] 李雨琦. 两种调味成分对白鲢鱼糜凝胶特性的影响[D]. 武汉:华中农业大学, 2017.
- [9] ZOGUL F, POLAT A, ZOGUL Y. The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*) [J]. Food chemistry, 2004, 85(1): 49-57.
- [10] 彭晶. 菜籽蛋白的制备及其对白鲢鱼糜凝胶特性的影响[D]. 武汉:华中农业大学, 2017.
- [11] KOCHER P N, FOEGEDING E A. Microcentrifuge-based method for measuring water-holding of protein gels[J]. Journal of food science, 2010, 58(5): 1040-1046.
- [12] 姚燕佳. 储藏及烹饪对鲢鱼品质的影响研究[D]. 杭州:浙江大学, 2012.
- [13] 李佳格. 乙醇处理对鲜切生菜品质保持与抑菌的作用机理[D]. 大连:大连工业大学, 2017.
- [14] 谢沁. 生鲜湿面品质控制关键技术研究[D]. 郑州:河南工业大学, 2012.
- [15] GOULAS A E, KONTOMINAS M G. Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): biochemical and sensory attributes[J]. Food chemistry, 2007, 100(1): 287-296.
- [16] RUIZ-CAPILLAS C, MORAL A. Changes in free amino acids during chilled storage of hake (*Merluccius merluccius* L.) in controlled atmospheres and their use as a quality control index [J]. European food research & technology, 2001, 212(3): 302-307.
- [17] 邹聪聪, 卢蓓, 张石天, 等. 快速冷冻对大黄鱼、鲳鱼肌原纤维超微结构的影响[J]. 水产科技情报, 2017, 44(5): 276-279.
- [18] 沈月新. 水产食品学[M]. 北京:中国农业出版社, 2001.
- [19] 朱文广, 曹川, 郭云霞, 等. 草鱼微冻保鲜和冷却保鲜的比较研究[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(11): 267-269.
- [20] 郑俏然, 姚成强, 余海霞. 生姜提取液对冷却猪肉保鲜效果的研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(6): 3667-3668.
- [21] 孙灵霞, 任二芳, 赵改名, 等. 油炸过程中煎炸油和鸡肉串的品质变化及其相关性研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(3): 86-88.
- [22] FENG X, SEBRANEK J G, LEE H Y, et al. Effects of adding red wine on the physicochemical properties and sensory characteristics of uncured frankfurter-type sausage[J]. Meat science, 2016, 121: 285-291.
- [23] 丁贤, 殷波. 维生素 E 对 PSE 肉质的营养调控研究进展[J]. 兽药与饲料添加剂, 2002, 7(2): 36-38.
- [24] PEIRETTI P G, GAI F, BRUGIAPAGLIA A, et al. Fresh meat

- quality of pigs fed diets with different fatty acid profiles and supplemented with red wine solids[J]. *Food Sci Technol*, 2015, 35: 227-235.
- [25] RAWDKUEN S, BENJAKUL S. Whey protein concentrate: autolysis inhibition and effects on the gel properties of surimi prepared from tropical fish[J]. *Food chemistry*, 2008, 106(3): 1077-1084.
- [26] 高玉丽, 李九零, 严小军, 等. 红藻糖苷的提取及其对草鱼鱼糜抗冻性能的影响[J]. *水产学报*, 2017, 41(2): 311-318.
- [27] ARFAT Y A, BENJAKUL S. Gel strengthening effect of zinc salts in surimi from yellow stripe trevally[J]. *Food bioscience*, 2013, 3(1): 1-9.
- [28] CHAIJAN M, BENJAKUL S, VISESSANGUAN W, et al. Effect of ionic strength and temperature on interaction between fish myoglobin and myofibrillar proteins[J]. *Journal of food science*, 2010, 72(2): 89-95.
- [29] 李全. 乙醇对罗氏沼虾麻醉效果及虾肉品质的影响[J]. *黑龙江水产*, 2011 (4): 2-6.
- [30] 李维, 程获, 杨宏. 二次加热处理对鲢鱼糜制品品质的影响[J]. *华中农业大学学报*, 2019, 38(2): 100-107.
- [31] 吴斌, 刘莹, 韩彩芹, 等. 用激光拉曼光谱研究液态乙醇的水合作用过程[J]. *光谱学与光谱分析*, 2011, 31(10): 2738-2741.
- [32] 王婵秋, 迟玉杰. 乙醇、氯化钙和抗坏血酸对大豆分离蛋白凝胶性质的影响[J]. *中国粮油学报*, 2010, 25(7): 39-42.

## Effects of sodium glutamate and alcohol on freeze-thaw stability of surimi gels

XIE Qingqing<sup>1</sup> YANG Hong<sup>1,2,3</sup> WANG Yudong<sup>1</sup> ZHANG Weimin<sup>4</sup> ZHUANG Yang<sup>1</sup>

1. College of Food Science & Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Hunan Collaborative Innovation Center for Aquatic Efficient Health Production,

Hunan University of Arts and Science, Changde 415000, China;

3. Key Laboratory of Environment Correlative Dietology, Ministry of Education,

Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

4. College of Food Science & Engineering, Hainan University, Haikou 570228, China

**Abstract** This study aimed to examine the effects of sodium glutamate and alcohol on the preservation quality of surimi during freeze-thaw cycles. In this experiment, surimi product was stored at  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$  and tested for total volatile basic nitrogen (TVB-N) value, pH value, 2-thiobarbituric acid (TBA) value and the total number of bacterial colonies and chroma ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), water holding capacity and textural properties at different storage time (0, 7, 14, 21, 28 d). The addition of sodium glutamate and alcohol could improve the water holding capacity, whiteness and springiness of surimi gel. Compared with the control, the addition of sodium glutamate and alcohol could ( $P < 0.05$ ) prevent not only the decrease in water holding capacity, whiteness and gel strength but also the increase of the total number of bacterial colonies, TBA and TVB-N. Results indicated that sodium glutamate and alcohol had a positive effect on surimi product during freeze-thaw cycles. The effect in three experimental groups was in the order of MIX > Alcohol > MSG.

**Keywords** sodium glutamate; alcohol; surimi products; freeze-thaw cycles; quality change

(责任编辑:赵琳琳)