

白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白结构和功能性质的影响

Effect of distilled spirit on the structural changes and functional properties of myofibrillar protein in saury

董 唯¹ 贺雪华¹ 窦川林¹ 尚永彪^{1,2,3}

DONG Wei¹ HE Xue-hua¹ DOU Chuan-lin¹ SHANG Yong-biao^{1,2,3}

(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2. 农业部农产品贮藏保鲜质量安全评估实验室〔重庆〕, 重庆 400715; 3. 重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400715)

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Agro-Products on Storage and Preservation〔Chongqing〕, Ministry of Agriculture, Chongqing 400715, China; 3. Chongqing Engineering Research Center for Special Foods, Chongqing 400715, China)

摘要:以秋刀鱼为原料,研究白酒添加量对秋刀鱼肌原纤维蛋白(Myofibrillar protein, MP)溶解度、乳化性、浊度、表面疏水性、凝胶特性和巯基含量的影响。结果表明:随着白酒添加量的增加,MP 溶解度、乳化性、凝胶硬度、弹性、咀嚼性、内聚性及保水性呈先上升后下降的趋势,凝胶白度值无明显变化;浊度、表面疏水性、巯基含量呈先下降后上升的趋势。整体来看,白酒处理对秋刀鱼肌原纤维蛋白的功能特性影响较大,且在白酒添加量为 5%~7% 时对凝胶特性的改善效果较好。通过十二烷基硫酸钠-聚丙烯酰胺凝胶电泳研究发现,白酒能够促进蛋白质的溶解,并使溶出的蛋白质通过聚合作用形成大分子物质。

关键词:秋刀鱼;白酒;肌原纤维蛋白;功能特性

Abstract: In this study, the effect of distilled spirit on the myofibrillar protein solubility, emulsification, turbidity, surface hydrophobicity, gel properties and sulfhydryl content were investigated in the saury. The results showed that, with the increase of the additive amount of distilled spirit, the solubility, emulsification, gel hardness, elasticity, mastication, cohesion and water retention of myofibrillar protein first increased and then decreased. However, no significant change was found in the gel whiteness, and the turbidity, surface hydrophobicity and sulfhydryl content were first decreased and then increased. In conclusion, the distilled spirit processing had a great influence on the functional characteristics of the myofibrillar protein in

saury, and the improvement effect on the gel characteristics was better when the additive amount of distilled spirit at 5%~7%. Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) studies indicated that the distilled spirit could promote the dissolution of protein and make the dissolved proteins form macromolecular substances through polymerization.

Keywords: Saury; liquor; myofibrillar protein; functional properties

秋刀鱼又称竹刀鱼^[1],在中国主要分布在黄海和山东东岸^[2],鱼体型细圆且呈棒状,腹部呈银灰色,肉质细嫩肥美,具有高蛋白、富含不饱和脂肪酸、价格低廉等特点,深受广大消费者的青睐。秋刀鱼是一种远洋经济鱼类,从捕获到冷链运输至内陆销售过程花费时间较长,中国主要以整条冻藏方式进行运输及销售。目前,国内外对秋刀鱼的加工研究主要集中在贮藏保鲜、粗加工以及副产物综合利用等方面。Kimura 等^[3]研究了在不同低温条件下贮藏时秋刀鱼品质的变化规律,发现-40℃贮藏时鱼肉品质较好。Mori 等^[4]在秋刀鱼鳞中发现了大量的 I 型胶原蛋白,但这些研究仅限于理论,未应用于工业生产。市场上秋刀鱼产品以整条冻藏为主,而像秋刀鱼罐头、糟醉鱼等高附加值的产品和其副产物加工产品很少,关于秋刀鱼的精深加工工艺研究及应用相对不足。

白酒是粮谷经一系列物理化学反应制成,其主要成分是乙醇和水,还含有各种酯类、高级醇、羧酸等有机物,被广泛应用于肉制品加工中。白酒会影响肉制品的风味品质,同时具有去腥、杀菌、固色等作用。目前中国对糟醉肉制品的研究重点关注肉的感官品质和质构、氨基态氮、pH、水分含量、菌落总数等理化及微生物品质指标,而白酒对糟醉肉制品作用机理、蛋白质的功能性质的研究鲜见报道。鱼肉中含量最

基金项目:重庆市特色食品工程技术研究中心能力提升项目(编号: cstc2014pt-gc8001);重庆市特色效益水产业关键技术集成示范项目(编号:20150718)

作者简介:董唯,男,西南大学在读硕士研究生。

通信作者:尚永彪(1964—),男,西南大学教授,博士。

E-mail: shangyb64@sina.com

收稿日期:2018-01-28

高的蛋白质是肌原纤维蛋白(Myofibrillar protein,MP),约占蛋白质总量的 55%~60%,其功能性质与鱼肉制品的感官特征、色泽、质地以及出品率等宏观品质紧密相关,对肉制品的品质起着关键性作用^[5]。乙醇作为白酒中的主要成分之一,能使秋刀鱼肌原纤维蛋白发生变性,导致其空间结构及蛋白质构象发生变化^[6],使鱼肉宏观品质受到影响,因此研究白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白功能性质的影响具有重要意义。

本试验拟以冻藏秋刀鱼为原料,研究不同添加量的白酒对秋刀鱼 MP 结构和功能性质的影响,旨在为秋刀鱼的生产加工、提高烹饪原材料的品质提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

秋刀鱼:短吻秋刀鱼,捕获于中国黄海,购于重庆北碚天生路永辉超市,-18℃下冻藏备用;

白酒:几江牌,酒精度 60% Vol,重庆市江津集团有限公司。

1.2 仪器与设备

台式高速离心机:5810 型,德国 Eppendorf 公司;
内切式匀浆机:XHF-D 型,宁波新芝生物科技股份有限公司;

数显恒温水浴锅:HH-6 型,金坛市富华仪器有限公司;
贝克曼冷冻离心机:Avanti J-30I 型,美国贝克曼库尔特公司;

质构仪:CT-3 型,美国 Brookfield 公司;
测色仪:Ultra Scan PRO 型,美国 Hunter Lab 公司;
可见分光光度计:722-P 型,上海菁华科技仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 试样处理 将冷冻的秋刀鱼放置在 4℃的条件下解冻 12 h,解冻后迅速去除秋刀鱼的头尾、内脏、腮、鳍、刺、皮及粘着在鱼肉上的黑膜,将鱼肉切碎后分别加入不同量(0%,1%,3%,5%,7%,9%)的白酒(按原料重量的百分比例),搅拌均匀,4℃静置 12 h,取一定量碎肉加入质量分数为 10%的冰水斩拌 5 min 制成鱼糜。

1.3.2 肌原纤维蛋白的提取 根据 Jiang 等^[7]和 Chin 等^[8]的方法修改如下:称取 15 g 鱼糜于离心管中,加入 4 倍体积磷酸盐缓冲液(20 mmol/L Na₂HPO₄,pH 7.5),于 8 000 r/min 匀浆 18 s,共 3 次,离心(6 700 r/min,4℃)15 min,去掉上清液,加入 4 倍体积磷酸盐缓冲液(20 mmol/L Na₂HPO₄,pH 7.5)并匀浆(8 000 r/min 匀浆 18 s,共 3 次),用 4 层纱布过滤,所得滤液再按上述匀浆、离心操作 2 次;取沉淀于 4 倍体积的漂洗液(1 mmol/L NaNO₃,0.1 mol/L NaCl,pH 6.25),8 000 r/min 下匀浆 54 s,离心(6 700 r/min,4℃)15 min,取沉淀,重复上述匀浆、离心操作 2 次,所得沉淀为肌原纤维蛋白。

1.3.3 肌原纤维蛋白溶解度的测定 参照文献^[9]。

1.3.4 肌原纤维蛋白乳化活性和乳化稳定性的测定 参照文献^[10]。

1.3.5 肌原纤维蛋白浊度的测定 根据韩敏义等^[11]的方法修改如下:取一定质量的蛋白于烧杯中,加入磷酸缓冲溶液(50 mmol/L Na₂HPO₄,0.6 mol/L NaCl,pH 6.25),制成 2 mg/mL 的蛋白溶液,室温下静置 20 min,340 nm 波长下测定吸光值。用磷酸缓冲溶液作空白对照。

1.3.6 肌原纤维蛋白表面疏水性的测定 参照文献^[12]。

1.3.7 肌原纤维蛋白凝胶的制备 配制成浓度为 40 mg/mL 的蛋白溶液,匀浆(2 800 r/min,4℃)24 s,4℃下静置 1 h,取 7 mL 样液于离心管中,在 40℃下加热 30 min,然后 80℃加热 30 min,快速冷却后在 4℃条件下放置过夜。

(1)凝胶质构的测定:根据吴润峰等^[13]的方法修改如下,将凝胶取出后在室温下静置 30 min,切成大小、厚度一致的块状,采用质构仪进行测定,测定参数设置为探头类型 TA10,测前速度 5 mm/s,测中速度 1 mm/s,测后速度 1 mm/s,压缩比 50%,触发点负载 5.0 g,触发类型 Auto,数据攫取速率 200 Hz,停留时间 5 s,循环次数 2 次,夹具 TA-BT-KI。

(2)凝胶保水性的测定:参照文献^[14]。

(3)凝胶白度值的测定:将凝胶取出后在室温下放置 30 min,切成大小、厚度一致的块状,使用 Ultra Scan PRO 型色差仪测定蛋白凝胶的 L^* 值、 a^* 值和 b^* 值,按式(1)计算白度。

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

式中:

W ——样品的白度;

L^*, a^*, b^* ——样品色差的表征。

1.3.8 肌原纤维蛋白巯基的测定 根据 Yongsawatdigul 等^[15]的方法修改如下:配制蛋白溶液浓度为 2 mg/mL,取 1 mL 于烧杯中,加入 9 mL 缓冲溶液(0.05 mol/L Na₂HPO₄,10 mmol/L EDTA,0.6 mol/L NaCl,8 mol/L 尿素,pH 7.0),于 2 800 r/min 匀浆 30 s。取 4 mL 匀浆液,加入 0.4 mL 磷酸盐缓冲液(pH 7.0,0.1% DTNB,4℃),40℃下保温 25 min。空白用磷酸盐缓冲液(0.05 mol/L Na₂HPO₄,10 mmol/L EDTA,0.6 mol/L NaCl,8 mol/L 尿素,pH 7.0),在 412 nm 的波长下测定吸光值。巯基含量按式(2)计算:

$$SH = \frac{A \times D}{C \times B}, \quad (2)$$

式中:

SH ——巯基含量,mol/g·蛋白质;

A ——吸光度;

B ——蛋白质浓度,mg/mL;

C ——吸光度系数,13 600 mol/(cm·L);

D ——稀释倍数,11。

1.3.9 肌原纤维蛋白 SDS-PAGE 分析 根据 Laemmli^[16]的方法修改如下:取一定量的肌原纤维蛋白配制成浓度为 1 mg/mL 的溶液,4℃静置 4 h 后进行电泳样品的制备。分离胶为 12%,浓缩胶为 5%,电泳开始时先采用恒定电流 15 mA,待样品进入分离胶后将电流调节至 25 mA。

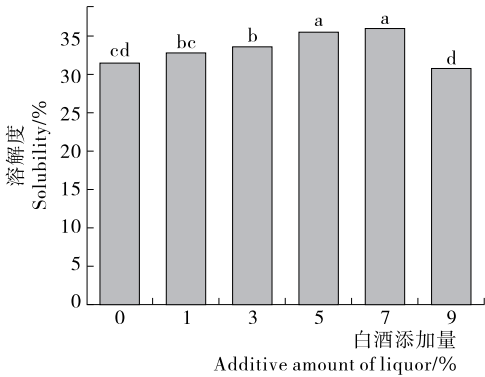
1.4 数据处理

所得数据均为 3 次平行试验结果平均值,采用 Microsoft Excel 2016 进行数据处理;采用 Origin 8.6 进行图像处理;采用 SPSS Statistics 17.0 进行数据差异显著性分析($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白溶解度的影响

肌原纤维蛋白的溶解度对蛋白质其他一些功能性质影响较大^[17],其大小由蛋白质之间疏水—亲水电荷平衡决定^[18]。由图 1 可知,试样的溶解度随着白酒添加量的增加呈先增加后降低的趋势,当白酒添加量由 0% 增至 7% 时,溶解度显著增加($P<0.05$),此时溶解度从 31.50% 增加到 35.95%,比对照组增加了 14.13%,可能是白酒中主要成分乙醇是强极性分子,加入蛋白溶液后改变了体系中的非极性和极性残基的电荷平衡,静电斥力增加,蛋白质部分发生解离现象,导致蛋白质溶解度升高;当白酒添加量增加至 9% 时,溶解度降至 30.46% ($P<0.05$),可能是乙醇为极性化合物,大量的加入会使水分子的介电常数降低,使蛋白质之间的静电斥力降低,导致蛋白质溶解度降低^[19]。



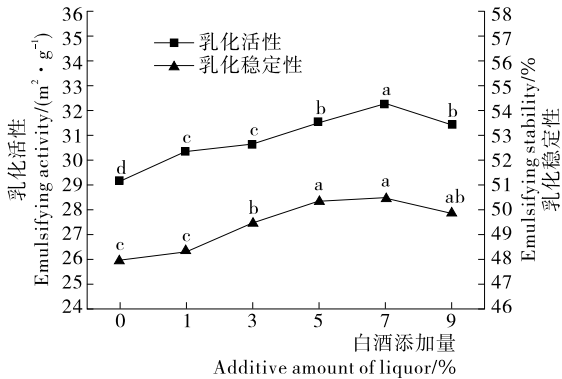
不同小写字母表示不同添加量处理组间差异显著($P<0.05$)

图 1 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白溶解度的影响

Figure 1 Effects of distilled spirit on myofibrillar protein solubility of saury

2.2 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白乳化活性和乳化稳定性的影响

有研究^[20]发现当溶液中蛋白质相对含量较高时,参与乳化的分子越多,其乳化活性越强。由图 2 可知,试样的乳化活性和乳化稳定性随着白酒添加量的增加均先上升后下降,且均在添加量为 7% 时达到最大,与对照组相比,试样的乳化活性由 29.13 m^2/g 升至 32.28 m^2/g ,乳化稳定性从 47.96% 升至 50.48%。白酒的加入使溶解在水中的蛋白质含量增加,大量蛋白质的疏水基团会在脂肪球表面进行结合,而亲水基团与水分子发生作用,脂肪球表面会形成一层蛋白质薄膜将其包裹,导致蛋白质乳化性能提高;白酒添加量继续增加,乳化活性显著降低,而乳化稳定性无明显变化,过量的白酒会破坏蛋白质和水分子之间的静电斥力,蛋白质薄膜黏弹性受损,性能降低,造成大量脂肪颗粒聚集,导致乳化活性降低。



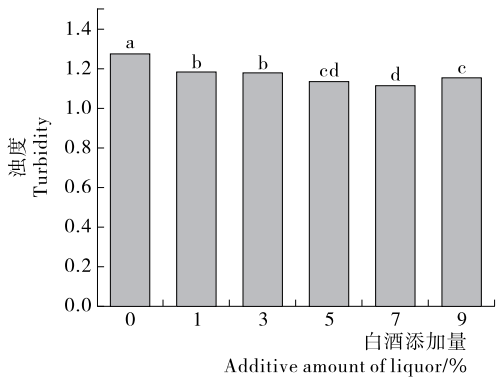
不同小写字母表示不同添加量处理组间差异显著($P<0.05$)

图 2 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白乳化活性和乳化稳定性的影响

Figure 2 Effects of distilled spirit on myofibrillar protein EAI and ESI of saury

2.3 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白浊度的影响

由图 3 可知,试样的蛋白浊度随着白酒添加量的增加先降低后升高,且在添加量为 7% 时达到最小值。与对照组相比,当白酒添加量增至 7% 时,浊度从 1.278 降至最低值 (1.116),可能此时蛋白质在溶液中分布很均匀,蛋白质无聚集现象或聚集程度较低,因此悬浮颗粒直径小,浊度较小^[21],当白酒添加量大于 7% 时,浊度显著上升,可能是加入大量的白酒,使蛋白质分子结构发生了变化,发生凝聚现象,悬浮颗粒的直径增大,导致浊度升高。



不同小写字母表示不同添加量处理组间差异显著($P<0.05$)

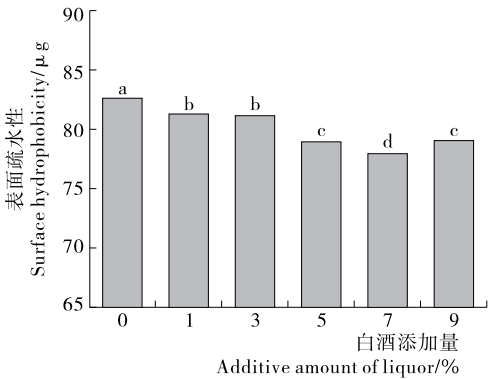
图 3 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白浊度的影响

Figure 3 Effects of distilled spirit on myofibrillar protein turbidity of saury

2.4 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白表面疏水性的影响

蛋白质表面疏水性的大小由疏水性残基的暴露程度决定,并与蛋白质空间结构有关^[22]。溴酚蓝可以和蛋白质疏水位点相结合,因此蛋白质的表面疏水性可以根据与溴酚蓝的结合量来测定^[23]。由图 4 可知,试样的表面疏水性随着白酒添加量的增加先降低后增加,且在白酒添加量为 7% 时达到最小值,与对照组相比,此时表面疏水性从 82.64 μg 减少至 77.98 μg ,减少了 5.64%,可能是白酒能够促进蛋白质与水分子之间的缔合,掩埋了内部疏水性基团,因此表面疏水性下降^[24];当白酒添加量继续上升时,其表面疏水性显著上升,可能是溶液中乙醇含量过高,蛋白质分子发生变性,使

蛋白质分子二级结构中无规则卷曲和α-螺旋含量发生了变化,蛋白质分子伸展,疏水性基团暴露,导致表面疏水性增加^[25]。马林等^[26]发现将少量醇加入蛋白质溶液中,蛋白质之间疏水作用会被削弱,利于蛋白质形成紧密稳定的结构,



不同小写字母表示不同添加量处理组间差异显著(P<0.05)

图4 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白表面疏水性的影响

Figure 4 Effects of distilled spirit onmyofibrillar protein surface hydrophobicity of saury

醇溶液增加到一定程度,蛋白质形成的构象比较松散,疏水性升高,本试验研究结果与此观点相吻合。

2.5 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白凝胶的影响

2.5.1 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白凝胶质构的影响 由表1可知,试样的凝胶硬度、弹性、咀嚼性和内聚性随着白酒添加量的增加呈先增加后降低的趋势,整体变化明显(P<0.05),与王婵秋等^[27]的研究结果一致。当白酒添加量小于7%时,随着添加量的增加,凝胶硬度上升,5%与7%添加量处理的凝胶质构性能差异不大,乙醇是一种强极性分子,本身分子中羟基和羰基结构能够与蛋白质分子的某些基团发生作用,形成作用力较强的氢键,有利于增强蛋白的凝胶性能^[28];当添加量为7%时,其凝胶硬度和弹性从对照组36.40 g和3.50 mm分别增加至40.02 g和3.72 mm,比对照组分别增加了9.95%和6.29%;当白酒添加量继续增加,凝胶硬度明显降低,而弹性、咀嚼性和内聚性变化不明显,可能是大量的白酒加入,蛋白质性能发生改变,降低了参与成胶的蛋白质含量,从而导致凝胶硬度降低^[29]。因此,添加适量的白酒能使秋刀鱼肌原纤维蛋白的凝胶特性得到改善,且5%~7%的白酒添加量效果较好。

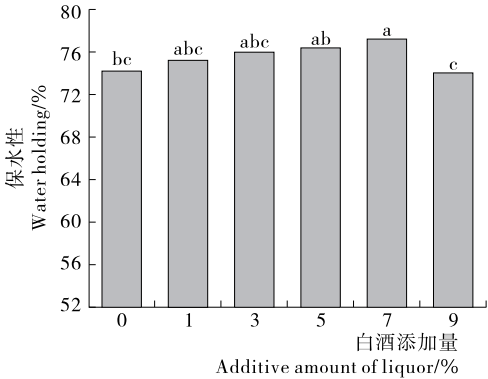
表1 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白凝胶质构的影响[†]

Table 1 Effects of distilled spirit on gel texture properties of saury MP

白酒添加量/%	硬度/g	弹性/mm	咀嚼性/mJ	内聚性
0	36.40±0.21 ^c	3.50±0.05 ^c	1.47±0.05 ^c	0.81±0.02 ^b
1	36.75±0.27 ^c	3.63±0.02 ^b	2.09±0.03 ^b	0.83±0.01 ^{ab}
3	38.06±0.40 ^b	3.65±0.01 ^b	2.19±0.02 ^a	0.84±0.01 ^{ab}
5	39.82±0.12 ^a	3.68±0.00 ^{ab}	2.21±0.00 ^a	0.85±0.00 ^a
7	40.02±0.03 ^a	3.72±0.01 ^a	2.24±0.00 ^a	0.85±0.01 ^a
9	38.08±0.16 ^b	3.71±0.01 ^a	2.21±0.01 ^a	0.84±0.00 ^a

[†] 同列中不同小写字母为差异显著(P<0.05)。

2.5.2 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白凝胶保水性的影响 由图5可知,试样凝胶保水性随着白酒添加量的增加呈先增加后降低的趋势,且在添加量为7%时达到最大值(77.20%),比对照组上升了4.06%。白酒添加量小于7%时保水性整体



不同小写字母表示不同添加量处理组间差异显著(P<0.05)

图5 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白凝胶保水性的影响

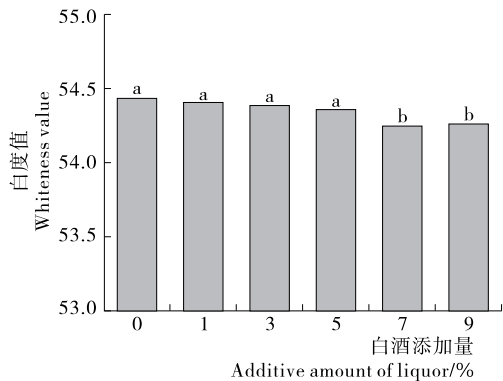
Figure 5 Effects of distilled spirit on gel water-holding of saury MP

变化不是特别明显,添加量大于7%时显著下降。这可能是少量白酒的加入,蛋白质分子间静电斥力增加,氢键结合位点暴露出来,利于形成稳定的空间网络结构,增加了保水能力;而添加大量的白酒,会导致蛋白质变性,破坏凝胶网络结构,持水能力下降,雒宏琳等^[30]研究发现高浓度的白酒会使凝胶的孔隙增大、孔壁断裂,凝胶网络结构稳定性下降,凝胶锁水能力减弱,导致保水性降低,与本试验研究结果相似。

2.5.3 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白凝胶白度值的影响 由图6可知,试样凝胶白度随着白酒添加量的增加呈现下降趋势,白酒添加量为7%时,白度值最低为54.25,比对照组降低了0.33%,添加量为0%~5%时,凝胶白度值无明显变化,添加量为5%~7%时显著下降(P<0.05),添加量为7%~9%时变化不显著(P>0.05)。这可能是白酒添加量的增加使凝胶形成更加紧密的结构,水分锁在凝胶内部,影响光的折射率,使其白度值略微降低。从凝胶白度值这一指标来看,5%的白酒添加量处理效果较好。

2.6 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白巯基的影响

蛋白质空间结构的稳定性与巯基含量密切相关^[22]。由图7可知,巯基含量随着白酒添加量的增加呈先降低后上升

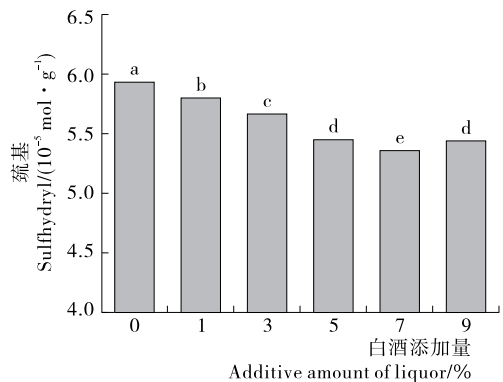


不同小写字母表示不同添加量处理组间差异显著(P<0.05)

图 6 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白凝胶白度值的影响

Figure 6 Effects of distilled spirit on gel whiteness of saury MP

的趋势。与对照相比,白酒的加入能使巯基含量降低,当白酒添加量小于 7%时,巯基含量明显降低(P<0.05);白酒添加量为 7%时,巯基含量从对照组的 $5.93 \times 10^{-5} \text{ mol/g} \cdot \text{蛋白质}$ 降至 $5.35 \times 10^{-5} \text{ mol/g} \cdot \text{蛋白质}$,可能是乙醇提供带正电的氢原子与蛋白质相互作用,使巯基含量下降;白酒添加量为 7%~9%时,巯基含量显著增加(P<0.05),可能是加入大量的白酒使蛋白质分子与乙醇分子上羰基或羟基提供的氧或氢合成氢键,蛋白质发生变性,分子结构舒展,导致分子内部的巯基部分暴露。



不同小写字母表示不同添加量处理组间差异显著(P<0.05)

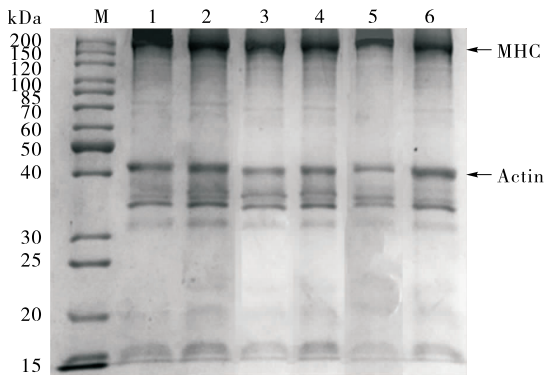
图 7 白酒对秋刀鱼肌原纤维蛋白巯基含量的影响

Figure 7 Effects of distilled spirit on myofibrillar protein sulfhydryl content of saury

2.7 肌原纤维蛋白 SDS-PAGE 图谱

由图 8 可知,添加不同量白酒后肌原纤维蛋白样品溶液电泳条带的变化有所不同,与未添加白酒的肌原纤维蛋白样品相比,加入白酒后肌球蛋白重链(分子质量为 200 kDa)和肌动蛋白(分子质量为 43 kDa)条带明显减弱,且在白酒添加量为 7%时条带颜色最浅,可能是白酒中的主要成分是乙醇和水,且这 2 种物质都是强极性分子,在液态下可以和 MP 通过氢键作用缔合,促进了蛋白质的溶解^[31],溶出的蛋白质通过聚合作用最终形成大分子物质。然而在白酒添加量为 9%时肌球蛋白重链条带略微加深,可能是当白酒添加量较

高时,由于蛋白溶液中存在大量的乙醇,使体系介电常数降低,增加了相反电荷的吸引力;此外,乙醇是一种强亲水性的有机溶剂,能争夺蛋白质表面水化水,破坏蛋白质胶体分子表面的水化层而使分子溶出减少,参与交联作用的肌球蛋白减少,故而其凝胶特性降低,这与表 1 所得结论一致。



M. 标准蛋白 marker 泳道 1~6. 白酒添加量分别为 0%,1%,3%,5%,7%,9% MHC. 肌球蛋白重链 actin. 肌动蛋白

图 8 添加不同量白酒制得肌原纤维蛋白的 SDS-PAGE 图谱

Figure 8 SDS-PAGE patterns of myofibrillar proteins with different addition of distilled spirit

3 结论

本试验主要研究了秋刀鱼肌原纤维蛋白在不同白酒添加量的条件下结构和功能性质的变化。试验结果表明:巯基含量、浊度随着白酒添加量的增加呈现先降低后升高的趋势(P<0.05);在一定范围内,一定量白酒的加入能够使 MP 功能特性得到改善;MP 的凝胶强度、弹性、咀嚼性、保水性呈现先增加后降低的趋势,而凝胶内聚性和白度值变化不大,白酒的加入能够明显改善秋刀鱼 MP 的凝胶特性,且当白酒添加量为 5%~7%时秋刀鱼蛋白凝胶质地较好。

研究结果可作为传统糟醉制品开发的理论依据,但缺少用拉曼光谱、圆二色谱等仪器来分析秋刀鱼 MP 结构的变化情况、白酒对糟醉秋刀鱼风味影响的研究,今后可以从秋刀鱼蛋白结构和性质以及风味物质变化等方面进行研究。

参考文献

[1] 王周雷. 西北太平洋秋刀鱼捕捞技术初步研究[D]. 舟山: 浙江海洋大学, 2017: 3.

[2] 李明德. 中国鱼类名录Ⅶ: 银汉鱼目、颌针鱼目、鲈形目、鲹形目、奇眼眼鲷目、金眼鲷目、海鲂目、刺鱼目、合鳃目[J]. 天津水产, 2003(3): 22-28.

[3] KIMURA M, HIRAOKA Y, KIMIYA T, et al. Formation of trimethylamine in Pacific saury muscle during frozen storage[J]. Nihon-suisan-gakkai-shi, 2010, 76(76): 1 073-1 079.

[4] MORI H, TONE Y, SHIMIZU K, et al. Studies on fish scale collagen of Pacific saury (*Cololabis saira*) [J]. Materials Science & Engineering C Materials for Biological Applications, 2013, 33 (1): 174-181.

[5] GEEVES M A, HOLMES K C. Structural mechanism of muscle

contraction[J]. Annual Review of Biochemistry, 1999, 68: 687-728.

[6] CONIO G, PATRONE E, BRIGHETTI S. Effect of aliphatic alcohols on helix-coil transition of poly-l-ornithine and poly-l-glutamic acid[J]. Journal of Biological Chemistry, 1970, 245(13): 3 335-3 338.

[7] JIANG Xin-jing, ZHANG Zhi-jun, KENJI Hara, et al. The effect of soybean trypsin inhibitor on the degradation of myofibrillar proteins by an endogenous serine proteinase of crucian carp[J]. Food Chemistry, 2006, 94(4): 498-503.

[8] CHIN K B, GO M Y, XIONG You-ling. Konjac flour improved textural and water retention properties of transglutaminase-mediated, heat-induced porcine myofibrillar protein gel: Effect of salt level and transglutaminase incubation[J]. Meat Science, 2009, 81(3): 565-572.

[9] AGYARE K K, XIONG You-ling, ADDO K. Influence of salt and pH on the solubility and structural characteristics of transglutaminase-treated wheat gluten hydrolysate [J]. Food Chemistry, 2008, 107(3): 1 131-1 137.

[10] AGYARE K K, ADDO K, XIONG You-ling. Emulsifying and foaming properties of transglutaminase-treated wheat gluten hydrolysate as influenced by pH, temperature and salt [J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23(1): 72-81.

[11] 韩敏义, 徐幸莲, 林丽军, 等. 兔骨骼肌肌球蛋白的纯化及溶液浊度和溶解度研究[J]. 食品科学, 2004(12): 50-54.

[12] CHELH I, GATELLIER P, SANTE-LHOUELLIER V. Technical note: A simplified procedure for myofibrillar hydrophobicity determination[J]. Meat Science, 2006, 74(4): 681-683.

[13] 吴润锋, 袁美兰, 赵利, 等. 不同辅料对草鱼鱼糜品质的影响[J]. 食品科学, 2014(7): 53-57.

[14] 白登荣, 刘根, 贺雪华, 等. γ -聚谷氨酸复合 TGase 对鸡肉肌原纤维蛋白凝胶特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(1): 104-112.

[15] YONGSAWATDIGUL J, PARK J W. Thermal denaturation and aggregation of threadfin bream actomyosin[J]. Food Chemistry, 2003, 83(3): 409-416.

[16] LAEMMLI U K. Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4[J]. Nature, 1970, 227(5 259): 680-685.

[17] RINCON F, MARTINEZ B, PEREZ-OLMOS R, et al. The roles of pH extraction and colloidal protein solubility in the optimization of spectrophotometric nitrite determination in meat products via response surface methodology[J]. Meat Science, 2008, 80(3): 744-752.

[18] 王中江, 江连洲, 魏冬旭, 等. pH 值对大豆分离蛋白构象及表面疏水性的影响[J]. 食品科学, 2012(11): 47-51.

[19] 马林, 刘东群, 杨华, 等. 正丙醇和异丙醇对水溶液中牛血清白蛋白的构象及其荧光光谱的影响[J]. 化学通报, 2008(1): 56-61.

[20] ZORBA O, KURT S, GENCCELEP H. The effects of different levels of skim milk powder and whey powder on apparent yield stress and density of different meat emulsions[J]. Food Hydrocolloids, 2005, 19(1): 149-155.

[21] THORARINSDOTTIR K A, ARASON S, GEIRSDOTTIR M, et al. Changes in myofibrillar proteins during processing of salted cod (*Gadus morhua*) as determined by electrophoresis and differential scanning calorimetry [J]. Food Chemistry, 2002, 77(3): 377-385.

[22] 黄曼, 卞科. 蛋白质疏水性测定方法研究进展[J]. 粮油食品科技, 2004(2): 31-32.

[23] 李艳青, 孔保华, 杨赫鸿, 等. 自由基氧化引起鲤鱼肌原纤维蛋白结构的变化[J]. 食品科学, 2012(13): 70-74.

[24] MOURE A, SINEIRO J, DOMINGUEZ H, et al. Functionality of oilseed protein products: A review[J]. Food Research International, 2006, 39(9): 945-963.

[25] CHEFTEL J C, CULIOLI J. Effects of high pressure on meat: A review[J]. Meat Science, 1997, 46(3): 211-36.

[26] 马林, 刘东群, 刘春丽, 等. 荧光猝灭法和动态光散射法研究 1-丙醇和 2-丙醇对水溶液中蛋白质构象的影响[J]. 化学学报, 2008(13): 1 546-1 552.

[27] 王婢秋, 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(7): 39-42.

[28] 陈复生, 李里特, 辰巳英三. 分子力对大豆蛋白透明凝胶作用机理研究[J]. 食品科学, 2001(10): 27-32.

[29] CHIN K B, GO M Y, XIONG You-ling. Konjac flour improved textural and water retention properties of transglutaminase-mediated, heat-induced porcine myofibrillar protein gel: Effect of salt level and transglutaminase incubation[J]. Meat Science, 2009, 81(3): 565-572.

[30] 雒宏琳, 潘道东, 孙杨赢, 等. 白酒对浙东白鹅肌原纤维蛋白结构的影响[J]. 现代食品科技, 2016(9): 69-76.

[31] WEDEMEYER W J, WELKER E, NARAYAN M, et al. Disulfide bonds and protein folding[J]. Biochemistry, 2000, 39(15): 4 207-4 216.

信息窗

韩国发布《食品法典》部分修订单

7月13日,韩国食品药品安全处(MFDS)发布第2018-54号告示,对《食品法典》的部分内容进行了修改,其主要修改内容如下:

(1) 修改食品原料的分类。

(2) 新设定以海藻类为原料的加工食品的生产加工标准。

(3) 设定加工食品中无机砷的标准。

(4) 设定了适用微生物标准的面包奶油(面包中充填或涂抹的奶油)的定义,修改即食、方便食品副溶血性弧菌的标准。

(5) 修改样品的采样、处理方法以及相关检测方法。

(6) 反映食品添加剂标准、规格的修改事项,对全部修改事项中的错误事项进行修改。

(7) 修改农产品中2,4-D等4种农药的残留限量标准。

(来源: <http://news.foodmate.net>)

16