

茶多酚-溶菌酶复合保鲜剂对白鲢鱼丸保鲜效果

王当丰¹, 李婷婷^{2,*}, 国竞文¹, 刘楠¹, 励建荣^{1,*}

(1.渤海大学食品科学与工程学院, 生鲜农产品贮藏加工及安全控制技术国家地方联合工程研究中心, 辽宁 锦州 121013;
2.大连民族大学生命科学院, 辽宁 大连 116600)

摘要:为考察茶多酚-溶菌酶复合保鲜剂对鲢鱼丸4℃贮藏过程中食用品质的影响, 采用0.1 g/kg茶多酚+0.3 g/kg溶菌酶、0.2 g/kg茶多酚+0.2 g/kg溶菌酶、0.3 g/kg茶多酚+0.1 g/kg溶菌酶3组不同组合的复合保鲜剂处理鱼丸, 以微生物菌落总数、pH值、挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)值、白度、弹性、硬度、凝胶强度及水分分布为指标对保鲜效果进行分析。结果表明: 与对照组相比, 各处理组鱼丸的白度、弹性及TVB-N值无明显变化, 而微生物菌落总数、pH值、硬度、凝胶强度及水分分布均优于对照组, 且0.1 g/kg茶多酚+0.3 g/kg溶菌酶处理组效果最为显著。这表明茶多酚-溶菌酶复合保鲜剂对鱼丸的外观品质影响较小, 可有效抑制鱼丸贮藏过程中微生物生长及蛋白质的氧化降解, 提升鱼丸的贮藏品质, 延长其货架期。

关键词:白鲢鱼; 复合保鲜剂; 鱼丸; 品质变化; 货架期

Effect of Composite Preservatives Consisting of Tea Polyphenols and Lysozyme on the Quality of Silver Carp Meatballs during Storage

WANG Dangfeng¹, LI Tingting^{2,*}, GUO Jingwen¹, LIU Nan¹, LI Jianrong^{1,*}

(1. National & Local Joint Engineering Research Center of Storage, Processing and Safety Control Technology for Fresh Agricultural and Aquatic Products, College of Food Science and Engineering, Bohai University, Jinzhou 121013, China;
2. College of Life Science, Dalian Minzu University, Dalian 116600, China)

Abstract: This work aimed to evaluate the effect of composite preservatives consisting of tea polyphenols (TPs) and lysozyme (Lys) on the eating quality of silver carp meatballs during storage at 4 °C. Fish meatballs added with 0.1 g/kg of TPs + 0.3 g/kg of Lys (group A), 0.2 g/kg of TPs + 0.2 g/kg of Lys (group B), and 0.3 g/kg of TPs + 0.1 g/kg of sample (group C) were determined for total colony count, pH, TVB-N value, whiteness, springiness, hardness, gel strength and water distribution in order to evaluate the efficiency of preservative combinations in fish meatballs. The results showed that whiteness, springiness, and TVB-N value were not significantly changed in the treatment groups compared with the control group, whereas total colony count, pH, hardness, gel strength and water distribution were better in the treatment groups; group A had the most significant effect. These findings showed that composite preservatives could significantly inhibit microbial growth and the oxidative degradation of proteins and improve the storage quality of fish meatballs, extending the shelf life, while having little impacts on the appearance.

Key words: silver carp; composite preservatives; fish meatballs; quality changes; shelf-life

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20170707036

中图分类号: S984.11

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2017) 07-0224-06

引文格式:

王当丰, 李婷婷, 国竞文, 等. 茶多酚-溶菌酶复合保鲜剂对白鲢鱼丸保鲜效果[J]. 食品科学, 2017, 38(7): 224-229.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20170707036. <http://www.spkx.net.cn>

WANG Dangfeng, LI Tingting, GUO Jingwen, et al. Effect of composite preservatives consisting of tea polyphenols and lysozyme on the quality of silver carp meatballs during storage[J]. Food Science, 2017, 38(7): 224-229. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-20170707036. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2016-07-19

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31301572; 31301418); 中国博士后科学基金项目(2014M552302); 中央高校基本科研业务费专项(DC201501077); 重庆市博士后研究人员科研项目(Xm2014041)

作者简介: 王当丰(1993—), 男, 硕士研究生, 研究方向为水产品贮藏加工与质量安全控制。E-mail: 15941611651@163.com

*通信作者: 李婷婷(1978—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为水产品贮藏加工及质量安全。E-mail: tingting780612@163.com

励建荣(1964—), 男, 教授, 博士, 研究方向为水产品和果蔬贮藏加工、食品安全。E-mail: lijr6491@163.com

白鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*), 又称水鲢、鲢子等、属于鲤形目, 鲤科, 是我国著名的四大家鱼之一^[1]。白鲢因其肉质鲜嫩、营养丰富, 深受消费者喜爱, 此外, 鲢鱼在主要大宗淡水鱼中价格相对较低, 且加工性能优良, 使其成为我国目前加工前景最为看好的淡水鱼种, 也是目前鱼糜制品中广泛采用的原料鱼种之一^[2]。近年来, 随着鱼丸、鱼糕、鱼肠等鱼糜制品的生产与消费日益增多, 以淡水鱼为原料生产冷冻鱼糜制品日益引起国内外食品科技工作者的兴趣^[3]。鱼糜制品营养丰富、食用方便、价格低廉, 近年来受到广大消费者的青睐。但是, 由于鱼糜制品水分含量较高, 蛋白质等营养素丰富, 在贮藏及运输过程中极易发生微生物污染而导致腐败变质, 严重制约鱼糜制品的发展^[4]。此外, 目前鱼糜制品主要依赖冷链(-18℃)运输, 长时间冷冻不仅会极大的损害鱼丸的弹性等感官品质, 而且运输成本较高, 能源资源消耗大^[5]。因此, 通过生物技术结合冷链运输, 实现鱼糜制品的低温贮藏(0~4℃)和流通, 是推动鱼糜制品产业发展的关键环节^[6]。

随着经济和社会发展的进步以及人民群众生活水平的不断提高, 传统的化学防腐保鲜剂不能满足消费者对食品安全的要求, 而生物保鲜剂具有高效、安全、可代谢降解等特点, 使其越来越多地被应用于食品保鲜领域^[7]。相关研究表明, 将不同生物保鲜剂进行复配使用, 不仅能够增强保鲜剂的抑菌谱, 发挥协同作用, 提高保鲜效果, 还能有效降低单一保鲜剂的使用量, 从而减少其对食品品质的不良影响^[8]。

茶多酚及溶菌酶是目前广泛使用的生物类防腐保鲜剂, Fan等^[9]研究表明, 茶多酚可有效延长鲤鱼的货架期。溶菌酶能够通过降解多糖分子中N-乙酰胞壁酸与N-乙酰氨基葡萄糖之间的 β -1,4糖苷键, 进而破坏细菌的细胞壁^[10]。Takahashi等^[11]将溶菌酶应用于金枪鱼的保鲜并取得有益效果。但目前, 鲜少有将茶多酚及溶菌酶进行复配应用于鱼糜制品保鲜的报道。本实验按不同比例对茶多酚及溶菌酶进行复配, 通过分析保鲜剂处理的鱼丸样品的品质变化, 考察茶多酚-溶菌酶复配保鲜剂对鲢鱼鱼丸保鲜效果的影响, 旨在为鲢鱼鱼丸的贮藏、保鲜提供一定理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

白鲢鱼鱼糜 湖北省洪湖市井力水产食品有限公司; 茶多酚(多酚含量98.36%, 其中儿茶素含量82.31%, 表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechin gallate, EGCG)含量47.04%) 浙大茶叶科技有限公司; 溶菌酶 广西南宁庞博生物有限公司。

1.2 仪器与设备

TA-XT-Plus质构仪 英国Stable Micro Systems公司; NMI20核磁共振分析仪 上海纽迈电子科技有限公司; CR-400色彩色差计 杭州祥盛科技有限公司; SW-CJ-2FD超净工作台 苏景集团苏州安泰技术有限公司; 凯氏定氮仪 丹麦FOSS公司; MLS-3030CH立式高压灭菌锅 三洋电机(广州)有限公司; LRH系列生化培养箱 上海一恒科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 样品处理

白鲢鱼鱼丸制作工艺流程: 流水解冻白鲢鱼鱼糜(65%)→斩拌1 min→淀粉(15%~20%)、盐(3%)、水(15%)、保鲜剂(表1)→继续斩拌20 min→成型→水浴(40~45℃)凝胶化20 min→沸水煮3 min→冷却→包装→4℃贮藏。以不加保鲜剂的鱼丸为对照组。

表1 复合保鲜剂配方
Table 1 The formula of composite preservative

组别	茶多酚添加量	溶菌酶添加量
处理组A	0.1	0.3
处理组B	0.2	0.2
处理组C	0.3	0.1

1.3.2 菌落总数测定

按照GB 4789.2—2010《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》进行稀释平板计数法测定。

1.3.3 pH值测定

参考Arashisar等^[12]的方法稍加修改。取5 g绞碎的样品置于烧杯中, 加入45 mL煮沸后冷却的蒸馏水, 均质后静置30 min, 取上清液用pH计测定其pH值。

1.3.4 挥发性盐基氮值的测定

参考FOSS应用子报^[13]中挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)值测定方法稍加改动。准确称取10 g搅碎的样品置于蒸馏管中, 依次加入50 mL蒸馏水和1 g氧化镁粉末, 再用凯氏定氮仪进行测定。

1.3.5 质构分析

将鱼丸切成1.5 cm³的立方体, 使用质构分析仪进行质构特性分析。参数设置为: 测量前探头下降速率: 3.0 mm/s; 测试速率: 0.5 mm/s; 测量后探头回程速率: 3.0 mm/s; 针入距离: 3 mm; 触发力值: 5 g; 探头类型: p/5。

1.3.6 白度测定

使用色差计测量, 测定亮度值L*、红绿值a*和黄蓝值b*, 白度通过以下公式计算:

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

1.3.7 低场核磁共振分析

将鱼丸切成1 cm³的立方体, 放于核磁管内, 每

组测3次,取平均值。利用Carr-Purcell-Meiboom-Gill (CPMG)脉冲序列测定鱼丸水分的横向弛豫时间 T_2 ,参数:线圈直径:15 mm;频率:22.913 MHz;温度:(32.00±0.01)℃;采样点数:400 146;脉冲间隔时间:250 μs;累加次数:8;回波个数:8 000。

1.3.8 凝胶强度测定

用TA-XT-Plus型质构仪测定,将鱼丸切成1.5 cm³的立方体,用P 0.5s探头测其凝胶强度。选择压缩模式,检测速率1 mm/s,穿刺深度25 mm。凝胶强度表示为穿刺强度与刺破凝胶制品时探头所走距离之积,即凹陷深度(cm)穿刺曲线第一个峰的乘积,每样做3个平行。

1.4 数据分析

用Excel 2013软件及Origin 8.0 pro软件进行数据统计及作图,利用SPSS软件进行方差重复测量方差分析,差异显著性水平设置为 $P<0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 鱼丸4℃贮藏过程中菌落总数的变化

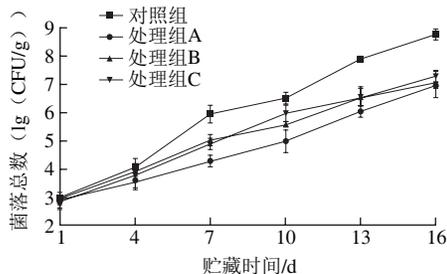


图1 鱼丸4℃贮藏过程中菌落总数的变化趋势

Fig. 1 Change in total colony number in fish meatballs during storage at 4°C

在众多因素中,微生物的生长及繁殖是导致鱼丸腐败变质的最主要原因^[14]。由图1可知,贮藏期内鱼丸的菌落总数不断升高,且处理组样品的菌落总数显著低于对照组($P<0.05$),其中尤以处理组A的效果最为明显。这说明保鲜剂的添加能够有效抑制鱼丸中微生物的生长,而处理组A效果较好,是因为处理组A中溶菌酶含量较B、C两组更高,说明溶菌酶具有比茶多酚更好的抑菌效果。GB 10132—2005《鱼糜制品卫生标准》规定,鱼丸的细菌总数最高不应超过5.00 (lg (CFU/g))。本实验中,对照组第7天菌落总数达到5.95 (lg (CFU/g)),已超出国标中的卫生标准,而处理组A、B、C第7天菌落总数仅为4.03、5.04、4.90 (lg (CFU/g)),其中处理组A第10天菌落总数为5.00 (lg (CFU/g)),刚刚达到安全标准的临界值。这说明复配保鲜剂能有效延长鱼丸的货架期到10 d。

2.2 鱼丸4℃贮藏过程中pH值的变化

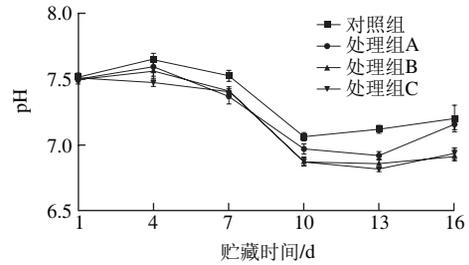


图2 鱼丸4℃贮藏过程中pH值的变化趋势

Fig. 2 The change in pH of fish balls during at 4°C storage

经不同处理的鱼丸样品的pH值变化情况如图2所示,可以看出,全部样品在贮藏过程中的pH值均相对稳定,且不同样品的pH值变化趋势相近,这与李婷婷等^[15]的研究结果一致。在贮藏初期和中期,各组样品pH值总体呈现下降趋势,这是因为一方面,鱼丸中的淀粉逐渐水解并产生呈酸性的糖类物质;另一方面,鱼丸中的细菌利用小分子有机物发酵产酸使pH值下降。而贮藏后期,各组样品pH值又有所上升,这是由于此时微生物的大量繁殖将鱼丸中所含的蛋白质分解代谢产生如胺、三甲胺等碱性化合物,从而使pH值上升^[16]。处理组pH值始终低于对照组,且两者之间差异显著($P<0.05$),由此可以推断,保鲜剂的添加能够通过抑制微生物的生长及其代谢降解作用来减少碱性物质的产生,从而减缓样品贮藏过程中pH值的升高^[17]。

2.3 鱼丸4℃贮藏过程中TVB-N值的变化

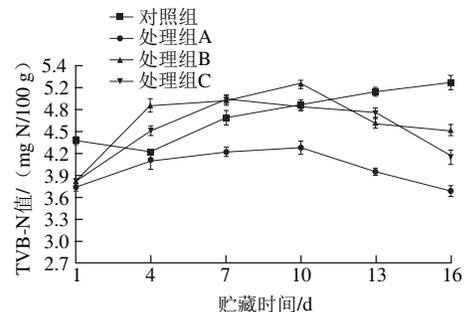


图3 鱼丸4℃贮藏过程中TVB-N值的变化趋势

Fig. 3 Change in TVB-N value of fish meatballs during storage at 4°C

鱼丸在贮藏过程中易在酶与微生物的作用下,产生三甲胺、有机酸、硫化物、醛酮类等腐败异味代谢产物,使TVB-N值迅速上升,因此其能有效地表征水产品新鲜度的变化^[18]。添加不同比例复配保鲜剂的样品在贮藏过程中TVB-N值变化情况如图3所示,结果表明,全部样品在整个贮藏期内的TVB-N值始终处于较低水平,这可能是由于鱼丸加热过程中破坏了如蛋白酶等能够促使TVB-N值升高的酶类^[19]。对照组样品TVB-N值在贮藏期内呈现缓慢上升趋势,且贮藏前期略低于处理组,这

是由于鱼丸的蒸煮过程难以保证对内源性酶的破坏程度相同导致的。而处理组样品总体呈现先升高后降低的趋势,这与刘开华等^[20]的研究结果一致。这是因为在贮藏前中期,微生物快速繁殖并分解蛋白产生了大量的胺类物质,进而使TVB-N值升高。而贮藏后期TVB-N值有所下降,这是因为不同贮藏期适合不同微生物的生长繁殖,贮藏前期较适合中温菌和好氧菌生长,贮藏后期较适合嗜冷菌生长,而嗜冷菌的代谢速率低于中温菌及好氧菌^[21],因此使贮藏后期含氮物质产生速率低于贮藏前期且不及其自身挥发速率,使TVB-N值下降。就整体而言,处理组样品贮藏后期TVB-N值明显低于对照组,说明保鲜处理对鱼丸的TVB-N值增长有一定的抑制作用,处理组A样品TVB-N值显著低于对照组 ($P < 0.05$),且在全部样品中始终保持最低,到达贮藏终点时仅为3.68 mg N/100 g,说明处理组A复配比例较其他两组而言对鱼丸的保鲜效果更好。

2.4 鱼丸4 °C贮藏过程中硬度及弹性的变化

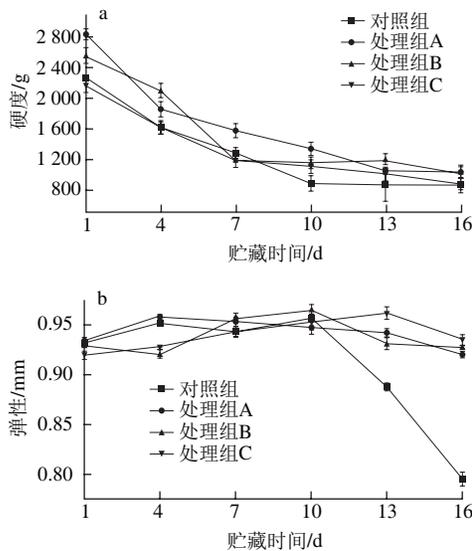


图4 鱼丸4 °C贮藏过程中硬度 (a) 及弹性 (b) 的变化趋势
Fig. 4 The change in hardness (a) and springiness (b) of fish balls during at 4 °C storage

鱼丸贮藏过程中会不断发生腐败变质,其质地也会随之改变。TPA作为一种近年来快速发展的新型检测方法,能够通过两次压缩来模拟人的口腔运动,并对样品特性做出数据化的准确表达^[22]。因此,该方法相较于传统感官评定更加客观、有效。鱼丸贮藏过程中的硬度变化如图4a所示,处理组及对照组在贮藏过程中的硬度值均呈现持续下降趋势,这是由于鱼丸中的蛋白质在冷藏条件下凝结核变性,骨架蛋白遭到破坏,减弱了肌原纤维蛋白形成空间网络结构的能力^[23],且在贮藏过程中微生物大量繁殖,降解并破坏了蛋白质空间结构的完整性,从而导致鱼丸硬度下降。在贮藏后期(10~16 d),处理

组的硬度值始终高于对照组,这是由于复配保鲜剂中的茶多酚能够络合鱼丸中的蛋白质,从而减缓其降解。

弹性是衡量鱼丸品质的重要指标,通常将其概括为伸缩性、延展性、咀嚼度及组织感的综合体现^[24]。鱼丸贮藏过程中的弹性变化情况如图4b所示,可以看出,在整个贮藏期内处理组的弹性值并无显著变化 ($P > 0.05$),且始终维持在较高水平。反观对照组贮藏后期的弹性值快速下降并显著低于处理组 ($P < 0.05$),这是因为一方面,贮藏后期微生物的代谢产物积聚改变了贮藏环境及pH值,进而破坏了构成蛋白质网络结构的化学键如二硫键等;另一方面,鱼丸弹性受到肌球蛋白含量的显著影响,贮藏后期,微生物的降解使鱼丸肌球蛋白含量降低,导致其结合水的能力下降,从而导致鱼丸弹性下降^[25]。综上所述,3组保鲜剂的添加均能都有效地防止鱼丸弹性下降并提升其感官品质。

2.5 鱼丸4 °C贮藏过程中白度的变化

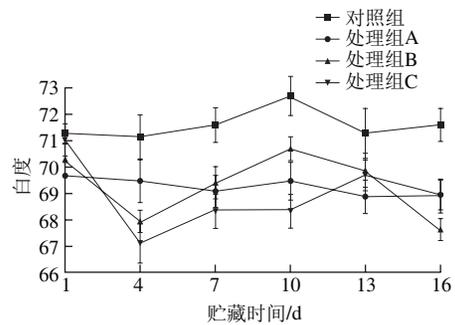


图5 鱼丸4 °C贮藏过程中白度的变化趋势
Fig. 5 Change in whiteness of fish meatballs during storage at 4 °C

白度是评价鱼丸物理品质的重要指标,其通过色差计测得的L*、a*、b*值经Fujii公式换算得出,能够反映鱼丸的色泽和品质等级^[26]。由图5可知,在整个贮藏期内,处理组样品的白度略低于对照组,这是由于保鲜剂中含有呈黄褐色且附着能力较强的茶多酚,使鱼丸白度有所下降。处理组B及处理组C的白度在第4天显著下降 ($P < 0.05$),这是因为茶多酚在碱性环境下极易发生氧化褐变。而处理组A在整个贮藏期内并无显著变化 ($P > 0.05$),这可能是因为处理组A中的茶多酚含量相较B、C两组较低,对鱼丸的颜色变化影响较小。从整体来看,虽然各处理组的白度较对照组有所降低,但下降幅度并不明显,最大降幅仅为8.2%,且肉眼难以在感官上加以分辨,因此可以认为保鲜剂的添加对鱼丸的白度并无决定性影响。

2.6 鱼丸4 °C贮藏过程中凝胶强度的变化

凝胶强度是评价鱼糜制品品质的重要指标,在鱼糜制品加工及贮藏过程中产生的凝胶劣化现象是制约水产品深加工的瓶颈之一。过去的研究表明,鱼糜制品的凝胶强度主要受原料鱼种类、加热方式、贮藏温度、添加

剂及新鲜度等条件影响。图6为鱼丸贮藏期内凝胶强度的变化情况,贮藏期内4组样品的凝胶强度均呈现下降趋势,这是因为贮藏过程中鱼丸中的蛋白结构在微生物及低温环境的作用下变得松散,使其保水性降低,凝胶强度下降。除此之外,贮藏过程中pH值的变化使凝胶体系中疏水相互作用与静电排斥力之间的平衡遭到破坏,这也破坏蛋白质的凝胶体系。整体而言,处理组样品的凝胶强度在贮藏期内始终高于对照组,并与菌落总数及硬度实验显示出良好的相关性,其中处理组A效果最为显著($P < 0.05$)。这是因为保鲜剂中的茶多酚成分既能够还原部分被氧化的蛋白质巯基,也能够抑制鱼丸中内源性蛋白酶的活性,进而延缓鱼丸凝胶强度的劣变。

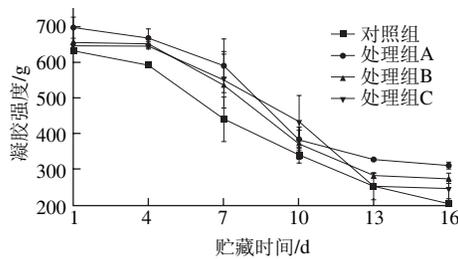


图6 鱼丸4 °C贮藏过程中凝胶强度的变化趋势

Fig. 6 Change in gel strength of fish meatballs during storage at 4 °C

2.7 鱼丸4 °C贮藏过程中水分分布变化

表2 鱼丸4 °C贮藏过程中水分分布变化

Table 2 Change in water distribution of fish meatballs during storage at 4 °C

水分分布	组别	贮藏时间/d					
		1	4	7	10	13	16
结合水含量/%	对照	2.82±0.03 ^{ac}	1.73±0.02 ^{bd}	1.76±0.01 ^{bb}	1.65±0.57 ^{ab}	1.61±0.05 ^{ab}	1.48±0.23 ^{ac}
	A	3.20±0.38 ^{aa}	1.85±0.12 ^{ba}	2.10±0.23 ^{ba}	1.55±0.29 ^c	1.55±0.24 ^{cb}	1.57±0.02 ^b
	B	2.28±0.03 ^{ad}	1.55±0.18 ^{bd}	2.04±0.09 ^{ba}	2.07±0.24 ^{ba}	1.47±0.05 ^{cc}	1.63±0.14 ^{ca}
	C	2.94±0.17 ^{ab}	1.67±0.06 ^{bc}	1.48±0.09 ^c	1.51±0.11 ^c	1.49±0.18 ^{cc}	1.16±0.27 ^{bd}
不易流动水含量/%	对照	95.96±0.08 ^{ab}	95.95±0.04 ^{ac}	95.18±0.20 ^{ba}	94.12±1.01 ^{bd}	94.29±0.14 ^{cb}	93.92±0.53 ^{ca}
	A	95.66±0.24 ^{bd}	96.11±0.07 ^{ba}	95.12±0.25 ^{ca}	94.54±0.64 ^{da}	94.52±0.09 ^{ba}	93.99±0.62 ^{ca}
	B	96.40±0.26 ^{ca}	96.03±0.17 ^{bb}	94.92±0.23 ^c	93.92±0.87 ^{bc}	94.09±0.10 ^{cb}	93.78±0.05 ^{cb}
	C	95.77±0.17 ^{bc}	95.62±0.45 ^{bd}	95.02±0.20 ^{cb}	94.19±0.08 ^{db}	93.88±0.48 ^{cb}	94.27±0.11 ^{cb}
自由水含量/%	对照	1.22±0.11 ^b	2.32±0.03 ^{cc}	3.06±0.21 ^{ab}	4.23±0.44 ^{ca}	4.10±0.09 ^{cc}	4.60±0.31 ^{ca}
	A	1.14±0.14 ^{cc}	2.04±0.19 ^{bd}	2.78±0.02 ^c	3.91±0.36 ^{bc}	3.92±0.15 ^{bd}	4.44±0.64 ^{cc}
	B	1.32±0.23 ^{ca}	2.41±0.01 ^{ab}	3.04±0.14 ^{ab}	4.02±0.63 ^{bb}	4.44±0.14 ^{ab}	4.58±0.18 ^{ab}
	C	1.30±0.02 ^{ca}	2.71±0.39 ^{ca}	3.50±0.10 ^{da}	4.29±0.04 ^{ca}	4.64±0.30 ^{ca}	4.57±0.16 ^{ab}

注:同行肩标小写字母不同表示组内显著差异($P < 0.05$);同列肩标大写字母不同表示组间显著差异($P < 0.05$)。

低场核磁共振是检测食品中水分迁移及肌肉结构变化的有效手段,通过检测质子在磁场中的弛豫性来获得水分分布信息^[27]。因其灵敏度高、对样品损伤较小等特点已被广泛应用于检测鱼糜制品的水分状态^[28]。鱼丸贮藏过程中各组分水所占比例见表2,新鲜鱼丸中的水分以不易流动水居多,保持在95%左右,而自由水含量最少,仅占1%左右,这是因为淀粉的加入使自由水渗透入

淀粉分子内,同时在氢键的作用下,与淀粉分子的羟基结合,从而导致整个鱼丸体系中的游离水减小^[29]。就整个贮藏期而言,不易流动水比例含量并无显著变化,而结合水比例逐渐减小,自由水比例上升。这是因为蛋白质、淀粉等大分子在氢键的作用下,通过羧基和氨基紧密网合结合水,而微生物的生长繁殖破坏了蛋白的网络结构,导致部分连接蛋白与水的氢键断裂,从而使结合水析出并转化为体系中的自由水^[30]。处理组样品中,结合水向自由水转化的速率较对照组低,且处理组A效果最为明显。这是因为保鲜剂能够通过抑制微生物的活动及络合鱼丸中的蛋白来保护其网络结构,进而增强其对水的束缚能力。这说明保鲜处理能够有效防止鱼丸的汁液流失,提高其品质。

3 结论

通过对鱼丸样品菌落总数、pH值、TVB-N值、弹性、硬度、白度、凝胶强度及水分分布等指标进行分析,比较了复配保鲜剂对4 °C冷藏条件下鲢鱼鱼丸的保鲜效果。结果表明,与对照组相比,处理组鱼丸的白度、弹性及TVB-N值变化不显著,这表明复配保鲜剂的添加对鱼丸的外观品质影响不大,而菌落总数、pH值、硬度、凝胶强度及水分分布均显著优于对照组,且处理组A(0.1 g/kg茶多酚+0.3 g/kg溶菌酶)效果最为显著,这表明茶多酚-溶菌酶复配保鲜剂能有效抑制鱼丸贮藏过程中的微生物生长及蛋白质氧化降解。综上所述,茶多酚-溶菌酶复配保鲜剂可有效提高鱼丸的贮藏品质,延长其货架期。

参考文献:

- 马海建,施文正,付强,等.漂洗过程中白鲢鱼糜风味物质变化的分析[J].现代食品科技,2015,31(7):354-360. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.7.055.
- 张呈峰.白鲢鱼糜制品加工关键工艺及酶解白鲢鱼内脏的研究[D].北京:中国农业大学,2003:3. DOI:10.7666/d.y556789.
- 施珍珍,陈舜胜,王慧,等.卵清蛋白对白鲢鱼糜凝胶性能的影响[J].食品与发酵工业,2015,41(12):70-74. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201512013.
- 余永名,仪淑敏,徐永霞,等.鲢鱼与金线鱼混合鱼糜的凝胶特性[J].食品科学,2016,37(5):17-22. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201605004.
- 励建荣,林毅,朱军莉,等.茶多酚对梅鱼鱼丸保鲜效果的研究[J].中国食品学报,2009,9(6):128-132. DOI:10.3969/j.issn.1009-7848.2009.06.021.
- 谢晶,侯伟峰,朱军伟,等.复合生物保鲜剂在南美白对虾防黑变中的应用[J].农业工程学报,2012,28(5):267-272. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2012.05.044.
- 蓝蔚青,车旭,谢晶,等.复合生物保鲜剂对荧光假单胞菌的抑菌活性及作用机理[J].中国食品学报,2016,16(8):159-165. DOI:10.16429/j.1009-7848.2016.08.022.
- 张璨晶,唐劲松,王海波,等.溶菌酶、Nisin、壳聚糖复合保鲜剂对冰鲜银鲳保鲜效果的研究[J].食品工业科技,2014,35(4):323-326.

- [9] FAN W, CHI Y, ZHANG S. The use of tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during storage in ice[J]. Food Chemistry, 2008, 108(1): 148-153.
- [10] 鲁吉珂, 郝利民, 陶如玉, 等. 不同纯度茶多酚和茶黄素的抗氧化活性[J]. 食品科学, 2015, 36(17): 17-21. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201517004.
- [11] TAKAHASHI H, KURAMOTO S, MIYA S, et al. Use of commercially available antimicrobial compounds for prevention of *Listeria monocytogenes* growth in ready-to-eat minced tuna and salmon roe during shelf life[J]. Journal of Food Protection, 2011, 74(6): 994-998.
- [12] ARASHISAR S, HISAR O, KAYA M, et al. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets[J]. International Journal of Food Microbiology, 2004, 97(2): 209-214. DOI:10.1016/j.foodres.2010.10.029.
- [13] Foss公司. ASN 3140 鲜鱼和冻鱼中挥发性盐基氮(TVB-N)的测定[J]. FOSS应用子报, 2002: 8-12.
- [14] 陈晓眠, 吴晓萍, 邓楚津, 等. 壳聚糖和茶多酚对罗非鱼冷藏保鲜效果比较[J]. 现代食品科技, 2011, 27(3): 279-282; 320. DOI:10.3969/j.issn.1673-9078.2011.03.010.
- [15] 李婷婷, 励建荣, 胡文忠, 等. 大蒜提取物对冷藏蔬菜鱼丸品质的影响[C]//中国食品科学技术学会第九届年会论文集. 北京: 中国食品科学技术学会, 2012: 243.
- [16] GOULAS A E, KONTOMINAS M G. Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on the shelf-life of refrigerated chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes[J]. European Food Research and Technology, 2007, 224(2): 545-553.
- [17] 刘晓华, 马丽珍, 郭耀华, 等. 不同保鲜剂对4℃冷藏鲢鱼鱼糜保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(24): 316-320. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201424061.
- [18] 秦娜, 宋永令, 罗永康, 等. 鱼类贮藏保鲜技术研究进展[J]. 肉类研究, 2014, 30(12): 28-32.
- [19] KÖSE S, BORAN M, BORAN G. Storage properties of refrigerated whitening mince after mincing by three different methods[J]. Food Chemistry, 2006, 99(1): 129-135.
- [20] 刘开华, 邢淑婕. 虾青素联合茶多酚对南湾鲷鱼丸保鲜效果的研究[J]. 食品科技, 2013, 38(1): 164-167.
- [21] 沈萍. 微生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 143-144.
- [22] GEORGE N. Effectiveness of spices on the quality and storage stability of freeze-dried fish balls[J]. Fishery Technology, 2011, 48(2): 133-140.
- [23] SIDDAIAH D, REDDY G V S, RAJU C V, et al. Changes in lipids, proteins and kamaboko forming ability of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) mince during frozen storage[J]. Food Research International, 2001, 34(1): 47-53.
- [24] 叶红, 龙玉平, 黄琴, 等. 斑点叉尾鲷鱼丸弹性的研究[J]. 肉类工业, 2012(1): 36-39. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2012.01.016.
- [25] YI S, LI J, ZHU J, et al. Effect of tea polyphenols on microbiological and biochemical quality of *Collichthys* fish ball[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2011, 91(9): 1591-1597. DOI:10.1002/jsfa.4352.
- [26] 师萱, 陈娅, 符宜谊, 等. 色差计在食品品质检测中的应用[J]. 食品工业科技, 2009, 30(5): 373-375.
- [27] STRAADT I K, THYBO A K, BERTRAM H C. NaCl-induced changes in structure and water mobility in potato tissue as determined by CLSM and LF-NMR[J]. LWT-Food Science and Technology, 2008, 41(8): 1493-1500. DOI:10.1016/j.lwt.2007.09.007.
- [28] GUDJÓNSDÓTTIR M, LAUZON H L, MAGNÚSSON H, et al. Low field nuclear magnetic resonance on the effect of salt and modified atmosphere packaging on cod (*Gadus morhua*) during superchilled storage[J]. Food Research International, 2011, 44(1): 241-249.
- [29] 成昕, 张锦胜, 钱菲, 等. 核磁共振技术研究普通玉米淀粉与玉米抗性淀粉对肉糜持水性的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(7): 21-24.
- [30] 秦影, 汤海青, 欧昌荣, 等. 超高压处理对大黄鱼鱼糜水分状态和蛋白质结构的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(23): 246-252. DOI:10.11975/j.issn.1002-6819.2015.23.033.