

不同鸡肉与金线鱼糜混合比例香肠的凝胶品质对比

仪淑敏¹, 杨领¹, 赵珺泽¹, 李学鹏¹, 牟伟丽², 励建荣¹, 谢晶³, 沈琳⁴

(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, 国家鱼糜及鱼糜制品加工技术研发分中心, 辽宁锦州 121013) (2. 蓬莱京鲁渔业有限公司, 山东烟台 265600)

(3. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306) (4. 大连东霖食品股份有限公司, 辽宁大连 116100)

摘要: 本文以鸡肉和金线鱼糜为原料, 按照不同比例进行混合 (m 鸡肉: m 金线鱼糜分别为 1:1、3:1、5:1、7:1, 空白组为鸡肉香肠和金线鱼肠), 研究了金线鱼-鸡肉香肠的凝胶特性。结果表明: 鸡肉与鱼糜的比例为 5:1 时金线鱼-鸡肉香肠的凝胶强度高于其他组; 相比纯鸡肉香肠和金线鱼肉香肠分别提高了 12.71%、6.03%。当鸡肉与鱼糜的比例为 5:1 时, 样品内部的不易流动水含量最高; 与其他样品相比, 此比例下孔洞的形状较为平整、圆滑; 微观三维结构更为致密、均匀; 肌原纤维蛋白重链条带在此比例下颜色较浅, 此时蛋白质聚集程度较强。鸡肉与鱼糜的比例为 7:1 时金线鱼-鸡肉香肠的持水性最高, 比鱼肉香肠提高了 8.22%; 鸡肉香肠的白度值比金线鱼肉香肠高 23.51%, 而随着鸡肉含量占比的上升白度值从 65.37 上升至 75.71。综上所述, 在鸡肉与金线鱼糜的比例为 5:1 时样品的凝胶品质最好。

关键词: 鸡肉; 金线鱼糜; 凝胶特性; 肌原纤维蛋白

文章编号: 1673-9078(2020)05-207-213

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.5.028

Comparison of Gelation Properties on Different proportions of Chicken -

Nemipterus-virgatus Surimi Mixture Sausage

YI Shu-min¹, YANG Ling¹, ZHAO Jun-ze¹, LI Xue-peng¹, MU Wei-li², LI Jian-rong¹, XIE Jing³, SHEN Lin⁴

(1. College of Food Science and Technology, Bohai University; National & Local Joint Engineering Research Center of Storage, Processing and Safety Control Technology for Fresh Agricultural and Aquatic Products; National R & D Branch

Center of Surimi and Surimi Products Processing; Jinzhou 121013, China) (2. Penglai Jinglu Fishery Co.Ltd; Yantai

265600, China) (3. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

(4. Dalian DongLin Food Co, Ltd, Dalian 116100, China)

Abstract: In this paper, mix with different proportions (M chicken: M *Nemipterus virgatus* surimi were 1:1, 3:1, 5:1, 7:1; and the blank group was chicken sausage and *Nemipterus-virgatus* sausage), the gel properties of *Nemipterus virgatus*-chicken sausage were studied. The results showed that the gel strength of the sausage with the proportion of chicken and surimi (5:1) was the highest, and was improved by 12.71% and 6.03% respectively, compared with the chicken sausage and fish sausage. When the proportion of chicken and surimi was 5:1, compared with chicken sausage and fish sausage, the content of non-mobile water in the sample of 5:1 was the highest, and the relaxation time (T_{22}) was 14.83 ms shorter than that of pure *Nemipterus virgatus* sausage. Compared with other samples, the shape of the hole under this ratio was smooth. The microstructure was denser and more uniform. The myofibrin aggregation was stronger. When the proportion of chicken and surimi was 3:1, the water holding capacity of *Nemipterus virgatus*-chicken sausage was the highest, which was 8.22% higher than that of fish sausage. The

引文格式:

仪淑敏, 杨领, 赵珺泽, 等. 不同鸡肉与金线鱼糜混合比例香肠的凝胶品质对比[J]. 现代食品科技, 2020, 36(5): 207-213

YI Shu-min, YANG Ling, ZHAO Jun-ze, et al. Comparison of gelation properties on different proportions of chicken - *Nemipterus-virgatus* surimi mixture sausage [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(5): 207-213

收稿日期: 2019-12-13

基金项目: 辽宁省重点研发计划指导计划项目(2017205004); 辽宁省教育厅高水平创新团队(境)外培养项目(辽教函(2018)225号); 中央引导地方科技发展专项资金项目(2018107005); 辽宁省“兴辽英才计划”青年拔尖人才项目, (XLYC1807133)

作者简介: 仪淑敏(1980-), 教授, 研究方向: 水产品加工与质量安全控制

通讯作者: 励建荣(1964-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 水产品加工与质量安全控制

whiteness of chicken sausage was 23.51% higher than that of *Nemipterus virgatus* sausage. The whiteness increased from 65.37 to 75.71 as the proportion of chicken increased. The gel properties of the sample was the best when the ratio of chicken to fish surimi was 5:1.

Key words: chicken; *Nemipterus virgatus*; gel properties; myofibrin

鸡肉是我国一种主要食用肉类, 具有高蛋白、低脂肪、富含维生素等特点且含有较多的 B 族维生素, 可以起到抗疲劳、保护皮肤等作用^[1-2]。鸡肉肠是一种将鸡肉经斩拌、灌装、加热后而制成的一种产品。在一系列的加工过程中鸡肉内部的肌原纤维蛋白发生变性, 从而交联成致密的网状结构, 并形成一种具有较好风味和质地的鸡肉糜类制品。凝胶特性是衡量鸡肉糜类制品的品质的重要因素。由于鸡肉内部蛋白纤维的特殊性导致鸡肉糜类制品的弹性较差风味较单一^[3], 降低了其利用价值, 影响了鸡肉糜类制品的开发。

目前有很多关于改善鸡肉肠品质的研究, 如郝娟^[4]等人研究了复合磷酸盐、大豆分离蛋白、卡拉胶对鸡肉肠出品率的影响, 研究表明复合磷酸盐、大豆分离蛋白、卡拉胶对于鸡肉的出品率有一定提高作用; 林丽军^[5]等人研究了磷酸盐和转谷氨酰胺酶对鸡肉肠出品率和硬度的影响, 研究表明复合磷酸盐的添加对鸡肉肠的出品率有一定的提高作用, 而添加适量转谷氨酰胺酶对鸡肉肠的硬度有一定程度的提高; 刘媛^[6]等人研究了添加超细粉碎盐焗鸡骨泥对鸡肉肠品质的影响, 研究表明添加骨泥会对鸡肉肠的白度和质构产生一定量的影响, 呈先下降后上升趋势, 当骨泥的添加量为 12% 时鸡肉肠的感官评价为最佳; 冯美琴^[7]等人研究了水溶性胶对鸡肉肠质构的影响, 但是研究表明其作用并不显著, 对于鸡肉肠制品的硬度还有一定的降低; 黄群^[8]等研究了超高压对鸡肉糜品质的影响, 其研究表明超高压处理能够改善低盐海藻鸡胸肉糜的品质。目前关于鸡肉与其他水产类制品相混合来提高凝胶特性的研究还较为空白。

鱼糜是将新鲜的鱼经过采肉、漂洗、脱水后而得到的一种肌原纤维蛋白聚合物, 其制品具有较好的风味与口感深得消费者的喜爱, 市场上较为常见的鱼糜类制品有鱼丸、鱼肠等。因为鱼糜本身具有较好的凝胶特性和感官特性, 因此我们利用鱼糜与其他肉糜类制品相混合, 来提高混合制品的凝胶强度以及风味。目前有很多关于混合鱼糜制品的研究, 如何晓萌^[9]等研究了罗非鱼与海水鱼混合鱼糜的凝胶特性研究, 研究表明混合鱼糜的凝胶特性、白度以及肌原纤维蛋白含量均高于纯罗非鱼糜; 陈汉勇^[10]等人研究了将罗非鱼、红杉鱼、带鱼三种鱼糜按照梯度两两混合后对混合制品凝胶特性的影响, 结果表明罗非鱼糜-红杉鱼糜可以作为一种高档鱼糜类制品的原料; 而罗

非鱼糜-带鱼糜混合制品的凝胶强度有一定的改善。以上研究大都表明混合鱼糜类制品的凝胶品质都有不同程度的提升, 同时也提高了一些价值较低的鱼类的利用价值。目前利用鱼糜与畜禽类肉糜混合制品品质的研究较为空白。本研究采用市场上较为常见的金线鱼, 金线鱼隶属于鲈形目、金线鱼科, 体呈椭圆形、稍延长, 具有丰富的营养价值, 是比较常见的一种鱼糜类食品原料鱼, 其内部也含有较为丰富的内源性酶, 具有较大的研究价值^[11]。本研究将鸡肉与金线鱼糜进行混合, 以期利用金线鱼糜中含有的谷氨酰胺转氨酶来促进鸡肉和鱼糜中蛋白质的交联, 同时利用鱼糜中的内源性蛋白酶来破坏鸡肉中蛋白纤维束的结构, 使更多的肌原纤维蛋白释放出进行交联, 在几种不同的混合比例下来研究其凝胶特性变化规律, 以此来深入对鸡肉糜与鱼糜制品的研究与开发, 为提高相关肉糜类制品品质的研究提供理论基础。

1 实验材料及设备

1.1 材料

新鲜鸡胸肉购于锦州万达万维超市; 金线鱼糜 (SA 级) 购于青岛锦灿食品有限公司; 食盐购于凌海市食盐专营公司。

1.2 仪器及设备

UMC5 真空斩拌机, 德国 Stephan 公司; YSN 立式灌肠机, 广州优连食品加工机械有限公司; TA-XT-Plus 质构仪, 英国 Stable Micro Systems 公司; CR-400 色彩色差计, 日本 Minolta 公司; HH-4 数显恒温水浴锅, 常州国华电器有限公司; FJ200-SH 数显高速分散均质机, 上海标本模型厂; 台式高速冷冻离心机, Thermo Fisher Scientific 公司; 80-k 正置显微镜, 日本尼康; INMI20 型核磁共振成像, 上海纽迈电子科技有限公司; Bio-Rad 电泳仪, 美国 Bio-Rad 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 凝胶制备

工艺流程:

鸡胸肉和鱼糜通过静水解冻→按设定比例混合 (实验组: 经过斩拌的鸡肉按照 1:1、3:1、5:1、7:1 的比例与金线鱼糜混合; 对照组: 以鸡肉和金线鱼糜作为空白对照)→空斩 3 min→

加入 2.5% 的食盐斩拌 2 min→将水分含量调节为 80% 后继续斩拌 2 min→灌肠（直径 2.5 cm）→两段加热形成凝胶（水浴加热 40 ℃ 30 min，水浴加热 90 ℃ 20 min）。

所有样品于 4 ℃ 条件下冷藏。

1.3.2 凝胶强度的测定

将样品切至直径为 2.5 cm，高为 2.5 cm 的圆柱体，于室温下静置 30 min 后，置于 TA-XT plus 型物性分析仪上利用凝胶强度分析模式进行测定^[11]。每组样品测 10 份平行。

参数设定：探头型号为 P/5S（球形探头直径为 5 mm）；测定速率为 1 mm/s；穿刺距离为 15 mm；触发力为 10 g。

1.3.3 持水性的测定

将样品切成 5 mm 厚薄片，使用电子天平准确称量 M_1 ，用三层滤纸包好后将样品放入 50 mL 离心管中，4 ℃ 条件下 5000 r/min 离心 15 min 后将样品取出，精确称质量 M_2 ^[12]。每组样品测 4 份平行数据进行对照。持水性的计算公式如下。

$$\text{持水性}/\% = \frac{M_2}{M_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中： M_1 为样品离心前质量； M_2 为样品离心后质量。

1.3.4 白度值的测定

将样品切至直径为 2.5 cm，高为 2.5 cm 的圆柱体，在室温条件下放置 30 min。采用 CR-400 色差计测定鱼糜凝胶的亮度（ L^* ）值，表示了样品的亮度；其值从 0 到 100 变化，0 表示黑色，100 表示白色。红度值（ a^* ）表示从红到绿的值；黄度值（ b^* ）表示从黄到蓝的值。每组样品测 3 份平行。白度值的计算公式如下^[13]。

$$\text{白度值} = 100 - \left[(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2} \right]^{1/2} \quad (2)$$

1.3.5 凝胶水分分布状态分析

样品置于室温下 30 min 后，制成高为 30 mm，直径为 10 mm 的圆柱体并放入核磁管，采用 Carr-Purcell-Meiboom-Gill（CPMG）脉冲序列进行自旋-自旋弛豫时间（ T_2 ）的测定。

参数设定：SW=100 kHz，SFI=22 MHz，P90=14 μs， τ =150 μs，TR=2000 ms，EchoCnt=4000，NS=8。

1.3.6 微观结构的观察

将鱼糜凝胶切成 1 cm×1 cm×1 cm 的小正方体在 -80 ℃ 条件下冻藏 1 h，用冷冻切片机将样品切成 10 μm 薄片后将其放置在载玻片上利用 HE 染色法进行染色，将光学显微镜调节至 40 倍焦距后进行观察。

1.3.7 十二烷基硫酸钠-聚丙烯酰胺凝胶电泳分析

参考 Laemmli^[14]的方法。样品取 3.0 g，绞碎后加入 27 mL 5% SDS 中，用高速均质机均质 4 min 后，85 ℃ 水浴加热 1 h，冷却后将匀浆液在 26~28 ℃ 之间、11000 r/min 条件下离心 5 min，取其分离出的上清液。调节上清液质量浓度为 6 mg/mL，与上样缓冲液按体积比 1:2 混合，沸水水浴加热 5 min。制胶后上样 10 μL，其中分离胶 10%，浓缩胶 4%。在 52 mA 恒流下进行凝胶电泳。电泳完成后进行染色和脱色，染色液：0.25% 的考马斯亮蓝 R-250、50% 甲醇和 10% 冰醋酸；脱色液：含 50% 甲醇和 10% 冰醋酸，脱色至背景基本无色后，成像。

1.4 数据统计分析实验数据

数据利用 Spss 19.0 软件进行分析处理，利用 Origin 8.5 软件作图。

2 结果与讨论

2.1 金线鱼糜-鸡肉香肠的凝胶强度

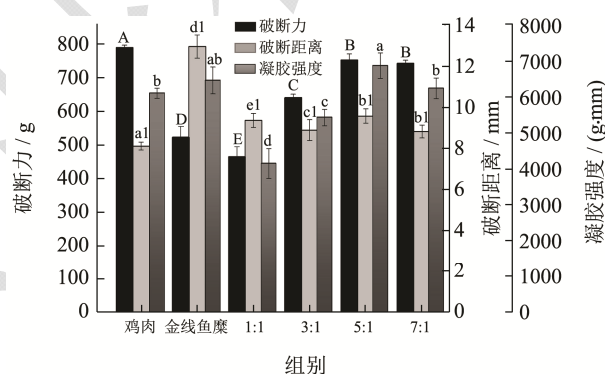


图1 金线鱼-鸡肉香肠的凝胶强度

Fig.1 Gel properties of *Nemipterus virgatus*-chicken sausage

注：图中比例为 m 鸡肉:m 金线鱼糜 不同小写字母表示差异显著 ($p<0.05$)。

凝胶强度是衡量鱼糜制品品质的重要指标之一，可以反应出凝胶结构的结实程度。如图 1 结果表明 m（鸡肉）：m（金线鱼糜）的比例为 5:1 时凝胶强度为最高，相比鸡肉香肠和金线鱼肠的凝胶强度分别提高了 9.08% 和 7.10%，在 m 鸡肉:m 金线鱼糜 为 1:1 时的凝胶强度最低；随着金线鱼糜添加量的上升，凝胶强度先上升后下降。可能是因为鸡胸肉中富含磷脂，而磷脂是一种复合脂，是一种两性分子，一端为亲水的含磷与氮的基团，另一端为疏水而亲油脂的长烃基链。由于其自身的属性，磷脂分子的亲水端与疏水端分别相互靠近水与油，常与蛋白质、糖脂、胆固醇等其它分子共同构成脂双分子层^[15]。在加热过程中磷脂的亲水头可能与蛋白质的疏水基团相结合导致其凝胶强度的下

降。同时鸡肉中含有大量的肌纤维蛋白束,这种较为致密的结构导致鸡肉中的肌原纤维蛋白不易被分离出来,因此随着鸡肉含量占比的升高,样品的凝胶强度呈下降趋势。而金线鱼糜中含有较高水平的内源性蛋白水解酶和谷氨酰胺转氨酶(TGase),在蛋白水解酶的作用下,鸡肉中的肌原纤维蛋白更容易从蛋白束中游离出来,大量的肌原纤维蛋白交联形成了致密的三维网状结构,从而使样品的凝胶强度提高^[16]。而金线鱼糜中的内源性谷氨酰胺转氨酶可以促进蛋白质之间的交联^[17],所以添加一定量的金线鱼糜可以使样品的凝胶强度上升。当金线鱼糜的含量占比过大时,大量的蛋白水解酶将样品内部的肌原纤维蛋白水解,因此导致了凝胶强度的下降。这一变化趋势和余永明等^[18]的研究结果几乎一致。

2.2 金线鱼糜-鸡肉香肠的持水性

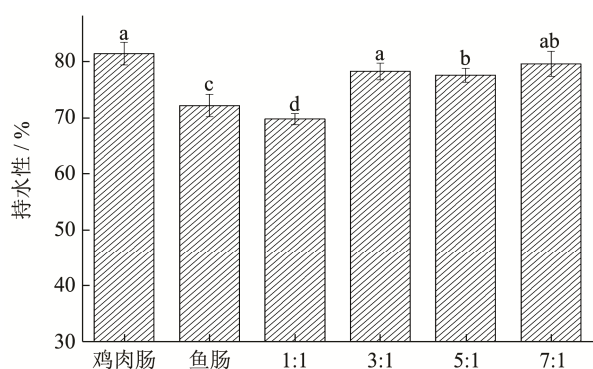


图2 金线鱼-鸡肉香肠的持水性

Fig.2 Water-holding capacity of *Nemipterus virgatus*-chicken sausage

注:图中比例为 m 鸡肉:m 金线鱼糜 不同小写字母表示差异显著 ($p<0.05$)。

持水性是样品在受到一定外界影响后对水分束缚能力的大小^[19],是衡量样品品质的重要指标。肌球蛋白通过交联之后会形成致密的网状结构,这种结构有着对水分很强的束缚力^[20],Zhang^[21]等人的研究表明结构的致密程度与其持水性呈正相关。因此持水性可以侧面反映出样品的凝胶特性。从图2中可以看出鸡肉对照组持水性最高,随着金线鱼糜添加量的增大持水性呈先下降后上升趋势,但是在 m 鸡肉:m 金线鱼糜为 7:1 时明显高于其他实验组并相比于金线鱼肠提高了 8.22%,相比鸡肉香肠降低了 2.53%。可能是因为磷脂双分子层的亲水端与蛋白的疏水端交联形成了一种较为致密的生物膜结构,提高了样品对于水分的束缚能力,因此随着鸡肉含量占比的升高,样品的持水性也呈上升趋势^[17]。金线鱼糜中的游离水含量较大,在经过外界处理后其水分流失程度也较高,因此当金线鱼

糜含量的占比较高时,样品的持水性较低。而在含有适当比例的鸡肉与金线鱼糜的样品中,磷脂双分子层以及凝胶致密网状结构产生协同作用,共同将一部分游离的水分束缚住,提高了样品内部的不易流动水含量,所以使样品的持水性上升与才卫川等^[17]的研究结果几乎一致。

2.3 金线鱼糜-鸡肉香肠的色度

在研究当中我们通常利用 L^* 、 a^* 、 b^* 来表示色度测量结果。 L^* 反映的是样品数值的黑白程度,数值越高就代表白色程度越高,越低代表黑色程度越高。 a^* 值则反映的是样品数值的红绿程度,数值越大代表红色程度越高,越小代表绿色的程度越高。 b^* 值反映的是样品的黄蓝程度,越大代表黄色程度越高,越小则代表蓝色程度越高。白度是反应样品品质的一项重要指标,不仅与原料和加工工艺有关,也与外源添加物有关。光在凝胶结构中的散色及其结构的致密性和蛋白质散色粒子的聚集程度决定了样品的白度^[22]。从表1中可以看出所有样品的白度值从 57.91 升高至 75.71,说明鸡肉含量越高样品的白度越高;因为在鸡胸肉蛋白纤维中含有大量的白肌纤维,从而导致了样品的白度较高;而随着金线鱼糜含量的升高,样品的红色程度值从 -5.04 至 -1.05 呈上升趋势,黄色程度值从 8.44 上升至 13.28 呈上升趋势。可能是因为金线鱼属于红肉鱼,含有较多的肌红蛋白同时其蛋白纤维中还有大量的红肌纤维,而且在加热后肌红蛋白氧化形成高铁肌红蛋白^[17],使样品的 a^* 值升高。同时金线鱼中含有的一部分脂质,在加热后氧化后生成醛类和羰基类化合物,这些化合物再与一些含有氨基的蛋白质发生美拉德反应,因此导致了样品 b^* 值的升高与 Chaijan^[10] 的研究结果相符。

表1 金线鱼-鸡肉香肠的色度值

组别	L^*	a^*	b^*	白度值
鸡肉	77.79±0.48 ^a	-5.04±0.05 ^f	8.44±0.22 ^c	75.71±0.36 ^a
7:1	73.94±0.30 ^b	-3.99±0.10 ^c	10.70±0.14 ^d	71.55±0.30 ^b
5:1	71.36±0.67 ^c	-3.15±0.10 ^d	12.08±0.22 ^c	68.76±0.62 ^c
3:1	69.51±0.35 ^d	-2.69±0.02 ^c	12.81±0.35 ^b	66.81±0.33 ^d
1:1	68.19±0.87 ^e	-1.97±0.11 ^b	13.53±0.26 ^a	65.37±0.73 ^e
鱼糜	60.10±2.63 ^f	-1.05±0.53 ^a	13.28±0.81 ^a	57.91±2.27 ^f

注:表中比例为 m 鸡肉:m 金线鱼糜 不同小写字母表示显著性差异 ($p<0.05$)。

2.4 金线鱼糜-鸡肉香肠水分分布状态分析

豫弛时间表示样品在受到一定振动后恢复常态的

时间。在凝胶形成的过程中有一部分水分被蛋白质交联所形成三维网状结构包裹到里面,这一部分水称为不易流动水。因此可以通过分析不易流动水的含量占比大小来判断样品的凝胶结构的好坏^[23]。由图3可知随着金线鱼糜添加量的上升样品 T_{23} 峰面积先上升后下降,在 $m_{\text{鸡肉}}:m_{\text{金线鱼糜}}$ 为 5:1 时达到最高,可能是因为金线鱼糜中的内源性蛋白酶将可以交联形成凝胶结构的肌原纤维蛋白水解,使游离的水分无法被束缚,所以其样品内的不易流动水占比减少,与前文持水性的分析相吻合;根据余永明等^[18]的研究分析可能是因为金线鱼糜中的蛋白酶破坏了鸡肉中的蛋白纤维束,使更多的肌原纤维蛋白游离出来,加上谷氨酰胺转氨酶(TGase)的催化作用使样品形成了更多且较为致密的凝胶三维网状结构,使样品对游离水的束缚能力上升,不易流动水占比升高。在图中因为鸡肉内部含有大量的磷脂,其所形成的分子层对于水分也有一定的束缚作用,这种结构与凝胶结构协同作用是样品对于游离水的束缚能力增强,不易流动水占比上升但是这种结构的致密性相比凝胶结构较弱,所以在鱼糜添加量较少时,不易流动水含量下降。而当金线鱼糜的含量占比较高时出现下降趋势,可能是因为过多的内源性蛋白酶破坏了肌原纤维蛋白,大大减少了样品内部的三维网状结构,导致不易流动水的占比减少。

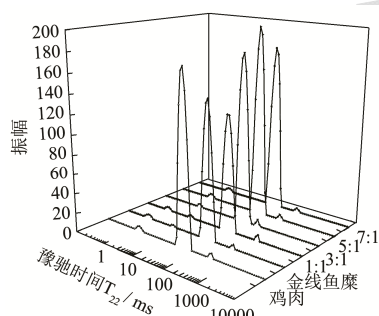


图3 金线鱼-鸡肉香肠横向弛豫时间分布变化

Fig.3 Transverse relaxation time of *Nemipterus virgatus*-chicken sausage

注:上图比例为 $m_{\text{鸡肉}}:m_{\text{金线鱼糜}}$

2.5 金线鱼-鸡肉香肠微观结构的观察

图5是金线鱼-鸡肉香肠的微观结构观察分析,从图4中可看出对照组以及 $m_{\text{鸡肉}}:m_{\text{金线鱼糜}}$ 为 3:1 和 7:1 时,图中的孔洞数量较多,且形状不均匀;在 $m_{\text{鸡肉}}:m_{\text{金线鱼糜}}$ 为 1:1 时图中的孔洞数量减少,但是有较多的不规则形状;当 $m_{\text{鸡肉}}:m_{\text{金线鱼糜}}$ 为 5:1 时,孔洞较为平滑且分布较为均匀,说明其制品中的凝胶结构较为致密,在纯鸡肉对照组中,小孔数量大分布相对较均匀,说明其中蛋白纤维较多,肌球蛋白未能从蛋白束中的脱离。

随着鸡肉含量的升高图中出现较多的小的零散的孔洞,其可能为磷脂所构成的双分子层结构。这种结构包围在凝胶网状结构附近,一定比例的双分子层可以有效地提高凝胶结构的强度。但是当这种结构过多时会影响蛋白质的交联,导致凝胶强度的降低。随着金线鱼糜含量的升高,图中孔洞的分布越来越不均匀,且形状的圆润程度下降。可能是因为金线鱼糜中的内源性蛋白酶影响了凝胶结构的形成和致密程度,使其微观结构的均匀、有序程度下降。

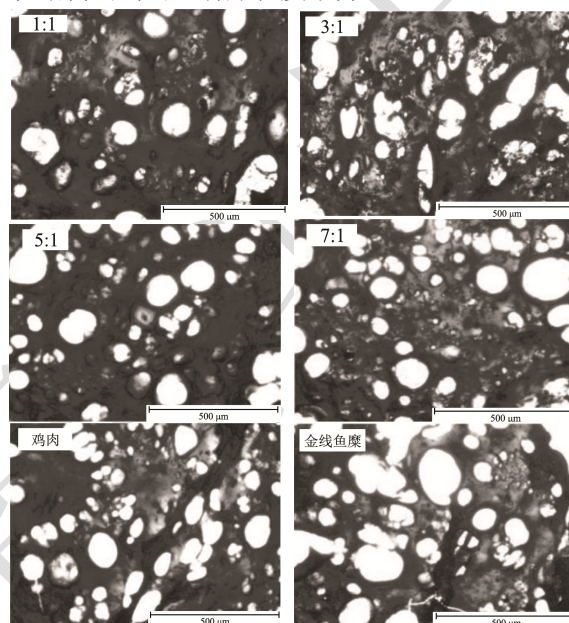


图4 金线鱼-鸡肉香肠微观观察图

Fig.4 Microstructure of *Nemipterus virgatus*-chicken sausage

注:上图比例为 $m_{\text{鸡肉}}:m_{\text{金线鱼糜}}$

2.6 SDS-PAGE

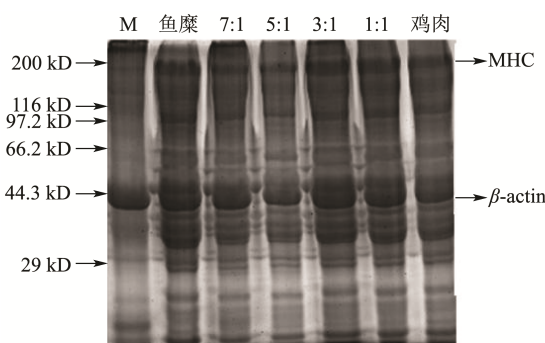


图5 金线鱼-鸡肉香肠 SDS-PAGE 分析

Fig.5 Protein aggregation of *Nemipterus virgatus*-chicken sausage

注:图中比例为 $m_{\text{鸡肉}}:m_{\text{金线鱼糜}}$ 。M.标准品 Marker; MHC.肌球蛋白重链 (myosin heavy chain); β -actin.肌动蛋白。

从图6中可以看出随着金线鱼糜添加量的上升MHC的条带先变浅再变深;在比例为5:1时的MHC(肌球蛋白重链)条带与其他组相比最浅,说明样品

内部有较多的肌球蛋白发生交联形成凝胶结构,而这种聚集体无法通过条带。样品内部肌球蛋白的数量越多以及聚集程度越强,样品的凝胶强度越高,不易进入分离胶的大分子数量越多,因此 MHC 条带越浅^[20-22]。其原因可能是因为金线鱼糜中含有较多的内源性蛋白酶,在这些酶的作用下肌球蛋白可以更好的从蛋白束中分离出来,凝胶结构是由肌球蛋白聚集形成的一种三维网状结构^[24],在谷氨酰胺转氨酶(TGase)的催化作用下,更好的聚集起来形成凝胶结构^[25-30]。当鱼糜含量过高时其内部的内源性蛋白水解酶会水解肌原纤维蛋白导致反应底物的减少从而使凝胶结构的降低。

3 结论

在添加不同比例的金线鱼糜之后对鸡肉香肠的凝胶强度、持水性、白度、水分分布状态和凝胶微观结构以及蛋白质聚集程度均有一定程度的影响。在 $m_{\text{鸡肉}}:m_{\text{金线鱼糜}}$ 为 5:1 时其凝胶强度最高,继续添加金线鱼糜会导致凝胶强度的下降。在添加金线鱼糜后样品的持水性呈下降趋势,在 $m_{\text{鸡肉}}:m_{\text{金线鱼糜}}$ 为 3:1 时稍有提高。随着鸡肉含量占比的上升样品的白色程度的上升,红色程度下降,黄色程度下降。随着金线鱼糜含量的升高,不易流动水的占比先升高再下降,在 $m_{\text{鸡肉}}:m_{\text{金线鱼糜}}$ 为 3:1 时样品内部的不易流动水含量最高。同时 $m_{\text{鸡肉}}:m_{\text{金线鱼糜}}$ 为 5:1 时的微观结构较为致密均匀,其 MHC 条带较浅,肌球蛋白的聚集程度也较强。

参考文献

- [1] 赵宇鹏,卜坚珍,于立梅,等.鸡肉的营养成分和质构特性研究[J].食品安全质量检测学报,2016,10:4096-4100
Zhao Yu-peng, BU Jian-zhen, YU Li-me, et al. Nutrition composition and texture properties of chicken [J]. Journal of Food Safety and Quality, 2016, 10: 4096-4100
- [2] 张永明,孙晓蕾.鸡肉的营养价值与功能[J].肉类工业,2008,8:57,32
ZHANG Yong-ming, SUN Xiao-lei. Nutritional value and function of chicken [J]. Meat Industry, 2008, 8: 57, 32
- [3] 王文勇,张英慧,杨明.鸡肉糜制品凝胶特性的研究进展[J].肉类工业,2016,3:31-34
WANG Wen-yong, ZHANG Ying-hui, YANG Ming. Research progress of gel property of chicken meat products [J]. Meat Industry, 2016, 3: 31-34
- [4] 郝娟,丁武.复合磷酸盐、大豆分离蛋白、卡拉胶对鸡肉肠出品率的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(1):193-198
HAO Juan, DING Wu. Effect of mixed phosphate, soybean protein isolate and k-carrageenan on yield of chicken sausage [J]. Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition), 2011, 39(1): 193-198
- [5] 林丽军,孙健,徐幸莲,等.磷酸盐和转谷氨酰胺酶对鸡肉肠出品率和硬度的影响[J].食品科学,2006,5:49-52
LIN Li-jun, SUN Jian, XU Xing-lian, et al. Effect of phosphate and transglutaminase on yield and hardness of chicken sausage [J]. Food Science, 2006, 5: 49-52
- [6] 刘媛,蔡蕊,阮征,等.添加超细粉碎盐焗鸡骨泥对鸡肉肠品质的影响[J].食品工业科技,2012,33(3):224-226,231
- [7] LIU Yuan, CAI Rui, RUAN Zheng, et al. Effect of adding superfine-smashed salt-baked chicken bone paste on quality of chicken sausage [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(3): 224-226, 231
- [8] 冯美琴,孙健,徐幸莲.卡拉胶黄原胶海藻酸钠、瓜尔豆胶及转谷氨酰胺酶对鸡肉肠出品率和硬度的影响[J].食品科学,2007,28(10):118-121
FENG Mei-qin, SUN Jian, XU Xing-lian. Effects of k-carrageenan, xanthan, sodium alginate, guar gum and transglutaminase on yield and hardness [J]. Food Science, 2007, 28(10): 118-121
- [9] 黄群,王希希,艾明艳,等.超高压对低盐海藻鸡肉糜品质的影响[J].食品科学,2018,39(19):96-102
HUANG Qun, WANG Xi-xi, AI Ming-yan, et al. Effect of high pressure processing on the quality of low-salt chicken breast batters added with seaweed [J]. Food Science, 2018, 39(19): 96-102
- [10] 何晓萌,黄卉,李来好,等.罗非鱼与海水鱼制备混合鱼糜的凝胶特性研究[J].食品工业科技,2018,39(2):5-9
HE Xiao-meng, HUANG Hui, LI Lai-hao, et al. Research on gel properties of *Tilapia* and sea fish mixed surimi [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(2): 5-9
- [11] 陈汉勇,李汴生,阮征,等.三种冷冻鱼糜制备的混合鱼糜凝胶特性研究[J].农产品加工,2014,15:20-23
CHEN Han-yong, LI Bian-sheng, RUAN Zheng, et al. Gel properties of three kinds of blended surimi [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2014, 15: 20-23
- [12] Chaijan M, Panpipat W, Benjakul S. Physicochemical properties and gel-forming ability of surimi from three species of mackerel caught in southern Thailand [J]. Food Chemistry, 2010, 121(1): 85-92
- [13] Sanchez-Gonzalez, Carmona P, Moreno P, et al. Protein and water structural changes in fish surimi during gelation as revealed by isotopic H/D exchange and Raman spectroscopy

- [J]. Food Chemistry, 2008, 106(1): 56-64
- [14] Alvarez C, Couso I, Tejada M. Thermal gel degradation (modori) in sardine surimi gels [J]. Journal of Food Science, 1999, 64(4): 633-637
- [15] Laemmli U K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T₄ [J]. Nature, 1970, 227: 680-685
- [16] Sakamoto H, Kumazawa Y, Toiguchi S, et al. Gel strength enhancement by addition of microbial transglutaminase during on shore surimi manufacture [J]. Journal of Food Science, 1995, 60(2): 300-304
- [17] 殷涌光,陈玉江,刘瑜,等.磷脂功能性质及其生产应用的研究进展[J].食品与机械,2009,25(3):120-124
YIN Yong-guang, CHEN Yu-jiang, LIU Yu, et al. The function and character of lecithin and the research process of its production and application [J]. Food & Machinery, 2009, 25(3): 120-124
- [18] 周莹.鸡肉重组工艺研究[J].中国调味品,2018,43(7):84-90
ZHOU Ying. Study on the recombinant process of chicken [J]. China Condiment, 2018, 43(7): 84-90
- [19] 才卫川,张坤生,任云霞.TG 酶协同超高压处理对鸡胸肉中肌原纤维蛋白凝胶品质的影响[J].食品工业科技,2014,35(23):77-83
CAI Wei-chuan, ZHANG Kun-Sheng, REN Yun-xia. Effects of TGase and high pressure processing treatment on the quality of myofibrillar protein gel [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(23): 77-83
- [20] 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
YU Yong-ming, YI Shu-min, XU Yong-xia, et al. Gel properties of mixed surimi from silver carp and *Nemipterus virgatus* [J]. Food Science, 2016, 37(5): 17-22
- [21] 李睿智,王崑,仪淑敏,等.白鲢鱼鱼糜凝胶过程中水分及凝胶特性的变化[J].现代食品科技,2016,32(5):91-97,198
LI Rui-zhi, WANG Wei, YI Shu-min, et al. Changes in water and gel properties of silver carp surimi during gelation process [J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(5): 91-97, 198
- [22] Majumdar R K, Saha A, Dhar B, et al. Effect of garlic extract on physical, oxidative and microbial changes during re-refrigerated storage of restructured product from Thai pangas (*Pangasianodon hypophthalmus*) surimi [J]. Journal of Food Science & Technology, 2015, 51(12): 1-10
- [23] Zhang L, Xue Y, Xu J, et al. Effects of high-temperature treatment (100 °C) on Alaska pollock (*Theragra chalcogramma*) surimi gels [J]. Journal of Food Engineering, 2013, 115(1): 115-120
- [24] Liu Xing, Xu Chang-hu, Liu Yi-jie, et al. The effect of various starches to the squid surimi [J]. Food and Fermentation Industries, 2006, 32(10): 62-65
- [25] Kang G, Yang K, Jeong J, et al. Gel color and texture of surimi-like pork from muscles at different rigor states post-mortem [J]. Asian Australasian Journal of Animal Sciences, 2007, 20(7): 11-27
- [26] 仪淑敏,乔翠平,李学鹏,等.鱼骨粉对海鲈鱼肌原纤维蛋白凝胶特性的影响[J].中国食品学报,2018,18(10):77-85
YI Shu-min, QIAO Cui-ping, LI Xue-peng, et al. Effect of fish bone powder on sea bass' myofibrillar protein gel properties [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2018, 18(10): 77-85
- [27] Duce V, Pouliquen D, Richard J, et al. H-NMR relaxation studies of protein-polysaccharide mixtures [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2008, 43(4): 359-366
- [28] 庄玮婧,谢三都.转谷氨酰胺酶对鲢鱼鱼丸品质特性的影响[J].中国农学通报,2010,26(24):89-94
ZHUANG Wei-jing, XIE San-du. Effect of transglutaminase on the quality of silver carp fish balls [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(24): 89-94
- [29] 钱娟.罗非鱼低盐鱼糜的凝胶特性及其制品的研究[D].上海:上海海洋大学,2013
QIAN Juan. The study on the gel properties of low salt tilapia surimi and its poaste products [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2013
- [30] Chaijan M, Panpipat W, Benjakul S. Physicochemical properties and gel-forming ability of surimi from three species of mackerel caught in southern Thailand [J]. Food Chemistry, 2010, 121(1): 85-92
- [31] Chanarat S, Benjakul S. Impact of MTGase on gelling properties of Indian mackerel fish protein isolates [J]. Food Chemistry, 2012, 136(2): 929-937
- [32] Kadwudom P, Benjakul S, Kijroongrojana K. Properties of surimi gel as influenced by fish gelatin and microbial transglutaminase [J]. Food Bioscience, 2013, 1(3): 39-47