

原料组成对鱼肉—鸡肉双蛋白鱼丝品质的影响

Effects of raw material composition on the quality of fish-chicken dual protein vermicelli

任洋莹^{1,2} 安玥琦^{1,2} 党美琪^{1,2}

REN Yang-ying^{1,2} AN Yue-qi^{1,2} DANG Mei-qi^{1,2}

杨 眉^{1,2} 徐国栋^{1,2} 熊善柏^{1,2}

YANG Mei^{1,2} XU Guo-dong^{1,2} XIONG Shan-bai^{1,2}

(1. 华中农业大学食品科学技术学院, 湖北 武汉 430070;

2. 华中农业大学国家大宗淡水鱼加工技术研发分中心〔武汉〕, 湖北 武汉 430070)

(1. College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China; 2. National R & D Branch Center for Conventional Freshwater Fish Processing [Wuhan], Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China)

摘要:目的:增加鱼糜制品的多样性,推广高品质传统食品工业化生产。方法:以冷冻鱼糜和鸡胸肉为原料,采用挤压成型的方式制备双蛋白鱼丝,通过测定双蛋白鱼丝的持水力、吐浆值、色度、拉伸、质构和感官评价等指标,研究原料组成对双蛋白鱼丝品质的影响。结果:双蛋白鱼丝的最佳制备工艺条件为 $m_{\text{鱼糜}} : m_{\text{鸡肉}}$ 为 8 : 2,加水量 20%,此条件下制作的双蛋白鱼丝的拉伸强度、拉伸形变和感官总分相较于未添加鸡肉的鱼丝分别提高了 23.84%, 28.13%, 17.39%。当马铃薯淀粉添加量为 30% 时,双蛋白鱼丝的拉伸强度和拉伸形变达到最大值,分别为 4.47 N/cm² 和 3.27 mm/mm,且持水力较好 (73.27%);吐浆值较低 (10.45%)。当食盐添加量为 3.5% 时,双蛋白鱼丝的持水力、拉伸强度、拉伸形变、弹性和胶黏性均达到最大值,分别为 68.62%, 4.94 N/cm²、4.97 mm/mm、6.48 N 和 4.63 N。结论:当 $m_{\text{鱼糜}} : m_{\text{鸡肉}}$ 为 8 : 2、加水量为 20%、马铃薯淀粉添加量为 30%、食盐添加量为 3.5% 时,鱼肉—鸡肉双蛋白鱼丝品质较好。

关键词:双蛋白鱼丝;冷冻鱼糜;鸡胸肉;原料组成;品质

Abstract: Objective: This study aimed to increase the diversity of surimi products and promote the industrialized production of high-quality traditional food. Methods: Using frozen surimi and

chicken breast as raw materials, double-protein vermicelli was prepared by extrusion molding. The effects of raw material composition on the quality of double-protein vermicelli were studied by measuring its holding capacity, pulping value, color, stretch, texture and sensory evaluation. Results: The optimal mixing ratio of surimi and chicken was 8 : 2, and the optimal amount of water was 20%. The tensile strength, tensile deformation and total sensory scores of the dual protein fish filaments prepared under this condition were increased by 23.84%, 28.13% and 17.39%, respectively, compared with the shredded fish without chicken. When 30% potato starch was added, the tensile strength and tensile deformation of dual-protein filaments reached the maximum values, which were 4.47 N/cm² and 3.27 mm/mm, respectively, and the water holding capacity was better (73.27%) with lower pulp value (10.45%). When 3.5% salt was added, the water holding capacity, tensile strength, tensile deformation, elasticity and adhesiveness of dual-protein filaments all reached the maximum values, which were 68.62%, 4.94 N/cm², 4.97 mm/mm, 6.48 N and 4.63 N, respectively. Conclusion: The mixing ratio of surimi and chicken was 8 : 2, with the water content of 20%, the potato starch of 30%, and the salt of 3.5%, the quality of fish-chicken dual-protein vermicelli was optimum.

Keywords: dual-protein vermicelli; frozen surimi; chicken breast; raw material composition; quality

基金项目:财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系(编号: CARS-45-28)

作者简介:任洋莹,女,华中农业大学在读硕士研究生。

通信作者:熊善柏(1963—),男,华中农业大学教授,硕士。

E-mail: xionsgb@mail.hzau.edu.cn

收稿日期:2022-05-18

中国传统鱼糜制品主要有鱼糕、鱼面、鱼丝等,目前多为小作坊手工生产,其中只有鱼糕少量工业化生产^[1]。鱼丝为湖北省云梦县、黄梅县和武汉市黄陂区等地的传统鱼糜制品,淀粉含量较高,肌肉蛋白含量少,且不能工

业化生产^[2]。为提高鱼丝的含肉量,并实现工业化生产,通过压面机挤压成型方式研发了高蛋白鱼丝,其鱼肉含量可达 80%^[3-4]。但也因鱼肉含量高,制作成本也增加,而将鱼肉和鸡肉复配制作双蛋白鱼丝,在降低成本的同时,提升产品的凝胶特性和感官品质,也符合《国民营养计划(2017—2030 年)》中多开发新型双蛋白食品的要求,有助于解决居民营养需求不均衡的问题。

目前,常用质构特性作为评价凝胶类肉制品品质的重要指标^[5-6]。感官评价是一种直观且快速的食物质量检测方法^[7],可以反映消费者对该产品的接受性^[8]。对于丝状的鱼糜制品,因不适用于测定传统鱼糜凝胶强度的穿刺法,故在面条状产品检测中常用拉伸模式^{[9]24[10]},拉伸强度、拉伸形变与鱼丝的筋道感和弹性高度正相关^[11]。相关研究^[12-14]表明,将鱼肉和猪肉或鸡肉复配后制得的凝胶制品也表现出较高的品质特性。但是目前有关鲢鱼鱼糜和鸡肉复配制品的相关研究尚未见报道。研究拟以冷冻鱼糜和鸡肉为主要原料,采用挤压成型的方法制作双蛋白鱼丝,考察复配比例和加水量、淀粉和食盐添加量对双蛋白鱼丝品质的影响,旨在增加鱼糜制品的多样性,并为高品质传统食品的工业化推广提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

冷冻鱼糜:AAA 级,湖北省荆州市洪湖井力水产食品有限公司;

冷冻鸡胸肉:市售;

食盐:湖北省武汉市盐业集团有限公司;

马铃薯淀粉:黑龙江省齐齐哈尔市如意淀粉食品有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

食品料理机:CombiMax600 型,德国博朗公司;

微波炉:WP700J17 型,格兰仕微波炉电器有限公司;

压面机:YJM-01 型,中山市慧心智能科技有限公司;

台式离心机:TDL-5-A 型,上海菲恰尔分析仪器有限公司;

电热恒温鼓风干燥箱:DHG-9240A 型,上海精宏实验设备有限公司;

色度仪:UltracanXE 型,美国 Hunter Lab 公司;

质构分析仪:TA-XT2i/25 型,英国 Stable Micro System 公司。

1.2 方 法

1.2.1 双蛋白鱼丝的制备

冷冻鱼糜→刨冰→加鸡胸肉→混匀→斩拌→静置→挤压成型→煮面→冷却→沥水→真空包装

操作要点:

(1) 冷冻鱼糜和鸡胸肉解冻,去除鸡胸肉表面的筋

膜,切块,斩拌成糜。

(2) 将解冻后的冷冻鱼糜和鸡胸肉糜混合,调节水分含量至 78%。

(3) 以鱼糜和鸡胸肉糜的总质量为基准,加水,斩拌 2 min,加淀粉,斩拌 3 min,加盐,斩拌 3 min。

(4) 将斩拌后的混合物于 20 ℃ 静置 30 min。

(5) 将混合鱼浆挤入压面机中,用孔径为 3 mm 的模具,于水面 10 cm 的高度挤压入热水中。

(6) 煮丝:鱼丝挤入 95 ℃ 水中,加热 4 min。

(7) 冷却:将鱼丝于冰水中浸泡 1 min 后捞起。

1.2.2 双因素试验 固定淀粉添加量 30%、食盐添加量 3.5%,考察鱼糜/肉复配比例($m_{\text{鱼糜}}:m_{\text{鸡肉}}$ 为 10:0,8:2,6:4,5:5)和加水量(15%,20%,25%,30%)对双蛋白鱼丝品质的影响。

1.2.3 单因素试验 固定鱼糜/肉复配比例($m_{\text{鱼糜}}:m_{\text{鸡肉}}$)为 8:2、加水量 20%,考察淀粉添加量(10%,20%,30%,40%,50%)和食盐添加量(2.5%,3.0%,3.5%,4.0%,4.5%)对双蛋白鱼丝品质的影响。

1.2.4 水分测定 参照 GB 5009.3—2016。

1.2.5 吐浆值测定 根据文献^[15]修改如下:选出重量在 25 g 左右的鱼丝,在试验前称重(m_1),按样品与水 1:10 的比例投入沸水中煮沸 5 min,去除全部鱼丝,待水溶液冷却后,定容至 250 mL。摇匀后吸取 10 mL 溶液移入干燥好的坩埚称重并按式(1)计算吐浆值。

$$c = \frac{25 \times (m_3 - m_2)}{m_1 \times (1 - M)} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

c ——吐浆值,%;

m_1 ——试验前鱼丝重量,g;

m_2 ——坩埚重量,g;

m_3 ——试验后坩埚和鱼丝总重,g;

M ——鱼丝水分含量,%。

1.2.6 持水力测定 根据文献^[16]修改如下,准确称量 2 g 左右的鱼丝,记录质量为 m_1 ,用两层滤纸包裹,于 4 000 r/min 离心 10 min 后去除滤纸,称量质量,按式(2)计算持水力。

$$s = \frac{m_1 - m_2}{m_1 \times M} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

s ——持水力,%;

m_1 ——试验前鱼丝重量,g;

m_2 ——坩埚重量,g;

m_3 ——试验后坩埚和鱼丝总重,g;

M ——鱼丝水分含量,%。

1.2.7 色度测定 参照 Park^[17]的方法,按式(3)计算白度。

$$W = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}}, \quad (3)$$

式中:
 W ——样品白度;
 L^* ——样品的亮度;
 a^* ——样品红绿值;
 b^* ——样品黄蓝值。

1.2.8 拉伸特性测定 参照颜丹^[18]的方法,分别按式(4)、式(5)计算拉伸强度和拉伸形变。

$$T=\frac{F}{S},$$

(4)

式中:
 T ——拉伸强度, N/cm²;
 F ——最大拉伸力, N;
 S ——鱼丝横截面积, cm²。

$$D=\frac{t\times v}{l},$$

(5)

式中:
 D ——拉伸形变, mm/mm;
 t ——拉断时间, s;
 v ——测中速度, mm/s;
 l ——鱼丝原长, mm。

1.2.9 全质构测定 参照王灵昭等^[19]的方法。

1.2.10 感官评价 将样品放入沸水中复煮 2 min 后进行感官评定。感官评定由 6 位受过专业训练的品评员(3 男 3 女)按表 1 进行评价。

1.2.11 数据处理 所有试验重复 3 次取平均值,采用 SPSS statistics 26.0 软件进行 ANOVA 方差分析及 Duncan's 检验($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 鱼糜/鸡肉复配比例和加水量对双蛋白鱼丝品质的影响

2.1.1 对双蛋白鱼丝蒸煮特性的影响 由表 2 可知,加水量和鱼糜/鸡肉复配比例对双蛋白鱼丝的含水量和吐浆值影响极显著($P<0.01$),但对持水力无显著影响。当鱼糜/鸡肉复配比例一定时,随着加水量的增加,双蛋白鱼丝的吐浆值显著增加,是因为体系中水分的增多,使得肌肉和淀粉占比下降,固定的游离水相应有所下降。随着鱼糜/鸡肉复配比例中鸡肉占比的增加,双蛋白鱼丝的持水力无明显变化,而含水量和吐浆值均呈减小的趋势,可能是因为鸡胸肉中的肌球蛋白含量较鱼糜高,且鸡肉蛋白与鱼肉形成凝胶的温度相近,在鱼丝形成过程中,鸡肉蛋白与鱼糜蛋白发生相互作用,形成更加均匀的凝胶结构,从而提高了双蛋白鱼丝的蒸煮特性^{〔20-23〕}。

2.1.2 对双蛋白鱼丝色度的影响 由表 2 可知,加水量对双蛋白鱼丝的 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值和 W 值影响极显著($P<0.01$);鱼糜/鸡肉复配比例对双蛋白鱼丝的 L^* 值、 a^* 值和 b^* 值影响极显著($P<0.01$)。当加水量 $<20\%$ 时,随着鱼糜/鸡肉复配比例中鸡肉占比的增加,鱼丝的

表 1 鸡肉鱼肉复合丝感官评价表

Table 1 Sensory evaluation of chicken and dual-protein vermicelli

项目	评分标准	分值
气味	严重鱼腥味、哈味	0~5
	明显鱼腥味、哈味	6~10
	鸡肉香、鱼香味淡,有轻微鱼腥味	11~15
	鸡肉香、鱼香味足,无鱼腥味	16~20
滋味	无鸡肉、鱼肉风味,有严重的不正常滋味	0~5
	无鸡肉、鱼肉风味,有明显的不正常滋味	6~10
	稍有鸡肉、鱼肉风味,无不正常滋味	11~15
	具有鸡肉、鱼肉风味,无不正常滋味	16~20
口感	韧性差,生硬,黏牙	0~5
	韧性较差,不爽口,稍黏牙	6~10
	韧性较好,较爽口,不黏牙	11~15
	韧性好,富有弹性,爽口,不黏牙	16~20
色泽	面条偏黄、有光泽	0~5
	面条暗黄、没有亮度	6~10
	面条稍显暗黄、亮度一般	11~15
	面条淡黄色、光泽正常,表面光滑	16~20
组织形态	粗细不均匀,表面粗糙,无弹性,有裂纹	0~5
	粗细不均匀,表面粗糙,无弹性,无裂纹	6~10
	粗细均匀,表面无明显粗糙,有弹性,无裂纹	11~15
	粗细均匀,表面光滑,弹性好,无裂纹	16~20

表 2 加水量和鱼糜/鸡肉复配比例对双蛋白鱼丝蒸煮指标的影响[†]

Table 2 Effects of water addition and surimi/chicken compound ratio on water content and cooking quality of dual-protein vermicelli

加水量/%	$m_{\text{鱼糜}}:m_{\text{鸡肉}}$	含水量/%	持水力/%	吐浆值/%
15	10:0	78.61±0.31 ^{Ac}	57.27±7.21 ^{An}	10.50±0.05 ^{Ac}
15	8:2	78.83±0.29 ^{Ac}	60.64±5.30 ^{Aab}	10.00±0.14 ^{Bb}
15	6:4	78.84±0.06 ^{Ac}	61.98±0.51 ^{Ab}	9.43±0.10 ^{Cb}
15	5:5	77.94±0.24 ^{Bd}	64.61±1.44 ^{An}	9.34±0.28 ^{Cc}
20	10:0	80.66±0.16 ^{An}	60.52±2.13 ^{An}	12.62±0.13 ^{Ab}
20	8:2	80.39±0.09 ^{An}	62.24±1.84 ^{Aab}	11.71±0.06 ^{Ba}
20	6:4	80.66±0.44 ^{An}	60.25±1.09 ^{Ab}	9.93±0.37 ^{Cb}
20	5:5	78.45±0.13 ^{Bc}	64.73±5.33 ^{An}	9.18±0.03 ^{Dc}
25	10:0	80.89±0.18 ^{An}	59.80±8.47 ^{ABa}	12.44±0.47 ^{Ab}
25	8:2	79.42±0.20 ^{Bb}	52.56±4.64 ^{Bb}	11.08±0.08 ^{Bb}
25	6:4	79.01±0.15 ^{Cc}	64.98±0.62 ^{An}	10.98±0.29 ^{Ba}
25	5:5	79.09±0.14 ^{Cb}	60.83±3.74 ^{An}	9.64±0.08 ^{Cb}
30	10:0	80.16±0.31 ^{ABb}	59.31±3.28 ^{AB}	13.53±0.15 ^{An}
30	8:2	80.44±0.22 ^{An}	67.70±14.09 ^{An}	11.63±0.14 ^{Ba}
30	6:4	79.98±0.44 ^{ABb}	62.01±2.95 ^{Ab}	10.75±0.23 ^{Ca}
30	5:5	79.58±0.33 ^{Ba}	62.47±3.87 ^{An}	10.33±0.17 ^{Dn}

[†] 大写字母不同表示不同鱼肉鸡肉复配比例下差异显著($P<0.05$);小写字母不同表示不同加水量下差异显著($P<0.05$)。

表 3 加水量和鱼糜/鸡肉复配比例对双蛋白鱼丝色度的影响[†]

Table 3 Effects of water addition and surimi/chicken compound ratio on the color of dual-protein vermicelli

加水量/%	<i>m</i> _{鱼糜} : <i>m</i> _{鸡肉}	<i>L</i> [*]	<i>a</i> [*]	<i>b</i> [*]	<i>W</i>
15	10 : 0	77.10±0.76 ^{Bb}	-1.91±0.05 ^{Aa}	5.97±0.01 ^{Ac}	76.26±0.74 ^{Ba}
15	8 : 2	76.34±0.88 ^{Bb}	-2.39±0.09 ^{Bb}	8.34±0.27 ^{Ab}	74.80±0.77 ^{Bb}
15	6 : 4	79.21±0.51 ^{Aa}	-2.48±0.10 ^{Ab}	10.39±0.28 ^{Ac}	76.62±0.34 ^{ABa}
15	5 : 5	79.21±0.80 ^{Aa}	-2.36±0.13 ^{ABb}	10.84±0.46 ^{Ac}	76.44±0.88 ^{Aa}
20	10 : 0	78.76±0.28 ^{Aab}	-2.00±0.05 ^{Ba}	5.98±0.35 ^{Ad}	77.84±0.36 ^{Aa}
20	8 : 2	78.28±0.91 ^{Bb}	-2.33±0.03 ^{Bb}	7.94±0.15 ^{Ac}	76.76±0.86 ^{ABb}
20	6 : 4	77.99±0.87 ^{Bb}	-2.81±0.05 ^{Bc}	9.26±0.42 ^{Bb}	75.96±0.93 ^{Bb}
20	5 : 5	80.00±0.85 ^{Aa}	-2.59±0.11 ^{Cd}	11.11±0.77 ^{Aa}	76.97±1.12 ^{ABb}
25	10 : 0	78.31±0.29 ^{Ab}	-1.95±0.03 ^{ABc}	5.52±0.09 ^{Bc}	77.54±0.28 ^{Aa}
25	8 : 2	79.13±0.15 ^{ABab}	-2.30±0.15 ^{Bb}	8.20±0.26 ^{Ab}	77.46±0.10 ^{Aa}
25	6 : 4	79.70±0.35 ^{Aab}	-2.44±0.05 ^{Aab}	9.76±0.35 ^{Ba}	77.34±0.30 ^{Aa}
25	5 : 5	80.10±1.58 ^{Aa}	-2.48±0.07 ^{BCa}	10.33±0.29 ^{Ad}	77.43±1.42 ^{Aa}
30	10 : 0	78.38±0.30 ^{Ac}	-1.91±0.04 ^{Ac}	5.23±0.20 ^{Ba}	77.67±0.26 ^{Aa}
30	8 : 2	79.55±0.71 ^{Ab}	-2.33±0.01 ^{Ab}	7.77±0.39 ^{Bb}	77.99±0.55 ^{Aa}
30	6 : 4	79.60±0.24 ^{Ab}	-2.50±0.08 ^{Ab}	9.20±0.25 ^{Bc}	77.48±0.25 ^{Aa}
30	5 : 5	80.73±0.68 ^{Aa}	-2.26±0.15 ^{Aa}	10.72±0.50 ^{Ad}	77.82±0.38 ^{Aa}

[†] 大写字母不同表示不同加水量下差异显著($P<0.05$);小写字母不同表示不同鱼肉鸡肉复配比例下差异显著($P<0.05$)。

W 值先增加后减小,当加水量为 25%~30%时,鱼糜/鸡肉复配比例对双蛋白鱼丝白度值无显著影响。随着加水量的增加,双蛋白鱼丝的 *L*^{*} 值、*b*^{*} 值和 *W* 值均呈上升的趋势,是因为 *W* 值与产品表面自由水的散射有关^[23],加水量越多,双蛋白鱼丝表面的自由水也增加,所以白度越大。随着鱼糜/鸡肉复配比例中鸡肉占比的增加,双蛋白鱼丝的亮度逐渐上升,产品变得逐渐偏黄和偏绿,而 *W* 值无明显变化。

2.1.3 对双蛋白鱼丝质构特性的影响 由表 4 可知,鱼糜/鸡肉复配比例对双蛋白鱼丝的拉伸强度和拉伸形变影响极显著($P<0.01$);加水量对双蛋白鱼丝的拉伸强度和拉伸形变无显著影响。随着加水量的增加,双蛋白鱼丝的拉伸强度和拉伸形变均呈逐渐减小的趋势。随着鱼糜/鸡肉复配比例中鸡肉占比的增加,双蛋白鱼丝的拉伸强度呈逐渐增加的趋势;当加水量为 15%时,鸡肉占比对双蛋白鱼丝的拉伸形变无显著性影响,当加水量为 20%~30%时,加入鸡肉的双蛋白鱼丝的拉伸强度和拉伸形变均比未加入鸡肉的双蛋白鱼丝有显著性增加。

由表 5 可知,加水量对双蛋白鱼丝的硬度、内聚性、胶黏性和咀嚼性影响极显著($P<0.01$),对双蛋白鱼丝的回复性影响显著($P<0.05$);鱼糜/鸡肉复配比例对双蛋白鱼丝的硬度、胶黏性和咀嚼性影响极显著($P<0.01$)。当 *m*_{鱼糜} : *m*_{鸡肉} 为 6 : 4,5 : 5 时,随着加水量的增加,双蛋白鱼丝的硬度和胶黏性均呈下降的趋势,是因为含水量增加后相应地降低了鱼丝中的蛋白浓度,减弱了蛋白

表 4 加水量和鱼糜/鸡肉复配比例对双蛋白鱼丝拉伸指标的影响[†]

Table 4 Effects of water addition and proportion of surimi/chicken on stretching index of dual-protein

加水量/%	<i>m</i> _{鱼糜} : <i>m</i> _{鸡肉}	拉伸强度/ (N · cm ⁻²)	拉伸形变/ (mm · mm ⁻¹)
15	10 : 0	4.09±0.91 ^{Ba}	3.38±1.35 ^{Aa}
15	8 : 2	4.88±0.63 ^{ABa}	4.43±0.89 ^{Aa}
15	6 : 4	5.46±0.71 ^{Aa}	4.46±0.94 ^{Aa}
15	5 : 5	5.41±1.49 ^{Aab}	4.05±1.46 ^{Aa}
20	10 : 0	2.96±0.35 ^{Cb}	3.27±0.38 ^{ABa}
20	8 : 2	3.67±0.41 ^{Ba}	4.19±1.07 ^{Aa}
20	6 : 4	4.31±0.48 ^{Bbc}	3.41±0.68 ^{ABab}
20	5 : 5	6.31±0.81 ^{Aa}	3.11±0.47 ^{Bab}
25	10 : 0	2.32±0.11 ^{Cb}	2.66±0.43 ^{Bab}
25	8 : 2	4.31±0.63 ^{Bb}	3.87±0.82 ^{Aab}
25	6 : 4	4.67±0.79 ^{Bbc}	3.64±1.06 ^{ABb}
25	5 : 5	5.53±0.83 ^{Aab}	3.61±0.69 ^{Aab}
30	10 : 0	2.55±0.44 ^{Bb}	2.02±0.69 ^{Bb}
30	8 : 2	3.69±0.21 ^{Ab}	3.02±0.16 ^{Ab}
30	6 : 4	3.71±0.74 ^{Ac}	2.76±0.97 ^{ABb}
30	5 : 5	4.22±0.70 ^{Ab}	2.61±0.74 ^{ABb}

[†] 大写字母不同表示不同鱼肉鸡肉复配比例下差异显著($P<0.05$);小写字母不同表示不同加水量下差异显著($P<0.05$)。

表 5 加水量和鱼糜/鸡肉复配比例对双蛋白鱼丝全质构指标的影响[†]

Table 5 Effects of water addition and proportion of surimi/chicken on texture indices of dual-protein

加水量/%	<i>m</i> _{鱼糜} : <i>m</i> _{鸡肉}	硬度/N	内聚性	胶黏性/N	咀嚼性/N	回复性
15	10 : 0	4.78±0.81 ^{Ca}	0.77±0.01 ^{Aa}	3.69±0.63 ^{Ca}	8.35±4.91 ^{Ba}	0.45±0.01 ^{Ab}
15	8 : 2	5.50±0.64 ^{Ba}	0.76±0.02 ^{ABa}	4.18±0.43 ^{Ba}	10.55±5.00 ^{Ba}	0.47±0.03 ^{Aa}
15	6 : 4	6.10±0.56 ^{Ba}	0.76±0.02 ^{Bab}	4.60±0.35 ^{Ba}	12.15±5.40 ^{Bab}	0.46±0.03 ^{ABab}
15	5 : 5	7.44±0.81 ^{Aa}	0.77±0.01 ^{ABa}	5.70±0.63 ^{Aa}	18.47±4.91 ^{Aa}	0.47±0.01 ^{Aa}
20	10 : 0	4.01±0.29 ^{Cb}	0.75±0.00 ^{Bb}	2.99±0.21 ^{Cb}	4.64±2.46 ^{Bb}	0.48±0.02 ^{Aa}
20	8 : 2	4.16±0.26 ^{Cb}	0.76±0.02 ^{ABa}	3.15±0.22 ^{Cb}	5.70±4.12 ^{Bb}	0.49±0.02 ^{Aa}
20	6 : 4	5.26±0.51 ^{Bb}	0.75±0.01 ^{Bb}	3.92±0.39 ^{Bb}	7.41±4.77 ^{Bb}	0.45±0.02 ^{Bb}
20	5 : 5	6.98±0.56 ^{ABab}	0.76±0.01 ^{Aa}	5.31±0.38 ^{ABab}	16.17±9.22 ^{Aa}	0.46±0.02 ^{Ba}
25	10 : 0	3.71±0.47 ^{Cb}	0.75±0.01 ^{Bb}	2.76±0.34 ^{Cb}	5.53±3.11 ^{Bab}	0.48±0.02 ^{Aa}
25	8 : 2	5.48±0.64 ^{Bb}	0.74±0.01 ^{Bb}	4.06±0.49 ^{Ba}	7.60±5.15 ^{Bab}	0.47±0.02 ^{Aa}
25	6 : 4	5.56±0.73 ^{Bab}	0.77±0.02 ^{Aa}	4.27±0.50 ^{Bab}	12.88±3.52 ^{Aa}	0.49±0.05 ^{Aa}
25	5 : 5	6.52±0.42 ^{Ab}	0.75±0.02 ^{Bb}	4.86±0.28 ^{Ab}	14.42±4.69 ^{Aa}	0.47±0.02 ^{Aa}
30	10 : 0	3.58±0.65 ^{Cb}	0.75±0.02 ^{Ab}	2.69±0.41 ^{Cb}	6.28±2.97 ^{ABab}	0.45±0.03 ^{Bb}
30	8 : 2	4.01±0.30 ^{BCb}	0.76±0.01 ^{Aa}	3.03±0.21 ^{BCb}	7.20±2.71 ^{ABab}	0.45±0.01 ^{Bb}
30	6 : 4	4.47±0.83 ^{Bc}	0.76±0.02 ^{ABab}	3.38±0.59 ^{Bc}	8.27±3.94 ^{ABab}	0.46±0.03 ^{ABab}
30	5 : 5	5.19±0.58 ^{Ac}	0.76±0.01 ^{ABab}	3.94±0.44 ^{Ac}	9.27±4.88 ^{Ab}	0.47±0.01 ^{Aa}

[†] 大写字母不同表示不同鱼肉鸡肉复配比例下差异显著($P<0.05$);小写字母不同表示不同加水量下差异显著($P<0.05$)。

的凝胶特性^[24-25]。随着鱼糜/鸡肉复配比例中鸡肉占比的增加,双蛋白鱼丝的硬度和胶黏性均呈上升的趋势。Benjakul 等^[26-27]研究发现,在鱼糜中添加鸡血浆蛋白能显著增加鱼糜凝胶的凝胶强度;Jin 等^[28]研究发现,将一定量的鸡胸肉添加至鱼糜制品中可以增加其凝胶强度,与试验结果一致。

2.1.4 对双蛋白鱼丝感官品质的影响 由表 6 可知,加水量对双蛋白鱼丝的滋味、口感、组织形态和总分影响极

显著($P<0.01$),对双蛋白鱼丝的色泽影响显著($P<0.05$);鱼糜/鸡肉复配比例对双蛋白鱼丝的香气、滋味、口感和总分影响极显著($P<0.01$),因此改变双蛋白鱼丝的加水量和鱼糜/鸡肉复配比例可以改变产品的感官特性。当加水量为 25%~30%时,随着鸡肉占比的增加,双蛋白鱼丝的香气和总分显著下降($P<0.05$);当鱼糜/鸡肉复配比例为 6 : 4,5 : 5 时,双蛋白鱼丝的总分随加水量的增加呈先上升后下降的趋势;当鱼糜/鸡肉复配比例为

表 6 加水量和鱼糜/鸡肉复配比例对双蛋白鱼丝感官指标的影响[†]

Table 6 Effects of water addition and proportion of surimi/chicken on sensory indexes of dual-protein vermicelli

加水量/%	<i>m</i> _{鱼糜} : <i>m</i> _{鸡肉}	滋味	口感	色泽	组织形态	总分
15	10 : 0	12.00±0.71 ^{Aa}	12.40±2.88 ^{Aa}	15.20±1.30 ^{Aa}	13.80±3.03 ^{Aa}	64.40±7.33 ^{Aa}
15	8 : 2	12.40±0.90 ^{Aa}	11.00±3.39 ^{Aa}	14.40±1.95 ^{Aa}	11.20±4.66 ^{Ab}	60.00±9.51 ^{Aa}
15	6 : 4	12.80±2.39 ^{Aa}	10.40±2.51 ^{Aa}	13.00±1.87 ^{Aa}	12.40±2.30 ^{Aa}	61.00±8.54 ^{Ab}
15	5 : 5	13.80±1.92 ^{ABab}	9.60±3.13 ^{Ab}	12.00±2.74 ^{ABab}	11.80±2.49 ^{Aa}	59.60±7.70 ^{ABab}
20	10 : 0	13.00±1.22 ^{Aa}	11.80±3.03 ^{Aa}	12.20±4.09 ^{Aa}	12.40±4.77 ^{Aa}	60.80±15.22 ^{Aa}
20	8 : 2	13.20±1.48 ^{Aa}	14.00±1.22 ^{Aa}	15.40±1.95 ^{Aa}	16.40±1.52 ^{Aa}	73.60±6.58 ^{Aa}
20	6 : 4	13.20±2.68 ^{Aa}	14.20±2.49 ^{Aa}	14.40±2.30 ^{Aa}	14.80±1.92 ^{Aa}	68.80±6.53 ^{Aa}
20	5 : 5	12.60±1.52 ^{Aa}	13.20±1.10 ^{Ab}	13.60±2.30 ^{Aa}	13.00±2.92 ^{Aa}	61.80±6.38 ^{Aa}
25	10 : 0	12.40±0.55 ^{Aa}	10.80±2.59 ^{Aa}	13.00±1.58 ^{Aa}	10.00±3.32 ^{Aa}	59.60±7.01 ^{Aa}
25	8 : 2	13.00±1.58 ^{Aa}	12.40±2.07 ^{Aa}	14.00±3.32 ^{Aa}	13.40±2.30 ^{ABab}	65.60±7.23 ^{ABab}
25	6 : 4	11.40±3.36 ^{Aa}	10.00±3.24 ^{Aa}	12.40±2.07 ^{Aa}	11.60±2.70 ^{Ba}	57.00±7.62 ^{Ab}
25	5 : 5	10.33±1.53 ^{ABab}	6.00±1.00 ^{Bb}	11.00±1.00 ^{ABab}	10.00±2.65 ^{Aa}	42.67±1.53 ^{Bb}
30	10 : 0	12.80±1.10 ^{Aa}	10.60±1.95 ^{Aa}	12.20±3.11 ^{Aa}	10.40±4.04 ^{Aa}	60.00±8.97 ^{Aa}
30	8 : 2	11.00±1.58 ^{Aa}	12.00±2.12 ^{Aa}	11.20±3.56 ^{Aa}	11.40±3.58 ^{Ab}	56.80±7.69 ^{Ab}
30	6 : 4	11.00±1.41 ^{Aa}	11.00±3.67 ^{Aa}	10.80±3.49 ^{Aa}	10.20±4.15 ^{Aa}	53.80±1.64 ^{Ab}
30	5 : 5	8.00±1.73 ^{Bb}	5.67±0.58 ^{Bb}	10.00±1.00 ^{Ab}	9.67±2.08 ^{Aa}	38.67±1.53 ^{Bb}

[†] 小写字母不同表示不同鱼肉鸡肉复配比例下差异显著($P<0.05$);大写字母不同表示不同加水量下差异显著($P<0.05$)。

8:2 时,双蛋白鱼丝的总分随加水量的增加呈下降趋势。综上,选择加水量 20%, $m_{\text{鱼糜}}:m_{\text{鸡肉}}$ 为 8:2 制备双蛋白鱼丝,此时双蛋白鱼丝的感官评分为 73.60。

2.2 淀粉添加量对双蛋白鱼丝品质的影响

2.2.1 对双蛋白鱼丝蒸煮特性的影响 由图 1 可知,随着淀粉添加量的增加,双蛋白鱼丝的含水量和吐浆值均呈下降趋势,而其持水力逐渐上升,当淀粉添加量>30%时,持水力不再显著增加。马铃薯淀粉中含有较高的支链淀粉,具有较高的颗粒膨胀性,当其加入鱼糜制品中吸水膨胀后,有利于固定体系中的游离水,提高了鱼糜制品的蒸煮特性。

2.2.2 对双蛋白鱼丝质构特性的影响 由图 2 可知,当淀粉添加量为 20%~50%时,双蛋白鱼丝的拉伸强度无显著性变化,但比淀粉添加量为 10%的有显著增加,说明适当添加淀粉能增强双蛋白凝胶的拉伸强度。随着淀粉添加量的增加,双蛋白鱼丝的拉伸形变呈先增加后减小的趋势。当淀粉添加量<20%时,双蛋白鱼丝的拉伸形变随淀粉添加量的增加而增大,是因为淀粉加热时,颗粒吸水膨胀填充于蛋白凝胶网络中^[29-30],使得鱼丝凝胶网络更加致密。当淀粉添加量为 20%时,拉伸形变达最大值 3.38 mm/mm。进一步增加淀粉添加量,双蛋白鱼丝的拉伸形变变差,是因为淀粉含量增高,凝胶体系中肌肉蛋白含量随之减少,从而

影响凝胶的形成,导致拉伸形变变差^[31]。

由表 7 可知,当淀粉添加量为 10%~30%时,双蛋白鱼丝的硬度、内聚性、胶黏性、咀嚼性随淀粉添加量的增加无显著变化,是因为在淀粉添加量较少的情况下,鱼肌原纤维决定了鱼糜凝胶强度^[29]。当淀粉添加量为 40%~50%时,双蛋白鱼丝的硬度、内聚性、胶黏性、咀嚼性均显著增大,是因为加热可以使淀粉颗粒更均匀地分散在蛋白凝胶的三维网状结构中,与肌原纤维蛋白发生相互作用,从而提高鱼糜制品的凝胶强度^[32]。

2.3 食盐添加量对双蛋白鱼丝品质的影响

2.3.1 对双蛋白鱼丝蒸煮特性的影响 由图 3 可知,随着食盐添加量的增加,双蛋白鱼丝的含水量呈先增大后减小的趋势。当食盐添加量为 2.5%~4.0%时,随着食盐添加量的增加,双蛋白鱼丝的含水量呈上升趋势,是因为食盐减弱了肌球蛋白和肌动球蛋白的结合,增大了水分的容纳空间,从而提升了含水量^[33]。当食盐添加量为 2.5%~3.5%时,随着食盐添加量的增加,双蛋白鱼丝的持水力呈上升趋势,是因为食盐使肌原纤维蛋白充分溶出,并断裂为肌动球蛋白、肌球蛋白和一系列蛋白质聚集体,使蛋白质和蛋白质、蛋白质和水分子之间的相互作用加强,使得形成的凝胶结构更加稳固,对水的束缚能力更强,从而增加了双蛋白鱼丝的持水性^[34]。当食盐添加量

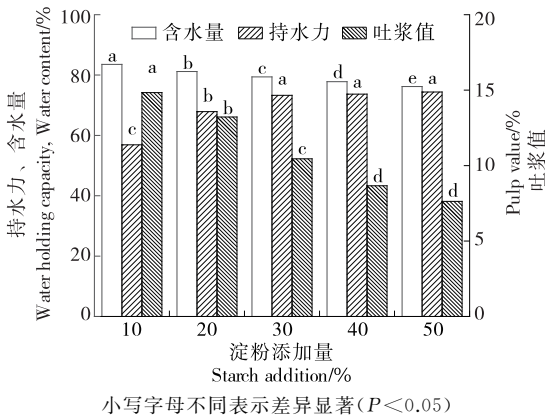


图 1 淀粉添加量对双蛋白鱼丝蒸煮指标的影响
Figure 1 Effects of starch addition on cooking index of dual-protein vermicelli

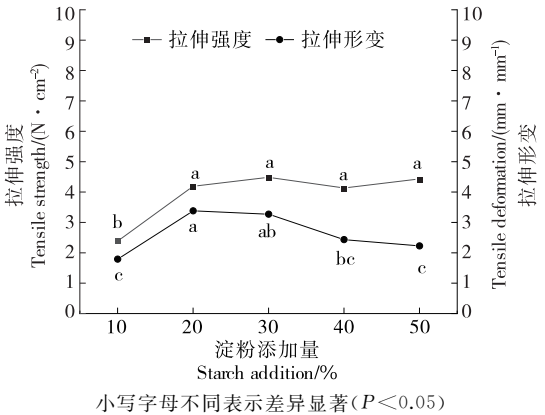


图 2 淀粉添加量对双蛋白鱼丝拉伸指标的影响
Figure 2 Effects of starch addition on stretching index of dual-protein vermicelli

表 7 淀粉添加量对双蛋白鱼丝全质构指标的影响[†]

淀粉添加量/%	硬度/N	内聚性	胶黏性/N	咀嚼性/N	回复性
10	6.43±0.70 ^b	0.71±0.01 ^{ab}	4.55±0.45 ^b	5.60±2.11 ^b	0.42±0.02 ^a
20	6.55±0.63 ^b	0.69±0.01 ^b	4.53±0.44 ^b	5.59±2.75 ^b	0.41±0.01 ^a
30	6.76±0.37 ^b	0.71±0.02 ^{ab}	4.81±0.27 ^b	8.95±5.15 ^{ab}	0.40±0.02 ^a
40	8.14±0.70 ^a	0.73±0.02 ^a	5.92±0.51 ^a	13.59±6.32 ^a	0.41±0.01 ^a
50	8.44±1.20 ^a	0.73±0.03 ^a	6.10±0.73 ^a	13.98±6.53 ^a	0.40±0.02 ^a

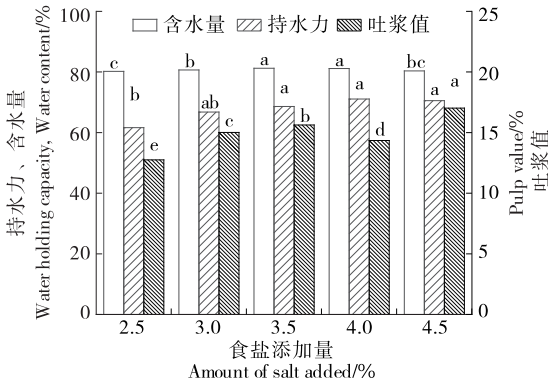
[†] 同列小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

为 2.5%~3.5%时,随着食盐添加量的增加,双蛋白鱼丝的持水力和吐浆值呈上升趋势,这主要是因为一方面食盐本身的溶出,另一方面食盐的添加可能促进了淀粉的凝胶化,使淀粉难以嵌入肌肉蛋白网络中,因而在煮制过程中淀粉更容易沥出,使吐浆值增加^{[9]42-50[31]15[35-36]}。

2.3.2 对双蛋白鱼丝质构特性的影响 由图 4 可知,双蛋白鱼丝的拉伸强度和拉伸形变随食盐添加量的增加呈先增大后减小的趋势。当食盐添加量<3.5%时,双蛋白鱼丝的拉伸指标随食盐添加量的增加而增大,是因为食盐能促进盐溶性蛋白的溶出,改善鱼蛋白凝胶网络结构^[37]。当食盐添加量为 3.5%时,双蛋白鱼丝的拉伸强度

和拉伸形变均达到最大值,分别为 4.94 N/cm² 和 4.97 mm/mm。当食盐添加量>3.5%时,双蛋白鱼丝的拉伸指标随食盐添加量的增加而减小,是因为食盐与蛋白分子争夺水分子,影响了蛋白凝胶网络的形成^[38]。

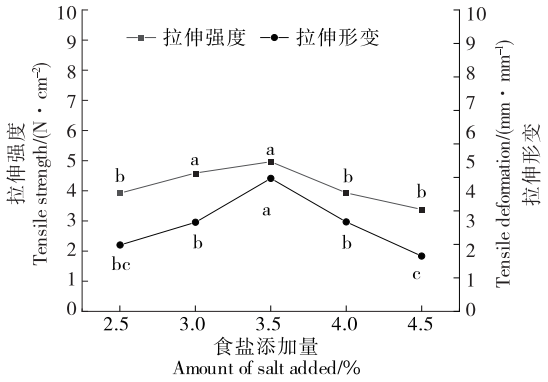
由表 8 可知,随着食盐添加量的增加,双蛋白鱼丝的硬度、胶黏性、咀嚼性和回复性均呈先增大后减小的趋势,硬度和胶黏性均在食盐添加量为 3.5%时达最大值,分别为 6.48,4.63 N。食盐添加量过高,过大的离子强度会影响鱼蛋白凝胶网络的形成,造成凝胶网络的弹性下降^[41-42]。而食盐添加量对双蛋白鱼丝的内聚性无显著影响($P>0.05$)。



小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

图 3 食盐添加量对双蛋白鱼丝蒸煮指标的影响

Figure 3 Effects of salt addition on cooking index of dual-protein vermicelli



小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

图 4 食盐添加量对双蛋白鱼丝拉伸指标的影响

Figure 4 Effects of salt supplemental level on stretching index of dual-protein vermicelli

表 8 食盐添加量对双蛋白鱼丝全质构指标的影响[†]

Table 8 Effects of dietary salt on texture index of dual-protein vermicelli

食盐添加量/%	硬度/N	内聚性	胶黏性/N	咀嚼性/N	回复性
2.5	60.71±0.60 ^{ab}	0.72±0.02	4.34±0.42 ^{ab}	6.51±3.42 ^b	0.42±0.04 ^{ab}
3.0	6.45±0.76 ^a	0.73±0.01	4.69±0.55 ^a	7.44±3.27 ^{ab}	0.44±0.01 ^a
3.5	6.48±0.51 ^{ab}	0.71±0.02	4.63±0.29 ^a	10.23±3.84 ^{ab}	0.40±0.01 ^b
4.0	5.93±0.60 ^b	0.72±0.01	4.22±0.41 ^b	11.62±1.44 ^a	0.42±0.01 ^b
4.5	6.01±0.47 ^{ab}	0.72±0.01	4.30±0.32 ^{ab}	8.12±5.05 ^{ab}	0.43±0.02 ^{ab}

[†] 同列字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

3 结论

试验表明,鱼糜和鸡肉的最佳复配比例为 8:2,加水量为 20%,此条件下制备的双蛋白鱼丝的拉伸强度、拉伸形变和感官总分相较于纯鱼糜鱼丝分别提高了 23.84%, 28.13%, 17.39%。鱼糜/鸡肉复配比例对双蛋白鱼丝的吐浆值、拉伸强度、拉伸形变、硬度、胶黏性和咀嚼性均有极显著影响($P<0.01$),但对持水力和白度影响不显著。添加 30%的马铃薯淀粉,双蛋白鱼丝的拉伸强度和拉伸形变均达最大值,分别为 4.47 N/cm² 和 3.27 mm/mm,且持水力较好(73.27%);吐浆值较低(10.45%)。添加 3.5%

的食盐,双蛋白鱼丝的持水力、拉伸强度、拉伸形变、硬度和胶黏性均达最大值,分别为 68.62%、4.94 N/cm²、4.97 mm/mm、6.48 N 和 4.63 N。综上,当 $m_{\text{鱼糜}}:m_{\text{鸡肉}}$ 为 8:2、加水量为 20%、马铃薯淀粉添加量为 30%、食盐添加量为 3.5%时,鱼肉—鸡肉双蛋白鱼丝的品质较好。后期还可以研究添加剂对鱼肉—鸡肉双蛋白鱼丝品质的影响,以期改善双蛋白鱼丝的滋味,进一步提升其品质。

参考文献

[1] 陈志行, 郑宗坤, 张峰. 鳗鱼制作营养鱼面的配方研究[J]. 食品

- 工业科技, 2003, 24(4): 58-59.
- CHEN Zhi-xing, ZHANG Zong-kun, ZHANG Feng. Formulation of an eel nutrition noodle [J]. Science and Technology of Food Industry, 2003, 24(4): 58-59.
- [2] 刘婧, 熊汉国. 正交优化马铃薯鱼面生产工艺研究[J]. 中国调味品, 2018, 43(7): 95-98.
- LIU Jing, XIONG Han-guo. Study on the production technology of potato fish noodles with orthogonal optimization[J]. China Condi-ment, 2018, 43(7): 95-98.
- [3] 高洁. 高蛋白鱼丝生产工艺及质构特性研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2014: 59.
- GAO Jie. Research on production technology and texture character-istics of high protein fish fillet[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2014: 59.
- [4] 孙宇. 鱼丝低温贮藏中的品质变化及 HACCP 体系的建立[D]. 武汉: 华中农业大学, 2016: 11.
- SUN Yu. Quality change and establishment of HACCP system in fish fillet storage at low temperature[D]. Wuhan: Huazhong Agri-cultural University, 2016: 11.
- [5] CAMPOS A, CAVALIERI-POLIZELI K, MELO V. Effects of com-paction on lead availability in contaminated soils with contrasting texture[J]. Environ Monit Assess, 2020, 192(11): 672.
- [6] 庾坤, 赵良忠, 尹世鲜, 等. 卤制工艺对湘味卤牛肉品质和风味的影响[J]. 食品与机械, 2022, 38(3): 217-226.
- YU Kun, ZHAO Liang-zhong, YIN Shi-xian, et al. Effects of mari-nating process on the quality and flavor of Hunan-flavored marinated beef[J]. Food & Machinery, 2022, 38(3): 217-226.
- [7] 陈远涛. 电子鼻结合感官评价的食品新鲜度检测研究[D]. 杭 州: 浙江大学, 2021: 13-17.
- CHEN Yuan-tao. Research on food freshness detection based on e-lectronic nose combined with sensory evaluation [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2021: 13-17.
- [8] 常懿. 猪皮冻感官评价体系建立及其加工工艺研究[D]. 锦州: 渤海大学, 2021: 13-14.
- CHANG Yi. Establishment of sensory evaluation system for frozen pork skin and research on its processing technology[D]. Jinzhou: Bohai University, 2021: 13-14.
- [9] 于楠楠. 盐和多糖对鱼糜凝胶形成的影响与机制[D]. 无锡: 江 南大学, 2017: 24.
- YU Nan-nan. Effect and mechanism of salt and polysaccharide on surimi gel formation[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2017: 24.
- [10] 莫西亚, 易翠平, 祝红, 等. 籼稻后熟对米粉品质的影响研究 进展[J]. 食品与机械, 2021, 37(6): 11-17.
- MO Xi-ya, YI Cui-ping, ZHU Hong, et al. Research progress on the effect of post-ripening indica rice on rice noodle quality[J]. Food & Machinery, 2021, 37(6): 11-17.
- [11] 赵敏, 杨保卫, 胡舰, 等. 荞麦面条复合预制粉组配参数优化 及其应用[J]. 食品与机械, 2022, 38(4): 207-212.
- ZHAO Min, YANG Bao-wei, HU Jian, et al. Parameter optimization and application of prefabricated buckwheat noodles composite flour composition[J]. Food & Machinery, 2022, 38(4): 207-212.
- [12] 谭洪卓, 陈素芹, 谷文英. 粉丝品质评价标准的补充建议[J]. 粮 油加工, 2006(3): 78-81, 84.
- TAN Hong-zhuo, CHEN Su-qin, GU Wen-ying. Supplementary suggestions for the evaluation criteria of fan quality[J]. Grain and Oil Processing, 2006(3): 78-81, 84.
- [13] 刘茹. 鱼肉和猪肉凝胶的差异及其机制[D]. 武汉: 华中农业大 学, 2008: 111-117.
- LIU Ru. Difference and mechanism of fish and pork gel [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2008: 111-117.
- [14] 叶丹, 雷激, 刘刚. 添加猪瘦肉对牛肉丸品质的影响[J]. 食品与 发酵工业, 2017, 43(9): 162-165.
- YE Dan, LEI Ji, LIU Gang. Effects of pork lean meat on the quality of beef meatball [J]. Food and Fermentation Industries, 2017, 43(9): 162-165.
- [15] 雷婉莹, 吴卫国, 廖卢艳, 等. 鲜湿米粉品质评价及原料选择 [J]. 食品科学, 2020, 41(1): 74-79.
- LEI Wan-ying, WU Wei-guo, LIAO Lu-yan, et al. Quality evalua-tion and raw material selection of fresh and wet rice noodles[J]. Food Science, 2020, 41(1): 74-79.
- [16] 项方守. 复合保鲜技术应用于鱼糜制品产业化的研究[D]. 杭 州: 浙江工商大学, 2012: 23.
- XIANG Fang-shou. Research on the application of composite preservation technology to the industrialization of surimi products[D]. Hangzhou: Zhejiang Technology and Business University, 2012: 23.
- [17] PARK J W. Surimi gel colors as affected by moisture content and physical conditions [J]. Journal of Food Science, 1995, 60(1): 15-18.
- [18] 颜丹. 幼儿粒状营养鱼面配方设计与工艺研究[D]. 武汉: 华中 农业大学, 2011: 22-23.
- YAN Dan. Formuladesignning and processing technology of infant granular nutritional fish noodle[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2011: 22-23.
- [19] 王灵昭, 陆启玉, 袁传光. 用质构仪评价面条质地品质的研 究[J]. 郑州工程学院学报, 2003(3): 29-33, 49.
- WANG Ling-zhao, LU Qi-yu, YUAN Chuan-guang. Study on the assessment for noodle texture with texture analyser[J]. Journal of Zhengzhou Engineering Institute, 2003(3): 29-33, 49.
- [20] FOEGEDING E A, ALLEN C E, DAYTON W R. Effect of heating rate on thermally formed myosin, fibrinogen and albumin gels[J]. Journal of Food Science, 1986, 51: 104-108.
- [21] LAN Y H, NOVAKOFSKI J, MCCUSKER R H, et al. Thermal ge-lation of pork, beef, fish, chicken and turkey muscles as affected by heating rate and pH[J]. Food Science, 1995, 60: 936-940.
- [22] VITTAYANONT M, STEFFE J F, FLEGLERS L, et al. Gelation of chicken pectoralis major myosin and heat-denatured β -lactoglobulin[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003 (51): 760-765.
- [23] TAHERGORABI R, JACZYNSKI J. Physicochemical changes in surimi with salt substitute[J]. Food Chemistry, 2012, 132: 1 281-1 286.

- [24] CHEN H H, LEE Y C. Effects of water content and chopping method on the physical properties of surimi and kamaboko[J]. Fisheries Science, 1997, 63(5): 755-761.
- [25] YOONW B, GUNASEKARAN S, PARKJ W. Evaluating viscosity of surimi paste at different moisture contents[J]. Applied Rheology, 2004, 14(3): 133-139.
- [26] BENJAKUL S, VISESSANGUAN W, SRIVILAI C. Porcine plasma proteins as gel enhancer in surimi from bigeye snapper (*Priacanthustayenus*)[J]. Food Biochemistry, 2001, 25: 285-305.
- [27] BENJAKUL S, VISESSANGUAN W, TUEKSUBAN J, et al. Effect of some protein additives on proteolysis and gel-forming ability of Lizardfish (*Saruridatumbil*)[J]. Food Hydrocolloid, 2004, 18: 395-401.
- [28] JIN S K, PARK J H, HUR S J. Effect of substitutingsurimi with spent laying hen meat on the physicochemical characteristics of fried fish paste[J]. Food and Bioprocess Technology, 2014, 7(3): 901-908.
- [29] KIM J M, LEE C M. Effect of starch of textural properties of surimigel[J]. Journal of Food Science, 1987, 52: 722-725.
- [30] 刘海梅, 刘茹, 熊善柏, 等. 变性淀粉对鱼糜制品凝胶特性的影响[J]. 华中农业大学学报, 2007, 26(1): 116-119.
- LIU Hai-mei, LIU Ru, XIONG Shan-bai, et al. Effects of modified starches on texture properties of surimi-based products[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2007, 26(1): 116-119.
- [31] 王聪. 淀粉和亲水胶体对白鲢鱼鱼糜凝胶特性的增效作用研究[D]. 锦州: 渤海大学, 2019: 30-34.
- WANG Cong. Synergistic effect of starch and hydrocolloid on gel properties of silver carp surimi [D]. Jinzhou: Bohai University, 2019: 30-34.
- [32] ZHANG L, ZHANG F, WANG X. Effects of hydrolyzed wheat gluten on the properties of high-temperature ($\geq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) treated surimigels[J]. Food Hydrocolloids, 2015, 45: 196-202.
- [33] HAMM R. Functional properties of the myofibrillar system and their measurements[J]. Muscle as Food, 1986: 135-199.
- [34] LIANP Z, LEEC M, CHUNGK H. Textural and physical properties of acid-induced andpotassium-substituted low-sodium surimigels [J]. Journal of Food Science, 2002, 67(1): 109-112.
- [35] 王金荣. 空心挂面加工和品质的影响因素研究及机理探讨[D]. 无锡: 江南大学, 2021: 15-16.
- WANG Jin-rong. Study on the influencing factors and mechanisms of the processing and quality of hollow noodles [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2021: 15-16.
- [36] 刘玉洁. 鲜湿面蒸煮品质主要影响因素研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2020: 40-41.
- LIU Yu-jie. Research on the main factors affecting the cooking quality of fresh and wet noodles[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2020: 40-41.
- [37] 孔保华, 李明清, 夏秀芳. 不同盐对鲤鱼肌原纤维蛋白结构和凝胶特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(3): 50-54.
- KONG Bao-hua, LI Ming-qing, XIA Xiu-fang. The Influence of salts on the structural and gel properties of common carp (*Cyprinus carpio*) myofibrillar proteins[J]. Food and Fermentation Industries, 2011, 37(3): 50-54.
- [38] 许艳顺, 葛黎红, 姜启兴, 等. 盐添加量和热处理对内酯鱼糜凝胶品质的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(11): 69-72, 76.
- XU Yan-shun, GE Li-hong, JIANG Qi-xing, et al. Effect of salt content and thermal treatment on gel properties of silver carp mince induced by D-gluconic acid- δ -lactone[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(11): 69-72, 76.
- [39] 杨方琪, 高福成, 胡春. 影响鱼糜制品因素的研究[J]. 无锡轻工业学院学报, 1992, 11(30): 186-190.
- YANG Fang-qi, GAO Fu-cheng, HU Chun. Study on factors affecting surimi products[J]. Journal of Wuxi Institute of Light Industry, 1992, 11(30): 186-190.
- [40] 郭世良, 赵改名, 王玉芬. 离子强度和 pH 值对肌原纤维蛋白热诱导凝胶特性的影响[J]. 食品科技, 2008(1): 84-87.
- GUO Shi-liang, ZHAO Gai-ming, WANG Yu-fen. Effects of ionic strength and pH values on the characteristics of heat induced gelation of myofibrillar proteins[J]. Food Science and Technology, 2008(1): 84-87.

(上接第 185 页)

- [17] 崔宇, 卢秉久, 赵悦. 硝石矾石散对肝内胆汁瘀积型大鼠血清学及 Na-K-ATP 酶活性的影响[J]. 辽宁中医药大学学报, 2012, 14(7): 104-105.
- CUI Yu, LU Bing-jiu, ZHAO Yue. Effect of xiaoshi fanshi powder on serology and Na-K-ATPase activity of intrahepatic cholestasis rats[J]. Journal of Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, 2012, 14(7): 104-105.
- [18] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 319-320.
- National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the people's republic of China[S]. Beijing: China Medical and Technology Press, 2020: 319-320.
- [19] 米汪洋, 杨翠兰, 克迎迎, 等. 基于正常大鼠物质能量代谢状况探讨怀菊花的寒热药性[J]. 中草药, 2021, 52(3): 799-807.
- MI Wang-yang, YANG Cui-lan, KE Ying-ying, et al. Discussion on cold and heat properties of *Chrysanthemi Flos* in normal rats based on substance and energy metabolism[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2021, 52(3): 799-807.
- [20] 李昆, 郭鑫, 杨芸, 等. 高湿环境对大鼠肝脏异柠檬酸脱氢酶及 α -酮戊二酸脱氢酶的影响[J]. 第三军医大学学报, 2013, 35(23): 2 595-2 596.
- LI Kun, GUO Xin, YANG Yun, et al. Effects of high humidity on isocitrate dehydrogenase and α -ketoglutarate dehydrogenase in rat liver[J]. Journal of the Third Military Medical University, 2013, 35(23): 2 595-2 596.