

大宗淡水鱼糜凝胶性质比较研究

张屹环, 夏文水*

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 研究热处理和发酵两种处理方法对7种淡水鱼糜凝胶性质的影响。以青、草、鲢、鳙、鲤、鲫、鲂7种大宗淡水鱼为原料制备鱼糜,比较热处理和发酵两种处理方法制备的7种淡水鱼糜凝胶的凝胶强度、白度、折叠强度和持水性等。热处理鱼糜凝胶中,鲤鱼糜凝胶的破断强度、凝胶强度最高,分别为771.83 g、7 733.86 g·mm;鲫鱼糜凝胶的破断强度、凹陷深度、凝胶强度最低,为484.77 g、7.56 mm、3 667.38 g·mm;发酵鱼糜凝胶中,鲢鱼糜凝胶的破断强度、凹陷深度、凝胶强度最高,达到908.22 g、13.20 mm、11 995.08 g·mm;青鱼糜凝胶的凹陷深度、凝胶强度最低,为9.87 mm、6 690.96 gmm。不同鱼种类鱼糜凝胶的持水性、白度差异显著。与传统热处理鱼糜凝胶相比,发酵鱼糜凝胶具有更好的凝胶特性,其破断强度、凹陷深度、凝胶强度均有一定程度的提高,其中鲢鱼糜凝胶增加的比例最大,分别为64.88%、11.49%、83.37%。

关键词: 淡水鱼; 鱼糜; 热处理; 发酵; 凝胶特性

中图分类号: TS 205 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2012)06-0654-07

Studies on Comparison of Gel Properties of Conventional Freshwater Fish Surimi Gel

ZHANG Yi-huan, XIA Wen-shui*

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi China, 214122)

Abstract: Effects of thermal treatment and fermentation on gel properties of 7 kinds of conventional freshwater fish surimi gel were investigated. The gel properties, whiteness, folding strength and water holding capacity of surimi gel were investigated for the comparison of 7 kinds of conventional freshwater fish surimi gel which were processed by thermal treatment and fermentation, including black carp, grass carp, silver carp, bighead carp, common carp, crucian and gurnard. The breaking strength and gel strength of common carp surimi gel by thermal treatment were highest, respectively was 771.83 g, 7 733.86 gmm. The breaking strength, deformation and gel strength of crucian surimi gel were lowest, 484.77 g, 7.56 mm, 3 667.38 gmm. Among fermented surimi gel, the breaking strength, deformation and gel strength of silver carp surimi gel were highest, up to 908.22 g, 13.20 mm, 11 995.08 gmm. The deformation and gel strength of silver black carp surimi gel were lowest, 9.87 mm, 6 690.96 gmm respectively. The differences of water holding capacity and whiteness among different species were significant. Compared with the traditional thermal treated surimi gel, the

收稿日期: 2011-03-14

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金项目(NYCYTX-49)。

* 通信作者: 夏文水(1958-),男,江苏南京人,工学博士,教授,博士研究生导师,主要从事食品加工技术研究。E-mail: xiaws@jiangnan.edu.cn

gel properties of fermented surimi gel were higher, and its breaking strength, deformation and gel strength were enhanced to a certain extent. The increase of silver carp surimi gel was highest, 64.88%, 11.86%, 83.37% respectively.

Key words: freshwater fish, surimi gel, thermal treatment, fermentation, gel properties

鱼糜制品是鱼肉经斩拌、擂溃、成型等过程而制成的凝胶食品^[1],也是全球生产、消费量最大的水产食品之一,其营养丰富,食用方便,深受消费者欢迎。目前加工鱼糜的原料主要为海水鱼类,但由于近几年海洋捕捞强度的加大,海洋资源日益匮乏。中国是世界上水产品产量最大的国家,拥有极为丰富的淡水鱼资源。据调查,全国内陆水域鱼类800多种,纯淡水鱼类760种,养殖淡水鱼产量占世界养殖淡水鱼总产量的73%。2009年我国水产品总产量超过5000万吨,淡水养殖产品占总产量的48.5%,其中青、草、鲢、鳙、鲤、鲫、鲂鱼等7种大宗淡水鱼的总产量占全国淡水养殖总产量的70%以上,淡水鱼糜制品的开发成为水产加工业发展的一个重要趋势。

鱼糜凝胶特性是反映鱼糜品质的重要指标,鱼糜凝胶的形成与鱼的种类和加工方式密切相关。淡水鱼糜普遍存在凝胶强度不高和易凝胶劣化的难题,提高淡水鱼糜凝胶强度具有重要的现实意义。目前,中国国内对淡水鱼糜的凝胶特性、漂洗等因素对凝胶特性的影响及凝胶强度的提高方法已有一定的研究^[2-3]。近年来有研究发现微生物发酵可改善鱼糜的凝胶特性、风味和感官品质^[4-9],并且发酵鱼糜具有降低血压和胆固醇的功能性质^[8]。杨华等^[10]已成功研制了鲢鱼发酵香肠。本实验室^[4-7,9,11]对鲢鱼糜发酵及其凝胶形成机理进行了一定的研究,包括发酵剂的筛选,发酵鲢鱼肉香肠工艺的开发及其保藏特性,不同发酵温度条件下鲢鱼糜凝胶的理化性质变化及发酵成胶机理等。但国内对不同种类大宗淡水鱼发酵鱼糜的凝胶特性研究还较少。为了系统的研究不同种类大宗淡水鱼糜的凝胶特性,本文选用青、草、鲢、鳙、鲤、鲫、鲂鱼7种大宗淡水鱼为原料制备鱼糜,比较热处理和发酵两种不同处理方法制备的淡水鱼糜凝胶的凝胶强度、白度和持水性等,为开发高品质的淡水鱼糜制品提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

戊糖片球菌(*Pediococcus pentosaceus*),由江南大学食品学院食品加工与配料中心提供。

青鱼(3.5~4.4 kg)、草鱼(2.0~3.0 kg)、鲢鱼(1.0~1.5 kg)、鳙鱼(1.5~2.0 kg)、鲤鱼(1.5~2.0 kg)、鲫鱼(0.3~0.4 kg)、鲂鱼(0.5~0.7 kg),均为市售新鲜活鱼,购自无锡市雪浪镇菜市场;食盐、葡萄糖、蔗糖等辅料均为市售食品级。

LRH-150-SⅡ电热恒温恒湿培养箱:广东省医疗器械厂生产;XBLL-25多功能食品加工机:上海帅佳电子科技有限公司生产;TA-XT2i质构仪:英国Stable Micro Systems公司生产;WSC-S测色色差计:上海精密科学仪器有限公司生产。

1.2 实验方法

1) 鱼糜的制备 将活鱼宰杀后去除头、尾、内脏和鱼鳞,清水洗净后进行手工采肉,红肉与白肉尽可能分开。将白肉切碎,于切陷机中斩成糜状,备用。

2) 鱼糜凝胶样品的制备 (1)发酵鱼糜凝胶的制备^[6]:制备好的鱼糜中按比例加入食盐、蔗糖、葡萄糖和活化好的发酵剂,搅拌均匀后擂溃5min,灌入直径为25mm的聚二氯乙烯肠衣,室温发酵48h,于4℃冷藏过夜,待测。(2)热处理鱼糜凝胶的制备:制备好的鱼糜中按比例加入食盐、蔗糖、葡萄糖,搅拌均匀后擂溃5min,灌入直径为25mm的聚二氯乙烯肠衣。采用两段式加热:40℃水浴加热30min后再90℃水浴加热20min,然后立即放进冰水中冷却30min,于4℃冷藏过夜,待测。

3) 采肉率测定 将白肉与红肉一起称重后,计算采肉率。采肉率(%)=(采肉后获得碎肉重/原料鱼重)×100%。

折叠强度测定 鱼糜凝胶样品剥去肠衣后切成厚5mm的均匀薄片,用五段法评定^[12]。

表 1 折叠实验评分标准
Tab. 1 Standard of bending experiment

评分	等级	性状
5	AA	四折不裂
4	A	对折不裂
3	B	对折缓缓裂开
2	C	对折立即裂开
1	D	指压即崩溃

4) 凝胶强度测定 鱼糜凝胶样品剥去肠衣,切成高 25 mm 的小圆柱体,使断面的中心位于探头正下方的样品台上,每组样品处理重复测量 5 次,取其平均值。测试参数:P0.25S 球形压头,测速 1.0 mm/s,压缩比 60 %,触发力 5 g,数据采集速率 400 pps,下压一次^[13]。破断强度(Breaking strength, g):力-距离曲线的第一个峰的大小;凹度(Deformation, mm):力-距离曲线的第一个峰距离的大小;凝胶强度/gmm = 破断强度(g)×凹陷深度(mm);

5) 持水性能测定 鱼糜凝胶样品剥去肠衣后于室温平衡一段时间,切成厚 5 mm 的均匀薄片并称重(m_1),下面放 3 张滤纸,上面放 2 张滤纸,用 5 kg 的重物压制并保持 2 min,去掉滤纸,再将样品称重(m_2),失水率按下式计算^[14],每组样品重复 5 次,试验结果为 5 次测定结果的平均值。

失水率(%) = $(m_1 - m_2) / m_1 \times 100$

6) 色泽测定 鱼糜凝胶样品剥去肠衣后于室温平衡一段时间,切成 10 mm 厚的均匀小圆柱体,采用测色色差计的 $L^*a^*b^*$ 测量系统,其中 L^* 是亮度, a^* 和 b^* 是白度坐标, $+a^*$ 是红色方向, $-a^*$ 是绿色方向, $+b^*$ 是黄色方向, $-b^*$ 是蓝色方向,当 a^* 和 b^* 增大时,色饱和度增大。样品的白度根据下面的公式进行计算^[15],每个切面测定 3 次,每次测量前旋转样品使测色均匀,结果取平均值。

白度 = $100 - [(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$

7) 全质构(TPA)测定 鱼糜凝胶样品剥去肠衣,切成高 10 mm 的均匀小圆柱体,使断面的中心位于探头的正下方样品台上,每组样品处理重复测量 5 次,取其平均值。TPA 测试条件:P50 探头,测速 1.0 mm/s,压缩比 30 %,探头 2 次测定间隔时间为 5 s,触发力 5 g,数据采集速率 400 pps^[13]。

1.3 数据分析

采用 SPSS 13.0 软件和 Excel 软件对数据进行统计分析。显著性检验方法为 Duncan 氏检验,检测限为 0.05,当 $P < 0.05$ 时,即为差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同种类大宗淡水鱼的采肉率比较

鱼的种类不同,其基本成分的含量也不同,因而形成凝胶的难易程度及凝胶的质量也不尽相同。即便是处于不同生长期的同一鱼类其基本含量也具有一定的差异。同一鱼类尽可能选用相同规格,并对其采肉率进行分析,数据见图 1。

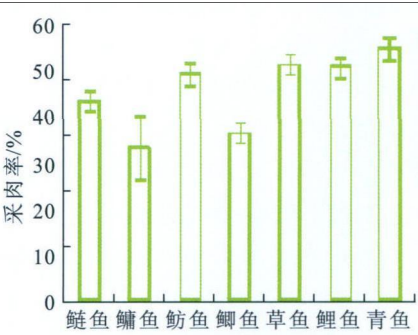


图 1 不同种类大宗淡水鱼的采肉率比较
Fig. 1 Comparison of Meat-obtain ratios of different conventional freshwater fishes

由图 1 可知,大宗淡水鱼的采肉率在 30%~50%之间,且种类不同,采肉率不同。其中青鱼的采肉率最高 54.33 %,草鱼、鲤鱼、鲢鱼与鲢鱼次之,鲫鱼由于个体较小,鱼头、内脏等占较大比例,采肉率为 36.07 %,由于鳙鱼头占鳙鱼比例较大,其采肉率最低为 32.81 %。

注:所有鱼类均为市售新鲜活鱼,立即宰杀后采肉

2.2 不同种类大宗淡水鱼糜凝胶的折叠强度比较

折叠强度可以反应鱼糜凝胶的弹性大小。对 2 种处理方法制备的不同种类大宗淡水鱼糜凝胶的折叠强度进行了测定,数据见表 2。

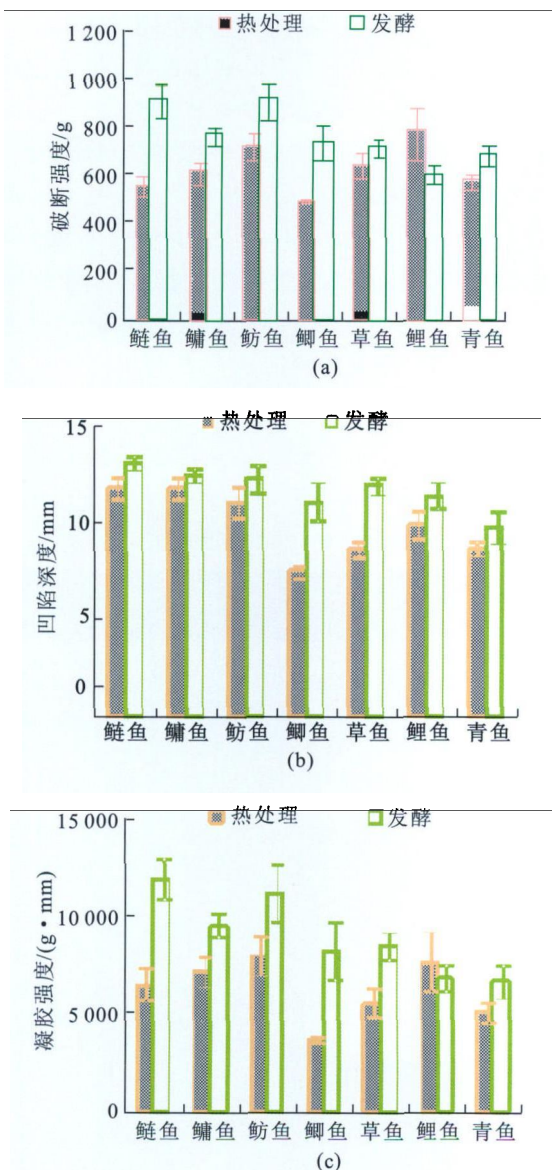
表 2 不同种类大宗淡水鱼糜凝胶的折叠强度比较
Tab. 2 Comparison of folding strength of different conventional freshwater fish surimi gel

处理方法	鲢鱼	鳙鱼	鲢鱼	鲫鱼	草鱼	鲤鱼	青鱼
热处理	AA	AA	AA	B	AA	AA	AA
发酵	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA

由表2可知,除热处理鲫鱼糜凝胶的折叠强度为B级外,2种处理方法制备的各种淡水鱼糜凝胶均达到AA级,这说明热处理和发酵均适用于不同淡水鱼糜凝胶的制备。

2.3 不同种类大宗淡水鱼糜凝胶的凝胶强度比较

凝胶强度是反映鱼糜品质的一个重要指标。比较2种处理方法制备的不同种类大宗淡水鱼糜凝胶的凝胶强度,见图2。



注: A-破断强度比较, B-凹陷深度比较, C-凝胶强度比较

图2 不同种类大宗淡水鱼糜凝胶的凝胶特性比较
Fig. 2 Comparison of gel properties of different conventional freshwater fish surimi gel

图2表明,同一处理方法制备的不同种类淡水鱼糜凝胶的凝胶强度不同。热处理鱼糜凝胶中,鲤

鱼糜凝胶的破断强度、凝胶强度最高,分别为771.83 g、7733.86 g·mm;鲫鱼糜凝胶的破断强度、凹陷深度、凝胶强度最低,分别为484.77 g、7.56 mm、3667.38 g·mm,可见鲤鱼适合于制备热处理鱼糜凝胶。盐溶蛋白含量的不同是凝胶强度存在差异的主要原因。刘海梅等^[16]将草、鲢、鳙、鲫4种鱼糜凝胶的凝胶强度与鱼糜蛋白质组成比例进行相关性分析,结果表明:盐溶性蛋白含量与热处理鱼糜凝胶强度呈极显著正相关($R=0.7751, \alpha=0.0031$),盐溶性蛋白含量越高,凝胶强度越大、弹性越好。发酵鱼糜凝胶中,鲢鱼糜凝胶的破断强度、凹陷深度、凝胶强度最高,分别为908.22 g、13.20 mm、11995.08 g·mm;青鱼糜凝胶的凹陷深度、凝胶强度最低,分别为9.87 mm、6690.96 g·mm。

与热处理鱼糜凝胶相比,发酵鱼糜凝胶的破断强度、凹陷深度、凝胶强度都有了一定程度的提高(鲤鱼除外),其中鲢鱼糜凝胶增加的比例最大,分别为64.88%、11.49%、83.37%;鲤鱼糜凝胶的破断强度、凝胶强度则分别降低了22.58%、11.41%。可见发酵方式更适用于鲢鱼糜凝胶的制备。

2.4 不同种类大宗淡水鱼糜凝胶的持水性比较

持水性能好的鱼糜制品,内部水分不易外渗,因而压出水分少,失水率低。为了比较2种处理方法制备的不同种类淡水鱼糜凝胶的持水性,对失水率进行了测定,见图3。

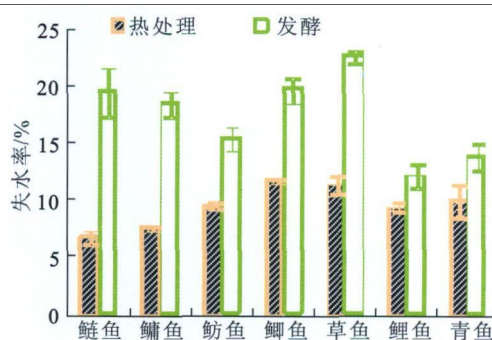


图3 不同种类大宗淡水鱼糜凝胶的持水性比较
Fig. 3 Comparison of water holding capacity of different conventional freshwater fish surimi gel

由图3可知,发酵鱼糜凝胶的持水性明显低于热处理鱼糜凝胶,相同加工方式下,不同鱼种类

鱼糜凝胶: 鲤鱼>青鱼>鲢鱼>鳙鱼>鲑鱼>鲫鱼>草鱼。

比较图 2 和图 3 可以发现,凝胶的持水性与凝胶强度大致呈负相关性,即凝胶强度越高,失水率越大,持水性越差,这一结果与曾庆孝等人^[17]的研究结果相近。曾庆孝等^[17]发现海水鱼鱼糜凝胶的凝胶强度明显高于罗非鱼鱼糜凝胶,而持水性则正好相反,因而认为凝胶强度高是导致热处理鱼糜凝胶持水性低的主要原因。同时间接说明了发酵能明显提高鱼糜凝胶的凝胶强度。

2.5 不同种类大宗淡水鱼糜凝胶的 TPA 比较

TPA(texture profile analysis)是评价鱼糜凝胶品质优劣的另一个重要指标。表 3 列出了 2 种处理方法制备的 7 种大宗淡水鱼糜凝胶的 TPA。由表 3 可知,鱼种类不同,加工方式不同,TPA 指标也不同。就同一鱼种类而言,不同加工方式下的鱼糜凝胶 TPA 某些指标具有显著的差异性,发酵后鲫鱼糜凝胶的硬度、黏结性、胶黏性、咀嚼性分别降低了 21.06 %、9.09 %、28.25 %、36.72 %,鲢鱼糜凝

胶的硬度、胶黏性、咀嚼性、回复性分别降低了 13.66 %、9.73 %、8.21 %、12.50 %,黏结性增加了 5.97 %。可见发酵在一定程度上降低了鱼糜凝胶的 TPA,但对不同鱼种类鱼糜凝胶影响比例不同,发酵后鲑鱼糜凝胶的硬度增加了 13.66 %,鲢鱼、鲫鱼、鲤鱼糜凝胶的硬度分别降低了 13.66 %、21.06 %、39.47 %。综合分析各种鱼糜凝胶的 TPA 指标后发现,发酵鲫鱼糜凝胶的 TPA 指标减少比例最大,同时发酵鲤鱼糜凝胶的 TPA 指标偏低;发酵草鱼糜凝胶的 TPA 指标最优,鲢鱼、青鱼、鲑鱼、鳙鱼次之。

2.6 不同种类大宗淡水鱼糜凝胶的白度比较

白度是鱼糜制品的重要指标之一,表 4 为不同种类大宗淡水鱼糜凝胶的白度。由表 4 可知,不同鱼种类鱼糜凝胶的白度差异性显著,热处理鱼糜凝胶中鲫鱼最低,草鱼最高,发酵鱼糜凝胶中鲤鱼最低,草鱼最高。不同处理方法制备的相同鱼种类鱼糜凝胶白度没有明显的变化。

表 3 不同种类大宗淡水鱼糜凝胶的 TPA 比较

Tab.3 Comparison of TPA of different species of conventional freshwater fish surimi gel

指标	加工方式	鱼 种 类						
		鲑鱼	鳙鱼	鲢鱼	鲫鱼	草鱼	鲤鱼	青鱼
硬度	I	1 772.36±104.63a	1 866.09±107.44a	2 499.51±116.62b	2 820.46±124.39b	2 313.14±41.41b	2 987.19±127.17b	2 376.41±320.19a
	II	2 014.44±133.67b	1 923.81±133.03a	2 158.19±205.72a	2 226.44±108.42a	2 077.76±30.40a	1 808.15±136.23a	2 065.08±182.72a
弹性/g	I	0.95±0.02b	0.96±0.02b	0.93±0.04a	0.97±0.01a	0.98±0.01a	0.91±0.03a	0.91±0.06a
	II	0.89±0.04a	0.91±0.02a	0.94±0.05a	0.86±0.04a	0.95±0.03a	0.91±0.03a	0.94±0.03a
黏结性	I	0.74±0.02a	0.73±0.01a	0.67±0.01a	0.77±0.01b	0.85±0.01b	0.67±0.01a	0.67±0.02a
	II	0.72±0.02a	0.71±0.02a	0.71±0.02b	0.70±0.01a	0.81±0.01a	0.71±0.01b	0.71±0.03b
胶黏性/g	I	1 304.47±101.78a	1 355.90±79.97a	1 685.44±76.55b	2 184.23±81.55b	1 798.25±34.46b	1 288.28±90.21a	1 584.55±183.25a
	II	1 444.82±113.30a	1 372.08±97.29a	1 521.50±115.88a	1 567.25±51.00a	1 688.64±19.44a	1 285.31±82.73a	1 461.45±165.23a
咀嚼性/g	I	1 244.23±124.83a	1 297.29±73.19a	1 559.56±78.68b	2 121.61±101.93b	1 676.15±12.15a	1 173.36±113.28a	1 448.16±219.83a
	II	1 291.38±147.72a	1 243.60±68.76a	1 431.48±85.47a	1 342.45±85.10a	1 607.15±61.89a	1 169.22±103.99a	1 374.87±191.92a
回复性	I	0.44±0.02b	0.43±0.01b	0.40±0.01b	0.37±0.02a	0.41±0.01b	0.34±0.01a	0.38±0.01b
	II	0.37±0.02a	0.38±0.01a	0.35±0.01a	0.32±0.02a	0.31±0.01a	0.34±0.01a	0.34±0.01a

注:表中数据为均值±标准误差,n=5;I-热处理成胶;II-发酵成胶;字母表示不同加工方式下同种鱼同一指标间的差异性,不同字母者为组内差异显著(P<0.05)。

表4 不同种类淡水鱼糜凝胶的白度比较

Tab. 4 Comparison of whiteness of different conventional freshwater fish surimi gel

指标	加工方式	鱼种类						
		鲢鱼	鳙鱼	鲂鱼	鲫鱼	草鱼	鲤鱼	青鱼
L *	I	71.74± 0.45Ae	70.78± 0.58Ade	71.46± 1.20Ade	61.46± 1.39Aa	70.73± 0.71Ac	63.22± 0.42Ab	74.54± 0.89Bf
	II	70.95± 0.41Bf	70.00± 0.60Bd	70.52± 0.24Be	61.74± 0.43Aa	68.87± 0.77Bc	60.17± 0.54Bb	74.60± 0.3Ag
a *	I	3.86± 0.47Ab	0.99± 0.22Bd	-0.70± 0.17Be	2.49± 0.45Ba	1.57± 0.28Bc	3.75± 0.20Bb	-0.49± 0.19Be
	II	0.26± 0.21Bf	5.14± 0.43Ad	4.16± 0.32Ade	3.48± 0.40Aa	2.89± 0.25Ac	7.02± 0.42Ab	3.77± 0.20Ag
b *	I	8.65± 0.34Ba	13.70± 0.20Ab	11.24± 0.43Ad	8.75± 0.41Ba	7.82± 0.32Bc	13.92± 0.19Ab	10.81± 0.37Ae
	II	11.99± 0.45Ad	9.24± 0.43aBb	9.53± 0.45Bb	9.06± 0.29Aa	9.93± 0.66Ac	9.52± 0.40Ab	9.80± 0.41Be
W	I	70.19± 0.41Ab	67.71± 0.57Ac	69.31± 1.10Ad	60.39± 1.37Aa	69.66± 0.71Adb	60.50± 0.42Aa	72.33± 0.83Ae
	II	68.57± 0.28Bd	68.19± 0.57Ad	68.73± 0.29Ad	60.53± 0.39Ae	67.19± 0.70Bc	58.44± 0.46Bb	72.51± 0.45Ae

注:表中数据为均值±标准误差, $n=5$; I-热处理成胶, II-发酵成胶;小写字母表示同一加工方式下不同鱼种类的同一样本间的差异性,大写字母表示不同加工方式下同种鱼同一样本间的差异性,同列中具有不同字母者为组内差异显著($P<0.05$)。

3 结 语

1) 鱼的种类与鱼糜凝胶特性密切相关。除热处理鲫鱼糜凝胶的折叠强度为B级,2种处理方法制备的各种淡水鱼糜凝胶均达到AA级。热处理鱼糜凝胶中,鲤鱼糜凝胶的破断强度、凝胶强度最高,鲫鱼糜凝胶的破断强度、凹陷深度、凝胶强度、白度最低;发酵鱼糜凝胶中,鲢鱼糜凝胶的破断强度、凹陷深度、凝胶强度最高,青鱼糜凝胶的凹陷深度、凝胶强度最低,鲫鱼糜凝胶白度最低。热处理鱼糜凝胶持水性:鲢鱼>鳙鱼>鲤鱼>鲂鱼>青鱼>草鱼>鲫鱼,发酵鱼糜凝胶持水性:鲤鱼>青鱼

>鲂鱼>鳙鱼>鲢鱼>鲫鱼>草鱼。不同鱼种类之间的鱼糜凝胶色泽差异显著,热处理鱼糜凝胶中鲫鱼最低,草鱼最高,发酵鱼糜凝胶中鲤鱼最低,草鱼最高。

2) 生物发酵可显著改善淡水鱼糜凝胶的品质。与传统热处理鱼糜凝胶相比,发酵鱼糜凝胶的破断强度、凹陷深度、凝胶强度均有一定程度的提高,为提高淡水鱼糜凝胶强度提供了一种新的解决方式。不同鱼种类提高的程度不同,其中鲢鱼糜凝胶增加的比例最大,分别为64.88%、11.86%、83.37%。与凝胶强度相反,发酵鱼糜凝胶的持水性、TPA指标略低于热处理鱼糜凝胶。

参考文献(References):

- [1] 汪之和. 水产品加工与利用[M]. 北京:化学工业出版社. 2003. (21): 9-233.
- [2] 刘淑华,陈兴才,门金秋. 漂洗和擂溃工艺对鳙鱼鱼糜凝胶强度的影响[J]. 福建农林大学学报:自然科学版, 2007, 36(2): 177-179.
- LIU Shu-hua, CHEN Xing-cai, MEN Jin-qiu. Effect of washing and blending on the gel strength of *aristichthy nobilis* surimi[J]. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition*, 2007, 36(2): 177-179. (in Chinese)
- [3] 黄诚,尹红. 鱼糜凝胶特性改良条件研究[J]. 食品科学, 2009, 30(24): 65-67.
- HUANG Cheng, YIN Hong. Improvement of surimi gel properties[J]. *Food Science*, 2009, 30(24): 65-67. (in Chinese)
- [4] HU Yong-jin, XIA Wen-shui. Effect of mixed starter cultures fermentation on the characteristics of silver carp sausages

- [J]. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, 2007, 23(7): 1021–1031.
- [5] HU Yong-jin, XIA Wen-shui. Characterization of fermented silver carp sausages inoculated with mixed starter culture [J]. **Lwt-Food Science and Technology**, 2008, 41(4): 730–738.
- [6] XU Yan-shun, XIA Wen-shui, YANG Fang, et al. Effect of fermentation temperature on the microbial and physicochemical properties of silver carp sausages inoculated with *Pediococcus pentosaceus* [J]. **Food Chemistry**, 2010, 118: 512–518.
- [7] 胡永金, 夏文水, 刘晓永. 不同微生物发酵剂对鲢鱼肉发酵香肠品质的影响[J]. **安徽农业科学**, 2007, 35(6): 1790–1791.
- HU Yong-jin, XIA Wen-shui, LIU Xiao-yong. Effect of different starter cultures on the quality of fermented silver carp sausages[J]. **Journal of Anhui Agri Sci**, 2007, 35(6): 1790–1791. (in Chinese)
- [8] Gelman, A., Drabkin, V., and Glatman, L., Evaluation of lactic acid bacteria isolated from lightly preserved fish products as starter cultures for new fish-based food products[J]. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 2000(3): 219–226.
- [9] XU Yan-shun, XIA Wen-shui, YANG Fang, et al. Physical and chemical changes of silver carp sausages during fermentation with *Pediococcus pentosaceus*[J]. **Food Chemistry**, 2010, 122: 633–637.
- [10] 杨华, 张亚杰, 张浩. 鲢鱼发酵香肠的研制[J]. **肉类工业**, 2010, 3: 25–28.
- YANG Hua, ZHANG Ya-jie, ZHANG Hao. Study on processing technology of catrmh fermented sausages[J]. **Meat Industry**, 2010, 3: 25–28. (in Chinese)
- [11] XU Yan-shun, XIA Wen-shui, YANG Fang, et al. Protein molecular interactions involved in the gel network formation of fermented silver carp mince inoculated with *Pediococcus pentosaceus*[J]. **Food Chemistry**, 2010, 120: 717–723.
- [12] 叶桐封. 淡水鱼加工技术[M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- [13] Hiroko Sakamoto, Yoshiyuki Kushiya, Kumazawa Sellchiro, et al. Gel strength enhancement by addition of microbial transglutaminase during onshore surimi manufacture [J]. **Journal of Food Science**, 1995, 60(2): 300–304.
- [14] Saroot Rawdkuen, Samart Sai-Ut, Saisunee Khamsorn, et al. Biochemical and gelling properties of tilapia surimi and protein recovered using an acid-alkaline process [J]. **Food Chemistry**, 112 (2009) 112–119.
- [15] Fujii Y, Watanabe K, Maruyama Y. Relation between the ATP-breakdown in ice-stored alaska pollack meat and the quality of frozen surimi[J]. **Bull Tokai Reg Fish Res Lab**, 1973, 75(1): 7–11.
- [16] 刘海梅, 严菁, 熊善柏, 等. 淡水鱼肉蛋白质组成及其在鱼糜制品加工中的变化[J]. **食品科学**, 2007, 28: 40–44.
- LIU Hai-mei, YAN Jing, XIONG Shan-bai, et al. Protein components of freshwater fish flesh and their changes during surimi-based processing[J]. **Food Science**, 2007, 28: 40–44. (in Chinese)
- [17] 张崑, 曾庆孝, 朱志伟, 等. 罗非鱼与四种海水鱼鱼糜比较[J]. **现代食品科技**, 2009, 25(2): 1222–1226.
- ZHANG Yin, ZENG Qing-xiao, ZHU Zhi-wei, et al. Comparison of surimi of tilapia (*Sarotherodon nilotica*) and other four marine fish[J]. **Modern Food Science and Technology**, 2009, 25(2): 1222–1226. (in Chinese)