

超高压处理对梅鱼鱼糜凝胶特性的影响

胡飞华, 陆海霞, 陈青, 励建荣*

(浙江工商大学食品与生物工程学院, 浙江省食品安全重点实验室, 浙江 杭州 310035)

摘要:考察超高压压力、保压时间、协同温度3因素,应用质构仪,得到了梅鱼鱼糜凝胶硬度、弹性、内聚性、咀嚼性和凝胶强度等特性参数,并以凝胶强度为指标,对超高压压力、保压时间、协同温度进行了优化,通过正交试验确定了最优超高压处理条件,即:压力300 MPa、保压时间15 min、协同温度20 ℃,所得凝胶强度为363.15 g·cm。分析凝胶特性结果得到:压力在200 MPa时,梅鱼鱼糜已经开始形成凝胶;保压时间5 min以后,凝胶特性无显著性影响;随着协同处理温度的升高,凝胶特性显著降低。压力、保压时间、协同温度3因素对凝胶强度的影响顺序为压力>协同温度>保压时间。压力大于300 MPa、保压时间大于5 min时,超高压处理对鱼糜凝胶内聚性无显著性影响;协同温度大于20 ℃时,内聚性随着处理温度的升高而显著降低。超高压与热处理比较结果发现,经超高压处理的梅鱼鱼糜凝胶强度优于热处理,是热处理的2.2倍,经超高压处理之后的凝胶硬度低于热处理的凝胶硬度,仅为热处理的67%,弹性、内聚性、咀嚼性、持水性和白度,超高压处理均高于热处理的凝胶,其中弹性增加明显,为热处理的1.6倍。超高压和热处理两种组合处理方式结果表明,超高压处理之后再经热处理得到的梅鱼鱼糜凝胶特性与单一的两段式热处理方式基本接近,而热处理之后再经超高压处理则对梅鱼鱼糜凝胶结构破坏严重。研究结果表明,超高压能促进梅鱼鱼糜凝胶的形成,获得更好的品质,在鱼糜加工中具有良好的应用前景。

关键词:梅鱼;超高压;鱼糜;凝胶特性

中图分类号:TS 254.1; S 917

文献标识码:A

梅鱼(*Collichthys lucidus*),又名“梅童鱼”,体形细长,为近海小型经济鱼类,其资源丰富、价格低廉,具有较高的营养价值,是鱼糜加工的重要原料。弹性是衡量鱼糜品质的重要指标之一,它是硬度、伸缩性以及粘性的综合体现,主要取决于鱼糜的凝胶特性^[1-2]。因此,凝胶化是鱼糜制品的技术关键,只有经过充分凝胶化的鱼糜制品才富有弹性,有较好的口感和较高的商品价值。

目前,使鱼糜凝胶化的主要方法是热处理,但热加工方法对于改善鱼糜凝胶特性仍不够理想^[3-4]。超高压(ultra-high pressure, UHP)技术是近些年发展起来的一种新型食品加工方法,其可以很好地保持食品的色泽、原有风味和营养成

分,并能影响对蛋白质分子立体结构有贡献的相互作用(氢键、疏水相互作用、静电相互作用)从而改变蛋白质空间结构,导致蛋白质变性、聚集或凝胶化。高压诱导的蛋白凝胶比热诱导蛋白凝胶具有更好的光泽度、平滑度、柔软度以及更高的弹性^[5-6]。因此,UHP有望是提高鱼糜凝胶强度的一种有效手段。近年来,UHP成为食品加工技术的研究热点,并受到了广泛关注,国外对于鳕(*Gadus morhua*)、大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)等品质的研究进行的比较深入^[7-11]。Gipsy等^[12]研究发现,超高压处理可以提高鱼糜制品的白度及凝胶强度。Chung等^[13]报道,在170~240 MPa,28~35 ℃,处理60 min的条件下更有利于

收稿日期:2009-03-06 修回日期:2009-09-21

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2007AA091806);浙江省科技厅海洋生物资源综合加工与利用优先主题项目(2009C03017-5)

通讯作者:励建荣, Tel: 0571-88056656, E-mail: lijianrong@zjgsu.edu.cn

鱼肉形成品质优良的凝胶。但国内这方面的研究鲜有报道,特别是 UHP 对梅鱼鱼糜凝胶特性的影响研究。

本文研究了超高压处理的压力、时间及协同处理温度对梅鱼鱼糜凝胶特性的影响,并通过正交试验对工艺条件进行了优化,以期超高压技术在水产品加工中的应用提供一定的理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 仪器

HPB. A2-600/0.6 超高压处理设备,天津华泰森森有限公司;TA. XT Express 型物性测试仪,英国 Stable Micro Systems 公司;Sigma 3K30 高速冷冻离心机,德国 Sigma 公司;CHROMA METER CR-400 色彩色差计,日本 Minolta 公司;CM-14 型斩拌机、EM-20 型灌肠机,西班牙 MAINCA 公司。

1.2 材料

冷冻梅鱼鱼糜:浙江兴业集团有限公司提供;食盐:市售食用级;马铃薯淀粉:甘肃恒星淀粉食品有限公司;胶原蛋白肠衣($d=20\text{ mm}$):江苏环球塑料工程有限公司。

1.3 试验方法

梅鱼鱼糜前处理 冷冻鱼糜空斩 2 min 后,添加 3% 食盐、15% 的水斩拌 2 min,最后添加 15% 马铃薯淀粉继续斩拌 15 min,斩拌过程中保持鱼肉温度低于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。然后灌肠,鱼肠长度在 5 cm 左右。

压力对梅鱼鱼糜凝胶特性的影响 鱼肠分别于 100、200、300、400、500、600 MPa 超高压下, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, 保压 10 min,取出后迅速冰水冷却, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 放置 24 h 后进行凝胶特性分析。

保压时间对梅鱼鱼糜凝胶特性的影响 鱼肠在 400 MPa、 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下,分别保压 5、10、15、20、25、30 min,取出后迅速冰水冷却, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 放置 24 h 后进行凝胶特性分析。

协同温度对梅鱼鱼糜凝胶特性的影响 鱼肠在 400 MPa、保压 10 min 条件下,分别于 10、20、30、40、50、60 $^{\circ}\text{C}$ 协同处理,取出后迅速冰水冷却, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 放置 24 h 后进行凝胶特性分析。

正交试验优化梅鱼鱼糜超高压加工条件 以凝胶强度为指标,在单因素试验基础上,进行三因素三水平 $L_9(3^4)$ 正交试验,优化梅鱼鱼糜的超

高压加工条件。

超高压与热处理诱导凝胶特性对比 热加工方式采用两段式加热,鱼肠先经 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水浴加热 40 min,再 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水浴加热 30 min,迅速冰水冷却, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷藏 24 h 后进行凝胶特性分析。超高压加工条件为上述实验得到的最优化条件。

1.4 分析方法

样品尺寸 将鱼肠切成直径 2 cm,高 2 cm 的柱形体,以进行凝胶特性分析。

质构特性测试 选用的夹具为 P/5(直径为 5 mm 的圆柱探头),测试模式为 TPA(texture profile analysis)。具体测试参数为预压速度 3 mm/s,下压速度 1 mm/s,回复速度 3 mm/s,应变 30%,两次压缩之间的停留时间 5 s,触发力 5 g。

凝胶强度测试 选用的夹具为 P/5s(直径 5 mm 的球形探头),测试模式为压缩力模式。具体测试参数为预压速度 3 mm/s,下压速度 0.5 mm/s,回复速度 3 mm/s,变形量 15 mm,感应力 5 g。测定破断强度和凹陷深度,凝胶强度($\text{g}\cdot\text{cm}$) = 破断强度(g) \times 凹陷深度(cm)。

持水性(WHC)的测定^[14] 约 1 g 鱼糜凝胶置于离心管中,在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $3\ 000\times g$ 离心力下离心 10 min,以离心后凝胶重量占原重的百分比计为 WHC,3 次平行。

白度的计算 用色彩色差计测定凝胶的 L^* (明亮度)、 a^* (红绿偏差)和 b^* (黄蓝偏差)值,计算公式: $W = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$ 。

2 结果与amp;讨论

2.1 压力对梅鱼鱼糜凝胶特性的影响

压力对梅鱼鱼糜凝胶特性的影响结果见表 1。由表 1 可见,硬度、弹性、内聚性和咀嚼性均随着压力升高逐渐增大($P < 0.05$),在 400 MPa 时达到最大值,分别为 136.82、1.69、0.83 和 191.41 g。随着处理压力的继续增大,硬度和咀嚼性则显著减小($P < 0.05$),弹性和内聚性无明显变化。

从表 1 也可以发现,随着处理压力的增大,梅鱼鱼糜凝胶强度呈现先增大后减小的趋势,凝胶强度在 300 MPa 时达到最大值。这是由于鱼肉中的肌原纤维蛋白(即盐溶蛋白)是形成凝胶的主要成分,随着处理压力的逐渐增大,首先可能发

生肌球蛋白的变性,包括蛋白质构型改变与肽链的解开,同时超高压处理可使蛋白质分子中二硫键部分断裂,巯基含量增加,使蛋白质凝胶性能改善^[15]。高压处理也能解聚肌动蛋白和肌动球蛋白,并能提高肌原纤维蛋白溶解性,当压力足够大时,可能会影响物质分子间结合形式,导致键的破坏和重组,从而使大分子功能特性发生变化,形成凝胶网络结构,改善凝胶特性。但是当压力进一步升高时,可能会因蛋白质变性过快而令凝胶的

网络结构交联度降低,从而使凝胶强度减小。

2.2 保压时间对梅鱼鱼糜凝胶特性的影响

表 2 列出了保压时间对梅鱼鱼糜凝胶质构特性的影响。当保压时间小于 10 min 时,质构特性随着保压时间的延长显著改善($P < 0.05$)。当保压时间超过 10 min 后,硬度和咀嚼性有一定程度的下降,但变化不显著($P > 0.05$)。弹性、内聚性则无明显变化。

表 1 压力对梅鱼鱼糜凝胶特性的影响

Tab.1 Effect of pressure on the surimi gel properties

压力(MPa) pressure	凝胶特性 gel properties				
	硬度(g) hardness	弹性 springiness	内聚性 cohesiveness	咀嚼性(g) chewiness	凝胶强度(g·cm) gel strength
0	30.35 ± 0.58 ^f	0.96 ± 0.00 ^d	0.74 ± 0.01 ^d	21.47 ± 0.23 ^e	—
100	39.86 ± 1.89 ^e	0.96 ± 0.01 ^d	0.69 ± 0.01 ^e	26.45 ± 1.17 ^e	15.30 ± 0.85 ^d
200	103.18 ± 5.72 ^d	1.18 ± 0.05 ^c	0.79 ± 0.01 ^c	97.18 ± 5.43 ^d	244.41 ± 36.94 ^c
300	128.86 ± 2.17 ^b	1.62 ± 0.02 ^b	0.81 ± 0.01 ^b	170.30 ± 1.92 ^{bc}	370.29 ± 32.07 ^a
400	136.82 ± 7.50 ^a	1.69 ± 0.04 ^a	0.83 ± 0.01 ^a	191.41 ± 6.19 ^a	345.44 ± 27.50 ^a
500	131.38 ± 2.32 ^b	1.64 ± 0.02 ^b	0.81 ± 0.00 ^b	175.33 ± 5.54 ^b	296.21 ± 26.87 ^b
600	122.68 ± 1.46 ^c	1.67 ± 0.02 ^{ab}	0.81 ± 0.01 ^b	166.02 ± 6.68 ^c	303.26 ± 15.03 ^b

注:不同字母间表示差异显著($\alpha = 0.05$),“—”表示未凝胶化,下同。

Notes: different letter shows significant difference ($\alpha = 0.05$), “—” means no gelation, the below is same.

表 2 保压时间对梅鱼鱼糜凝胶特性的影响

Tab.2 Effect of time on the surimi gel properties

保压时间(min) time	凝胶特性 gel properties				
	硬度(g) hardness	弹性 springiness	内聚性 cohesiveness	咀嚼性(g) chewiness	凝胶强度(g·cm) gel strength
0	29.53 ± 0.36 ^e	0.95 ± 0.01 ^c	0.67 ± 0.02 ^b	18.83 ± 0.65 ^d	—
5	97.07 ± 0.96 ^d	1.22 ± 0.02 ^b	0.84 ± 0.00 ^a	91.69 ± 1.96 ^c	303.91 ± 27.18 ^a
10	136.03 ± 1.62 ^a	1.64 ± 0.02 ^a	0.86 ± 0.00 ^a	135.60 ± 2.08 ^a	309.43 ± 28.73 ^a
15	131.67 ± 0.91 ^b	1.66 ± 0.03 ^a	0.84 ± 0.00 ^a	132.97 ± 2.06 ^a	323.32 ± 28.07 ^a
20	132.13 ± 0.78 ^b	1.67 ± 0.01 ^a	0.84 ± 0.00 ^a	127.67 ± 1.51 ^b	311.33 ± 17.72 ^a
25	128.37 ± 3.38 ^{bc}	1.67 ± 0.01 ^a	0.84 ± 0.00 ^a	123.59 ± 2.37 ^b	305.78 ± 34.33 ^a
30	125.33 ± 1.22 ^c	1.66 ± 0.01 ^a	0.85 ± 0.00 ^a	123.58 ± 1.76 ^b	291.55 ± 25.72 ^a

由表 2 的凝胶强度变化情况可看出,随着保压时间的延长,凝胶强度有所改善,在保压 15 min 时达到最大值,随着保压时间继续延长,凝胶强度有一定下降,但保压时间对凝胶强度的影响不显著($P > 0.05$),这与 Takeda 等^[16]的研究结果基本一致,可归结为疏水相互作用和二硫键作用的增强可以提高鱼糜凝胶的凝胶强度,同时,由于 300 MPa 的压力并没有使鱼肉内组织蛋白酶失活,反而可以提高其活性^[17],当凝胶化时间超过一定的值后,由于组织蛋白酶的水解作用占主导,鱼糜中

的大量蛋白质被水解,支撑凝胶网络骨架的蛋白质大分子链断裂,此时再增加疏水相互作用和二硫键则不能改善凝胶特性。此外,当 MHC(肌球蛋白重链)的交联作用大于鱼糜蛋白的降解作用时,鱼糜凝胶强度增加,反之则导致鱼糜凝胶强度降低^[18]。

2.3 协同温度对梅鱼鱼糜凝胶特性的影响

协同处理温度对梅鱼鱼糜凝胶特性的影响结果见表 3,由表 3 可知,10 ~ 40 °C,随着协同处理温度的升高,硬度先减小后增大,但变化范围比较

小,40~50℃,硬度和咀嚼性急剧减小,随后又有所回升,但不及40℃时的硬度和咀嚼性;随着协同温度的升高,弹性、内聚性均随之下降。硬度在10℃达到最大值138.35g,弹性在20℃时达到最大值1.65。

从表3中凝胶强度变化结果可看出:超高压

下,协同温度的升高不利于凝胶强度的改善,当协同温度大于20℃时,凝胶强度显著下降($P < 0.05$),主要原因可能是由于低温超高压下,蛋白容易形成凝胶,随着协同温度的升高,尤其是温度在50~60℃,蛋白质凝胶网络结构容易被破坏,导致凝胶特性的急剧下降^[19]。

表3 温度对梅鱼鱼糜凝胶特性的影响
Tab.3 Effect of temperature on the surimi gel properties

温度(℃) temperature	凝胶特性 gel properties				
	硬度(g) hardness	弹性 springiness	内聚性 cohesiveness	咀嚼性(g) chewiness	凝胶强度(g·cm) gel strength
0	29.33 ± 2.57 ^f	0.95 ± 0.01 ^c	0.67 ± 0.02 ^d	18.84 ± 1.64 ^f	—
10	138.35 ± 2.23 ^a	1.65 ± 0.02 ^a	0.85 ± 0.01 ^a	133.82 ± 1.06 ^a	354.14 ± 50.10 ^a
20	133.20 ± 2.89 ^b	1.65 ± 0.05 ^a	0.85 ± 0.01 ^a	133.10 ± 0.87 ^a	323.03 ± 32.40 ^a
30	125.80 ± 1.28 ^c	1.64 ± 0.03 ^a	0.83 ± 0.01 ^b	106.57 ± 2.06 ^b	209.10 ± 42.95 ^b
40	137.27 ± 0.90 ^a	1.50 ± 0.01 ^b	0.79 ± 0.01 ^c	102.12 ± 0.70 ^c	131.41 ± 41.46 ^c
50	57.93 ± 1.40 ^e	0.95 ± 0.01 ^c	0.62 ± 0.01 ^e	32.57 ± 4.05 ^e	49.27 ± 12.60 ^d
60	82.77 ± 2.18 ^d	0.91 ± 0.01 ^c	0.56 ± 0.01 ^f	42.01 ± 0.82 ^d	20.93 ± 4.14 ^d

2.4 正交试验优化

正交试验结果见表4。由表4可知,梅鱼鱼糜的直观最佳超高压条件为试验6,即压力300MPa、保压时间20min、温度10℃。通过极差分析可知,各因素对凝胶强度的影响程度依次为

A > C > B,即:压力 > 协同温度 > 保压时间,理论最佳的超高压加工条件为A₂B₂C₂,即:压力300MPa,保压时间15min,温度20℃。这个条件与单因素试验的结果基本相同。对表4的试验结果进行方差分析和F检验,结果见表5。

表4 正交试验结果
Tab.4 The results of orthogonal experiments

试验号 ordinal	压力A(MPa) pressure	保压时间B(min) time	协同温度C(℃) temperature	凝胶强度(g·cm) gel strength
1	1(200)	1(10)	1(10)	129.56
2	1	2(15)	2(20)	200.96
3	1	3(20)	3(30)	88.02
4	2(300)	1	2	311.97
5	2	2	3	228.77
6	2	3	1	333.10
7	3(400)	1	3	234.66
8	3	2	1	311.78
9	3	3	2	284.25
K ₁	139.513	225.397	258.147	
K ₂	291.280	247.170	265.727	
K ₃	276.897	235.123	183.817	
R	151.767	21.773	81.910	

表5 方差分析结果
Tab.5 The results of ANOVA

因素 factor	自由度 df	偏差平方和 SS	均方 MS	F比 F ratio	F临界值	显著性 significance
					F _{0.01} /F _{0.05}	
A	2	42 114.182	21 057.091	24.964		P < 0.01
B	2	713.808	356.904	0.423	18.00/6.94	
C	2	1 2291.653	6 145.827	7.286		P < 0.05
误差	4	3374.015	843.504			

F 检验结果表明,在考察范围内,压力对梅鱼鱼糜凝胶强度具有极显著影响,协同温度对凝胶强度有显著影响,而保压时间对凝胶强度的影响不显著。按上述理论最佳条件,做 3 组平行试验进行验证,结果见表 6。从表 6 可以看出,在压力

300 MPa、保压时间 15 min、温度 20 ℃ 条件下,所得梅鱼鱼糜凝胶强度为 363.15 g·cm,硬度为 156.59 g,弹性 1.58,内聚性 0.81,咀嚼性 191.54 g,因此确定该条件为最佳超高压加工条件。

表 6 正交试验结果验证

Tab.6 The verification of the orthogonal experiments results

序号 ordinal	凝胶强度(g·cm) gel strength	硬度(g) hardness	弹性 springiness	内聚性 cohesiveness	咀嚼性(g) chewiness
1	367.80	157.65	1.57	0.81	195.05
2	368.57	155.88	1.60	0.81	190.21
3	354.59	156.25	1.58	0.82	189.37

2.5 超高压与热处理诱导凝胶特性对比

将超高压、热处理以及两种处理方式结合的诱导凝胶效果进行比较,4 种不同的处理方式分别为①超高压处理(300 MPa/15 min/20 ℃);②热处理(40 ℃/40 min + 85 ℃/30 min);③超高压(300 MPa/15 min/20 ℃) + 热处理(85 ℃/30 min);④热处理(40 ℃/40 min) + 超高压(300 MPa/15 min/20 ℃)。超高压与热处理诱导凝胶特性对比结果见表 7。由表 7 可见,在 4 种处理

方式中,单纯超高压处理鱼糜的弹性、内聚性、咀嚼性、凝胶强度、持水性、白度均明显优于其他处理方式。先超高压处理后热处理的方式表现出和单纯热处理一样的效果,但是这两种处理方式得到的凝胶强度均不及单纯超高压处理的凝胶强度。对于硬度而言,单纯超高压处理不及单纯热处理和先超高压处理后再热处理的效果,这可能是由于超高压处理并没有使鱼肉蛋白质完全变性。

表 7 超高压与热处理的比较结果

Tab.7 The contrast of UHP and heat treatment

处理方式 treatment	凝胶特性比较 the contrast of gel properties						
	硬度(g) hardness	弹性 springiness	内聚性 cohesiveness	咀嚼性(g) chewiness	凝胶强度(g·cm) gel strength	持水性 water holding capacity	白度 whiteness
①	162.08	1.33	0.81	193.24	361.49	98.73%	75.56
②	241.43	0.85	0.54	110.82	164.67	90.35%	71.86
③	245.20	0.79	0.54	106.61	167.65	92.58%	72.32
④	68.32	0.95	0.58	38.56	52.21	76.23%	73.62

3 结论

超高压操作安全、时间短、能耗低,能较好地保持原有的风味,不失为一种良好的水产品加工方式。梅鱼鱼糜最佳超高压加工条件为压力 300 MPa,保压时间 15 min,协同温度 20 ℃,该条件下得到的凝胶强度为 363.15 g·cm,硬度 156.59 g,弹性 1.58,内聚性 0.81,咀嚼性 191.54 g。

经超高压处理的梅鱼鱼糜凝胶强度明显优于热处理效果。压力、保压时间、协同温度 3 因素对凝胶强度的影响顺序为压力 > 协同温度 > 保压时

间。压力在 200 MPa 时,梅鱼鱼糜已经开始形成凝胶。大于 300 MPa 时,压力对内聚性基本无影响;保压时间大于 5 min 时,内聚性基本无影响;协同温度大于 20 ℃ 时,内聚性随着处理温度的升高而显著降低。

超高压诱导凝胶比热诱导凝胶更柔软,更具光泽度和可咀性,但是单纯超高压处理得到的梅鱼鱼糜凝胶硬度不及热处理效果。因此,寻找合适的凝胶增强剂来进一步提高梅鱼鱼糜的凝胶特性,有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 何阳春,洪咏平,周保堂. 提高鱼肉凝胶强度的措施[J]. 中国水产,2003,(7):69-70.
- [2] 袁春红,陈舜胜,程裕东. 鱼糜加工技术及其研究进展[J]. 渔业现代化,2001,(5):35-39.
- [3] 汪之和,范秀娟,顾红梅,等. 加热条件对几种西非鱼种鱼糜凝胶特性的影响[J]. 食品与生物技术学报,2002,21(1):33-38.
- [4] Cao Y, Cheng Y D, Wang X C, *et al.* Effects of heating methods on gel-forming ability of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2003, 12 (Suppl.): 78-85.
- [5] Apichartsrangkoon A, Ledward D A, Bell A E, *et al.* Physicochemical properties of high pressure treated wheat gluten [J]. Food Chemistry, 1998, 63(2): 215-220.
- [6] Messens W, van Camp J, Huyghebaert A. Use of high pressure to modify the functionality of food proteins [J]. Trends in Food Science and Technology, 1997, 8: 107-112.
- [7] Angsupanich K, Ledward D A. High pressure treatment effects on cod (*Gadus morhua*) muscle [J]. Food Chemistry, 1998, 63(1): 39-50.
- [8] Carballo J, Cofrades S, Fernández-Martín F, *et al.* Pressure-assisted gelation of chemically modified poultry meat batters [J]. Food Chemistry, 2001, 75(2): 203-209.
- [9] Carlez A, Veciana-Nogues T, Cheftel J. Changes in colour and myoglobin of minced beef meat due to high pressure processing [J]. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 1995, 28(5): 528-538.
- [10] Chevalier D, Bail A L, Ghoul M. Effects of high pressure treatment (100 - 200MPa) at low temperature on turbot (*Scophthalmus maximus*) muscle [J]. Food Research International, 2001, 34 (5): 425-429.
- [11] Mor-Mur M, Yuste J. High pressure processing applied to cooked sausage manufacture: Physical properties and sensory analysis [J]. Meat Science, 2003, 65(3): 1187-1191.
- [12] Gipsy T M, Gustavo V, Barbosa-C-anovas. Color and textural parameters of pressurized and heat-treated surimi gels as affected by potato starch and egg white [J]. Food Research International, 2004, 37(8): 767-775.
- [13] Chung Y C, Gebrehiwot A. Gelation of surimi by hydrostatic pressure [J]. Journal of Food Science, 1994, 59(3): 523-524, 543.
- [14] Hong G P, Ko S H, Choi M, *et al.* Effect of glucono- δ -lactone and κ -carrageenan combined with high pressure treatment on the physico-chemical properties of restructured pork [J]. Meat Science, 2008, 79(2):263-243.
- [15] Soottawat B, Wonnop V, Chakkawat C. Effect of porcine plasma protein and setting on gel properties of surimi produced from fish caught in Thailand [J]. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 2004, 37(2): 177-185.
- [16] Takeda H, Seki N. Enzyme-catalyzed cross-linking and degradation of myosin heavy chain in walleye Pollack surimi paste during setting [J]. Fish Science, 1996, 62(3): 462-467.
- [17] Romuald Chéret, Christine D L, Marie L A, *et al.* High-Pressure effects on the proteolytic enzymes of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fillets [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(10): 3969-3973.
- [18] 刘海梅,熊善柏,谢笔钧,等. 鲢鱼糜凝胶形成过程中化学作用力及蛋白质构象的变化[J]. 中国水产科学,2008,15(3):469-475.
- [19] 何天宝,程裕东. 温度和频率对鱼糜介电特性的影响[J]. 水产学报,2005,29(2):252-257.

Effects of ultra-high pressure on gel properties of big head croaker (*Collichthys lucidus*) surimi

HU Fei-hua, LU Hai-xia, CHEN Qing, LI Jian-rong*

(College of Food Science and Biotechnology, Zhejiang Gongshang University,
Food Safety Key Lab of Zhejiang Province, Hangzhou 310035, China)

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effect of ultra-high pressure (UHP) treatment on gel properties of *Collichthys lucidus* surimi. Three factors of UHP treatment which were pressure, time and temperature were investigated. The textural parameters such as hardness, springiness, cohesiveness, chewiness and gel strength of surimi gel were obtained by texture analyzer. With the gel strength as index, the optimum UHP treatment process was optimized with orthogonal test as follows: pressure of 300 MPa, time of 15 min, temperature of 20 °C and under the above conditions, the gel strength was 363.15 g·cm. It was found that surimi formed gelation at 200 MPa, gel properties had no significant difference when UHP time was more than 5 min, and as UHP temperature increased, gel properties decreased significantly. The effect order of UHP treatment conditions on gel strength was pressure > temperature > time. When pressure was higher than 300 MPa and time was more than 5 min, gel cohesiveness had no significant difference under those conditions. Cohesiveness decreased significantly with the increasing temperature when the temperature was higher than 20 °C. Compared with heat treatment, we found that the gel strength of surimi by UHP treatment was better than heat treatment, was 2.2 times of heat treatment. But the hardness under UHP treatment was lower, only 67% of heat treatment. As for the springiness, cohesiveness, chewiness, water holding capability and whiteness, the effects of UHP treatment were better, the springiness was 1.6 times of heat treatment, particularly. From the two cooperative processing methods of UHP and heat treatment, it showed that the effect of heat treatment after UHP was similar to the two-stage heat treatment while UHP treatment after heat treatment could damage gel structure obviously. Those results indicated that UHP treatment had an effect on the formation of surimi gel. UHP treatment could modify the quality of processed muscle-based products. This study suggested that UHP treatment exhibits a potential for surimi processing.

Key words: *Collichthys lucidus*; ultra-high pressure; surimi; gel properties

Corresponding author: LI Jian-rong. E-mail: lijianrong@zjgsu.edu.cn