

壳聚糖对鲢鱼糜凝胶特性的影响

张茜, 夏文水*

(江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘要:将壳聚糖添加到鲢鱼糜制品中,测定鱼糜制品的凝胶强度、全质构(TPA)、失水率和色泽,研究壳聚糖的脱乙酰度(DD)、分子量(M_w)以及添加量对鲢鱼糜凝胶特性的影响,采用电镜扫描观察凝胶的微观结构,结果表明,壳聚糖DD对鱼糜制品凝胶特性影响较大,DD为64%时,凝胶强度提高了约34%,失水率减少了29.1%;壳聚糖 M_w 对鱼糜制品的凝胶强度影响小;随着壳聚糖添加量的增加,鱼糜凝胶强度、TPA都有明显的增加,失水率减少($P < 0.05$),添加1.0%壳聚糖的鱼糜凝胶强度与添加4.0%淀粉的鱼糜凝胶强度相当;微观结构可看出壳聚糖与鱼糜形成网络结构。结果说明壳聚糖是鱼糜制品良好的品质改良剂。

关键词:壳聚糖; 鲢; 鱼糜制品; 凝胶; 质构

中图分类号:TS 254.1; S 917

文献标识码:A

壳聚糖(chitosan)是由大部分D-氨基葡萄糖和少量的N-乙酰-D-氨基葡萄糖组成,以 β -1,4糖苷键连接起来的二元聚直链多糖,是自然界中少见的阳离子多糖,具有独特的功能和生物活性,可以抗氧化^[1]、抗菌^[2]、提高持水力^[3]等。

在欧美、日韩等国际市场上,壳聚糖作为食品添加剂、营养补充剂已广为流行,我国也已批准壳聚糖作为食品添加剂在肉类灌肠制品、大米等食品中使用(GB2760-2007),但目前国内应用较多的主要是在保健品^[4]、纺织及农作物生长调节、污水处理絮凝^[5]等方面,应用于食品添加剂的研发尚处在起步阶段。国外有研究表明,壳聚糖可以提高长嘴硬鳞鱼(*Hemiramphus far*)鱼糜凝胶的强度^[6],Kataoka等^[7]研究发现,在鳕(*Gadus morhua*)糜中添加1.5%的壳聚糖在20℃下放置一段时间可使凝胶强度加倍。我国淡水鱼资源丰富,由于淡水鱼的栖息水域温度高于海水鱼,肌原纤维的热稳定性好,因此相对于海水鱼而言更难凝胶化^[8-10],这就在一定程度上限制了淡水鱼糜的开发。目前,通常采用淀粉作为提高鱼糜制品凝胶特性的配料,但其凝胶强度和冻融稳定性受

淀粉种类的影响很大^[11-13],而且淀粉添加量需要较大,影响其口感。亲水胶体如黄原胶和卡拉胶也会因种类不同而影响肌肉蛋白凝胶的硬度和弹性^[14]。壳聚糖在淡水鱼糜中的应用还鲜有研究,需要进行深入探讨。

研究选用鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)鱼糜为试验对象,主要研究壳聚糖的脱乙酰度、分子量、添加量对鲢鱼糜制品质构和品质的影响,探讨在鱼糜制品中添加壳聚糖后的凝胶微观结构变化,为壳聚糖作为食品添加剂在淡水鱼糜中的应用提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料

选用5种本实验室制备的壳聚糖,脱乙酰度分别为64%、72%和83%,分别记为低脱乙酰度壳聚糖(LDD)、中脱乙酰度壳聚糖(MDD)和高脱乙酰度壳聚糖(HDD);黏均分子量分别为 1.81×10^5 、 4.50×10^5 和 12.02×10^5 ,分别记为低分子量壳聚糖(LC)、中分子量壳聚糖(MC)和高分子量壳聚糖(HC),以上壳聚糖的灰分含量平

收稿日期:2009-06-05 修回日期:2009-07-10

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2007AA100401);现代农业产业技术体系建设专项资金资助(NYCYTX-49);食品科学与技术国家重点实验室目标导向项目(SKLF-MB-2008051)

通讯作者:夏文水, E-mail: xiaws@jiangnan.edu.cn

均约为 1.5 g/100 g,水分含量平均约为 12%;鲢,每条约重 1.5 kg,购自无锡市雪浪镇菜市场;精制马铃薯淀粉购自黑龙江北大荒马铃薯产业有限公司。

TA-XT2i 质构仪,美国 Stable Micro System 公司;CPX12 多用切陷机,中国哈尔滨商业机械总厂;LXJ-II 离心沉淀机,上海医用分析仪器厂;色彩色差仪,ONICA MINOLTA;CPD-030 临界点干燥仪,BAL-TEC 公司;SCD-005 离子溅射仪,BAL-TEC 公司;Quanta-200 电子显微镜,FEI 公司。

1.2 实验方法

鱼糜制品的制备 将去除头、尾、内脏和鱼鳞的鲢冲洗干净后进行手工采肉,漂洗时控制鱼肉与水的比例为 1:8,水温为 8~10℃,先慢速搅拌 6~8 min,再静置 10 min,倾去漂洗液,如此重复漂洗 2 次,最后一次在漂洗液中加入 0.3% 的食盐^[15],然后用滤布进行预脱水,再置于离心机中,3 000 r/min,离心 10 min,离心后倒出水分,将鱼肉置于切陷机中斩成糜状,按比例在鱼糜中添加一定量壳聚糖或淀粉,并以不添加壳聚糖的鱼糜制品做空白对照,所有样品用少量碱液调节 pH 至 7 左右^[16-17]。搅拌使之充分混匀后灌入肠衣,放进 90℃ 水中加热 20 min,立即置于冰水中冷却,于 4℃ 冷藏过夜,待测。

壳聚糖的添加 将壳聚糖预先溶解在 1% (v/v) 的乙酸溶液中,乙酸溶液的添加量为鱼糜制品总重量的 10% (v/m)。为保证产品水分含量一致,在空白对照及加淀粉的样品中均加等量乙酸溶液补足做对照实验。

凝胶强度测定 将鱼肠切成长 25 mm,直径 25 mm 的圆柱体,用质构仪来测定样品的破断强度和凹陷深度,两者乘积即为样品的凝胶强度。质构仪测试的参数:P0.25S 探头,测试前速度 1.0 mm/s,测试中速度 1.0 mm/s,测试后速度 1.0 mm/s,压缩比 80%。

TPA 分析 将鱼肠切成长 25 mm,直径 25 mm 的圆柱体,用质构仪测定样品的硬度、弹性、黏结性、胶黏性、咀嚼性、回复性等指标。质构仪测试的参数:P50 探头,模式 TPA,测试前速度 1.0 mm/s,测试中速度 1.0 mm/s,测试后速度 1.0 mm/s,压缩比 25%。

失水率测定 称取(3±0.2) g 样品(m_1 ,

g),用一层滤纸包裹,置于 50 mL 离心管中,称重。于离心机中离心 15 min,3 000 r/min。离心完后取出样品称其质量(m_2 ,g),按下式计算失水率^[18]:失水率(%)=($m_1 - m_2$)/ $m_1 \times 100$

色泽测定 将鱼肠切成长 25 mm,直径 25 mm 的圆柱体,用色彩色差仪测定样品的 L, a, b 值(重复 5 次,取平均值),测定在室温下进行,最重要的色泽参数是白度(W),白度可用下式进行计算^[18]: $W = L - 3b$,式中: L 值表示颜色的明度, a 值表示颜色的绿红值, b 值表示颜色的蓝黄值。

1.3 数据分析

每个样品至少测 3 次,取平均值。应用 SPSS 13.0 软件和 Excel 软件进行数据分析。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 壳聚糖脱乙酰度对鱼糜制品质构和品质的影响

凝胶强度和 TPA(texture profile analysis) 是评价鱼糜制品质构优劣的两个重要指标,品质的变化主要从失水率和色泽的变化进行考察。

从图 1 可以看出,在鱼糜制品中添加不同脱乙酰度的壳聚糖后,凝胶强度较空白有明显提高,添加脱乙酰度为 64% 壳聚糖的鱼糜制品凝胶强度最高,较空白提高了约 34%。

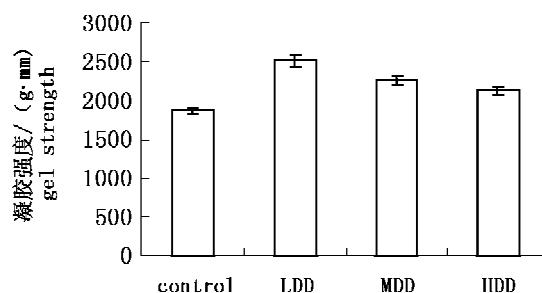


图 1 壳聚糖脱乙酰度对鱼糜制品凝胶强度的影响
Fig.1 Effects of chitosan with different degrees of deacetylation on the gel strength of surimi-based products

在鱼糜制品中添加壳聚糖后,硬度、弹性、黏结性、胶黏性、咀嚼性和回复性都有所增加,质构明显得到改善($P < 0.05$)(表 1)。LDD 的硬度、胶黏性、咀嚼性较 MDD 和 HDD 更高($P < 0.05$)。

表 1 壳聚糖脱乙酰度对鱼糜制品 TPA 的影响

实验组 experiment group	指标 index					
	硬度(g) hardness	弹性 springness	黏结性 cohesiveness	胶黏性(g) gumminess	咀嚼性(g) chewiness	回复性 resilience
control	1002 ± 39 ^a	0.89 ± 0.01 ^a	0.76 ± 0.01 ^a	758 ± 29 ^a	673 ± 22 ^a	0.40 ± 0.01 ^a
LDD	1682 ± 7 ^d	0.90 ± 0.01 ^{ab}	0.79 ± 0.01 ^b	1325 ± 15 ^d	1199 ± 12 ^c	0.46 ± 0.01 ^b
MDD	1571 ± 17 ^c	0.91 ± 0.00 ^b	0.78 ± 0.01 ^b	1234 ± 33 ^c	1127 ± 33 ^b	0.44 ± 0.03 ^b
HDD	1501 ± 19 ^b	0.91 ± 0.01 ^b	0.78 ± 0.01 ^b	1172 ± 19 ^b	1178 ± 29 ^b	0.45 ± 0.02 ^b

注:表中同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),下同。

Notes: Different letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$), the same as the following.

失水率的大小反映了鱼糜制品的持水性能,持水性能好的鱼糜制品,内含水分不易外渗,因而离心出的水分较少。实验结果(图 2)表明,在鱼糜制品中添加 DD 为 64% 的壳聚糖后,失水率较空白样品减少了 29.1%,持水性得到明显改善。

表 2 表明,添加不同脱乙酰度的壳聚糖后,样品的 L 值有少许增加($P < 0.05$), a 、 b 值及白度 W 较空白样品没有明显变化($P > 0.05$)。

2.2 壳聚糖分子量对鱼糜制品质构和品质的影响

从图 3 可以看出,添加不同分子量的壳聚糖后,凝胶强度增加,但随着分子量的增加,凝胶强度变化不大。

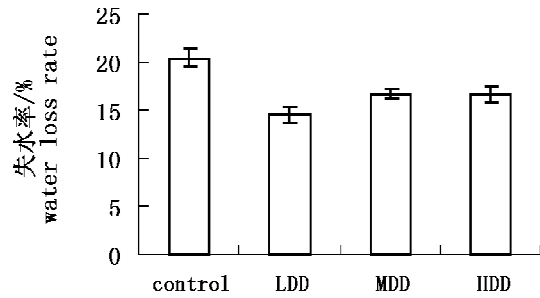


图 2 壳聚糖脱乙酰度对鱼糜制品失水率的影响

Fig.2 Effects of chitosan with different degrees of deacetylation on the water loss rate of surimi-based products

表 2 壳聚糖脱乙酰度对鱼糜制品色泽的影响

Tab.2 Effects of chitosan with different degrees of deacetylation on the color parameters of surimi-based products

实验组 experiment group	色泽 color			
	L	a	b	W
control	77.47 ± 0.79 ^a	-1.38 ± 0.05 ^a	7.71 ± 0.15 ^a	54.29 ± 0.55 ^a
LDD	78.35 ± 0.29 ^b	-1.52 ± 0.23 ^a	7.69 ± 0.11 ^a	55.29 ± 0.59 ^a
MDD	78.29 ± 0.08 ^b	-1.48 ± 0.14 ^a	7.97 ± 0.12 ^a	54.37 ± 0.41 ^a
HDD	78.15 ± 0.20 ^{ab}	-1.42 ± 0.03 ^a	7.81 ± 0.31 ^a	54.73 ± 0.92 ^a

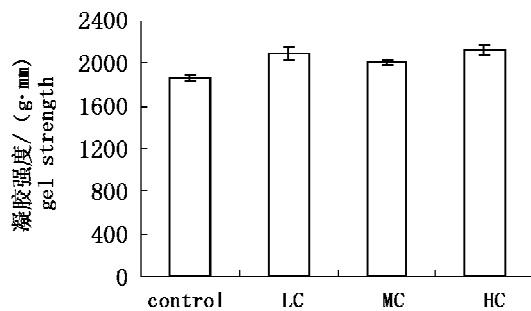


图 3 壳聚糖分子量对鱼糜制品凝胶强度的影响

Fig.3 Effects of chitosan with different molecular weights on the gel strength of surimi-based products

从表 3 可以看出,添加了壳聚糖后,鱼糜制品的硬度、胶黏性和咀嚼性有明显的增加($P < 0.05$)。添加 HC 的样品较添加 LC 和 MC 的样

品有更高的硬度和咀嚼性。此外,鱼糜制品的弹性和回复性也有所增加。HC 的胶黏性较 LC 和 MC 更大,因为壳聚糖的黏性主要取决于分子量,分子量越大,黏性越大。

图 4 表明,添加 3 种不同分子量的壳聚糖后,鱼糜制品的失水率大约都在 16% 左右,较空白样品 20% 的失水率、持水性都有明显增强。

从表 4 可看出,添加不同分子量的壳聚糖后,样品的白度 W 较空白样品没有明显变化($P > 0.05$)。

2.3 壳聚糖添加量对鱼糜制品质构和品质的影响

在鲢鱼糜制品中分别添加不同量的壳聚糖和淀粉,其对鱼糜制品凝胶强度的影响如图 5 所示。鲢鱼糜凝胶的破断强度、凹陷深度和凝胶强度都

随着壳聚糖添加量的增大而升高,但添加量达到 1.0% 以后,增大幅度减小。添加 1.0% 壳聚糖的 鱼糜凝胶强度与添加 4.0% 淀粉的鱼糜凝胶强度相当。

表 3 壳聚糖分子量对鱼糜制品 TPA 的影响
Tab.3 Effects of chitosan with different molecular weights on TPA of surimi-based products

实验组 experiment group	指标 index					
	硬度(g) hardness	弹性 springness	黏结性 cohesiveness	胶黏性(g) gumminess	咀嚼性(g) chewiness	回复性 resilience
control	1015 ± 59 ^a	0.89 ± 0.01 ^a	0.76 ± 0.02 ^a	836 ± 47 ^a	776 ± 39 ^a	0.40 ± 0.01 ^a
LC	1378 ± 29 ^b	0.92 ± 0.02 ^b	0.80 ± 0.03 ^a	1098 ± 46 ^b	1007 ± 60 ^b	0.45 ± 0.03 ^b
MC	1562 ± 33 ^c	0.91 ± 0.00 ^{ab}	0.78 ± 0.02 ^a	1247 ± 32 ^c	1140 ± 34 ^c	0.44 ± 0.03 ^{ab}
HC	1628 ± 27 ^c	0.92 ± 0.01 ^b	0.78 ± 0.01 ^a	1269 ± 21 ^c	1167 ± 17 ^c	0.45 ± 0.02 ^{ab}

表 4 壳聚糖分子量对鱼糜制品色泽的影响
Tab.4 Effects of chitosan with different molecular weights on the color parameters of surimi-based products

实验组 experiment group	色泽 color			
	L	a	b	W
control	77.42 ± 0.79 ^a	-1.38 ± 0.05 ^c	7.71 ± 0.15 ^a	54.29 ± 0.55 ^a
LC	77.56 ± 0.37 ^a	-2.33 ± 0.08 ^a	7.96 ± 0.29 ^a	53.69 ± 1.14 ^a
MC	78.01 ± 0.21 ^a	-2.09 ± 0.07 ^b	7.96 ± 0.22 ^a	54.14 ± 0.68 ^a
HC	78.15 ± 0.20 ^a	-1.42 ± 0.03 ^c	7.81 ± 0.31 ^a	54.73 ± 0.92 ^a

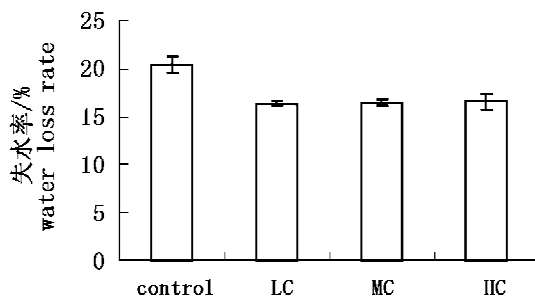


图 4 壳聚糖分子量对鱼糜制品失水率的影响
Fig.4 Effects of chitosan with different molecular weights on the water loss rate of surimi-based products

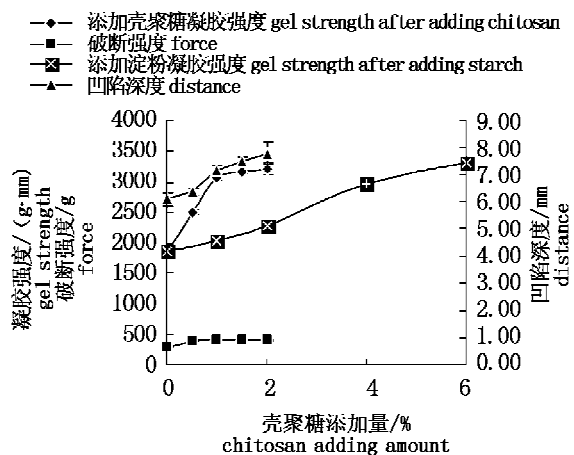


图 5 壳聚糖添加量对鱼糜制品凝胶强度的影响
Fig.5 Effects of chitosan with different adding amounts on the gel strength of surimi-based products

表 5 显示,随着壳聚糖添加量的增加,鱼糜制品质构的 6 个指标都有明显的增加 ($P < 0.05$), 添加量大于 1.0%, 增大幅度减小。

表 5 壳聚糖添加量对鱼糜制品 TPA 的影响
Tab.5 Effects of chitosan with different adding amounts on TPA of surimi-based products

壳聚糖添加量(%) chitosan adding amount	指标 index					
	硬度(g) hardness	弹性 springness	黏结性 cohesiveness	胶黏性(g) gumminess	咀嚼性(g) chewiness	回复性 resilience
0	1032 ± 44 ^a	0.87 ± 0.02 ^a	0.76 ± 0.01 ^a	789 ± 38 ^a	684 ± 22 ^a	0.42 ± 0.01 ^a
0.5	1599 ± 44 ^b	0.91 ± 0.01 ^b	0.78 ± 0.01 ^b	1264 ± 39 ^b	1144 ± 32 ^b	0.46 ± 0.01 ^b
1.0	1964 ± 30 ^d	0.92 ± 0.01 ^b	0.79 ± 0.01 ^b	1445 ± 145 ^{bc}	1322 ± 131 ^{bc}	0.47 ± 0.01 ^b
1.5	1926 ± 71 ^{cd}	0.91 ± 0.00 ^b	0.79 ± 0.01 ^b	1514 ± 46 ^c	1381 ± 45 ^c	0.46 ± 0.01 ^b
2.0	1868 ± 73 ^c	0.92 ± 0.02 ^b	0.80 ± 0.01 ^b	1353 ± 236 ^{bc}	1248 ± 199 ^{bc}	0.47 ± 0.00 ^b

图6表明,随着壳聚糖添加量的增加,鱼糜制品的失水率随之减少,添加量大于1%,减小幅度下降。

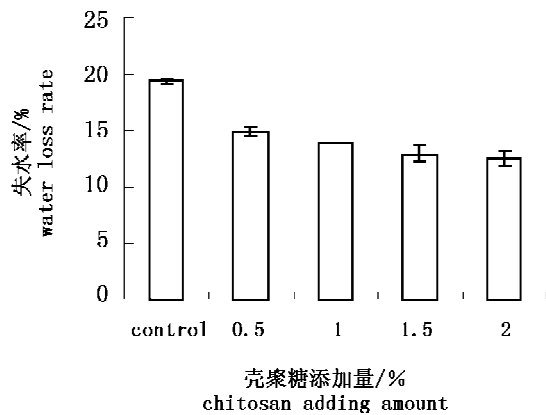


图6 壳聚糖添加量对鱼糜制品失水率的影响
Fig.6 Effects of chitosan with different adding amounts on the water loss rate of surimi-based products

表6表明,添加壳聚糖后,样品的 L 、 a 、 b 值及白度 W 较空白样品没有明显变化($P>0.05$)。

2.4 壳聚糖对鱼糜凝胶微观结构的影响

选取空白对照以及添加1.0%壳聚糖的样品进行电镜观察,从图7可以看出,空白对照样品结构较紧密,但韧性差;添加1.0%壳聚糖的样品形成了网状结构,韧性好。这从微观结构上进一步说明,添加壳聚糖可有效改善鱼糜制品的质构和品质。

3 讨论

3.1 不同结构的壳聚糖对鱼糜制品的影响

在鲢鱼糜中添加一定量的壳聚糖,随着壳聚糖脱乙酰度的增加其凝胶强度增加减小,不同分子量的壳聚糖对鱼糜凝胶没有明显影响,添加量在1.0%以下时,鲢鱼糜的凝胶强度、TPA和持水性随着壳聚糖添加量的增加有明显的提高($P<0.05$),这与 Benjakul 等^[6]研究脱乙酰度分别为

表6 壳聚糖添加量对鱼糜制品色泽的影响

Tab.6 Effects of chitosan with different adding amounts on the color parameters of surimi-based products

壳聚糖添加量(%) chitosan adding amount	色泽 color			
	L	a	b	W
0	77.72 ± 1.21^a	-1.33 ± 0.04^b	7.71 ± 0.19^a	54.59 ± 1.61^a
0.5	78.21 ± 0.58^a	-1.54 ± 0.10^a	7.53 ± 0.29^a	55.61 ± 0.95^a
1.0	77.82 ± 0.13^a	-1.54 ± 0.14^a	7.85 ± 0.29^a	54.26 ± 0.76^a
1.5	77.36 ± 0.36^a	-1.57 ± 0.12^a	7.72 ± 0.26^a	54.19 ± 0.45^a
2.0	77.11 ± 0.98^a	-1.48 ± 0.08^b	7.91 ± 0.34^a	53.37 ± 1.50^a

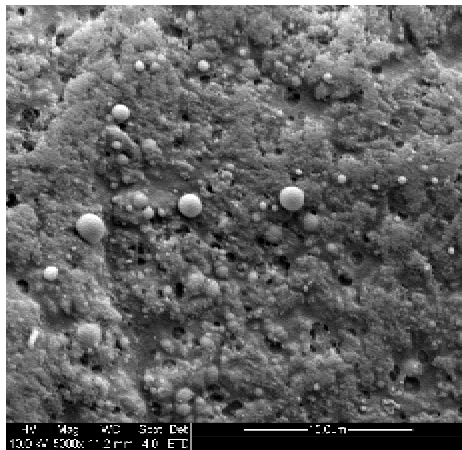


图7 空白鱼糜制品凝胶电镜图

Fig.7 Scanning electron micrograph of surimi-based products

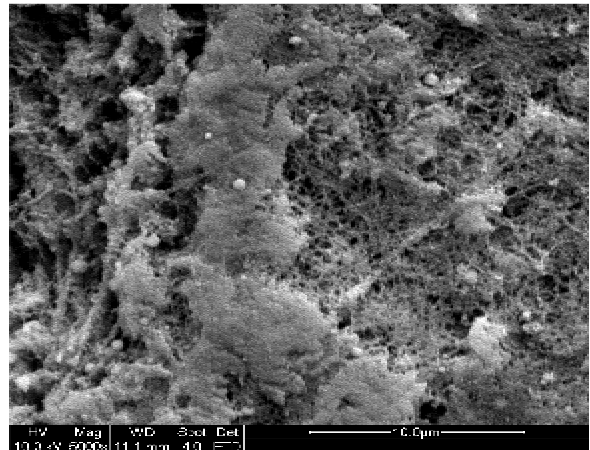


图8 添加1.0%壳聚糖的鱼糜制品凝胶电镜图

Fig.8 Scanning electron micrograph of surimi-based products containing 1.0% chitosan

7B(65.6% ± 1.31%)、8B(83.4% ± 0.16%)、9B(88.0% ± 0.16%)和10B(99.6% ± 0.07%)的壳聚糖对海水鱼长嘴硬鳞鱼鱼糜凝胶破断强度、凹陷深度和凝胶强度的影响所得结果相一致,添加10 mg/g 7B壳聚糖的样品,热凝胶的凝胶强度最高。Mao等^[18]研究了分子量分别为300 ku(HC),10 ku(LC)以及300 ku和10 ku(HC+LC)混合物的壳聚糖对草鱼鱼糜凝胶TPA和色泽等的影响。添加HC比LC和HC+LC产生更高的硬度和咀嚼性。Lin等^[19]将不同分子量的壳聚糖应用在中式香肠中,刘士健等^[20]研究了水溶性壳聚糖对猪肉盐溶性蛋白质凝胶特性的影响,唐振兴等^[21]研究了壳聚糖凝胶吸附蛋白质的机理,根据红外光谱推测,壳聚糖和蛋白质之间形成了氢键,氢键的形成有助于改善蛋白质的凝胶结构。这说明壳聚糖与淡水鱼鱼糜蛋白质之间的相互作用与海水鱼^[6]情况相同,两者之间的作用力主要是以壳聚糖与淡水鱼蛋白质分子间氢键为主,从而改善凝胶的特性,提高鱼糜的持水性。

3.2 壳聚糖对鱼糜凝胶微观结构的影响

从本实验的电镜扫描图可以看出,添加1.0%壳聚糖的淡水鱼糜凝胶形成了明显的网状结构,表明了壳聚糖和蛋白质分子之间存在某种相互作用。添加1.0%壳聚糖的样品紧密、弹性高,与添加常用的配料淀粉相比,1.0%的壳聚糖即能达到4.0%的淀粉的效果,说明壳聚糖与淡水鱼糜蛋白质的相互作用是比较强的,再结合壳聚糖本身所具有的生理保健功能^[4]和防腐抗菌^[22]等特性,壳聚糖可以发挥多功能性质的作用,这对于提高鱼糜质量是非常有价值的。

4 结论

在淡水鱼糜制品中添加1.0%低脱乙酰度的壳聚糖,可以显著改善产品的质构和品质,且色泽较空白无较大改变。将壳聚糖应用于淡水鱼糜生产中,对于开发大宗淡水鱼,促进水产行业的发展,扩大壳聚糖在食品中的应用以及促进甲壳素的深加工,提高附加价值,都具有非常积极的现实意义。

参考文献:

[1] Kim K W, Thomas R L. Antioxidative activity of chitosans with varying molecular weights[J]. Food

Chemistry,2007,101(1):308-313.

- [2] Chung Y C, Wang H L, Chen Y M, et al. Effect of abiotic factors on the antibacterial activity of chitosan against waterborne pathogens [J]. Bioresource Technology,2003,88(6):179-184.
- [3] Knorr D. Functional properties of chitin and chitosan [J]. Journal of Food Science,1982,47(2):593-595.
- [4] 夏文水. 壳聚糖的生理活性及其在保健食品中的应用[J]. 中国食品学报,2003,3(1):77-80.
- [5] 黄丽莎,李加新,周宁怀. 壳聚糖在废水处理中的应用[J]. 环境污染与防治,2001,23(5):245-248.
- [6] Benjakul S, Visessanguan W. Effect of chitin and chitosan on gelling properties of surimi from barred garfish (*Hemiramphus far*) [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,2000,81(1):102-108.
- [7] Kataoka J, Ishizaki S, Tanaka M. Effects of chitosan on gelling properties of low quality surimi [J]. Muscle Foods,1998,9(3):209-220.
- [8] 吴光红,史婷华. 淡水鱼糜的特性[J]. 上海水产大学学报,1999,8(2):154-162.
- [9] Johnston I A, Goldspink G. Thermodynamic activation parameters of fish myofibrillar ATPase enzyme and evolutionary adaptations to temperature[J]. Nature,1975,257:620-622.
- [10] Wang Z, Hu F, Luo Z Y. Seasonal effect on the thermostability of myofibrillar Ca^{2+} -ATPase in freshwater fish muscle[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology,1997,6(2):5-15.
- [11] Kim J M, Lee C M. Effect of starch of textural properties on surimi gel[J]. Food Science,1987,52(3):722-725.
- [12] Yang H, Park J W. Effects of starch properties and thermal-processing conditions on surimi-starch gels [J]. Lebensm-Wiss und-Technol,1998,31(4):344-353.
- [13] Tabilo-Munizaga G, Barbosa-Canovas G V. 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.
- [14] Foegeding E A, Ramsey S R. Rheological and water-holding properties of gelled meat batters containing iota carrageenan, kappa carrageenan or xanthan gum [J]. Food Science,1987,52(3):549-553.
- [15] 孔保华,耿欣,高兴华,等. 不同漂洗方法对鲢鱼糜

- 凝胶特性的影响[J]. 食品工业, 2000, 1: 41, 42 - 43.
- [16] 张弘. 影响鱼糜制品品质因素的探讨[J]. 食品科学, 1991, (2): 18 - 22.
- [17] Ni S W, Nozawa H, Seki N. Effect of pH on the gelation of walleye pollack surimi and carp actomyosin pastes [J]. Fisheries Science, 2001, 67 (5): 920 - 927.
- [18] Mao L C, Wu T. Gelling properties and lipid oxidation of kamaboko gels from grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) influenced by chitosan [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 82(2): 128 - 134.
- [19] Lin K W, Chao J Y. Quality characteristics of reduced-fat Chinese-style sausage as related to chitosan's molecular weight [J]. Meat Science, 2001, 59 (4): 343 - 351.
- [20] 刘士健, 任发政, 王建晖, 等. 水溶性壳聚糖对猪肉盐溶性蛋白质凝胶特性影响[J]. 食品科学, 2008, 29(5): 90 - 92.
- [21] 唐振兴, 石陆娥, 钱俊青. 壳聚糖凝胶吸附蛋白质机理研究[J]. 精细化工, 2004, 21(11): 833 - 836.
- [22] 吴刚, 夏文水, 刘静娜. 壳聚糖结构对抗菌性能的影响[J]. 食品工业科技, 2005, 26(5): 53 - 57.

Effects of chitosan on the gelling properties of silver carp surimi

ZHANG Qian, XIA Wen-shui*

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

Abstract: Chitosan was applied to surimi-based products prepared from silver carp and the effects of chitosan with different degrees of deacetylation (DD), molecular weights (M_w) and adding amounts on the gelling properties of surimi-based products were investigated. The gel strength, texture profile analysis (TPA), water loss rate and color were used as assay indicators. Also, the microstructure of the gels was analyzed with scanning electron microscopy. The results showed that addition of chitosan with 64% DD resulted in significant increases in both texture properties and water-binding capacity. The gel strength increased approximately by 34% and water loss rate decreased by 29.1%. Chitosan with different M_w had no significant effects on the gel strength. The gelling properties of surimi-based products increased proportionally to the amount of chitosan added up to 1% ($P < 0.05$). Samples added with 1.0% chitosan had similar gel strength with samples added with 4.0% starch. Scanning electron microscopy indicated that chitosan could facilitate surimi-based products forming gel network. The above results showed that chitosan was a good quality-enhancing agent for surimi-based products, which could be used in practical applications.

Key words: chitosan; silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*); surimi-based products; gel; texture

Corresponding author: XIA Wen-shui. E-mail: xiaws@jiangnan.edu.cn