

褐藻提取物与复合磷酸盐对中国对虾保水效果的比较

张丽, 王丽, 李学鹏, 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: 比较了市售褐藻提取物与水产品加工中常用复合磷酸盐的保水效果。选择浸泡增重率、解冻损失率、蒸煮损失率和出品率为主要指标, 全面衡量保水剂的保水效果, 并通过测定蒸煮后虾仁的质构和色差进一步评价保水剂对虾仁品质的影响。研究表明, 经粘度为 55 mPa·s 的 1% 褐藻胶低聚糖浸泡处理的虾仁其浸泡增重率为 11.7%, 显著高于 3% 复合磷酸盐处理的 6.3% ($P < 0.05$), 且冻藏 10 d 后其解冻损失率明显低于复合磷酸盐处理的虾仁, 蒸煮损失率和出品率无明显差异 ($P > 0.05$); 冻藏 20 d 后解冻损失率仍可保持浸泡增重的 7.2%, 而复合磷酸盐为 5.1%, 其蒸煮损失率虽高于复合磷酸盐, 但仍低于其它处理组, 出品率与复合磷酸盐无明显差异, 且蒸煮后虾仁的色泽较鲜艳, 而复合磷酸盐处理的虾仁略微发白。由此可见, 粘度为 55 mPa·s 的褐藻胶低聚糖对虾仁的保水效果可与复合磷酸盐相媲美, 且在某种程度上保水效果优于复合磷酸盐。因此, 粘度为 55 mPa·s 的褐藻胶低聚糖有望开发成新型安全高效的无磷保水剂。

关键词: 中国对虾; 复合磷酸盐; 褐藻胶低聚糖; 无磷保水剂

中图分类号: TS 205; S 985.2

文献标识码: A

多聚磷酸盐是一类重要的食品品质改良剂, 它们在水产品中主要作为保水剂使用, 可以有效减少水产品在加工、运输和储藏过程中水分及营养成分的流失, 保持制品嫩度, 提高出品率^[1-2], 但多聚磷酸盐过量添加, 一方面会使制品产生不愉快的金属涩味、组织粗糙^[3]及储藏过程中磷酸盐的沉淀作用导致表面会出现“雪花”和“晶化”等现象^[4]; 另一方面, 消费者食用添加过量多聚磷酸盐的水产品后会引发血液凝结, 其降解产物磷酸盐也可能增大摄入者心脑血管疾病发生的可能性^[5]。但目前仍有一些不法商贩为获取高额利润, 利用多聚磷酸盐的保水特性, 在水产品中加入过量的多聚磷酸盐, 以提高出品率, 大大危害了消费者的利益。这类事件时有发生, 据报导自 2006 年以来, 欧盟已先后 20 多次通报从中国输欧水产品中检出多聚磷酸盐超标问题, 范围涉及鳕、鲈、石斑鱼、虾仁等多个品种^[6], 致使欧盟开

始对相关产品采取禁止进口、退运等处理措施, 这大大阻碍了我国水产品的出口量, 降低了贸易出口额。因此, 开发无磷保水剂, 从根本上解决多聚磷酸盐超标问题, 对我国水产品加工有着重要的现实意义。

目前, 国内外对无磷保水剂的研究已有报道^[7-9], 研究材料主要集中在蛋白质酶解产物^[10-12]、变性淀粉^[13]、酰胺化低甲基果胶^[14]、海藻糖^[15]、多聚糖^[16]等方面, 但主要是用于畜禽类肉制品中, 而用于水产品中的报道较少。最近, 国内也有研究褐藻酸钠裂解产物对凡纳滨对虾及罗非鱼保水效果的报道^[17-18], 但目前该裂解产物没有商品化, 还停留在实验室研发阶段。而褐藻胶低聚糖在 2004 年已研发成功^[19], 现已规模化生产, 年产量在 1 000 t 左右, 因此, 研究褐藻胶低聚糖具有更广泛的现实意义。褐藻胶低聚糖是线性长链聚合物, 基本单元由糖醛酸构成, 有专利报道

收稿日期: 2010-01-15 修回日期: 2010-07-09

资助项目: 国家“八六三”高技术研究发展计划(2007AA091806); 国家自然科学基金项目(30800916); 浙江省研究生创新科研项目(YK2008062)

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

它是一种新型的益生元,也是一种新的药品、保健品、食品添加剂或饲料添加剂^[20]。另外,还有文献报道褐藻胶低聚糖具有较好的抑菌和吸湿特性^[21],而食品添加剂中常用的褐藻酸钠也具有吸湿性。因此,本文以中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)虾仁为实验对象,研究了海藻糖、褐藻酸钠和褐藻胶低聚糖的保水效果,并与常用的复合磷酸盐进行比较,为无磷保水剂的开发做一些基础研究工作。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

材料 中国对虾购自杭州市文二街农贸市场某一固定摊主,且每次购买的虾均为健康活泼者,体长 13.8 ~ 14.8 cm,体重 15 ~ 17 g。

试剂 实验所用试剂均为食品级添加剂,其中,复合磷酸盐由舟山兴业有限公司提供,海藻糖由南宁中诺生物工程有限公司提供,褐藻酸钠和褐藻胶低聚糖均由青岛明月海藻集团有限公司提供。

仪器 AF-10 制冰机,美国 Scotsman 公司;TA. XT Express 质构仪,英国 Stable Micro Systems 公司;CHROMA METER CR-400 色彩色差计,日本 Minolta 公司;Thermo Forma 702 超低温冰箱,美国 Forma 公司;SQ2119 多功能食品加工机,上海帅佳电子科技有限公司。

1.2 方 法

样品处理方法 鲜活对虾清洗后,放入适量的冰水混合物中 15 ~ 20 min,然后去头,去肠线,去壳得鲜虾仁,去壳时应注意保持虾体的完整性,以免虾肉组织受损而影响实验结果。

本实验设置 7 个处理组,第一组:不经浸泡的鲜虾仁;第二组:去离子水浸泡;第三组:3%的复合磷酸盐浸泡;第四组:1%的海藻糖浸泡;第五组:1%的褐藻酸钠浸泡;第六组:粘度为 55 mPa·s 的 1% 的褐藻胶低聚糖浸泡;第七组:粘度为 15 mPa·s 的 1% 的褐藻胶低聚糖浸泡。实验中复合磷酸盐溶液浓度的初步选择是在预实验的基础上进行的,同时考虑磷酸盐含量不能超标,最终选择了 3%,而几种市售的褐藻提取物的浓度选择主要考虑到与复合磷酸盐相比时的成本问题以及配制溶液时粘度高不易配制等问题,最终选择 1%。

按照上面设定的处理组,将各种添加剂配制

成相应的溶液,然后在冰水中降温至 0 °C。将虾仁用拧干的湿纱布拭去表面残留的水分后放入烧杯中,准确称量后按 1:2(W/W)的比例添加浸泡液。然后置于冰水中,每隔 30 min 缓慢搅拌一次,2 h 后取出虾仁于纱网上沥水 15 min 后,用湿纱布拭去表面残留的水分,然后准确称重。计算样品的浸泡增重率,用以比较各组浸泡液的浸泡增重效果,每组均设 3 个平行,每个平行 5 ~ 6 只虾仁,结果取平均值。

浸泡增重率(%) = (浸泡后重 - 原重) × 100/原重

将浸泡称重后的虾仁装入自封口袋,装虾仁时保持虾仁之间有一定的空隙,排出空气密封,平放于托盘中,于 -80 °C 超低温冰箱中速冻过夜,次日移至 -18 °C 冰箱中冻藏。分别冻藏 10 d 和 20 d 后,取出测定各组的解冻损失率、蒸煮损失率,并计算虾仁的出品率。

解冻损失率测定 将冻结的虾仁置于室温下自然解冻 2.5 h 后,从自封口袋中取出虾仁,于纱网上沥 15 min 后,用拧干的湿纱布拭去样品表面的液体后准确称重,按下式计算虾仁的解冻损失率。

解冻损失率(%) = (原重 - 解冻后重)/原重 × 100

蒸煮损失率的测定 将测定解冻损失后的样品,于沸水中蒸煮 2 min,冷却至室温后,用拧干的湿纱布拭去样品表面的水分,准确称重,计算蒸煮损失率。

蒸煮损失率(%) = (蒸煮前重 - 蒸煮后重)/蒸煮前重 × 100

出品率的计算:蒸煮后虾仁重量相对浸泡前鲜虾仁的重量。

出品率(%) = 蒸煮后重/样品原重 × 100

虾仁质构的测定 室温下,取经不同处理后蒸煮的虾仁,以倒数第三节为测试位点,用直径为 5 mm 的圆柱型探头在 TPA 模式下进行测量,测试时选取的参数条件为:测前速度 5.0 mm/s,测试速度 2.0 mm/s,测后速度 5.0 mm/s,测试距离 2.0 mm,间隔时间 5.00 s,触发力 5 g,力的输出单位选择 g。

虾仁色差的测定 参照文献[22]并略做改进,将经不同处理后蒸煮的虾仁冷却至室温,经食品加工机处理后,移至大号培养皿中,用小而干

净的培养皿将其摊平压实后,选7个不同位置测定其色差,取平均值作为实验结果。在 CIE Lab 系统中, L^* 代表亮度, a^* 代表有色物质的红绿偏向, b^* 代表有色物质的黄蓝偏向。

数据分析 应用 Excel 2003 处理数据, SPSS 13.0 数据统计处理软件进行统计分析,结果以平均值 \pm 标准偏差 (mean \pm SD) 表示,采用一维方差分析 (One-Way ANOVA) 进行比较,显著性水平设置为 $P < 0.05$ 。

2 结果与讨论

2.1 浸泡处理对虾仁浸泡增重率的影响

未经浸泡液处理的虾仁 2 h 后的质量较处理前略有减少(图 1),主要是因为表层水分蒸发的缘故。而经过不同浸泡液处理的虾仁其重量都有不同程度的增加,其中 3% 的复合磷酸盐处理的虾仁增重率仅为 6.3%,显著低于其它浸泡组 ($P < 0.05$)。去离子水浸泡的虾仁增重率明显高于复合磷酸盐,可能原因是去离子水降低了细胞外液的渗透压,使细胞内的渗透压大于细胞外的渗透压,细胞表现为吸水膨胀状态,且这一渗透压差值明显大于复合磷酸盐处理的样品,从而使浸泡后的增重幅度明显大于后者。而其余各组增重效果明显,且各组之间差异不明显 ($P > 0.05$)。可能是因为这几种褐藻提取物均能够通过毛细

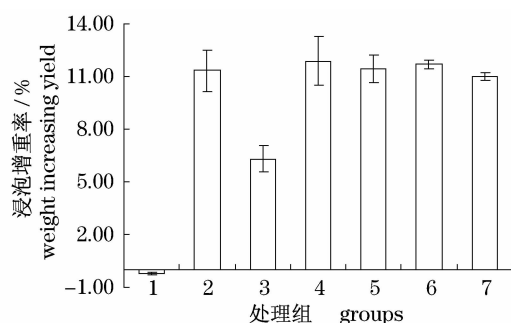


图 1 浸泡处理对虾仁浸泡增重率的影响

1. 不经浸泡的虾仁; 2. 去离子水; 3. 3% 的复合磷酸盐; 4. 1% 的海藻糖; 5. 1% 的褐藻酸钠; 6. 粘度为 55 mPa·s 的 1% 的褐藻胶低聚糖; 7. 粘度为 15 mPa·s 的 1% 的褐藻胶低聚糖。

Fig. 1 Effect of various marinated solutions on weight increasing yield

1. fresh peeled shrimps; 2. deionized water; 3. 3% compound phosphate; 4. 1% trehalose; 5. 1% sodium alginate; 6. 1% alginate oligosaccharides (55 mPa·s); 7. 1% alginate oligosaccharides (15 mPa·s).

管等作用渗透到肌肉中并与蛋白质相互作用,增加了肌肉纤维间的空间,使更多的水分进入到肌肉纤维结构中;同时还可能在虾仁表面形成一层包膜,使渗入的水分更好地保留在肌肉中^[17]。而不同的褐藻提取物因分子量不同,进出细胞的能力不同,与蛋白质作用的强度不同,改变的空间大小不同,最终使增重效果有所差异。

2.2 浸泡处理对虾仁解冻损失率的影响

由于冻藏过程中细胞内冰晶的形成,破坏了细胞的微结构,使组织细胞受损,因此,在解冻过程中会出现汁液流失现象。从图 2 可以看出,不同浸泡液处理的虾仁在冻藏过程中,对解冻损失率的影响不同,其中负值代表虾仁解冻后相对于原来新鲜的虾仁来说重量仍是增加的,原因是浸泡增重的量在冻藏和解冻过程中没有完全损失。从图中可以看出,未经浸泡处理的虾仁解冻损失率最大,在冻藏 10 d 时达到了 1.6%,冻藏 20 d 时达 1.3%,比 10 d 时略有减少。而其余经浸泡处理的样品,解冻后的重量相对鲜虾仁仍保持不同程度的增加,主要是浸泡、冻藏和解冻过程中的损失远低于浸泡后的增重量,其中,去离子水浸泡组和海藻糖处理组 20 d 时的解冻损失率较之 10 d 时有所增加,可能是因为浸泡增加的这部分水与蛋白质等大分子结合的不够牢固,或者主要以非结合水和自由水的形式存在,在解冻过程中易

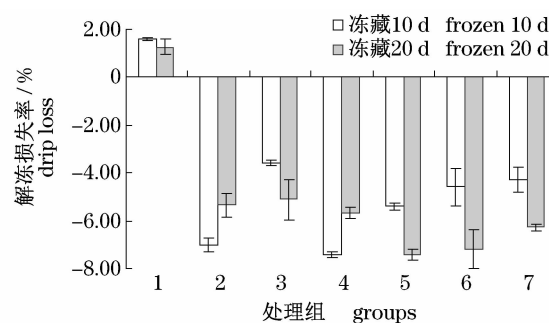


图 2 浸泡处理对虾仁解冻损失率的影响

1. 不经浸泡的虾仁; 2. 去离子水; 3. 3% 的复合磷酸盐; 4. 1% 的海藻糖; 5. 1% 的褐藻酸钠; 6. 粘度为 55 mPa·s 的 1% 的褐藻胶低聚糖; 7. 粘度为 15 mPa·s 的 1% 的褐藻胶低聚糖。

Fig. 2 Effect of various marinated solutions on frozen drip loss

1. fresh peeled shrimps; 2. deionized water; 3. 3% compound phosphate; 4. 1% trehalose; 5. 1% sodium alginate; 6. 1% alginate oligosaccharides (55 mPa·s); 7. 1% alginate oligosaccharides (15 mPa·s).

流失。而其它浸泡组则有所减少,特别是粘度为 55 mPa·s 的褐藻胶低聚糖处理的虾仁,冻藏 20 d 后解冻损失率较之 10 d 的减少幅度最大,这可能是因为开始的 10 d 里,浸泡液中的有效成分没有充分渗透到虾仁内部,而 20 d 时渗透较充分,并与虾仁中的蛋白质等相互作用,增加肌原纤维的空间结构,同时由于褐藻提取物具有成膜效应可能在虾仁表面形成的包膜更加致密,水分不易流失,从而增加了虾仁的持水能力。而海藻糖处理组冻藏 20 d 后的解冻损失率较冻藏 10 d 时增加,可能是因为与其它几种褐藻提取物相比,海藻糖的分子量较小^[23],在虾仁表面形成的膜的厚度较薄,结构不够致密,从而导致在解冻时相对较易被破坏。

2.3 浸泡处理对虾仁蒸煮损失率的影响

蒸煮损失率是衡量蒸煮过程中虾仁水分流失的情况,从图 3 可以看出,经蒸煮后虾仁的蒸煮损失率在 10% ~ 16% 左右,复合磷酸盐最低为 8.7%,去离子水最大为 16.4%,粘度为 55 mPa·s 的褐藻胶低聚糖冻藏 10 天的蒸煮损失率为 11.0%,与复合磷酸盐的 9.6% 差异不显著 ($P > 0.05$),而其余各组与复合磷酸盐差异显著 ($P < 0.05$);然而,冻藏 20 天后,其它各组蒸煮损失率明显大于复合磷酸盐,但 55 mPa·s 的褐藻胶低聚糖处理的样品仍低于其余处理组,且明显 ($P < 0.05$) 低于直接冻藏处理组和去离子水浸泡处理组。多聚磷酸盐对肌原纤维结构具有强烈破坏程度,使肌球蛋白从肌原纤维所形成的网状结构空间中解离出来,增加可溶性蛋白质的含量,在加热过程中肌球蛋白通过形成凝胶,使更多的水分被固定在肌肉中,提高了持水能力,减少蒸煮损失率^[24-25]。粘度为 55 mPa·s 的褐藻胶低聚糖降低蒸煮损失的主要原因可能也是如此,同时还在虾仁表面形成了一层较致密的保护膜,减少了内部非结合水和自由水的流失^[26]。

2.4 浸泡处理对虾仁出品率的影响

出品率是衡量虾仁经浸泡、冻藏、解冻和蒸煮等一系列加工过程后样品的最终得率,出品率越高,样品在加工过程中损失越少,因此出品率是衡量样品处理全过程的一个重要指标。从图 4 可以看出经不同处理后虾仁的出品率也各不相同,其中以经复合磷酸盐和粘度为 55 mPa·s 的褐藻胶低聚糖处理的虾仁出品率较高,冻藏 10 d 后,两

者无明显差异 ($P > 0.05$),冻藏 20 d 后,褐藻胶低聚糖处理组虽不及复合磷酸盐处理组,但其出品率仍高达 92.9%,高于其它处理组,且明显高

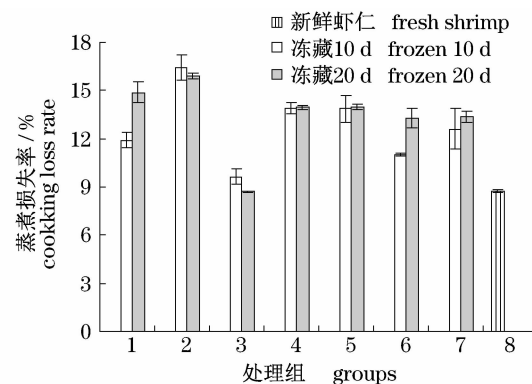


图 3 浸泡处理对虾仁蒸煮损失率的影响

1. 不经浸泡的虾仁; 2. 去离子水; 3. 3% 的复合磷酸盐; 4. 1% 的海藻糖; 5. 1% 的褐藻酸钠; 6. 粘度为 55 mPa·s 的 1% 的褐藻胶低聚糖; 7. 粘度为 15 mPa·s 的 1% 的褐藻胶低聚糖; 8. 新鲜虾仁。

Fig. 3 Effect of various marinated solutions on cooking loss rate

1. fresh peeled shrimps; 2. deionized water; 3. 3% compound phosphate; 4. 1% trehalose; 5. 1% sodium alginate; 6. 1% alginate oligosaccharides (55 mPa·s); 7. 1% alginate oligosaccharides (15 mPa·s); 8. fresh peeled shrimps without frozen storage.

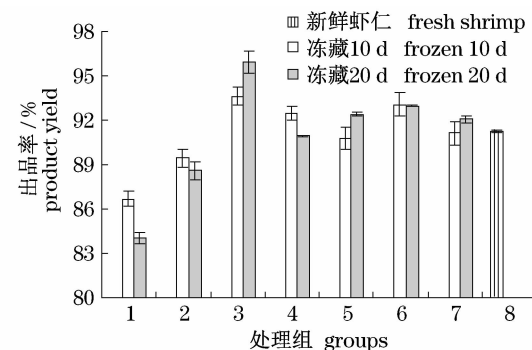


图 4 浸泡处理对虾仁出品率的影响

1. 不经浸泡的虾仁; 2. 去离子水; 3. 3% 的复合磷酸盐; 4. 1% 的海藻糖; 5. 1% 的褐藻酸钠; 6. 粘度为 55 mPa·s 的 1% 的褐藻胶低聚糖; 7. 粘度为 15 mPa·s 的 1% 的褐藻胶低聚糖; 8. 新鲜虾仁。

Fig. 4 Effect of various marinated solution on product yield

1. fresh peeled shrimps; 2. deionized water; 3. 3% compound phosphate; 4. 1% trehalose; 5. 1% sodium alginate; 6. 1% alginate oligosaccharides (55 mPa·s); 7. 1% alginate oligosaccharides (15 mPa·s); 8. fresh peeled shrimps without frozen storage.

于直接冻藏处理的84.0%、水浸泡组的88.6%和鲜虾仁的91.2% ($P < 0.05$)。

2.5 浸泡处理对质构的影响

从表1可以看出,经不同浸泡处理后虾仁的质构参数各不相同,冻藏10 d后,复合磷酸盐处理组和粘度为55 mPa·s的褐藻胶低聚糖处理组的三个对应质构参数均无显著性差异 ($P > 0.05$),且两者的硬度均明显低于新鲜虾仁,这说明经两者浸泡处理后的虾仁比较嫩;经两者处理后的虾仁弹性均与新鲜虾仁无显著性差异 ($P > 0.05$),复合磷酸盐处理后虾仁的咀嚼性与新鲜

虾仁差异不明显 ($P > 0.05$),而粘度为55 mPa·s的褐藻胶低聚糖处理后虾仁的咀嚼性与新鲜虾仁的差异明显 ($P < 0.05$),说明经前者处理后的虾仁咀嚼吞咽时所消耗的能量较少^[27]。冻藏20 d后,经复合磷酸盐处理和粘度为55 mPa·s的褐藻胶低聚糖处理的虾仁其质构的三个参数值较冻藏10 d时均有所增大,其中咀嚼性变化幅度最大,但与新鲜虾仁的差异并不明显 ($P > 0.05$),两种处理之间除咀嚼性存在明显差异外,硬度和弹性差异均不明显,而其它各组对应的质构参数值在冻藏不同时间后也有不同程度的变化。

表1 虾仁经浸泡处理后分别冻藏10 d和20 d的质构特性
Tab.1 Texture attributes of marinated shrimp frozen 10 and 20 days, respectively

处理组 groups	硬度(g) hardness		弹性 springiness		咀嚼性 chewiness	
	10 d	20 d	10 d	20 d	10 d	20 d
1	226.83 ± 11.52 ^{ab}	210.90 ± 24.23 ^{ab}	5.24 ± 0.18 ^a	5.21 ± 0.35 ^{ab}	1017.06 ± 109.72 ^a	905.54 ± 112.94 ^{ab}
2	201.89 ± 14.98 ^{cde}	207.07 ± 20.84 ^b	4.91 ± 0.37 ^{ab}	5.10 ± 0.49 ^{ab}	796.81 ± 58.60 ^{bc}	828.44 ± 107.33 ^{abcd}
3	193.44 ± 19.33 ^{de}	217.74 ± 9.74 ^{ab}	5.17 ± 0.21 ^{ab}	5.45 ± 0.15 ^a	783.17 ± 97.03 ^{bc}	942.44 ± 52.78 ^a
4	220.13 ± 19.05 ^{abc}	214.16 ± 33.03 ^{ab}	4.91 ± 0.62 ^{ab}	4.27 ± 0.81 ^c	870.77 ± 99.83 ^b	726.39 ± 202.11 ^{de}
5	208.81 ± 18.80 ^{bcd}	203.01 ± 23.90 ^b	4.83 ± 0.54 ^{ab}	4.68 ± 0.42 ^{bc}	773.21 ± 126.10 ^b	743.04 ± 123.68 ^{cde}
6	185.03 ± 23.69 ^c	204.71 ± 13.31 ^b	4.57 ± 0.70 ^b	5.03 ± 0.51 ^{ab}	689.90 ± 179.90 ^c	803.28 ± 102.22 ^{bcd}
7	208.56 ± 16.90 ^{bcd}	177.56 ± 13.00 ^c	4.81 ± 0.86 ^{ab}	4.90 ± 0.25 ^b	792.47 ± 178.94 ^{bc}	675.36 ± 60.26 ^c
8	230.257 ± 8.41 ^a	230.257 ± 8.41 ^a	4.68 ± 0.70 ^{ab}	4.68 ± 0.70 ^{bc}	862.38 ± 148.63 ^b	862.38 ± 148.63 ^{abc}

注:1. 不经浸泡的虾仁;2. 去离子水;3. 3%的复合磷酸盐;4. 1%的海藻糖;5. 1%的褐藻酸钠;6. 粘度为55 mPa·s的1%的褐藻胶低聚糖;7. 粘度为15 mPa·s的1%的褐藻胶低聚糖;8. 新鲜虾仁。同一列数据右上角字母不同表示显著差异 ($P < 0.05$)。下表同。
Notes:1. fresh peeled shrimps; 2. deionized water; 3. 3% compound phosphate; 4. 1% trehalose; 5. 1% sodium alginate; 6. 1% alginate oligosaccharides(55 mPa·s); 7. 1% alginate oligosaccharides(15 mPa·s); 8. fresh peeled shrimps without frozen storage. Different letters in the column are significantly different ($P < 0.05$). The same as the following.

2.6 浸泡处理对色差的影响

从表2可以看出,经过不同浸泡处理后虾仁的色差参数变化不同。冻藏10 d后,浸泡处理的虾仁亮度变化范围在76~78.5,而未经浸泡处理

的虾仁亮度仅为75.2; a^* 值变化范围在12~14左右,但未经浸泡处理的虾仁与鲜虾仁相比明显偏红,且随着时间的延长,红色加深;而经复合磷酸盐处理的虾仁色泽不如鲜虾仁色泽鲜艳,且

表2 虾仁经浸泡处理后分别冻藏10 d和20 d的色差特性
Tab.2 Color values of marinated shrimp frozen 10 days and 20 days respectively

处理组 groups	L^*		a^*		b^*	
	10 d	20 d	10 d	20 d	10 d	20 d
1	75.22 ± 0.51 ^c	73.86 ± 0.66 ^c	14.67 ± 1.16 ^a	14.75 ± 0.46 ^a	20.92 ± 1.16 ^a	20.10 ± 0.51 ^a
2	76.90 ± 1.76 ^b	73.42 ± 2.27 ^c	13.64 ± 0.75 ^{ab}	11.52 ± 0.66 ^d	18.78 ± 0.66 ^b	16.34 ± 0.91 ^b
3	78.41 ± 0.40 ^a	76.14 ± 0.64 ^b	12.12 ± 1.06 ^c	12.00 ± 0.85 ^d	18.10 ± 1.12 ^{bc}	17.12 ± 0.96 ^b
4	76.68 ± 1.11 ^b	78.67 ± 1.65 ^a	11.98 ± 0.63 ^c	11.50 ± 0.78 ^d	18.79 ± 1.18 ^b	17.14 ± 1.14 ^b
5	76.21 ± 0.46 ^{bc}	75.64 ± 0.32 ^b	12.85 ± 0.72 ^{bc}	13.60 ± 0.67 ^{bc}	18.72 ± 1.88 ^b	19.56 ± 1.41 ^a
6	77.44 ± 1.41 ^{ab}	76.51 ± 0.72 ^b	12.57 ± 1.18 ^{bc}	14.21 ± 0.29 ^{ab}	18.48 ± 0.88 ^{bc}	19.79 ± 0.35 ^a
7	76.95 ± 1.37 ^b	76.49 ± 0.35 ^b	13.56 ± 0.33 ^b	13.16 ± 0.55 ^c	19.44 ± 0.67 ^b	19.05 ± 1.06 ^a
8	70.15 ± 0.20 ^d	70.15 ± 0.20 ^d	13.35 ± 0.67 ^b	13.35 ± 0.67 ^c	17.21 ± 0.84 ^c	17.21 ± 0.84 ^b

随冻藏时间的延长,红色和黄色逐渐变浅,直接表现为虾体略微发白。而经粘度为 55 mPa·s 的褐藻胶低聚糖处理的虾仁在冻藏 10 d 后 a^* 和 b^* 值与鲜虾仁无明显差异 ($P > 0.05$),冻藏时间延长至 20 d 时,虾仁颜色更鲜艳,没有出现复合磷酸盐处理后的略微发白现象。因此,经粘度为 55 mPa·s 的褐藻胶低聚糖处理后的样品,能够保持虾仁的鲜艳色泽,效果优于复合磷酸盐。

3 结论

研究发现经粘度为 55 mPa·s 的 1% 褐藻胶低聚糖处理的虾仁,总体保水效果优于去离子水、海藻糖、褐藻酸钠和粘度为 15 mPa·s 的 1% 褐藻胶低聚糖处理的虾仁,与复合磷酸盐相比其浸泡增重率为 11.7% 明显高于 3% 复合磷酸盐处理的 6.3% ($P < 0.05$),在冻藏 10 天和 20 天后的解冻损失率均明显低于复合磷酸盐处理的虾仁 ($P < 0.05$),即它在冻藏和解冻过程中的持水性优于复合磷酸盐;其冻藏 10 d 后的蒸煮损失率与复合磷酸盐之间的差异不明显 ($P > 0.05$),其出品率也与复合磷酸盐相当,可达到 93% 以上,效果优于其余各组;冻藏 20 d 后其蒸煮损失率虽高于复合磷酸盐,但仍低于其它各组,且出品率变化也不大,尽管低于复合磷酸盐,但仍高于其它各组,包括鲜虾仁。综上所述,粘度为 55 mPa·s 的褐藻胶低聚糖对样品有较好的保水效果,且冻藏 20 d 内虾仁品质较好,可以考虑作为复合磷酸盐的替代品进行更详细、更深入的研究,如对其进行优化、保水机理的探讨等,使之更好地应用于水产品中,成为安全高效的无磷保水剂。

参考文献:

- [1] Zheng M, Detienne N A, Barnes B W, *et al.* Tenderness and yields of poultry breast are influenced by phosphate type and concentration of marinade [J]. *J Sci Food Agric*, 2001, 81(1): 82-87.
- [2] Xiong Y L, Kupski D R. Time-dependent marinade absorption and retention, cooking yield, and palatability of chicken filets marinated in various phosphate solutions [J]. *Poultry Science*, 1999, 78(7): 1053-1059.
- [3] 南庆贤. 肉类工业手册[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2003.
- [4] 白焯明,王爱枝,陈松. 磷酸盐在肉制品中的沉淀作用[J]. *肉类工业*, 1999(12): 25-26.
- [5] 陈笑梅,池浩超,黄超群,等. 沸水阻断多聚磷酸盐分解离子色谱法检测水产品中的多聚磷酸盐[J]. *分析化学*, 2008, 36(10): 1403-1406.
- [6] EUROP-Food Safety-Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) [OL]. http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/archive_en.htm.
- [7] Shahidi F, Synowiecki J. Protein hydrolyzates from seal meat as phosphate alternatives in food processing applications [J]. *Food Chem*, 1997, 60(1): 29-32.
- [8] Seman D L, Olson D G, Mandigo R W. Effect of reduction and partial replacement of sodium on bologna characteristics and acceptability [J]. *J Food Sci*, 1980, 45(5): 1116-1121.
- [9] Shahidi F, Synowiecki J, Baleiko J. Proteolytic hydrolysis of muscle proteins of harp seal (*Phoca groenlandica*) [J]. *J Agric Food Chem*, 1994, 42: 2634-2638.
- [10] 刘艺杰,薛长湖,薛勇,等. 鱼排酶解物对鲮鱼鱼糜冻藏过程中蛋白质变性的影响[J]. *中国水产科学*, 2005, 12(5): 632-637.
- [11] Feng J, Xiong Y L. Interaction and functionality of mixed myofibrillar and enzyme-hydrolyzed soy proteins [J]. *J Food Sci*, 2003, 68(3): 803-809.
- [12] Fang J, Xiong Y L, Mikel W B. Textural properties of pork frankfurters containing thermally/enzymatically modified soy protein [J]. *J Food Sci*, 2003, 68(4): 1220-1224.
- [13] 吴立根,王岸娜. 复合变性淀粉提高鸡胸肉保水率的研究[J]. *食品与机械*, 2006, 22(3): 25-26, 30.
- [14] Uresti R M, Lopez-Arias N, Gonzalez-Czbriaes J J, *et al.* Use of amidated methoxyl pectin to produce fish restructured products [J]. *Food Hydrocolloids*, 2003, 17(2): 171-176.
- [15] 薛勇,薛长湖,李兆杰,等. 海藻糖对冻藏过程中鲮肌原纤维蛋白冷冻变性的影响[J]. *中国水产科学*, 2006, 13(4): 637-641.
- [16] Xiong Y L, Blanchard S P. Viscoelastic properties of myofibrillar protein-polysaccharide composite gels [J]. *J Food Sci*, 1993, 58(1): 164-167.
- [17] 高瑞昌. 鲮鱼中多聚磷酸盐水解机理及无磷保水剂的研究[D]. 青岛:中国海洋大学图书馆, 2007.
- [18] 冯慧. 多聚磷酸盐在冷冻罗非鱼肉中的水解以及水产品无磷保水剂的研究[D]. 青岛:中国海洋大学图书馆, 2008.
- [19] 安丰欣,刘洪武,邓汉云,等. 褐藻胶低聚糖的生产工艺:中国, 200410036382[P], 2007-06-13.
- [20] 于文功,王晔,李京宝,等. 褐藻胶低聚糖作为益生元的应用:中国, 200410023926[P], 2005-01-12.

- [21] 胡佩红. 褐藻胶寡糖制备及其抑菌和抗炎活性的研究[D]. 上海:上海水产大学,2006.
- [22] Cadun A, Cakli S, Schubring R. Quality of marinated shrimps; Influence of treatment, recipe and species characterized by physical measurements [J]. Archiv für Lebensmittelhygiene, 2009, 60(1):30-35.
- [23] 彭亚锋, 周耀斌, 李勤, 等. 海藻糖的特性及其应用 [J]. 中国食品添加剂, 2009(1):65-69.
- [24] Thorarinsdottir K A, Arason S, Bogason S G, et al. Effects of phosphate on yield, quality, and water-holding capacity in the processing of salted cod (*Gadus morhua*) [J]. J Food Sci, 2001, 66(6):821-826.
- [25] Hoda I, Ahmad S, Srivastava P K. Effect of microwave oven processing, hot air oven cooking, curing and polyphosphate treatment on physico-chemical, sensory and textural characteristics of buffalo meat products [J]. J Food Sci Tech, 2002, 39(3):240-245.
- [26] Santos E E M, Regenstein J M. Effect of vacuum packaging, glazing and erythorbic acid on the shelf-life of frozen white hake and mackerel [J]. J Food Sci, 1990, 55(1):64-70.
- [27] 李云飞, 殷涌光, 金万镛. 食品物性学 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2008.

Comparisons of the effects on water-holding capacity of shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*) between extractives from brown algae and compound phosphate

ZHANG Li, WANG Li, LI Xue-peng, LI Jian-rong*

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

Abstract: This paper aimed at comparing several commercially available extractives from brown algae and compound phosphate which are commonly used in aquatic product processing. So we weighed comprehensively water-holding capacity of different water-holding additives based on the yield of weight increasing after being soaked, drip loss, cooking loss and product yield and evaluated the quality of shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*) by measuring the texture attributes and color value of cooked shrimps. The results indicated that shrimps were soaked in solution of 55 mPa · s 1% (W/W) alginate oligosaccharides whose weight increasing yield was up to 11.7% which was significantly higher than 3% compound phosphate whose yield was 6.2% ($P < 0.05$), and after being frozen 10 days, drip loss was sharply lower than shrimps dealt with compound phosphate, cooking loss and product yield had no significant difference ($P > 0.05$); after being frozen 20 days, drip loss would remain 7.2% of the increasing weight after being soaked, while compound phosphate was 5.1%, although the loss was higher than compound phosphate, it was lower than other groups, and there were no obvious differences between alginate oligosaccharides and compound phosphate. Additionally, the color of cooked shrimps was chromatic, while shrimps treated with compound phosphate were slightly pale. From all above, we can clearly come to the conclusion that alginate oligosaccharides' water-holding capacity is commensurate with compound phosphate, and to some degree is better than compound phosphate. Therefore 55 mPa · s alginate oligosaccharides is expected to be developed into a novel, safe and highly efficient non-phosphorus water-holding additive.

Key words: *Fenneropenaeus chinensis*; compound phosphate; alginate oligosaccharides; non-phosphorus water-holding additive

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