

南极磷虾糜应用于鱼糜制品的工艺及机理

丁浩宸¹ 张燕平^{1,2*} 戴志远^{1,2}

(¹ 浙江工商大学海洋食品研究院 杭州 310035)

(² 浙江省水产品加工技术研究联合重点实验室 杭州 310035)

摘要 为探究南极磷虾糜的高值化利用模式,对其应用于鱼糜制品加工的关键工艺及机理进行研究。以质构、色泽、持水性、感官风味为指标对磷虾糜添加状态、添加量和功能性辅料添加量进行研究;结合 SDS-PAGE、蛋白质组分和蛋白酶活力分析工艺及机理。分别将 20~60 份生/熟磷虾糜和 100 份鱼糜制作鱼糜制品,熟磷虾糜样品凝胶强度为 527~885 g·cm,生磷虾糜样品凝胶强度小于 226 g·cm 或无法形成凝胶。SDS-PAGE 表明,生磷虾糜使鱼糜肌球蛋白重链(200 ku)和肌动蛋白(43 ku)在加工过程中发生严重降解,尤其是 40℃凝胶和 93℃熟化的加热过程。蒸煮能使磷虾糜水溶性蛋白和蛋白酶受热变性,是磷虾糜应用于鱼糜制品加工的必要预处理。通过单因素试验和响应面优化,鱼糜制品色泽和感官风味在添加 80 份熟磷虾糜时均达理想水平,再以功能性辅料(7.91 份大豆分离蛋白、5.38 份马铃薯淀粉和 0.46 份卡拉胶)对其质构、持水性进行改良。最佳熟磷虾糜、功能性辅料添加参数下制作的鱼糜制品,其凝胶强度达(534.35±24.77) g·cm,并具有均匀、致密的微观结构。

关键词 南极磷虾糜;鱼糜制品;添加状态;SDS-PAGE;质构优化

文章编号 1009-7848(2016)12-0124-09 doi: 10.16429/j.1009-7848.2016.12.017

鱼糜制品是指鱼肉(冷冻鱼糜)和其它水产配料(虾、鱿鱼等)经绞碎、斩拌成为黏稠的浆料,成形后以水煮(油炸、蒸煮等)加热或其它凝胶化处理而制成的水产风味食品,如鱼丸、鱼糕、虾饼、墨鱼丸、模拟蟹肉,具有良好的弹性质构和水产风味^[1]。随着消费市场的升级和行业内部的竞争,鱼糜制品的开发方向逐渐趋于风味、色彩和外形的多元化。

南极磷虾(*Euphausia superba*)是一类个体微小的海洋甲壳动物,生物量达 3.6~14 亿 t,是地球上最大的动物蛋白库^[2]。南极磷虾肌肉粗蛋白含量为 16.31%,必需氨基酸指数达 54.94,是营养均衡的水产食材,且具有类似海虾的鲜甜滋味和水产风味^[2-4],是用于虾风味鱼糜制品生产的理想原料。有研究对磷虾蛋白凝胶产品的加工方式进行了探索,Chen 等^[5]从磷虾中提取功能性蛋白质并添加

牛血浆蛋白等功能性辅料制备磷虾重组食品。此外,按鱼糜生产工艺,经漂洗、精滤获得的精制磷虾糜,可单独加工为磷虾蛋白凝胶制品^[6]。

本研究所用南极磷虾糜是由南极磷虾经采肉、速冻(不经漂洗、精滤)获得,是南极磷虾肌肉的初级分离产物。由磷虾相关生化特性研究可知,南极磷虾头胸部具有高活力消化腺蛋白酶,其磷虾糜在未充分漂洗情况下蛋白凝胶性能较差且具有蛋白水解酶活力^[7-8]。本研究以鱼糜制品的复合加工为理念,以质构、色泽、持水性、感官风味为品质指标选取、优化工艺,以生化、酶学方法分析工艺及机理,旨在探究南极磷虾糜的高值化利用模式。

1 材料与方法

1.1 材料

冷冻南极磷虾糜(以下简称磷虾糜)由辽渔集团提供,南极磷虾捕获后直接采肉、速冻(未经漂洗/精滤)获得,在-18℃条件下运至实验室;冷冻白姑鱼糜(SSA 级,水分 75%);浙江兴业集团;丙烯酰胺、N,N'-亚甲基双丙烯酰胺、甘氨酸、十二烷基硫酸钠(SDS)、过硫酸铵、四甲基乙二胺;美国

收稿日期:2015-12-18

基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)
(No. 2011AA090801)资助

作者简介:丁浩宸,男,1988 年出生,硕士,助理工程师

通讯作者:张燕平 E-mail: zhangyanping@zjgsu.edu.cn

Bio-Rad;高、低蛋白质分子质量标准;宝生物工程有限公司;其余试剂均为国产分析纯;食盐、马铃薯淀粉、大豆分离蛋白、卡拉胶、塑料肠衣均为普通市售产品。

1.2 仪器设备

蒸柜、斩拌机、液压灌肠机、打卡机、真空包装机等加工机械均为浙江工商大学海洋食品研究院自备;TMS-Pro 质构仪,美国 FTC;色差仪,美国 HunterLab;Mini-protein Tetra Cell 垂直电泳槽、PowerPac Basic 电泳仪、GS800 凝胶扫描仪,美国 Bio-Rad;T-18 均质机,德国 IKA;RC-6 Plus 冷冻离心机,美国 Thermo Fisher;B-324 凯氏定氮仪,瑞士 BUCHI;UV-2100 分光光度计,美国 UNICO;S-4700 扫描电镜,日本 Hitachi;其他基础仪器设备均为国产通用型。

1.3 南极磷虾糜应用于鱼糜制品的加工方法

磷虾糜熟制预处理:将生磷虾糜(冻块)切成小块,高压蒸煮 20min,滤除部分蒸煮液(调节水分至 75%),打浆后速冻成块,作为熟磷虾糜,备用。

鱼糜制品制作^[9-10]:100 份(以重量份计)冷冻白姑鱼糜半解冻,空斩 2 min,加 2 份食盐,盐斩 5 min,按试验设计加入 20~100 份生磷虾糜或熟磷虾糜,混斩 15 min,斩拌过程中加适量碎冰控制浆料温度低于 10℃,调节浆料水分至 78%。浆料灌肠、结扎后以两段法(40℃凝胶 40 min,93℃熟化 30 min)或一段法(93℃熟化 30 min)进行水浴加热,冰水浸泡冷却,制得样品,冷藏待测。

1.4 鱼糜制品评价方法

1.4.1 质构评价 样品切段(高 3 cm)后参照 Park^[11]方法以 5 mm 圆柱探头在 1 mm/s 下进行穿刺试验,触发力 0.1N,穿刺深度 2 cm。最大破断力和相应凹陷深度的乘积为凝胶强度(N=9)。

1.4.2 色泽评价 参照 Park^[11]方法以色差仪测定

色泽参数(N=9): L^* (明暗度)、 a^* (‘+’红度/‘-’绿度)、 b^* (‘+’黄度/‘-’蓝度)。

1.4.3 持水性评价 以熟化失水率和蒸煮失水率为持水性指标。熟化失水率:剥去肠衣,吸干表面水分,计算加热熟化过程造成的水分流失占比。蒸煮失水率^[12]:1 cm 厚样品切片,真空包装后沸水浴 30 min,冷却后吸干样品切片表面水分,计算流失水分占比(N=5)。

1.4.4 感官风味评价 由 10 名熟悉水产风味评价员组成风味评价组。将样品 40℃水浴 30 min 后剥去肠衣,按“盲法”和“随机次序”对样品气味和滋味进行感官评价以避免样品色泽差异等影响。感官评价标准见表 1,以 10 人评分的平均值为最终评分。

表 1 气味、滋味感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standard of odor and taste		
指标	感官评价标准描述	评分
气味	海鱼气味,无海虾气味	1
	海鱼气味和微弱海虾气味	2
	平淡的海虾气味和微弱海鱼气味	3
	海虾气味,无海鱼气味	4
	浓郁的海虾气味	5
滋味	平淡的鱼糜滋味,无海虾滋味	1
	平淡的鱼糜滋味,较淡的海虾滋味	2
	海虾滋味,微弱的鱼糜滋味	3
	较鲜的海虾滋味,无鱼糜滋味	4
	鲜甜的海虾滋味,且有回味	5

1.5 南极磷虾糜添加状态的研究

1.5.1 工艺选择 分别将生磷虾糜和熟磷虾糜应用于鱼糜制品生产,对比研究磷虾糜的适宜添加状态。按表 2 所述试验设计,以 1.3 节加工方法制备样品。根据质构评价结果选择适宜的磷虾糜添加状态。

表 2 南极磷虾糜添加状态对比试验设计

Table 2 Contrast experiment design of addition mode of Antarctic krill paste												
试验组号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
磷虾糜添加状态	生磷虾糜						熟磷虾糜					
加热方式	两段法			一段法			两段法			一段法		
磷虾糜添加量(份)	20	40	60	20	40	60	20	40	60	20	40	60

注:本组试验样品均未添加辅料,以避免交互作用。

1.5.2 机理分析 SDS-PAGE 分析生磷虾糜在加工过程对鱼糜蛋白质的影响。按表 1 中试验组 2 设计制作鱼糜制品,分别在不同工段(盐斩 5 min、混斩 5 min、混斩 15 min 和凝胶 20 min)采集少量浆料,参照 Hashimoto 等^[13]方法提取水溶性蛋白和盐溶性蛋白组分并进行 SDS-PAGE 分析,SDS-PAGE 方法和分离胶配制参照汪家政等^[14]方法。

生、熟磷虾糜蛋白质组分和总蛋白酶活力对比分析。参照 Hashimoto 等^[13]方法,将磷虾糜蛋白质进行组分分离。参照 GB/T 5009.5 凯氏定氮法测定各蛋白质组分质量分数。以 5 倍质量的磷酸盐缓冲液(0.1 mol/L,pH 7.5)提取磷虾糜粗酶液,以 Folin 酚法测定粗酶液总蛋白酶活力(以 1%酪蛋白为底物,37℃水浴反应,定义每分钟水解生成 1 μg 酪氨酸所需的酶量为一个酶活力单位 U),计算磷虾糜中蛋白酶活力,以 U/g 干重表示^[15]。

1.6 南极磷虾糜的适宜添加量研究

在确定磷虾糜添加状态的基础上,通过单因素试验研究适宜的磷虾糜添加量。分别加入 20~100 份熟磷虾糜,以二段法加热制作不同磷虾糜添加量的鱼糜制品。综合考虑熟磷虾糜添加量对鱼糜制品品质构、色泽、持水性、感官风味指标的影响,以确定适宜的添加量。

1.7 功能性辅料优化鱼糜制品品质构

在确定熟磷虾糜适宜添加量的基础上,通过单因素试验研究功能性辅料(大豆分离蛋白、马铃薯淀粉和卡拉胶)对鱼糜制品品质构的影响。并以单因素试验结果为基础,采用中心组合试验 Box-Behnken 设计方案和响应面法优化添加熟磷虾糜的鱼糜制品中功能性辅料的最优添加量。

对比优化前后样品的微观结构,验证功能性辅料添加的优化效果。参照 Couso 等^[16]方法制备扫描电子显微镜(SEM)样品。以 15 kV 扫描电压,分别放大 100×和 500×扫描微观结构。

1.8 统计分析

采用 SPSS 13 软件统计数据,数据以平均值±标准差表示,以 Duncan 新复极差法分析。采用 Design Expert 8.0.5 软件设计 Box-Behnken 试验方案并分析数据。

2 结果与讨论

2.1 南极磷虾糜添加状态对鱼糜制品品质构的影响

按表 2 所述试验设计,分别将生磷虾糜和熟磷虾糜应用于鱼糜制品生产,试验样品品质构评价结果见表 3。

表 3 南极磷虾糜应用状态对鱼糜制品品质构的影响

Table 3 Effect of addition state of Antarctic krill paste on texture of surimi seafood

试验组号	破断力/g	凹陷深度/cm	凝胶强度/g·cm
1	327.22 ± 26.07	0.53 ± 0.05	172.12 ± 18.88
2	—	—	—
3	—	—	—
4	363.88 ± 26.90	0.62 ± 0.04	226.17 ± 25.28
5	177.32 ± 15.18	0.33 ± 0.04	58.72 ± 9.14
6	—	—	—
7	669.72 ± 27.52	1.32 ± 0.05	885.48 ± 44.52
8	577.21 ± 20.82	1.28 ± 0.03	738.05 ± 34.42
9	461.01 ± 24.87	1.15 ± 0.04	533.06 ± 43.55
10	660.58 ± 22.39	1.25 ± 0.08	827.66 ± 53.02
11	571.22 ± 15.22	1.20 ± 0.06	687.53 ± 41.68
12	454.33 ± 29.91	1.17 ± 0.10	527.24 ± 21.61

注:本组样品均未添加辅料,“-”表示该样品无法形成凝胶。

由表 3 可知, 磷虾糜添加状态对鱼糜制品质构有显著影响。样品 7(添加 20 份熟磷虾糜) 破断强度达到 669.72 g、凹陷深度达到 1.32 cm, 表明其质构特性较好, 兼具硬度和弹性。但样品 1(添加 20 份生磷虾糜) 质构较差, 其凝胶强度为 172.12 g·cm, 仅为样品 7 凝胶强度的 19%。随着磷虾糜添加量的增大, 添加熟磷虾糜的样品质构逐渐下降, 但仍保持较高的凝胶强度(>500 g·cm); 添加生磷虾糜的样品 2、3、6 已无法形成凝胶。

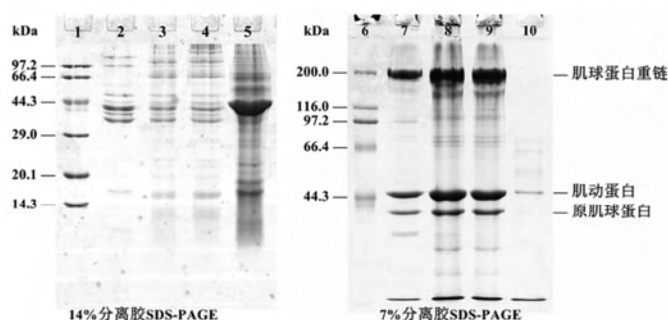
添加熟磷虾糜的样品中, 样品 7~9(两段法加热) 的凝胶强度略大于样品 10~12(一段法加热), 这与 Benjakul 等^[17]对热带鱼糜凝胶化作用的研究结果类似。两段法加热包含 40℃ 凝胶过程, 鱼肉中的内源性 TG 酶能在中等温度(25~40℃) 下促进肌球蛋白重链之间的交联作用, 从而使 93℃ 熟化过程中生成的凝胶网络具有更好的质构特性^[11]。但分析添加生磷虾糜的样品质构可知, 40℃

凝胶对于样品 1~3 的质构起负面作用, 样品 4、5(一段法加热) 的质构性能则略高。

综上分析认为, 生磷虾糜的自溶特性对其应用于鱼糜制品加工的工艺选择具有重要影响。杭虞杰等^[18]研究发现南极磷虾蛋白酶在 40~55℃ 活性较高, 最适温度为 50℃; 且具有热稳定性, 经 45℃ 热处理 1 h 后酶活仍保持在初始值的 60% 以上。因此, 生磷虾糜在斩拌混匀和加热过程中可能会导致鱼糜浆料中盐溶性蛋白质降解, 而长时间 40℃ 凝胶过程更会加剧自溶作用, 进而使添加生磷虾糜的鱼糜制品质构特性表现出类似于“凝胶劣化”的现象。

2.2 生磷虾糜对鱼糜蛋白质的影响

SDS-PAGE 分析生磷虾糜在加工过程中对鱼糜蛋白质的影响, 于不同工段取浆料、制备获得 SSP 和 WSP 组分, 电泳结果如图 1 所示。



注: 泳道 1: 低分子量蛋白质标准, 泳道 6: 高分子量蛋白质标准, 泳道 2~5: 水溶蛋白组分; 泳道 7~10: 盐溶蛋白组分(2 和 7 为盐斩 5 min, 3 和 8 为混斩 5 min 后, 4 和 9 为混斩 15 min, 5 和 10 为凝胶 20 min)。

图 1 加工过程中鱼糜浆料 WSP 和 SSP 的 SDS-PAGE

Fig.1 SDS-PAGE patterns of WSP and SSP of surimi paste during processing

对图 1 中 7% 和 14% 分离胶 SDS-PAGE 图及其蛋白条带进行对比分析^[19-21]。冷冻鱼糜加工中的漂洗工序能够大量去除鱼肉中的肌浆蛋白, 因而鱼糜浆料中的蛋白质主要为盐溶性蛋白质组分。泳道 2、7 为盐斩 5 min 后鱼糜浆料的 WSP 和 SSP 组分, 泳道 7 中肌球蛋白重链(200 ku)、肌动蛋白(43 ku)和原肌球蛋白(34 ku)条带清晰明亮; 泳道 2 中则仅有少量细窄的水溶性蛋白质条带。泳道 3、4 分别为混斩 5 min 和 15 min 浆料中的 WSP

组分, 其蛋白质条带明显多于泳道 2, 可能是由于磷虾糜自身水溶性蛋白掺入浆料引起的条带叠加; 泳道 8、9 分别为混斩 5 min 和 15 min 浆料中的 SSP 组分, 在 66.4~200 ku 之间出现了多条蛋白质条带, 44.3 ku 以下区域同样有蛋白质条带的增减, 分析其变化可能由斩拌过程中磷虾糜蛋白酶对鱼糜蛋白质的降解所引起。泳道 5、10 分别为 40℃ 凝胶 20 min 浆料的 WSP 和 SSP 组分, 由蛋白质条带的明显变化可知, 40℃ 凝胶对浆料中的

鱼糜蛋白质产生了巨大影响。泳道 10 中,原有的肌球蛋白重链(200 ku)和原肌球蛋白(34 ku)条带已完全消失,而肌动蛋白(43 ku)条带也变得细窄晦暗;相应的,泳道 5 中出现了大量无规律条带,以 44.3 ku 附近出现的蛋白质条带尤其明亮宽幅,判定是 SSP 降解生成的小分子蛋白和大分子多肽。

由上可知,在生磷虾糜应用于鱼糜制品的加工过程中,由于斩拌工序操作时间短(<15 min)、

物料温度低(<10 ℃),生磷虾糜对鱼糜 SSP 的影响并不大;但 40 ℃凝胶和 93 ℃熟化过程都需要对浆料进行加热并通过南极磷虾蛋白酶的高活力温度带,因而会导致鱼糜 SSP 的严重降解。

2.3 生、熟磷虾糜蛋白质组分和总蛋白酶活力对比

生、熟磷虾糜蛋白质组分和总蛋白酶活力测定结果见表 4。

表 4 磷虾糜蛋白质组分和总蛋白酶活力(以干质量计)
Table 4 Protein compositions and total proteolytic activity of krill paste (dry basis)

南极磷虾糜状态	生磷虾糜	熟磷虾糜
粗蛋白/g·(100g) ⁻¹	66.29 ± 1.76	59.72 ± 0.59
盐溶性蛋白/g·(100g) ⁻¹	5.25 ± 0.06	2.81 ± 0.06
水溶性蛋白/g·(100g) ⁻¹	22.00 ± 0.19	2.63 ± 0.13
碱溶性蛋白/g·(100g) ⁻¹	6.06 ± 0.13	32.50 ± 1.06
非蛋白氮/g N·(100g) ⁻¹	4.80 ± 0.05	3.18 ± 0.04
总蛋白酶活力/U·g ⁻¹	358.96 ± 20.24	未检出

对比可知,生磷虾糜的水溶性蛋白(WSP)和盐溶性蛋白(SSP)经蒸煮熟制发生热变性而转化为碱溶性蛋白(ASP)。WSP 中包括来源于南极磷虾消化腺的高活性蛋白酶,与磷虾糜自溶特性和蛋白水解能力直接相关。蒸煮熟制后,蛋白酶随着 WSP 的高温变性而完全失活;因而在熟磷虾糜中未检出总蛋白酶活力。综上可知,熟磷虾糜较好地保留了生磷虾糜的非蛋白质含氮化合物(NPN)类呈味物质,同时不具有蛋白酶活力,不会在鱼糜

制品加工中对鱼糜肌原纤维蛋白产生负面影响。通过蒸煮熟制这种简单、易于工业化的预处理工艺即能有效克服生磷虾糜应用于鱼糜制品生产的主要障碍。

2.4 熟磷虾糜应用于鱼糜制品的最适添加量

对不同熟磷虾糜添加量的鱼糜制品进行评价,质构、色泽结果如表 5 所示,持水性、感官风味评定结果如图 2、图 3 所示。

表 5 熟磷虾糜添加量对鱼糜制品质构特性的影响
Table 5 Effect of steamed krill paste addition on texture and color of surimi seafood

熟磷虾糜 添加量/份	破断力/g	凹陷深度/cm	凝胶 强度/g·cm)	L* 值 (明暗度)	a* 值 (红度)	b* 值 (黄度)
20	669.72 ± 27.52 ^g	1.32 ± 0.05 ^g	885.48 ± 44.52 ^g	55.36 ± 0.33 ^f	11.21 ± 0.12 ^a	9.42 ± 0.10 ^a
40	577.21 ± 20.82 ^f	1.28 ± 0.03 ^f	738.05 ± 34.42 ^f	53.36 ± 0.28 ^e	14.66 ± 0.11 ^b	11.11 ± 0.17 ^b
60	461.01 ± 24.87 ^e	1.15 ± 0.04 ^e	533.06 ± 43.55 ^e	52.56 ± 0.37 ^d	15.55 ± 0.13 ^c	11.63 ± 0.11 ^c
70	396.53 ± 24.46 ^d	1.08 ± 0.03 ^d	426.08 ± 29.76 ^d	52.39 ± 0.34 ^d	15.91 ± 0.12 ^d	11.94 ± 0.09 ^d
80	335.02 ± 17.87 ^c	0.94 ± 0.02 ^c	315.96 ± 20.95 ^c	51.99 ± 0.30 ^c	16.20 ± 0.15 ^e	12.17 ± 0.12 ^e
90	273.19 ± 13.25 ^b	0.83 ± 0.02 ^b	225.70 ± 13.60 ^b	51.45 ± 0.36 ^b	16.42 ± 0.11 ^f	12.24 ± 0.14 ^e
100	207.05 ± 11.96 ^a	0.74 ± 0.03 ^a	153.22 ± 12.53 ^a	50.97 ± 0.41 ^a	16.70 ± 0.17 ^g	12.37 ± 0.17 ^f

注:本组样品均未添加辅料。

随着熟磷虾糜添加量逐步增大,鱼糜制品的破断力和凹陷深度均呈显著下降趋势 ($P<0.05$),凝胶强度从 $885.61 \text{ g}\cdot\text{cm}$ 急剧下降至低水平 ($<250 \text{ g}\cdot\text{cm}$)。鱼糜肌原纤维蛋白分子间通过二硫键和疏水作用发生交互作用而形成的三维网状凝胶结构,是鱼糜制品品质优劣的主要决定因素^[1],而熟磷虾糜的大量添加会使鱼糜浆料中的肌原纤维蛋白受到稀释。熟磷虾糜中的 ASP 组分也可能通过影响肌原纤维蛋白聚集而降低鱼糜制品凝胶强度^[2]。此外,熟制磷虾糜呈红色,能赋予复合凝胶制品诱人的虾红色。随着熟磷虾糜添加量的增大,鱼糜制品色泽的 a^* 值和 b^* 值均显著上升 ($P<0.05$),

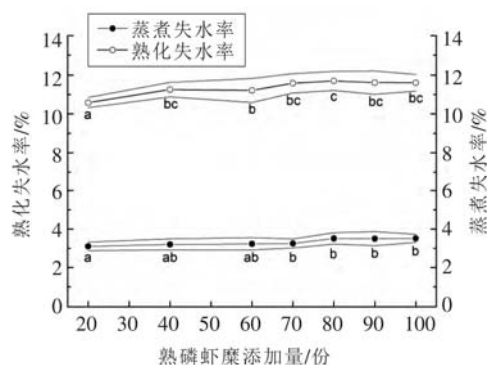


图 2 熟磷虾糜添加量对复合凝胶制品持水性的影响

Fig.2 Effect of steamed krill paste addition on WHC of surimi seafood

综合考量认为,添加 80 份熟磷虾糜能使鱼糜制品获得上佳的磷虾风味和鲜红色泽;但仍存在质构和持水性不佳的缺陷,需要通过功能辅料进行优化、改良。

2.5 功能性辅料对鱼糜制品的优化

大豆分离蛋白、马铃薯淀粉和卡拉胶作为功能性辅料能不同程度的改变鱼糜制品的质构特性和持水性^[23-25]。在添加 80 份熟磷虾糜制作鱼糜制品的基础上,由单因素试验可知:少量添加大豆分离蛋白即可显著增强鱼糜制品凝胶强度,并在添加 4~8 份时达到理想的增强效果;添加马铃薯淀粉能增大鱼糜制品破断强度,但对凹陷深度有降低作用,过量添加会导致凝胶强度显著下降;添加卡拉胶同样会增大破断强度,减小凹陷深度。

且在 80 份添加量时达较大值,继续增大添加量对色泽提升效果微弱。持水性是鱼糜凝胶保持水分的能力,与凝胶结构的致密程度有关,其优劣性是鱼糜制品实际生产中的重要考量之一。由图 2 可知,不同熟磷虾糜添加量的鱼糜浆料熟化失水率在 3%~4% 之间波动,相应鱼糜制品切片的蒸煮失水率则在 10%~12% 之间,均处于较高水平。高失水率会降低鱼糜制品的成品率,也不利于加工后的保藏、运输。感官风味评价结果(图 3)显示,鱼糜制品的滋味和气味评分随着熟磷虾糜添加量的增大而逐步上升,且在添加量为 80 份时达最高分。

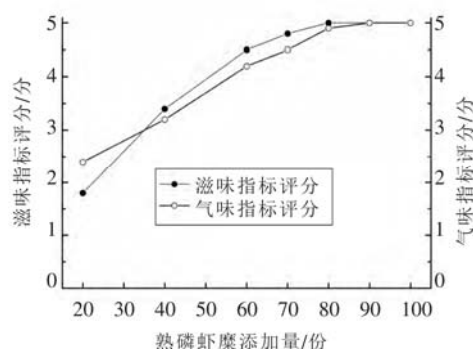
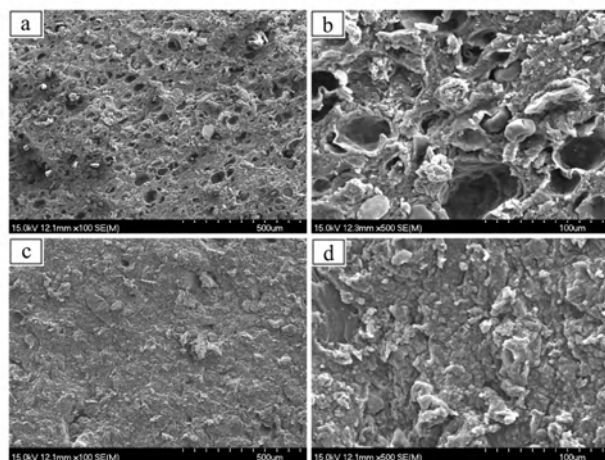


图 3 熟磷虾糜添加量对复合凝胶制品感官风味的影响

Fig.3 Effect of steamed krill paste addition on sensory flavor of surimi seafood

根据单因素试验结果,对 3 种功能性辅料添加量进行响应面优化,获得最佳添加量参数为 7.91 份大豆分离蛋白、5.38 份马铃薯淀粉和 0.46 份卡拉胶。按功能性辅料的优化添加量制作样品,以检验响应面法所得结果的可靠性。优化后鱼糜制品的凝胶强度为 $(534.35 \pm 24.77) \text{ g}\cdot\text{cm}$,是优化前鱼糜制品的 1.68 倍。优化后鱼糜制品的持水力也有显著改善,其熟化失水率和蒸煮失水率处于极低水平。图 3 为优化前、后鱼糜制品断面的微观结构对比。观察图 4a、图 4b 可知,优化前鱼糜制品内部纤维网状结构具有较多孔隙,而图 4c、图 4d 中优化后鱼糜制品内部结构则更为致密。微观结构差异外在的表现为功能性辅料对添加熟磷虾糜鱼糜制品质构和持水性的有效增强。



注:a,b为优化前鱼糜制品(添加80份熟磷虾糜,无辅料)观察图,bar=500/100 μm;c,d为优化后鱼糜制品(添加80份熟磷虾糜、7.91份大豆分离蛋白、5.38份马铃薯淀粉、0.46份卡拉胶)观察图,bar=500/100 μm。

图4 添加熟磷虾糜的鱼糜制品扫描电镜图

Fig.4 SEM images of surimi seafood added with steamed krill paste

3 结论

南极磷虾糜在生、熟状态下应用于鱼糜制品具有显著差异。添加20~60份熟磷虾糜的鱼糜制品,其凝胶强度达530 g·cm以上;添加等量生磷虾糜则导致鱼糜制品凝胶强度低于230 g·cm或无法形成凝胶。SDS-PAGE分析表明,生磷虾糜使鱼糜肌球蛋白重链(200 ku)和肌动蛋白(43 ku)在加工过程中发生严重降解,尤其是40℃凝胶和93℃熟化的加热过程。主要是鱼糜盐溶性蛋白在通过南极磷虾蛋白酶高活力温度带时受到严重降解。

以蒸煮作为预处理工序能有效克服生磷虾糜

应用于鱼糜制品生产的主要障碍。熟磷虾糜不具有蛋白水解酶活力,不会对鱼糜肌原纤维蛋白产生负面影响。在添加80份熟磷虾糜的基础上,经响应面优化获得最佳功能性辅料添加量(7.91份大豆分离蛋白、5.38份马铃薯淀粉和0.46份卡拉胶)。功能性辅料的添加能使鱼糜制品凝胶强度达到534.35 g·cm,且具有鲜红色泽和浓郁磷虾风味。

由此可见,将南极磷虾糜应用于鱼糜制品加工是南极磷虾的一种高值化利用模式。熟化灭酶和辅料优化是获得高品质南极磷虾风味鱼糜制品的关键工艺。

参 考 文 献

- [1] 农业部渔业局. 2011 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [2] Suzuki T, Shibata N. The utilization of Antarctic Krill for human food[J]. Food Reviews International, 1990, 6(1): 119-147.
- [3] 孙雷, 周德庆, 盛晓风, 等. 南极磷虾营养评价与安全性研究[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(2): 57-64.
- [4] 丁浩宸, 李栋芳, 张燕平, 等. 南极磷虾虾仁与4种海虾虾仁挥发性风味成分对比[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(10): 57-62.
- [5] Chen YC, Jaczynski J. Gelation of protein recovered from whole Antarctic krill (*Euphausia superba*) by isoelectric solubilization/precipitation as affected by functional additives[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55: 1814-1822.

- [6] Takizawa K, Sada M, Okazaki E, et al. Manufacture of crab meat textured protein fiber from Antarctic krill[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1986, 52(7): 1243-1248.
- [7] Ellingsen TE, Mohr V. Biochemistry of the autolytic processes in Antarctic krill post mortem [J]. Journal of Biochemistry, 1987, 246: 295-305.
- [8] 丁浩宸, 李栋芳, 张燕平, 等. 南极磷虾肉糜冷藏过程中蛋白水解酶的稳定性及自溶特性[J]. 食品科学, 2014, 35(4): 200-204.
- [9] 王锡昌, 汪之和. 鱼糜制品加工技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1997: 1-76, 93-94.
- [10] 戴志远, 杨莹, 王宏海, 等. 响应面法优化新型鱿鱼肉肠的加工工艺[J]. 中国食品学报, 2011, 11(3): 110-117.
- [11] Park JW. Surimi and surimi seafood [M]. 2nd ed. Boca Raton, Fla.: Taylor & Francis Group, 2005: 33-98, 649-702.
- [12] Castro-Briones M, Calderón GN, Velazquez G, et al. Effect of setting conditions using microbial transglutaminase during obtention of beef gels[J]. Journal of Food Process Engineering, 2009, 32(2): 221-234.
- [13] Hashimoto K, Watanabe S, Kono M, et al. Muscle protein composition of sardine and mackerel[J]. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 1979, 45(11): 1435-1441.
- [14] 汪家政, 范明. 蛋白质技术手册[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 77-100.
- [15] Anheller JE, Hellgren L, Karlstam B, et al. Biochemical and biological profile of a new enzyme preparation from Antarctic krill (*E. superba*) suitable for debridement of ulcerative lesions[J]. Archives of Dermatological Research, 1989, 281: 105-110.
- [16] Couso I, Alvarez C, Solas MT, et al. Morphology of starch in surimi gels[J]. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A, 1998, 206(1): 38-43.
- [17] Benjakul S, Chantarasuwan C, Visessanguan W. Effect of medium temperature setting on gelling characteristics of surimi from some tropical fish[J]. Food Chemistry, 2003, 82(4): 567-574.
- [18] 杭虞杰, 李学英, 杨宪时, 等. 南极磷虾蛋白酶分离纯化及部分性质研究[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(10): 92-95.
- [19] 郑惠娜, 章超桦, 刘书成, 等. 马氏珠母贝蛋白的分离及分子量分布研究[J]. 水产科学, 2008, 27(9): 447-451.
- [20] 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): 50-55.
- [21] Lametsch R, Roepstorff P, Møller HS, et al. Identification of myofibrillar substrates for μ -calpain[J]. Meat Science, 2004, 68(4): 515-521.
- [22] Lin SB, Chen LC, Chen HH. The change of thermal gelation properties of horse mackerel mince led by protein denaturation occurring in frozen storage and consequential air floatation wash[J]. Food Research International, 2005, 38(1): 19-27.
- [23] Bae-Young K, Won-Woo K, Byoungseung Y. Effect of native and acetylated sweet potato starch on rheological properties of composite surimi sol[J]. Journal of Food Science and Nutrition, 2008, 13: 245-248.
- [24] 陈海华, 薛长湖. 3种非肌肉蛋白对竹荚鱼鱼糜凝胶特性的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(13): 31-35.
- [25] 陆剑锋, 邵明栓, 林琳, 等. 卡拉胶和超高压对鱼糜凝胶性质的影响[J]. 农业机械学报, 2011, 42(12): 164-170.

Technology and Mechanism of Applying Antarctic Krill Paste in Surimi Seafood

Ding Haochen¹ Zhang Yanping^{1,2*} Dai Zhiyuan^{1,2}

(¹Research Institute of Seafood, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310035

²State Key Laboratory of Aquatic Products Processing of Zhejiang Province, Hangzhou 310035)

Abstract To explore the novel utilization pattern of Antarctic krill (*Euphausia superba*) paste, key technologies and

relational mechanisms of surimi seafood processing utilized Antarctic krill paste were studied. Making texture, color and water-holding capacity and sensory flavor as index, the adding state of krill paste, adding ratio of krill paste and adding ratio of functional ingredient were systematically studied. A combination of SDS-PAGE, protein components analysis and protease activity determination was used to analyse the mechanisms. The surimi seafood samples were respectively produced by 20~60 parts (weight part) of krill paste and 100 parts of frozen surimi. The samples produced with steamed krill paste had a high gel strength between 527~885 g·cm, while the samples produced with equivalent fresh krill paste had inferior gel strength (<226 g·cm) or even unable to form stable gel structure. SDS-PAGE showed that the myosin heavy chains (200 ku) and actin (43 ku), originated from surimi, were irreversibly degraded during processing since the adding of fresh krill paste, especially during the procedures of setting at 40 °C and heating at 93 °C. Steaming, as the essential pretreatment of applying krill paste to surimi seafood, can ensure adequately denaturalization of water-soluble protein and inactivation of proteolytic enzymes. The color and sensory flavor of surimi seafood reached a ideal level when the added amount of steamed krill paste was 80 parts. The parameters of functional ingredient addition, optimized with single-factor tests and response surface method, were 7.91 parts of soy protein isolate, 5.38 parts of potato starch and 0.46 parts of carrageenan. The optimized surimi seafood processed in verification had excellent texture property and dense microstructure. The gel strength of which reached (534.35 ± 24.77) g·cm.

Keywords Antarctic krill paste; surimi seafood; adding state; SDS-PAGE; texture optimization

信 息 窗

五大原因使全球传粉动物面临威胁

英国《自然》杂志本周发表的一篇综述文章指出,传粉动物正面临着无数威胁,要保障它们得以继续对人类福祉作出贡献,人们必须采取应对措施。文章探讨了导致一些地区“传粉者”数量下降的五大因素,并提出了或能逆转这一趋势的政策和管理干预措施。

无论在历史上还是在当下,野生和家养的传粉动物(包括蜥蜴、蝙蝠等脊椎动物和数千种昆虫)都为人类提供了诸多益处,包括提高作物产量、提升食物安全,甚至可以为人类仿生学技术研究人员和艺术家们提供灵感。尤其是两万多个已知的蜜蜂物种,为全世界超过 90% 的主要作物授粉。尽管传粉动物如此重要,目前在欧洲,9% 的蜜蜂和 9% 的蝴蝶都面临着威胁。

丹麦哥本哈根大学研究人员西蒙·波茨和同事们,此次识别出了“传粉者”数量下降背后的五种主要原因:土地使用和土地利用集约度的改变、气候变化、杀虫剂、病原体管理和外来入侵物种。研究团队指出,转基因作物对传粉动物没有致命威胁,但转基因作物的管理仍需到位,这样才能将间接威胁降至最低。

研究人员还对农民提出了如何弥补土地使用影响的建议,比如说可以种植花茎,从而为传粉动物提供半自然的栖息地;改善家养传粉动物贸易的监管,会有助于控制寄生虫和病原体的传播。此外,向农民和公众宣传害虫管理知识,也能减少对杀虫剂的依赖,从而降低杀虫剂对传粉动物的威胁。

论文作者总结说,科学家仍然需要进一步评估和确定不同环境中最为重要的威胁是哪些因素,才能采取应对传粉动物减少的有效行动。

(消息来源:科技日报)