

网络优先数字出版时间: 2015-11-26

网络优先数字出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/45.1075.N.20151126.1016.010.html>

浒苔虾丸配方的优化*

Formula Optimization of *Ulva prolifera* Shrimp Balls

李红艳, 刘天红, 李 晓, 孙元芹, 吴志宏, 于晓清, 王 颖**

LI Hong-yan, LIU Tian-hong, LI Xiao, SUN Yuan-qin, WU Zhi-hong, YU Xiao-qing, WANG Ying

(山东省海洋生物研究院, 山东青岛 266104)

(Marine Biology Institute of Shandong Province, Qingdao, Shandong, 266104, China)

摘要:【目的】将营养价值高的浒苔(*Ulva prolifera*)添加到虾丸中制成浒苔虾丸,丰富虾丸品种,提高其营养价值。【方法】通过单因素和正交试验,确定浒苔虾丸的最佳配方。【结果】浒苔虾丸的最佳配方为鱼糜虾糜比6:4,浒苔粉6%,淀粉10%,蛋清蛋白6%,大豆分离蛋白3%,氯化钙0.3%。【结论】所得的浒苔虾丸产品色泽诱人、弹性良好、风味独特、营养丰富,是一种老少咸宜的方便食品。

关键词: 浒苔 虾丸 正交实验

中图分类号: TS254.4 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2015)04-0253-06

Abstract:【Objective】In order to enrich the varieties and improve the nutritional value of shrimp balls, *Ulva prolifera* and fish were added into shrimp balls.【Methods】The best formula of *Ulva prolifera* shrimp balls was determined through single factor and orthogonal test.【Results】The best formula was 6:4 for fish versus shrimp, 6% *U. prolifera* powder, 10% starch, 6% egg white, 3% soybean protein isolate and 0.3% CaCl₂.【Conclusion】The product was flexible, high nutritious, attractive color and unique flavor, making it a convenient food for all ages.

Key words: *Ulva prolifera*, shrimp balls, orthogonal test

0 引言

【研究意义】浒苔(*Ulva prolifera*),属绿藻门石莼目石莼科,俗称苔条、青海苔等,是中国近海常见的一种大型绿藻。浒苔自古以来即被用作食用和药用植物^[1],具有丰富的营养成分,富含蛋白质、碳

水化合物、粗纤维和矿物质,不饱和脂肪酸和维生素含量较高^[2,3]。浒苔还具有较高的药用价值,据《随息居饮食谱》记载:浒苔“消胆、消瘵疔癭瘤、泄胀、化痰、治水土不服”;浒苔中含有较多的水溶性硫酸多糖,具有降血脂和抗衰老的生物活性;现代研究证明,浒苔具有明显降低胆固醇和调节免疫的作用^[4]。食品中添加浒苔,既可提高食品色、香、味,又可改善食品营养价值。虾丸作为我国传统食品的一部分,由于其营养价值高,口感细腻、食用方便而深受消费者喜爱,但市场上虾丸的品种较少,产品色泽和口味单一,研究品质优良的不同虾丸品种将是发展方向之一,市场潜力较大。【前人研究进展】目前已有对虾丸研制工艺的研究报道,但是这些报道多是油炸虾丸或是普通虾鱼丸^[5~7]。虾丸的口感和弹性一般要略逊于鱼丸,这可能是由于虾肉本身的特性和其

收稿日期: 2015-06-11

修回日期: 2015-07-10

作者简介: 李红艳(1987-),女,硕士,助理研究员,主要从事水产品加工与贮藏研究。

* 山东省现代农业产业技术体系虾蟹类创新团队项目(SDAIT-15)资助。

** 通信作者: 王 颖(1971-),女,硕士,研究员,主要从事水产品加工研究, E-mail: yzsshipin@126.com。

蛋白质组成所导致的^[8]。虾肉中由于水溶性蛋白含量较高,削弱了肉糜的凝胶强度和弹性,导致虾肉的凝胶强度较差,可添加一定比例鱼糜来改善虾肉糜的凝胶特性^[9]。淀粉会在鱼肉和虾肉蛋白质、脂肪和水分之间起乳胶剂的作用,增强鱼糜和虾糜的粘稠性^[10]。随着温度的升高,淀粉会发生不可回复膨胀,当达到凝胶温度,淀粉微粒能吸收更多的水分,而膨胀的淀粉微粒会对凝胶网络产生压力,从而提高弹性。但鱼糜和虾糜中的蛋白质成分会将水分锁在其网状结构内部,从而造成鱼糜和虾糜中有效水分的竞争,因此淀粉在低水平时,对鱼糜和虾糜弹性的提高比在高水平时更有效,而鱼糜和虾糜制品的弹性达到一定程度后,不能再通过添加淀粉量无限制的提高^[11]。由于蛋白添加物的功能性质,蛋白质-水,蛋白质-蛋白质,和蛋白质-脂质-水能产生交互作用,这对于形成稳定的凝胶网络起着至关重要的作用。而且蛋清蛋白中含有 TGase、蛋白酶抑制剂以及动物蛋白,能作为凝胶网状结构的功能性填充物,可以提高鱼糜、虾糜凝胶的剪切压力,剪切拉力^[12]。大豆分离蛋白液除具有热凝固性、分散脂肪性和纤维形成性等优良性状外,还具有凝胶化性质,加热后可增加制品的弹性^[13]。但大豆分离蛋白加入量增多会造成固形物的增加,可能与虾肉、鱼肉蛋白竞争可利用的水分,从而对蛋白相产生浓缩效应,降低其弹性^[14]。一定浓度的 Ca^{2+} 离子在适当温度下可激活内源性 TGase,催化谷氨酸残基中的 Y-羧基酰胺基团与其它氨基酸残基发生交联作用,通过共价键形成更牢固的网状结构,从而提高鱼丸的弹性^[15]。但氯化钙也会对冷冻鱼糜产生不利的影响,有研究表明,在鱼糜的制作过程中,当添加的氯化钙浓度过高时,鱼糜的凝胶形成能力和低温稳定性都会明显降低^[16]。【本研究切入点】把具有保健功能的浒苔粉添加到虾丸中,并通过辅料的添加,增加浒苔虾丸的凝胶弹性,这样不仅可以丰富虾丸的种类,而且增强了虾丸的营养和保健价值,为虾的综合利用开辟新途径。【拟解决的关键问题】采用单因素和正交试验对浒苔虾丸的配方进行优化,以获得浒苔粉、淀粉、蛋清蛋白、大豆分离蛋白和氯化钙等物质的最佳配比,制备具有良好凝胶弹性和风味口感的虾丸新产品。

1 材料与方 法

1.1 材料

南美白对虾、黄花鱼均购于青岛团岛农贸市场;

浒苔于 2014 年 7 月采集于青岛八大峡;其他辅料:食盐、淀粉、蛋清蛋白、白砂糖、大豆分离蛋白、复合磷酸盐、卡拉胶、魔芋粉、料酒等均为市售食品级;氯化钙为分析纯。

仪器和设备:CT-4.5 质构仪(博勒飞公司);UMC5 型真空斩拌机(德国 STEPHAN 公司);SXW-280 鱼丸成型机(佛山市利宝达厨具有限公司);SZ-22A 型绞肉机(北京旭重食品机械有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 制作工艺 流程

1.2.1.1 原料选择及前处理

选择新鲜南美白对虾和黄花鱼。南美白对虾清洗后去头、去皮并清除肠腺。黄花鱼去头、去鳞、去内脏,清洗并除清腹腔内的残余内脏或血污黑膜等。鱼采用背割法采肉,沿背部中线往下将鱼剖成两片后,剔去脊骨和胸刺,从尾部下刀推去鱼皮得鱼肉;手工对虾体去皮得虾肉。

浒苔粉的制备:新鲜浒苔经清洗、60℃低温烘干后,粉碎、过 100 目筛,备用。

1.2.1.2 漂洗和脱水

将虾肉、鱼肉分开漂洗、精滤,水温控制在 10℃ 以下,去除虾、鱼肉内的水溶性蛋白质、色素、气味和脂肪成分,再用 500 r/min 离心机脱水 3~5 min 即可,脱水后的鱼、虾肉含水量要求在 80%~82%。

1.2.1.3 斩拌和擂溃

擂溃之前,将鱼肉和虾肉混合,充分绞肉 1~2 次,以彻底破坏鱼肉和虾肉的肌肉组织,以便擂溃时盐溶性蛋白质的充分溶出,并减少擂溃所需时间。为减少鱼肉中肌球蛋白变性,擂溃后的温度控制在 10℃ 以下。擂溃分 3 个阶段,(1)空擂:将脱水后鱼肉和虾肉放入斩拌机中斩拌至肉糜发黏;(2)盐擂:肉糜中均匀撒入食盐斩拌至浆体均匀、发亮;(3)调味擂:将浒苔粉、淀粉、蛋清蛋白、白砂糖、盐、料酒、复合磷酸盐、质量比为 1:1 的魔芋粉和卡拉胶等调味料添加到肉糜中继续斩拌一段时间。整个斩拌过程应适时适量加冰以控制温度在 10℃ 以下。

1.2.1.4 水煮成型

将斩拌后的鱼糜放入鱼丸成型机中成型。浒苔虾丸两段加热法(40℃预热 40 min,然后于 90℃加热 15 min)煮熟,以达到熟制、杀菌、增加弹性的目的。

1.2.1.5 冷却、包装、冷藏

将捞起的浒苔虾丸置于冷水中冷却至室温后捞

出沥水,密封包装并 -20°C 冷冻贮藏。

1.2.2 配方实验设计

1.2.2.1 基本配方

以不同比例混合的虾糜、鱼糜为基础,添加占虾糜鱼糜总质量20%的水,2.5%的盐,2%的糖,1%的料酒,0.5%的味精,0.2%的TG-B,0.2%的复合磷酸盐,1.0%的质量比为1:1的魔芋粉和卡拉胶。如无特殊说明,文中所述添加量均为与虾糜鱼糜总质量的质量比。

1.2.2.2 单因素实验

固定其它条件不变,分别考察鱼糜虾糜质量比(7:3,6:4,5:5,4:6,3:7)、浒苔添加量(2%,4%,6%,8%,10%,12%)、淀粉添加量(0.5%,5%,10%,15%,20%)、蛋清蛋白添加量(0%,3%,6%,9%,12%)、大豆分离蛋白添加量(0%,1%,2%,3%,4%,5%,6%)和氯化钙添加量(0%,0.3%,0.6%,0.9%,1.2%)对浒苔虾丸弹性及感官评分的影响。

1.2.2.3 正交试验

在单因素实验的基础上,以对浒苔虾丸品质影响较大的鱼糜虾糜比例、浒苔粉、淀粉和蛋清蛋白的添加量4个因素,以感官评价为检验指标,做 $L_9(3^4)$ 的正交试验。

表1 感官评价标准

Table 1 Standard of sensory evaluation

色泽 Color	鲜度及滋味 Taste	组织状态 Texture	弹性 Flexibility	得分 Score
Light green	Have special fresh fragrance, brackish perfectly and with no fishy smell.	The cross section is close-grained with no big pores but many uniform small pores and enteromorpha powder evenly distributed in it.	The shrimp balls would concave inward obviously without breaking when slightly pressed with one's middle finger and restore after let go. Dropped at 30~35 cm above the table, the shrimp balls would bounce twice without breaking.	100~80
Light green	Have special fresh fragrance, tastes a bit salty and with slightly fishy smell.	The cross section is close-grained with no big pores but a few uniform small pores and enteromorpha powder evenly distributed in it.	The shrimp balls would concave inward obviously without breaking when forcefully pressed with one's middle finger and restore after let go. Dropped at 30~35 cm above the table, the shrimp balls would bounce twice without breaking.	80~60
Dark green	Have faint fresh fragrance with slightly fishy smell and no objectional odor.	The cross section is basically close-grained with no big pores but a few uniform small pores and enteromorpha powder relatively evenly distributed in it.	The shrimp balls would concave inward obviously without breaking when forcefully pressed with one's middle finger but can not fully restore after let go. Dropped at 30~35 cm above the table, the shrimp balls would bounce once without breaking.	60~40
Gray green	Have almost no fresh fragrance with fishy and peculiar smell.	The cross section is relatively soft with a few uniform small pores and enteromorpha powder unevenly distributed in it.	The shrimp balls would break when forcefully pressed with one's middle finger. Dropped at 30~35 cm above the table, the shrimp balls cannot bounce.	40~20
Gray	Have almost no fresh fragrance with strong fishy and peculiar smell.	The cross section is soft and uncompact as paste with enteromorpha powder unevenly distributed in it.	The shrimp balls would break when slightly pressed with one's middle finger.	20~0

1.2.3 感官评价

将样品切成5 mm厚的片状,邀请10位从事食品研发的人员组成感官评定小组,采用双盲法进行检验,评定方法采用100分制,按色泽、鲜度及滋味、组织状态、弹性指标进行综合评价(表1)。色泽、鲜度及滋味、组织状态、弹性的加权系数均为0.25。

1.2.4 弹性测定

取成型的熟浒苔虾丸切成1 cm厚的薄片,用质构仪测定其弹性,每个样品重复测定3次。

1.2.5 理化及微生物指标测定

按照国家食品理化检验标准和国家食品微生物检验标准测定样品中的水分、蛋白质、脂肪、淀粉和食盐含量,细菌总数及大肠菌群。

2 结果与分析

2.1 鱼糜虾糜比例的影响

由图1可以看出,当鱼糜:虾糜的值逐渐升高时,虾丸的弹性逐渐升高,这可能与虾的肌球蛋白和鱼的肌球蛋白交联有关^[17,18];而感官评分则因鱼糜添加量过高时,虾丸嫩度下降,虾肉风味不足而呈现先升高后略有降低的趋势。因此认为鱼糜:虾糜为6:4时最佳。

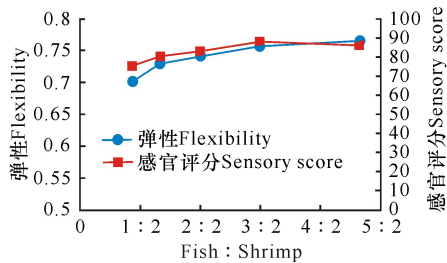


图1 鱼糜虾糜比例对浒苔虾丸弹性和感官评分的影响

Fig. 1 Effect of fish and shrimp ration on flexibility and sensory score of *U. proliferata* shrimp balls

2.2 浒苔添加量的影响

由图2可知,随着浒苔添加量的增大,浒苔的独特口感逐渐增强,当浒苔添加量为8%时,产品中既有浒苔的独特风味也有鱼虾糜的鲜香,感官评分最高;随后浒苔添加量继续增加,因浒苔虾丸的弹性下降,色泽过深,感官评分开始下降。浒苔添加量增加至12%时,虾丸的弹性下降严重,且略有腥味。因此确认浒苔的最佳添加量为8%。

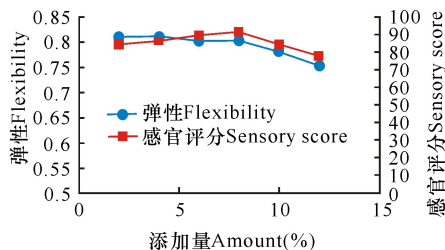


图2 浒苔添加量对浒苔虾丸弹性和感官评分的影响

Fig. 2 Effect of *U. proliferata* amount on flexibility and sensory score of *U. proliferata* shrimp balls

2.3 淀粉添加量的影响

由图3可知,淀粉对浒苔虾丸弹性的提高很明显,随着淀粉添加量的增大,浒苔虾丸的弹性逐渐上升,弹性呈现先上升后略有下降的趋势;浒苔虾丸的感官评分也随着淀粉添加量的增大呈现先升高后降低的趋势,在淀粉添加量为10%时,浒苔虾丸的感官评分最高。综上,认为淀粉的最佳添加量为10%。

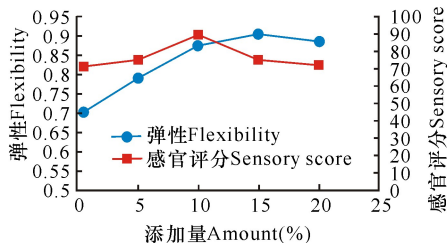


图3 淀粉添加量对浒苔虾丸弹性和感官评分的影响

Fig. 3 Effect of starch amount on flexibility and sensory score of *U. proliferata* shrimp balls

2.4 蛋清蛋白添加量的影响

由图4可见,蛋清蛋白对浒苔虾丸弹性的提高

较为显著,蛋清蛋白添加量为6%时浒苔虾丸的弹性最高。同时,随着蛋清蛋白添加量增加,浒苔虾丸的感官评分逐渐增加,添加量超过6%后,感官评分略有下降。综上,认为蛋清蛋白的最佳添加量为6%。

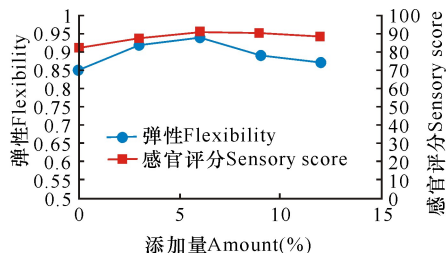


图4 蛋清蛋白添加量对浒苔虾丸弹性和感官的影响

Fig. 4 Effect of egg white amount on flexibility and sensory score of *U. proliferata* shrimp balls

2.5 大豆分离蛋白的影响

图5表明,随着大豆分离蛋白添加量的增加,浒苔虾丸的弹性和感官评分呈现先增加后减小的趋势,当添加量为3%时,弹性及感官评分均达到最大。

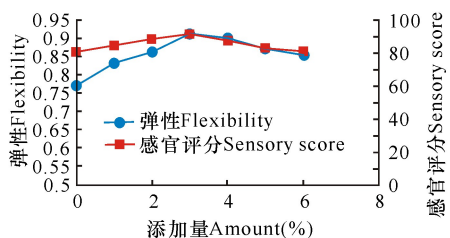


Fig. 5 大豆分离蛋白添加量对浒苔虾丸弹性和感官评分的影响

Fig. 5 Effect of soybean protein isolate amount on flexibility and sensory score of *U. proliferata* shrimp balls

2.6 氯化钙的影响

由图6可知,氯化钙对浒苔虾丸弹性的提高较为明显,弹性和感官评分均随着氯化钙添加量的增大呈先上升后缓慢下降的趋势。氯化钙添加量为0.3%时鱼丸的弹性最高,感官评分也最好。综上,认为氯化钙的最佳添加量为0.3%。

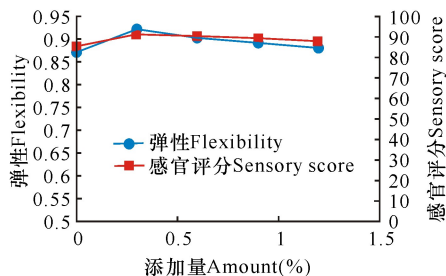


图6 氯化钙添加量对浒苔虾丸弹性和感官评分的影响

Fig. 6 Effect of CaCl_2 amount on flexibility and sensory score of *U. proliferata* shrimp balls

2.7 正交试验优化

由表 2 可知,4 项因素对浒苔虾丸品质的影响次序为 C>B>A>D,浒苔虾丸的最佳配方为 A2B1C2D2,即浒苔虾丸的最佳配方为鱼糜虾糜比 6:4,浒苔粉 6%,淀粉 10%,蛋清蛋白 6%。

采用该最佳配方制作的浒苔虾丸呈淡绿色;具有特殊的鲜香味,咸淡适口,无腥味;外形呈球形,大小大致均匀完整,表面光滑;富有弹性,轻压虾丸不破裂,揪住不破散;肉质紧密,口感爽口、细腻。对其进行理化和微生物指标的测定,结果如表 3 所示。由于鱼丸和虾丸尚无国家标准和行业标准,因而对比 DB35/T 926-2009 冻鱼丸、SCT 3701-2003 冻鱼糜制品和 GB 10132-2005 鱼糜制品卫生标准对理化和微生物指标的要求可知,所制得的浒苔虾丸理化和微生物指标均符合相关标准的要求。

表 3 浒苔虾丸理化和微生物指标测定结果

Table 3 Physicochemical and microbial index results of *U. prolifera* shrimp balls

项目 Items	水分 Moisture (%)	蛋白质 Protein (%)	脂肪 Fat (%)	食盐 Salt (%)	淀粉 Starch (%)	细菌总数 Total bacterial count(cfu/g)	大肠菌群 <i>E. coli</i> group (MPN/100 g)
浒苔虾丸 <i>U. prolifera</i> shrimp balls	72.18	13.20	5.87	3.1	9.9	1500	<25
冻鱼丸 Frozen fish ball	≤80.0	≥7.0	—	—	≤15.0	≤50000	≤450
冻鱼糜制品 Frozen surimi products	≤82.0	—	—	—	≤15.0	≤50000	≤30
鱼糜制品 Surimi products	—	—	—	—	—	≤50000	≤450

3 结论

本研究采用单因素和正交试验优化浒苔虾丸的改良配方,将凝胶形成能力较差的虾糜制备成具有良好凝胶弹性和风味口感的虾丸产品。获得的最佳配方为鱼糜虾糜比 6:4,浒苔粉 6%,淀粉 10%,蛋清蛋白 6%,大豆分离蛋白 3%,氯化钙 0.3%,其中,浒苔粉的添加使虾丸具有浒苔特有的清香味,而淀粉、蛋清蛋白、大豆分离蛋白和氯化钙等物质增加了浒苔虾丸的凝胶弹性。根据该改良配方制得的浒苔虾丸弹性良好,口感细腻滑嫩,具有独特的浒苔清香味,营养丰富,是一种老少咸宜的方便食品。

参考文献:

[1] 嵇国利,于广利,吴建东,等.爆发期条浒苔多糖的提取分离及其理化性质研究[J].中国海洋药物杂志,2009,

表 2 正交试验因素水平与结果

Table 2 Results of orthogonal test

试验号 Test number	因素 Factors				感官评分 Sensory score
	A 鱼糜: 虾糜 Fish: Shrimp	B 浒苔粉 <i>U. prolifera</i> (%)	C 淀粉 Starch (%)	D 蛋清蛋白 Egg white (%)	
1	1(5:5)	1(6)	1(8)	1(4)	86.6
2	1	2(8)	2(10)	2(6)	88.4
3	1	3(10)	3(12)	3(8)	85.1
4	2(6:4)	1	2	3	92.3
5	2	2	3	1	85.5
6	2	3	1	2	91.7
7	3(7:3)	1	3	2	88.9
8	3	2	1	3	83.2
9	3	3	2	1	89.7
K1	86.7	89.3	87.2	87.3	
K2	89.8	85.7	90.1	89.7	
K3	87.3	88.8	86.5	86.9	
R	3.13	3.57	3.63	2.80	

28(3):7-12.

Ji G L, Yu G L, Wu J D, et al. Extraction, isolation and physicochemical character studies of polysaccharides from *Enteromorpha clathrata* outbreak period[J]. Chinese Journal of Marine Drugs, 2009, 28(3): 7-12.

[2] 李晓,王颖,吴志宏,等.浒苔对刺参幼参生长影响的初步研究[J].中国水产科学,2013,20(5):1092-1099.

Li X, Wang Y, Wu Z H, et al. Effect of *Enteromorpha prolifera* on growth of *Apostichopus japonicus* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2013, 20(5): 1092-1099.

[3] 林英庭,朱风华,徐坤,等.青岛海域浒苔营养成分分析与评价[J].饲料工业,2009,30(3):46-49.

Lin Y T, Zhu F H, Xu K, et al. The nutrition analysis and evaluation on *Enteromorpha prolifera* at Qingdao sea area[J]. Feed Industry, 2009, 30(3): 46-49.

[4] 徐大伦,黄晓春,欧昌荣,等.浒苔多糖对非特异性免疫

- 功能的体外实验研究[J]. 食品科学, 2005 (10): 164-169.
- Xu D L, Huang X C, Ou C R, et al. *In vitro* study on polysaccharides in *Enteromorpha* with non-specific immunity[J]. Food Science, 2005 (10): 164-169.
- [5] 师文添. 虾鱼丸的研制[J]. 食品工业, 2011(11): 73-76.
- Shi W T. Development of shrimp-fish balls[J]. Food Industry, 2011(11): 73-76.
- [6] 赵子科, 曹文红, 何啸峰. 中国毛虾虾丸的研制[J]. 食品科技, 2013, 38(11): 142-145, 152.
- Zhao Z K, Cao W H, He X F. Development of the shrimp ball based on *Acetes chinensis* [J]. Food Science and Technology, 2013, 38(11): 142-145, 152.
- [7] 王益群, 陈直. 虾丸的工艺优化研究[J]. 食品工业, 2011(12): 15-18.
- Wang Y Q, Chen Z. Technology standard and process optimization research of shrimp balls[J]. The Food Industry, 2011(12): 15-18.
- [8] Cheecharoen J, Kijroongrojana K, Benjakul S. Improvement of physical properties of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) meat gel induced by high pressure and heat treatment[J]. Journal of Food Biochemistry, 2011, 35(3): 976-996.
- [9] 何少贵, 苏国成, 周常义, 等. 漂洗工艺和加工辅料对鱼糜制品品质影响的研究进展[J]. 食品工业科技, 2013, 33(4): 399-402.
- He S G, Su G C, Zhou C Y, et al. Research progress in the effect about washing conditions and processing excipient on the surimi products qualities[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 33(4): 399-402.
- [10] 孔保华, 王辉兰, 王明丽. 鲢鱼鱼丸最佳配方及工艺的研究[J]. 食品工业科技, 2000, 21(2): 43-45.
- Kong B H, Wang H L, Wang M L. Study on the best prescription and technology of *Silver carp* fish balls [J]. Science and Technology of Food Industry, 2000, 21(2): 43-45.
- [11] 辛美丽, 王笑丹, 朱志伟, 等. 几种配料对鲤鱼鱼丸品质的影响及贮藏过程品质变化[J]. 现代食品科技, 2010, 26(8): 809-814.
- Xin M L, Wang X D, Zhu Z W, et al. Effect of ingredients on gel properties of common carp (*Cyprinus carpio*) fish ball and changes of fish ball quality during storage [J]. Modern Food Science and Technology, 2010, 26(8): 809-814.
- [12] 黄国宏, 沈要林. 鱼糜加工过程中凝胶性能的影响因素研究进展[J]. 现代食品科技, 2006, 23(1): 107-110.
- Huang G H, Shen Y L. Advances in research of influence factors of gel properties in surimi processing[J]. Modern Food Science and Technology, 2006, 23(1): 107-110.
- [13] 王锡昌. 鱼糜制品加工技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1997.
- Wang X C. Processing Technology of Surimi Products [M]. Beijing: China Light Industry Press, 1997.
- [14] Mccord A, Smith A B. Heat-gelation properties of salt-soluble muscle proteins as affected by non-meat proteins[J]. Journal of Food Science, 1998, 63(4): 580.
- [15] 丁玉庭, 鲍晓瑾, 刘书来. 鱼糜制品凝胶强度的提高及其影响因素[J]. 浙江工业大学学报, 2007, 35(6): 631-635.
- Ding Y T, Bao X J, Liu S L. Improvement of surimi gel properties and the influencing factors[J]. Journal of Zhejiang University of Technology, 2007, 35(6): 631-635.
- [16] Saeki H. Gel-forming ability and cryostability of frozen surimi processed with CaCl_2 -washing [J]. Fish Science, 1996, 62: 252-256.
- [17] 刘蕾, 洪惠, 宋永令, 等. 不同加热条件对复合鱼糜凝胶特性的影响[J]. 肉类研究, 2010(6): 15-21.
- Liu L, Hong H, Song Y L, et al. Study on gel properties of the composed surimi at different setting conditions[J]. Meat Research, 2010(6): 15-21.
- [18] 刘蕾, 王航, 罗永康, 等. 复合鱼肉肌原纤维蛋白加热过程中理化特性变化的研究[J]. 淡水渔业, 2012, 42(3): 88-91.
- Liu L, Wang H, Luo Y K, et al. Study on the physico-chemical properties of blended fish myofibrillar protein during heat treatment[J]. Freshwater Fisheries, 2012, 42(3): 88-91.

(责任编辑: 陆雁)