

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2021.06.033

酶解马鲛鱼下脚料制备海鲜酱工艺优化

Optimization of enzymatic hydrolysis of Spanish mackerel byproducts for seafood sauce processing

郑瑞生^{1,2} 林雅萍¹ 孙秋琼²

ZHENG Rui-sheng^{1,2} LIN Ya-ping¹ SUN Qiu-qiong²

张冰泉³ 郑宗平¹

ZHANG Bing-quan³ ZHENG Zong-ping¹

(1. 泉州师范学院海洋与食品学院, 福建 泉州 362002; 2. 安记食品股份有限公司, 福建 泉州 362001;
3. 中纺检测[福建]有限公司, 福建 泉州 362002)

(1. College of Chemistry and Life Sciences, Quanzhou Normal University, Quanzhou, Fujian 362002, China; 2. Ankee Foodstuff Co., Ltd., Quanzhou, Fujian 362001, China;
3. Zhongfang Textile & Apparel Testing [Fujian] Co., Ltd., Quanzhou, Fujian 362002, China)

摘要:对马鲛鱼下脚料水提液进行酶解,通过单因素及正交酶解试验,优化了马鲛鱼下脚料的酶解工艺,再利用酶解液制备海鲜调味酱,并与市售海鲜酱的感官品质进行对比分析。结果表明,马鲛鱼下脚料的最佳酶解工艺条件为:中性蛋白酶用量500 U/g,液料比($V_{\text{水}} : m_{\text{下脚料}}$)3 : 1 (mL/g),酶解温度55 °C, pH值7.5,酶解时间5 h,该酶解条件下酶解液中氨基酸态氮的质量浓度高达(0.325 ± 0.004) g/100 mL。制备的海鲜酱与市售海鲜酱的口感相当,产品理化及微生物指标符合相关国家标准要求。

关键词:马鲛鱼;下脚料;中性蛋白酶;酶解;海鲜酱

Abstract: The enzymatic hydrolysis experiments on the water extract of Spanish mackerel byproducts were conducted. Through single factor and orthogonal enzymolysis experiments, the enzymatic hydrolysis process of mackerel byproducts was optimized, and the enzymatic hydrolysate was used to process seafood sauce. The sensory quality between the commercial and the homemade seafood sauces were compared and analyzed. The results show that the best enzymatic hydrolysis technology for Spanish

mackerel byproducts were gained as follow: the amount of neutral protease of 500 U/g, the ratio of liquid to material of 3 : 1, the enzymatic hydrolysis temperature of 55 °C, the pH of 7.5, and the enzymolysis time of 5 h, the amino acid nitrogen of the enzymolysis solution produced under the enzymolysis conditions was as high as (0.325 ± 0.004) g/100 mL. The homemade seafood sauce had reached the taste of commercial seafood sauce. The physicochemical and microbiological indicators of the seafood sauce products met the requirements of relevant national standards.

Keywords: Spanish mackerel; byproducts; neutral protease; enzymatic hydrolysis; seafood sauce

马鲛鱼为暖水性中上层低值鱼,肉质细腻、味道鲜美,具有较高的营养价值^[1]。中国福建马鲛鱼资源丰富,且马鲛鱼加工企业繁多,加工产品有马鲛鱼卷、马鲛鱼羹等。仅福建省惠安县某食品企业马鲛鱼年加工量近1 800 t,加工过程中会产生大量的下脚料(鱼皮、鱼骨、鱼头等),占全鱼总质量的45%~55%。这些下脚料中含有丰富的蛋白质、不饱和脂肪酸、多糖、矿物质、生物活性肽等^[2],目前仅作为制备动物饲料之用^[3],附加值低。

近年来,越来越多的人开始关注马鲛鱼下脚料的综合开发利用,如:萃取鱼油^[4],提取蛋白酶产物中的呈味物质^[5],提取鱼皮胶原蛋白^[6],提取抗氧化肽^[7]等,也有利用马鲛鱼鱼头制备宠物犬饼干^[8],以及快速预测马鲛鱼货架期^[9]的相关报道。但未见利用马鲛鱼下脚料制备海鲜酱的相关研究报道。

基金项目:泉州市“港湾计划”引进高层次人才团队项目(编号:2018CT004);福建省大学生创新创业项目(编号:202010399066);福建省自然科学基金面上项目(编号:2017J0106);福建省科技特派员项目(编号:2019, 2020);泉州市科学技术协会科研课题(编号:D18042);泉州师范学院人才培养经费项目(编号:泉师人[2016]4号)

作者简介:郑瑞生,男,泉州师范学院副教授,博士。

通信作者:郑宗平(1976—),男,泉州师范学院教授,博士。

E-mail: zzpsea@qztc.edu.cn

收稿日期:2020-12-22

海鲜酱是以虾、鱼、贝、藻等海洋生物或其下脚料为原料,经腌制、发酵等工艺制成的一种风味典型、营养丰富的酱类风味调味品。目前中国海鲜酱制品多以传统的自然发酵工艺为主,所制得的海鲜酱制品组织细腻,风味较好,营养丰富。但在生产过程中极易受微生物污染,且生产周期长,品质不稳定^[10]。试验拟以马鲛鱼下脚料为原料,研究不同酶解工艺对提高马鲛鱼下脚料蛋白水解度及氨基酸态氮含量的影响,并利用下脚料酶液制备具有特殊风味的海鲜调味酱,以期为马鲛鱼下脚料的再利用提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

马鲛鱼下脚料:主要为马鲛鱼鱼头、鱼皮、鱼鳍、鱼尾、内脏等,惠安瑞芳食品有限公司;

风味蛋白酶(酶活 12.9 万 U/g)、木瓜蛋白酶(酶活 4.2 万 U/g)、中性蛋白酶(酶活 23.5 万 U/g)、复合蛋白酶(酶活 11.1 万 U/g)、碱性蛋白酶(酶活 22.3 万 U/g):广西庞博生物工程公司;

硫酸铜:分析纯,沈阳新西试剂厂;

氢氧化钠、浓硫酸、硫酸钾、硼酸:分析纯,天津科密欧化学试剂有限公司;

盐酸、甲醛:优级纯,天津科密欧化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

电子天平:BS124S 型,北京赛多利斯仪器系统有限公司;

鼓风干燥箱:BGZ-146 型,上海博迅实业有限公司;

高压灭菌锅:YXQ-LS-70A 型,上海博迅实业有限公司;

自动凯氏定氮仪:K9840 型,济南海能仪器股份有限公司;

均质机:T-18 型,德国 IKA 仪器设备有限公司;

高速打浆机:18 型,邢台裕隆机械厂;

索氏抽提器:SXT-06 型,上海洪记仪器设备有限公司;

精密 pH 计:PHS-3C 型,上海雷磁仪器有限公司。

1.3 马鲛鱼下脚料及酶解液各项指标的检测

1.3.1 水分 按 GB 5009.3—2016 执行。

1.3.2 蛋白质及总氮 按 GB 5009.5—2016 执行。

1.3.3 氨基酸态氮 按 GB 5009.235—2016 执行。

1.3.4 粗脂肪 按 GB 5009.6—2016 执行。

1.3.5 水解度的测定 参照文献[11]。

$$D = \frac{A_N}{T_N} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

D ——水解度, %;

A_N ——酶解液中氨基酸态氮质量浓度, g/100 mL;

T_N ——酶解液中总氮质量浓度, g/100 mL。

1.4 马鲛鱼下脚料酶解工艺研究

1.4.1 工艺流程

马鲛鱼下脚料→除杂→搅碎→调节液料比→酶解→过滤→均质→4℃冷藏备用

1.4.2 操作要点

(1) 马鲛鱼下脚料采集:主要为马鲛鱼鱼头、鱼皮、鱼鳍、鱼尾、内脏等, -20℃隔夜冷冻后装入泡沫保温箱运输至海洋与食品学院实验室, -20℃冻藏备用。

(2) 除杂、搅碎:将马鲛鱼下脚料(鱼皮、鱼头、鱼尾、鱼鳍、内脏)去除杂质,混合放入打浆机中进行绞碎,取出,分装后放入 -20℃冷冻备用。

(3) 酶解:取马鲛鱼下脚料 500 g,设定不同的蛋白酶种类、酶解时间、液料比、温度、pH、加酶量 6 个因素,进行马鲛鱼下脚料的酶解试验。

(4) 过滤:酶解液过 100 目滤筛,去除多余杂质。

(5) 均质:利用 T18 型 IKA 均质机对浓缩酶解液进行处理,每均质 30 s 暂停 5 s,持续 5 min。

1.4.3 酶解工艺优化

(1) 蛋白酶种类对酶解效果的影响:选择风味蛋白酶、中性蛋白酶、木瓜蛋白酶、碱性蛋白酶、复合蛋白酶,在加酶量 2 000 U/g、液料比($V_{\text{水}} : m_{\text{下脚料}}$) 4 : 1 (mL/g)、酶解时间 4 h,以及各自适宜 pH 和温度下进行酶解,以氨基酸态氮含量、感官及使用成本等为评价指标,筛选适宜的蛋白酶。

(2) 液料比对酶解效果的影响:分别设置液料比($V_{\text{水}} : m_{\text{下脚料}}$) 为 1 : 1, 2 : 1, 3 : 1, 4 : 1, 5 : 1 (mL/g),在酶解时间 4 h、加酶量 2 000 U/g、酶解温度 50℃、pH 7.0 条件下进行酶解,以氨基酸态氮含量及水解度为评价指标,筛选适宜的液料比。

(3) 加酶量对酶解效果的影响:分别设置加酶量为 0, 500, 1 000, 1 500, 2 000, 2 500, 3 000 U/g,在酶解时间 4 h、液料比($V_{\text{水}} : m_{\text{下脚料}}$) 4 : 1 (mL/g)、酶解温度 50℃、pH 7.0 条件下进行酶解。以氨基酸态氮含量及水解度为评价指标,筛选适宜的酶添加量。

(4) 酶解温度对酶解效果的影响:分别设置酶解温度为 40, 45, 50, 55, 60℃,在加酶量 2 000 U/g、液料比($V_{\text{水}} : m_{\text{下脚料}}$) 4 : 1 (mL/g)、pH 7.0、酶解时间 4 h 条件下进行酶解,以氨基酸态氮含量及水解度为评价指标,筛选适宜的酶解温度。

(5) 酶解时间对酶解效果的影响:分别设置酶解时间为 1, 2, 3, 4, 5, 6 h,在液料比($V_{\text{水}} : m_{\text{下脚料}}$) 4 : 1 (mL/g)、加酶量 2 000 U/g、酶解温度 50℃、pH 7.0 条件下进行酶解,以氨基酸态氮含量及水解度为评价指标,筛选适宜的酶解时间。

(6) pH 对酶解效果的影响:分别设置 pH 为 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 在液料比 ($V_{\text{水}} : m_{\text{下脚料}}$) 4 : 1 (mL/g)、加酶量 2 000 U/g、酶解温度 50 °C、酶解时间 4 h 条件下,以氨基酸态氮含量及水解度为评价指标,筛选适宜的 pH。

(7) 正交试验:根据单因素试验的结果,选取影响较为显著的液料比、酶解时间、pH 和酶解温度 4 个因素进行 $L_9(3^4)$ 正交试验设计,以氨基酸态氮含量为指标,确定最佳的酶解工艺条件。

1.5 马鲛鱼下脚料酶解液海鲜酱的制备

1.5.1 工艺流程

马鲛鱼下脚料酶解液→调味→加热→均质→排气→装罐→封口→灭菌→冷却→成品检验

1.5.2 操作要点

(1) 原辅料的调味:利用酶解液进一步开发海鲜酱,经过前期调味试验,确定最终配方原辅料添加量为酶解液 80%~85%、盐 5%~8%、糖 2%~3%、咖喱粉 1%~3%、姜汁 1%~2%、老抽 0.5%~1.0%、花椒 0.03%~0.05%、黄原胶 0.5%~1.0%。

(2) 加热:将马鲛鱼下脚料酶解液倒入锅中,依次加入盐、咖喱粉、姜汁、花椒油、料酒、糖与黄原胶混合物,搅拌均匀,加热至 85~100 °C,熬制 5~10 min,使海鲜酱形成黏稠状即可。

(3) 均质:均质压力 0.25 MPa,均质 2 次。

(4) 装罐、密封:将熬制好的海鲜酱趁热灌装,温度控制在 70 °C 以上。

(5) 灭菌、冷却:121 °C 下灭菌 15 min,用自来水冷却至室温,常温贮藏。

1.5.3 感官评价 选择 10 名经专业培训的人员,根据表 1 感官评价标准对海鲜酱产品进行评价^[12]。

1.5.4 理化、微生物及营养指标检测 由福建中纺检测有限公司检测。各项指标进行双平行试验,使用 SPSS 24.0 软件进行正交统计分析、使用 LSD(最小显著法)进行显著性差异分析;利用 Excel 统计软件进行制图。

2 结果与分析

2.1 马鲛鱼下脚料主要营养成分

马鲛鱼下脚料中粗脂肪[(8.26±0.46)%]、蛋白质[(14.46±0.87)%]、氨基酸态氮[(0.515±0.048)%]质量分数较高,水分质量分数为(65.90±0.44)%,具有较高的营养价值和经济价值,可作为海鲜酱的原料进行开发利用。

2.2 马鲛鱼下脚料酶解工艺优化

2.2.1 蛋白酶种类对酶解效果的影响 由表 2 可知,几种蛋白酶对马鲛鱼下脚料进行酶解,氨基酸态氮含量从高到低依次为:风味蛋白酶>中性蛋白酶>复合蛋白酶>碱性蛋白酶>木瓜蛋白酶。感官方面,中性蛋白酶和风味蛋白酶酶解液的腥味较弱,复合蛋白酶、碱性蛋白酶和木瓜蛋白酶的异味较重。成本方面,中性蛋白酶的最低,而酶解效果较好的风味蛋白酶使用成本是中性蛋白酶的 1.82 倍。中性蛋白酶属于内切酶,可水解 Tyr、Phe 等疏水性氨基酸残基的羧基端肽键,有利于其他蛋白

表 1 海鲜酱的感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria for seafood sauce

评分	质地	形态	风味	色泽
8~10	均一,无沉淀,无析水	黏稠较好、呈半流体状态,无颗粒	具有独特的海鲜风味,鲜美适口,无苦涩味,无腥味	黄褐色
6~8	均一,无沉淀和析水,静置 1 个月后有沉淀或析水	黏稠较适中,有轻微颗粒	具有海鲜风味,细腻适口,略微苦涩,略带腥味	红褐色或黄褐色
<6	较均匀,静置 1 个月内出现沉淀或析水	较稀或较稠,颗粒感明显	海鲜风味不明显,不细腻,有腥味或其他不良滋味	色泽暗淡或发黑

表 2 不同蛋白酶的酶解效果

Table 2 Enzymatic hydrolysis effects of different proteases

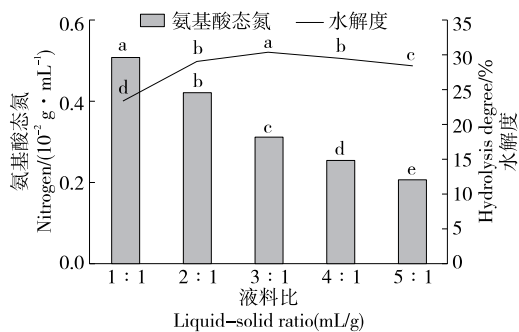
酶的种类	酶解温度/ °C	pH	氨基酸态氮/ (10 ⁻² g · mL ⁻¹)	感官品质	使用成本/ (元 · kg ⁻¹)
中性蛋白酶	50	7.0	0.256±0.040	腥味较弱	1 020
碱性蛋白酶	55	9.0	0.228±0.030	难闻的异味	1 080
复合蛋白酶	50	7.5	0.242±0.040	难闻的异味	2 160
木瓜蛋白酶	55	6.5	0.214±0.010	难闻的异味	5 710
风味蛋白酶	50	7.5	0.301±0.010	腥味较弱	1 860
未加酶(CK)	50	7.5	0.206±0.010	腥味较重	0

酶发挥外切作用,改善产物的口感^[13],广泛应用于动植物蛋白的水解,生产高级调味品和食品营养强化剂等。风味蛋白酶具有内切蛋白酶和外切肽酶两种活性,并能将多肽链的末端和内部的肽键水解,但易受铅、铜、汞、砷等重金属离子和氧化剂的抑制及破坏^[14]。海鱼下脚料中常带有一定铅、汞、砷等重金属,抑制了风味蛋白酶的活性^[15]。而碱性蛋白酶属于一种丝氨酸胞外高碱性蛋白酶,具有较强的分解蛋白质的能力^[16],在一些水产资源上明显具有优越性。但从酶活力角度而言,中性蛋白酶和碱性蛋白酶要远胜于其他几种酶。综合评价氨基酸态氮含量、感官评价、酶活力以及使用成本等指标,最终选用中性蛋白酶用于后期酶解试验。

2.2.2 液料比对酶解效果的影响 如图 1 所示,随着液料比的不断增加,马鲛鱼下脚料酶解液中的氨基酸态氮质量浓度呈下降趋势,且差异达到极显著水平($P < 0.01$)。但水解度却呈先升高后降低趋势,当液料比($V_{水} : m_{下脚料}$)为 3 : 1 (mL/g)时,酶解液的水解度达到最大值(30.43 ± 1.56)%,此时酶与底物反应最为充分。拟选择液料比($V_{水} : m_{下脚料}$)3 : 1 (mL/g)进行后期酶解试验。

2.2.3 加酶量对酶解效果的影响 如图 2 所示,随着加酶量的不断增加,马鲛鱼下脚料酶解液中的氨基酸态氮质量浓度及水解度均呈上升趋势,但添加 500~3 000 U/g 中性蛋白酶的酶解效果差异不显著($P > 0.05$)。这可能是由于马鲛鱼下脚料自身存在一定的内源酶,且底物量固定,添加过多的外源酶并不能明显改善其酶解效果。考虑酶解效果及使用成本,拟选择加酶量 500 U/g 进行后期酶解试验。

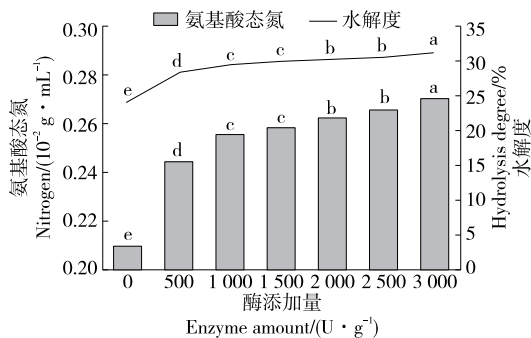
2.2.4 酶解温度对酶解效果的影响 如图 3 所示,随着酶解温度升高,马鲛鱼下脚料酶解液中的氨基酸态氮质量浓度及水解度均呈先上升后下降的趋势,差异达到极显著水平($P < 0.01$)。中性蛋白酶是一种内切酶,最适温度范围在 45~60 °C,最适温度或因作用底物的不同略有



同指标字母不同表示存在显著性差异($P < 0.05$)

图 1 液料比对酶解马鲛鱼下脚料的影响

Figure 1 The effect of different liquid-to-material ratios on the enzymatic hydrolysis of mackerel scraps



同指标字母不同表示存在显著性差异($P < 0.05$)

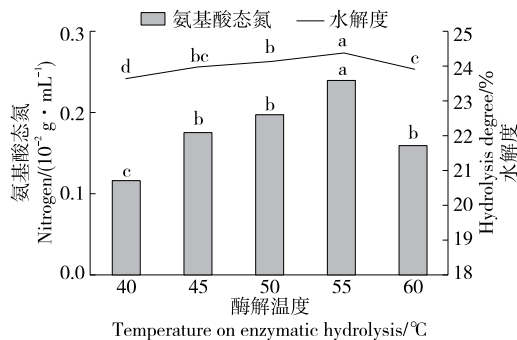
图 2 加酶量对酶解马鲛鱼下脚料的影响

Figure 2 The effects of different enzyme dosage on enzymatic hydrolysis of mackerel scraps

差异。当酶解温度为 55 °C 时,中性蛋白酶作用于马鲛鱼下脚料分解产生的氨基酸态氮量及水解度最高。姜淼等^[17]也研究发现 57 °C 更有利于中性蛋白酶应用于海参调味料的脱腥。因此,拟选择酶解温度 55 °C 进行后期酶解试验。

2.2.5 酶解时间对酶解效果的影响 如图 4 所示,随着酶解时间的不断延长,马鲛鱼下脚料酶解液中的氨基酸态氮质量浓度及水解度也不断增加。当酶解 4 h 时氨基酸态氮质量浓度、水解度分别达到(0.294 ± 0.002) g/100 mL, (33.99 ± 0.29)% 之后趋于平稳,与酶解 5~6 h 差异不显著($P < 0.05$)。这是由于随着酶解时间的延长,酶与底物充分反应,氨基酸态氮质量浓度及水解度增加。但反应时间过长时,底物浓度降低,酶活力下降,导致氨基酸态氮质量浓度及水解度趋于稳定状态。因此,拟选择酶解时间 4 h 进行后期酶解试验。

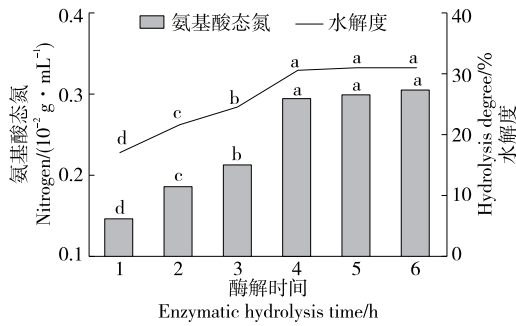
2.2.6 pH 对酶解效果的影响 如图 5 所示,随 pH 升高,马鲛鱼下脚料酶解液中的氨基酸态氮质量浓度及水解度呈先上升后下降趋势,差异达到极显著性($P < 0.01$)。pH 为 7.0 时氨基酸态氮质量浓度及水解度达到



同指标字母不同表示存在显著性差异($P < 0.05$)

图 3 酶解温度对酶解马鲛鱼下脚料的影响

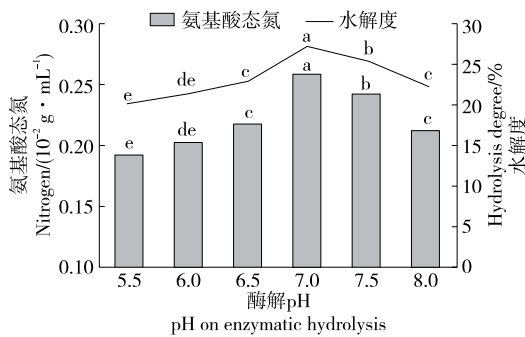
Figure 3 Effect of different temperatures on the enzymatic hydrolysis of mackerel scraps



同指标字母不同表示存在显著性差异 ($P < 0.05$)

图4 酶解时间对酶解马鲛鱼下脚料的影响

Figure 4 The effects of enzymolysis time on enzymatic hydrolysis of mackerel scraps



同指标字母不同表示存在显著性差异 ($P < 0.05$)

图5 pH值对酶解马鲛鱼下脚料的影响

Figure 5 The effect of pH on the enzymatic hydrolysis of mackerel scraps

最高值。由于采用的是中性蛋白酶,其最佳 pH 在 6.0~7.5。因此,选择 pH 7.0 进行后期酶解试验。

2.2.7 正交试验 利用中性蛋白酶,在加酶量 500 U/g 的条件下,选取影响显著的酶解温度、酶解 pH、液料比和酶解时间进行四因素三水平正交试验,正交试验设计及结果见表 3~表 5。

由表 4 可知,酶解的最优组合为 $A_2B_3C_1D_3$,即酶解温度 55 $^{\circ}\text{C}$,pH 7.5,液料比 ($V_{\text{水}} : m_{\text{下脚料}}$) 3 : 1 (mL/g),酶解时间 5 h。通过方差分析(表 5)可知,马鲛鱼下脚料酶解效果影响因素依次为:液料比 > 酶解温度 > pH > 酶解时间,4 个因素对氨基酸态氮含量差异达到极显著水平 ($P < 0.01$)。通过对 $A_2B_3C_1D_3$ 的最优组合进行 3 次重复

表 3 正交试验因素和水平

Table 3 Orthogonal test factors and levels

水平	A 酶解温度/ $^{\circ}\text{C}$	B pH	C 液料比 (mL/g)	D 酶解时间/h
1	50	6.5	3 : 1	3
2	55	7.0	4 : 1	4
3	60	7.5	5 : 1	5

验证实验,结果表明,酶解马鲛鱼下脚料的氨基酸态氮平均质量浓度高达 (0.325 ± 0.004) $\text{g}/100 \text{ mL}$,高于表 4 中的任一组合,表明优选的工艺稳定可行。

2.3 马鲛鱼下脚料酶解液海鲜酱品质分析

2.3.1 感官品质 由 10 名品评人员对市售海鲜酱(对照组)与马鲛鱼下脚料酶解液制备的海鲜酱进行感官评价。对两款产品打乱顺序进行盲评,由品评人员对其进行打分。由表 6 可知,马鲛鱼下脚料酶解液制备的海鲜酱无论从色泽、风味、形态、质地均优于市售海鲜酱,综合感官评分也高于市售海鲜酱,差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。由此可见,自制海鲜酱制品已达到甚至超过市售海鲜酱的口感,符合消费者口味需求。

表 4 酶解工艺条件正交试验设计及极差分析结果

Table 4 Orthogonal experiment design and range analysis results of enzymatic hydrolysis process conditions

试验编号	A	B	C	D	氨基酸态氮/ ($10^{-2} \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$)
1	1	1	1	1	0.226 ± 0.002
2	1	2	2	2	0.218 ± 0.002
3	1	3	3	3	0.198 ± 0.008
4	2	1	2	3	0.251 ± 0.004
5	2	2	3	1	0.204 ± 0.004
6	2	3	1	2	0.303 ± 0.004
7	3	1	3	2	0.162 ± 0.009
8	3	2	1	3	0.295 ± 0.003
9	3	3	2	1	0.231 ± 0.003
K_1	0.643	0.639	0.825	0.662	
K_2	0.758	0.718	0.700	0.684	
K_3	0.688	0.733	0.565	0.744	
R	0.116	0.093	0.260	0.083	

表 5 正交试验设计方差分析表

Table 5 Orthogonal experiment design variance analysis table

方差来源	离均方差和	自由度	方差	F 值	P 值
修正模型	0.049	8	0.006	111.067	< 0.01
截距	1.465	1	1.465	26 376.067	< 0.01
A	0.034	2	0.017	304.467	< 0.01
B	0.004	2	0.002	38.467	< 0.01
C	0.007	2	0.003	58.867	< 0.01
D	0.005	2	0.002	42.467	< 0.01
误差	0.001	18	5.556E-05		
总计	1.516	27			
修正后总计	0.050	26			

表 6 海鲜酱的感官评价[†]

Table 6 Sensory evaluation of seafood sauce

项目	自制海鲜酱	市售鲜酱
色泽	8.30±1.12 ^a	7.30±1.47 ^b
风味	8.10±1.30 ^a	6.80±1.26 ^b
形态	8.10±1.26 ^a	7.00±1.18 ^b
质地	8.40±0.91 ^a	7.10±1.03 ^b
总分	32.83±2.33 ^a	28.20±2.15 ^b

† 同指标字母不同表示存在显著性差异(P<0.05)。

2.3.2 理化、微生物及营养指标 将马鲛鱼下脚料酶解液制备的海鲜酱送第三方机构进行检测,检测结果见表 7~表 9。由表 7~表 9 可知,自制海鲜酱所检测理化及微生物指标均符合国家相关标准^[18]要求。

3 结论

为充分利用马鲛鱼下脚料,减少资源浪费及降低环境污染,利用马鲛鱼下脚料制备海鲜酱。马鲛鱼下脚料的最佳酶解工艺条件为:采用中性蛋白酶,加酶量

表 7 海鲜酱主要理化指标

Table 7 Main physical and chemical indexes of seafood sauce

项目	单位	测定值	标准要求 ^[18]	项目	单位	测定值	标准要求 ^[18]
滋味、气味	/	符合要求	无异味	氨基酸态氮	g/100 g	0.37	/
状态	/	符合要求	无正常视力可见霉斑,无外来异物	苯甲酸及其钠盐(以苯甲酸计)	g/kg	未检出	0.6
可溶性无盐固形物	g/100 mL	6.0	/	山梨酸及其钾盐(以山梨酸计)	g/kg	未检出	1.0
氯化物(以 Cl 计)	%	4.06	/	铅(以 Pb 计)	mg/kg	未检出	1.0
pH	/	5.7	/				

表 8 海鲜酱微生物指标

Table 8 Microbial index of seafood sauce

项目	单位	测定值	采样方案及限量			
			n	c	m	M
菌落总数	CFU/g	<10	5	2	10 ⁴	10 ⁵
大肠菌群	CFU/g	<10	5	2	10	10 ²
沙门氏菌	1/25 g	未检出	5	0	0	/
志贺氏菌	1/25 g	未检出	/	/	/	/
金黄色葡萄球菌	CFU/g	<10	5	2	10 ²	10 ⁴

表 9 海鲜酱营养成分表

Table 9 Nutritional composition of seafood sauce

项目	测定值	营养素参考值(NRV)/%	项目	测定值	营养素参考值(NRV)/%
能量	182 kJ/100 g	2	反式脂肪酸	0.0 g/100 g	/
蛋白质	4.0 g/100 g	7	碳水化合物	2.3 g/100 g	1
脂肪	1.6 g/100 g	3	糖	1.8 g/100 g	/
饱和脂肪酸	0.3 g/100 g	2	膳食纤维	1.9 g/100 g	8

500 U/g,液料比(V_水:m_{下脚料})3:1(mL/g),酶解温度 55℃,pH 值 7.5,酶解时间 5 h。该条件下,酶解液的氨基酸态氮质量浓度高达(0.325±0.004)g/100 mL。以其制备的海鲜酱与市售海鲜酱的感官品质相当。为更加安全有效的利用马鲛鱼下脚料,后续将重点研究下脚料有害物质的检测与去除方法,为马鲛鱼下脚料加工再利用提供安全技术保障。

参考文献

[1] 郑元甲,李建生,张其永,等.中国重要海洋中上层经济鱼类生

物学研究进展[J].水产学报,2014,38(1):149-160.
 [2] 刘东阳.马鲛鱼鱼皮生物活性肽的制备与分离[D].泉州:华侨大学,2017:1-3.
 [3] YE Jing, CAO Xiao-ji, CHENG Zhuo, et al. Rapid determination of parabens in seafood sauces by high-performance liquid chromatography: A practical comparison of core-shell particles and fully porous particles [J]. Journal of Separation of Science, 2015, 38(23): 3 983-4 158.
 [4] 毛丽芳,朱新亮,桑卫国.亚临界流体萃取马鲛鱼加工下脚料中鱼油的研究[J].宁波大学学报(理工版),2012,25(4):10-15.

(下转第 212 页)

(2) 透气度、钠钾比、碳酸镁添加量、酸根类型 4 项参数是影响持灰能力的主要因素, 主次顺序为透气度 > 钠钾比 > 碳酸镁添加量 > 酸根类型。定量、助燃剂量是影响持灰能力的次要因素。

(3) 控制透气度、钠钾比、碳酸镁添加量、酸根类型 4 项参数间的组合(z 值)的情况下, 定量和助燃剂用量与持灰能力间呈显著线性关系, 但影响的方向和程度与 z 值有关, 高 z 值、高定量、高助燃剂量有利于提高持灰能力。

研究了卷烟纸参数对卷烟持灰能力的影响, 并证明了通过卷烟纸参数优化能够明显改善卷烟的持灰能力。但此研究还存在以下不足之处: 研究结论是针对特定规格、特定烟丝和卷制特性的卷烟样品得出的, 考虑到烟丝与卷烟纸间配合的复杂性, 随着上述条件的变化这些结论是否仍然适用需要在不断的实践中加以验证。另外, 随着卷烟纸参数变化卷烟的烟气指标以及其他包灰性能指标也会发生变化, 因此, 实际确定卷烟纸参数的优组合式还应考虑其他指标的要求。

参考文献

- [1] 许艳冉, 王建民, 惠建全, 等. 卷烟包灰及燃烧性能间的关系[J]. 云南化工, 2020, 47(3): 45-49.
- [2] 郑丰, 肖翠琴, 王小平, 等. 卷烟纸特性对卷烟静态包灰性能的影响[J]. 烟草科技, 2020, 53(3): 82-88.
- [3] 许艳冉, 刘舒畅, 穆林, 等. 烟丝和卷烟纸参数对卷烟包灰性能的影响[J]. 烟草科技, 2020, 53(12): 67-74.
- [4] 周非, 曾波, 牛润杰, 等. 卷烟持灰能力测定仪: CN201259499[P]. 2009-06-17.
- [5] 黄启志, 吴雄会, 游志强, 等. 一种卷烟持灰力的测定方法: CN105783647A[P]. 2016-07-20.
- [6] 余婷婷, 詹建波, 程量, 等. 纵向抗张能量吸收对卷烟纸包灰性能的影响[J]. 材料导报, 2017, 31(增刊 1): 384-387.
- [7] 沈靖轩, 孙军, 肖维毅, 等. 助剂对卷烟纸包灰效果的影响[J]. 中华纸业, 2012, 33(14): 23-26.
- [8] 龚淑果, 樊华, 黄溢清, 等. 卷烟纸助燃剂设计对卷烟品质的影响[J]. 纸和造纸, 2011, 30(10): 43-46.
- [9] 李桂珍, 王平军. 卷烟纸添加剂对卷烟包灰性能影响的研究[J]. 造纸化学品, 2011, 23(4): 17-21.
- [10] 冯亚婕, 王建民, 梁森, 等. 基于 ImageJ 的卷烟包灰值定量测定方法优化[J]. 食品与机械, 2018, 34(3): 216-219.
- [11] 楚文娟, 田海英, 彭桂新, 等. 基于卷烟材料参数的细支烟烟气有害成分预测模型[J]. 烟草科技, 2019, 52(9): 46-54.
- [12] 林维宣. 实验设计方法[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 1995: 335-337.
- [13] 成福, 肖洋, 王婷, 等. 均匀设计优化生香酵母产酯发酵工艺[J]. 中国酿造, 2020, 39(12): 91-94.
- [14] 曹巧娜, 白云起, 全其根. 基于均匀设计的蛋酪蛋坯质构优化方案及风味分析[J]. 中国食品学报, 2020, 20(10): 169-179.
- [15] 马胜楠, 王建民, 冯亚婕, 等. 原子吸收法测定烟灰中金属元素含量的前处理方法改进[J]. 轻工学报, 2019, 34(5): 32-39.
- [16] 王丙参, 陈庆美, 魏艳华. 含定性变量回归模型的比较研究[J]. 宁夏师范学院学报, 2019, 40(10): 21-26.
- [17] 李熙, 武珏臣. 含定性变量的回归分析在公安情报预测中的应用[J]. 科技情报开发与经济, 2010, 20(16): 132-134.
- [18] 韩路, 田海英, 楚文娟, 等. 卷烟纸参数对细支卷烟燃烧锥落头倾向的影响[J]. 轻工学报, 2020, 35(1): 79-84, 94.
- [5] LIMA D A S, SANTOS M M F, DUVALE R L F, et al. Technological properties of protein hydrolysate from the cutting byproduct of serra Spanish Mackerel (*Scomberomorus brasiliensis*) [J]. Journal of Food Science and Technology-Mysore, 2020, DOI: 10.1007/s13197-020-04797-5.
- [6] 朱航, 戴聪杰. 响应面优化马鲛鱼鱼皮胶原蛋白的提取工艺[J]. 食品安全导刊, 2019(31): 64-67.
- [7] 彭新颜, 孟婉静, 周夕冉, 等. 蓝点马鲛鱼皮抗氧化肽段对熟肉糜脂肪和蛋白氧化抑制作用的研究[J]. 水产学报, 2015, 39(11): 1730-1741.
- [8] 薛雅茹. 马鲛鱼鱼头制备宠物犬饼干工艺[J]. 黎明职业大学学报, 2020(1): 74-79.
- [9] 邢家溧, 徐晓蓉, 承海, 等. 冷链条件下马鲛鱼优势腐败菌生长动力学研究及货架期预测[J]. 食品与机械, 2020, 36(3): 154-160.
- [10] 于靖, 杨锡洪, 梁晨, 等. 嗜盐微生物对发酵海鲜调味品风味影响研究进展[J]. 食品与机械, 2020, 36(6): 203-207, 234.
- [11] 陶美洁, 孟粉, 董焱, 等. 贻贝蒸煮液酶解工艺的优化[J]. 中国食品学报, 2020, 20(12): 209-220.
- [12] 马一平, 劳金娣, 李锐. 假蒻风味海鲜酱制作工艺研究[J]. 中国调味品, 2018, 43(7): 110-113.
- [13] 张丽丽, 章玉萍, 陈明, 等. 中性条件下 2 种酶解方法提取蚕蛹蛋白的比较研究[J]. 农学学报, 2016, 6(5): 69-72.
- [14] GUO Shu, WANG Jiao, HE Chuan-bo, et al. Preparation and antioxidant activities of polysaccharides obtained from abalone viscera by combination of enzymolysis and multiple separation methods[J]. Journal of Food Science, 2020, 85(12): 4260-4270.
- [15] 倪明龙, 周航, 罗立津. 广东省内珠江口海域深海鱼重金属富集特征及食用安全性评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(22): 7798-7805.
- [16] IBRAHIM Abdelnasser S S, ELBADAWI Yahya B, EL-TONI Ahmed M, et al. Stabilization and improved properties of *Salipaludibacillus agaradhaerens* alkaline protease by immobilization onto double mesoporous core-shell nanospheres[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2021, 166: 557-566.
- [17] 姜森, 李欣怡, 宋志远, 等. 酶法联合 Plastein 反应制备海参肠调味料[J]. 中国调味品, 2020, 45(4): 107-114.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 水产调味品: GB 10133—2014[S]. 北京: 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 2014: 1-2.

(上接第 206 页)