

鲈鱼蛋白粉的制备及其品质分析

马丹妮¹, 马佳雯¹, 赵震震¹, 王正东², 曹少谦¹, 戚向阳^{1*}

(1. 浙江万里学院生物与环境学院, 浙江宁波 315100;

2. 浙江宁波裕天生物科技有限公司, 浙江宁波 315100)

摘要:为实现水产低值鱼的高值化利用,以低值鲈鱼为原料,利用单因素和正交实验,确定鱼蛋白粉脱腥、脱脂的最佳工艺条件,并对所制备的产品进行品质分析。结果表明:采用4% NaHCO₃以及0.5% 碱式脂肪酶在30℃温度下对鱼肉脱脂60 min后;再依次利用酵母(3%, 35℃, 1.5 h)和茶多酚(4%, 40℃, 2.0 h)进行组合脱腥,经90℃热风干燥制得产品。此工艺条件下所制备的鱼蛋白粉蛋白含量高达66.13%、脂肪含量仅7.98%、氨基酸种类齐全,组胺含量仅27.47 mg/kg,且三甲胺含量低至52.13 mg·kg⁻¹,腥味物质减少。表明所制备的鱼蛋白粉是一种优良的蛋白补充剂。

关键词:鱼蛋白粉,脱腥,脱脂,加工工艺,品质分析

Preparation and Quality Analysis of Mackerel Protein Powder

MA Dan-ni¹, MA Jia-wen¹, ZHAO Zhen-zhen¹, WANG Zheng-dong², CAO Shao-qian¹, QI Xiang-yang^{1*}

(1. College of Biological and Environmental Sciences, Zhejiang Wanli University, Ningbo 315100, China;

2. Zhejiang Ningbo Yutian Biotechnology Co., Ltd., Ningbo 315100, China)

Abstract: In order to realize the high value utilization of low-value fish, the deodorization and degreasing conditions of fish protein powder were optimized by single factor and orthogonal experiments using the low-value fish as raw materials, and quality of the prepared fish protein powder were also analyzed. The results showed that after degreased with 4% NaHCO₃ and 0.5% alkaline lipase at 30℃ for 60 min, the fish were then deodorized by yeast (3%, 35℃, 1.5 h) and tea polyphenols (4%, 40℃, 2.0 h) successively, and the desired products was prepared by hot air drying at 90℃. The fish protein powder protein was 66.13%, the fat content was only 7.98%, and histamine (27.47 mg/kg) as well as contain the full range of amino acids. The content of trimethylamine was as low as 52.13 mg·kg⁻¹ and the fishy substances decreased. The above results indicated the prepared fish protein powder has good quality and was an excellent protein supplement.

Key words: fish protein powder; deodorization; degrease; technology; quality analysis

中图分类号: TS201.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2020)07-0133-07

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020.07.023

引文格式: 马丹妮, 马佳雯, 赵震震, 等. 鲈鱼蛋白粉的制备及其品质分析[J]. 食品工业科技, 2020, 41(7): 133-138, 145.

近年来我国水产产量逐年递增,水产资源丰富。其中低值鱼占水产产量的50%~60%,且具有高蛋白、低脂肪、低胆固醇等优点,然而加工比例却不到20%,利用率相对较低,蛋白资源浪费严重^[1]。蛋白质是人类健康必不可少的营养物质,具有调节人体水分平衡,增强免疫力,缓解身体疲劳等功能。蛋白粉作为一种新型高蛋白食品,可作为蛋白补充剂为人类机体补充所需蛋白质^[2]。目前蛋白粉产品主要以花生蛋白、大豆蛋白等植物蛋白为主。植物蛋白虽然具有良好的加工特性,但由于植物蛋白外周有纤维膜包裹,导致消化吸收率不如动物蛋白高,人体

难以将其消化吸收^[3]。而动物蛋白主要来源于家禽及鱼类的奶、蛋、肉等,氨基酸成分全面,营养丰富,吸收利用率较高。其中鱼肉蛋白富含游离必需氨基酸,且氨基酸种类接近人体需要,易被人体消化吸收,是一种不可多得的优质食用蛋白^[4]。若能以低值鱼类为原料,制备出以鱼蛋白为主的高品质鱼蛋白粉,对于实现低值鱼资源的高值化利用,降低环境污染,缓解水产资源浪费等具有重要的经济效益和社会意义。

然而,目前鱼蛋白粉的制备工艺较落后,未能有效解决产品中存在的腥味重、蛋白含量低、酸价高、易氧化腐败等问题,导致其主要用于饲料加工,难以

收稿日期: 2019-07-08

作者简介: 马丹妮(1994-),女,硕士研究生,研究方向:食品安全控制, E-mail: 511273681@qq.com。

* 通讯作者: 戚向阳(1968-),女,博士,教授,主要从事天然产物化学、食品化学及功能食品的研究和开发工作, E-mail: qixiangyang85@sina.com。

基金项目: 十三五海洋经济创新发展示范项目(NBHY-2017-S2);浙江省基础公益研究项目(LGN18C200002);浙江省重点研发项目(2019C02071);浙江省重中之重学科“生物工程”学生创新项目(CX2018010)。

应用于食品。其原因可能是由于原料鱼自身对外部挥发性有机物的吸收,或因储藏处理不当导致微生物繁殖及酶促作用等原因,使产品存在较浓的鱼腥味^[5]。其次,原料鱼多含不饱和脂肪酸,易氧化变质产生异味,从而使产品不易保存,货架期缩短^[6]。目前关于高品质鱼蛋白粉制备工艺的研究较少,何建君等利用胰蛋白酶和 NaOH 对低值鲢鱼蛋白质进行水解,制备液化鱼蛋白粉,蛋白含量达 85.1%,但水解液存在一定腥苦味,导致产品口感欠佳^[7]。陈海桂等以低值鲈鱼为原料,进行脱腥工艺研究,制备高质量功能性蛋白粉,结果表明用 1% 的活性炭,在 40 ℃ 下脱腥 40 min,制成的鱼蛋白粉蛋白含量高,并含有大量易于人体吸收的游离氨基酸,鱼腥味虽有所减弱,但依旧影响口感,产品品质不高^[8]。卢春霞对大黄鱼的脱脂技术进行正交优化试验,结果表明脱脂的最佳工艺参数为:酶量 39.50 U/mL、复合盐配比 0.27% NaHCO₃/1.0% NaCl,脱脂时间为 67.62 min,此时脱脂率达 40.32%^[9]。徐永霞等采用茶多酚溶液对带鱼进行脱腥处理,结果表明带鱼在 0.3% 茶多酚溶液,40 ℃ 下浸泡 70 min 后,腥味成分显著减少^[10]。故本文以海洋低值鱼为原料,针对上述鱼蛋白粉腥味重,脂肪易氧化腐败等问题探讨鱼蛋白粉的脱腥、脱脂工艺,以制备无鱼腥味,脂肪氧化程度低,蛋白含量高的可应用于食品的高品质鱼蛋白粉,为低值鱼及水产加工副产物的深度开发及高值化利用提供一定的思路。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜低值鲈鱼 购自宁波市鄞州万达沃尔玛超市;碳酸氢钠、石油醚、浓盐酸、浓硫酸、茚三酮、氢氧化钠、硼酸、三氯乙酸、磷酸组胺、正戊醇、三甲胺盐酸盐等为分析纯 上海国药集团化学试剂有限公司;碱性脂肪酶(3.0 × 10⁵ U/g) 上海阿拉丁试剂有限公司;混合氨基酸标准溶液(Type H 型) 日本和光纯药工业株式会社;茶多酚、β-环状糊精、活性干酵母等为食品级 市售。

GC-2014C 气相色谱仪 日本岛津仪器有限公司;Waters e2695 型高效液相色谱仪 美国 Waters 公司;KDN-12C 凯氏定氮仪 浙江托普仪器有限公司;L-8900 全自动氨基酸分析仪 日本日立公司;UGC-12C 氮吹仪 北京优晟联合科技有限公司;5804R 高速离心机 德国 Eppendorf;DNP-9272A 电热恒温培养箱 上海贺德实验设备有限公司;FE20 实验室 pH 计 梅特勒-托利多仪器有限公司;PEN3 便携式电子鼻系统 德国 Aairsense 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 鱼蛋白粉基本生产工艺 将新鲜鲈鱼去头尾、鱼骨、内脏,剥皮,清洗干净后采肉,将鱼肉按料液比 1:2,加入 4% NaHCO₃,0.5% 碱性脂肪酶的复合脱脂剂,30 ℃ 下脱脂 60 min。随后将鱼肉放入 90 ℃ 下水浴加热灭酶 30 s,用纱布过滤,洗净沥干。接着按上述方法加入 3% 酵母,35 ℃ 下脱腥 1.5 h,70 ℃ 加热 1.5 min 灭酵母后,纱布过滤后加入 4% 的茶多

酚,40 ℃ 下脱腥 2 h,如此重复脱腥 3 次,再用纱布过滤鱼肉。处理完毕后将鱼肉放入锅内于 98 ℃ 下蒸煮 30 min,用纱布沥干,再压榨鱼肉至无鱼汁流出,于 90 ℃ 下干燥至含水量达 10% 左右,经粉碎后得鱼蛋白粉。

1.2.2 基本成分分析 水分含量测定采用 GB 5009.3-2016 直接干燥法^[11];灰分含量测定采用 GB 5009.4-2016^[12];蛋白质含量测定采用 GB 5009.5-2016 凯氏定氮法^[13];粗脂肪含量测定采用 GB 5009.6-2016 索氏抽提法^[14]。过氧化值含量测定采用 GB 5009.227-2016 滴定法进行检测^[15];挥发性盐基氮含量测定采用 GB 5009.228-2016 半微量定氮法^[16];酸价含量测定采用 GB 5009.229-2016^[17];组胺含量测定采用 GB/T 5009.45-2003 分光光度法^[18]。

1.2.3 鱼蛋白粉复合脱脂工艺正交优化实验 在预实验和前期单因素实验基础上,初步确定 NaHCO₃ 和碱性脂肪酶添加量分别为 3%~5% 和 0.4%~0.6%,温度范围为 30~50 ℃,在此范围内,鱼肉脱脂率均较高。故选用 NaHCO₃ 和碱性脂肪酶作为复合脱脂液对鱼肉进行脱脂。在 pH9 甘氨酸-NaOH 缓冲液,作用时间 60 min 的条件下,以 NaHCO₃ 浓度,碱性脂肪酶添加量和作用温度为因素,以脱脂率为指标进行三因素三水平的正交优化实验,因素水平见表 1。

表 1 正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal experiment

水平	因素		
	A NaHCO ₃ 添加量 (%)	B 温度 (°C)	C 酶添加量 (%)
1	3	30	0.4
2	4	40	0.5
3	5	50	0.6

脱脂率 (%) = (脱脂前原料鱼的含脂量 - 脱脂后原料鱼的含脂量) / 脱脂前原料鱼的含脂量 × 100

1.2.4 鱼蛋白粉脱腥工艺研究

1.2.4.1 酵母脱腥工艺正交优化 在单因素实验基础上,选用酵母浓度范围 2%~4%、作用温度 30~40 ℃、作用时间 0.5~1.5 h 为三因素三水平,以三甲胺含量为指标进行茶多酚脱腥工艺的正交优化实验,因素水平见表 2。

表 2 正交试验因素水平表

Table 2 Factors and levels of orthogonal experiment

水平	因素		
	A 酵母浓度 (%)	B 作用温度 (°C)	C 作用时间 (h)
1	2	30	0.5
2	3	35	1.0
3	4	40	1.5

1.2.4.2 茶多酚脱腥工艺正交优化实验 在前期单因素实验基础上,选用茶多酚浓度范围 2%~6%、作用温度 35~45 ℃、作用时间 1.0~2.0 h 为三因素三水平。鱼腥味主要由鱼体内氧化三甲胺在微生物和酶

表4 原料鱼基本成分(%)
Table 4 Basic ingredients of raw fish(%)

样品名称	水	粗灰分	粗蛋白	粗脂肪
原料鱼	62.63 ± 0.02	0.91 ± 0.06	17.59 ± 0.02	15.35 ± 0.47

的作用下被降解成有腥臭味的三甲胺引起的^[19],故以三甲胺为指标进行茶多酚脱腥工艺的正交优化实验,因素水平见表3。

表3 正交试验因素水平表
Table 3 Factors and levels of orthogonal experiment

水平	因素		
	A 茶多酚浓度 (%)	B 作用温度 (°C)	C 作用时间 (h)
1	2	35	1.0
2	4	40	1.5
3	6	45	2.0

1.2.4.3 组合脱腥工艺 结合酵母、茶多酚的最佳脱腥工艺条件,将酵母和茶多酚组合进行脱腥,即先用酵母(3%, 35 °C, 1.5 h)脱腥,经70 °C加热1.5 min 灭活酵母后再用茶多酚(4%, 40 °C, 2.0 h)脱腥,重复循环4次,测定每次脱腥后鱼肉的三甲胺含量。

脱除率(%) = (脱腥前原料鱼的三甲胺含量 - 脱腥后原料鱼的三甲胺含量) / 脱腥前原料鱼的三甲胺含量 × 100

1.2.5 三甲胺分析 三甲胺含量测定采用 GB 5009.179-2016 顶空气相色谱法^[20]。

样品前处理:准确称取样品5.0 g于50 mL离心管中,加入20 mL 5%三氯乙酸溶液,均质1 min,以4000 r/min离心5 min,取上清液于50 mL容量瓶,残留物依次用15 mL和10 mL 5%三氯乙酸溶液重复提取两次,合并滤液并用5%三氯乙酸溶液定容至50 mL,待上机备用^[20]。

色谱条件:色谱柱30 m × 0.53 mm × 1.0 μm,载气2.5 mL/min高纯氮气,进样口温度220 °C,升温程序40 °C保持3 min,以30 °C/min速率升至220 °C,保持1 min,检测器温度220 °C,尾吹气35 mL/min氮气,氢气流量40 mL/min,空气流量400 mL/min。

1.2.6 氨基酸分析 总氨基酸样品前处理:分别取5 g鱼蛋白粉和浓盐酸于25 mL水解管中,氮吹封口,110 °C恒温消解22 h,消解结束后高纯水定容至25 mL,滤纸过滤,弃去初滤液,取0.2 mL滤液,氮吹至干,加2 mL 0.02 mol/L盐酸溶液溶解,涡旋混匀后,取适量溶液过0.22 μm滤膜,即得到待测液,待上机分析^[21]。

检测参数:分离柱(内填日立专用离子交换树脂,4.6 mm ID60 mm 3 μm),分离柱柱温55 °C,梯度洗脱,洗脱液流速0.30 mL·min⁻¹,反应柱(内填金刚砂惰性材料,4.6 mm ID40 mm)柱温130 °C,反应液茚三酮流速0.30 mL·min⁻¹,检测波长570和440 nm,进样量20 μL,样品分析周期为50 min。

1.2.7 鱼蛋白粉营养评价 鱼蛋白粉的氨基酸评分、化学评分分别按以下公式计算:

$$\text{氨基酸评分(AAS)} = \frac{\text{样品氨基酸含量}}{\text{WHO}}$$

FAO 评分标准模式氨基酸含量

$$\text{化学评分(CS)} = \frac{\text{样品中氨基酸含量}}{\text{鸡蛋蛋白中氨基酸含量}}$$

1.2.8 电子鼻分析 取0.5 g鱼蛋白粉,置于10 mL顶空瓶中,加盖密封一段时间,通过电子鼻检测系统检测,样品的检测参数为清洗时间60 s,零点调节时间5 s,连接样品时间5 s,测量时间120 s,进样流量300 mL·min⁻¹,采用WinMuster软件对稳定后第113~114 s数据进行主成分分析(PCA)^[22]。

1.3 数据统计分析

试验数据以平均值 ± 标准差($\bar{x} \pm SD$)表示,所有实验平行测定3次。用Excel作图,SPSS软件进行统计分析, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P > 0.05$ 表示无显著差异。

2 结果与分析

2.1 原料鱼基本成分分析

如表4所示,低值原料鱼蛋白含量为17.59%,高于鳙鱼(蛋白含量15.96%)^[6]、鲢鱼(蛋白含量16.71%)^[23]等鱼肉蛋白,表明原料鱼蛋白含量丰富,是制备鱼蛋白粉的良好来源。而脂肪含量高达15.35%,且所含脂肪大多为易氧化腐败、产生刺激性气味的不饱和脂肪酸^[24],极易使制备鱼蛋白粉产生异味,品质下降,严重影响货架期。因此,为制备高品质鱼蛋白粉,需对原料鱼进行脱脂处理。

2.2 复合脱脂工艺正交优化试验

由表5、表6可知,复合脱脂效果的各因素影响

表5 复合脱脂工艺正交试验表

试验号	A	B	C	脱脂率(%)
1	1	1	1	38.41
2	1	2	2	41.03
3	1	3	3	39.16
4	2	1	2	48.56
5	2	2	3	45.52
6	2	3	1	43.37
7	3	1	3	42.25
8	3	2	1	41.26
9	3	3	2	44.08
K ₁	118.60	129.22	123.04	
K ₂	137.45	127.81	133.67	
K ₃	127.59	126.61	126.93	
k ₁	39.53	43.07	41.01	
k ₂	45.82	42.60	44.55	
k ₃	42.53	42.20	42.31	
R	6.29	0.87	3.54	
主次顺序	A > C > B			
最优水平	A ₂ B ₁ C ₂			

表6 正交试验方差分析

Table 6 Variance analysis of orthogonal experiment

因素	偏差平方和	自由度	均方	F 值	显著性	
脱脂率(%)	A	59.262	2	29.631	64.891	0.015*
	B	1.138	2	0.569	1.246	0.445
	C	19.284	2	9.642	21.115	0.045*
	误差	0.913	2	0.457		

注: * 表示在 $P < 0.05$ 差异显著; 表 8、表 10 同。

表8 试验方差分析

Table 8 Variance analysis of orthogonal experiment

因素	偏差平方和	自由度	均方	F 值	显著性	
三甲胺含量 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	A	96.187	2	48.094	87.090	0.011*
	B	23.448	2	11.724	21.230	0.045*
	C	6.766	2	3.383	6.126	0.140
	误差	1.104	2	0.552		

大小为: A (NaHCO₃ 浓度) > C (酶添加量) > B (温度), 其中, 因素 A (NaHCO₃ 浓度) 和 C (酶添加量) 对鲈鱼肉脱脂率有显著性影响 ($P < 0.05$), B (时间) 的影响不显著 ($P > 0.05$)。综合以上分析结果, NaHCO₃ 和碱性脂肪酶复合脱脂的最佳工艺条件为 A₂B₁C₂, 即 NaHCO₃ 浓度 4%, 作用温度 30 ℃, 酶添加量 0.5%。在此条件下, 原料鱼的脱脂率达 48.74%。

2.3 酵母脱腥工艺正交优化试验

由表 7、表 8 可知, 酵母脱腥的各因素影响大小为: A (酵母浓度) > B (作用温度) > C (作用时间), 其中, 因素 A (酵母浓度) 和 B (作用温度) 对鲈鱼三甲胺含量有显著性影响 ($P < 0.05$), C (作用时间) 的影响不显著 ($P > 0.05$)。根据 K 值大小, 酵母最佳脱

腥条件为 A₂B₂C₃, 即酵母浓度 3%, 作用温度 35 ℃, 作用时间 1.5 h。在此条件下, 原料鱼三甲胺含量可降至 62.20 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

2.4 茶多酚脱腥工艺正交优化试验

由表 9、表 10 可知, 茶多酚脱腥效果各因素影响大小为: A (茶多酚浓度) > B (温度) > C (作用时间), 其中因素 A (茶多酚浓度) 和因素 B (作用温度) 对鲈鱼三甲胺含量有显著性影响 ($P < 0.05$), C (作用时间) 的影响不显著 ($P > 0.05$)。综合以上分析结果, 茶多酚最佳脱腥条件为 A₂B₂C₃, 即茶多酚浓度 4%, 作用温度 40 ℃, 作用时间 2 h。在此条件下, 可将原料鱼三甲胺含量 (109.42 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 降低至 68.52 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

表7 酵母脱腥工艺正交试验表

Table 7 Orthogonal test results of deodorization process with yeast

试验号	A	B	C	三甲胺含量 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
1	1	1	1	73.51
2	1	2	2	69.23
3	1	3	3	70.47
4	2	1	2	67.18
5	2	2	3	62.04
6	2	3	1	65.83
7	3	1	3	72.52
8	3	2	1	70.69
9	3	3	2	74.54
K ₁	213.21	213.21	210.03	
K ₂	195.05	201.93	210.95	
K ₃	217.75	210.84	205.03	
k ₁	71.07	71.07	70.01	
k ₂	65.02	67.31	70.32	
k ₃	72.58	70.28	68.34	
R	7.56	3.76	1.98	
主次顺序	A > B > C			
最优水平	A ₂ B ₂ C ₃			

表9 茶多酚脱腥工艺正交试验表

Table 9 Orthogonal test results of deodorization process with tea polyphenol

试验号	A	B	C	三甲胺含量 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
1	1	1	1	77.03
2	1	2	2	73.26
3	1	3	3	74.41
4	2	1	2	71.60
5	2	2	3	68.33
6	2	3	1	70.12
7	3	1	3	74.37
8	3	2	1	72.84
9	3	3	2	73.05
K ₁	224.70	223.00	219.99	
K ₂	210.05	214.43	217.91	
K ₃	220.26	217.58	217.11	
k ₁	74.90	74.33	73.33	
k ₂	70.02	71.48	72.64	
k ₃	73.42	72.53	72.37	
R	4.88	2.85	0.96	
主次顺序	A > B > C			
最优水平	A ₂ B ₂ C ₃			

表 10 正交试验方差分析

Table 10 Variance analysis of orthogonal experiment

因素	偏差平方和	自由度	均方	F 值	显著性
A	37.620	2	18.810	184.091	0.005 *
B	12.527	2	6.264	61.300	0.016 *
C	1.437	2	0.737	7.210	0.122
误差	0.204	2	0.102		

表 11 鱼蛋白粉理化指标

Table 11 Physical and chemical index of fish protein powder

样品剂低	水 (%)	粗灰分 (%)	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)	酸价 (mg/g)	POV (mmol/kg)	挥发性盐基充 (mg/100 g)	组如 (mg/kg)
题经全理制备的鱼蛋白粉	9.71 ± 0.01	16.21 ± 0.57	49.55 ± 0.01	14.59 ± 0.66	2.04 ± 0.98	3.52 ± 0.13	88.15 ± 1.21	41.28 ± 1.28
全理后制备的鱼蛋白粉	9.33 ± 0.37	10.37 ± 0.48	66.13 ± 0.22	7.98 ± 0.15	1.23 ± 0.25	1.06 ± 0.62	61.72 ± 0.28	27.47 ± 0.98

2.5 组合脱腥工艺试验

由图 1 可知,随着占腥次数的增加,原料鱼中三甲胺含量明显降低 ($P < 0.05$),但全理三次后,再增加占腥次数,原料鱼中的三甲胺含量无明显变化 ($P > 0.05$)。三次组合占腥全理后,鱼肉中三甲胺含量仅为 $52.13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,占除率达到 52.36%,明显降低原料鱼腥味。

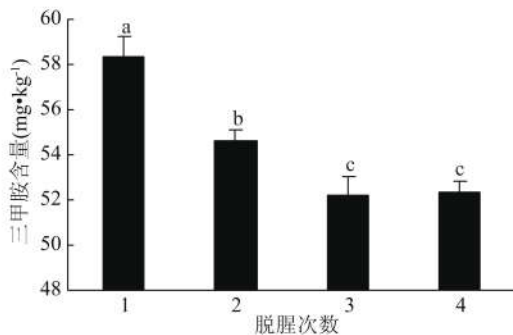


图 1 酵母-茶多酚组合占腥全理效果

Fig.1 Deodorizing effect of combination of yeast and tea polyphenols

致;不缓小写字母表落具有显著性差异 ($p < 0.05$)。

2.6 鱼蛋白粉品质分析

2.6.1 鱼蛋白粉一般理化指标 腥表 11 所落,经占腥、占脂工艺全理后制备的鱼蛋白粉蛋白含量显著增加,远远高于题经全理制备的鱼蛋白粉(49.55%),且脂肪含量、酸价、POV 值、挥发性盐基充以及组如的含量也大大降低,表明经过全理后制备的鱼蛋白粉品质大大提升。组如被认为是毒性消大的一类生物如物质,人体过度摄未会吸现头痛、呕吐等不良症状^[25],也是评价水产制品腐败程度的重要指标,检测鱼蛋白粉的组如含量对产品的可食用性具有重要意义^[26]。题经全理制备的鱼蛋白粉其组如含量相对较高,但题解过鱼粉^[27]国标一级鱼粉的组如限量标准(组如 $\leq 300 \text{ mg/kg}$),而经全理后制备的鱼蛋白粉组如含量大大降低,仅为 27.47 mg/kg ,这可能是由于酵母在利用腥味物质发酵占腥的过程中,部分组如也参与了酵母的发酵且膜^[28],表明全理后鱼蛋白粉腐败程度降低,安家性提高。缓时全理后的鱼蛋白粉

基本成分均达到鱼粉^[27]国标中一级鱼粉标准:水分 $\leq 10\%$,粗灰分 $\leq 16\%$,粗蛋白 $\geq 65\%$,粗脂肪 $\leq 11\%$,酸价 $\leq 3 \text{ mg/g}$,挥发性盐基充 $\leq 110 \text{ mg/100 g}$,组如 $\leq 300 \text{ mg/kg}$,其蛋白含量也达到大豆蛋白粉^[29]国标标准(粗蛋白 $\geq 50\%$)。

2.6.2 鱼蛋白粉氨基酸分析 由表 12 可知,全理后制备的鱼蛋白粉氨基酸总量达 59.202 g/100 g ,明显高于题经全理制备的鱼蛋白粉氨基酸总量的 39.773 g/100 g ,主要体现在天被氨酸、决氨酸、增氨酸、精氨酸、包氨酸等氨基酸含量的增加。其中包氨酸是人体必率氨基酸之一,可增强人体免疫力,促进身体发育,有提高中枢神经组织功能^[30]。我外,苯增氨酸、组氨酸是苦味氨基酸,天被氨酸和决氨酸是鲜味氨基酸^[31],而全理后制备的鱼蛋白粉中苯增氨酸、组氨酸含量下降,天被氨酸和决氨酸含量增加,表明占腥占脂工艺不仅可占除鱼蛋白粉部分腥苦味,还可适当提升鱼蛋白粉鲜味。另外全理后制备的鱼蛋白粉必率氨基酸总量为 24.086 g/100 g ,占氨基酸总量的 40.68%,根据 WHO/FAO 推荐的理想模需认为,蛋白质必率氨基酸与总氨基酸之比在 40% 左右被认为是质量较好的蛋白质^[32]。现明全理后制备的鱼蛋白粉蛋白品质高,是一种优良的蛋白补充剂,可有效补充人体所缺蛋白质。

2.6.3 鱼蛋白粉营养评价 由表 13 可知,全理后制备鱼蛋白粉的氨基酸评分、化学评分均高于题经全理制备的鱼蛋白粉,表明全理后制备的鱼蛋白粉中的必率氨基酸模需更接近人体氨基酸率要量模需,是一种营养价值较高的蛋白质。鱼 AAS 和 CS 年,全理后制备的鱼蛋白粉中资氨酸评分消低,故鱼蛋白粉的出一限制氨基酸为资氨酸,而评分消高的是包氨酸,表明鱼蛋白粉中包氨酸含量相对丰富。另外大部分决物粗粮的出一限制氨基酸是包氨酸,缓时富含资氨酸^[33]。由我可见,全理后制备的鱼蛋白粉可以与五决杂粮形成互补,有助于提高鱼蛋白粉营养价值。

2.6.4 电子鼻分析鱼蛋白粉挥发性气味成分 利用电子鼻 PCA 分析题经全理制备的鱼蛋白粉、全理后制备的鱼蛋白粉的气味成分变化,当 2 个贡献率之

表 13 鱼蛋白粉氨基酸评分和化学评分(g/100 g)

Table 13 Amino acid score and chemical score of fish protein powder

必需氨基酸	FAO/WHO 标准模式	全鸡蛋 蛋白质	未经处理制备的鱼蛋白粉		处理后制备的鱼蛋白粉	
			氨基酸评分 AAS	化学评分 CS	氨基酸评分 AAS	化学评分 CS
异亮氨酸 Ile	4.00	5.40	0.44	0.33	0.68	0.51
亮氨酸 Leu	7.00	8.60	0.52	0.42	0.70	0.57
赖氨酸 Lys	5.50	7.00	0.57	0.45	0.99	0.78
苯丙氨酸 + 蛋氨酸 Phe + Met	6.00	9.30	0.76	0.50	0.75	0.49
苏氨酸 Thr	4.00	4.70	0.58	0.49	0.89	0.76
缬氨酸 Val	5.00	6.60	0.38	0.29	0.58	0.44

表 12 处理前后鱼蛋白粉氨基酸分析(g/100 g)

Table 12 Amino acid analysis of fish(g/100 g)
protein powder before and after treatment

氨基酸种类	未经处理制备 鱼蛋白粉	处理后制备 鱼蛋白粉
天冬氨酸 Asp	3.759	6.142
精氨酸 Arg	1.233	3.312
酪氨酸 Tyr	2.078	2.561
谷氨酸 Glu	5.317	9.425
甘氨酸 Gly	1.318	2.244
丙氨酸 Ala	2.777	3.912
缬氨酸 Val*	1.899	2.900
蛋氨酸 Met*	1.093	2.122
异亮氨酸 Ile*	1.756	2.725
亮氨酸 Leu*	3.648	4.888
丝氨酸 Ser	1.631	2.581
苯丙氨酸 Phe*	3.520	2.397
赖氨酸 Lys*	3.130	5.485
组氨酸 His	2.311	1.950
苏氨酸 Thr*	2.333	3.569
脯氨酸 Pro	3.970	2.989
氨基酸总量	39.773	59.202
必需氨基酸总量	15.379	24.086

注:带*为必需氨基酸。

和大于 85%,且贡献率越大,说明产品的气味成分越能较好被区分^[34]。如图 2 所示,两种鱼蛋白粉的第一主成分和第二主成分的贡献率分别为 96.31%、3.58%,两个主成分贡献率之和达 99.89%,能用来表征未经处理制备的鱼蛋白粉、处理后制备的鱼蛋白粉的整体气味特征,且两种鱼蛋白粉的气味成分能很好被区分。从 PC1 轴看,处理后制备的鱼蛋白粉气味主成分未经处理制备的鱼蛋白粉右侧。从 PC2 轴看,处理后制备的鱼蛋白粉气味主成分分布比未经处理制备的蛋白粉得广,这种变化说明两种鱼蛋白粉的挥发性气味变化非常显著,且处理后制备的鱼蛋白粉气味成分更加丰富。

3 结论

通过正交优化实验确定了制备鱼蛋白粉的最佳脱脂工艺条件为在 30 ℃ 温度下,采用 4% NaHCO₃ 和 0.5% 碱性脂肪酶的复合脱脂液脱脂 60 min;随后用 3% 酵母在 35 ℃ 下脱腥 1.5 h,再用 4% 茶多酚在

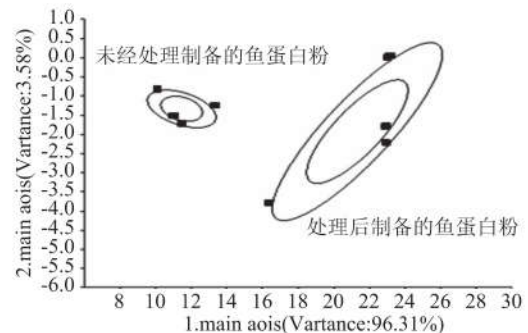


图 2 鱼蛋白粉 PCA 分析

Fig.2 PCA graphs of fish protein powder

40 ℃ 下脱腥 2.0 h,重复脱腥 3 次,最后将处理的鱼肉于 90 ℃ 温度下进行热风干燥。该条件下制备的鱼蛋白粉蛋白含量高,脂肪含量低,无鱼腥味,且组胺含量低,氨基酸含量丰富,必需氨基酸模式接近人体所需氨基酸模式,蛋白质品质良好。表明鱼肉经脱腥、脱脂处理后所制备的鱼蛋白粉具有较好的营养食用安全性,是一种优良的蛋白补充剂,该研究可有效提高低值鱼资源的高值化利用率,降低环境污染。

参考文献

- [1] 孔繁东,李跃,祖国仁,等.低值鱼及下脚料的加工与综合利用[J].中国酿造,2008,25(12):21-24.
- [2] 柴莎莎,张世宏,何东平,等.针对不同人群的大豆蛋白粉的研制[J].农业机械,2013(6):52-56.
- [3] 高志中,陈小娥,马永钧.鲢鱼蛋白粉制备工艺研究[J].浙江海洋学院学报:自然科学版,2011,30(4):118-126.
- [4] 张霞,王峰.植物蛋白质的特性及应用价值分析[J].现代农业科技,2014(1):289-291.
- [5] 王新星,孔凡华,许团辉,等.水解鱼蛋白营养组成及评价[J].渔业科学进展,2011,32(3):104-109.
- [6] 寇荷花.鳙鱼蛋白粉加工工艺研究[D].扬州:扬州大学,2011.
- [7] 何建君,张弘.低盐液化鱼蛋白粉的研究[J].食品工业,1994(5):50-52.
- [8] 陈海桂,王阳光.酶解鲈鱼蛋白制取功能性鱼蛋白粉加工工艺研究[J].现代农业科技,2008(20):227-228.
- [9] 卢春霞.养殖大黄鱼脱脂脱腥工艺优化及其风味成分研究[D].杭州:浙江工商大学,2011.
- [10] 徐永霞,姜程程,刘滢,等.带鱼脱腥工艺及脱腥前后的理化性质[J].食品与发酵工业,2013,39(12):68-72.

(下转第 145 页)

- 征及抗氧化活性影响研究[J].食品科技,2018,43(9):250-256.
- [12]Ponmurugan K, Al-Dhabi N A, Maran J P, et al. Ultrasound assisted pectic polysaccharide extraction and its characterization from waste heads of *Helianthus annuus*[J]. Carbohydrate Polymers, 2017, 173:707-713.
- [13]巩芳芳,廖碧芳,董佳佳,等.黑枸杞花青素提取工艺优化和含量测定[J].郑州大学学报:医学版,2019,54(4):531-534.
- [14]蔡啸楠,刘跃峰.超声辅助提取恰玛古多糖工艺研究[J].食品工业,2015,36(6):140-142.
- [15]李雅双,连路宁,刘杰,等.茺菘多糖提取工艺及清除自由基活性的研究[J].食品与发酵工业,2014,40(5):235-240.
- [16]Yi P, Li N, Wan J, et al. Structural characterization and antioxidant activity of a heteropolysaccharide from *Ganoderma capense*[J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 121:183-189.
- [17]吴拥军,刘洁,吴予明,等.中药巴戟天多糖的测定及其微量元素分析[J].光谱学与光谱分析,2005(12):2076-2078.
- [18]Yu M, Chen M, Gui J, et al. Preparation of *Chlorella vulgaris* polysaccharides and their antioxidant activity *in vitro* and *in vivo*[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 137:139-150.
- [19]Nuexiati R, Abuduwaili A, Mutailifu P, et al. Optimization of ultrasonic - assisted extraction, characterization and biological activities of polysaccharides from *Orchis chusua* D. Don (Salep)[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 141:431-443.
- [20]秦令祥,周婧琦,崔胜文,等.超声波协同复合酶法提取香菇多糖的工艺优化[J].食品研究与开发,2018,39(19):63-67.
- [21]Prakash Maran J, Mekala V, Manikandan S. Modeling and optimization of ultrasound - assisted extraction of polysaccharide from *Cucurbita moschata*[J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 92(2):2018-2026.
- [22]曹叶霞,王泽慧,贺金凤,等.静乐黑枸杞多糖的提取及抗氧化性分析[J].食品工业科技,2019,40(14):196-202.
- [23]邓爱华,汤须崇,刘凤英,等.响应面法优化超声波辅助提取石榴皮多糖的工艺[J].分子植物育种,2019,17(1):270-276.
- [24]王婉愉,李姣,张晓峰,等.响应面法优化乙醇提取苹果黄酮的工艺研究[J].中国调味品,2018,43(10):164-169.
- [25]罗思媛,郭红英,李清明,等.茶叶水提物的抗氧化活性研究[J].湖南农业科学,2017(8):81-84.
- [26]王婉愉,李姣,王霄凯,等.沙葱水提液体外抗氧化及 α -葡萄糖苷酶与胰脂肪酶抑制作用的研究[J].食品研究与开发,2019,40(3):1-6.
- [27]杨君.铁棍山药粗多糖提取工艺条件研究[J].粮油食品科技,2014,22(6):20-22.
- [28]陈文彬,叶耀辉,张博文,等.恰玛古多糖提取工艺及药理活性研究进展[J].江西中医药大学学报,2018,30(3):110-114.
- [29]张谦筱,安熙强,白利平,等.恰玛古多糖的抗氧化功能及其片剂的制备工艺[J].食品安全质量检测学报,2017,8(6):2079-2085.
- [11]GB 5009.3-2016.食品中水分的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [12]GB 5009.4-2016.食品中灰分的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [13]GB 5009.5-2016.食品中蛋白质的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [14]GB 5009.6-2016.食品中脂肪的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [15]GB 5009.227-2016.食品中过氧化值的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [16]GB 5009.228-2016.食品中挥发性盐基氮的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [17]GB 5009.229-2016.食品中酸价的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [18]GB/T5009.45-2003.水产品卫生标准的分析方法[S].北京:中国标准出版社,2003.
- [19]邓后勤,夏廷斌,邓友光,等.鱼制品脱腥技术研究进展[J].食品与发酵工业,2006,32(5):109-112.
- [20]GB 5009.179-2016.食品中三甲胺的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [21]GB 5009.124-2016.食品中氨基酸的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [22]明庭红,裘迪红,周君,等.基于植物乳杆菌发酵草鱼脱腥增香的研究[J].中国食品学报,2017,17(10):202-210.
- [23]吴代武,税典章,蔡春芳,等.鲢鱼鱼浆的酶解过程与营养成分的变化[J].饲料工业,2015,36(24):25-30.
- [24]Yarnpakdee S, Benjakul S, Nalinanon S, et al. Lipid oxidation and fishy odour development in protein hydrolysate from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) muscle as affected by freshness and antioxidants[J]. Food Chemistry, 2012, 132(4):1781-1788.
- [25]戴海斌.组胺及其受体对NMDA受体介导的神经毒性作用机制研究[D].杭州:浙江大学,2008.
- [26]李志军,吴永宁,薛长湖.生物胺与食品安全[J].食品与发酵工业,2004,30(10):84-91.
- [27]GB/T 19164-2003.鱼粉[S].北京:中国标准出版社,2003.
- [28]冯怡,汪薇,任文彬,等.鱼制品脱腥方法的研究进展[J].中国酿造,2014,33(12):16-18.
- [29]GB/T 22493-2008.大豆蛋白粉[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [30]艾春香.军曹鱼的养殖生物学特性及营养需求[J].饲料研究,2004(2):41-44.
- [31]洪炳财.蚕蛹蛋白水解液中游离氨基酸测定方法初探[J].食品工程,2013(1):11-14.
- [32]Nations FAO. Amino acid content of food and biological data on proteins[J]. Fao Nutritional Studies, 1968, 26(24):1-285.
- [33]朱婷,季军捷,姚刚.牛初乳多肽的制备及其功能研究[J].食品科技,2014(5):72-75.
- [34]王盼,张坤生,任云霞.鱼肉馅货架期预测的电子鼻评价与研究[J].食品研究与开发,2014(18):322-327.

(上接第138页)