

# 扇贝水解调味粉加工技术工艺优化

杨秀敏, 王 颖\*, 刘亚琼

(河北农业大学食品科技学院, 河北省农产品加工工程技术研究中心, 河北 保定 071001)

**摘 要:** 为充分利用扇贝资源, 提高贝类附加值, 对扇贝水解调味粉加工技术进行工艺优化。以碎贝柱为原料, 利用正交试验设计研究风味蛋白酶(flavourzyme)不同添加量和酶解条件对扇贝水解液氨基酸态氮(amino acid nitrogen, AAN)含量的影响, 运用 Box-Behnken 中心组合试验设计考察不同喷雾干燥参数对扇贝水解调味粉集粉率的影响。结果表明: 风味蛋白酶添加量 1200U/g、料液比 1:4(g/mL)、45℃酶解 5h 条件下, 扇贝水解液 AAN 含量为(1.03 ± 0.01)%, 比同类研究提高了 0.12%~0.74%; 利用 Design-Expert 软件对 Box-Behnken 中心组合试验结果进行分析, 得到回归模型:  $Y = -2867.5825 + 19.5670X_1 + 34.7780X_2 + 779.4000X_3 - 0.0761X_1^2 - 0.2284X_2^2 - 0.0433X_3^2$ 。确定了适宜喷雾干燥参数为进口温度 128.60℃、出口温度 76.15℃、进风量 0.9m<sup>3</sup>/min, 此时集粉率为 64.82%, 扇贝水解调味粉水分含量为 4.09%, 产品的溶解性、色泽及风味良好。

**关键词:** 酶解; 氨基酸态氮; 喷雾干燥; 扇贝水解调味粉

## Optimization of Processing Technology for Scallop Hydrolysate Seasoning Powder

YANG Xiu-min, WANG Jie\*, LIU Ya-qiong

(Agricultural-food Processing and Engineering Technology Research Center of Hebei Province, College of Food Science and Technology, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China)

**Abstract:** In order to make full use of scallop and increase its added value, crushed scallop adductor muscle was processed into scallop hydrolysate seasoning powder by hydrolysis with flavourzyme and subsequent spray drying. The hydrolysis of scallop adductor muscle was optimized by orthogonal array design based on amino acid nitrogen content in its hydrolysate. On the basis of a three-variable, three-level Box-Behnken experimental design, response surface methodology was used to optimize the spray drying conditions of scallop adductor muscle hydrolysate. The power yield of spray drying for scallop adductor muscle hydrolysate ( $Y$ ) was investigated with respect to air inlet temperature ( $X_1$ ), air outlet temperature ( $X_2$ ) and ventilation rate ( $X_3$ ). The optimal hydrolysis conditions were determined as follows: flavourzyme dosage of 1200 U/g and solid-to-liquid of 1:4 (g/mL) for a hydrolysis duration of 5 h at 45 °C and under these conditions, the amino acid nitrogen content in scallop adductor muscle hydrolysate was (1.03 ± 0.01)%, which was increased by 0.12% – 0.74% when compared with previously reported results. A regression model describing the effects of  $X_1$ ,  $X_2$  and  $X_3$  on  $Y$  was obtained as follows:  $Y = -2867.5825 + 19.5670X_1 + 34.7780X_2 + 779.4000X_3 - 0.0761X_1^2 - 0.2284X_2^2 - 0.0433X_3^2$ . The optimal conditions for spray drying of scallop adductor muscle hydrolysate were air inlet temperature 128.60 °C, air outlet temperature 76.15 °C, ventilation rate 0.9 m<sup>3</sup>/min, resulting in a power yield of 64.82%. A product that had a moisture content of 4.09% and was good in solubility, color and flavor was obtained.

**Key words:** enzymatic hydrolysis; amino acid nitrogen; spray drying; scallop hydrolysate seasoning powder

中图分类号: S986.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)14-0016-05

扇贝是我国重要海洋资源之一, 2008 年贝类产量达 1072.5 万吨<sup>[1]</sup>, 主要以鲜食、速冻和干制为主, 将加工中产生碎贝、形状不规则扇贝柱等副产物开发为扇贝水解调味粉将是填补调味料市场空缺和提高扇贝附加值

的一条重要途径。贝类蛋白质含量较高, 但大分子蛋白不易被人体消化吸收, 将其水解为小肽和氨基酸等, 可提高蛋白质消化率和营养价值。Beak 等<sup>[2]</sup>用商品酶对小龙虾加工过程中的副产物进行水解, 制备海鲜调味

收稿日期: 2010-09-20

基金项目: 国家海洋公益性行业科研专项(200805046)

作者简介: 杨秀敏(1983—), 女, 硕士研究生, 研究方向为农产品加工及贮藏工程。E-mail: yangxiumin\_2008@126.com

\* 通信作者: 王颖(1959—), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品加工理论与应用。E-mail: wj591010@163.com

品; Nilsang 等<sup>[3]</sup>利用 Flavourzyme™ 和 Kojizyme™ 水解生产鱼罐头剩余副产物, 喷雾干燥水解液制备鱼粉, 经过 Flavourzyme™ 水解的鱼粉, 苦味降低了 1 mg/m<sup>3</sup>; Chalamaiah 等<sup>[4]</sup>利用碱性蛋白酶和木瓜蛋白酶酶解麦瑞拉鲑鱼的鱼卵, 分别在 50~55℃ 和 60~65℃ 水解 90min, 水解度分别为 62% 和 17.1%; 汪涛等<sup>[5]</sup>利用胰蛋白酶和枯草杆菌中性和蛋白酶复合后与风味蛋白酶分段酶解扇贝边, 氨基酸氮(amino acid nitrogen, AAN)含量为 0.6998%。喷雾干燥技术已广泛应用于海鲜调味料生产。杨苏蓓等<sup>[6]</sup>以贻贝为原料, 粉碎后直接均质和喷雾干燥(进口温度 180~230℃, 出口温度 85~100℃)制备了紫贻贝粉; Abdul-Hamid 等<sup>[7]</sup>评价了不同喷雾干燥条件下(进口/出口温度分别为 150/76℃ 及 180/90℃)黑罗非鱼粉的营养品质, 较高的干燥温度降低了氨基酸含量, 提高了蛋白品质; Bueno-Solano 等<sup>[8]</sup>喷雾干燥(进口/出口温度分别为 180/140℃)酶解液(乳酸菌发酵虾头和虾骨产生)制备了虾粉; 魏玉西等<sup>[7]</sup>用中性蛋白酶、胰蛋白酶和复合蛋白酶 3 种酶组合成 3 对混合酶酶解扇贝裙边, 喷雾干燥酶解液制备氨基酸营养粉(粗蛋白、粗脂肪和总糖含量分别达 82.89%、1.55% 和 6.82%), 但不同喷雾干燥工艺参数对扇贝水解调味粉集粉率影响研究未见报道。进一步研究扇贝水解条件和喷雾干燥条件, 提高产品 AAN 含量和集粉率是生产中急需解决的问题。

本实验以碎贝柱和形状不规则贝柱为原料, 利用正交试验设计研究风味蛋白酶(flavourzyme)不同添加量和酶解条件对 AAN 含量的影响, 运用 Box-Behnken 中心组合试验设计考察了不同喷雾干燥参数对扇贝水解调味粉集粉率的影响, 为提高扇贝水解调味粉 AAN 含量和集粉率提供理论和实验依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料、试剂与仪器

碎贝柱和形状不规则贝柱 秦皇岛海东青食品有限公司; 风味蛋白酶(flavourzyme MG), 实测酶活力 1.8 万 U/g, 该酶是一种由筛选的未经基因改造的米曲霉菌株(*Aspergillus oryzae*)经深层发酵产生的蛋白酶/肽酶复合物, 含有内切蛋白酶和外切蛋白酶两种活性 丹麦 Novo Nordisk 公司; 麦芽糊精(食品级) 鲁州淀粉糖制品有限公司; 乙腈(色谱纯) 上海化学试剂厂; 其他试剂均为分析纯。

1200 系列高效液相色谱仪 美国 Aglient 有限公司; CR-400/410 色彩色差计 柯尼卡美能达(中国)投资有限公司; SD-1000 喷雾干燥机 日本东京理化株式会社; MB35 卤素水分测定仪 奥豪斯国际贸易(上海)有限公司; T6 紫外分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司; KDY-9830 凯氏定氮仪 北京市通润源机电技术有限公司。

### 1.2 方 法

#### 1.2.1 不同蛋白酶用量和酶解条件对氨基酸态氮含量的影响

为了提高扇贝水解调味粉氨基酸态氮含量, 在单因素试验的基础上, 选取加酶量、酶解温度、酶解时间、料液比 4 因素, 每个因素 3 个水平, 用 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交表安排试验, 实验重复 2 次。每处理称取扇贝肉糜 2g 于 100mL 的锥形瓶中, 用磷酸盐缓冲溶液调 pH7.0, 按表 1 所示组合处理。酶解完毕, 煮沸 5min, 冷却至室温, 4500r/min 离心 10min, 取上清液测定 AAN 含量。

#### 1.2.2 不同喷雾干燥参数对扇贝水解调味粉集粉率的影响

根据 Box-Behnken 中心组合试验设计原理及单因素试验结果, 进行 3 因素 3 水平响应面分析试验, 研究喷雾干燥设备进口温度(X<sub>1</sub>)、出口温度(X<sub>2</sub>)和进风量(X<sub>3</sub>)对集粉率的影响, 每处理量取 1.2.2 节正交试验较优组合条件下制备的酶解液 100mL 于 200mL 烧杯中, 加入 2.53g 的麦芽糊精, 用磁力搅拌器搅匀后在水浴锅中加热到 45℃, 喷雾干燥后, 收集扇贝水解调味粉, 测定集粉率。

#### 1.2.3 扇贝水解调味粉理化指标测定

取 1.2.2 节试验较优组合条件下制备的扇贝水解调味粉, 测定氨基酸含量、总糖含量、多糖含量、还原糖含量、灰分、水分含量、堆积密度、溶解性、L\* 值、a\* 值和 b\* 值。

### 1.3 测定指标及其方法

氨基酸态氮含量<sup>[9]</sup>: 中性甲醛滴定法; 酶活力<sup>[10]</sup>: Folin- 酚法; 可溶性固形物含量: 数字折光仪测定; 喷雾干燥集粉率/% = (集粉瓶中粉重 ÷ 喷雾干燥前料液中固形物含量) × 100。

扇贝水解调味粉化学指标测定: 总糖<sup>[11]</sup>: 硫酸苯酚法; 还原糖<sup>[9]</sup>: 直接滴定法; 灰分<sup>[9]</sup>: 550℃ 灼烧法; 水分: 卤素水分测定仪测定; 游离氨基酸含量测定(HPLC 法): 取 100 μL 处理液(扇贝水解调味粉处理: 0.2g 扇贝水解调味粉溶于 10mL 蒸馏水中)于 1mL 离心管中, 加入 pH9.0 碳酸盐缓冲液 200 μL 和 60mol/L 2,4- 二硝基氯苯 50 μL, 于漩涡振荡器上充分混匀后, 放入 90℃ 恒温水浴锅中, 避光反应 1.5h, 反应结束后, 取出冷却至室温, 加入 10% 乙酸溶液 50 μL, 蒸馏水定容至 1mL。振荡混匀后过 0.45 μm 滤膜, 取上 10 μL 上清液进机分析[色谱柱条件: C<sub>18</sub> 烷基柱(250mm × 4.6mm, 5 μm); 流动相 A 为醋酸盐缓冲液(pH5.2)、流动相 B 为纯乙腈; 检测波长: 360nm; 流速: 1mL/min; 进样量: 10 μL; 检测器温度: 40℃]。

扇贝水解调味粉色泽、堆积密度和溶解性测定参照 Siew<sup>[12]</sup>的方法并加以改进。

色泽: 取 3.00g 样品放入透明的样品袋中, 用色差计测定其色泽, 采用  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  表色系统。

堆积密度: 用 10mL 量筒测定 2.00g 扇贝水解调味粉所占体积, 质量体积比即为堆积密度。

溶解性: 用量筒取 50mL 26℃蒸馏水于 100mL 烧杯中, 把烧杯置于恒温磁力搅拌器上并设置温度, 然后将已准确称量的 2.00g 扇贝水解调味粉转入烧杯中, 同时启动恒温磁力搅拌器(交流 220V, 50Hz)1000r/min, 转子大小 1cm × 3cm, 记录扇贝水解调味粉完全溶解所需时间 /s。

#### 1.4 统计分析方法

正交试验数据采用 SPSS 11.5 for Windows 进行统计分析, 差异显著水平为 0.05 和 0.01。采用 Design-Expert 7.1.3 软件对 Box-Behnken 中心组合试验设计的响应面试验数据进行回归分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同蛋白酶用量和酶解条件对氨基酸态氮含量的影响

不同蛋白酶用量和酶解条件对氨基酸态氮含量的影响如表 1 所示。极差分析结果表明,  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  四个因素对 AAN 含量影响依次为  $D > A > B > C$ ; 方差分析结果表明,  $A$ 、 $B$ 、 $D$  对 AAN 含量影响差异显著( $P < 0.05$ ),  $C$  对 AAN 含量影响不显著。为提高酶解液 AAN 含量, 较适宜的组是  $A_2B_2C_3D_1$ , 由于  $C$  对 AAN 含量影响不显著, 选择 5h。在此条件下, 水解液中 AAN 含量为(1.03 ± 0.01)%。

表 1 扇贝水解调味粉氨基酸态氮条件优化正交试验设计与结果  
Table 1 Orthogonal array design and corresponding experimental results

试验号	A 加酶量 / (U/g)	B 酶解温度 /℃	C 酶解时间 /h	D 料液比 (g/mL)	AAN 含量 /%
1	1(700)	1(35)	1(5)	1(1:4)	0.811 ± 0.016
2	1	2(45)	2(6)	2(1:3)	0.876 ± 0.018
3	1	3(55)	3(7)	3(1:2)	0.705 ± 0.018
4	2(1200)	1	2	3	0.755 ± 0.015
5	2	2	3	1	1.031 ± 0.015
6	2	3	1	2	0.819 ± 0.012
7	3(1700)	1	3	2	0.930 ± 0.019
8	3	2	1	3	0.904 ± 0.014
9	3	3	2	1	0.932 ± 0.019
$k_1$	0.797	0.832	0.845	0.925	
$k_2$	0.868	0.937	0.854	0.875	
$k_3$	0.922	0.819	0.889	0.788	
R	0.125	0.118	0.044	0.137	

### 2.2 不同喷雾干燥参数对扇贝水解调味粉集粉率的影响

不同喷雾干燥参数对扇贝水解调味粉集粉率的影响见表 2。将表 2 结果用 Design Expert 进行回归分析, 去除

不显著项, 得到集粉率( $Y$ )与进口温度( $X_1$ )、出口温度( $X_2$ )和进风量( $X_3$ )的回归方程:  $Y = -2867.5825 + 19.5670X_1 + 34.7780X_2 + 779.4000X_3 - 0.0761X_1^2 - 0.2284X_2^2 - 0.0433X_3^2$ 。响应面回归模型的  $P < 0.01$ , 且  $R^2 = 0.9915$ 、调整决定系数  $R^2_{Adj} = 0.9806$ , 该模型拟合程度良好, 自变量与响应值之间线性关系显著。

表 2 喷雾干燥参数对集粉率影响的响应面试验设计方案及结果  
Table 2 Box-Behnken experimental design and corresponding experimental results

试验号	$X_1$ 进口温度 /℃	$X_2$ 出口温度 /℃	$X_3$ 进风量 / (m <sup>3</sup> /min)	扇贝水解调味粉集粉率 /%
1	1(135)	0(75)	1(1)	57.05
2	0(125)	1(80)	-1(0.8)	55.62
3	0	0	0(0.9)	64.01
4	0	1	1	55.32
5	0	0	0	64.73
6	0	0	0	63.32
7	-1(115)	-1(70)	0	40.56
8	0	0	0	63.21
9	-1	0	-1	45.04
10	0	-1	-1	51.02
11	1	1	0	58.16
12	-1	1	0	48.79
13	0	0	0	62.52
14	1	-1	0	53.47
15	1	0	-1	56.73
16	0	-1	1	52.14
17	-1	0	1	47.68

通过多元回归方程得到响应曲面图及等高线图, 见图 1。

由图 1a 三维曲面可知, 当固定进口温度时, 随出口温度升高, 集粉率先升高后降低; 当固定出口温度时, 随进口温度升高, 集粉率先升高后降低。从图 1a 等高线变化趋势图可知, 当进口温度和出口温度分别为 125~130℃ 和 75~80℃ 时集粉率有最大值, 进口温度和出口温度高出一定范围, 集粉率反而下降。

由图 1b 三维曲面可知, 当固定进口温度时, 随进风量增加, 集粉率先升高后降低; 当固定进风量时, 随进口温度升高, 集粉率先升高后降低。从图 1b 等高线变化趋势图可知, 当进口温度为 125~130℃ 及进风量为 0.85~0.95m<sup>3</sup>/min 时, 集粉率存在最大值。

由图 1c 三维曲面图可知, 当固定出口温度时, 随进风量增加, 集粉率先升高后降低; 当固定进风量时, 随出口温度升高, 集粉率先升高后降低。试验范围内, 集粉率存在最大值(曲面峰值)。从图 1c 等高线变化趋势图可知, 出口温度为 75~77.5℃ 及进风量为 0.85~0.95m<sup>3</sup>/min 时, 集粉率最高。

结合数学模型分析, 对  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  求偏导, 得出适宜喷雾干燥参数为进口温度 128.60℃、出口温度 76.15℃、进风量 0.9m<sup>3</sup>/min, 集粉率理论值为 64.82%。

表3 扇贝水解调味粉化学指标及物理特性

Table 3 Physico-chemical characteristics of scallop hydrolysate seasoning powder

指标	化学指标						物理特性				
	氨基酸/(mg/g)	总糖/%	多糖/%	还原糖/%	灰分/%	水分/%	堆积密度/(g/mL)	溶解性/s	L* 值	a* 值	b* 值
测定值	15.12	16.79	12.38	4.41	4.65	4.09	0.44	82	88.80	0	9.26

结合生产实际操作, 由于喷雾干燥设备工作参数有一个波动范围, 进口温度 128~129℃、出口温度 76~77℃、进风量 0.9m<sup>3</sup>/min, 此时集粉率达 64.00%。

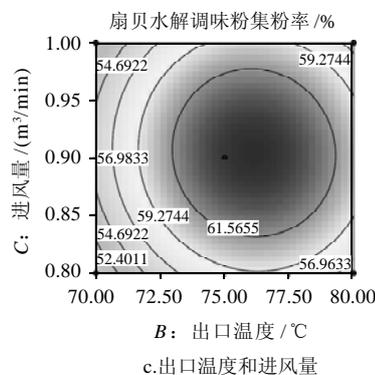
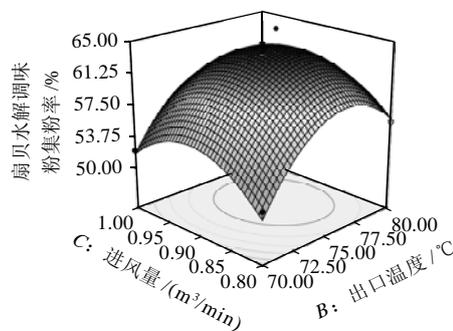
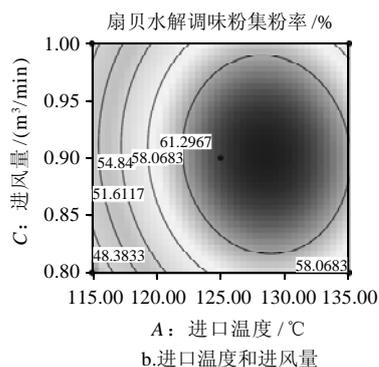
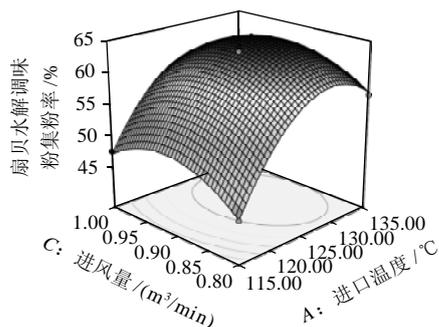
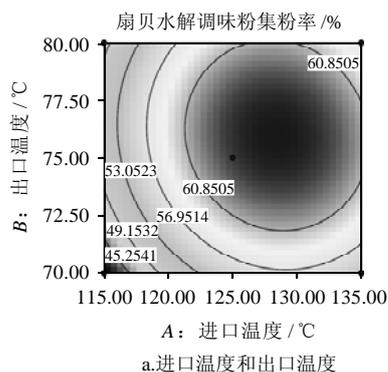
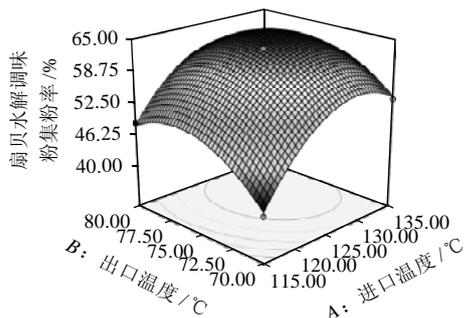


图1 各两因素交互作用对扇贝水解调味粉集粉率的影响

Fig.1 Response surface and contour plots showing the effects of air inlet temperature, air outlet temperature and ventilation rate on scallop hydrolysate seasoning powder yield

### 2.3 扇贝水解调味粉理化指标测定

扇贝水解调味粉的理化指标测定结果见表3。喷雾干燥所得扇贝水解调味粉水分含量适宜, 外观呈微黄色粉末状, 具有贝类应有的风味与滋味, 易溶于水。

### 3 讨论

为提高扇贝附加值, 开发滋味鲜美、营养丰富的海鲜粉, 蛋白酶解是关键技术之一。迟玉森等<sup>[13]</sup>用枯草杆菌 1398 中性蛋白酶水解扇贝边, 研究了不同温度对酶解效果的影响, 温度波动范围小于 3% 时, AAN 含量达 0.90% 左右。纪蓓等<sup>[14]</sup>分别研究了中性蛋白酶、动物蛋白水解复合酶不同加酶量和酶解条件对扇贝边水解效果的影响, 在酶添加量 1500U/g 原料、底物浓度 45% 条件下, 52℃ 酶解 1.5h, 中性蛋白酶水解液的 AAN 含量为 0.2882%, 在酶添加量 3000U/g 原料、底物浓度 30% 条件下, 55℃ 酶解 4h, 动物蛋白水解复合酶水解液的 AAN 含量为 0.3436%。曾庆祝等<sup>[15]</sup>利用二次正交旋转组合研究了利用混合酶(胰蛋白酶和枯草杆菌中性蛋白酶)酶

解扇贝边, 水解液中 AAN 含量为 0.9125%。仅靠添加内切蛋白酶和扇贝原料本身肽链外切酶, 水解程度很低, 风味不好<sup>[16]</sup>, 风味蛋白酶不仅兼具内切酶和外切酶两种活性, 还能降低水解液苦味<sup>[3]</sup>。本实验研究了风味蛋白酶不同添加量和酶解条件对 AAN 含量的影响, 在适宜条件下, 水解液 AAN 含量达(1.03 ± 0.01)%。

为增加扇贝水解调味粉集粉率, 延长贮藏保质期, 有必要考察喷雾干燥设备参数对集粉率的影响。温度是喷雾干燥的干燥介质, 决定扇贝水解调味粉干燥效果及特性, 温度过低, 小雾滴不能被充分蒸发, 水分含量高产品不易保藏, 温度过高, 产品热敏物质损失严重, 营养成分大流失导致集粉率下降。本实验关于温度对集粉率的影响与前人研究结果<sup>[17-18]</sup>基本一致, 并建立数学模型:  $Y = -2867.5825 + 19.5670X_1 + 34.7780X_2 + 779.4000X_3 - 0.0761X_1^2 - 0.2284X_2^2 - 0.0433X_3^2$ , 为工业化生产扇贝水解调味粉提供了理论参考。

#### 4 结 论

采用正交试验设计研究了风味蛋白酶不同添加量和酶解条件对 AAN 含量的影响, 在料液比 1:4(g/mL)时, 添加风味蛋白酶 1200U/g、45℃酶解 5h, 此条件下 AAN 含量为(1.03 ± 0.01)%, 比同类研究提高了 0.12%~0.74%。

运用 Box-Behnken 中心组合试验设计考察了不同喷雾干燥参数对集粉率的影响, 利用 Design-Expert 软件对结果进行分析, 得到模型:  $Y = -2867.5825 + 19.5670X_1 + 34.7780X_2 + 779.4000X_3 - 0.0761X_1^2 - 0.2284X_2^2 - 0.0433X_3^2$ 。确定了适宜喷雾干燥参数为进口温度 128.60℃、出口温度 76.15℃、进风量 0.9m<sup>3</sup>/min。

开发的扇贝水解调味粉水分含量适宜, 外观呈微黄色粉末状, 具有贝类应有的风味与滋味, 主要成分为氨基酸和糖类物质, 含水率 4.09%。

#### 参 考 文 献:

[1] 国家统计局. 2009年中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2009.

- [2] BEAK H H, CADWALLADER K R. Enzymatic hydrolysis of crayfish processing by-products[J]. Journal of Food Science, 1995, 60(5): 929-935.
- [3] NILSANG S, LERTSIRI S, SUPHANTHARIKA M, et al. Optimization of enzymatic hydrolysis of fish soluble concentrate by commercial proteases[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 70(4): 571-578.
- [4] CHALAMAIAH M, NARSING R G, RAO D G., et al. Protein hydrolysates from meriga (*Cirrhinus mrigala*) egg and evaluation of their functional properties[J]. Food Chemistry, 2010, 120(3): 652-657.
- [5] 汪涛, 曾庆祝. 利用贝类废弃物制造水解动物蛋白[J]. 青岛海洋大学学报, 2003, 33(3): 361-365.
- [6] 浙江省中药研究所. 紫贻贝粉的制备方法: 中国, 03103927[P]. 2003-08-27.
- [7] ABDUL-HAMID A, BAKAR J, BEE G H. Nutritional quality of spray dried protein hydrolysate from Black Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) [J]. Food Chemistry, 2002, 78(1): 69-74.
- [8] BUENO-SOLANO C, LPEZ-CERVANTES J, CAMPAS-BAYPOLI O N, et al. Chemical and biological characteristics of protein hydrolysates from fermented shrimp by-products[J]. Food Chemistry, 2009, 112(3): 671-675.
- [9] 大连轻工业学院. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 216-222; 232-234; 98-103; 157-162.
- [10] SB/T 10317—1999 蛋白酶活力测定法[S].
- [11] 刘小燕, 李朝品, 湛孝东. 淡水贝类多糖提取工艺的优选[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(3): 656-657.
- [12] SIEW Y Q, NGAN K C, PETEY S. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders[J]. Chemical Engineering and Processing, 2007, 46(5): 387-392.
- [13] 迟玉森, 庄桂东, 顾军, 等. 扇贝裙边酶解中温度对氨基酸的影响和抑臭工艺的确定[J]. 食品科学, 2004, 25(2): 120-123.
- [14] 纪蓓, 冷鹏飞. 扇贝边酶法水解工艺的优化[J]. 齐齐哈尔大学学报, 2006, 22(6): 27-30.
- [15] 曾庆祝, 汪涛, 叶于明. 扇贝边酶解技术研究[J]. 中国水产科学, 2001, 8(1): 64-69.
- [16] 汪涛, 曾庆祝, 谢智芬. 内肽酶与端肽酶水解扇贝边蛋白质工艺的研究[J]. 大连水产学院学报, 2003, 18(2): 125-129.
- [17] SOUZA C R F, OLIVEIRA W P. Powder properties and system behavior during spray drying of *Bauhinia fornicata* link extract[J]. Drying Technology, 2006, 24(4/6): 735-749.
- [18] SONG T C, SHEIKH A H N, SIEW Y Q, et al. Changes of volatiles attribute in durian pulp during freeze-and spray-drying process[J]. LWT-Food Science and Technology, 2008, 41(10): 1899-1905.