

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.00214

扇贝裙边酶解制备抗氧化肽的实验研究

牛瑞^{1,2}, 孙溢¹, 于建生², 郑媛¹, 王海英¹

1. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071;

2. 青岛科技大学 化工学院, 山东 青岛 266042

摘要: 以扇贝(*Chlamys farreri*)裙边为研究对象, 通过海洋碱性蛋白酶水解获得抗氧化肽。研究酶解温度、pH值、固液比、加酶量、酶解时间对酶解效果的影响。在单因素实验的基础上选取实验因素和水平, 采用 $L_{16}(4^5)$ 正交试验, 根据Box-Behnken设计原理采用三因素三水平的响应面分析法, 对酶解条件进行优化研究。结果表明, 最佳酶解条件为: 固液比 1:3.26(m/V), 加酶量 0.44 % (W/V), 温度 31.20 °C, pH值为 9.0, 酶解时间为 1 h, 羟自由基清除率为 83.78%, 与预测值的相对误差为 0.29%, 理论值与预测值基本一致, 预测模型能较好地反映实际情况。本研究旨在为今后扇贝裙边蛋白的开发利用提供理论依据。[中国水产科学, 2011, 18(1): 214-221]

关键词: 扇贝裙边; 抗氧化肽; 酶解; 响应面分析

中图分类号: Q814

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)01-0214-08

生物酶降解是水产品高值化利用的一个重要途径, 通过酶解过程可以获得很多不同的多肽, 如医用多肽, 包括调节认知多肽、免疫调节多肽、药物载体多肽、诊断多肽和抗原多肽等; 食用多肽, 包括活性多肽谷胱甘肽、大豆肽、高F值寡肽、谷氨酰氨肽等^[1]。这些多肽对于正常的生理过程或病理过程以及疾病的发生、发展及治疗具有重要意义, 在临床上显示了巨大的应用价值。抗氧化肽是其中重要的一种多肽, 它具有清除体内多余自由基, 减轻机体所受损伤, 抗衰老、抗肿瘤、解毒等作用^[2]; 此外, 还具有抗菌、提高免疫力等生理功能, 同时多肽具有极易溶于水、低黏度、抗凝胶形成等特性, 也非常适合在食品和化妆品中使用。因此作为新一代天然抗氧化添加剂, 其开发利用的价值非常广阔。

扇贝裙边含有丰富的蛋白质、脂肪、维生素、微量元素等营养成分, 其营养价值毫不逊色于扇贝柱^[3-5], 可以通过生物酶降解实现高值化利用,

制备出的抗氧化肽具有多种生理活性, 它能够抑制长波紫外线对Hela细胞的氧化损伤^[6]; 减轻胸腺细胞的氧化损伤、抑制胸腺细胞的凋亡^[7]等。

目前, 国内外研究人员已从不同来源蛋白质中提取到各种具有抗氧化活性的肽类物质^[8], 本研究以扇贝裙边为原料, 采用海洋碱性蛋白酶酶解制备抗氧化肽。利用单因素实验和响应面分析法优化了制备扇贝裙边抗氧化肽的酶解条件, 旨在为深入研究抗氧化肽的性质及应用研究提供基础参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

扇贝裙边取自中国水产科学研究院黄海水产研究所所长岛增殖实验站; 海洋碱性蛋白酶 894 由中国水产科学研究院黄海水产研究所酶工程室提供; 番红花红为进口原装; 其他试剂均为国产分析纯。

收稿日期: 2010-02-05; 修订日期: 2010-04-11.

基金项目: 国家 863 计划项目(2007AA09Z441); 国家自然科学基金项目(40706051).

作者简介: 牛瑞(1982-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为海洋活性多肽.

通讯作者: 王海英(1975-), 女, 副研究员, 硕士生导师. 主要研究方向为海洋生物技术. E-mail: wanghy@ysfri.ac.cn

1.2 仪器

FJ-200 高速分散均质机(上海标本模型厂); LKB 2021 数控层析冷柜(瑞典 LKB 公司); 20PR-52D 高速冷冻离心机(日本日立公司); 低温恒温槽(上海恒平仪器厂); 电热恒温振荡水槽(上海森信实验仪器有限公司); 752 型紫外分光光度计(上海第三分析仪器厂)。

1.3 制备方法

参照文献[9-10], 按照下列程序进行:

扇贝裙边→解冻→清洗搅碎→按比例加水匀浆→调最佳 pH 值→按不同温度、pH 值、加酶量、固液比、时间进行酶解→沸水浴灭酶 8 min→冷却后离心 10 000 r/min, 30 min→取上清液→冻干→扇贝裙边多肽。

反应过程中以 0.1 mol/L 的 NaOH 标准溶液使酶解液 pH 值保持在 7.4。

1.4 分析方法

1.4.1 抗氧化肽清除羟自由基能力的测定^[11] 取 0.025 mol/L, pH 值 7.4 的磷酸缓冲液 1 mL, 40 μg/mL 的番红花红 1 mL, 供试药品 0.5 mL, 3%(体

积分数)过氧化氢 1 mL(新鲜配制), 0.945 mmol/L EDTA-Fe(II) 1 mL(新鲜配制), 混合后在 37℃ 水浴中反应 30 min 后在 520 nm 处测定吸收度。空白组以 0.5 mL 蒸馏水代替供试样品, 对照组以 1.5 mL 蒸馏水代替 EDTA-Fe(II) 和供试样品。并按下式计算清除率:

$$\text{清除率}(\eta) = \frac{A_{\text{样品}} - A_{\text{空白}}}{A_{\text{对照}} - A_{\text{空白}}} \times 100\%$$

式中 $A_{\text{样品}}$ 、 $A_{\text{空白}}$ 、 $A_{\text{对照}}$ 分别为样品、空白和对照的吸光值。

1.4.2 蛋白质浓度的测定 采用福林-酚测定法^[12]。

1.5 实验设计

1.5.1 单因素实验 在不同的温度、加酶量(质量分数)、固液比、pH 和酶解时间条件下进行酶解实验, 测定不同条件下的羟自由基清除率, 从而确定合适的温度、加酶量、固液比、pH 和酶解时间。

1.5.2 正交试验 在单因素实验的基础上, 采用 $L_{16}(4^5)$ 正交试验进一步考察温度、pH、加酶量、固液比、时间 5 个因素对酶解产物的羟自由基清除能力的影响, 反应的具体因素、水平如表 1 所示。

表 1 $L_{16}(4^5)$ 正交实验因素水平表
Tab.1 Factors and levels in $L_{16}(4^5)$ orthogonal design

水平 level	温度/temperature	pH	加酶量/% enzyme quantity	固液比 S:L	酶解时间/h enzymolysis time
1	30	8.0	0.1	1:3	0.5
2	40	8.5	0.2	1:4	1
3	45	9.0	0.3	1:5	2
4	50	9.5	0.4	1:6	3

1.5.3 响应面分析法试验设计 在正交实验的基础上, 进一步考察固液比(X_1)、温度(X_2)、加酶量(X_3) 3 个因素对羟自由基清除率的影响, 以羟自由基清除率 Y 为响应值, 采用响应面分析法在三因素三水平上对酶解过程进行优化, 以得到抗氧化活性最高的多肽。实验因素与水平设计见表 2。

1.6 数据统计方法

利用 SPSS 软件和 Design-Expert 7.1.6 Trial 软件分别对正交实验和响应面实验的结果进行统计分析。

表 2 响应面分析的实验因素与水平
Tab.2 Factors and levels of RSM analysis

因素 factor	水平 level		
	-1	0	1
固液比(X_1) S:L	1:2	1:3	1:4
加酶量(X_3)/% enzyme quantity	0.3	0.4	0.5
温度(X_2)/ temperature	20	30	40

2 结果与分析

2.1 酶解条件的确定

在不同的温度、加酶量、固液比、pH、酶解时

间条件下进行酶解实验, 在 30~50℃ 的温度区域内, pH 在 8.0~9.5, 加酶量和固液比分别控制在 0.1%~0.4% 和 1:3~1:6 的范围内, 经过 0.5~3 h 的酶解反应, 羟自由基清除率在 65% 以上, 效果较好。

2.2 正交实验结果

在单因素实验的基础上, $L_{16}(4^5)$ 正交优化实验的结果如表 3, 由极差分析结果可知, 5 个因素的极差由大到小依次为 D、A、C、E、B, 即固液比影响最大, 其次为温度、加酶量, 最后为时间、pH。根据极差大小可知最优组合为 $A_1B_2C_4D_1E_2$, 即温度 30℃, pH 8.5, 加酶量 0.4%, 固液比 1:3, 酶解时间 1 h。在此基础上进行验证实验, 3 组平行实验测得羟自由基清除率分别为 81.38%、81.05%、81.73%, 均值为 81.39%。验证实验所得产物的抗氧化活性和正交优化的结果基本一致。

再利用 SPSS 软件对各因素进行回归分析, 可得到对羟自由基清除率有显著作用的因素, 在分

析过程中, 采用向后剔除法, 结果如表 4、表 5 所示。根据向后剔除法剔除了 B(pH)、E(时间), 其复相关系数 R 为 0.830, 判定系数 R^2 为 0.690。模型经方差分析, $F=8.885$, $P=0.002$, 按 $\alpha=0.05$, 认为羟自由基清除率与 A(温度)、C(加酶量)、D(固液比) 之间有线性关系, 回归方程为 $Y=79.825-2.647X_A+1.998X_C-1.988X_D$, 经 t 检验, P 值分别为 0.004、0.020、0.021, 按 $\alpha=0.10$ 水平, 均有显著意义, 因此对羟自由基清除率有显著影响的 3 个因素分别为固液比, 加酶量, 温度, 分析结果与极差分析结果一致。实验证明, 对多肽抗氧化性的影响因素较多, 因此有必要做进一步的响应面拟合模型, 以便能得出较准确的最佳酶解条件。

2.3 响应面设计与分析

2.3.1 响应面设计 响应面法是从多个变量中寻找最优的试验方法^[13-15]。首先确定对响应值有显著影响的因素, 采用 Box-Behnken 设计法, 对其

表 3 $L_{16}(4^5)$ 正交实验设计与结果
Tab.3 $L_{16}(4^5)$ orthogonal design and results

序号 no.	因素 factor					清除率/% scavenging rate
	A	B	C	D	E	
1	1	1	1	1	1	75.43
2	1	2	2	2	2	82.01
3	1	3	3	3	3	71.53
4	1	4	4	4	4	79.60
5	2	1	2	3	4	71.53
6	2	2	1	4	3	69.69
7	2	3	4	1	2	81.02
8	2	4	3	2	1	77.19
9	3	1	3	4	2	73.94
10	3	2	4	3	1	68.13
11	3	3	1	2	4	68.41
12	3	4	2	1	3	75.49
13	4	1	4	2	3	73.23
14	4	2	3	1	4	75.35
15	4	3	2	4	1	66.57
16	4	4	1	3	2	62.61
T1 均值 T1 average	77.14	73.53	69.04	76.82	71.83	
T2 均值 T2 average	74.86	73.80	73.90	75.21	74.90	
T3 均值 T3 average	71.49	71.88	74.50	68.45	72.49	$T=422.211$
T4 均值 T4 average	69.44	73.72	75.50	72.45	73.72	$n=16$
极差 R	7.70	1.91	6.46	8.37	3.07	

注: A、B、C、D、E 分别表示温度、pH、加酶量、固液比、酶解时间。各因素的水平设置见表 1。

Note: A, B, C, D, E represent temperature, pH, enzyme quantity, S:L, and enzymolysis time, respectively. The levels of each factor are shown in table 1.

表 4 正交实验方差分析表

Tab. 4 ANOVA analysis of orthogonal design results

模型 model	平方和 SS	自由度 df	均方 MS	F	Sig.
回归 regression	299.042	3	99.681	8.885	0.002
残差 residual	134.629	12	11.219	-	-
总离差 total	433.671	15	-	-	-

关键因子进行进一步研究, 以获得扇贝裙边的最佳酶解条件。由正交实验可知, 固液比、加酶量、温度为显著因素, 分别为自变量 X_1 、 X_2 、 X_3 , 羟自由基清除率 Y 为响应值, 分析方案及实验结果如表 6 所示。

根据表 6 数据进行回归分析, 得到羟自由基清除率 Y 对固液比(X_1)、加酶量(X_2)、温度(X_3)的二次多项回归方程为: $Y=82.06-6.41X_1+5.54X_2+2.28X_3-0.13X_1X_2-0.09X_1X_3-0.42X_2X_3-12.32X_1^2-7.19X_2^2-8.91X_3^2$ 。

由表 7 可知, 此回归方程 F 值为 95.57, $P=0.0001$, 说明模型具有高度的显著性。 $P<0.0500$, 表示模型因子具有显著意义, 失拟项不显著($P=0.1053$)。在此回归模型包括 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_1^2 、 X_2^2 、 X_3^2 6 个显著项, 相关系数 R^2 为 99.19%, 说明该方程回归效果显著, 且该模型可以解释羟自

表 5 正交实验回归系数

Tab. 5 Regression coefficients of orthogonal design

模型 model	非标准化系数 unstandardized coefficient		标准化系数 standardized coefficient	t 检验 t test	Sig.
	B	std. error	beta		
常数 constant	79.825	3.349	-	23.832	0.000
A	-2.647	0.749	-0.568	-3.535	0.004
C	1.998	0.749	0.429	2.668	0.020
D	-1.988	0.749	-0.427	-2.654	0.021

注: 羟自由基清除率定义为 Y , 因素A(温度)、C(加酶量)、D(固液比)分别定义为 X_A 、 X_C 、 X_D 。

Note: scavenging rate of hydroxyl radical is Y . Factors A(temperature), C(enzyme quantity) and D(S:L) are X_A , X_C , X_D , respectively.

表 6 响应面分析方案及实验结果

Tab.6 Experiment design and results of response surface methodology

试验号 no.	固液比/% S:L	加酶量/% enzyme quantity	温度/°C temperature	羟自由基清除率/% scavenging rate
1	0	1	-1	70.79
2	0	-1	-1	56.74
3	-1	0	-1	51.56
4	0	-1	1	61.96
5	1	0	1	70.28
6	0	0	0	81.55
7	-1	-1	0	52.11
8	1	0	-1	65.35
9	-1	0	1	56.13
10	0	0	0	81.92
11	0	1	1	74.34
12	1	-1	0	64.05
13	0	0	0	82.02
14	0	0	0	83.7
15	-1	1	0	61.31
16	0	0	0	81.09
17	1	1	0	72.72

注: 6、10、13、14、16 为中心实验, 其余均为析因实验。

Note: 6, 10, 13, 14, 16 are central experiments, and others are factorial experiments.

由基清除率响应值的变化。实验的变异系数 C.V.=2.19%，较低，说明实验的可靠性较高。回归方程中一次项和平方项系数都较大，说明各因子对响应值的影响不是简单的直线关系；而交互项系数较小，说明实验中所选的 3 个因素间交互效应较小。因此可以利用该回归方程确定最佳酶解条件。

根据回归分析结果做出相应的响应曲面图及其等高线图，以确定固液比(X_1)、加酶量(X_2)、温

度(X_3) 3 因素对自由基清除率Y的影响，结果如图 1-6。从图 1-6 分析的立体图可看出，在所选因素水平范围内，响应值有最大值，即 X_1 、 X_2 、 X_3 存在极值点，对方程进行求导，可求得极值点，即 $X_1=0.2586$ ， $X_2=0.3801$ ， $X_3=0.1203$ ，通过数学模型预测最优的酶解条件为：固液比为 1:3.26，加酶量为 0.44%，温度为 31.20℃，羟自由基清除率Y最大值为 84.08%。

表 7 回归模型的方差分析及显著性检验

Tab.7 Results of regression analysis

方差来源 variance source	自由度 df	平方和 SS	均方差 MS	F 值 F value	P
模型 model	9	1937.82	215.31	95.57	0.0001
X_1	1	328.83	328.83	145.95	0.0001
X_2	1	245.31	245.31	108.88	0.0001
X_3	1	41.72	41.72	18.52	0.0036
X_1X_2	1	0.070	0.070	0.031	0.8649
X_1X_3	1	0.032	0.032	0.014	0.9079
X_2X_3	1	0.7	0.7	0.31	0.5953
X_1X_1	1	638.88	638.88	283.57	0.0001
X_2X_2	1	217.70	217.70	96.63	0.0001
X_3X_3	1	334.12	334.12	148.30	0.0001
残差 residual	7	15.77	2.25	-	-
失拟项 lack of fit	3	11.86	3.95	4.04	0.1053
纯误差 pure error	4	3.91	0.98	-	-
总和 total	16	1953.59	-	-	-
决定系数 R-squared				0.9919	
校正系数 adj. R-squared				0.9815	
信噪比 adeq. precision				27.44	
变异系数/% C.V.				2.19	

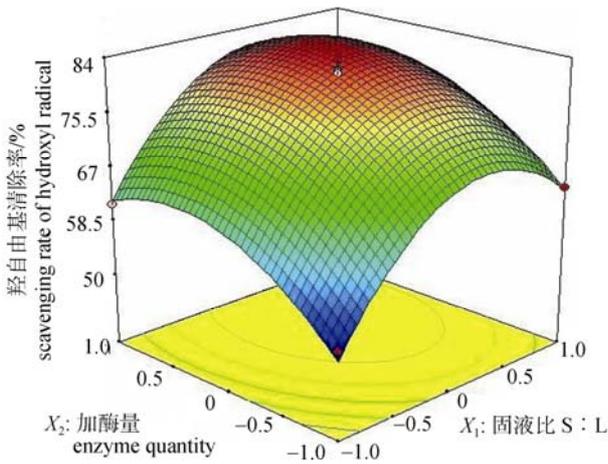


图 1 $Y=f(X_1, X_2)$ 的响应面

Fig.1 Responsive surfaces of $Y=f(X_1, X_2)$

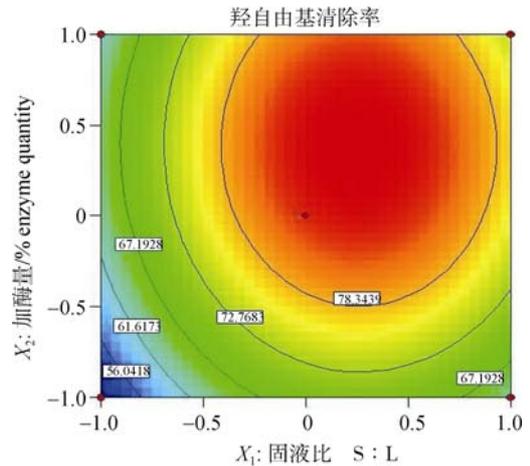


图 2 $Y=f(X_1, X_2)$ 的等高线图

Fig.2 Responsive contours of $Y=f(X_1, X_2)$

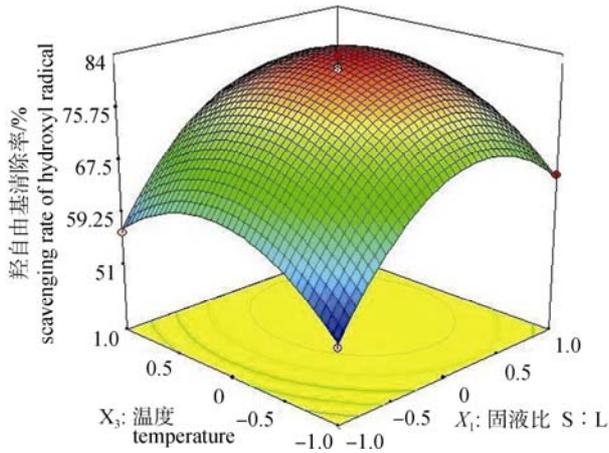


图 3 $Y=f(X_1, X_3)$ 的响应面
Fig.3 Responsive surfaces of $Y=f(X_1, X_3)$

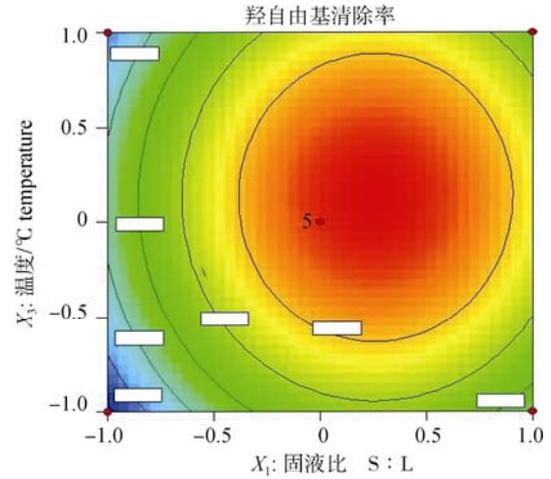


图 4 $Y=f(X_1, X_3)$ 的等高线图
Fig.4 Responsive contours of $Y=f(X_1, X_3)$

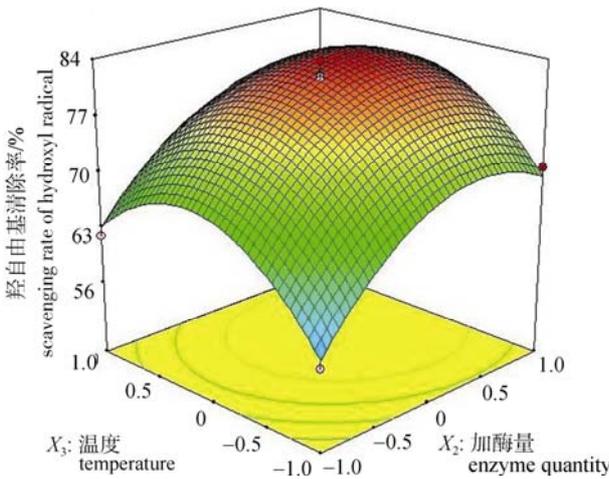


图 5 $Y=f(X_2, X_3)$ 的响应面
Fig.5 Responsive surfaces of $Y=f(X_2, X_3)$

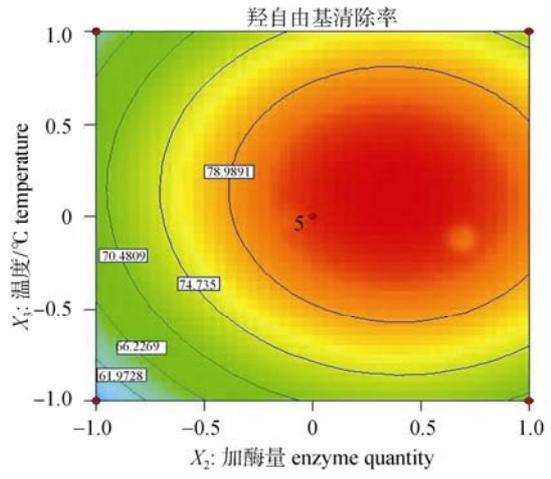


图 6 $Y=f(X_2, X_3)$ 的等高线图
Fig.6 Responsive contours of $Y=f(X_2, X_3)$

2.3.2 验证实验 为了验证模型预测的准确性,在原始条件(pH 8.5, 酶解时间 1 h)和最佳条件(固液比 1:3.26, 加酶量 0.44%, 温度 31.20℃)下,进行酶解试验,重复 3 次,3 次试验的羟自由基清除率平均为 83.78%,与理论预测值相比相对误差为 0.29%,由此可知,预测模型和真实值之间有良好的拟合性,能较好反映酶解过程中羟自由基清除率。

3 讨论与结论

在单因素实验的基础上选取实验因素和水平,采用L₁₆(4⁵)正交试验,根据Box-Behnken设计原

理采用三因素三水平的响应面分析法,对 3 个显著因素温度、加酶量、固液比进行进一步优化,选取合适的取值范围,并对各因素的最佳水平进行了研究,建立了温度、加酶量、固液比与羟自由基清除率之间的数学模型,模型的回归效果显著,能很好地预测羟自由基清除率。优化得到最佳酶解条件为: 温度 31.20 , pH 值 8.5, 加酶量 0.44%, 固液比 1:3.26, 酶解时间 1 h, 在此条件下,实际羟自由基清除率为 83.78%,与模型理论值 84.08%的相对误差为 0.29%。这对海洋贝类的深加工和功能性食品、药品原料的开发都具有重大的意义。

对于以蛋白酶催化的蛋白质水解反应, 温度、溶液的 pH 值、底物浓度、加酶量对反应速率影响很大, 水解程度与反应时间也有极大的关系。而多肽的理化特性也与产物分子大小或水解度、所用蛋白酶特性、母本蛋白物理和化学性能及水解条件与最终产物的组成因子, 如 pH、离子强度、产物类型等因子相关联。本研究选取的海洋碱性蛋白酶 894 来源于海洋环境, 该酶具有作用温度低、最适 pH 为碱性等特点, 在酶解过程中可能会影响蛋白构象及产物肽链结构, 并且可能使海洋生物蛋白的水解特异性增强, 而且能选择性作用于亲水性氨基酸残基肽链的蛋白, 水解产物的乳化性和稳定性远高于普通蛋白酶水解产物。

正交试验设计^[16]是研究多因素多水平试验的 1 种方法, 它是从全面试验中挑选出部分有代表的点进行试验, 具有均匀和整齐的特点。响应面试验设计^[17]能在给出的整个区域上找到因素和响应值之间明确的回归方程, 得到整个区域上因素的最佳组合和响应值的最优值, 具有试验次数少, 周期短, 精度高等特点。因此, 综合正交设计和响应面设计的优点, 将两者结合使用, 为今后实验条件的优化提供了一条新的实验思路。

参考文献:

- [1] 李卫林, 汤克勇, 曹键, 等. 生物活性多肽的应用研究[J]. 粮食加工, 2005(2): 45-47.
- [2] Je J Y, Park P J, Kim S K. Antioxidant activity of a peptide isolated from Alaska pollack (*Theragra chalcogramma*) frame protein hydrolysate[J]. Food Res Int, 2005, 38: 45-50.
- [3] 苏秀榕, 李太武, 丁明进, 等. 扇贝营养成分的研究[J]. 海洋科学, 1997(2): 10-11.
- [4] 张强. 栉孔扇贝柱及扇贝边多肽脂肪酸组成与含量[J]. 中国海洋药物, 1996, 15(3): 28-30.
- [5] 顾谦群. 扇贝糖蛋白的化学组成与抗肿瘤活性的研究[J]. 中国海洋药物, 1998, 17(3): 23-26.
- [6] Yao R Y, Wang C B. Protective effect of polypeptide from chlamys farreri on Hela damaged by ultraviolet[J]. Acta Pharmacol Sin, 2002, 23(10): 1018-1022.
- [7] 车勇良, 孙溢, 欧阳五庆, 等. 扇贝多肽对氧化所致胸腺细胞凋亡的影响[J]. 海洋水产研究, 2004, 25(3): 33-38.
- [8] 包斌, 德力格尔桑, 许勤. 抗氧化肽的研究进展[J]. 内蒙古农业大学学报, 2004, 25(1): 121-124.
- [9] 钱俊青, 单昱东, 廖启元, 等. 海洋野生鱼酶解提取鱼油的工艺分析[J]. 生物工程学报, 2008, 24(6): 1022-1028.
- [10] 粟桂娇, 阎欲晓, 申柯, 等. 酶法制取罗非鱼水解动物蛋白的工艺研究[J]. 食品科学, 2005, 26(4): 177-182.
- [11] 陈学勤. 抗氧化研究实验方法[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 1996: 499-500.
- [12] 杨安钢, 毛积芳, 药立波. 生物化学与分子生物学实验技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 245-247.
- [13] 刘苗苗, 宁尚勇, 崔西勇, 等. 响应面法优化蛹虫草液体培养条件[J]. 中国农学通报, 2008, 24(5): 127-131.
- [14] 熊智强, 徐平, 涂国全, 等. 利用响应面法优化红谷霉菌发酵培养基[J]. 微生物学通报, 2006, 33(4): 5-9.
- [15] 安金双, 王迪, 马士淇, 等. 响应面法优化灰树花中多糖超声波提取工艺的研究[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(6): 11-15.
- [16] 赵选民. 试验设计方法[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 64-65.
- [17] Montgomery D C. 试验设计方法[M]. 王仁官译. 北京: 中国统计出版社, 1998: 591-592.

Preparation of antioxidant peptide from scallop skirt by enzymatic hydrolysis

NIU Rui^{1, 2}, SUN Mi¹, YU Jiansheng², ZHENG Yuan¹, WANG Haiying¹

1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;

2. College of Chemical Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China

Abstract: Scallop(*Chlamys farreri*) skirt was chosen for enzymatic hydrolysis, and the enzymolysis technology of scallop skirt protein were optimized to obtain antioxidant peptide. Effects of temperature, pH, hydrolysis time, enzyme quantity and solid to liquid ratio on protein hydrolyzation were studied. On the basis of single factor test, orthogonal experiment of $L_{16}(4^5)$ was used. Combined with central composite experimental design principle, response surface methodology was used to optimize the technical parameters. The results indicated that the optimal hydrolytic conditions of Response Surface Methodology were: temperature 31.20°C, enzyme quantity 0.44%, solid to liquid ratio 1:3.26, pH 9.0, hydrolysis time 1 h. The maximum scavenging rate of hydroxyl radical was 83.78%. The relative error was 0.29%, and the actual experimental value was basically consistent with the predicted value of the model. The predicted model could reflect actual circumstances well. The results would serve as the theoretical basis for application of scallop skirt. [Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(1): 214–221]

Key words: scallop skirt; antioxidant peptide; enzymatic hydrolysis; RSM

Corresponding author: WANG Haiying. E-mail: wanghy@ysfri.ac.cn

书 讯

由中国水产科学研究院编著的《中国水产科学发展报告(2008–2009)》，于2010年9月由中国农业出版社出版发行。该书总结了近2年我国渔业科技取得的重要成果、最新进展和研究动态，分析和展望了今后国内外渔业科技发展趋势，首次系统全面汇集整理了近2年来国内外重要渔业学术会议和重大活动、渔业领域著名专家、国内各级渔业科研机构和教育机构、国家和省部级重点开放实验室、主要渔业(涉渔)科技期刊名录等渔业科技工作的相关内容。该书共计40余万字，分为我国渔业科技发展综述报告、渔业科技热点问题专题研究报告、重点研究领域科研进展报告、渔业科技重大活动、专家介绍以及附录等6部分内容，并附重要会议、科研成果和研究进展等照片，内容丰富，资料翔实，图文并茂，大开本精装，共288页。

该书为广大水产科技工作者全面了解国内外渔业科技发展动态和阶段性渔业科技进展，提供了内容丰富完整的信息和有价值的文献资料，可供水产科研和管理人员参考。定价98元，直接邮购优惠价75元，另加邮寄费20元，共计95元。购书款请通过邮局汇款，在附言中注明书名，并注明具体邮寄地址和联系方式。

联系人: 方平 地址: 北京市丰台区永定路南青塔150号中国水产科学研究院

邮编: 100141 电话: 010-68693381 Email: fangping@cafs.ac.cn