

# 酶解条件对花生粕水解液的 抗氧化活性影响研究

陈盛楠<sup>1</sup>, 江连洲<sup>1,2,\*</sup>, 李 扬<sup>1,2,\*</sup>, 乔国华<sup>3</sup>, 刘 珊<sup>1</sup>

(1.东北农业大学食品学院, 黑龙江哈尔滨 150030;

2.国家大豆工程技术研究中心, 黑龙江哈尔滨 150030;

3.中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所, 草业饲料研究室, 甘肃兰州 730050)

**摘要:**以花生粕为原料,经Alcalase碱性蛋白酶水解,研究不同加酶量、底物浓度、酶解温度、酶解时间和酶解pH对花生粕水解液抗氧化性的影响。在单因素分析的基础上采用响应面分析方法对花生粕的酶解条件进行优化,以羟基自由基清除能力为考察指标,确定最佳的酶解条件为:加酶量11820U/g,底物浓度为7.52%,酶解温度为43.1℃,酶解时间为3.9h,酶解pH为8.47,羟基自由基清除能力为60.54%,在上述优化后的工艺条件下的验证实验测得羟基自由基清除能力为60.21%。  
**关键词:**花生粕,酶水解,羟基自由基清除能力

## Study on effect of enzymatic conditions on the oxidation resistance of peanut meal hydrolyzate

CHEN Sheng-nan<sup>1</sup>, JIANG Lian-zhou<sup>1,2,\*</sup>, LI Yang<sup>1,2,\*</sup>, QIAO Guo-hua<sup>3</sup>, LIU Shan<sup>1</sup>

(1.Northeast Agricultural University, College of Food Science, Harbin 150030, China;

2.The National Research Center of Soybean Engineering and Technology, Harbin 150030, China;

3.Lanzhou Institute of Animal & Veterinarian Pharmaceutics Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730050, China)

**Abstract:** With the peanut meal as material, Alcalase enzyme was used to hydrolyze peanut meal to prepare antioxidative hydrolyzate. The effect of enzyme dosage, substrate concentration, temperature, time and pH on oxidation resistance of peanut meal hydrolyzate was investigated. Single factor experiments and response surface test were applied to analyze the factors. The contribution rate of factors was as follow: enzyme dosage 11820U/g, substrate concentration 7.52%, temperature 43.1℃, time 3.9h and pH8.47, hydroxyl radical scavenging capacity could reach 60.54%, at this optimization condition validation experiment measured hydroxyl radical scavenging capacity was 60.21%.

**Key words:** peanut meal; enzymatic hydrolysis; hydroxyl radical scavenging capacity

中图分类号: TS214.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2013)06-0177-05

花生蛋白是一种营养价值较高的植物蛋白资源,其营养价值与动物蛋白相近。花生经脱脂后,其蛋白质含量(浸出法)达55%,采用水溶法脱脂的蛋白质含量可达70%以上,且不含胆固醇,花生中含有的优质蛋白质,可消化性高,其有效利用率可达98%,并且几乎包括人体必需的8种氨基酸<sup>[1]</sup>。花生粕作为

压榨花生油的一种副产物,产量大,来源广,价格低,且其中含有30%~50%的花生蛋白质,花生抗氧化活性水解物中含有人体所必需的8种氨基酸,尤其是硫氨酸的含量相当高,总氮量高达14.8%,水解液中的抗氧化物使体内的过氧化氢和过氧化脂质还原,防止体内生成过氧化脂质,具有保护生物膜、守卫生物体的作用;可清除自由基,延缓衰老,具有良好的抗氧化性<sup>[2]</sup>。碱性蛋白酶(内肽酶)酶解花生粕主要产生低分子量蛋白和肽,可以提高蛋白质的功能特性,产生的肽具有易消化吸收和一些蛋白质无法比拟的物理化

收稿日期:2012-09-21 \* 通讯联系人

作者简介:陈盛楠(1987-),女,硕士,研究生,主要从事粮食油脂及植物蛋白加工。

合涂膜保鲜剂对番荔枝的耐藏性影响[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(3):207-212.

[11] 谢建春. 现代香味分析技术及应用[M]. 北京:中国标准出版社, 2008:70-72.

[12] 文福姬, 俞庆善, 阎民燮. 艾叶精油化学成分研究[J]. 香精

香料化妆品, 2007(3):21-23.

[13] 黄致喜, 王慧辰. 萜类香料化学[M]. 北京:中国轻工业出版社, 1999:71-116, 144-174, 252-284, 338-350.

[14] 何冰, 田吉, 刘艳, 等. HPLC测定11种中药挥发油中桉油精的含量[J]. 药物分析杂志, 2012, 32(5):769-771.

学特性,如良好的起泡性、乳化性及抗氧化活性,某些小分子的肽甚至具有特殊的生理活性<sup>[3-4]</sup>。因此,本实验通过研究不同酶解条件来提高花生粕水解液的抗氧化性,为生产花生抗氧化物提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与设备

低温花生粕 水分6.47%,蛋白质53.89%,脂肪20.16%,水溶性膳食纤维1.19%,非水溶性膳食纤维4.51%,灰分5.78%,青岛亮泉植物油有限公司;Alcalase碱性蛋白酶(活力 $1.2 \times 10^5$ U/mL) Novo公司;乙醚、盐酸、NaOH、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、FeCl<sub>3</sub>、EDTA、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、V<sub>C</sub>等均为分析纯。

FA2004电子分析天平 上海舜宇恒平科学仪器有限公司;F2102植物试样粉碎机 天津泰斯特仪器有限公司;pHS-3C酸度计 上海雷磁仪器厂;DZKW-S-4电热恒温水浴箱 北京市用光明医疗器械厂;DU800紫外分光光度计 美国贝克曼库尔特有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 常规指标测定方法 水分的测定:依据GB 5009.3-2010;粗脂肪的测定:依据GB/T 14772-2008;粗蛋白的测定:依据GB 5009.5-2010;膳食纤维的测定:依据GB/T 5009.88-2008;灰分测定:依据GB/T 5505-2008;TCA-NSI测定:依据三氯乙酸(TCA)可溶性氮法(NSD)法。

#### 1.2.2 工艺流程

花生粕→粉碎→过筛→酶→灭酶→离心→滤液  
↓  
抗氧化性测定

1.2.3 羟基自由基(·OH)清除能力的测定 采用D-脱氧核糖-Fe体系法<sup>[5-6]</sup>。吸取0.1mL 5%的酶解物溶液,移入试管中,加0.1mL 1.04mmol/L乙二胺四乙酸(EDTA)溶液、0.1mL 1mmol/L FeCl<sub>3</sub>溶液、0.1mL 2mmol/L V<sub>C</sub>溶液、0.1mL 10mmol/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液、0.1mL 60mmol/L 脱氧核糖(DR)溶液和0.4mL pH7.5 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>-NaOH缓冲溶液。37℃水浴1h,加1mL 25% HCl溶液终止反应,加1mL 1%硫代巴比妥酸(TBA)溶液,100℃水浴15min,冷却后有沉淀,加入1mL正丁醇萃取颜色,然后于532nm波长处测定吸光值。以空白作参比,按式(1)计算。

$$\text{清除率}(\%) = \left[ \frac{A_0 - (A_1 - A_2)}{A_0} \right] \times 100 \quad \text{式(1)}$$

式中:A<sub>0</sub>-不加样品的空白吸光度;A<sub>1</sub>-加入样品和2-脱氧-D-核糖的吸光度;A<sub>2</sub>-样品在体系中吸光度(不加DR)。

#### 1.2.4 单因素实验

1.2.4.1 加酶量对羟基自由基清除能力的影响 底物浓度为10%,酶解时间为4h,酶解温度为45℃,酶解pH为8.0,加酶量分别是6000、8000、10000、12000、14000U/g底物。

1.2.4.2 底物浓度对羟基自由基清除能力的影响 加酶量为12000U/g底物,酶解时间为4h,酶解温度为45℃,酶解pH为8.0,底物浓度分别为4%、6%、8%、10%、12%。

1.2.4.3 酶解时间对羟基自由基清除能力的影响 底

物浓度为8%,酶解温度为45℃,酶解pH为8.0,加酶量为12000U/g底物,酶解时间分别为2、3、4、5、6h。

1.2.4.4 酶解温度对羟基自由基清除能力的影响 底物浓度为8%,酶解时间为4h,酶解pH为8.0,加酶量为12000U/g底物,酶解温度分别为35、40、45、50、55℃。

1.2.4.5 酶解pH对羟基自由基清除能力的影响 底物浓度为8%,酶解时间为4h,加酶量为12000U/g底物,酶解温度为45℃,酶解pH分别为7、7.5、8、8.5、9。

在单因素研究的基础上,选取加酶量、底物浓度、酶解温度、酶解时间、酶解pH 5个因素为自变量,以羟基自由基清除能力为响应值,根据中心组合设计原理,设计响应面分析实验。对实验结果数据采用Design-Expert 8.0.5软件进行分析,其因素水平编码表见表1。

表1 响应面实验因素水平表

水平	A 加酶量 (U/g底物)	B 底物浓度 (%)	C 酶解温度 (°C)	D 酶解时间 (h)	E 酶解pH
-2	11000	6	40	3	7.5
-1	11500	7	42.5	3.5	8
0	12000	8	45	4	8.5
1	12500	9	47.5	4.5	9
2	13000	10	50	5	9.5

## 2 结果与讨论

### 2.1 酶解条件对羟基自由基清除能力的单因素实验

2.1.1 加酶量对羟基自由基清除能力的影响 加酶量对花生粕水解液羟基自由基清除能力的影响如图1所示。由图1可见,随着加酶量的增加,酶解反应的速度加快,但速度增加的幅度逐渐降低。在实际操作中,加酶量太大,会增加成本,因此从节约的角度出发,选择加酶量在11000~13000U/g底物进行研究。

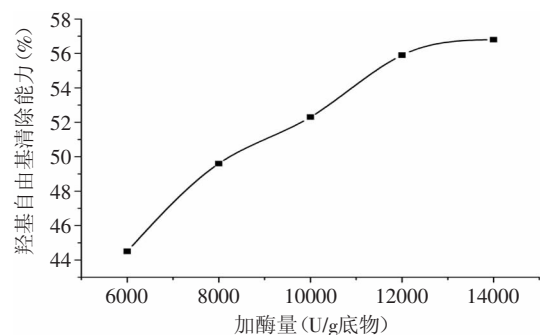


图1 加酶量对羟基自由基清除能力的影响

Fig.1 Effect of the enzyme dosage on the hydroxyl radical scavenging capacity

2.2.2 底物浓度对羟基自由基清除能力的影响 由图2可知,羟基自由基清除能力随着底物浓度的升高,先上升后下降,在8%时达到最高值。这主要是因为低浓度时,溶质流动性好,但酶的浓度低,反应进行的比较慢,在高浓度时,溶质流动性差,酶与底物的接触不充分,限制了反应的进行<sup>[7]</sup>,因此水解程度低,抗氧化性降低。本实验选取底物浓度为6%~10%进行酶解反应条件的研究。

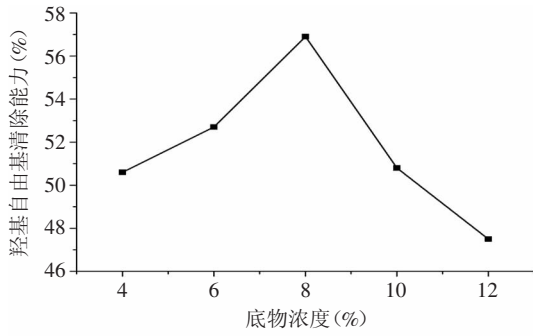


图2 底物浓度对羟基自由基清除能力的影响  
Fig.2 Effect of the substrate concentration on the hydroxyl radical scavenging capacity

2.2.3 酶解时间对羟基自由基清除能力的影响 反应时间对花生粕水解液羟基自由基清除能力的影响见图3。从羟基自由基清除的过程看,碱性蛋白酶水解花生粕符合一般的酶解曲线。前期4h内,对羟基自由基清除能力变化最快,主要是因为刚开始反应酶的活性最高,反应速度最快;随着时间的延长,可参加反应的酶量减少,活性下降,以及酶解产物的抑制作用,反应速度放缓直至蛋白酶完全失活,至5h时反应几乎停顿,表现为水解度不再增加<sup>[8]</sup>,考虑实际情况,酶水解花生粕的时间在3~5h较优。

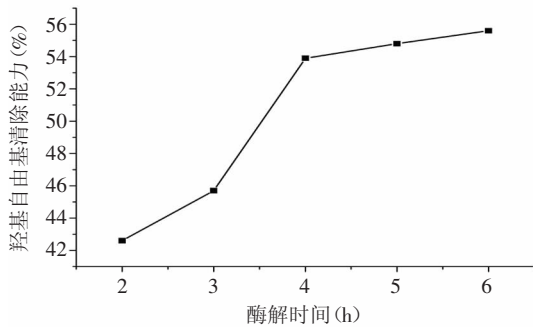


图3 酶解时间对羟基自由基清除能力的影响  
Fig.3 Effect of the enzyme time on the hydroxyl radical scavenging capacity

2.2.4 酶解温度对羟基自由基清除能力的影响 酶解温度对羟基自由基清除能力的影响如图4所示,随着温度的升高,羟基自由基清除能力先增大后减小,在45℃时达到最大值。这是因为酶对温度十分敏感,

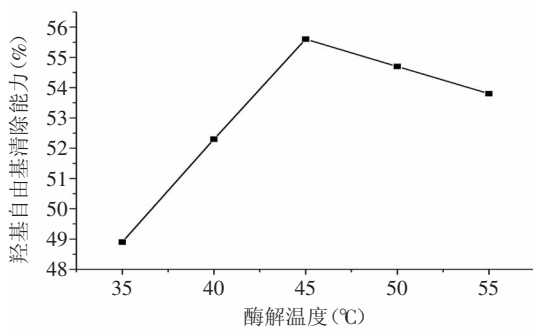


图4 酶解温度对羟基自由基清除能力的影响  
Fig.4 Effect of the temperature on the hydroxyl radical scavenging capacity

当温度过高时会变性失活,温度过低不是酶的最佳反应温度,因此45℃时羟基自由基清除能力有最大值。  
2.2.5 酶解pH对羟基自由基清除能力的影响 酶解pH对羟基自由基清除能力的影响如图5所示,随着pH的增加,羟基自由基清除能力逐渐上升,pH8.5时,

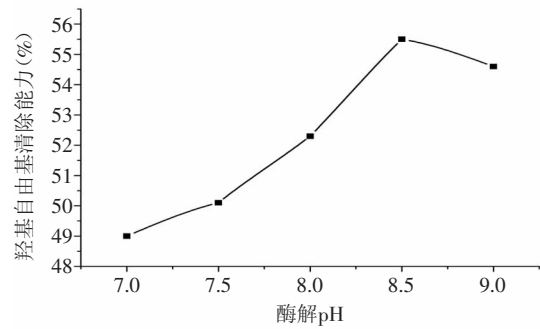


图5 酶解pH对羟基自由基清除能力的影响  
Fig.5 Effect of the pH on the hydroxyl radical scavenging capacity

表2 响应面设计方案和实验结果

Table 2 Results of the response surface design scheme and experimental

实验号	A	B	C	D	E	Y 羟基自由基清除能力 (%)
1	-1	-1	-1	-1	1	53.36
2	1	-1	-1	-1	-1	53.09
3	-1	1	-1	-1	-1	53.31
4	1	1	-1	-1	1	56.82
5	-1	-1	1	-1	-1	55.17
6	1	-1	1	-1	1	58.22
7	-1	1	1	-1	1	56.03
8	1	1	1	-1	-1	55.87
9	-1	-1	-1	1	-1	54.51
10	1	-1	-1	1	1	58.32
11	-1	1	-1	1	1	57.25
12	1	1	-1	1	-1	56.03
13	-1	-1	1	1	1	56.97
14	1	-1	1	1	-1	56.71
15	-1	1	1	1	-1	56.24
16	1	1	1	1	1	58.05
17	-2	0	0	0	0	55.32
18	2	0	0	0	0	58.68
19	0	-2	0	0	0	56.21
20	0	2	0	0	0	56.06
21	0	0	-2	0	0	55.39
22	0	0	2	0	0	57.88
23	0	0	0	-2	0	56.52
24	0	0	0	2	0	60.21
25	0	0	0	0	-2	54.48
26	0	0	0	0	2	56.51
27	0	0	0	0	0	60.35
28	0	0	0	0	0	60.54
29	0	0	0	0	0	59.67
30	0	0	0	0	0	59.93
31	0	0	0	0	0	60.09
32	0	0	0	0	0	59.88

羟基自由基清除能力达到最大,而后下降。在pH低于8.5之前,随着pH升高,pH偏离大豆蛋白的等电点,因而溶解性提高,水解程度高,利于提高水解液的抗氧化性。但pH过高,超过了酶的最适作用范围,酶会变性失活,水解不充分,降低水解液的抗氧化性。此外,过高的pH会使蛋白质形成有毒聚合物<sup>[2]</sup>。

## 2.2 响应面实验

2.2.1 响应面设计方案和实验结果 在单因素研究的基础上,选取加酶量、底物浓度、酶解温度、酶解时间、酶解pH 5个因素为自变量,以羟基自由基清除能力为响应值,根据中心组合设计原理,设计响应面分析实验,响应面实验方案及结果见表2。

利用Design-Expert 8.0.5软件对实验结果进行二次回归分析,计算羟基自由基清除能力Y的回归方程,并进行方差分析(见表3)。羟基自由基清除能力Y的标准回归方程为:

$$Y = 60.06 + 0.72A + 0.11B + 0.64C + 0.81D + 0.77E - 0.13AB - 0.072AC - 0.11AD + 0.32AE - 0.33BC - 0.086BD - 0.028BE - 0.44CD - 0.21CE + 0.022DE - 0.75A^2 - 0.97B^2 - 0.84C^2 - 0.41D^2 - 1.13E^2$$

对羟基自由基清除能力的实验数据进行方差分析并进行显著性检验,结果如表3所示。

由表3的方差分析结果可以看出,所得回归方程极显著( $p < 0.01$ ),且模型失拟检验不显著,这说明用模型方程Y与实际情况拟合较好,能够拟合真实响应面,反映出羟基自由基清除能力与加酶量、底物浓度、酶解温度、酶解时间及酶解pH之间的关系。模型决定系数 $R^2 = 0.9864$  ( $R^2 > 0.8000$ ),说明有98.64%的变化能通过这个模型解释,实验误差较小,模型成立,可以通过此模型对花生粕水解液的羟基自由基清除能力进行预测和分析。

由表3中的各项系数的显著性检验可知,一次项A、C、D、E,交互项AE、BC、CD、二次项 $A^2$ 、 $B^2$ 、 $C^2$ 、 $D^2$ 、 $E^2$ 对羟基自由基清除能力有显著的影响( $p < 0.05$ ),其中A、C、D、E、CD、 $A^2$ 、 $B^2$ 、 $C^2$ 、 $D^2$ 、 $E^2$ 羟基自由基清除能力有极显著的影响( $p < 0.01$ ),其他因素影响不显著( $p > 0.05$ ),这表明羟基自由基清除能力的变化相当复杂,各种影响因素对羟基自由基清除能力的影响不是简单的线性关系,而是呈二次关系,且各因素之间存在交互作用。将差异不显著的各项去除后可以得到简化的回归方程模型为:

$$Y = 60.06 + 0.72A + 0.11B + 0.81D + 0.77E + 0.32AE - 0.33BC - 0.44CD - 0.75A^2 - 0.97B^2 - 0.84C^2 - 0.41D^2 - 1.13E^2$$

对回归方程进行中心标准化处理,从回归方程Y

表3 羟基自由基清除能力的实验结果方差分析表

Table 3 Analysis of hydroxyl radical scavenging ability of the experiment results

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	p值	显著性
模型	143.35	20	7.17	39.98	< 0.0001	极显著
A	12.37	1	12.37	69.00	< 0.0001	***
B	0.31	1	0.31	1.71	0.2181	
C	9.77	1	9.77	54.48	< 0.0001	***
D	15.60	1	15.60	87.02	< 0.0001	***
E	14.09	1	14.09	78.60	< 0.0001	***
AB	0.29	1	0.29	1.61	0.2305	
AC	0.083	1	0.083	0.46	0.5112	
AD	0.19	1	0.19	1.07	0.3237	
AE	1.62	1	1.62	9.03	0.0120	**
BC	1.72	1	1.72	9.61	0.0101	**
BD	0.12	1	0.12	0.65	0.4357	
BE	0.013	1	0.013	0.071	0.7954	
CD	3.14	1	3.14	17.52	0.0015	***
CE	0.68	1	0.68	3.77	0.0781	
DE	7.656E-003	1	7.656E-003	0.043	0.8401	
$A^2$	16.60	1	16.60	92.56	< 0.0001	***
$B^2$	27.51	1	27.51	153.44	< 0.0001	***
$C^2$	20.87	1	20.87	116.39	< 0.0001	***
$D^2$	4.95	1	4.95	27.63	0.0003	***
$E^2$	37.35	1	37.35	208.33	< 0.0001	***
残差	1.97	11	0.18			
失拟误差	1.46	6	0.24	2.36	0.1825	不显著
纯误差	0.52	5	0.10			
总和	145.32	31				
R-Squared	0.9864					

注:\*\*,表示显著, $p < 0.0500$ ;\*\*\*,表示极显著, $p < 0.0100$ ;空白,表示不显著, $p > 0.1000$ 。

(下转第193页)

金属离子 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$ 对麦芽脂肪酶活性无显著影响, $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 对麦芽脂肪酶活性有不同程度的抑制作用,其中 $\text{Mg}^{2+}$ 有较显著的抑制作用,而 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{K}^+$ 对脂肪酶活性有不同程度的激活作用。

采用Lineweaver Burk双倒数作图法测定麦芽脂肪酶的酶动力学常数:麦芽脂肪酶对p-NPA的 $K_m$ 值为 $0.13\text{mmol/L}$ , $V_m$ 值为 $0.016\text{mg/min}$ 。

### 参考文献

- [1] 王庭,秦刚. 脂肪酶及其在食品工业中的应用[J]. 肉类研究,2010(1):71-74.
- [2] 王俊华,吴娜,杨洁,等. 大麦脂肪酶的研究进展[J]. 生物技术通报,2006(5):46-48.
- [3] O S Korneeva, T N Popova, V S Kapranchikov, et al. Identification of catalytically active groups of wheat germ lipase[J]. Applied Biochemistry and Microbiology,2008,45(4):349-355.
- [4] 刘景. 啤酒风味老化评价及机理的研究[D]. 无锡:江南大学,2008.
- [5] Karl Wackerbauer, Stefan Meyna, Sascha Marre. Hydroxy fatty acids as indicators for ageing and the influence of oxygen in the brewhouse on the flavor stability of beer[J]. EBC,2003,56(9-10):174-178.
- [6] 纪建业. 脂肪酶活力测定方法的改进[J]. 通化师范学院学报,2005,26(6):51-53.

- [7] Thomas Vorderwul becke. Comparison of lipases by different assays[J]. Enzyme Microbiology Technology,1992(4):631-635.
- [8] 高贵,韩四平,王智. 脂肪酶活力检测方法的比较[J]. 药物生物科技,2002,9(5):281-284.
- [9] 江慧芳,王雅琴,刘春国. 三种脂肪酶活力测定方法的比较及改进[J]. 化学与生物工程,2007,24(8):72-75.
- [10] 张东浩. 脂肪酶催化吡哆醇区域选择性酯化及其酶学特性研究[D]. 天津:天津大学,2006.
- [11] 顾美英. 低温脂肪酶菌株的筛选及酶学性质研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2005.
- [12] 粟慧君,马骏,蔡莉,等. 合成有机载体固定化猪胰脂肪酶性质研究[J]. 四川师范大学学报,2008,31(5):586-589.
- [13] 吴尧,万霞,张银波,等. 白地霉(lip42)脂肪酶的纯化及酶学性质[J]. 应用与环境学报,2010,16(5):710-713.
- [14] 陈贵元,季秀玲. 低温脂肪酶产生菌筛选与鉴定、产酶条件及酶学性质研究[J]. 云南大学学报,2010,32(1):108-113.
- [15] 梅光泉,应惠芳. 超氧化物歧化酶中微量元素的化学行为和生物学功效[J]. 微量元素与健康研究,2001.
- [16] 陆瑾瑾. 产脂肪酶细菌的筛选、鉴定及酶学性质研究[D]. 兰州理工大学,2011(5):59-62.
- [17] 邹文欣,刘慧. 脂肪酶产生菌*Serratia liquefaciens*的分离及其酶学性质的研究[J]. 南京大学学报,1996,32(4):713-716.
- [18] 李燕,连毅,陈义伦,等. 根霉ZM-10脂肪酶部分纯化及酶学性质研究[J]. 食品科学,2008,29(3):314-317.

(上接第180页)

一次项回归系数的绝对值大小来判断5个因素对多肽提取率的影响程度。一次项回归系数的绝对值大小依次为 $D>E>A>C>B$ ,表明5个因素对多肽提取率的影响顺序为:酶解时间>酶解pH>加酶量>酶解温度>底物浓度。

### 2.3 最佳条件确定及验证实验

应用响应面优化分析方法对回归模型进行分析,可知当加酶量为 $11820\text{U/g}$ ,底物浓度为 $7.52\%$ ,酶解温度为 $43.1^\circ\text{C}$ ,酶解时间为 $3.9\text{h}$ ,酶解pH为 $8.47$ ,响应面有最优值,羟基自由基清除能力为 $60.54\%$ 。

采用上述优化后的工艺条件,即当加酶量为 $12000\text{U/g}$ ,底物浓度为 $7.5\%$ ,酶解温度为 $43^\circ\text{C}$ ,酶解时间为 $4\text{h}$ ,酶解pH为 $8.5$ ,进行验证实验,测得羟基自由基清除能力为 $60.21\%$ (平行三次)。这与理论预测值误差在 $1\%$ 以内,说明采用响应面法优化得到的工艺条件参数准确可靠,按照建立的模型进行预测在实践中是可行的。

## 3 结论

通过单因素和响应面实验研究酶解条件对花生粕水解液的抗氧化性的影响,得到影响羟基自由基清除能力效果的因素为酶解时间>酶解pH>加酶量>酶解温度>底物浓度。最优羟基自由基清除能力参数为:加酶量为 $11820\text{U/g}$ ,底物浓度为 $7.52\%$ ,酶解温度为 $43.1^\circ\text{C}$ ,酶解时间为 $3.9\text{h}$ ,酶解pH为 $8.47$ ,响应面有最

优值,羟基自由基清除能力为 $60.54\%$ ,在上述优化后的工艺条件下的验证实验测得羟基自由基清除能力为 $60.21\%$ 。随着花生肽生产规模的扩大,其价格将逐步降低,它作为一种新的原料,必将在食品、药品乃至化妆品等诸多领域展示出更加广阔的开发应用前景。

### 参考文献

- [1] 刘阳,邢福国. 花生蛋白的开发和利用现状[J]. 食品科技,2008,33(12):173-176.
- [2] 王建华,熊柳,孙高飞,等. 花生抗氧化活性肽制取工艺的研究[J]. 中国油脂,2008,33(6):15-18.
- [3] 陈庆华. 花生蛋白酶解特性研究[J]. 江苏农业科学,2009(3):320-322.
- [4] 吴肖,刘通讯,林勉. 复合酶水解花生粕蛋白工艺研究[J]. 食品工业科技,2005,26(1):120-121.
- [5] 黄文,谢笔钧,王益,等. 白果蛋白质的分离、纯化、理化特性及其抗氧化活性研究[J]. 中国农业科学,2004,37(10):1537-1543.
- [6] Shu YaoTsai, Shih Jeng Huang, Jeng Leun Mau. Antioxidant properties of hot water extracts from *Agrocybe cylindracea* [J]. Food Chemistry,2006,98(6):670-677.
- [7] 仪凯,周瑞宝. 中性蛋白酶水解花生粕的研究[J]. 中国油脂,2005,30(7):71-73.
- [8] 王镜岩,朱圣庚,徐长发. 生物化学:上册[M]. 第3版. 北京:高等教育出版社,2002:123-126.