

豆粕生物肽的生产工艺研究

刘昊飞¹, 陈霞¹, 赵贵兴¹, 李丹², 刘丽君¹

(1. 黑龙江省农业科学院 大豆研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 宁德师范高等专科学校, 福建 宁德 352100)

摘要:通过菌种筛选、摇瓶发酵条件优化,系统地研究了微生物发酵生产豆粕生物肽的工艺。结果表明:枯草芽孢杆菌为最佳菌株,其豆粕生物肽最佳生产工艺条件为:种子培养时间 16 h,豆粕粒度 40 目,初始 pH 6.8,葡萄糖 2%,豆粕 11%,接种量 6%,发酵时间 48 h;在此工艺条件下蛋白质降解为多肽的得率为 41.18%。

关键词:豆粕;肽;发酵;枯草芽孢杆菌

中图分类号:TS214.2

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2010)01-0101-04

Processing Technology of Biologic Peptide from Soybean Meal

LIU Hao-fei¹, CHEN Xia¹, ZHAO Gui-xing¹, LI Dan², LIU Li-jun¹

(1. Soybean Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, Heilongjiang; 2. Ningde Teachers College, Ningde 352100, Fujian, China)

Abstract: In this paper, the production method of using bacterium fermenting soybean meal through selecting strain, optimizing the condition in the spinner flask was studied. Taking the content of α -N in the Fermentation Broth as an index, the *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae* and *Bacillus subtilis* was selected and the *Bacillus subtilis* was the optimum strain. The processing technology of the biologic peptide of soybean meal was determined as follows: seed inoculation time 16 h, granularity of the soybean meal 40 holes, pH 6.8, glucose 2%, soybean meal 11%, inoculation amount 6%, fermentation time 48h. Under the optimum technological conditions, the ratio of the peptides from the soybean protein was 41.18%.

Key words: Soybean meal; peptide; Fermentation; *Bacillus subtilis*

大豆肽是由大豆蛋白经水解所得到的由 3~6 个氨基酸组成的低分子量肽^[1]。大豆肽平均分子量小于 1000Da, 主要出峰位置在分子量 300~700Da^[2]。小分子大豆多肽不仅有很好的溶解性、低粘度、抗凝胶形成性,而且在体内消化吸收快,2~3 个氨基酸组成的低肽比游离氨基酸有更好的吸收性能,能够完整地通过肠道吸收,作为生物活性肽在组织水平上引起机体的生物学效应^[3-4]。大豆肽蛋白质利用率高,还具有低抗原性,不会产生过敏反应^[5]。此外大豆肽具有促进矿物质吸收、抗氧化、促进双歧杆菌和乳酸菌增殖、增强免疫力等多种生理功能^[6]。

大豆肽的生产主要有酶解法和微生物发酵法^[7]。酶解法具有产品安全性高、生产条件温和、水解易控制、可定位生产特定的大豆肽等优点,但其缺点是大豆蛋白利用率不高,且酶的价

格昂贵生产成本居高不下,限制了大豆肽的广泛应用。发酵法由于把蛋白酶的发酵生产和大豆肽的酶解生产结合在一起,降低了大豆肽的生产成本,应用前景较好^[8-9]。该文通过菌种筛选、摇瓶发酵条件优化,系统地研究了微生物发酵生产豆粕生物肽的工艺,旨在为大豆肽的发酵法生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

高温豆粕来源于哈工大集团中大植物蛋白股份公司。菌种采用来自东北农业大学食品学院的枯草芽孢杆菌,黑曲霉和米曲霉。枯草芽孢杆菌斜面培养基:牛肉膏 0.5%,蛋白胨 1.0%,葡萄糖 1.0%,NaCl 0.5%,琼脂粉 2%,pH 7.2~7.4。黑曲霉和米曲霉斜面培养基:土豆汁 230mL,蒸馏水 770 mL,琼

收稿日期:2009-10-26

基金项目:黑龙江省科技厅“十一五”重大攻关资助项目(GA06B402-08-4)。

第一作者简介:刘昊飞(1983-),男,硕士,研究方向为大豆深加工及品质分析。E-mail:liuhaofei1983@163.com。

通讯作者:陈霞,研究员。E-mail:chenxia6665435@163.com。

脂粉 20 g, 自然 pH。发酵种子培养基: 豆粕(80 目) 5%, 大豆蛋白胨 1%, 牛肉膏 3%, 葡萄糖 5%, MgCl_2 0.02%, K_2HPO_4 0.01%。发酵培养基: 豆粕 5%, 葡萄糖 2%, MgCl_2 0.02%, K_2HPO_4 0.01%^[10]。

1.2 试验方法

1.2.1 成分测定 蛋白质含量的测定: GB/T 5009.5-2003; 脂肪含量的测定: GB/T 6433-2006; 纤维含量的测定: GB/T 6434-2006; 水分含量的测定: GB/T 6435-2006; 灰分含量的测定: GB/T 6438-2007; 钙含量的测定: GB/T 6436-2002; 磷含量的测定: GB/T 6437-2002; 氨基酸的测定: GB/T 18246-2000; GB/T 5009.124-2003; α -N 含量的测定: GB/T 5009.39-1996。

1.2.2 水解度(DH)计算 将发酵液 5 000 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 20 min, 取上清液 2 mL, 加 40 mL 蒸馏水稀释, 然后从中取出 20 mL 样品稀释液, 开动磁力搅拌器, 用 0.1 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液滴定到 pH 8.2, 加入 10 mL 37% 的甲醛溶液, 再用 0.05 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 标准溶液滴定到 pH 9.2。记录加入甲醛后把溶液滴定到 pH 9.2 时所耗碱量, 然后计算其 $-\text{NH}_2$ 的含量^[10]。

$$DH = \left[\frac{N(-\text{NH}_2)}{6.25N_{\text{总}}} - 0.33 \right] \div 7.8 \times 100\%$$

$N(-\text{NH}_2) = V_{\text{NaOH}} \times C_{\text{NaOH}} \times 10^6 \cdot V_{\text{水解液}}^{-1}$, 游离 $-\text{NH}_2$ 的浓度, $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$N_{\text{总}}$ ——发酵液的总氮量, $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$

V_{NaOH} ——消耗碱液的体积, mL

C_{NaOH} ——消耗碱液的浓度, $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

0.33、7.8——单位 $\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1}$

1.2.3 发酵产物大豆肽得率

蛋白质降解为大豆肽的得率% =

$$\frac{\text{发酵产物肽含量} \times \text{发酵产物烘干量}}{\text{发酵培养基蛋白量}} \times 100\%$$

公式中^[10]:

发酵产物肽含量(%) = 发酵产物总氨基酸 - 发酵产物游离氨基酸 - 未降解蛋白质

发酵培养基蛋白量 = 发酵培养基粗蛋白质含量 \times 发酵培养基豆粕用量

1.2.4 菌种试管斜面培养及摇瓶种子培养 将保存菌种接入斜面培养基上活化, 枯草芽孢杆菌 30℃ 恒温培养 24 h, 黑曲霉和米曲霉 37℃ 恒温培养 48 h。用接种针从活化后的斜面培养基上挑一环菌接入到装有 100 mL 种子培养基的 250 mL 三角瓶中, 30℃ 摇床培养 (180 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$) 48 h。在操作过程中要在

米曲霉和黑曲霉摇瓶中放沸石珠, 防止霉菌菌丝缠绕成团。

1.2.5 摇瓶液体发酵培养 将灭好菌的发酵培养基中接入培养好的液体种子, 接种量为 4%, 30℃ 摇床培养, 转速为 180 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 。分别于发酵的第 2、4、6、8 天定时取样, 测定发酵液中 α -N 含量。

1.2.6 摇瓶发酵条件优化 对种子培养时间、豆粕粒度、发酵培养基初始 pH 值、碳源种类和用量、发酵培养基豆粕用量、接种量以及发酵时间进行优化, 并确定豆粕生物肽最佳生产工艺条件。

1.3 数据分析

采用 SAS 8.0 和 Microsoft Excel 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 菌种的筛选

不同菌种对发酵液 α -N 含量的影响由表 1 可知。不同微生物对高温变性豆粕的利用效果不同, 枯草芽孢杆菌发酵液中 α -N 含量最大值显著高于其它 2 组 ($P < 0.05$), 且枯草芽孢杆菌发酵稳定性好, 发酵液状态好, 不像米曲霉和黑曲霉那样粘稠, 利于其它工序的操作。所以采用枯草芽孢杆菌作为试验菌种。

表 1 不同菌种对发酵液 α -N 含量的影响

Table 1 Effect of different strain on α -N content of fermentation fluid

	最小值 Minimum / $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$	最大值 Maximum / $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$
枯草芽孢杆菌 <i>Bacillus subtilis</i>	385 a	749a
米曲霉 <i>Aspergillus oryzae</i>	105 b	588 b
黑曲霉 <i>Aspergillus niger</i>	119 b	532b

表中数据为 3 次重复的平均值, 不同小写和大写字母分别表示在 0.05 和 0.01 水平存在显著差异。下同。

The data in the table were average of three repetitions, different lowercase and capital letters indicate significant different at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively. The same as below.

2.2 摇瓶发酵条件优化

2.2.1 最适种子培养时间及豆粕粒度的确定 摇瓶种子培养时间及豆粕粒度对发酵效果的影响见表 2, 摇瓶种子培养时间对高温变性豆粕发酵降解效果影响极显著 ($P < 0.01$)。摇瓶种子培养时间为 16 h 时, 发酵液 α -N 含量最高, 发酵效果最好。因此, 确

定摇瓶种子的最适培养时间为 16 h,即将摇瓶种子培养 16 h 后接入到发酵培养基中。豆粕粒度对高温变性豆粕发酵降解效果的影响不显著 ($P > 0.05$)。但 40 目豆粕发酵效果偏好,因此,确定最佳豆粕粒度为 40 目。

表 2 种子培养时间和豆粕粒度对发酵效果的影响
Table 2 Effect of culture time and ranularity on fermentation

培养时间 Culture time/h	发酵液 α-N 含量		发酵液 α-N 含量	
	α-N content of fermentation fluid/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$	豆粕粒度 Granularity	α-N content of fermentation fluid/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$	
13	315 ± 7E	20	497 ± 21a	
14	350 ± 14DE	40	539 ± 7a	
15	427 ± 7BC	80	511 ± 21a	
16	539 ± 21A			
17	434 ± 14B			
18	385 ± 7CD			

表 3 初始 pH 值及碳源种类和用量对发酵效果的影响
Table 3 Effect of initial pH and carbon source on fermentation

初始 pH 值 Initial pH	发酵液 α-N 含量	碳源含量	发酵液 α-N 含量 α-N content of fermentation fluid/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$		
	α-N content of	Carbon source	葡萄糖	蔗糖	淀粉
	fermentation fluid/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$	Content/%	Glucose	Sucrose	Starches
6.0	497 ± 7bc	1	399 ± 21C	392 ± 28B	497 ± 7a
6.5	539 ± 7b	2	539 ± 7A	476 ± 14A	420 ± 14b
7.0	602 ± 28a	3	469 ± 7B	280 ± 14C	406 ± 28bc
7.5	546 ± 14ab	4	357 ± 7C	245 ± 35CD	364 ± 14bc
8.0	469 ± 21c	5	280 ± 14D	189 ± 7D	343 ± 21c
自然 pH 值(6.8 左右)	553 ± 21ab				
Nature pH(6.8)					

2.2.3 最适发酵培养基豆粕用量的确定 发酵培养基豆粕用量对发酵效果的影响见表 4。发酵培养基豆粕用量对发酵液 α-N 含量有极显著的影响 ($P < 0.01$),随着豆粕用量的增加,发酵液 α-N 含量逐渐增多。发酵培养基豆粕用量对发酵液水解度 DH 的影响极显著 ($P < 0.01$),随着豆粕用量的增加,发酵液水解度 DH 呈先升高后降低的趋势,当豆粕用量为 11% 时达到最高值。

由以上结果可以看出,当发酵培养基豆粕用量超过 11% 时,虽然发酵液 α-N 含量继续明显增多,但发酵液水解度却显著下降,这表明豆粕用量继续增加,有利于大豆肽产量的提高,但却使大豆肽的产率降低。并且,发酵培养基豆粕用量越大,其状态越粘稠,不利于实际生产操作,造成取样困难。所以,

2.2.2 最适初始 pH 值及碳源种类和用量的确定 发酵培养基初始 pH 值及碳源种类和用量对发酵效果的影响见表 3。发酵培养基的初始 pH 值对豆粕发酵降解效果影响显著 ($P < 0.05$)。发酵培养基初始 pH 值为 7.0 时,发酵液中 α-N 含量最高,发酵效果最好。发酵培养基的自然初始 pH 值在 6.8 左右,与初始 pH7.0 相比,二者对发酵液 α-N 含量影响差异不显著。考虑到采用自然 pH 值在实际生产过程中可节省成本和减少实际生产工序,因此,采用自然 pH 值进行发酵生产。

发酵培养基中淀粉的添加量对豆粕发酵降解效果影响显著 ($P < 0.05$)。随着淀粉添加量的增多,发酵液 α-N 含量反而减少,当最低添加量为 1% 时,豆粕发酵效果最好。发酵培养基中葡萄糖、蔗糖的添加量对豆粕发酵降解效果影响极显著 ($P < 0.01$)。当发酵培养基中添加 2% 的葡萄糖为碳源时,发酵液 α-N 含量最高,发酵效果最好。因此,确定最适碳源种类为葡萄糖,最适添加量为 2%。

确定最适发酵培养基豆粕用量为 11%。

表 4 豆粕用量对发酵效果的影响
Table 4 Effect of soybean meal on fermentation

豆粕用量 Soybean meal/%	发酵液 α-N 含量 α-N content of fermentation fluid/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$	水解度 DH/%
5	546 ± 14I	40.32% ± 1.04DE
6	665 ± 7H	40.92% ± 0.44D
7	784 ± 14G	41.35% ± 0.74CD
8	903 ± 21F	41.67% ± 0.97CD
9	1064 ± 14E	43.64% ± 0.57B
10	1190 ± 14D	43.93% ± 0.52B
11	1365 ± 7C	45.82% ± 0.24A
12	1400 ± 14C	43.07% ± 0.43BC
13	1442 ± 14B	40.95% ± 0.40D
14	1463 ± 7AB	38.58% ± 0.19E
15	1484 ± 14A	36.52% ± 0.35F

2.2.4 最适接种量及发酵时间的确定 接种量及

发酵时间对发酵效果的影响见表 5。接种量对豆粕发酵降解效果影响极显著($P < 0.01$)。当接种量为 6% 时,发酵液 α -N 含量最高,发酵效果最好。因此,确定最适接种量为 6%。

发酵时间对豆粕发酵降解效果影响极显著($P < 0.01$)。随着发酵时间的延长,发酵液 α -N 含量逐渐增多,但发酵 48 h 后,发酵液 α -N 含量增幅不大,与 48 h 相比差异并不显著($P > 0.05$)。从实际生产考虑,把发酵时间定为 48 h,可以缩短大豆肽的生产周期,从而达到减小生产成本、提高大豆肽产量的目的。因此,确定最适发酵时间为 48 h。

表 5 接种量及发酵时间对发酵效果的影响

Table 5 Effect of inoculation volume and fermentation time on fermentation

接种量 Inoculation volume/%	发酵液 α -N 含量 α -N content of fermentation fluid / $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$	发酵时间 Fermentation time/h	发酵液 α -N 含量 α -N content of fermentation fluid / $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$
3	1260 \pm 14E	30	1008 \pm 14D
4	1365 \pm 21D	36	1169 \pm 7C
5	1533 \pm 7C	42	1400 \pm 28B
6	1694 \pm 14A	48	1624 \pm 14A
7	1603 \pm 21B	54	1645 \pm 7A
8	1505 \pm 7C	60	1673 \pm 21A

2.3 发酵产物基本性质分析

2.3.1 常规营养成分测定 发酵产物常规营养成分见表 6。

表 6 发酵产物常规营养成分

Table 6 Nutrition of the fermentation products

成分 Composition	含量 Content/%
蛋白质 Protein	45.29
水分 Moisture	7.92
粗脂肪 Crude fat	1.03
粗纤维 Crud fibre	7.37
粗灰分 Crud ash	5.47
Ca	0.25
P	0.69
无氮浸出物 Nitrogen-free extract	32.92
能量 Energy	1471.05 (MJ/100g)

2.3.2 氨基酸组成测定 发酵产物氨基酸组成见表 7。

2.3.3 发酵产物大豆肽得率 测得发酵产物总氨基酸含量为 46.22%,游离氨基酸含量为 0.53%,未降解蛋白质含量为 24.61%,原料豆粕蛋白质含量为 39.65%,发酵培养基豆粕用量为 15 g,发酵产物烘干量为 11.62 g,计算可知,通过发酵使蛋白质降解为多肽的得率为 41.18%。

表 7 发酵产物氨基酸组成

Table 7 Composition of amino acid in the fermentation products

氨基酸组分 Amino acid	游离氨基酸 Free amino acids/%	总氨基酸 Total amino acids/%
天门冬氨酸 Asp	0.00730	5.09
苏氨酸 Thr	0.00219	1.84
丝氨酸 Ser	0.00191	2.22
谷氨酸 Glu	0.02071	9.30
甘氨酸 Gly	0.00541	2.24
丙氨酸 Ala	0.02115	2.22
胱氨酸 Cys	0.01377	0.98
缬氨酸 Val	0.05425	2.34
蛋氨酸 Met	0.01112	1.08
异亮氨酸 Ile	0.01508	2.06
亮氨酸 Leu	0.05342	3.62
赖氨酸 Tyr	0.05877	2.61
酪氨酸 Phe	0.07198	1.14
苯丙氨酸 Lys	0.10814	2.46
组氨酸 His	0.00806	1.13
精氨酸 Arg	0.00411	2.80
脯氨酸 Pro	0.07346	3.09
总量 Total	0.53083	46.22

3 讨论

以发酵液 α -N 含量为指标,系统地研究了枯草芽孢杆菌发酵生产豆粕生物肽的工艺。一般来说,细菌在液体培养过程中,其生长特性因菌种、培养基组成、培养条件等有所不同。接种量是指接种的种子液体积与发酵液体积之比,一般发酵常用的接种量为 5% ~ 10%,抗生素发酵的接种量有时可增加到 20% ~ 25%,甚至更大。接种量的多少是由发酵液中菌株的生长繁殖度决定的。通常采用较大的接种量可缩短生长达到高峰的时间,使产物的合成提前。这是由于种子量多,种子液中含有大量胞外水解酶类,有利于豆粕发酵利用。但接种量过大,也可能使菌数增加过快,培养液黏度增加,导致溶解氧(DO)不足,影响产物合成。结果表明,6%的接种量发酵效果最好。pH 值主要调节细菌细胞内的酸碱平衡,影响菌体细胞膜电荷状况,引起膜渗透性的变化,对分解培养基中的营养物质具有作用,影响营养物质的离子化程度,从而影响菌体对养分的吸收。在发酵过程中,pH 值会影响各种酶的活性及细菌对豆粕的利用率,从而影响细菌的生长和酶的合成。该文所用菌株在近中性条件下发酵效果最好,培养基初始 pH 值过高或过低都会影响细菌对大豆蛋白的降解。

(下转第 108 页)

参考文献

- [1] 舒妙安,马有智,张建成. 黄鳝肌肉营养成分的分析[J]. 水产学报,2000,24(4):339. (Shu M A, Ma Y Z, Zhang J C. An analysis of the nutritive composition in muscle of *Monopterus albus* [J]. Journal of Fisheries of China, 2000, 24(4):339.)
- [2] 王伟,陈立侨,顾志敏,等. 六个群体翘嘴红鲌肌肉生化组成的比较[J]. 水产学报,2007,31(增刊):93-98. (Wang W, Chen L Q, Gu Z M, et al. Comparative study on muscle nutritional quality of six different geographical populations of *Culter alburnus*. [J]. Journal of Fisheries of China, 2007, 31(Suppl):93-98.)
- [3] 谭德清,王俭伟,但胜国. 黑尾近红鲌含肉率及肌肉营养成分分析[J]. 水生生物学报,2004,28(3):204-246. (Tan D Q, Wang J W, Dan S G. The ratio of flesh to body and analysis on nutritive composition of muscle in *Ancherythroculter nigrocauda* [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2004, 28(3):204-246.)
- [4] Catsimpoolas N, Ekenstam C. Isolation of α -, β -, and γ -conglycinins[J]. Archives of Biochemistry and Biophysics, 1969, 129(2):490-497.
- [5] D F Li, Nelssen J L, Reddy P G, et al. Transient hypersensitivity to soybean meal in the early weaned pig[J]. Journal of Animal Science, 1990, 68:1790-1799.
- [6] Seegraber F J, Morrill J L. Effect of protein source in calf milk replacers on morphology and absorptive ability of the small intestine [J]. Journal of Dairy Science, 1986, 69(2):460-469.
- [7] Johnston C. Effect of injecting lambs with soyflour extract on serum soy protein antibody concentration and rate of gain[J]. Small Ruminant Research, 1996, 21(2):149-154.
- [8] Christensen H R, Susanne W B, Frokiaer H. Antigenic specificity of serum antibodies in mice fed soy protein[J]. International Archives of Allergy and Applied Immunology, 2003, 132(1):58-67.
- [9] Wu Shaowen, Murphy P A, Johnson L A, et al. Simplified process for soybean glycinin and β -conglycinin fractionation[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48:2702-2708.
- [10] 陈乃松,艾庆辉,王道尊. 欧洲鳗配合饲料中大豆蛋白替代鱼粉的研究[J]. 水产学报,1998,22(3):283-287. (Chen N S, Ai Q H, Wang D Z. Studies on soybean protein as a substitute for fish meal in formulate diets for *Anguilla anguilla* [J]. Journal of Fisheries of China, 1998, 22(3):283-287.)
- [11] Refstie S, Storebakken T, Baeverfjord G, et al. Long-term protein and lipid growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with partial replacement of fish meal by soy protein products at medium or high lipid levels[J]. Aquaculture, 2001, 193:91-106.
- [12] Chou R L, Her B Y, Su M S, et al. Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum* [J]. Aquaculture, 2004, 229:325-333.

(上接第104页)

参考文献

- [1] 李里特,王海. 功能性大豆食品[M]. 北京:中国轻工业出版社,2002:98-100. (Li L T, Wang H. Functionality soybean food [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2002:98-100.)
- [2] Jorge R W, Delia A S, Maria C A. Thermal and electrophoretic behavior, hydrophobicity, and some functional properties of acid-treated soy isolates[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1996, 44:1881-1889.
- [3] Lee K A, Kim S H. New peptides isolated from a soyprotein hydrolysate that inhibit platelet aggregation[J]. Food Chemistry, 2005, 90:389-393.
- [4] Petrucci S, Anon M C. Relationship between the method of obtention and the structural and functional properties of soyprotein isolates[J]. Food Chemistry, 1994, 42:2161-2169.
- [5] Arthan N. Antiviral is of avonoid sulfate and steroidal glycosides from the fruits of *salanum rorvum* [J]. Phytochemistry, 2002, 59:459-463.
- [6] Heller S. Antimitotic peptide characters from soybean; Rolein protection from cancer[J]. Nutrition Reviews, 1999, 57:359-361.
- [7] 王文娟,潘海涛,于磊娟. 豆粕发酵制备大豆肽的研究[J]. 粮食加工, 2007, 32(2):55-56. (Wang W Y, Pang H T, Yu L J. Study on producing soybean peptides by fermenting with soybean cake [J]. Grain Processing, 2007, 32(2):55-56.)
- [8] 刘唤明,邓楚津. 发酵法生产大豆肽的研究[J]. 饲料工业, 2006, 27(19):4-5. (Liu H M, Deng C J. Peptide from soybean meal by fermentation [J]. Feed Industry, 2006, 27(19):4-5.)
- [9] Delia A S, Jorge R W, Estela L A, et al. Water imbibing capacity of soy protein isolate; influence of protein denaturation[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 39:1386-1391.
- [10] 张红芬. 豆粕生物肽的生产工艺及其对肉鸡生产性能和血液生化指标的影响研究[D]. 保定:河北农业大学, 2004:4-5. (Zhang H F. The Study of the processing technology of biologic peptide of soybean meal and its effect on the performance and blood indicator of broilers [D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2004:4-5.)