

三种市售大豆蛋白产品理化特性研究

郑荣生^{1,2}, 张波², 童军茂¹, 房岩强², 李淑静²

(1. 石河子大学 食品学院, 新疆 石河子 832000; 2. 中国农业科学院 农产品加工研究所/农业部农产品加工重点实验室, 北京 100193)

摘要:以市售 33 份大豆蛋白产品为材料, 其中包括 10 份低温脱脂大豆粕, 10 份大豆浓缩蛋白和 13 份大豆分离蛋白。通过聚类分析和多重比较研究其粗蛋白含量、粗脂肪含量、粗纤维含量、灰分含量、氮溶解指数、凝胶硬度和乳化性等理化特性。结果表明: 大豆蛋白产品的理化特性之间存在差异, 其中粗脂肪含量、粗纤维含量和凝胶硬度差异较大 ($CV > 10\%$), 粗蛋白含量差异较小 ($CV < 10\%$)。有 10% 的低温脱脂大豆粉符合 GB/T13382-2008 对灰分的要求, 有 80% 的低温脱脂大豆粉符合 GB/T13382-1992 对氮溶解指数的要求; 100% 的浓缩蛋白符合 GB/T20371-2006 的要求; 有 76.9% 的分离蛋白符合 GB/T20371-2006 对粗纤维含量的要求。三种大豆蛋白产品间主要差异为氮溶解指数和凝胶硬度。

关键词:低温脱脂大豆粉; 大豆浓缩蛋白; 大豆分离蛋白; 大豆蛋白商品; 理化特性

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2013)01-0084-05

Physicochemical Properties of Three Kinds of Commercial Soybean Protein Products

ZHENG Rong-sheng^{1,2}, ZHANG Bo², TONG Jun-mao¹, FANG Yan-qiang², LI Shu-jing²

(1. Food College of Xinjiang Shihezi University, Shihezi 832000, Xinjiang; 2. Institute of Agro-Products Processing Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Agro-Products Processing, Ministry of Agriculture, Beijing 100193, China)

Abstract: A total of 33 commercial soybean protein products, including 10 cooled defatted soybean meals, 10 soybean protein concentrates and 13 soybean protein isolates, were collected from main soybean protein enterprises. The contents of crude protein, crude fat, crude fiber and ash, nitrogen soluble index, gel hardness, and emulsibility were determined. The current status and characteristics of physicochemical properties were analyzed combined with cluster analysis and multiple comparison. The results showed that the physicochemical properties were significantly different among samples. The variation coefficients of crude fat content, crude fiber content, and gel hardness were more than 10%, and that of crude protein content was less than 10%. About 10% of defatted soybean flour ash content met with GB/T13382-2008, and 80% of defatted soybean flours nitrogen soluble index met with GB/T13382-1992. All soybean protein concentrates and 76.9% of soybean protein isolates crude fiber contents met with GB/T20371-2006. Nitrogen soluble index and gel hardness were main differences among three kinds of commercial soybean protein products.

Key words: Defatted soybean flour; Soybean protein concentrate; Soybean protein isolate; Commercial soybean proteins; Physicochemical properties

大豆蛋白是以大豆为原料, 经脱脂、浓缩、分离纯化等工艺制成的一类蛋白产品, 主要包括低温脱脂大豆粉、大豆浓缩蛋白、大豆分离蛋白 3 种大豆蛋白产品。大豆蛋白营养丰富, 且含有人体必需 8 种氨基酸, 作为食品原料用于食品行业^[1]。目前, 食品工业用大豆蛋白 (GB/T20371-2006) 和食用大豆粕 (GB/T13382-2008) 对三种大豆蛋白的粗蛋白、灰分和粗纤维含量等特性做了相应的规定。例如, 低温脱脂大豆粕的粗蛋白含量应不低于 46%, 大豆浓缩蛋白的粗蛋白含量应为 65%~90%, 大豆分离蛋白的粗蛋白含量应不少于 90%。相关学者对大豆蛋白产品的加工适用性也有报道。张波等^[2]研究了脱脂大豆粉理化特性与挤压组织化特性关系, 发现粗蛋白含量高、水

溶性蛋白含量高、粗纤维含量低的原料可以生产出组织化度较好的产品。李静静等^[3]为筛选专用大豆加工品种, 分析了国内 50 个大豆品种的大豆分离蛋白理化特性, 筛选出溶解性、凝胶性和乳化性等理化特性优良的专用大豆品种。本试验以市售的 33 份大豆蛋白产品为材料, 研究其理化特性和质量现状, 为大豆蛋白的开发和利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

2011~2012 年, 从国内 17 家产量较大、知名度较高的大豆蛋白生产企业中收集了 10 份低温脱脂大豆粕 (随机编号为 P1、P2...P10), 10 份大豆浓缩

收稿日期: 2012-11-14

基金项目: 国家科技支撑计划课题 (2012BAD34B04-3)。

第一作者简介: 郑荣生 (1986-), 男, 在读硕士, 研究方向为植物蛋白加工。E-mail: zrs565@163.com。

通讯作者: 童军茂 (1964-), 男, 教授, 研究方向为果蔬保鲜与加工。E-mail: tjm9988@163.com。

蛋白(随机编号为 N1、N2…N10),13 份大豆分离蛋白(随机编号为 F1、F2…F13)作为试验材料。

1.2 试验方法

1.2.1 材料粉碎 低温脱脂大豆粕用离心研磨仪粉碎,选用 60 目筛圈,转速 $10\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

1.2.2 大豆蛋白理化特性检测 水分:参照 GB/T5497-1985;粗蛋白和氮溶解指数:参照 GB/T5511-2008;粗脂肪:参照 GB/T14772-2008;粗纤维:参照 GB/T5009.10-2003;灰分:参照 GB/T5009.4-2003。

凝胶参照石彦国等^[4]和李里特等^[5]的方法测定:取大豆蛋白溶于去离子水中,配成浓度为 15% 的蛋白溶液, $10\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 均质 10 s。取一定量的溶液倒入 25 mL 的烧杯中,液面高度约 3 cm,烧杯口盖保鲜膜。将烧杯置于 95°C 水浴中加热 30 min,取出后迅速用流动水冷却至室温,置于 4°C 冰箱中保存 20 h。待凝胶形成后,取出烧杯用质构仪测其凝胶硬度。质构仪检测参数:TPA 模式,探头 P/0.5,测前速度 $2.0\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$,下压程度 50%,测试后速度 $0.5\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 。凝胶硬度为第一次压缩过程中的峰值力,单位为 g。

乳化性参照 Vioque 等^[6]的方法测定:配制 1% 的大豆蛋白溶液,取 15 mL 倒入 50 mL 离心管中,加入 15 mL 大豆油, $10\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 均质 1 min。移

取 7 mL 乳状液到 10 mL 的离心管, $1\,500\text{ g}$ 离心 15 min。记录离心管中乳化层的高度和液体总高度,计算公式如下所示。

$$\text{乳化性}(\%) = \frac{\text{离心管中乳化层高度}}{\text{离心管中液体总高度}} \times 100$$

1.3 数据分析

采用 SAS8.0 进行数据处理和分析。

2 结果与分析

2.1 大豆蛋白产品的理化特性

2.1.1 低温脱脂大豆粉产品的理化特性 由表 1 可知,10 份低温脱脂大豆粉的粗蛋白含量、粗脂肪含量和粗纤维含量的变幅分别为 53.42%~60.24%、0.14%~0.93% 和 2.52%~3.92%,均符合食用大豆粕(GB/T13382-2008)一级低变性大豆粕对粗蛋白含量($\geq 49\%$)、粗脂肪含量($\leq 2.0\%$)和粗纤维含量($\leq 5.0\%$)的要求。灰分含量变幅为 6.37%~6.83%,有 10% 的样品符合 GB/T13382-2008 低变性大豆粕对灰分含量($\leq 6.5\%$)的要求。氮溶解指数变幅为 69.00%~85.55%,有 70% 样品符合 GB/T13382-1992 一级低变性大豆粕对氮溶解指数($\geq 80\%$)的要求,有 10% 的样品符合二级但未达到一级大豆粕对氮溶解指数($\geq 70\%$)的要求。

表 1 低温脱脂大豆粉产品的理化特性

Table 1 Physicochemical properties of defatted soybean flour products

指标 Index	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	变幅 Range	变异系数 Coefficient of variation/%
粗蛋白 Crude protein/%	55.89	1.78	53.42-60.24	3.18
粗脂肪 Crude fat/%	0.49	0.28	0.14-0.93	59.18
粗纤维 Crude fiber/%	3.02	0.46	2.52-3.92	15.23
灰分 Ash/%	6.72	0.13	6.37-6.83	1.93
氮溶解指数 Nitrogen soluble index/%	79.27	6.41	69.00-85.55	8.09
凝胶硬度 Gel hardness/g	88.66	9.01	76.79-102.69	10.16
乳化性 Emulsibility/%	48.37	2.93	44.10-53.70	6.06

2.1.2 大豆浓缩蛋白产品的理化特性 由表 2 可知,10 份大豆浓缩蛋白的粗蛋白含量、粗纤维含量和灰分含量变幅分别为 68.27%~74.52%、3.17%~5.86% 和 4.00%~7.38%,均符合食品工业用大豆蛋白(GB/T2037-2006)对大豆浓缩蛋白粗蛋白含量(65%~90%)、粗纤维含量($\leq 6.0\%$)和灰分含量($\leq 8.0\%$)的要求。

2.1.3 大豆分离蛋白产品的理化特性 由表 3 可

知,13 份大豆分离蛋白的粗蛋白含量和灰分含量变幅分别为 90.27%~95.76% 和 4.23%~5.84%,均符合食品工业用大豆蛋白(GB/T20371-2006)对大豆分离蛋白的粗蛋白含量($\geq 90\%$)和灰分含量($\leq 8.0\%$)的要求。粗纤维含量的变幅为 0.01%~0.79%,有 76.9% 的样品符合 GB/T20371-2006 中对大豆分离蛋白粗纤维含量($\leq 0.5\%$)的要求。

表 2 大豆浓缩蛋白产品的理化特性

Table 2 Physicochemical properties of soybean protein concentrate products

指标 Index	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	变幅 Range	变异系数 Coefficient of variation/%
粗蛋白 Crude protein/%	71.14	2.30	68.27-74.52	3.23
粗脂肪 Crude fat/%	0.35	0.25	0.01-0.95	71.43
粗纤维 Crude fiber/%	4.05	0.78	3.17-5.86	19.26
灰分 Ash/%	5.55	1.24	4.00-7.38	22.34
氮溶解指数 Nitrogen soluble index/%	39.27	25.46	5.42-72.27	64.83
凝胶硬度 Gel hardness/g	89.27	43.93	34.61-174.12	49.21
乳化性 Emulsibility/%	35.36	23.39	1.5-52.3	66.15

表 3 大豆分离蛋白产品的理化特性

Table 3 Physicochemical properties of soybean protein isolate products

指标 Index	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	变幅 Range	变异系数 Coefficient of variation/%
粗蛋白 Crude protein/%	94.14	1.69	90.27-95.76	1.80
粗脂肪 Crude fat/%	0.33	0.16	0.09-0.58	48.48
粗纤维 Crude fiber/%	0.25	0.23	0.01-0.79	92.00
灰分 Ash/%	4.83	0.48	4.23-5.84	9.94
氮溶解指数 Nitrogen soluble index/%	58.25	22.01	27.31-87.83	37.76
凝胶硬度 Gel hardness/g	200.12	68.42	62.55-317.58	37.79
乳化性 Emulsibility/%	53.32	1.43	50.90-55.00	2.68

2.2 大豆蛋白产品理化特性聚类分析

2.2.1 低温脱脂大豆粉产品理化特性聚类分析

10 份低温脱脂大豆粉产品被分为三类,各类分别包含 3、5、2 份低温脱脂大豆粉产品(图 1)。三类低温脱脂大豆粉样品之间的粗蛋白含量、氮溶解指数和凝胶硬度有显著差异($\alpha=0.05$)(表 4)。其中,第三类样品的粗蛋白含量最高,平均值为 58.29%,比第一类样品和第二类样品粗蛋白含量的平均值高5.37%;第二类样品的氮溶解指数最高,平均值为 83.39%,比氮溶解指数最低的第三类样品高17.82%;第三类样品的凝胶硬度最高,平均值为 100.79 g,比凝胶硬

度最低的第一类样品高 29.30%。

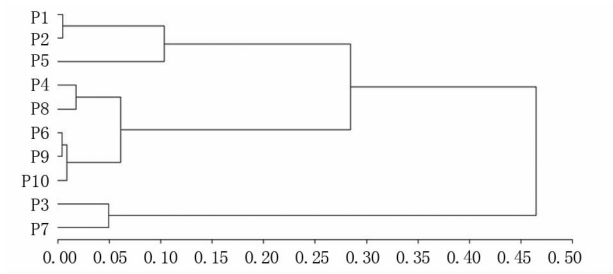


图 1 低温脱脂大豆粉产品聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis diagram of defatted soybean flour products

表 4 三类低温脱脂大豆粉产品的理化特性多重比较

Table 4 Multiple comparison of physicochemical properties of three clusters of defatted soybean flour products

类别 Category	粗蛋白 Crude protein/%	粗脂肪 Crude fat/%	粗纤维 Crude fiber/%	灰分 Ash/%	氮溶解指数 Nitrogen soluble index/%	凝胶硬度 Gel hardness/g	乳化性 Emulsibility/%
第一类 Cluster I	55.43 ± 0.28a	0.50 ± 0.36a	2.84 ± 0.42a	6.60 ± 0.21a	78.05 ± 7.88ab	77.95 ± 1.78a	47.10 ± 0.36a
第二类 Cluster II	55.21 ± 1.23a	0.44 ± 0.22a	3.01 ± 0.55a	6.79 ± 0.05a	83.39 ± 1.50b	90.24 ± 4.09b	49.02 ± 2.67a
第三类 Cluster III	58.29 ± 2.76b	0.61 ± 0.45a	3.30 ± 0.37a	6.73 ± 0.06a	70.78 ± 1.87a	100.79 ± 2.69c	48.65 ± 6.43a

同栏目不同字母表示在 0.05 水平上显著。下同。

Different letters in the same item represent significant difference at 5% level. The same as below.

2.2.2 大豆浓缩蛋白产品的理化特性聚类分析

10 份大豆浓缩蛋白产品被分为两类时,第一类样品包含 7 份大豆浓缩蛋白产品,第二类样品包含 3 份大豆浓缩蛋白产品(图 2)。两类大豆浓缩蛋白样品之间的粗蛋白含量、氮溶解指数、凝胶硬度和乳化性有显著差异($\alpha=0.05$)(表 5)。其中第一类样品

的粗蛋白含量平均值为 68.89%,比第二类样品低 5.95%;氮溶解指数平均值为53.63%,是第二类样品的 9.29 倍;凝胶硬度平均值为 108.60 g,是第二类样品的 2.46 倍;乳化性平均值为 49.87%,是第二类样品的 33.25 倍。

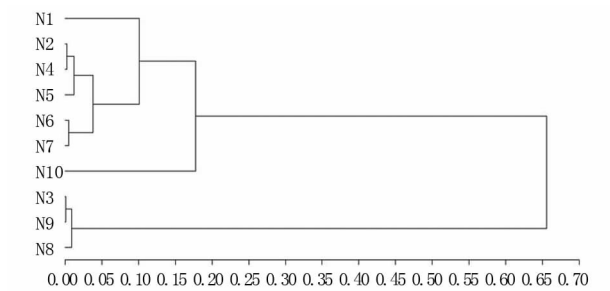


图2 大豆浓缩蛋白产品聚类分析

Fig. 2 Cluster analysis diagram of soybean protein concentrate products

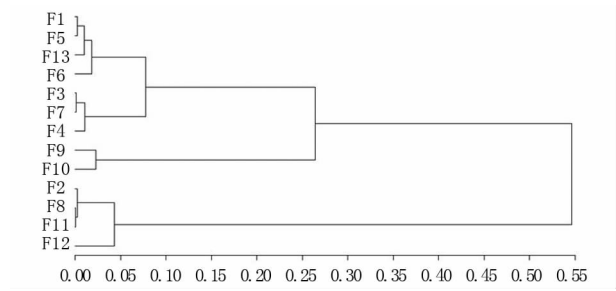


图3 大豆分离蛋白产品聚类分析

Fig. 3 Cluster analysis diagram of soybean protein isolate products

表5 两类大豆浓缩蛋白产品的理化特性多重比较

类别 Category	粗蛋白 Crude protein/%	粗脂肪 Crude fat/%	粗纤维 Crude fiber/%	灰分 Ash/%	氮溶解指数 Nitrogen soluble index/%	凝胶硬度 Gel hardness/g	乳化性 Emulsibility/%
第一类 Cluster I	69.89 ± 1.60a	0.35 ± 0.30a	4.28 ± 0.82a	5.41 ± 1.37a	53.63 ± 13.06a	108.60 ± 37.36a	49.87 ± 1.41a
第二类 Cluster II	74.05 ± 0.43b	0.37 ± 0.13a	3.52 ± 0.37a	5.86 ± 1.03a	5.77 ± 0.35b	44.16 ± 11.72b	1.50 ± 0.01b

2.2.3 大豆分离蛋白产品的理化特性聚类分析

13 份大豆分离蛋白被分为三类,各类分别包含 7、2、4 份大豆分离蛋白产品(图 3)。三类大豆分离蛋白样品之间的氮溶解指数和凝胶硬度有显著差异($\alpha=0.05$),其余理化特性无显著差异(表 6)。第

三类样品的氮溶解指数最高,平均值为 80.80%,比第一类和第二类样品氮溶解指数的平均值高 77.41%。第三类样品的凝胶硬度最高,平均值为 273.30 g,是第二类样品的 2.16 倍。

表6 三类大豆分离蛋白产品理化特性多重比较

类别 Category	粗蛋白 Crude protein/%	粗脂肪 Crude fat/%	粗纤维 Crude fiber/%	灰分 Ash/%	氮溶解指数 Nitrogen soluble index/%	凝胶硬度 Gel hardness/g	乳化性 Emulsibility/%
第一类 Cluster I	94.24 ± 1.87a	0.36 ± 0.18a	0.32 ± 0.28a	4.98 ± 0.56a	50.37 ± 20.53a	190.29 ± 28.65a	53.16 ± 1.82a
第二类 Cluster II	94.97 ± 0.98a	0.29 ± 0.25a	0.20 ± 0.03a	4.67 ± 0.62a	40.72 ± 10.10a	88.13 ± 36.18b	53.20 ± 1.13a
第三类 Cluster III	93.55 ± 1.79a	0.29 ± 0.12a	0.15 ± 0.19a	4.63 ± 0.19a	80.80 ± 5.76b	273.30 ± 30.33c	53.65 ± 1.00a

3 讨论

低温脱脂大豆粉的粗脂肪和粗纤维含量变异系数大于 10%,其余理化特性变异系数均小于 10%。其中粗脂肪含量的变化范围比张波等报道脱脂大豆粉样品的粗脂肪含量范围(0.02%~0.72%)略宽外,其余粗蛋白、粗脂肪、粗纤维和灰分含量的变化范围均略窄其报道范围(50.13%~58.60%、0.02%~0.72%、4.47%~6.31%和 6.30%~7.79%)^[2]。与 GB/T13382-2008 和 GB/T13382-1992 比较,部分低温脱脂大豆粉灰分含量和氮溶解指数未达标。

大豆浓缩蛋白只有粗蛋白含量的变异系数小于 10%,其余理化特性变异系数均大于 10%。其中粗蛋白、粗脂肪和灰分含量的变化范围比与杨方琪

等报道的范围(59.31%~89.13%、0.51%~0.89%和 3.94%~5.86%)略宽^[7]。与 GB/T20371-2006 比较,所有大豆浓缩蛋白的理化特性均达标。大豆浓缩蛋白样品之间的氮溶解指数差异较大,这主要是由生产工艺造成的^[8],酸法生产的大豆浓缩蛋白氮溶解指数较高(一般大于 50%),醇法生产的大豆浓缩蛋白氮溶解指数较低(一般小于 15%)。

大豆分离蛋白的粗蛋白含量、灰分含量和乳化性的变异系数小于 10%,其余理化特性均大于 10%。其中粗脂肪含量的变化范围窄于 Sheard 等的报道范围(0.2%~0.8%),粗蛋白、粗纤维和灰分含量的变化范围均宽于其报道范围(90%~92%、0.1%~0.2%和 3.8%~4.5%)^[9],氮溶解指数、凝胶硬度和乳化性变化范围宽于董玲的报道范围(79.59%~93.51%、111.8~366.9 g 和 37.40%~

40.40%)^[10]。与 GB/T20371-2006 比较,部分大豆分离蛋白的粗纤维含量未达标。

大豆蛋白理化特性聚类分析显示,大豆蛋白分三类时,不同类之间的氮溶解指数和凝胶硬度均有显著差异($\alpha = 0.05$)。有研究报道,当大豆蛋白的氮溶解指数接近 80% 时,大豆蛋白在肉制品中才能起到良好的乳化效果^[11],大豆蛋白氮溶解指数大于 40% 时,经挤压组织化才会形成明显的纤维状结构^[12]。凝胶硬度主要受 11S/7S 的比值影响,研究表明,11S/7S 比值与乳化性呈负相关关系,与凝胶硬度呈正相关关系^[3,13-14]。大豆蛋白在肉制品中形成凝胶结构可以改善肉制品的硬度、弹性和质构特性,而且形成的凝胶结构空间还可保留水分、风味物质和其余的食品配料^[15-17]。

4 结 论

研究表明,低温脱脂大豆粉未达标的理化特性主要为灰分含量和氮溶解指数;大豆浓缩蛋白的理化特性均达标;大豆分离蛋白未达标的理化特性主要为粗纤维含量。大豆蛋白产品的主要差异为氮溶解指数和凝胶硬度,为增加大豆蛋白在食品工业中的用途,应注重提高大豆蛋白的氮溶解指数和凝胶性。

参考文献

- [1] 左进华,董海洲,侯汉学.大豆蛋白生产与应用现状[J].粮食与油脂,2007(5):12-15. (Zuo J H, Dong H Z, Hou H X. Production and application situation of soybean protein[J]. Cereal and Oils, 2007(5):12-15.)
- [2] 张波,董玲,魏益民,等.大豆理化特性与挤压组织化产品特性的关系[J].中国农业科学,2009,42(11):4012-4018. (Zhang B, Dong L, Wei Y M, et al. Relationship between extrudate texturization properties and physicochemical properties of soybeans[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(11):4012-4018.)
- [3] 李静静.中国大豆加工专用品种的筛选及适用性研究[D].保定:河北农业大学,2009. (Li J J. Study on Chinese soybean varieties for special-use and its suitability on processing[D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2009.)
- [4] 石彦国,程翠林,朱秀清,等.品种差异对大豆蛋白凝胶性的影响[J].中国粮油学报,2005,20(3):58-60. (Shi Y G, Cheng C L, Zhu X Q, et al. The effect of soybean variety on gelling function of SPI[J]. Journal of Chinese Cereal and Oils Association, 2005, 20(3):58-60.)
- [5] 李里特,汪立君,李再贵,等.大豆蛋白热变形程度对豆腐品质的影响[J].中国粮油学报,2002,17(1):1-4. (Li L T, Wang L J, Li Z R, et al. Effect of heat denaturation of soybean protein on Tofu-gel[J]. Journal of Chinese Cereal and Oils Association, 2002, 17(1):1-4.)
- [6] Vioque J, Sánchez-Vioque R, Clemente A, et al. Partially hydrolyzed rapeseed protein isolates with improved functional properties[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2000, 77(4):447-450.
- [7] 杨方琪,项进琳,柯旭氢.市售大豆分离蛋白、浓缩蛋白、大豆粉的性能指标分析[J].中国调味品,1994(6):10-15. (Yang F Q, Xiang J L, Ke X Q. Index analysis of commercial soybean protein isolate, soybean protein concentrate and soybean flour[J]. China Condiment, 1994(6):10-15.)
- [8] Wang H, Johnson L A, Wang T. Preparation of soy protein concentrate and isolate from extruded-expressed soybean meals[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2004, 81(7):713-717.
- [9] Sheard P R, Mitchell J R, Ledward D A. Extrusion behavior of different soya isolates and the effect of particle size[J]. Journal of Food Technology, 1986, 21(2):627-641.
- [10] 董玲.大豆品种挤压组织化加工适用性研究[D].重庆:西南大学,2009. (Dong L. Study of applicability on extrusion texturization processing of soybean varieties[D]. Chongqing: Southwest University, 2009.)
- [11] 周玲,彭顺清,汪学荣,等.大豆分离蛋白在肉制品中的应用[J].肉类工业,2004(11):41-44. (Zhou L, Peng S Q, Wang X R, et al. Application of soybean protein isolate in meat products[J]. Meat Industry, 2004(11):41-44.)
- [12] 魏益民,康立宁,张余.食品挤压理论与技术(中卷)[M].北京:中国轻工业出版社,2009. (Wei Y M, Kang L N, Zhang C. Food extrusion theory and technology (volume II) [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2009.)
- [13] 陈海敏,华欲飞.品种差异对大豆蛋白功能性的影响[J].中国油脂,2000,25(6):178-180. (Chen H M, Hua Y F. Effects of various cultivars on function of soy protein[J]. China Oils and Fats, 2000, 25(6):178-180.)
- [14] 饶珊.蛋白质分子修饰及加工特性研究[D].武汉:华中农业大学,2005. (Rao S. Study on molecular modification and processing character of soy protein[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2005.)
- [15] 周杰,陈韬.大豆蛋白的功能特性及其在肉制品中的应用[J].肉类工业,2009(11):16-18. (Zhou J, Chen T. Function properties of soy proteins and application in meat products[J]. Meat Industry, 2009(11):16-18.)
- [16] 刘国信.大豆蛋白在肉制品加工中的应用[J].肉类研究,2007(9):28-29. (Liu G X. Application of soy protein in meat products[J]. Meat Research, 2007(9):28-29.)
- [17] Singh P, Kumar R, Sabapathy S N, et al. Functional and edible uses of soy protein products[J]. Comprehensive Review in Food Science and Food Safety, 2008, 7(1):14-28.