

# 豆渣中水溶性大豆多糖的性质及应用研究

汪洪涛,陈 成,石雪萍,李小华

(江苏经贸职业技术学院 食品系/江苏省食品安全工程技术研究中心,江苏 南京 211168)

**摘要:** 对先用碱预处理豆渣再用酸法提取出的豆渣水溶性大豆多糖(SSPS)的抗氧化性、抑菌性和对酸性乳饮料的稳定性进行了研究。结果表明:SSPS对DPPH自由基的清除率随其质量浓度的增大而增大,SSPS质量浓度为0.2 g/L时,清除率为42%;SSPS对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌和蜡样芽孢杆菌均有一定的抑制作用,且随SSPS质量浓度的增加,其抑菌效果增强;SSPS对酸性乳饮料有一定的稳定作用,当SSPS添加量为6 g/L时,酸性乳饮料的离心沉淀率小于3%,悬浮稳定性接近0.5,其稳定效果与果胶接近;SSPS作稳定剂时,酸性乳饮料的黏度较小;pH值为3.4~4.4时,酸性乳饮料的沉淀率为2.80~3.15,悬浮稳定性为0.47~0.49。从豆渣中提取的SSPS可以作为天然的抗氧化剂、防腐剂、增稠剂添加到食品中,也可作为酸性乳饮料的稳定剂。

**关键词:** 豆渣;水溶性大豆多糖;抗氧化性;抑菌性;稳定性

**中图分类号:** TS214.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2014)06-0157-04

## Study on Property and Application of Water-soluble Soybean Polysaccharide in Bean Dreg

WANG Hong-tao, CHEN Cheng, SHI Xue-ping, LI Xiao-hua

(Research and Empolder Center of Food Safety Project of Jiangsu Province, Food Department,  
Jiangsu Institute of Commerce, Nanjing 211168, China)

**Abstract:** The oxidation resistance, antibacterial activity and stabilizing effect on acid milk beverage of bean dreg water-soluble soybean polysaccharides(SSPS) from bean dreg treated with alkali and then extracted under acidic condition were studied in this paper, so as to provide theoretical basis for its application in food industry. The result showed that the clearance effect of SSPS on DPPH increased with the mass concentration of SSPS increasing, when the mass concentration was 0.2 g/L its clearance rate was 42%. SSPS had certain inhibition to *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus*, and the antibacterial activity increased with the increase of the mass concentration of SSPS. SSPS had certain stabilizing effect on acid milk beverage, when the addition amount of SSPS was 6 g/L, the centrifugal precipitation rate of acidic milk beverage was less than 3%, the suspension stability was close to 0.5, and its stabilizing effect was close to pectin. When SSPS was used as stabilizing agent, the viscosity of acid milk beverage was low. When pH changed between 3.4 and 4.4, the precipitation rate of acidic milk beverage was 2.80—3.15, and the suspension stability was 0.47—0.49. SSPS extracted from bean dreg can be added to food as natural anti-oxidant, preservative and thickener, and also as stabilizer for acidic milk beverage.

**Key words:** bean dreg; water-soluble soybean polysaccharide; oxidation resistance; antibacterial activity; stability

收稿日期:2014-01-05

基金项目:江苏经贸职业技术学院重点课题(JMZ2201237)

作者简介:汪洪涛(1973-),男,安徽安庆人,讲师,硕士,主要从事食品营养与生物技术研究。E-mail: wht0102@163.com

豆渣是豆制品加工企业的副产物,来源丰富,富含水溶性大豆多糖(water-soluble soybean polysaccharides,SSPS)。SSPS是一种酸性多糖,结构类似于果胶,具有高溶解性、抗氧化性、较低黏性、乳化稳定性好等许多优良特性,在食品中得到广泛应用<sup>[1]</sup>。目前,关于大豆水溶性多糖的提取和应用研究得较多,但采用不同原料、不同提取方法得到的SSPS的类型和分子量大小不同,其具有的功能也不同<sup>[2-6]</sup>。为了充分利用豆渣这种农副产品资源,变废为宝,笔者在查阅相关资料的基础上,采用对豆渣先用碱预处理再用酸法提取的新工艺提取豆渣中的SSPS,并对提取工艺进行了优化,在最优工艺条件下提取液中SSPS得率为36.2%,SSPS的最大分子量为64 322<sup>[7]</sup>。为了更好地应用这一新工艺提取出的SSPS,对其抗氧化性、抑菌性和对酸性乳饮料的稳定性进行了研究,为其在食品中的应用提供理论指导。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

SSPS粗品:江苏经贸学院食品实验室制备,经苯酚-硫酸法测定SSPS粗品中SSPS含量为91.2%,高效液相色谱法测定其最大分子量为64 322<sup>[7]</sup>;果胶:购自Danisco公司(中国昆山)。

药品主要有盐酸、石油醚(30~60℃)、葡萄糖、氢氧化钠、苯酚、浓硫酸、福林酚试剂、硝酸钠等,均为分析纯,由国药集团化学试剂有限公司生产;DP-PH(1,1-二苯基-2-苦基肼自由基)由梯希爱(上海)化成工业发展有限公司生产。大肠杆菌(*Escherichia coli*)、沙门氏菌(*Salmonella*)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、蜡样芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)由江苏经贸学院微生物实验室提供,分别简称为E、Sa、St、B。牛肉膏蛋白胨琼脂培养基按文献<sup>[8]</sup>操作自制。

### 1.2 主要仪器与设备

主要实验仪器有HH-2数显恒温水浴锅(江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司)、101-2电热鼓风干燥箱(上海实验仪器厂有限公司)、JB-3型定时恒温磁力搅拌器(上海雷磁新泾仪器有限公司)、GJJ-Q 03/100均质机(宁波新芝仪器有限公司)、LP115 pH值计(上海梅特勒托利多仪器有限公司)、FA2104电子分析天平(上海天平仪器厂)、80-2离心机(江苏省金坛市仪器制造有限公司)、NDJ-79型旋转黏度计(上海昌吉地质仪器有限公司)。

### 1.3 方法

1.3.1 SSPS对DPPH自由基的清除效果 参照文献<sup>[9]</sup>的方法稍作修改。精确称取49.29 mg的DPPH,用甲醇溶液定容至250 mL,得到 $5 \times 10^{-5}$  mol/L的DPPH溶液。将SSPS及Vc分别溶于甲醇中,配成0.01、0.025、0.05、0.1、0.15、0.20 g/L的溶液。取不同质量浓度的SSPS溶液2 mL及 $5 \times 10^{-5}$  mol/L的DPPH溶液2 mL,先后加入到同一个具塞试管中,室温静置30 min后,于517 nm测定其吸光度 $A_i$ ;以甲醇溶液为参比溶液,测定2 mL甲醇溶液与2 mL  $5 \times 10^{-5}$  mol/L DPPH溶液混合液的吸光度 $A_0$ ,再测定2 mL甲醇溶液和2 mL不同质量浓度SSPS溶液混合液的吸光度 $A_j$ 。同时,以Vc作对照,根据下面公式计算自由基清除率(Y):

$$Y = (1 - \frac{A_i - A_j}{A_0}) \times 100\%$$

1.3.2 SSPS的抑菌效果研究 先制备直径为90 mm的无菌牛肉膏蛋白胨琼脂培养基平板,用无菌水将预先活化的E、Sa、St、B 4种肠道致病菌菌体配制成 $10^6 \sim 10^7$  个/mL的菌悬液,无菌吸取1 mL各菌悬液至琼脂平板上,用无菌三角涂布棒均匀涂布接种;另根据SSPS粗品中SSPS含量,配成质量浓度分别为3、6、9、12、15 g/L的SSPS水溶液,用这些溶液制备滤纸片;然后用灭菌镊子将制备好的SSPS滤纸片轻贴在平板的菌层表面,之后将平板倒置于37℃恒温箱内培养18~24 h,用滤纸片法<sup>[10]</sup>测定抑菌圈直径,做3组平行试验并用无菌水作空白对照,确定其抑菌效果。

### 1.3.3 SSPS对酸性乳饮料的稳定性研究

1.3.3.1 酸性乳饮料制备工艺 将10 g脱脂奶粉和7 g蔗糖溶于100 mL水中→水浴加热到60℃,20 Mpa下均质2次→90℃水浴10 min杀菌→冷却到43℃,加入乳酸菌培养→发酵酸奶贮存于4℃冰箱中。

将不同质量的SSPS或果胶加入到70 g/L的蔗糖水溶液中→加热到80℃(10 min)→溶解→冷却到室温→将酸奶加入到蔗糖溶液中调整非脂固体含量为80 g/L→奶饮料用100 g/L的柠檬酸溶液和100 g/L的NaOH溶液调pH值到3.4~4.4→均质→制成酸性乳饮料<sup>[11]</sup>。

### 1.3.3.2 SSPS添加量对酸性乳饮料稳定性的影响

按照1.3.3.1的方法制备酸性乳饮料,调节酸性乳饮料pH值为3.8,在蔗糖水溶液中分别添加不同质量的SSPS,配制成含0、2、4、6、8、10、12、14 g/L SSPS的蔗糖水溶液,同时配制含4 g/L果胶的蔗糖

水溶液作为对照,测定酸性乳饮料的沉淀率、悬浮稳定性和黏度。

采用离心法测定沉淀率,即在有刻度的离心管中准确加入配置好的乳饮料 10 mL,在离心机中于 4 000 r/min 下离心 10 min,倒去上清液和浮层沥干后,称量底部沉淀物质量<sup>[10]</sup>。

沉淀率=沉淀物质量(g) / 离心前饮料质量(g) × 100%。

悬浮稳定性测定:取配制好的酸性乳饮料 10 mL,在 4 000 r/min 下离心 10 min,用移液管移取上层乳状液 2 mL 于 50 mL 容量瓶中定容,在 540 nm 处测定样品透光率<sup>[10]</sup>,透光率越小乳化效果越好。

R=T<sub>1</sub> / T<sub>2</sub>

式中:R—悬浮稳定性;T<sub>1</sub>—静置 1 d 后样品透光率;T<sub>2</sub>—离心后样品的透光率。

酸性乳饮料表观黏度测定:采用 NDJ-79 型旋转式黏度计测定,根据测定的黏度范围选择转子,测定温度为 25 ℃。

1.3.3.3 pH 值对酸性乳饮料稳定性的影响 按照 1.3.3.1 的方法制备酸性乳饮料,SSPS 的添加量为 6 g/L,调节 pH 值为 3.4、3.6、3.8、4.0、4.2、4.4,测定酸性乳饮料的沉淀率和悬浮稳定性。

2 结果与分析

2.1 SSPS 对 DPPH 自由基的体外清除效果

由图 1 可知,SSPS 对 DPPH 自由基具有一定的清除作用,且随着 SSPS 质量浓度的升高,清除率随之升高,当 SSPS 的质量浓度为 0.2 mg/mL 时,其对 DDPH 的清除率最高(42%)。与 Vc 相比,SSPS 对 DPPH 自由基的清除能力较弱。

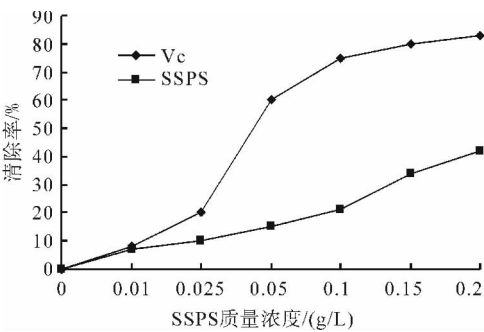


图 1 SSPS 和 Vc 对 DPPH 自由基的清除能力

2.2 SSPS 的抑菌效果

由表 1 可知,SSPS 对 E、Sa、St、B 4 种常见的肠道致病菌均有不同程度的抑制效果,且随着 SSPS 质量浓度的不断增加,其抑菌效果不断增强。故

SSPS 可作为天然的防腐剂,将其添加到食品或饲料中具有一定的防腐效果。

表 1 SSPS 的抑菌效果

SSPS 质量 浓度/(g/L)	抑菌圈直径/mm			
	E	Sa	St	B
3	6.5	6.3	6.4	6.6
6	7.2	6.9	6.8	7.4
9	8.0	7.6	7.4	8.1
12	8.8	8.5	8.3	8.8
15	9.6	9.3	8.9	9.7

2.3 SSPS 添加量对酸性乳饮料稳定性的影响

由图 2 可知,随着 SSPS 添加量的增加,酸性乳饮料的沉淀率减小,悬浮稳定性增大,表明酸性乳饮料稳定性随 SSPS 添加量的增加而显著增大。当 SSPS 质量浓度为 6 g/L 时,酸性乳饮料的离心沉淀率小于 3%,悬浮稳定性接近 0.5,而添加 4 g/L 果胶时酸性乳饮料的离心沉淀率是 3.49%。SSPS 用量继续增加,饮料离心沉淀率和悬浮稳定性变化均不大。说明 SSPS 有明显的稳定酸性乳饮料的效果,稳定效果与果胶接近。

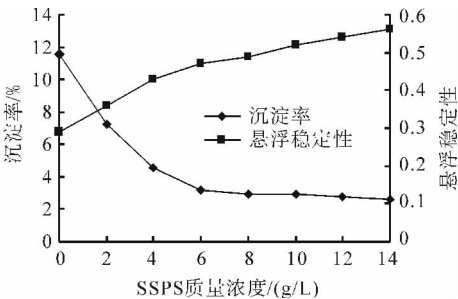


图 2 SSPS 添加量对酸性乳饮料稳定性的影响

按照 1.3.3.2 的方法测定 pH 值为 3.8、添加不同质量 SSPS 和 4 g/L 果胶的酸性乳饮料的黏度,结果见表 2。由表 2 可知,添加了 6 g/L SSPS 与添加了 4 g/L 果胶的饮料的黏度相同。

表 2 相同 pH 值下添加不同稳定剂后酸性乳饮料的黏度

项目	SSPS 质量浓度/(g/L)						果胶质量浓度/(g/L)
	2	4	6	8	10	12	4
黏度/(mPa·s)	3	4	6	8	9	11	6

2.4 pH 值对酸性乳饮料稳定性的影响

由图 3 可知,在 SSPS 添加量为 6 g/L 条件下,酸性乳饮料的 pH 值介于 3.4~4.4 时,其沉淀率为 2.80~3.15,悬浮稳定性为 0.47~0.49,两者变化都很小,表明 pH 值的变化对 SSPS 稳定酸性乳饮料的效果影响很小,SSPS 可以添加到不同类型的酸性乳饮料中。

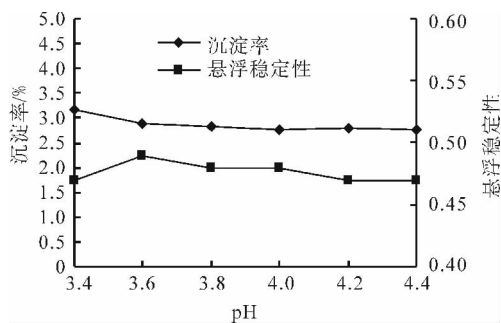


图 3 pH 值对酸性乳饮料稳定性的影响  
(SSPS 添加量为 6 g/L)

### 3 结论与讨论

先用碱预处理豆渣再用酸法提取的 SSPS 对体外 DPPH 自由基具有一定的清除效果,其清除率随 SSPS 质量浓度的增加而增加,当 SSPS 质量浓度为 0.2 g/L 时,其对 DPPH 的清除率为 42%,但清除效果低于 Vc;SSPS 对常见的肠道致病菌如大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌和蜡样芽孢杆菌均有一定的抑制作用,其抑菌效果随 SSPS 质量浓度的增大而增大;SSPS 对酸性乳饮料有一定的稳定作用,其稳定效果与果胶接近,当 SSPS 添加量为 6 g/L 时,酸性乳饮料的离心沉淀率小于 3%,而悬浮稳定性接近 0.5;SSPS 作稳定剂时,酸性乳饮料的黏度较小;pH 值介于 3.4~4.4 时,酸性乳饮料的沉淀率为 2.80~3.15,悬浮稳定性为 0.47~0.49,表明 SSPS 稳定酸性乳饮料的效果几乎不受 pH 值影响。采用碱法预处理豆渣然后酸法提取的 SSPS 可作为天然的抗氧化剂、防腐剂和增稠剂添加到食品中,也可作为酸性乳饮料的稳定剂,具有良好的稳定效果。

#### 参考文献:

- [1] 谭永辉,王文生,秦玉昌,等. 豆渣中水溶性大豆多糖的提取与应用[J]. 大豆科学,2008,27(1):150-154.
- [2] 范远景,张倩,朱昶. 豆渣中水溶性大豆多糖提取及组分鉴定[J]. 食品科学,2007,28(9):295-298.
- [3] 赖富饶,温其标,李琳,等. 豆皮多糖与豆渣多糖的物化性质和功能特性[J]. 华南理工大学学报:自然科学版,2010,38(4):50-54,60.
- [4] 张强,牟雪姣,周正义,等. 豆渣多糖的提取及抗氧化活性研究[J]. 中国粮油学报,2007,22(5):49-52.
- [5] 梁建忠,顾苒,高红亮,等. 大豆水溶性多糖的黏度性质及应用研究[J]. 华北农学报,2007,22(增刊):143-145.
- [6] Akhtar M, Dickinson E, Mazoyer J, et al. Emulsion stabilization of depolymerized pectin[J]. Food Hydrocolloids, 2002, 16(3):249-256.
- [7] 汪洪涛,陈成,李小华,等. 豆渣中水溶性大豆多糖提取工艺的优化[J]. 江苏农业科学,2013,41(12):290-292.
- [8] 刘用成. 食品检验技术(微生物部分)[M]. 北京:中国轻工业出版社,2009:53-70.
- [9] Amarowicz R, Zegarska Z, Rafalowski R, et al. Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of ethanolic extra, ctsthyme, oregano, and marjoram[J]. Eur J Lipid Sci Technol, 2009, 111:1111-1117.
- [10] 周邦靖. 常用中药的抗菌作用及其测定方法[M]. 重庆:科学技术文献出版社重庆分社,1987:96-99.
- [11] 武建新. 乳制品生产技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,2000:136-172.