

大豆水溶性多糖的提取及其 对酸性乳饮料的稳定作用*

孙 敏¹, 陈 玮², 高红亮¹, 李 庄¹, 常忠义¹

(1 华东师范大学 生命科学学院, 上海 200062;

2 三门峡职业技术学院, 河南 三门峡 472000)

[摘 要] 采用正交试验研究了从豆渣中提取大豆水溶性多糖的工艺, 并探讨了其对酸性乳饮料的稳定作用。结果表明, 从豆渣中提取大豆水溶性多糖的最佳工艺为固液质量比 1 : 20, 提取 pH = 3, 提取温度 120 ℃, 提取时间 1.5 h; 对多糖提取率影响最大的因素是提取温度, 其次是提取 pH 和提取时间; 提取的大豆水溶性多糖在添加量为 4.0 g/L、pH 为 4.0 的酸性乳饮料中, 其稳定作用最好, 稳定效果与果胶相似, 而明显优于阿拉伯胶、PGA 和 CMC。

[关键词] 大豆水溶性多糖; 提取条件; 酸性乳饮料

[中图分类号] TS209

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)01-0106-04

Extraction of water-soluble soybean polysaccharides and its application in acid dairy beverages

SUN Min¹, CHEN Wei², GAO Hong-liang¹, LI Zhuang¹, CHANG Zhong-yi¹

(1 School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2 Samenxia Polytechnic, Samenxia, Henan 472000, China)

Abstract: The paper studied the extraction technology of water-soluble soybean polysaccharides (SSPS) and its effect on the stability of acid dairy beverages. According to the results of the orthogonal experiment and its actual application, the ideal extraction process of SSPS was solid-liquid ratio: 1 : 20, extraction temperature: 120 ℃, extraction pH: 3, extraction time: 1.5 hours. Among these factors the extraction temperature had the greatest influence on the extraction ratio of SSPS, extraction pH and extraction time also had influence on the yield of SSPS. SSPS at concentration of 4.0 g/L could stabilize acid dairy beverage which was prepared with 36 g/L skim milk and 50 g/L sugar at pH 4.0. The stability of SSPS was similar to that of pectin, but superior to that of Acacia gum, PGA and CMC.

Key words: soybean polysaccharides; extraction condition; acid dairy beverage

大豆水溶性多糖 (water-soluble soybean polysaccharides (SSPS)) 是一种从制造大豆蛋白或豆腐后剩下的副产品中提取和精制的水溶性多糖, 属酸性多糖, 结构类似果胶, 含有由半乳糖醛酸组成的酸性糖主链和阿拉伯糖基组成的中性糖侧链, 另外还有一些蛋白质成分结合在糖链上, 分子质量为

5 000~1 000 000 u。大豆水溶性多糖的结构使其在水溶液中具有相对低的黏度 (与果胶相比) 和较高的稳定性, 无论在较高的温度或是较低的温度下都可以溶解, 且溶解冷却后不会形成絮凝作用, 溶液的黏度受酸、热及盐类的影响不大。这些特性使其具有很多独特的功能, 如可以作为乳化剂、稳定剂、分散剂

* [收稿日期] 2005-12-27

[作者简介] 孙 敏 (1980-), 女, 江苏邳州人, 在读硕士, 主要从事食品生化研究。

[通讯作者] 常忠义 (1968-), 男, 河南洛阳人, 副教授, 主要从事微生物及食品生化研究。

等^[1]。大豆水溶性多糖作为乳化剂不仅可以用作风味乳化剂, 而且可以用在含油 50% 的酸性食品中, 其乳化性能不受 pH 值和离子强度的影响^[2]。作为分散剂可以用作快餐、谷类食品及木头、玻璃等的黏合剂; 同时不添加其他物质可以很快成膜, 也可用作药片等的外衣; 还可以用于工业生产, 如作为水彩、陶瓷和水泥的分散剂, 分散效果很好^[3]。乳品工业中用作稳定剂的有果胶、阿拉伯胶、PGA 和 CMC 等。据报道^[2], 大豆水溶性多糖作为稳定剂用于乳品工业上, 有稳定性好、黏度低、口感清爽等优点。

自 1965 年起, 国外就有学者先后对从大豆种子中提取多糖的方法及其影响因素进行了相关研究^[3-6]; 国内黄晓青等^[7]采用酶法从豆腐渣中提取了 2 种膳食纤维, 并对其在调节糖代谢和降低血浆甘油三酯方面的作用进行了研究。但是, 国内对从豆渣中提取大豆水溶性多糖的方法及其应用报道很少。本试验借鉴国外的研究成果, 以提取率为主要指标, 研究了从豆渣中提取大豆水溶性多糖的工艺及大豆水溶性多糖在酸性乳饮料中的稳定作用, 以达到进一步提高大豆水溶性多糖提取率的目的, 为工业化生产及应用提供一定的依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

材料 豆渣购自山东东阿阿胶厂, 脱脂奶粉由新西兰生产, 蔗糖为市售食品级, 所用试剂均为分析纯。

仪器 DELTA 320 pH 计由梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司生产, 721 型分光光度计由上海第三分析仪器厂生产, 电热恒温水浴锅由绍兴柯桥医疗器械厂生产, 均质机由上海中鹿均质机有限公司生产, 高压灭菌锅由上海医用核子仪器厂生产。

1.2 试验方法

1.2.1 大豆水溶性多糖的提取 (1) 大豆水溶性多糖提取的基本流程: 干燥豆渣粉碎 → 浸泡 → 3 mol/L HCl 调节 pH → 高温水解提取 → 离心 → 取上清液 → 浓缩 → 乙醇沉淀 → 离心 → 沉淀用体积分数 95% 乙醇洗 2 次 → 无水乙醇洗 1 次 → 室温干燥得到多糖粗品。

(2) 大豆水溶性多糖提取条件的筛选。影响大豆水溶性多糖提取的因素较多, 因此在单因素试验的基础上, 综合考虑各种因素, 进行了 $L_9(3^4)$ 正交试验^[7], 试验设计见表 1。

表 1 大豆水溶性多糖提取正交试验因素与水平

水平 Level	固液质量比 Solid-liquid ratio A	pH B	提取 温度/ Temperature C	提取 时间/h Time D
1	1 15	3	80	0.5
2	1 20	4	100	1.5
3	1 30	5	120	3.0

(3) 大豆水溶性多糖含量的测定^[8]。多糖总量测定采用苯酚-硫酸法, 以葡萄糖为标准品。

葡萄糖标准曲线的回归方程为:

$$A = 0.0656C - 0.0472 \quad (R^2 = 0.9992),$$

式中: A 为多糖溶液在波长 490 nm 处的吸光度, C 为多糖的浓度(g/L)。

大豆水溶性多糖的提取率/% = (提取大豆水溶性多糖质量(g)/原料豆渣质量(g)) × 100%。

1.2.2 大豆水溶性多糖对酸性乳饮料的稳定作用试验 将 90 g/L 脱脂乳溶液 40 mL 和 250 g/L 蔗糖溶液 20 mL 混合均匀, 将大豆水溶性多糖倒入一定量的蒸馏水中, 升温至 80℃ 溶解, 然后将溶解的大豆水溶性多糖溶液加入到混合的脱脂乳溶液中, 并添加水至最终体积为 100 mL, 其成分是 36 g/L 脱脂乳, 50 g/L 蔗糖, 使最终大豆水溶性多糖含量分别为 1, 2, 3, 4 和 5 g/L。用质量分数为 10% 的柠檬酸调节 pH 分别为 3.4, 3.6, 3.8, 4.0, 4.2 和 4.4, 然后均质, 装瓶, 在 90℃ 下水浴 15 min, 冷却后常温保存 7 d 测沉淀率。以不加大豆水溶性多糖的脱脂乳和蔗糖混合液为对照, 其他处理相同。沉淀率的测定方法^[9]为: 在有刻度的离心管中, 准确加入配制好的酸乳饮料 10 mL, 然后于 4 500 r/min 离心 20 min, 弃去上清液, 准确称取沉淀物质量, 利用下式计算沉淀率:

$$\text{沉淀率}/\% = (\text{沉淀物质量(g)}/10 \text{ mL 饮料质量(g)}) \times 100\%。$$

1.2.3 大豆水溶性多糖与不同稳定剂对酸性乳饮料的稳定作用比较 对 1.2.2 试验中确定的大豆水溶性多糖用量和 pH 值, 与等量果胶、CMC、PGA 和阿拉伯胶对酸性乳饮料的稳定作用进行比较, 以沉淀率为评价指标。

2 结果与分析

2.1 大豆水溶性多糖最适提取条件的确定

由正交试验结果 R 值(表 2)可以看出, 本次正

交试验理论上得到的最佳工艺为: $A_3B_1C_3D_3$, 即固液质量比 1 : 30, 提取 pH = 3, 提取温度 120 ℃, 提取时间 3 h。通过试验得知, 最优水平的提取率为 69%; 又因为固液比 1 : 20 与 1 : 30 的 X 值间仅差 0.007, 提取时间 1.5 h 与 3.0 h 的 X 值仅差 0.072, 所以尝试使用固液质量比 1 : 20、提取 pH = 3、提取

温度 120 ℃、提取时间 1.5 h 的条件提取大豆水溶性多糖, 结果提取率为 65%, 与最优条件相差不大。因此, 综合考虑生产能耗等因素, 宜用固液比 1 : 20、提取 pH = 3、提取温度 120 ℃、提取时间 1.5 h 的工艺。

表 2 大豆水溶性多糖提取的正交试验结果
Table 2 Results of SSPS extraction orthogonal design

试验顺序 Test order	固液比 Solid-liquid ratio A	pH B	提取温度/ Temperature C	提取时间/h Time D	提取率/% Extract ratio
1	1 : 15	3	80	0.5	12
2	1 : 15	4	100	1.5	9
3	1 : 15	5	120	3	64.5
4	1 : 20	3	100	3	32
5	1 : 20	4	120	0.5	44
6	1 : 20	5	80	1.5	12
7	1 : 30	3	120	1.5	66
8	1 : 30	4	80	3	12
9	1 : 30	5	100	0.5	12
X_1	0.285	0.367	0.120	0.227	
X_2	0.293	0.217	0.177	0.290	
X_3	0.300	0.295	0.582	0.362	
R	0.015	0.150	0.462	0.135	

2.2 大豆水溶性多糖对酸性乳饮料的稳定作用

酸性乳饮料 pH 值一般都在 3.4~4.4。图 1 显示了浓度为 1~5 g/L 的大豆水溶性多糖, 分别在 pH 为 3.4~4.4 时酸性乳饮料的沉淀率, 同时以不添加大豆水溶性多糖的酸性乳饮料作为对照。乳饮料中的蛋白质沉淀率低通常意味着对牛乳中蛋白有良好的稳定作用。从图 1 可以看出, 添加大豆水溶性多糖的酸性乳饮料的沉淀率均比对照低, 也就是起到了一定的稳定作用。但添加量为 1.0 g/L 的大豆

水溶性多糖还不足以稳定供试 pH 范围内的牛奶蛋白; 2.0~3.0 g/L 大豆水溶性多糖虽然能在一定范围内稳定酸性乳饮料中的蛋白质, 但对于所有参试 pH 下的酸性乳饮料并不是完全可行的; 4.0 g/L 的大豆多糖是能稳定所有参试 pH 酸乳饮料的最小用量。在添加 4.0 g/L 的大豆水溶性多糖时, 酸性乳饮料 pH 为 4.0 时的沉淀率最低, 所以后续试验均采用添加 4.0 g/L 大豆多糖, 并调节酸性乳饮料 pH 为 4.0。

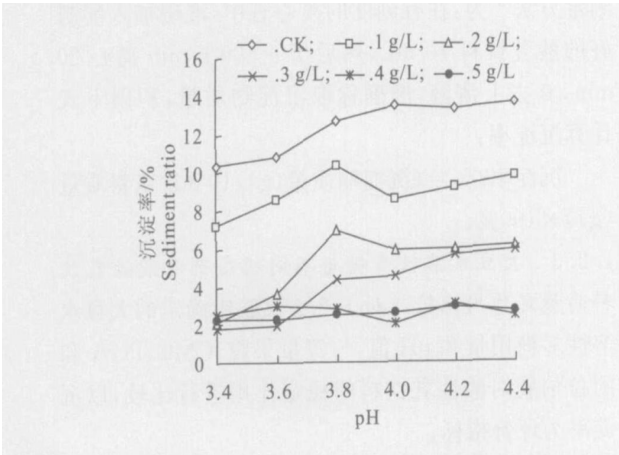


图 1 不同浓度的大豆水溶性多糖对酸性乳饮料的稳定作用
Fig 1 Stabilizing effect of SSPS of different concentrations on acid dairy beverages

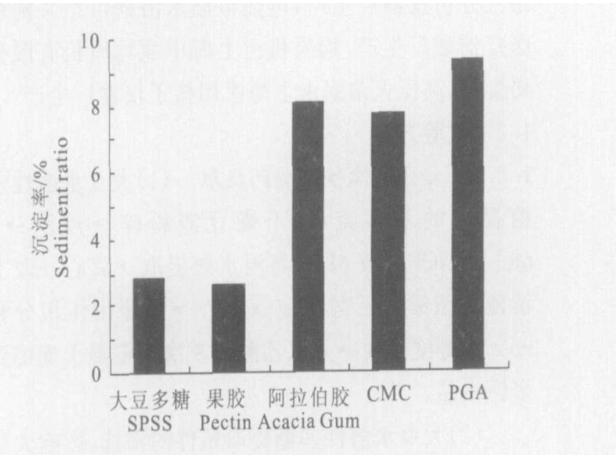


图 2 不同稳定剂对酸性乳饮料的稳定作用
Fig 2 Stability of different stabilizers on acid dairy beverages

2.3 大豆水溶性多糖与不同稳定剂对酸性乳饮料的稳定作用比较

由图2可知,酸性乳饮料中稳定剂添加量为40 g/L、pH为4.0时,大豆水溶性多糖和果胶的沉淀率均低于3%,对牛乳中的蛋白颗粒具有良好的稳定作用。阿拉伯胶、PGA和CMC的沉淀率都高于7%,稳定效果明显差于果胶和大豆水溶性多糖。

3 结论与讨论

1) 本试验结果表明,在影响大豆水溶性多糖提取率的4个因素中,提取温度为最主要因素,对提取率有显著影响,其次是提取pH和提取时间,固液比对提取率的影响最小。综合考虑试验结果和实际生产因素,得出最适的提取条件是固液比1:20,提取pH=3,提取温度120℃,提取时间1.5 h。

2) 添加40 g/L大豆水溶性多糖的酸性乳饮料,在常温下保存7 d仍然保持稳定,未出现颗粒性物质和分层现象,而未添加大豆水溶性多糖的对照组在调节pH到4.0时,即出现明显的颗粒性物质和分层现象。这一结果证明大豆水溶性多糖可以在酸性条件下稳定牛奶蛋白。牛奶中的蛋白以酪蛋白为主,牛奶中酪蛋白的等电点为pH 4.6,在牛奶酸化过程中,当pH值下降到等电点附近时,酪蛋白之间因为静电排斥力的减弱和消失而相互聚集,极易引起蛋白质的凝集沉淀。工业上通常以添加稳定剂来解决,同时辅以均质等物理方法,使蛋白质颗粒细微化。大豆水溶性多糖的这种功能与其本身的结构密切相关,大豆水溶性多糖本身具有复杂的多糖链,可以将蛋白颗粒包裹,通过糖链所带电荷间的排斥力和糖链本身的空间位阻,使蛋白颗粒即使在等电点也无法聚集,从而达到在酸性条件下稳定蛋白颗粒的目的^[2]。

3) 大豆水溶性多糖对酸性乳饮料具有良好的稳

定作用,40 g/L的添加量就可以对pH 3.4~4.4的酸性乳饮料起到稳定作用。与其他稳定剂的稳定作用相比,大豆水溶性多糖对酸性乳饮料的稳定效果与常用的食品稳定剂果胶相似,而明显优于阿拉伯胶、PGA和CMC。大豆水溶性多糖含有大量的膳食纤维,添加到酸性乳饮料中,不仅可以增强食品中的膳食纤维,还可以稳定酸乳中的蛋白质,所以是一种理想的酸乳饮料稳定剂。我国每年都有大量制造大豆蛋白后的废弃物豆渣,从这种工业废弃物中提取出大豆水溶性多糖,可以变废为宝,充分利用资源,因而具有良好的应用价值和开发前景。

[参考文献]

- [1] Phillipa G O, William s P A. Handbook of hydrocolloids[M]. New York: CRC Press, 1998: 310-320
- [2] Akihiro N, Taro T R, Ryuji Y, et al. Emulsifying properties of soybean soluble polysaccharides[J]. Food Hydrocolloids, 2004, 18: 795-803
- [3] Aspinall G O, Begbie R, Hamilton A, et al. Polysaccharides of soybeans: extraction and fractionation of polysaccharides from cotyledon meal[J]. Chem Soc (C), 1967: 1065-1070
- [4] Morita M. Polysaccharides of soybean seeds: polysaccharide constituents of "hot-water-extract" fraction of soybean seed and an arabinogalactan as its major component[J]. Agric Bio Chem, 1965, 29: 564-573
- [5] Yoshii H, Furuta T, Maeda H, et al. Hydrolysis kinetics of okara and characterization of its water-soluble polysaccharides[J]. Biosci Biotech Biochem, 1996, 60(9): 1406-1409
- [6] Furuta H, Takahashi T, Tobe J, et al. Extraction of water-soluble soybean polysaccharide under acidic conditions[J]. Biosci Biotech Biochem, 1998, 62: 2300-2305
- [7] 黄晓青, 瞿伟菁, 王 燕, 等. 采用酶法从豆渣中制备2种膳食纤维[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30: 25-28
- [8] 张惟杰. 糖复合物生化研究技术[M]. 2版. 杭州: 浙江大学出版社, 1999: 11-12
- [9] 张富新, 丁 武, 寇利苹. 酸性豆乳饮料稳定性的研究[J]. 中国乳品工业, 1997, 25(2): 12-14