

## 工艺条件对酸性大豆蛋白固体饮料品质的影响

段志强<sup>1</sup>, 查东风<sup>2</sup>, 黄汉峰<sup>2</sup>,  
高红亮<sup>1</sup>, 金明飞<sup>1</sup>, 崔红亮<sup>3</sup>, 常忠义<sup>1</sup>

(1. 华东师范大学 生命科学学院, 上海 200241;

2. 河南省商丘市农业局经作中心, 河南 商丘 476000;

3. 平顶山天晶植物蛋白有限责任公司, 河南 平顶山 467200)

**摘要:** 对影响酸性大豆蛋白固体饮料品质的因素进行了研究, 并优化了酸性大豆蛋白固体饮料制备的工艺条件, 研究发现最佳制备工艺条件为大豆蛋白与大豆多糖添加质量比为 1:0.22、干燥前调节混合液 pH 值为 7.0、先混和大豆多糖和麦芽糊精再与大豆蛋白混合、喷雾干燥并取收集桶中样品, 在此条件下制备的新型大豆蛋白固体饮料溶解性较好, 且调制成的酸性大豆蛋白液体饮料的沉淀率较低, 仅为 0.95%。

**关键词:** 大豆蛋白; 固体饮料; 工艺条件; 溶解性; 稳定性

**中图分类号:** TS278

**文献标识码:** A

大豆蛋白具有媲美牛奶的高消化率<sup>[1]</sup>, 且氨基酸含量丰富、均衡<sup>[2]</sup>, 适合开发成蛋白饮料产品。除了具有高营养和高消化的特点外, 大豆蛋白还具有降胆固醇<sup>[3]</sup>、调节胰岛素<sup>[4]</sup>、减肥<sup>[5]</sup>等功效, 因而经常被添加到食品饮料中<sup>[6-7]</sup>。但是, 市场上的酸性大豆蛋白饮料沉淀率高、品质差、市场响应慢, 在消费者中接受度并不高。近年来, 人们从豆渣中获得了一种新型的饮料稳定剂大豆多糖, 其粘度很低<sup>[8]</sup>, 以空间位阻的方式发挥稳定性<sup>[9]</sup>, 能够应用到果胶不能发挥作用的 pH 区间 (pH=3.8~4.8)。因此, 大豆多糖可用来制备口感清爽的酸性蛋白饮料, 使饮料的种类更加多样化。张亦澜等<sup>[10]</sup>使用大豆多糖、大豆蛋白开发了一种酸性大豆蛋白饮料, 然而液体饮料存在运输不便、不易贮存等缺点。另外, 麦芽糊精是食品行业中广泛应用的一种多聚糖, 可促进产品成型, 是一种很好的载体<sup>[11]</sup>。

本文拟以大豆蛋白为营养源、大豆多糖为稳定剂、麦芽糊精作为载体, 研究工艺条件对酸性大豆蛋白固体饮料品质的影响, 开发一种新型大豆蛋白饮品, 以期为新型大豆蛋白固体饮料开发提供理论依据和技术支持。

## 1 实验

### 1.1 材料

食品级大豆分离蛋白、水溶性大豆多糖, 平顶山天晶植物蛋白有限责任公司; 白砂糖、麦芽糊精、柠檬酸, 柠檬酸钠, 食品级, 市售; 水晶葡萄汁饮料, 统一公司。

收稿日期: 2016-01-07

作者简介: 段志强 (1988~), 男, 河南平舆人, 硕士; 主要从事食品生化研究。dzq1988418@163.com

\* 通讯作者: 常忠义 (1968~), 男, 河南洛阳人, 副教授, 博士; 主要从事微生物和食品生化研究。zychang@bio.ecnu.edu.cn

## 1.2 酸性大豆蛋白固体饮料的制作

采用麦芽糊精、大豆蛋白、大豆多糖三种原料制备大豆蛋白固体饮料，其中麦芽糊精在固体饮料中比例为40%，大豆蛋白和多糖含量为60%，先使用80℃水混合三种原料（麦芽糊精、大豆蛋白、大豆多糖）中的两种，在7500 r/min下乳化10 min，18 Mpa压力下均质后，作为第一混合液。使用常温水溶解余下的一种原料，作为第二混合液，然后将第一、第二混合液混合，4500 r/min乳化5 min，18 Mpa压力下均质。调节混合液的pH值，使用喷雾干燥（进风温度165℃，出风温度80℃）或冷冻干燥，制备新型大豆蛋白固体饮料。

## 1.3 工艺条件的设计

为了研究工艺条件对新型大豆蛋白固体饮料品质的影响，选取了大豆蛋白与大豆多糖比例、干燥前混合液pH、原料混合方式、干燥方式4个因素，每个因素设计多个水平进行实验，其中大豆蛋白固体饮料中加入的大豆蛋白与大豆多糖的质量比分别为1:0.16、1:0.18、1:0.2、1:0.22、1:0.24、1:0.26。原料混合方式有三种，分别为多糖+麦芽糊精/大豆蛋白、大豆蛋白+麦芽糊精/多糖、多糖+大豆蛋白/麦芽糊精（其中“+”代表原料同时混合，“/”代表原料先后混合）。在干燥前，原料混合液体的pH值分别调节为3.0、4.0、5.0、6.0、7.0或8.0共六个梯度。在制备酸性大豆蛋白固体饮料时，采用的干燥方式分别为喷雾干燥（进风温度165℃，出风温度80℃）或冷冻干燥两种。此外，在本研究中，每种工艺条件中的每个处理均重复三次。

## 1.4 酸性大豆蛋白固体饮料溶解率的测定

把酸性大豆蛋白固体饮料配成5%的溶液，用磁力搅拌器搅拌30 min，称取10 g溶液于离心管中进行离心（5000 r/min离心15 min），用BCA试剂盒测上清中蛋白含量，重复三次，溶解度即为上清蛋白含量与总蛋白含量的比值。

## 1.5 酸性大豆蛋白液体饮料的调制及沉淀率的测定

取制备好的新型大豆蛋白固体饮料，用60℃水配制成9%的溶液，搅拌20 min后混入一定量的糖水（浓度为20%）和葡萄汁，混合搅拌10 min。随后，加入等量的常温水，再次搅拌10 min。在适当温度下调pH值为4后，在18 Mpa压力下均质，最后85℃/min杀菌15 min，酸性大豆蛋白液体饮料调制完成。

按照蒲金平等<sup>[12]</sup>中的研究方法检测酸性大豆蛋白液体饮料的沉淀率。取调制的酸性大豆蛋白液体饮料10 mL，在3000 r/min下离心10 min，去除上清，将离心管倒置15 min，计算沉淀率，如式（1）所示。

$$\text{沉淀率}/\% = \frac{\text{离心后管的质量} - \text{空管的质量}}{\text{样品和管的总质量} - \text{空管的质量}} \times 100 \quad (1)$$

# 2 结果与讨论

## 2.1 工艺条件对酸性大豆蛋白固体饮料溶解性的影响

### 2.1.1 大豆多糖对酸性大豆蛋白固体饮料溶解性的影响

将不同添加量的大豆多糖分别与麦芽糊精混和后，再与大豆蛋白混合，混合液pH值调为7.0，喷雾干燥后收集桶中的样品以检测酸性大豆蛋白固体饮料的溶解性。如图1所示，随着大豆多糖含量的增加，酸性大豆蛋白固体饮料的溶解率随之升高，在大豆蛋白和大豆多糖的比例为1:0.22时达到最高，为83.4%，之后略微下降。大豆蛋白与大豆多糖的比例小于1:0.22时，大豆蛋白和大豆多糖以及麦芽糊精分子在“剪切”力的作用下，各自的结构伸展，发生联结，蛋白分子中引入了羟基等亲水基团，提高了溶解性。

2.1.2 干燥之前混合液 pH 值对酸性大豆蛋白固体饮料溶解性的影响

将大豆蛋白与大豆多糖的比例定为 1 : 0.22，先混和 大豆多糖和麦芽糊精，再与大豆蛋白混合，分别调节混合液 pH 值为 3.0、4.0、5.0、6.0、7.0、8.0 后喷雾干燥，收集桶的样品以研究 pH 值对酸性大豆蛋白固体饮料溶解性的影响。如图 2 所示，大豆蛋白本身的溶解性受 pH 值影响很大，在 pH 值为 4 接近蛋白等电点时，溶解率最低，为 55.62%；远离等电点则迅速升高，pH 值为 8 时，溶解率最高，为 83.8%。实验结果表明干燥前 pH 越靠近蛋白等电点，配料的溶解率越低。

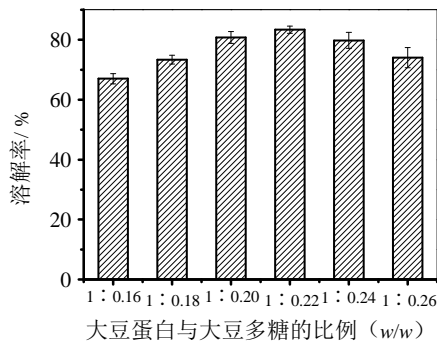


图1 大豆多糖对酸性大豆蛋白固体饮料溶解性的影响

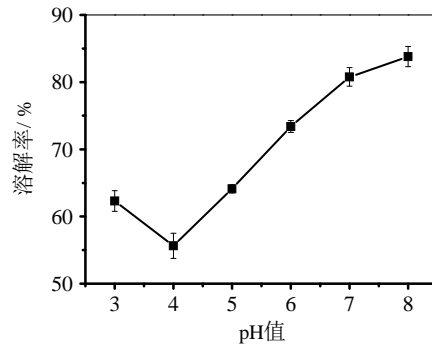


图2 干燥之前混合液pH值对酸性大豆蛋白固体饮料溶解性的影响

2.1.3 干粉混合方式对酸性大豆蛋白固体饮料溶解性的影响

将大豆蛋白与大豆多糖的比例定为 1 : 0.22，分别采用三种不同的方式进行原料的混合，然后调节混合液 pH 值为 7.0，喷雾干燥后收集桶中的样品，并检测酸性大豆蛋白固体饮料的溶解性。如图 3 所示，不同的混合方式影响产品的溶解率，先混和 大豆蛋白和麦芽糊精时混合液均匀度低，最终产物的溶解率最低，只有 67.4%，其余两种混合方式获得的配料溶解率均接近 80%，说明先混合大豆蛋白和麦芽糊精不利于配料的溶解。

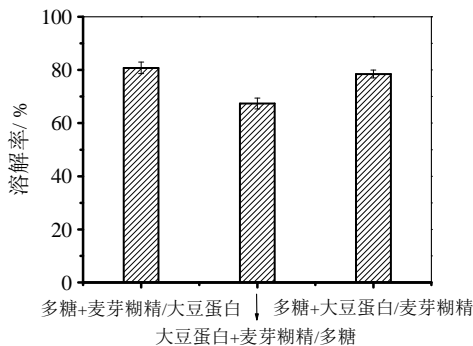


图3 干粉混合方式对酸性大豆蛋白固体饮料溶解性的影响

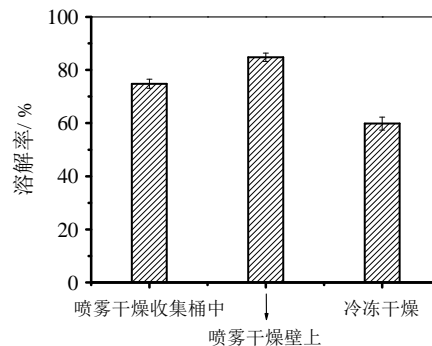


图4 干燥方式对酸性大豆蛋白固体饮料溶解性的影响

2.1.4 干燥方式对酸性大豆蛋白固体饮料溶解性的影响

将大豆蛋白与大豆多糖的比例确定为 1 : 0.22，先混合大豆多糖和麦芽糊精，再与大豆蛋白水溶液混合，干燥前调节混合液 pH 值为 7.0，分别采用喷雾干燥和冷冻干燥两种方式制备酸性大豆蛋白固体饮料，研究干燥方式对酸性大豆蛋白固体饮料溶解性的影响。如图 4 所示，喷雾干燥塔壁上收集的配料溶解率最

高,达到了 84.8%,喷雾干燥收集桶中配料的溶解率为 74.8%,冷冻干燥得到的配料溶解率最低,为 59.83%,以喷雾干燥方式得到的配料溶解率更高。

## 2.2 工艺条件对酸性大豆蛋白液体饮料稳定性的影响

### 2.2.1 大豆多糖对酸性大豆蛋白液体饮料稳定性的影响

分别将不同添加量的大豆多糖与麦芽糊精混和,再与大豆蛋白混合,混合液 pH 值为 7.0,喷雾干燥后收集桶中的样品,调制成酸性大豆蛋白液体饮料,并检测其沉淀率。众所周知,大豆蛋白是一种两性电解质,在中性条件下,由于蛋白自身电荷间的静电排斥作用,在溶液中比较稳定,而在等电点附近 pH 值为 4.4~4.6 时,所带电荷被中和,将发生聚集沉淀。然而,大豆水溶性多糖本身具有复杂的多糖链,可以将蛋白分子层层包裹,形成对外界隔绝的保护层,且在酸性条件下大豆水溶性多糖也能稳定蛋白颗粒<sup>[13]</sup>。因此,本研究使用大豆多糖代替果胶作为稳定剂,克服了大豆蛋白饮料在酸性条件下沉淀率高的缺点。

如图 5 所示,随着大豆多糖含量的增加,饮料的沉淀率随之下降,在大豆蛋白与大豆多糖的比例超过 1:0.22,沉淀率为 1.11%,继续增加大豆多糖的添加量,饮料的沉淀率下降变化不显著 ( $P>0.05$ )。考虑到大豆多糖的价格较高和饮料中的蛋白质营养等因素,大豆蛋白与大豆多糖的比例选为 1:0.22 用于工业生产较为合适。

### 2.2.2 混合液 pH 对酸性大豆蛋白液体饮料沉淀率的影响

将大豆蛋白与大豆多糖的比例定为 1:0.22,先混和 大豆多糖和麦芽糊精,再与大豆蛋白混合,分别调节混合液 pH 值为 3.0、4.0、5.0、6.0、7.0、8.0,喷雾干燥后收集桶的样品,调制成酸性大豆蛋白液体饮料后,研究其沉淀率的变化。如图 6 所示,干燥之前,混合物溶液的 pH 越靠近大豆蛋白的等电点 (pH 值为 4.4~4.6),干燥后得到的样品调制的酸性大豆蛋白液体饮料的沉淀率越高,当 pH 值为 4 时,沉淀率最高,达到了 1.5%。但是,当 pH 值大于 4 时,随着 pH 值增大,酸性大豆蛋白液体饮料的沉淀率下降,且在 pH 值为 7 或 8 时,沉淀率相似,约为 1.0%。因此,从实验结果上来看,混合液 pH 值为 7.0 时,酸性大豆蛋白液体饮料的沉淀率较低。

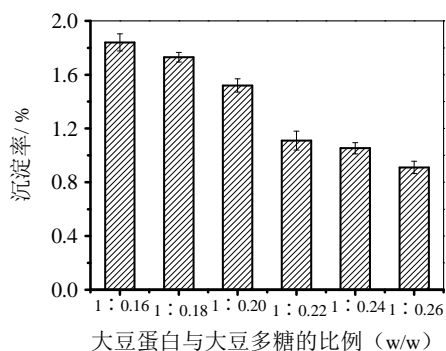


图5 大豆多糖对酸性大豆蛋白液体饮料沉淀率的影响

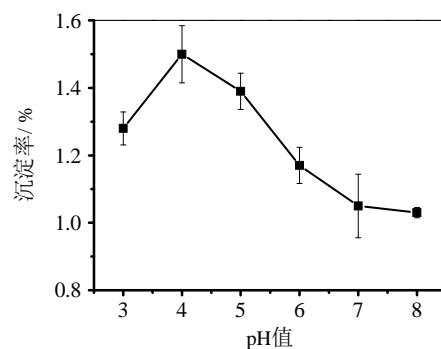


图6 干燥前pH值对大豆蛋白液体饮料沉淀率的影响

### 2.2.3 原料混合方式对酸性大豆蛋白液体饮料稳定性的影响

将大豆蛋白与大豆多糖的比例定为 1:0.22,采用三种不同的方式混合原料,调节混合液 pH 值为 7.0,喷雾干燥后收集桶中的样品,调制成酸性大豆蛋白液体饮料,并研究原料混合方式对酸性大豆蛋白液体饮料稳定性的影响。结果表明,将大豆多糖和麦芽糊精混合作为第一混合液,大豆蛋白作为第二混合液,这种混合方下饮料的沉淀率最低,为 1.09% (如图 7 所示)。

#### 2.2.4 干燥方式对酸性大豆蛋白液体饮料稳定性的影响

将大豆蛋白与大豆多糖的比例确定为 1:0.22, 混合大豆多糖和麦芽糊精后, 再与大豆蛋白水溶液混合, 调节混合液 pH 值为 7.0 后, 分别采用喷雾干燥和冷冻干燥两种方式进行干燥, 调制成酸性大豆蛋白液体饮料后检测其沉淀率。如图 8 所示, 喷雾干燥机收集桶中的样品调制成酸性饮料后沉淀率最低, 为 1.01%; 冷冻干燥次之, 沉淀率为 1.33%, 喷雾干燥塔壁上的收集物沉淀率最高, 为 1.72%。

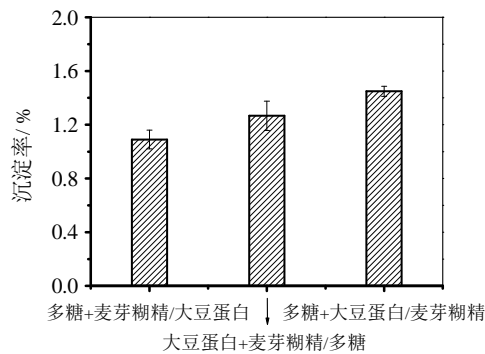


图7 混合方式对酸性大豆蛋白液体饮料沉淀率的影响

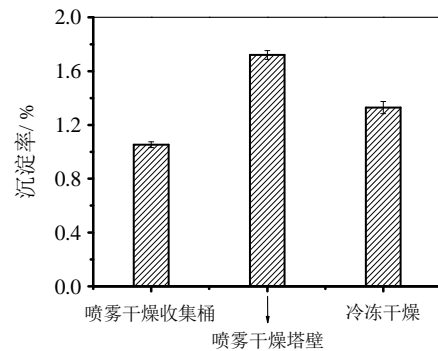


图8 干燥方式对酸性大豆蛋白液体沉淀率的影响

### 2.3 新型大豆蛋白饮料的制备

选取实验最优条件, 如大豆蛋白与大豆多糖的比例选为 1:0.22、大豆多糖和麦芽糊精先混合再与大豆蛋白混合的方式、干燥前混合液调 pH 为 7.0、喷雾干燥等工艺条件, 制备了新型大豆蛋白固体饮料, 调制成酸性大豆蛋白液体饮料时, 其平均沉淀率只有 0.95%, 口味适中, 酸甜可口, 没有大豆蛋白饮料常带的豆味和涩味, 适合消费者饮用, 并且此可重构的复合物具有易储存、易运输、营养丰富的特点, 应能快速响应市场需求。

## 3 结论

近年来, 随着大豆蛋白的营养价值和保健功能得到越来越多的关注, 大豆蛋白市场迎来了宝贵的发展机遇。但是, 我国的大豆蛋白产品却存在很大的问题, 如产品结构单一、技术含量不高、缺乏竞争力等<sup>[4]</sup>。目前, 市场上的大豆蛋白饮料包括豆奶、豆浆、豆奶粉等, 普遍存在着豆腥味重、沉淀率高等缺点, 含大豆蛋白的调配型饮料也较少, 且消费者认可度低。所以, 需要开发新型大豆蛋白饮品以满足消费者的需求。

很多研究表明, 蛋白氨基酸侧链上的自由氨基(主要是赖氨酸侧链上的氨基)与多糖分子末端的羟基之间发生反应<sup>[15]</sup>, 共价结合形成具有良好乳化性、溶解性的复合物<sup>[16-17]</sup>。因此, 本研究在制备大豆蛋白饮料时添加多糖类如麦芽糊精分子作为载体, 同时, 麦芽糊精将遮蔽大豆的腥味, 一定程度上改善了口味。

本研究发现新型大豆蛋白固体饮料的制备过程中, 最佳工艺条件为: 大豆蛋白与大豆多糖质量比为 1:0.22、干燥前混合液 pH 值为 7.0、先混和大豆多糖和麦芽糊精再与大豆蛋白混合、取喷雾干燥收集桶中粉末, 此条件下制备的新型大豆蛋白固体饮料, 调制成酸性大豆蛋白液体饮料后沉淀率较低。另外, 本研究以固体饮料形式进行制备酸性大豆蛋白饮料, 具有易储存、易运输、营养丰富, 能快速响应市场等优势<sup>[18]</sup>。因此, 该新型大豆蛋白饮料既具备固体饮料的优势, 又有调制成沉淀率低的酸性大豆蛋白液体饮料的潜力, 一定程度上丰富了大豆蛋白饮料的种类, 具有较大的市场应用价值。

## 参考文献:

- [1] Young V R. Soy protein in relation to human protein and amino acid nutrition[J]. J Am Diet Assoc, 1991, 91(7): 828-835.
- [2] Gomez R S, Lewis A J, Miller P S, *et al.* Body composition and tissue accretion rates of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding levels[J]. J Anim Sci, 2002, 80(3): 654-662.
- [3] Cuevas A M, Irribarra V L, Castillo O A, *et al.* Isolated soy protein improves endothelial function in postmenopausal hypercholesterolemic women[J]. Eur J Clin Nutr, 2003, 57(8): 889-894.
- [4] Nordentoft I, Jeppesen P B, Hong J, *et al.* Increased insulin sensitivity and changes in the expression profile of key insulin regulatory genes and beta cell transcription factors in diabetic KKAY-mice after feeding with a soy bean protein rich diet high in isoflavone content[J]. J Agric Food Chem, 2008, 56(12): 4377-4385.
- [5] Nishi T, Hara H, Tomita F. Soybean beta-conglycinin peptone suppresses food intake and gastric emptying by increasing plasma cholecystokinin levels in rats[J]. J Nutr, 2003, 133(2): 352-357.
- [6] 彭义交. 核桃-大豆双蛋白饮料工艺配方优化[J]. 食品科学, 2012, 33(2): 286-289.
- [7] 郭顺堂, 杨柏崇. 在饮料中发挥大豆蛋白的特性[J]. 中国食品工业, 2005, 19(5): 30-31.
- [8] 杨城, 管骁. 水溶性大豆多糖理化及黏度性质研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(10): 3331-3336.
- [9] Matsumura Y L J. Effect of polysaccharides containing galacturonic acids on the dispersion stability of soy proteins[J]. Soy Protein Research, 2006, 9: 53-57.
- [10] 张亦澜, 常忠义, 蒲金平, 等. 可溶性大豆多糖添加工艺对酸性大豆蛋白饮料稳定性的影响[J]. 大豆科学, 2013, 32(2): 246-248.
- [11] 刘文慧, 王颀, 王静, 等. 麦芽糊精在食品工业中的应用现状[J]. 中国食品添加剂, 2007, 13(2): 183-186.
- [12] 蒲金平, 李博, 高红亮, 等. 谷氨酰胺转氨酶与大豆多糖复配在酸性乳饮料中的应用[J]. 大豆科学, 2014, 33, 5: 738-741.
- [13] Ray M, Rousseau D. Stabilization of oil-in-water emulsions using mixtures of denatured soy whey proteins and soluble soybean polysaccharides [J]. Food Research International, 2013, 5 2(1): 298-307.
- [14] Rho S J, Lee J, Chung Y I, *et al.* Purification and identification of an angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide from fermented soybean extract[J]. Process Biochemistry, 2009, 44(4): 490-493.
- [15] Ellis G P. The maillard reaction[M]. Advances in Carbohydrate Chemistry, 1959, 14: 63-134.
- [16] 孙鹏, 程建军. 大豆分离蛋白-麦芽糊精聚合物的结构特征[J]. 食品科学, 2012, 33(15): 166-170.
- [17] Kasran M, Cui S W, Goff H D. Covalent attachment of fenugreek gum to soy whey protein isolate through natural Maillard reaction for improved emulsion stability[J]. Food Hydrocolloids, 2013, 30(2): 552-558.
- [18] 邓建华, 邓彬. 速溶胡萝卜、大豆蛋白复合饮料研究[J]. 西昌学院学报(自然科学版), 2006, 20(3): 23-27.

## Effects of Process on Quality of Acid Soybean Protein Solid Beverage

DUAN Zhi-qiang<sup>1</sup>, ZHA Dong-feng<sup>2</sup>, HUANG Han-feng<sup>2</sup>,  
GAO Hong-liang<sup>1</sup>, JIN Ming-fei<sup>1</sup>, CUI Hong-liang<sup>3</sup>, CHANG Zhong-yi<sup>1</sup>

(1. School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200241, China;

2. Economic Crops Center Henan Shangqiu Agriculture Bureau, Shangqiu 476000, China;

3. Pingdingshan Tianjing Plant protein Alubmen Company Limited, Pingdingshan 467200, China)

**Abstract:** Some factors influencing quality of acidic soybean protein solid beverage were studied, and process of

acidic soybean protein solid beverage was also optimized. It was found that the optimum conditions were in following, the proportion of soybean protein and soybean Polysaccharides was 1 : 0.26, pH of mixed solutions before drying was 7.0, mixing soybean polysaccharides and maltodextrin, and then soybean protein was mixed, further more, spray drying was the best. The solubility of acid soybean protein solid drink was better, and the precipitation rate of liquid drink made with acid soybean protein solid drink was low and was only 0.95%.

**Key words:** soybean protein; solid beverage ingredient; preparation technology; solubility; stability

---

(上接第 5 页)

## Acrylate Polymer Open-porous Material by Metallocene Complex Catalyst

HUANG Yue-wen<sup>1,2,3</sup>, WANG Bin<sup>1,2,3</sup>, ZHENG Zhou<sup>1,2</sup>, ZHANG Wei<sup>1,3</sup>

(1. Key Laboratory of Cellulose and Lignocellulosics Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China;

2. Guangzhou Key Laboratory of Green Chemicals for Building Materials, Guangzhou 510650, China;

3. Foshan Centre for Functional Polymer Materials and Fine Chemicals, Guangdong Foshan 528000, China)

**Abstract:** A new acrylate polymer open-porous material was quickly accessed by water emulsion template method using the self-made emulsifier and by free radical redox polymerization by metallocene/*N,N*-dimethylaniline/peroxide complex system at room temperature using a suspension pouring liquid of the mixture of acrylate monomers and polymer resin particles. The effects on the pouring operation of the initial mixing temperature, stirring speed and time and the thermal effect during the polymerization were studied. The pore forming mechanism, the effect of water and the inertia polymer resin particles on the porosity and strength, air and water permeability of the polymer open-porous material were investigated. Results showed that ferrocene had the fastest polymerization and the biggest conversion of monomers among the group 8 metallocenes cobaltocene, nickelocene and ruthenocene. The open-porous material had high compressive strength above 30 MPa, more than 40% compressive elastic deformation, excellent air and water permeability with the open hole porosity more than 20% in *V/V* under the complete active polymer resin particles. With the increase of the content of the inertia polymer resin particles, the strength, toughness and the open porosity of the forming material declined. With the increase of the content of water, the open porosity increased but the strength fell.

**Key words:** metallocene; free radical redox polymerization; emulsion template method; open-porous material; porosity