

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

张亦澜<sup>1</sup>,常忠义<sup>1</sup>,蒲金平<sup>1</sup>,谭静<sup>1</sup>,陈季武<sup>1</sup>,金明飞<sup>1</sup>,高红亮<sup>1</sup>,崔红亮<sup>2</sup>

(1. 华东师范大学 生命科学院,上海 200241;2. 平顶山天晶植物蛋白有限责任公司,河南 平顶山 467000)

**摘要:**以可溶性大豆多糖(SSPS)作为稳定剂,研究了大豆多糖添加工艺对酸性大豆蛋白饮料稳定性的影响。单因素试验结果表明:可溶性大豆多糖添加量、pH、调酸温度和均质压力对成品沉淀率有明显的影响。在单因素试验基础上设计L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交试验确定最佳工艺条件为:可溶性大豆多糖添加量 0.25%,pH3.8,均质压力 20 MPa,调酸温度 10℃。按照此条件生产的大豆蛋白饮料,稳定性明显提高,沉淀率为 1.41%,且饮料颜色乳白均一,酸甜适宜,清爽可口,没有豆腥味。

**关键词:**可溶性大豆多糖;酸性大豆蛋白饮料;稳定性

**中图分类号:**TS252.54      **文献标识码:**A      **文章编号:**1000-9841(2013)02-0246-03

Effect of Soluble Soybean Polysaccharide on the Stability of Acidic Soybean Protein Beverage

ZHANG Yi-lan<sup>1</sup>,CHANG Zhong-yi<sup>1</sup>,PU Jin-ping<sup>1</sup>,TAN Jing<sup>1</sup>,CHEN Ji-wu<sup>1</sup>,JIN Ming-fei<sup>1</sup>,GAO Hong-liang<sup>1</sup>,CUI Hong-liang<sup>2</sup>

(1. School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200241, China;2. Pingdingshan Tianjing Plant Albumen Company Limited, Pingdingshan 467000, China)

**Abstract:** Using soluble soybean polysaccharide(SSPS) as a stabilizer, the effect of technological conditions on the stability of the acidic soybean protein beverage was studied. The single factor experimental results showed that the amount of SSPS, pH value, the beverage adjusting acidic temperature, and homogenization pressure have significant impacts on the precipitation rate of beverage. The optimal conditions was determined through orthogonal experiments, and the optimal technological process was 0.25% of SSPS, pH3.8, 20 MPa of homogenization pressure and acidified temperature at 10℃. When the SSPS was added in soybean protein beverage with the optimal process, the stability of the beverage was significantly improved, and the precipitation rate was 1.41%. This beverage product had the uniform white color, suitable sweet and sour, fresh and delicious taste, and no beany flavor.

**Key words:** Soluble soybean polysaccharide; Acidic soybean protein beverage; Stability

近年来,酸性乳饮料因其含有丰富的蛋白质以及多种维生素和矿物质,口感和风味独特等优点在饮料行业中迅速崛起,受到广大消费者的青睐。但是由于部分人群有乳糖不耐症状的现象,植物性蛋白越来越受欢迎,因此大豆蛋白饮料也就成了一个研发的热点。大豆蛋白是一种优质的完全蛋白质,不仅营养价值完善,还具有如降低胆固醇、预防冠心病、调节人体的肠胃功能等保健功能。但由于大豆蛋白等电点为pH4.4~4.6,所以大豆蛋白所制的饮料在低pH下会出现蛋白凝聚、沉淀、分层等现象,因此如何保证酸性大豆蛋白饮料中蛋白的稳定性是急需解决的问题。

常作为饮料稳定剂的胶体一般有CMC、黄原胶和果胶等。大豆多糖是一种新型的稳定剂,它是从大豆中提纯并精制而成的,其主要是由聚半乳糖醛酸主链和中性糖侧链组成,且可以在酸性条件下稳定悬浮颗粒,因此逐渐被应用于饮料行业。可溶性

大豆多糖起稳定性的关键部位是中性糖侧链,其覆盖在蛋白颗粒表面形成厚层,以致产生空间位阻效应对蛋白颗粒进行稳定<sup>[1-3]</sup>。可溶性大豆多糖不仅具有较好的稳定作用,同时可使酸性蛋白饮料风味独特,口感清爽。有研究表明,即使在大豆蛋白极不稳定的pH条件下,大豆多糖对大豆蛋白的11S球蛋白有着较好的分散稳定作用,它可以和大豆蛋白相结合,通过侧链的作用形成一个稳定的悬浮团以使体系稳定<sup>[4]</sup>,这是很多稳定剂都不具备的突出优点。本文对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进行研究,以期可为可溶性大豆多糖的应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

食品级酸性可溶大豆蛋白和水溶性大豆多糖均为平顶山天晶植物蛋白有限责任公司生产,白砂

收稿日期:2012-12-20  
第一作者简介:张亦澜(1988-),女,在读硕士,主要从事食品生物技术研究。E-mail: zyl198855@yahoo.cn。  
通讯作者:高红亮(1973-),男,博士,副教授,主要从事食品生物化学研究。E-mail: hlgao@bio.ecnu.edu.cn。

糖为食品级,柠檬酸和柠檬酸钠为化学纯。

1.2 仪器

SLS-60 高压均质机(上海申鹿均质机有限公司);DK-S24 型电热恒温水浴箱(上海精宏实验设备有限公司);梅特勒 Delta 320pH 计;TDL80-2B 台式离心机(上海安亭科学仪器厂制造);90-2 型定时恒温磁力搅拌器(上海沪西分析仪器厂有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 酸性大豆蛋白饮料的制备 将酸性可溶大豆蛋白溶解,并充分搅拌得溶液 A,同时将白砂糖、稳定剂干粉混合后再充分溶解得溶液 B,将溶液 A 和 B 混合后充分搅拌,在适当温度下进行调酸,接着再均质,然后在 85℃,15 min 条件下杀菌,饮料制备完成。

1.3.2 沉淀率测定 参照白卫东等<sup>[5]</sup>的方法,将制备好的酸性乳饮料水浴加热后取 10 mL,3 000 r·min<sup>-1</sup> 离心 15 min,去除上清后,倒置 5 min 后计算离心率。沉淀率(%)=(离心后管的质量-空管的质量)/(样品和管的总质量-空管的质量)×100。

1.4 数据分析

采用 SPSS 19.0 进行数据分析,使用单因素分析方差中 LSD 法进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 大豆多糖添加量 在 pH3.8,调酸温度 10℃,均质压力 15 MPa 条件下,研究不同大豆多糖添加量对蛋白沉淀率的影响。从图 1 可知,当酸性大豆蛋白饮料中不添加大豆多糖时,饮料体系不稳定,蛋白沉淀率最高,随着可溶性大豆多糖的添加量增多,沉淀率逐渐降低,在添加量 0.25% 时,沉淀率达到最低(1.58%),极显著低于添加 0.20% 大豆多糖时的沉淀率( $P=0.000\ 1<0.01$ )。而随着添加量进一步增加,沉淀率差异不显著( $P>0.05$ )。考虑生产成本,稳定大豆蛋白饮料时大豆多糖的最适添加量为 0.25%。

在多糖添加量 0.25%,调酸温度 10℃,均质压力 15 MPa 条件下,考察不同 pH 对饮料的影响(图 2)。在 pH3.0~4.5 范围内,随着 pH 的增加,沉淀率先降低后升高,当 pH3.8 时,沉淀率最低,仅为 1.52%,极显著低于 pH3.5 和 pH4.0 时的沉淀率( $P\leq0.01$ ),稳定性最好。由于大豆多糖分子的中性糖侧链可以覆盖在蛋白表面,这样可以产生空间位阻力,使蛋白质不能相互集聚而沉淀,所以能够在极低的 pH 环境下稳定蛋白颗粒,这是大豆多糖能够在较低的 pH 范围内应用的主要

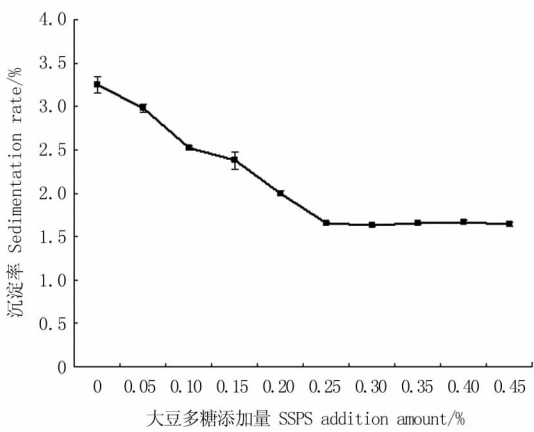


图 1 不同浓度大豆多糖对酸性大豆蛋白饮料稳定性的影响

Fig.1 Effect of different concentrate of SSPS on the influence of beverage stability

原因<sup>[6-7]</sup>。因此以大豆多糖作为稳定剂,pH3.8 时大豆蛋白饮料的稳定性更好。

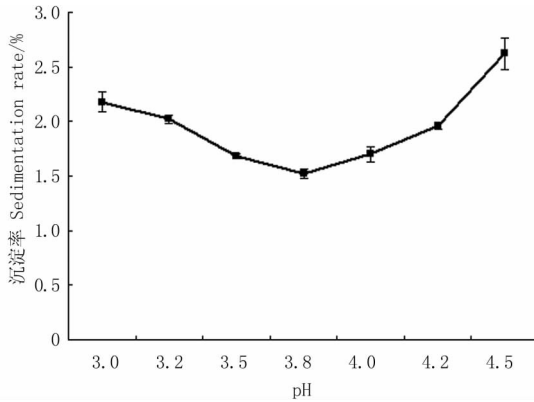


图 2 pH 对酸性大豆蛋白饮料稳定性的影响

Fig.2 Effect of different pH on the influence of beverage stability

在 pH3.8,大豆多糖添加量 0.25%,均质压力 15 MPa 条件下,考察不同调酸温度对产品稳定性的影响(图 3)。当调酸温度 0~20℃ 时沉淀率较低,以 0℃ 时沉淀率最低,当温度超过 20℃ 时,沉淀率急剧增加。在酸性蛋白饮料生产中,调酸工艺最容易受温度影响,当温度过高时,分子运动加剧,蛋白颗粒之间相互碰撞的机会增多,由此容易聚集成大分子引起沉淀,因此,调酸时要求温度越低越好<sup>[8]</sup>。但考虑到在生产中车间实际温度调控能力,一般将调酸温度设在 10℃。

2.1.2 均质压力 在 pH3.8,大豆多糖添加量 0.25%,调酸温度 10℃ 条件下,考察不同均质压力对产品的影响。高压均质在使物料均匀分散的同时,也可以使蛋白质分子的构象发生改变,分子的立体结构伸展,有利于蛋白质分子和水分子相互作用<sup>[9]</sup>,而且均质还可以使大豆多糖的分子结构伸展开来,可以更好地起到稳定作用。从图 4 可以看

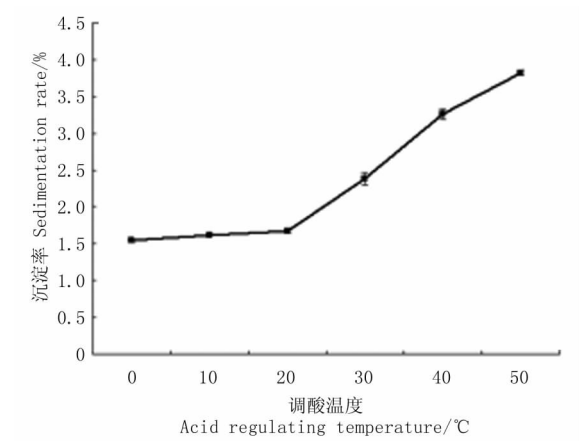


图3 调酸温度对酸性大豆蛋白饮料稳定性的影响

Fig.3 Effect of regulating temperature on the influence of beverage stability

出,随着均质压力升高,稳定性增强,当均质压力达到 20 MPa 时,稳定性较好,且趋于恒定。数据分析表明,均质压力为 0,10,15 和 20 MPa 时,沉淀率差异极显著 ( $P < 0.01$ );而均质压力为 20,25 和 30 MPa时的沉淀率差异不显著 ( $P > 0.05$ )。因此,均质压力为 20 MPa 时,饮料稳定性最好。

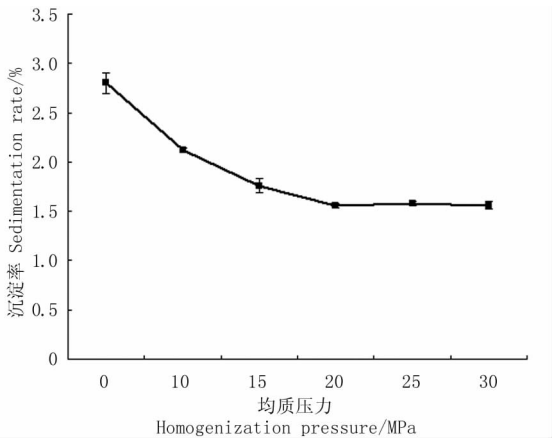


图4 均质压力对酸性可溶大豆蛋白饮料稳定性的影响

Fig.4 Effect of homogenization pressure on the influence of beverage stability

2.2 正交设计

为全面探究可溶性大豆多糖对酸性大豆蛋白饮料稳定性的影响,选取稳定剂添加量、pH、均质压力、调酸温度 4 个因素,每个因素设 3 个水平,通过  $L_9(3^4)$  正交设计表设计正交试验(表 2)。

表2 优化工艺条件的正交试验结果和分析

Table 2 Results and analysis of orthogonal experiments

项目 Item		因素 Factor				沉淀率 Precipitation rate/%
		A 稳定剂 Stabilizer	B pH	C 均质压力 Homogenization pressure	D 调酸温度 Acidified temperature	
水平 Level	1	1(0.15% )	1(3.5)	1(20)	1(0)	2.23
	2	1	2(3.8)	2(25)	2(10)	2.34
	3	1	3(4.0)	3(30)	3(20)	2.41
	4	2(0.25% )	1	2	3	1.73
	5	2	2	3	1	1.38
	6	2	3	1	2	1.55
	7	3(0.35% )	1	3	2	1.56
	8	3	2	1	3	1.63
	9	3	3	2	1	1.58
	K <sub>1</sub>	6.98	5.52	5.41	5.27	
	K <sub>2</sub>	4.74	5.43	5.65	5.45	
	K <sub>3</sub>	4.77	5.54	5.43	5.77	
	k <sub>1</sub>	2.327	1.840	1.803	1.757	
	k <sub>2</sub>	1.580	1.810	1.883	1.817	
	k <sub>3</sub>	1.590	1.847	1.810	1.923	
	R	0.747	0.037	0.080	0.166	

由表 2 可知,对酸性大豆蛋白饮料稳定性影响的先后因素为:大豆多糖的添加量 > 调酸温度 > 均质压力 > pH,最佳工艺条件为  $A_2B_2C_1D_1$ ,即多糖添加量为 0.25%,pH3.8,均质压力 20 MPa,调酸温度为 0℃。考虑到生产实际情况,选用调酸温度为 10℃。

2.3 验证试验

按照正交试验优化的条件做 3 次重复试验,结果酸性大豆蛋白饮料的沉淀率为 1.41%,饮料稳定性很高,且此条件下得到的饮料颜色乳白均一,酸

甜适宜,清爽可口,且没有豆腥味。

3 结 论

可溶性大豆多糖是酸性大豆蛋白饮料很好的稳定剂,通过单因素试验和正交试验结果发现其最佳工艺条件为:多糖添加量为 0.25%,pH3.8,均质压力 20 MPa,调酸温度为 10℃。此时酸性大豆蛋白饮料的沉淀率低至 1.41%。

(下转第 253 页)

于DWT-BP模型,但DWT-BP模型的平均识别时间比PCA-BP模型短2.8 ms。主成分分析在提取特征时充分考虑了数据的内部结构关系,更能体现出光谱数据在类别上的差异性;而离散小波变换在提取特征时,对数据的覆盖比较全面,但对数据间的关系和数据对体现类别的重要性上考虑较少,这是两种模型识别效果差异的根本原因。对于识别时间的长短,在神经网络层数一样的情况下,主要与各层的节点数目多少相关,PCA-BP模型的输入节点和隐含节点均多于DWT-BP模型,因此其识别时间要长一些。

本研究建立的模型对于供试的大豆品种可以实现准确的识别,对于其他品种的大豆,需要对模型作适当的改变并进行有效的训练才能使用。

参考文献

[1] 周健,成浩,曾建明,等. 基于近红外的多相偏最小二乘模型组合分析实现茶叶原料品种鉴定与溯源的研究[J]. 光谱学与光谱分析,2010,30(10):2650-2653. (Zhou J, Cheng H, Zeng J M, et al. Combined analysis of multi-partial least squares models based on near infrared spectroscopy[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis,2010,30(10):2650-2653. )

[2] 曹芳,吴迪,何勇. 基于可见-近红外反射光谱技术的葡萄品种鉴别方法的研究[J]. 光学学报,2009,29(2):537-540. (Cao F, Wu D, He Y, et al. Variety discrimination of grapes based on visible-near reflection infrared spectroscopy[J]. Acta Optica Sinica,2009,29(2):537-540. )

[3] 李晓丽,胡兴越,何勇. 基于主成分和多类别判别分析的可见-红

外光谱水蜜桃品种鉴别新方法[J]. 红外与毫米波学报,2006,25(6):417-420. (Li X L, Hu X Y, He Y. New approach of discrimination of varieties of juicy peach by near infrared spectra based on PCA and MDA model[J]. Journal of Infrared and Millimeter Waves,2006,25(6):417-420. )

[4] 陈兰珍,孙谦,叶志华,等. 基于神经网络的近红外光谱鉴别蜂蜜品种研究[J]. 食品科技,2009,34(8):287-290. (Chen L Z, Sun Q, Ye Z H, et al. Determination of floral origin of honey by near infrared spectroscopy based on artificial neural network[J]. Food Science and Technology,2009,34(8):287-290. )

[5] 洪庆红,李丹婷,郝朝运. 应用FTIR直接测定法鉴定大豆的品种[J]. 光谱学与光谱分析,2005,25(8):1246-1249. (Hong Q H, Li D T, Hao C Y. Identification of soybean varieties by direct determination of FTIR spectrum[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis,2005,25(8):1246-1249. )

[6] 朱大洲,王坤,周光华,等. 单粒大豆的近红外光谱特征及品种鉴别研究[J]. 光谱学与光谱分析,2010,30(12):3217-3221. (Zhu D Z, Wang K, Zhou G H, et al. The NIR Spectra based variety discrimination for single soybean seed[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis,2010,30(12):3217-3221. )

[7] Villareal C P, Normita M, Cruz D L, et al. Rice amylose analysis by near-infrared transmittance spectroscopy[J]. Cereal Chem.,1992,71(3):292-296.

[8] Buchmann N B, Josefsson H, Cowe I A. Performance of European artificial neural network (ANN) calibrations for moisture and protein in cereals using the danish near-infrared transmission (NIT) network[J]. Cereal Chemistry,1999,78(5):572-577.

[9] 王立琦. BP神经网络在大豆油酸价近红外光谱检测中的应用[J]. 食品科学,2009,30(4):243-246. (Wang L Q. Application of BP neural network in detecting acid value of oil using near infrared spectrum[J]. Food Science,2009,30(4):243-246. )

(上接第248页)

参考文献

[1] Nakamura A, Furuta H, Maeda H, et al. Analysis of structural components and molecular construction of soybean soluble polysaccharides by stepwise enzymatic degradation[J]. Bioscience Biotechnology and Biochemistry,2001,65:2249-2258.

[2] Nakamura A, Furuta H, Maeda H, et al. The structure of soluble soybean polysaccharide[M]. Hydrocolloids,235-238.

[3] 前田裕一. 水溶性大豆多糖类の開発[J]. 食品与开发,1992,27(9):47-49. (Maeda Y. Development of soybean soluble polysaccharide[J]. Food Development,1992,27(9):47-49. )

[4] Matsumura Y, Li J. Effects of polysaccharides containing galacturonic acids on the dispersion stability of soy proteins[J]. Soy Protein Research,2006,9:53-57.

[5] 白卫东,王琴. 豆奶稳定性的研究[J]. 现代食品科技,2006,22(1):5-7. (Bai W D, Wang Q. Study on the stability of soybean-milk[J]. Modern Food Science and Technology,2006,22(1):

5-7. )

[6] Nakamura A, Yoshida R, Maeda H, et al. The stabilizing behaviour of soybean soluble polysaccharide and pectin in acidified milk beverage[J]. International Dairy Journal,2006,16:361-369.

[7] Liu J R, Nakamura A, Corredig M. Addition of pectin and soy soluble polysaccharide affects the particle size distribution of casein suspensions prepared from acidified skim milk[J]. Agricultural and Food Chemistry,2006,54:6241-6246.

[8] 黄来发. 蛋白饮料加工工艺与配方[M]. 北京:中国轻工业出版社,1996:86-87. (Huang L F. Protein beverage processing technology and formula[M]. Beijing: China Light Industry Press, 1996:86-87. )

[9] 纪铁鹏,池永红. 均质对苦杏仁蛋白质溶解性的影响[J]. 科技与经济,2006(17):84-85. (Ji T P, Chi Y H. Effect of homogenization on the bitter almond protein solubility[J]. Science Technology and Economy,2006(17):84-85. )