

豆基婴幼儿配方粉的研究进展

李慧静^{1,2},周惠明¹,朱科学¹,彭伟¹,郭晓娜¹

(1. 江南大学 食品学院,江苏 无锡 214122;2. 河北农业大学 食品科技学院,河北 保定 071001)

摘要:为促进我国豆基婴幼儿配方粉的生产,从大豆分离蛋白、其他营养物及相关法规等方面介绍了国内外豆基婴幼儿配方粉的发展史及研究现状。并从大豆致敏原的分类及主要致敏原、异黄酮在婴幼儿体内的代谢、吸收以及毒性水平等角度分析了豆基婴幼儿配方粉的安全问题。同时提出采用合适的脱敏技术可以提高豆基婴幼儿配方粉的安全性。

关键词:豆基婴幼儿配方粉;致敏性;异黄酮

中图分类号:R151 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2013)02-0267-04

Research Progress on Soy Based Infant Formula

LI Hui-jing^{1,2},ZHOU Hui-ming¹,ZHU Ke-xue¹,PENG Wei¹,GUO Xiao-na¹

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;2. Food Science and Technology College, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China)

Abstract: For the purpose of improving the development of soy based infant formula in China, it introduced history and current research status of soy based infant formula in China and developed countries, including soy protein isolate, other nutrients and related standards and regulations. The safety problem on allergenicity and phytoestrogens of soy based infant formula were ascertained from the aspects of soy allergen classification and major allergens, the in vivo metabolism, absorption and toxicity level. The safety may be improved by suitable technologies, which would provide basis for soy based infant formula processing.

Key words: Soy based infant formula; Allergenicity; Phytoestrogens

豆基婴幼儿配方粉是指以大豆分离蛋白为基质,按照母乳的营养构成对其营养素的含量、质量等进行适当调整后的产品。其特点是不含乳糖,蛋白质优于牛乳中的酪蛋白,营养模式更加完善,适用于乳糖不耐症和乳蛋白质过敏的婴幼儿,也可被正常婴幼儿食用。豆基婴幼儿配方粉在全球的使用已有80余年,在美国占有一定的婴幼儿配方食品市场^[1]。然而,我国市场上的豆基婴幼儿配方粉尚需进口。对此类产品的探讨不但可以为我国婴幼儿配方食品的不足提供一条解决途径,而且可以丰富婴幼儿配方粉的品种。

1 豆基婴幼儿配方粉的国内外发展概况

1.1 国外发展概况

1909年JohnRuhrah发表了第一篇关于使用豆基婴幼儿配方粉的报道^[2]。20世纪20年代,Hill和Stuart将豆基婴幼儿配方粉推荐给患有湿疹的婴幼儿;直至1929年,豆基婴幼儿配方粉首次商业化生产^[3]。早期的婴幼儿配方粉中使用的是大豆粉,不仅蛋白质含量低,消化率低,而且含有大量非蛋

白成分如大豆碳水化合物、纤维、植酸及蛋白酶抑制剂等,婴幼儿食用以豆粉为原料的配方食品会产生腹泻和肠积气的不良症状。上述配方粉的缺点促进了大豆分离蛋白的发展,20世纪60年代初期,高纯度、高品质及高消化率的大豆分离蛋白取代了大豆粉。此种专用大豆分离蛋白需要蛋白质干基含量高于90%,消化率高于97%,具备均衡的必需氨基酸^[4]。20世纪70年代,开始将蛋氨酸及其他营养物添加于豆基婴幼儿配方粉中。现代的同类产品还可添加碘、牛磺酸、肉碱、胆碱和肌醇等^[5]。豆基婴幼儿配方粉需要满足以下条件:符合美国儿科学会的推荐值,满足婴幼儿配方粉法规(1980年及1986年修订)中足月儿的需要量以及美国食品药品监督管理局制定的维持正常生长的质量要求,以及较高的蛋白质效率比^[1]。1989年FAO/WHO利用蛋白质消化率校正氨基酸分值方法评价蛋白质的营养价值,表明大豆蛋白营养价值与乳蛋白、鸡蛋卵清蛋白等同^[6]。欧盟规定,含大豆的婴幼儿配方奶粉只能选用大豆分离蛋白而非其他原料,同时,应遵循国际食品法典委员会颁布的婴幼儿配方粉

收稿日期:2012-12-09

基金项目:国家自然科学基金(31171687)。

第一作者简介:李慧静(1973-),女,博士,副教授,主要从事方便食品与品质改良研究。

通讯作者:周惠明(1957-),男,教授,博士生导师,主要从事方便食品与品质改良研究。E-mail:hmzhou66@yahoo.cn。

的推荐值^[7]。

豆基婴幼儿配方粉主要推荐给由于健康、文化或宗教等方面的原因不能接受乳基产品的婴幼儿,例如素食家庭、牛乳过敏症、乳糖不耐症的婴幼儿^[8]。目前,在美国,豆基婴幼儿配方粉同乳基婴幼儿配方粉一样在市场销售,其市场份额占总婴幼儿配方粉销量的25%^[1];在加拿大,其使用率高达20%^[8];在欧洲,同类产品需持有医生处方方可购买^[9]。

1.2 国内发展概况

我国豆基代乳品的研究始于1926年,祝慎之当时对以大豆为基础的母乳代用品做了系统研究,认为豆浆补充其它原料后可以代替牛乳作为婴幼儿主食^[10]。抗战时期,侯祥川等组织中华营养促进会,曾用豆浆、豆乳粉和豆渣饼等食品提高贫困儿童的膳食营养^[10]。建国初期,为了解决婴儿缺奶的问题,周启源教授研究小组根据营养学知识和我国国情,以大豆蛋白质为主要来源,并用湿热法降低大豆中抗营养因子的含量,研制出以大豆粉和稻米粉为基本原料的“5410”代乳糕配方^[11]。自20世纪50年代至80年代,豆基代乳品中采用的大豆粉的处理方法经历了湿热法、远红外线照射法、挤压膨化法的进步^[11]。然而,我国的乳基婴幼儿配方食品发展很快,加上洋奶粉的不断涌入,豆基婴幼儿配方食品生产厂家均未能持续扩大生产,以致停产。1999年黑龙江省乳品工业技术开发中心成功研制出非乳基婴儿配方粉,通过鉴定并在完达山乳业公司试产^[12]。同年,张玉洁等对豆基婴幼儿配方粉的营养效果进行了研究,结果显示,动物实验在生长、脑发育、蛋白质效率比等方面等同于国外同类产品惠氏爱儿素^[9]。

目前我国生产的婴幼儿配方奶粉,主要是通过添加脱盐乳清粉来实现乳清蛋白与酪蛋白的比例接近母乳。 β -乳球蛋白是乳清蛋白的主要成分,但母乳中没有 β -乳球蛋白,因此它是引起婴幼儿牛乳过敏的主要原因。婴幼儿通常只以母乳或婴幼儿配方奶粉为主要食物来源,而母乳及婴幼儿配方奶粉中乳糖含量可高达38%~49%。因此,其乳糖不耐症的发生率也较为明显,在我国高达30%^[9,13]。

我国当前奶源有限,同时还正面临严峻的环保问题和土地资源问题;饲料、玉米、白糖、包装材料等原辅料价格的上涨导致奶粉生产加工综合成本上涨,价格较高。在经济欠发达的地区,消费者很难承受婴幼儿配方乳粉的价格^[7,14]。以纯蛋白质折

算,大豆蛋白质的生产成本约为动物蛋白质的10%~20%。大豆蛋白是一种具有环境可持续性、经济有效性、营养全面性的蛋白质,将具有可持续发展特点的大豆分离蛋白与乳品行业相结合,对乳品行业的发展将会是一个很好的解决方案^[7,14-15]。

2010年4月卫生部颁布了《婴儿配方食品》《较大婴儿和幼儿配方食品》和《粉状婴幼儿配方食品良好生产规范》系列标准,明确地指出了婴幼儿配方食品的主要原料是乳类及乳蛋白制品、大豆及大豆蛋白制品。这些标准均为豆基婴幼儿配方粉的研制与生产提供了法规方面的保障。

目前,东北农业大学食品学院和黑龙江摇篮乳业公司合作开展该方面的研究^[13]。但是豆基婴幼儿配方粉在国内尚未商业化生产。

2 豆基婴幼儿配方粉存在的问题

豆基婴幼儿配方粉主要存在食品安全方面的问题,一是致敏性,二是婴幼儿从大豆分离蛋白配方粉中吸收的大豆异黄酮远高于婴幼儿的需要量。

2.1 致敏性

豆基配方粉研究的出发点之一是针对解决牛乳蛋白过敏,如果该婴幼儿的牛乳蛋白过敏是IgE介导的过敏,其对大豆蛋白过敏的几率高达53%~63%^[16-20],所以在豆基配方粉的研制中要考虑大豆蛋白的脱敏。食物致敏原是指食品中能使机体产生过敏反应的抗原分子。致敏蛋白具有对T细胞和B细胞的识别区,能产生专一性的抗体。因此致敏原含有两类抗原决定簇,即T-细胞抗原决定簇和B-细胞抗原决定簇。如何破坏以及去除此类抗原决定簇成为开发低过敏食品的关键^[21]。

国际免疫学会联合会过敏原命名分会官方网站(<http://www.allergen.org>)上截止到2012年9月24日已收录7类大豆过敏原,分别是Gly m 1(疏水蛋白)、Gly m 2(防御蛋白)、Gly m 3(细胞溶质蛋白)、Gly m 4(病理相关蛋白)、Gly m 5(7S球蛋白)、Gly m 6(11S球蛋白)、Gly m 7(种子生物素化蛋白)。其中Gly m 1和Gly m 3分别包括2个过敏原异构体;Gly m 5包括7S球蛋白 α 、 α' 、 β 亚基以及 β 亚基异构体;Gly m 6包括11S球蛋白G1、G2、G3、G4、G5亚基;Gly m 2、Gly m 4、Gly m 7尚未发现过敏原异构体,所以大豆过敏原合计17种,分子量范围为7~76.2 kD,其肽序、UniProt、PDB信息均可查得。

针对日本大豆过敏人群来讲,主要致敏原是 Glym Bd 30K、Glym Bd 28K 以及 β 伴球蛋白的 α 亚基^[22];美国和加拿大大豆过敏人群主要识别大豆球蛋白 G1 酸性链和 G2 碱性链^[23];欧洲过敏人群主要识别 Gly m 5 和 Gly m 6^[24];刘晓毅等认为我国大豆过敏人群脂肪氧化酶识别频率最高,其次是 β 伴球蛋白的 α 亚基^[25]。由此看来,不同国家所检索到的大豆致敏原及其主次顺序并不完全相同,这主要是由于各地区大豆品种差异、加工过程的不同以及过敏患者的血清标本不一致造成的。

2.2 异黄酮

豆基婴幼儿配方粉中总的异黄酮含量随不同批次、产地环境和基因型的差别而变化,但是仍高于大多数的其他大豆食品。喂养豆基婴幼儿配方粉的婴儿每天大约吸收异黄酮 $6 \sim 9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 体重,而成人达到 FDA 推荐的大豆食用标准或者是亚洲人食用传统豆制品的标准是每天 $0.3 \sim 1.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 体重,由此看来前者是后者的 7 倍。据报道 4 周龄的婴儿便能够消化、吸收和排泄异黄酮。另外,在摄入水平相当的情况下,婴儿血清中异黄酮的浓度比成人高一个数量级。喂养豆基婴幼儿配方粉的婴儿血液中异黄酮的循环浓度约为 $1\,000 \text{ ng} \cdot \text{mL}^{-1}$,比其自身分泌的雌二醇的水平高出 $13\,000 \sim 22\,000$ 倍,比孕妇体内的雌二醇的水平高出 $50 \sim 100$ 倍,比女性排卵期的水平高出 $3\,000$ 倍,如此高的浓度足以在实验动物和成人中产生生理作用^[26]。

关于豆基婴幼儿配方粉的安全问题在全球范围内的争论已经持续了十年之久。最近美国国家毒理学组织 (NTP)^[27] 完成了关于豆基婴幼儿配方粉安全性的评价,结论是“豆基婴幼儿配方粉对婴幼儿的发育影响,只需极少关注”。豆基婴幼儿配方粉中大豆异黄酮对健康的广泛影响,迫使 FDA 在 2010 年 1 月 15 日提高其毒性水平,改为“需要一些关注”。基于此,大豆分离蛋白的生产者需要将豆基婴幼儿配方粉中的大豆异黄酮去除(或作为植物功能性成分提取出来),使其含量降至婴幼儿所需的安全水平。

3 展 望

豆基婴幼儿配方粉不含乳蛋白及乳糖,因此适用于牛乳蛋白质过敏症及乳糖不耐受的婴幼儿。我国约有 $1\% \sim 2\%$ 的婴幼儿患有牛乳蛋白质过敏

症^[13]。相关研究表明世界上乳蛋白质过敏的婴幼儿约占 $0.3\% \sim 7.5\%$ ^[28-29]。我国患有不同程度乳糖不耐受的婴儿约占 30% 。目前,我国豆基婴幼儿配方粉还依赖于进口,因此以大豆分离蛋白为基础的配方粉的开发势在必行。

然而,牛乳过敏患儿食用豆基婴幼儿配方粉,并不是无风险的,因为 IgE 介导的牛乳过敏患儿同时对大豆过敏的概率亦很高。因此,食品工作者需根据相应人群主要致敏原的结构特点、抗原决定簇的线性和空间表位,结合脱敏方法原理,采用合理的脱敏技术降低大豆分离蛋白的致敏性,例如热处理、辐照、超高压、酶解、微生物发酵、育种以及基因工程等方法^[30-31];同时,在婴幼儿配方粉专用大豆分离蛋白的生产工艺中,可结合现有条件增加乙醇提取、微波、超声波或高压浸提等工序,降低异黄酮含量^[32]。

大豆分离蛋白生产企业可以通过降低致敏性和异黄酮含量来提高婴幼儿配方食品专用大豆分离蛋白的安全性,为豆基婴幼儿配方粉的生产奠定基础,以此来促进我国大豆深加工企业产业链的延伸。

参考文献

[1] Russell J M, Belinda H J. Safety of soy-based infant formulas containing isoflavones; The clinical evidence[J]. The Journal of Nutrition, 2004, 134(5): 1220-1224.

[2] Ruhrah J. The soybean in infant feeding; Preliminary report[J]. Archives of Pediatrics, 1909, 26(3): 496-501.

[3] Hill L W, Stuart H C. A soybean food preparation for feeding infants with milk idiosyncrasy[J]. The Journal of American Medical Association, 1929, 93(13): 985-987.

[4] Henley E C, Kuster J M. Protein quality evaluation by protein digestibility-corrected amino acid scoring[J]. Food Technology, 1994, 48(4): 74-77.

[5] American Academy of Pediatrics Committee on Nutrition. Soy protein-based formulas; Recommendations for use in infant feeding[J]. Pediatrics, 1998, 101(1): 148-153.

[6] FAO/WHO. Protein quality evaluation, report of a joint FAO/WHO expert consultation[R]. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO Food and Nutrition Paper, No. 51), 1989.

[7] 张连慧. 大豆分离蛋白在乳及乳制品中的应用[J]. 食品安全导刊, 2009(5): 46-48. (Zhang L H. Application of soy protein isolate in milk and milk product[J]. Food Safety Guide, 2009(5): 46-48.)

[8] Leung A, Otley A, Canadian Paediatric Society, Nutrition and Gastroenterology Committee. Concerns for the use of soy-based formulas in infant nutrition[J]. Journal of Paediatr Child Health, 2009,

14(3):109-113.

[9] 张玉洁,于景华,鄂志强,等. 豆蛋白婴儿配方粉的研究[J]. 中国乳品工业,1999,27(2):6-9. (Zhang Y J, Yu J H, E Z Q, et al. Study on soy protein infant formula[J]. Chinese Dairy Industry,1999,27(2):6-9.)

[10] 张锦同. 代乳品制造[M]. 北京:轻工业出版社,1960:16-20. (Zhang J T. Milk substitutes manufacturing[M]. Beijing:Light Industry Press,1960:16-20.)

[11] 刘冬生. “5410”豆制代乳品的历史回顾[J]. 营养学报,2003,25(2):123-125. (Liu D S. “5410” soy based infant formula: a review[J]. Acta Nutrimenta Sinica,2003,25(2):123-125.)

[12] 艾宇萍,艾长余. 我国母乳代用品(代乳食品)发展历史回顾[J]. 中国乳品工业,2003,31(3):50-53. (Ai Y P, Ai C Y. A historical review of the development of domestic infant formula products[J]. China Dairy Industry,2003,31(3):50-53.)

[13] 张瑞岩. 豆基婴儿配方粉[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2009. (Zhang R Y. Soy based infant formula[D]. Harbin:Northeast Agricultural University,2009.)

[14] 姜中航. 婴儿配方奶粉生产中部分应用大豆分离蛋白的研究[J]. 大豆科技,2009(2):41-43. (Jiang Z H. Soy protein isolate partly applied in infant formula[J]. Soybean Science and Technology,2009(2):41-43.)

[15] 张瑞岩,赖莹,李晓东,等. 豆基婴儿配方粉和两种市售婴儿配方粉的蛋白质营养价值评价[J]. 食品工业,2009(4):60-63. (Zhang R Y, Lai Y, Li X D, et al. Soy-based infant formula powder and two commercial infant formula powder nutritional evaluation of protein[J]. The Food Industry,2009(4):60-63.)

[16] El-Agamy E I. The challenge of cow milk protein allergy[J]. Small Ruminant Research,2007,68(1-2):64-72.

[17] Hill D J, Heine R G, Cameron D J S, et al. The natural history of intolerance to soy and extensively hydrolyzed formula in infants with multiple food protein intolerance(MFPI)[J]. The Journal of Pediatrics,1999,135(1):118-121.

[18] Rouquié D, Capt A, Eby W H, et al. Investigation of endogenous soybean food allergens by using a 2-dimensional gel electrophoresis approach[J]. Regulatory Toxicology and Pharmacology,2010,58(S3):47-53.

[19] Klemola T, Vanto T, Juntunen-Backman K, et al. Allergy to soy formula and to extensively hydrolyzed whey formula in infants with cow’s milk allergy: a prospective, randomized study with a follow-up to the age of 2 years[J]. The Journal of Pediatrics,2002,40(2):219-224.

[20] Maldonado J, Gil A, Narbona E, et al. Special formulas in infant nutrition: a review[J]. Early Human Development,1998,53(S):23-32.

[21] 甄宇江. 食物致敏原与食品安全[M]. 北京:中国标准出版社,2011. (Zhen Y J. Food allergens and food safety[M]. Beijing: China Standard Press,2011.)

[22] Ogawa T, Bando N, Tsuji H, et al. Alpha-subunit of beta-conglycinin, an allergenic protein recognized by IgE antibodies of soybean-sensitive patients with atopic dermatitis[J]. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry,1995,59(5):831-833.

[23] Gagon C, Poyas V, Cober E R, et al. Soybean allergens affecting north American patients identified by 2D gels and mass spectrometry[J]. Food Analytical Methods,2010,3(4):363-374.

[24] Holzhauser T, Wackermann O, Ballmer-Weber B K. Soybean (*Glycine max*) allergy in Europe: Gly m 5(β-conglycinin) and Gly m 6 (glycinin) are potential diagnostic markers for severe allergic reactions to soy[J]. Journal Allergy Clinical Immunology,2009,123(2):452-458.

[25] 刘晓毅. 大豆食源性致敏蛋白的识别去除及脱敏后加工特性研究[D]. 北京:中国农业大学,2005. (Liu X Y. Identification, removal of soybean oral allergens, and processing properties of soybean removed allergens[D]. Beijing: China Agricultural University,2005.)

[26] Cederroth C R, Nef S. Soy, phytoestrogens and metabolism: A review[J]. Molecular and Cellular Endocrinology,2009,304(1-2):30-42.

[27] Patisaul H B, Jefferson W. The pros and cons of phytoestrogens[J]. Frontiers in Neuro-endocrinology,2010,31(4):400-419.

[28] Motrich R D, Gottero C, Rezzonico, et al. Cow’s milk stimulated lymphocyte proliferation and TNF alpha secretion in hypersensitivity to cow’s milk protein[J]. Clinical Immunology,2003,109(2):203-211.

[29] Monaci L, Tregoat V, Hengel A J, et al. Milk allergens, their characteristics and their detection in food: A review[J]. European Food Research Technology,2006,223(2):149-179.

[30] 曾蕊,宋波,拓云,等. 大豆致敏蛋白及其清除方法的研究进展[J]. 大豆科学,2011,30(6):1040-1046. (Zeng R, Song B, Tuo Y, et al. Research progress on the allergy substance in the soybean protein and its removal methods[J]. Soybean Science,2011,30(6):1040-1046.)

[31] 杨慧,陈红兵,程伟,等. 大豆主要过敏原及其脱敏方法的研究进展[J]. 食品科学,2011,32(21):273-277. (Yang H, Chen H B, Cheng W, et al. Research progress of soybean allergens and its desensitization methods [J]. Food Science, 2011, 32 (21): 273-277.)

[32] 彭游,余盛禄. 大豆异黄酮提取研究最新进展[J]. 大豆科学,2012,31(2):320-323. (Peng Y, Yu S L. Advances in extraction of soy isoflavones[J]. Soybean Science,2012,31(2):320-323.)