

# 米糠蛋白的研究现状与展望

冯光\*

(武汉市食品药品检验所, 武汉 430012)

**摘要:** 米糠蛋白是一种廉价易得的植物蛋白, 其具有高营养、低过敏性的特点。本文主要介绍米糠蛋白的营养价值、功能性质、提取方法及其开发利用等方面的研究现状。

**关键词:** 米糠蛋白; 营养特性; 功能特性; 提取方法

## Present situations and prospects for the research on rice bran protein

FENG Guang\*

(Wuhan Institute for Food and Drug Control, Wuhan 430012, China)

**ABSTRACT:** Rice bran protein is a cheap plant protein, which can be easily obtained. It has the characteristics of high nutrition and hypoallergy. This article introduced the nutritional evaluation, functional properties, extraction method, the development and utilization of rice bran protein.

**KEY WORDS:** rice bran protein; nutritive peculiarity; functional characteristics; extraction method

米糠是一种廉价易得、营养丰富的稻米加工副产品。我国年产米糠 1000 万吨以上, 因而它是一种量大面广的可再生资源<sup>[1]</sup>。米糠中含有丰富的营养物质, 全脂米糠一般含有 12%~18%的蛋白质、16%~20%脂肪、12%左右灰分、14%膳食纤维, 碳水化合物总量约为 50%左右, 包括淀粉、半纤维素等, 具有较高利用价值<sup>[2]</sup>。米糠主要运用于饲料中, 利用率较低, 目前人们对于植物蛋白的需求不断增加, 因此从米糠中寻求新的植物蛋白资源具有重要的现实意义。

### 1 米糠蛋白的营养特性

米糠蛋白的组成, 按照 Osborne 提出的以溶解性来划分, 可以分为清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白和谷蛋白。米糠中 4 种蛋白质的分布与精白米、米胚芽中的分布不同, 一般认为分布比例为 37:36:5:22, 而米胚芽中为 30:14:5:51, 精白米为 5:9:3:83<sup>[3]</sup>。衡量蛋白质

营养价值的一项重要指标就是看其氨基酸种类是否齐全、比例是否适宜, 尤其是必需氨基酸组成与比例是否符合人体的需要。从表 1 中可以看出, 米糠蛋白必需氨基酸的种类齐全, 且与其他谷物蛋白相比, 米糠蛋白的赖氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸含量较高。尤其是赖氨酸含量, 米糠蛋白更接近 FAO/WHO 推荐模式, 这补偿了谷物蛋白中赖氨酸不足的缺陷, 大大提高了米糠蛋白的营养价值, 使其成为可以与动物蛋白相媲美的优质植物蛋白质<sup>[4]</sup>。从营养的角度看, 清蛋白和球蛋白有很好的氨基酸平衡, 赖氨酸、色氨酸的含量较高, 高于大米以及其他谷物中的含量。而大米中蛋白质的主要成分是谷蛋白和醇溶蛋白, 清蛋白和球蛋白的含量较低, 致使赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸含量极低, 由于限制氨基酸的存在, 使大米中蛋白质的营养价值偏低。米糠蛋白的生物效价(PER)为 2.0~2.5, 与牛奶中酪蛋白相近(PER 为 2.5), 且从表 1

\*通讯作者: 冯光, 副主任药师, 主要研究方向为食品化学药物分析。E-mail: fengguang\_1975@163.com

\*Corresponding author: FENG Guang, Associate Chief Pharmacist, Wuhan Institute for Food and Drug Control, No.142, Erqi Road, Hankou, Wuhan 430012, China. E-mail: fengguang\_1975@163.com

表1 几种谷物蛋白和鸡蛋蛋白中必需氨基酸组成(g/100 g 蛋白质)  
Table 1 The essential amino-acid composition of several grain proteins and egg proteins

必须氨基酸	FAO/WHO 推荐模式	米糠蛋白	大米蛋白	鸡蛋蛋白	玉米蛋白	小麦蛋白
亮氨酸	7.0	8.4	8.2	9.3	14.6	6.8
赖氨酸	5.5	5.8	4.0	5.6	2.0	2.5
缬氨酸	5.0	5.5	5.8	6.8	5.7	4.2
苏氨酸	4.0	3.9	3.5	5.2	4.1	2.9
色氨酸	1.0	1.6	1.7	1.6	0.6	1.3
异亮氨酸	4.0	4.5	4.1	5.0	4.2	3.6
胱氨酸+蛋氨酸	>3.5	3.9	3.9	6.3	3.0	3.8
苯丙氨酸+酪氨酸	>6.0	11.1	10.3	5.6	8.4	7.9

中可以看出,米糠蛋白的营养价值几乎可与鸡蛋蛋白相媲美。而且,米糠蛋白是低过敏性蛋白,不含致敏因子。因此米糠蛋白非常适合作为婴幼儿和特殊人群的营养食品,国内外高度重视米糠蛋白的研究和产品开发。

## 2 米糠蛋白的功能性质

蛋白质制品在食品工业的应用性能取决于其功能特性,如持水性、持油性、溶解性、乳化性和稳定性等。由于提取工艺以及原料来源不同,提取的米糠蛋白中蛋白质、脂肪和多糖的含量不同,致使其功能特性如溶解性、乳化性及起泡稳定性方面较其他蛋白质存在较大差距。

研究表明,经酶法提取的米糠蛋白乳化性高于大豆蛋白,并且经碱性蛋白酶提取的米糠蛋白其溶解性、乳化性等均有明显改善,扩大了其在食品中的应用范围,可用于饮料、咖啡伴侣、夹心料、调味汁、果脯蜜饯、焙烤制品、肉食品及软饮料和果汁的营养强化剂等,显示出良好的开发应用前景。

### 2.1 溶解性

由于米糠蛋白存在大量二硫键和聚集体,大部分蛋白质一般不能溶解于水溶液中。取200 mg样品分散在0.1 mol/L的NaCl溶液(低盐)和1.0 mol/L的NaCl溶液(高盐)中,调整pH值(2.0~10.5);另一组在实验室CaCl<sub>2</sub>溶液中,分散样品震荡30 min后离心20 min,分析上清液中蛋白含量,这样总氮和可溶性氮则可以评价出来。米糠蛋白可溶性很差,碱法提取后其溶解度在pH值2.0、4.0、6.0、10.0时分别为38%、5%、8%、58%<sup>[5]</sup>。据Wang等<sup>[6]</sup>报道,采用木聚糖酶

和植酸酶提取分离蛋白,其溶解性在上述pH条件下分别为53%、8%、60%、82%。Hamda<sup>[7]</sup>等采用内切蛋白酶与外切蛋白酶处理米糠达到8%~9%的水解度时,在pH值5.0、7.0、9.0时的溶解性分别为53%、61%、70%。而采用flavourzyme处理后,在相应pH值条件下可分别达56%、73%、86%。经过改性后能较好地提高蛋白质溶解性。Anderson利用蛋白酶提高米糠蛋白可溶性,在10%水解度时溶解性可达92%;在限制水解到2%水解度时,蛋白质复水可溶性从74%增加到80%;在Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>或SDS存在时,溶解性可达84%<sup>[8]</sup>。

### 2.2 乳化性和乳化稳定性

Beuchat等<sup>[9]</sup>定义的乳化性为每克蛋白乳化的油脂毫升数。牛血清蛋白具有良好的乳化性,一般作为评价乳化性的标准。米糠蛋白乳化能力均低于牛血清蛋白,表面疏水性是影响蛋白质乳化性和乳化稳定性的重要因素,米糠分离蛋白表面的疏水基团较少,与油脂结合性比牛血清蛋白低。而适度的水解和脱氮能增加蛋白的乳化能力和乳化稳定性。

### 2.3 起泡性和泡沫稳定性

蛋清蛋白具有良好的起泡性,常作为评价起泡性的标准。米糠分离蛋白的起泡性与蛋清蛋白相近,但泡沫稳定性略低于蛋清蛋白。

## 3 米糠蛋白的提取方法

米糠蛋白是一种优质廉价的植物蛋白源,有着较高的经济性和实用性。但目前米糠分离蛋白仍无商业化生产,其主要原因在于:(1)米糠蛋白中含有37%清蛋白、36%球蛋白、5%的醇溶蛋白以及22%

的谷蛋白的混合物; (2)蛋白分子间有大量二硫键交联, 故溶解性较差; (3)米糠中含有较高植酸盐(10%左右)与纤维素、半纤维素(约23%), 它们与蛋白质结合使蛋白质不易分离; (4)油脂的腐败也会降低蛋白得率。

目前, 提取米糠蛋白的主要方法有: 碱法、酶法和物理方法。据资料报道, 碱法工艺成本低, 但是存在 pH 值高、制备的米糠蛋白容易变性且提取率低等缺点<sup>[10]</sup>; 酶法制备米糠蛋白反应条件较温和, 所得蛋白营养价值高, 但相对于碱法来说, 其工艺成本较高。目前国内外都在致力于复合酶法提取米糠蛋白的研究, 期望在工艺成本略有增加的同时, 得到最高的蛋白提取率<sup>[11]</sup>。物理方法提取蛋白质, 提取率较低, 只有在提取米糠蛋白时进行过尝试, 将来可以考虑物理法与其他方法结合来提取米糠蛋白。现在也有关于酶法与碱法相结合提取米糠蛋白的报道<sup>[12]</sup>。

### 3.1 碱法提取米糠蛋白

稀碱法是提取米糠蛋白最常采用的方法。碱液可使米糠紧密结构变得疏松, 同时碱液对蛋白质分子次级键特别是氢键具有破坏作用, 并可使某些极性基团发生解离, 使蛋白质分子表面具有相同电荷, 促进结合物与蛋白质分离, 从而对蛋白质分子有增溶作用, 并随着碱性增加, 米糠中蛋白质提取率增加。

碱法提取米糠蛋白的工艺流程如下: 米糠+水→混合→NaOH 调节 pH→搅拌→过滤→滤液→调节等电点→离心→沉淀物洗涤→冻干→产品。1977 年, Barber 和 De Barber 发现米糠蛋白较其他油料种子蛋白难于提取, 而且要获得较理想的蛋白提取率, 需在高碱的条件下进行。碱法提取米糠蛋白虽然简单易行, 但在碱液浓度过高的情况下, 不仅使蛋白提取物的颜色深暗, 影响产品风味和色泽, 而且还可能产生不利反应, 改变蛋白质的营养特性<sup>[13]</sup>。曾有报道称在碱性条件下, 蛋白质的半胱氨酸和丝氨酸残基会转变成脱水的丙氨酸, 与赖氨酸的  $\epsilon$ -氨基结合形成赖氨酰胺丙氨酸。另外, 高碱条件下还会产生诸如蛋白质变性和水解, 加速美拉德反应, 产生黑褐色物质, 提取物中非蛋白质含量增加, 分离效果降低等不利现象。近年来, 仍有不少关于碱法提取米糠蛋白的工艺研究。

### 3.2 酶法提取米糠蛋白

酶法提取米糠蛋白的反应条件温和, 蛋白质提取率较高, 且能更多地保留蛋白质营养价值, 同时也避免传统碱法提取米糠蛋白所带来的负面效应。因此, 近年来国内外采用酶法提取米糠蛋白的研究相当活跃<sup>[14]</sup>。目前, 用于提取米糠蛋白的酶主要是蛋白酶、糖酶和植酸酶等。它们的作用机制主要是将米糠蛋白分子降解为可溶性物质, 或将其从与半纤维素、植酸等形成的复合物中解聚后抽提出来。糖酶能降解组织细胞壁, 有利于米糠中蛋白质的提取, 特别是蛋白质与植酸、半纤维素等交联形成复合物, 采用植酸酶、木聚糖酶解除交联状态后使蛋白质易于提取。Ansharullah 提出采用糖酶, 破坏植物细胞壁来改善植物蛋白的提取率<sup>[15]</sup>。Hettiararachchy 将此法应用于米糠中, 采用半纤维素酶和植酸酶联合使用, 提取米糠蛋白, 蛋白提取率可达 92%。Wang 等采用木聚糖酶和植酸酶降解米糠中的木聚糖和植酸, 解除它们与蛋白质的相互作用, 增加和改善米糠蛋白的可溶性, 通过采用酶法处理, 使米糠蛋白的提取率从 34% 提高到 76%。王立等分别采用蛋白酶、糖酶提取米糠蛋白, 其蛋白提取率仅在 60% 左右<sup>[16]</sup>。

### 3.3 物理方法提取米糠蛋白

物理法是将全脂或脱脂米糠采用胶体磨和均质方法, 通过破碎米糠的细胞结构, 使米糠蛋白溶出而提取米糠蛋白<sup>[17]</sup>。据报道, 经胶体磨研磨后, 全脂米糠浆料上清液中蛋白质提取率可从 21.8% 增加到 33.0%, 进一步均质增加到 38.2%。而脱脂米糠经胶体磨研磨后, 上清液中蛋白质提取率从 13.9% 增加到 14.7%, 均质后达到 16.5%。可以看出, 物理方法提取蛋白质的提取率较低, 可以考虑将物理法与其他方法联用。

### 3.4 复合方法提取米糠蛋白

Tang 对经热稳定化的脱脂米糠中的蛋白质提取进行系统研究, 认为用物理方法并结合酶水解技术提取蛋白质效果明显<sup>[18]</sup>。当反复冻融、超声波、高速剪切和高压等手段单独采用时只能分别提取 12%、15%、16%、11% 米糠蛋白, 而超声波处理再经淀粉酶水解后, 可提取 33.9% 蛋白; 若采用蛋白酶处理则可提取 57.8% 的蛋白; 高压处理米糠蛋白后同时使用淀粉酶和蛋白酶则可提取 66.6% 蛋白, 应用效果高于

纤维素酶,所以首先采用物理方法解除米糠蛋白的束缚对蛋白的提取非常有利。

#### 4 展望

动物蛋白因含有易导致心血管疾病的饱和脂肪酸和胆固醇,而使其摄入量受到限制。相对于动物蛋白来说,植物蛋白不仅资源丰富、廉价,还具有独特的生理功能,如对肝硬化患者的营养支持作用、降低胆固醇水平、减少癌症的发生、改善肾脏病和心血管疾病的症状等,因此得到了营养学界的极大关注。目前,西方发达国家的膳食中以动物性食物为主,动物蛋白食用量过多,导致“文明病”(如肥胖、高血压、高血脂、心脑血管病、糖尿病等)泛滥。近年研究发现,用植物蛋白替代动物蛋白能够降低血脂浓度,增加低密度脂蛋白受体的表达,加速脂质的清除,减少动脉粥样硬化,降低心脑血管病的发生。增加植物性蛋白质的摄入,可有效地降低高血压患者的血压和预防心血管疾病的发生<sup>[9,19]</sup>。

米糠蛋白作为一种兼顾了环境和经济效益的植物性副产资源,具有其他植物蛋白无法比拟的低过敏性和高蛋白质生物价特性。目前,我国关于酶法提取米糠蛋白的研究和报道很多,但是仍然处于实验室阶段。因此,对于像我国这样米糠资源丰富的国家来说,米糠蛋白的开发利用具有重要的现实意义与广阔的应用前景。

#### 参考文献

- [1] 郑煜焱,曾洁,李晶,等.米糠蛋白的组成及功能性[J].食品科学,2012,23(06):56-59.  
Zheng YY, Zeng J, Li J, *et al.* The composition of rice bran protein and functional [J]. Food Sci, 2012, 23(06): 56-59.
- [2] 金世合,陈正行.米糠蛋白提取和功能性质研究[J].粮食与油脂,2003,(6):21-22.  
Jin SH, Chen ZH. Rice bran protein extraction and functional properties [J]. Cereal Oil, 2003, (6): 21-22.
- [3] 刘颖,田文娟.复合米糠蛋白粉的研制与营养价值评价[J].食品科学,2012,33(04):292-295.  
Liu Y, Tian WJ. Development and nutritional evaluation of compound rice bran protein powder [J]. Food Sci, 2012, 33(04): 292-295.
- [4] 康艳玲,王章存.米糠蛋白研究现状[J].粮食与油脂,2006,(3):22-24.  
Kang YL, Wang ZC. Research advance on extraction method of rice bran protein [J]. Cereal Oil, 2006, (3): 22-24.
- [5] Hamada JS. Characterization and functional properties of rice bran proteins modified by commercial exoproteases and endoproteases [J]. Food Sci, 2000, (2): 305-310.
- [6] Wang M, Hettiarachy N S. Preparation and functional of rice bran protein isolate[J]. J Agr Food Chem, 1999, 47: 411-416.
- [7] Hamada JS. Characterization of protein fractions of rice bran to devise effective methods of protein solubilization [J]. Cereal Chem, 1997, 74: 662-668.
- [8] Anderson AK, Guraya HS. Extractability of protein in physically processed rice bran [J]. J Am Oil Chem Soc, 2001, (78): 969-972.
- [9] Tang SH, Hettiarachy NS, Eswaranandam S. Protein extraction from heat-stabilized defatted rice bran: II. The role of amylase, cellulast and viscozyme [J]. J Food Sci, 2003, 68(2): 471-475.
- [10] 邹小明,周群燕,谢赛,等.米糠蛋白复合提取法工艺研究[J].江苏农业科学,2006,(6):356-358.  
Zou XM, Zhou QY, Xie S, *et al.* Compositive extraction techniques of protein from rice bran [J]. Jiangsu Agr Sci, 2006, (6): 356-358.
- [11] 陈季旺,姚惠源,张小勇,等.米糠可溶性蛋白的提取工艺和特性研究[J].中国油脂,2003,(2):46-50.  
Chen JW, Yao HY, Zhang XY, *et al.* Extraction and characteristic of soluble protein from rice bran [J]. China Oil Fat, 2003, (2): 46-50.
- [12] Frederck FS, Kim D. Use of enzyme for the separation of protein from rice flour[J]. J Am Oil Chem Soc, 2000, (8): 239-245.
- [13] 李静,汪志华.米糠蛋白的特性及提取工艺[J].湖北农业科学,2006,(6):810-813.  
Li J, Wang ZH. Extraction and characteristics of rice bran protein [J]. Hubei Agr Sci, 2006, (6): 810-813.
- [14] 郭学攀,王会霞,程丽英,等.米糠蛋白的提取及功能性质研究[J].河南化工,2007,(7):23-25.  
Guo XP, Wang HX, Cheng LY, *et al.* Extraction and characteristic of soluble protein from rice bran [J]. Henan Chem Ind, 2007, (7): 23-25.
- [15] 管骁,金周筠,金晶,等.米糠蛋白提取中的关键影响因素及其优化[J].食品科学,2012,33(10):24-28.  
Guan X, Jin ZY, Jin J, *et al.* Optimization of key factors for protein extraction from rice bran [J]. Food Sci, 2012, 33(10): 24-28.
- [16] 朱磊,汪学德,于新国.米糠蛋白的综合研究进展[J].中国油脂,2013,11(2):81-83.  
Zhu L, Wang XD, Yu XG. Research progress of rice bran protein synthesis [J]. China Oil Fat, 2013, 11(2): 81-83.
- [17] Anderson AK, Guraya HS. Extractability of protein in physically processed rice bran [J]. J Am Oil Chem Soc, 2001, (78):

969-972.

- [18] Tang SH, Hettiarachchy NS, Shellhammer TH. Protein extraction from heat-stabilized defatted rice bran. I. Physical processing and enzyme treatments [J]. *Agr Food Chem*, 2002, 50(25): 7444-7448.
- [19] Appel LJ. The effects of protein intake on blood pressure and cardiovascular disease [J]. *Curr Opin Lipidol*, 2003, 14(1): 55-59.

(责任编辑: 佟丽)

### 作者简介



冯光, 副主任药师, 主要研究方向为食品化学药物分析。

E-mail: fengguang\_1975@163.com