

文章编号 :1009-038X(2002)03-0312-05

米糠与米糠蛋白质的开发与利用

姚惠源¹, 周素梅², 王立¹, 陈正行¹

(1. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214036; 2. 湖南金健米业股份有限公司, 湖南 常德 415000)

摘要:米糠是一种廉价、低利用率但营养丰富的稻米加工副产品。米糠中的蛋白质是一种低过敏性、高生物效价的优质植物蛋白质。从植物原料中提取蛋白质通常使用碱法提取,而酶法提取则能更好地保证米糠蛋白质的营养价值。米糠蛋白质作为一种新型蛋白质资源,可直接用于改善食品的营养和质构,也可用于生物活性肽的生产。

关键词:米糠;米糠蛋白质;低过敏性;酶;生物活性肽

中图分类号 S 511

文献标识码: A

Exploitation and Utilization of Rice Bran and Rice Bran Protein

YAO Hui-yuan¹, ZHOU Su-mei², WANG Li¹, CHEN Zheng-xing¹

(1. School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China; 2. Hunan Jinjian Cereals Industry Co. Ltd, Changde 415000, China)

Abstract: Rice bran is an inexpensive, underutilized and high nutritional value coproduct of rough rice milling. Rice bran protein (RBP) is a kind of hypoallergenic, high protein efficiency ratio (PER) vegetable protein. The method commonly used for extracting proteins from vegetable materials is alkali extraction, whereas enzymatic extraction of proteins may ensure higher nutritional value of RBP. As a new protein source, RBP can be used to improve the nutrition and texture of food, and to produce bioactive peptides.

Key words: rice bran; rice bran protein (RBP); hypoallergenic; enzymes; bioactive peptides

中国是世界上最大的稻米生产国,年产量约为 1.85 亿吨,米糠(包括皮层和胚芽)作为大米加工的副产品,年产量超过一千万吨,可利用资源相当丰富^[1]。米糠虽然只占稻米质量的 6%~8%,却含有稻米中主要的营养成分(见表 1),有“天然营养宝库”之称^[2]。

国内米糠的总产量虽然很大,但由于稻谷加工企业比较分散,生产规模也不大,再加上新鲜米糠稳定性较差,不易贮存和运输,因此难以集中生产。

目前,米糠有效利用率尚不足 20%,大部分作为饲料,甚至作为废料,资源浪费严重^[3]。业内人士曾估算,如果国内稻米加工企业每年能将一半的米糠用于生产米糠油,可得米糠油约 80 万吨,再将其副产品进一步利用,至少可提高附加值 10 倍以上,米糠的综合利用是增加稻谷加工企业经济效益的有效手段。米糠深加工也是政府积极鼓励的农产品二次开发项目,2001 年被列入国家农产品加工的“十五”科技攻关项目,具体内容包括米糠的稳定化、米糠

收稿日期 2002-03-25; 修订日期 2002-04-15.

基金项目 国家“十五”科技攻关项目(编号 2001BA501B03)资助课题.

作者简介 姚惠源(1938-),男,浙江绍兴人,教授,博士生导师.

蛋白质及米糠营养素的开发等。

表 1 米糠营养成分组成表
Tab.1 Composition of rice bran

营养成分	每百克中含量
水分/g	6.00
蛋白质/g	14.50
总碳水化合物/g	51.00
灰分/g	8.00
肌醇/g	1.50
γ-谷维醇/mg	245.15
植物甾醇/mg	302.00
维生素 E,生育三烯酚/mg	25.61
维生素 B/mg	56.95
总膳食纤维/g	29.00
可溶性膳食纤维/g	4.00
总脂肪/g	20.50
其中不饱和脂肪酸/%	83.00
热量/kJ	1.38

1 米糠的综合利用

1.1 米糠的稳定化处理

米糠在加工和贮藏过程中非常容易发生酸败变质^[4],如果不经任何处理,在碾米之后的短短几个小时内,米糠的酸价就会急剧上升。米糠存放的时间越长,温度越高,酸败程度也就越高。变质后的米糠不仅风味劣变,而且其中的营养成分也受到了破坏,并产生对人体和动物有害的物质,不再适合作为食品原料和饲料。如果米糠的酸败问题不能妥善解决,其实用价值就会大大降低。因此,米糠的稳定化是米糠资源开发利用的前提条件。

影响米糠品质劣变的因素很多,已有研究表明,米糠酸败的主要原因是由其自身所含的脂肪分解酶和氧化酶造成的。米糠中脂肪酶的活性很高。在完整谷粒中,脂酶位于种皮层,油脂位于糊粉层、亚糊粉层和胚芽中,由于处于不同的部位,它们之间不会起反应。碾米之后,脂肪酶混入米糠中,油脂的水解作用就会迅速发生,产生游离脂肪酸,接着在氧化酶、光、热等因素的共同作用下发生脂肪酸败。因此,防止米糠酸败最有效的方法就是使脂酶失活。

米糠稳定化的方法有很多种,如冷藏法(- 16 ~ - 18℃)、微波法、辐射法、介电加热法、化学法

(抗氧化剂、酸及酶处理)、热处理法(干热、湿热)、挤压法等。从目前的研究结果看,挤压法的效果最好,并适合工业化处理。美国 Rice-X 公司利用挤压法处理的稳定化米糠,即使在室温下存放,保质期也可一年以上^[5]。美国另一家 Ribus 公司则开发了一种非加热灭酶的米糠稳定化专利技术——利用蛋白酶破坏脂酶,由于这种稳定化米糠的热变性程度较低,特别适合进一步深加工。江南大学食品学院在此方面也取得了一定的进展,经过稳定化处理的米糠在一年时间内能保持稳定的酸价^[7]。

1.2 国内外米糠产品的开发

从米糠的组成上看(见表 1),稳定化米糠可作为食品、保健品、医药以及化工等行业的重要生产原料^[6,7]。目前对米糠的综合利用最有成效的国家是日本,米糠油已成为日本重要的商品食用油脂,可作为色拉油和油炸专用油;利用米糠中的蛋白质生产功能性多肽^[8];对米糠或米糠中的多糖进行发酵或酶解处理,提取有增强免疫功能的活性因子^[9]。利用米糠生产含有生理活性成分(γ-谷维醇、生育三烯酚等)的米糠发酵制品,如米糠饮料等。此外,米糠蛋白质及其衍生物还可作为化妆品的配料^[10]。米糠中提取的植酸及其水解产物(磷酸肌醇)可作为化工、医药的重要原料。

美国虽不是世界上最主要的稻米生产国,但它却是研究和开发米糠资源最发达的国家之一。美国的 Rice-X、稻谷创新公司在米糠稳定化和米糠食品的研究和生产上均处于世界领先水平^[11]。以全脂米糠或脱脂米糠为原料生产的可溶性米糠营养素、米糠膳食纤维、米糠蛋白质、米糠多糖等产品具有功能因子和保健作用,以它们为原料生产的降血脂、降血糖以及具有明显增强免疫功能的健康食品已经上市,深受消费者的青睐。利普曼米糠营养素的 FOB 价格(离岸价格)约合人民币 23 240 元/t,相当于中国米糠价格的 20 多倍。

中国虽然是世界上米糠资源最丰富的国家,但对米糠的研究和利用却远远落后于日本和美国。少量被有效利用的米糠主要用于提取米糠油。米糠油中富含不饱和脂肪酸(80% 以上)和人体必需的脂肪酸,是一种营养和保健价值都很高的新型食用油脂,也是高血压、心脑血管疾病、神经衰弱患者以及中老年人理想的保健用油^[3,6]。另外,米糠油具有特殊的谷物香味,烟点高,油烟较少,亦是餐饮业和食品工业的理想用油。除作为食用油外,米糠油还可用于医药、精细化工、日用化工等行业。因此,米糠油产品具有广阔的市场前景,值得大力推广。

米糠提取油脂后,得到的脱脂米糠(米糠粕),过去主要作为饲料出售.从米糠粕的组成上看,它含有 50% 以上的膳食纤维、20% 左右蛋白质以及 10% 左右植酸钙,还可以用来开发许多高附加值的产品,如米糠蛋白质、植酸、膳食纤维等.目前国内提取米糠油大多采取的是高温提油或脱溶工艺,米糠粕中的蛋白质会发生严重变性,溶解性大大下降.为了进一步开发脱脂米糠粕中的蛋白质以及减少米糠油中溶剂的残留,国外已改进了米糠油的提取工艺,采用短链烷烃类化合物(丙烷、正丁烷)为溶剂的高压低温浸油技术,把过去单一提取油脂的加工工艺转为蛋白质和油脂提取并重的加工工艺.

2 米糠蛋白质的开发与利用

2.1 米糠蛋白质开发的意义

今后一个相当长的时期内,膳食改进的核心问题是提高蛋白质的数量和质量.国内地少人多,不可能象西方发达国家那样靠发展畜牧业来提供足够的蛋白质资源,因此,质优价廉的植物蛋白质应是开发的重点,尤其是从粮食加工的大宗副产品,如米糠中寻求新的蛋白质资源、增加副产品的附加值将更具有现实意义.

尽管米糠中蛋白质质量分数(12% ~ 20%)相对于其它油料种子(如大豆、花生等)较低,但由于稻谷是世界第一大农作物,种植面积广、产量大,因此其蛋白质资源的数量是不容忽视的^[12].

2.2 米糠蛋白质的组成与营养特点

米糠蛋白质中主要清蛋白、球蛋白、谷蛋白以及醇溶蛋白,这 4 种蛋白质的质量比例大致为 37:36:22:5,其中可溶性蛋白质约占 70%,与大豆蛋白质接近.米糠蛋白质中必需氨基酸齐全,生物效价较高.将米糠与大米中的蛋白质相比较,前者的氨基酸组成更接近 FAO/WHO 的推荐模式(见表 2),营养价值可与鸡蛋相媲美^[11~13].

表 2 米糠蛋白质、大米蛋白质及鸡蛋蛋白质中必需氨基酸组成

Tab.2 Necessary amino acid composition of rice bran protein and rice protein									%
蛋白质种类	质量分数								
	赖氨酸	苏氨酸	色氨酸	半胱氨酸 + 蛋氨酸	缬氨酸	亮氨酸	异亮氨酸	苯丙氨酸 + 酪氨酸	
米糠蛋白质	5.8	3.9	1.6	3.9	5.5	8.4	4.5	11.1	
大米蛋白质	4.0	3.5	1.7	3.9	5.8	8.2	4.1	10.3	
鸡蛋蛋白质	5.6	5.2	1.6	6.3	6.8	9.3	5.0	5.6	
WHO 推荐模式	5.5	4.0	1.0	> 3.5	5.0	7.0	4.0	> 6.0	

万方数据

值得一提的是,米糠蛋白质还有一个最大的优点即低过敏性,它是已知谷物中过敏性最低的蛋白质^[14].人对大米中的蛋白质有不良反应的非常少见.美国的一项临床调查表明,在 700 个易敏性人群中,仅有不足 1% 的人对稻米有过敏反应(症状仅表现在皮肤上).目前还未见儿童对稻米有过敏反应的报道,因此米粉是最常见的婴幼儿辅助食品.从大米或米糠中提取的蛋白质可作为低敏性蛋白质原料用于婴幼儿食品中.

从当今食品工业的发展趋势看,植物性来源的蛋白质在膳食补充和食品加工中的地位日益重要.人们为了减少饱和脂肪酸的摄入,对动物性蛋白质不敢过多食用.植物性蛋白质不仅可弥补膳食中蛋白质的不足,还含有一些有生理活性的物质(如大豆中的异黄酮,米糠中的 γ -谷维醇),有一定的防治心血管疾病的功能.所以,米糠蛋白质还可以用于中老年人营养强化与作为保健食品的原料.

2.3 米糠蛋白质的提取

米糠蛋白质的营养价值虽然较高,但在天然状态下,与米糠中植酸、半纤维素等的结合会妨碍它的消化与吸收.天然米糠中蛋白质的 PER(蛋白质功效比)为 1.6 ~ 1.9,消化率为 73%,经稀碱液提取的米糠浓缩蛋白质的 PER 为 2.0 ~ 2.5^[6],与牛奶中的酪蛋白接近(PER 为 2.5),消化率高达 90%,为了提高米糠蛋白质的利用价值,宜将其从天然体系中提取出来.

目前世界上仅有少数国家生产大米蛋白质,且主要以米粉或碎米为原料,以米糠为原料的产品很少.美国农业部南部地区研究所正在寻找合适的方法实现米糠蛋白质的工业化生产.

米糠蛋白质中因含有较多的二硫键,以及与体系中植酸、半纤维素等聚集作用而不易被普通溶剂,如盐、醇和弱酸等溶解^[15].另外,米糠的稳定化处理条件、米糠粕的脱溶方式对米糠蛋白质的溶解性也会产生严重影响.湿热处理下蛋白质非常容易

变性,在中性 pH 值下,氮可溶性指数(NSI)较之未经加热处理的下降 80%^[17]。pH 是影响米糠蛋白质溶解性的最重要因素之一^[16,17]。米糠蛋白质的等电点在 pH 4~5 范围,当 pH < 4 时,米糠蛋白质的溶解度有小幅上升;但在 pH > 7 时,米糠蛋白质的溶解度会显著上升;pH > 12 时,90% 以上的蛋白质会溶出,因此过去米糠蛋白质的提取中常用较高浓度的 NaOH 溶液。碱法提取虽然简便可行,但是在碱浓度过高的情况下,不仅影响到产品的风味和色泽(提取物的颜色较深),而且蛋白质中的赖氨酸与丙氨酸或胱氨酸还会发生缩合反应,生成有毒的物质(对肾脏有害),丧失食用价值^[18]。目前,植物蛋白质的生产工艺中一般要求在高温条件下(> 50 ℃),避免使用过高的碱浓度(pH < 9.5)。NaCl 浓度对米糠蛋白质的溶解度也有一定影响^[12],在较低浓度下(0.1 mol/L)有促进米糠蛋白质溶解的作用,而在较高浓度下(1.0 mol/L)又会降低蛋白质的溶解性。CaCl₂ 对蛋白质的沉淀程度没有影响。六偏磷酸盐可使米糠蛋白质的提取率稍有提高。二硫键解聚试剂 Na₂SO₃ 和半胱氨酸对米糠蛋白质提取率的增加有明显作用^[17,19]。

有人曾研究物理处理对米糠蛋白质提取率的影响,结果表明米糠被磨细后,提取液中蛋白质的含量会略微增加,均质后还会进一步增加,所以利用物理方法来增进米糠蛋白的提取率也是可行的^[16]。

作为食品加工助剂的酶,因其作用条件温和,在加工过程中不会产生有害物质。Hamada 利用各种酶制剂(蛋白酶、糖酶、植酸酶等)对米糠蛋白质的提取进行了深入的研究^[15,20~22],研究显示:蛋白酶是提高米糠蛋白质提取率的有效手段。在 pH = 9.45 ℃ 作用条件下,水解度(DH)为 10% 时,米糠蛋白质的提取率达到 92%,比对照组增加了 30%。在 Na₂SO₃ 或 SDS 存在下,DH 为 2% 时,蛋白质的提取率也会从 74% 增至 80% 以上。经过蛋白酶作用的米糠蛋白质,其功能性质也发生了一些有利的变化,如溶解性显著增加,乳化活性和乳化稳定性均有提高,可以在中等酸性的体系中使用等。利用风味酶 Flavozyme 则可解决酶解产品的苦味问题。利用现代分级技术(超滤、HPLC)还可以得到一些新的高附加值产品,如谷氨酸类的鲜味物质。超滤技

术不仅有很好的脱盐和纯化效果,还能除去蛋白质中的植酸和磷酸肌醇,在透过液中可回收这些功能性物质。

另有研究表明,木聚糖酶和植酸酶也能提高米糠蛋白质的得率,在两者联合作用下,米糠蛋白质的得率可从 34% 上升至 75%^[23]。

2.4 米糠蛋白质的应用及新产品开发

米糠蛋白质及其系列水解产物,可以用在很多食品中,如焙烤制品、咖啡伴侣、搅打奶油、糖果、填充料、强化饮料、汤料以及其它调味品。米糠蛋白质不仅可作为营养强化剂,还会带来一些功能性质,例如结合水或脂肪的能力、乳化性、发泡性、胶凝性等。具体应用如:用于液体或半固体物料中的稳定化和增稠作用;用在蛋糕糊和糖霜中的发泡作用;用在肉制品中的乳化、增稠及粘结作用^[24]。作为蛋白质类添加剂,米糠蛋白质的优势还在于它的价格较低,将它添加到肉、乳制品中可降低产品的成本。日本还利用米糠蛋白质的衍生物(乙酰化多肽钾盐)作为化妆品的配料,它有很好的表面活性,且对皮肤的刺激性小,对毛发的再生和亮泽有较好效果^[10]。

实际应用时由于植物性蛋白质的功能性质较差,需要进行改性处理。常用的改性方法有化学、物理以及酶处理。出于安全性考虑,常用后两种方法^[25]。在酶处理中,蛋白酶最常用,蛋白酶有内切酶和外切酶,通过打断肽键,生成相对分子质量较小的蛋白质或肽类,将可能改善蛋白质的溶解性、起泡性等功能性质。

另外,控制蛋白酶的水解进程,制备具有生理活性的功能肽,是目前国内外食品、医药领域研究的热点。国内外已有利用酪蛋白、大豆蛋白、玉米醇溶蛋白等原料生产具有促进钙吸收,降低血压、以及增强免疫作用的功能肽。日本有研究报道,以大米中的清蛋白为原料,通过酶解作用生成有增强免疫功能的活性肽(八肽)。已知米糠中清蛋白的含量是大米中的 6~7 倍,若能利用米糠中的清蛋白开发活性肽,从理论上讲则更为经济可行。此外,米糠蛋白质中谷氨酰胺和天门冬酰胺的含量较高,通过蛋白酶的水解作用和脱酰胺作用,可生产谷氨酸类的风味增强剂。

参考文献:

[1] 马宝顺. 农产品加工指南[M]. 北京:中国商业出版社,1993.

[2] 顾华孝. 米糠的食用性和在保健功能食品上的应用[J]. 粮食与饲料工业 ,2000(5) :40 – 48.

[3] 陈正行. 米糠 :一种潜在的健康食品优质原料[J]. 粮食与饲料工业 ,1999(10) :20 – 25.

[4] 余纲哲. 稻米化学加工贮藏[M]. 北京 :化学工业出版社 ,1994.

[5] 朱文华. 米糠挤压稳定的研究[D]. 无锡 :无锡轻工大学 ,2001.

[6] SLAUDERS R M. The Properties of Rice Bran as a Food Stuff[J]. **Cereal Foods World** ,1990 ,35(7) :632 – 636.

[7] 余以刚. 三磷酸肌醇的研制[D]. 无锡 :无锡轻工大学 ,2000.

[8] YOSHIOKA M. Production of peptide from rice bran[P]. Japan Patent :5227983 ,1993-09-07.

[9] GHONEUM M H. Immunopotentiator and method of manufacturing the same[P]. United States Patent :5 560 914 ,1996-10-01.

[10] YOSHIOKA M. Compounding agent for cosmetic[P]. Japan Patent 56122611 ,1994-05-06.

[11] DONALD E P. Rice :not just for throwing[J]. **Food Tech** ,2001 ,55(2) :53 – 58.

[12] JAMUNA Prakash. Rice bran proteins :properties and food uses[J]. **Criti Reviews in Food Sci and Nutri** ,1996 ,36(6) :537 – 552.

[13] 李正明 ,王兰君. 植物蛋白生产工艺与配方[M]. 北京 :中国轻工业出版社 ,1998.

[14] HELM R M ,BURKS A W. Hypoallergenicity of Rice Bran[J]. **Cereal Foods World** ,1996 ,41(11) :839 – 843.

[15] HAMADA J S. Characterization of protein fractions of rice bran to devise effective methods of protein solubilization[J]. **Cereal Chem** ,1997 ,74(5) :662 – 668.

[16] CLORIA B C ,LOURDES J C. Studies on the extraction and composition of rice protein[J]. **Cereal Chem** ,1966 ,43(2) :145 – 155.

[17] CHAMPAGNE E T ,RAO R M. Solubility behaviors of the minerals ,proteins ,and phytic acid in rice bran with time ,temperature ,and pH[J]. **Cereal Chem** ,1985 ,62(3) :218 – 222.

[18] WOODARD J C. Toxicity of alkali-treated soy protein in rats[J]. **J Nutri** ,1973 ,103 :569 – 574.

[19] HAMADA J S. Use of proteases to enhance solubilization of rice bran protein[J]. **J food school Biochem** ,1999 ,23 :307 – 321.

[20] HAMADA J S. Preparative separation of value-added peptides from rice bran proteins by HPLC[J]. **J Chromatogr A** ,1998 ,827 :319 – 327.

[21] HAMADA J S. Ultrafiltration of partially hydrolyzed rice bran protein to recover value-added product[J]. **J AOCS** ,2000 ,77(7) :779 – 784.

[22] HAMADA J S. Characterization and functional properties of rice bran proteins modified by commerical exoproteases and endo-proteases[J]. **J Food Sci** ,2000 ,65(2) :305 – 310.

[23] WANG M ,HETTIARACHCHY N S. Preparation and functional properties of rice bran protein isolate[J]. **J Agric Food Chem** ,1999 ,47(2) :411 – 416.

[24] GIESE James. Proteins as ingredients :types ,functions ,application[J]. **Food Tech** ,1994 ,10 :50 – 60.

[25] WILLIAN J L. Enzymatic production of protein hydrolysates for food use[J]. **Food Tech** ,1994 ,10 :68 – 71.

(责任编辑 朱 明 ,秦和平)

更正 本刊 2002 年第 1 期“嗜水性气单孢菌利用豆油生产 3-羟基丁酸和 3-羟基己酸共聚物”一文的作者简介有误 ,正确的应是
作者简介 张瑾(1976 –)男 ,辽宁鞍山人 ,理学硕士。