

米糠加工及综合利用研究进展

徐浩¹, 张海玲², 顾广东¹, 朱昌保¹

(1. 安徽省粮油科学研究所, 安徽 合肥 230061;

2. 合肥师范学院 生命科学学院, 安徽 合肥 230601)

摘要:米糠是稻米加工副产物,产量丰富,但尚未得到充分合理利用。从米糠主要成分、综合利用研究进展2方面对米糠资源进行综述,同时结合实际,对我国米糠资源综合利用未来发展提出意见和建议。

关键词:米糠;提取;加工;食品

中图分类号:TS 210.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2017)05-0037-05

Research progress on processing and comprehensive utilization of rice bran

XU Hao¹, ZHANG Hai-ling², GU Guang-dong¹, ZHU Chang-bao¹

(1. Anhui Grain and Oil Science Research Institute, Hefei Anhui 230061;

2. College of Life Science, Hefei Normal University, Hefei Anhui 230601)

Abstract: Rice bran is the by-product of the processing of rice with rich output, but without being utilized properly. The resource of rice bran is summarized in the aspects of the main components and the research progress on its comprehensive utilization. At the same time, some opinions and suggestions on the future development of comprehensive utilization of rice bran resource in China is proposed.

Key words: rice bran; extract; processing; food

米糠是糙米精制后得到的副产物,由大部分皮层、胚、糊粉层和少量胚乳组成,占稻谷总重10%左右。我国米糠资源丰富,从东北3省到海南岛均广泛分布稻谷种植区,每年米糠产量约1200万t,但其综合利用率较低,有效利用尚不足20%,生产、研究多集中于油脂提取、饲料加工等传统领域^[1]。

米糠资源全身是宝,含有较高含量的脂肪、蛋白质、膳食纤维,此外,矿物质、维生素E、谷维素、二十八烷醇、神经酰胺、 γ -氨基丁酸(GABA)等生理活性物质含量也很丰富。但米糠在我国目前总体仍处于研究阶段,未得到合理、有效利用,因此深入研究和开发米糠资源前景广阔。2016年《国务院办公厅关于进一步促进农产品加工业发展的意见》中明确指出要加快推进秸秆、稻壳、米糠等农产品加工副产物的综合利用,首次从国家层面强调农产品深加工及副产物利用的必要性,从开发新能源、新材料、新

产品等角度提出要求。米糠作为我国重要的油脂原料、食品资源、化工原料,充分开发和利用目前我国仍有许多问题需要解决。主要对米糠的生化性质及其综合利用进展进行介绍,针对现状提出可行性建议。

1 米糠主要成分

1.1 米糠油

米糠中含约12%~22%的油脂,脂肪酸组成合理,其中不饱和脂肪酸含量达80%以上,且含大量脂溶性维生素、谷维素等,研究表明米糠油有一定的药用保健价值,有降胆固醇、降血脂、促进生长发育等作用,被国内外公认为营养健康型油脂^[2];米糠油容易吸收,食后吸收率达90%以上,同时有良好的氧化稳定性及风味,被广泛的应用于食品和药品行业。

适当的精制在米糠油制取过程中必不可少,但精制过程中产生皂脚和不皂化物,其中皂脚中富集米糠中大部分游离脂肪酸和谷维素,不皂化物含有谷甾醇和生育酚类化合物。

收稿日期:2017-05-08

作者简介:徐浩,1990年出生,男,硕士。

通讯作者:朱昌保,1974年出生,男,硕士,副所长。

1.2 米糠蛋白及米糠肽

米糠中蛋白含量较高,其中脱脂后的米糠蛋白含量15%~20%,米糠蛋白质的氨基酸组成合理,接近FAO/WHO推荐标准,生物效价与牛奶、鸡蛋相似,每100g米糠蛋白中含赖氨酸含量5.8g,可作为功能性食品的营养添加剂使用;米糠蛋白中无抗营养因子,是一种低过敏性蛋白,适合作为特殊人群及婴幼儿营养食品。米糠蛋白中23~35ku的小分子蛋白占45%以上,这类小分子蛋白具有良好的乳化性、溶解性、持水性、起泡性以及持油性^[3],可作为食品乳化剂。

米糠肽是米糠蛋白水解产物,是一种很有前途的活性肽。科研人员发现利用米糠蛋白制备的多肽具有多种生理功能,如抗氧化、降血压血脂、免疫调节、抗癌细胞增殖以及预防糖尿病等^[4]。

1.3 米糠多糖

米糠多糖是一类多糖混合物,约占米糠总量的1.0%~3.0%,主要包括脂多糖、葡聚糖和阿拉伯木聚糖等,除具有一般多糖的生理功能外,研究表明米糠多糖还有抗肿瘤、增强免疫、降胆固醇、降血脂、降血糖,提高血清肿瘤坏死因子水平等功能^[5]。米糠多糖的生理功效与人参、当归等中药多糖的功效类似,合理加工利用可产生良好的经济效益^[6]。

1.4 植酸

米糠中含有10%左右的植酸,是生产植酸的优质原料,科研人员对植酸及其下游产品开展了大量的研究。植酸在米糠中,通常与矿物质、蛋白质、游离氨基酸等结合,以络合物的形式存在。米糠中植酸具有一定的抗氧化、抗衰老等生理功能,但其抗营养问题^[7]也被科学界所公认。作为食品中成分,植酸无法被人与非反刍动物消化,从而影响矿物质元素在人体的利用率、降低蛋白饲料消化吸收、降低消化酶活性等。因此,米糠在作为食品、饲料原料时,可通过微生物发酵、酶解等方法降解植酸,提高原料营养价值。

1.5 米糠膳食纤维

膳食纤维被誉为“第七营养素”,研究表明膳食纤维可预防肠道疾病、心脑血管疾病、糖尿病、高血压、肥胖等^[8];脱脂后的米糠中膳食纤维含量可达到30%~50%,其中可溶性膳食纤维7%~13%^[9],

是膳食纤维的重要来源。将米糠作为食品原料添加入食品当中可增加人体膳食纤维摄入量。

1.6 谷维素

谷维素又名阿魏酸酯(4-羟基-3-甲氧基肉桂酸酯),是一种重要的功能性物质,主要存在于米糠当中,含量0.3%~0.5%,因其具有脂溶性,在制取油脂过程中溶解在米糠油中,米糠毛油中含量约为2%~3%,故通常以米糠毛油为原料富集并生产谷维素纯品。大量实验研究表明其具有抗衰老、抗脂质氧化、降血脂、调节内分泌、促进生长和改善植物神经功能等生理作用^[10];

早在上世纪50年代就有研究报道谷维素的分离、提取和纯化,1962年日本首次将谷维素作为治疗更年期焦虑的药物在市场销售,我国自1970年开始自主研发并生产出谷维素产品,经过40余年的发展,已被广泛应用于医药、食品、美容化妆品等领域。

2 米糠加工及综合利用研究进展

2.1 米糠稳定化技术

米糠脱离糙米后直接与空气接触,脂肪酶被激活并作用于底物,迅速将米糠中的甘油三酯分解为脂肪酸,酸值快速升高,游离脂肪酸含量在最初24h内快速升高至7%~8%,并且以每天5%~10%的速度增长,米糠发生严重水解酸败^[11],同时,产生的脂肪酸在一定条件下会分解为过氧化物,以及醛类、酮类物质等小分子物质^[12],这些物质的存在会使米糠产生刺激性气味,人体摄入后会造成代谢困难,肝脏负担加重,小分子的醛类有显著的致癌毒性^[13]。因此,使米糠中脂肪酶失活是米糠有效利用的前提。目前米糠稳定化处理的主要方法有加热处理、化学处理、微波处理,以及挤压膨化等,可在一定程度上使米糠中酶失活(过氧化物酶耐热,一般认为,过氧化物酶残余活力小于5%,脂肪酶基本失活^[14]),同时杀灭米糠中存在的真菌、细菌和昆虫等,使米糠处于一个稳定的状态,延长储藏期^[15]。

不同米糠稳定化方法各有其特点,在选择合适的方法时,要在保证米糠储藏稳定性的基础上,最大程度保留米糠中营养成分及使用价值;此外,要考虑实际环境、经济条件,合理选择稳定化设备和工艺,实现效益最大化。

2.2 米糠综合利用技术

2.2.1 米糠油制备技术

米糠油中油酸、亚油酸含量较高,总量占米糠油脂80%以上,脂肪酸组成合理,营养因子丰富,是一种健康型油脂,工业上米糠油的制备方法多采取压榨法、有机溶剂萃取法、超临界二氧化碳萃取等^[16-17]。

压榨法是借助机械压力,从米糠中分离得到米糠油,该法生产设备比较简单,产品无任何添加成分,油脂中营养成分保留较多,风味纯正。但缺点是这种方法需要的生产动力较高,出油率低,饼粕残油量较大,针对这种情况往往采用一段压榨,二段有机溶剂萃取的方式以提高生产率。

溶剂浸出法利用相似相溶原理,采用有机溶剂浸提米糠中油脂,该法提油率高、成本低,在国内外普遍采用,但缺点是有溶剂残留。为了提高出油率常采用低温破壁^[18]、微波^[19]、超声波^[20]、酶解辅助提取^[21]的工艺方法,油脂提取率比单一溶剂萃取法有显著提高,同时节约了溶剂成本。

超临界萃取米糠油通常采用超临界CO₂,在超临界状态下,液态CO₂与米糠接触,将米糠中油脂溶解在液态CO₂中,随后减压、升温,将液态CO₂变成气体,得到米糠油。该法得到的米糠油脂营养物质保留比较多,同时提油率高,无溶剂残留;但对提取设备要求较高,投资大,普遍推广难度大。

2.2.2 米糠蛋白制备技术

自上世纪70年代起,已有科研工作者从事米糠蛋白提取的研究,但米糠蛋白的高聚合度以及与植酸、淀粉的螯合,造成溶解性差,提取较为困难,目前商业生产及应用仍较罕见。

传统的碱法提取,高浓度的碱液可改变米糠中纤维素、淀粉、植酸等与蛋白聚集结构,通过破坏蛋白分子间结合紧密的二硫键、氢键和酰胺键,使蛋白易溶解于碱性溶液中^[22],在pH7~12,米糠蛋白得率达到30%~80%^[23];碱法虽简单易行,但碱浓度较高条件下,易发生美拉德反应,蛋白提取液颜色较深,且蛋白质的半胱氨酸和丝氨酸残基可能转变为一定毒性的乙酰脱氢丙氨酸^[24-25]。

利用酶法辅助提取米糠蛋白,在较低浓度的

碱条件下即可得到较高的提取率,蛋白营养损失少。研究报道较多的是利用蛋白酶酶解提取米糠蛋白,蛋白酶酶解的机理主要是将难溶的米糠蛋白分子降解为可溶性的分子,但提取液颜色较深,且水解难以控制,米糠蛋白苦味较重,限制了其应用。

2.2.3 米糠多糖制备技术

米糠多糖传统的提取工艺是利用多糖溶于水的性质,采用热水进行浸提,工艺流程为:米糠脱脂→水提→淀粉酶、糖化酶处理→沉淀蛋白→沉淀→醇洗→干燥。在水提阶段通常辅助采取微波、超声波、超高压工艺,或者采取纤维素酶、蛋白酶等进行破壁处理,这些辅助处理工艺都极大提高了米糠多糖提取率;为降低提取液中淀粉含量,水提液通常采用淀粉酶、糖化酶进行酶解处理^[26-27]。

2.2.4 米糠植酸制备技术

米糠资源丰富、价格低廉,植酸含量10%左右,是获取植酸重要的原料。生产中应用较多的植酸提取方法有沉淀法和离子交换法。沉淀法的工艺流程:米糠脱脂→粉碎→酸浸→碱沉→沉淀物再溶解→过滤→滤液经阳离子交换树脂吸附阳离子→溶液脱色→浓缩→成品;离子交换法的工艺流程:米糠脱脂→粉碎→酸浸→过滤→阴离子交换树脂吸附植酸→碱洗脱→阳离子交换树脂吸附阳离子→脱色→成品。从工艺流程可看出2种工艺均较简单,但二者均需要消耗大量试剂,且成本高、能耗大、得率低;为了提高植酸产率,有关研究人员将微波、超声波技术应用于酸浸工艺;为了提高植酸产品品质,将膜分离技术应用于浓缩工艺中^[28]。

2.2.5 米糠膳食纤维制备技术

一般采用强碱溶液处理米糠,得到膳食纤维,该方法工艺简单,但该方法会破坏膳食纤维的有效成分,产生环境污染。有的研究通过酶解、超声波辅助提取等工艺可显著提高产率;通过超微粉碎、超滤等环境友好型技术提取膳食纤维,可改善膳食纤维品质。Wan等^[29]人利用超滤技术提纯米糠中的可溶性膳食纤维,取得了较佳的应用结果。

2.2.6 米糠谷维素制备技术

谷维素是米糠中主要活性因子,米糠油中谷维

素含量约在2%~3%,市售谷维素大多利用米糠毛油制取。国内生产企业大多采用酸化弱酸取代法和吸附法生产谷维素,也有文献报道采用碱性甲醇直接从毛油中萃取谷维素的工艺等^[30]。

弱酸取代法利用谷维素具有酚类物质的性质,通过二次碱炼可被吸附到皂脚中,达到富集谷维素的目的;随后利用碱性甲醇可溶解谷维素钠盐和脂肪酸盐的性质,将谷维素钠盐和脂肪酸盐从皂脚中分离出;最后利用谷维素不溶于弱酸的性质,采用弱酸调节pH,还原谷维素钠盐得到谷维素。该方法成本低,产品质量较好,但回收率较低,不适用于高数值米糠毛油制备谷维素。

吸附法是利用吸附剂吸附毛油中谷维素的原理。先经过真空、高温脱除毛油中脂肪酸,随后加入活性吸附剂(活性氧化铝等),吸附在活性氧化铝上的谷维素用醋酸乙醇溶液溶出谷维素即可^[30-31]。

3 米糠食品研究进展

米糠中营养丰富,可做为功能性食品原料。以稳定化米糠为原料制作米糠食品的研究在国内外有很多报道,目前已开发出的米糠食品主要有米糠面包、米糠面条、米糠营养素等^[32]。Phimolsiripol等^[33]研究表明添加米糠(尤其是可溶性膳食纤维含量高的米糠)可产生出面包的色泽更好、比重更大、面包碎屑和硬度更低,面包的营养价值、质构、感官性质均有显著改善,同时产品的货架期有所延长。美国斯巴斯公司以米糠为原料加工成米糠提取物后,使用喷雾干燥制得固体饮料,口感风味佳,广受关注。日本开发生产的米糠水溶性提取物,主要成分为肌醇与肌醇六磷酸钙镁、米糠纤维素、维生素及GABA,可作为膳食添加剂和饮料添加剂,具有抗高血脂、降脂肪以及降血压等功效。

国内米糠食品深度研究刚起步,市场基本处于空白,但发展前景十分广阔。徐树来^[34]以挤压改性的脱脂米糠粉为原料,按照不同的配方制作面包,10%的米糠添加量可优化面包的部分指标。于秋生等^[35]采用皂化脱脂及水洗的方法,去除脱脂米糠中不可食部分后,利用酶解与物理粉碎技术对米糠膳食纤维进行改性,得到1种高纤维、高蛋白、低脂肪的新型可食用米糠食品原料,可作为

食品营养添加剂。王伟华等^[36]将处理后的米糠膳食纤维与大米粉混合,采用挤压工艺制作成再造大米,不仅增加了营养保健功能,同时各项质构指标均与原料米接近。

在传统物理方法处理米糠的基础上,引入微生物发酵或酶法处理,往往会改善米糠的理化性质,提高功能营养价值。Lelamurni等^[37]通过固态发酵研究几种真菌对米糠中总酚含量和抗氧化活性的影响,结果表明整体抗氧化活性和总酚含量都有显著提高。汪江波等^[38]以米糠为原料提取膳食纤维后与脱脂乳混合,接种乳酸菌发酵,经过调配和均质,制成1种新型的功能性发酵米糠膳食纤维饮料。杨丽丽等^[39]用乳酸菌发酵米糠,在优化的实验条件下进行发酵,结果发酵液中GABA含量最高达到288.0 mg/100 g米糠。池爱平^[40]研究从脱脂米糠中提取营养素,采用淀粉酶和蛋白酶分步对脱脂米糠进行酶解,对酶解条件进行了优化,并通过微胶囊技术制得米糠固体营养素产品。

4 对我国米糠深加工的建议

米糠利用受到限制的原因是一方面由于人们普遍对米糠资源营养价值缺乏了解,深加工领域研究与应用较少;另一方面是由于米糠极易酸败变质,大量米糠由于酸败而降低了使用价值。为提高米糠资源的利用率,首先要研究更加有效控制米糠酸败和保持米糠品质的方法。

随着人们对营养健康油需求量的增加和重视度不断提高,最大程度除去油脂中游离脂肪酸、糠蜡以及磷脂,同时保留较高含量的谷维素、维生素E等天然营养成分是当下急需研究的新方向。

加强米糠资源综合利用研究,提高其附加值。对米糠资源的开发利用有2个思路,其一可以通过物理、化学、生物的方法对米糠进行前处理,改变其应用性能,转化为具有丰富营养及生理功能的食品、饲料原料;其二米糠中含有大量的油脂、蛋白、植酸、谷维素等物质,可通过特殊的提取方法、工艺制取活性成分,作为食品、工业的添加剂,提高米糠的使用价值。

参考文献:

- [1]刘婷婷.米糠高值化综合利用关键技术研究[D].吉林农业大学,2012.

- [2] Mian K S, Masood S B, et al. Rice bran: a novel functional ingredient[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2014, 54: 807-816.
- [3] 温焕斌,曹晓虹,李翠娟,等. 米糠蛋白提取工艺优化及其特性研究[J]. *扬州大学学报(农业与生命科学版)*, 2010, 2: 72-77.
- [4] 余柳青,朱碧英,刘小川,等. 稻米蛋白与功能肽的开发[J]. *中国食物与营养*, 2013, 10: 28-30.
- [5] 刘会娟,李淑芬,张晶晶,等. 米糠多糖的提取及理化性质研究进展[J]. *中国兽医医药杂志*, 2007, 1: 23-24.
- [6] 姜元荣,姚惠源,陈正行. 米糠多糖的生物学活性研究进展[J]. *食品科技*, 2002(10): 66-68.
- [7] Woyengo T A, Nyachoti C M. Review: Anti-nutritional effects of phytic acid in diets for pigs and poultry - current knowledge and directions for future research. *Canadian Journal of Animal Science*, 2013(93): 9-21.
- [8] 刘博,曾琳娜,林亲录,罗非君. 可溶性膳食纤维生理功能研究进展[J]. *粮食与油脂*, 2013(9): 42-45.
- [9] 苗欣,张晖,李伦,等. 响应面法优化脱脂米糠膳食纤维提取工艺的研究[J]. *中国油脂*, 2009, 34(6): 64-67.
- [10] Christelle L, Apostolis A, et al. γ -Oryzanol: An attractive bioactive component from rice bran[M], 2014: 409-430.
- [11] Ramezanzadeh F M, Rao R M, et al. Prevention of oxidative rancidity in rice bran during storage [J]. *J. Agric. Food Chem*, 1999, 47: 2997-3000.
- [12] 裴振东,许喜林. 油脂的酸败与预防[J]. *粮油加工与食品机械*, 2004(6): 47-49.
- [13] Nwangumaa B C, Achebea A C, et al. Toxicity of oxidized fats II: tissue levels of lipid peroxides in rats fed a thermally oxidized corn oil diet[J]. *Food and Chemical Toxicology*. 1999, 37(4): 413-416.
- [14] 何国庆. 食品酶学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 123-150.
- [15] 赵旭,李新华,郑煜焱. 米糠稳定化方法的研究现状[J]. *粮食加工*, 2006, 06: 41-43.
- [16] 谢婷,程江华,闫晓明,等. 米糠油工业化制取关键技术研究现状及进展[J]. *粮食与油脂*, 2015, 28(11): 6-9.
- [17] 彭阳生. 植物油加工实用技术. 金盾出版社[M], 2003: 202-300.
- [18] 张金建,唐思,赵优萍,等. 低温破壁法与溶剂浸出法制备米糠油研究[J]. *浙江科技学院学报*, 2016, 28(6): 450-455.
- [19] 马超,廖宇杰,杨涛,等. 微波辅助酶法提取米糠油的工艺研究[J]. *食品科技*, 2014(3): 132-135.
- [20] 肖信锦,李阳洋,钟盛华. 响应面法优化超声辅助提取米糠油的工艺研究[J]. *粮食与油脂*, 2016, 29(7): 26-29.
- [21] 唐卿雁,高瑞霞,黄闰,等. 酶法辅助提取米糠油的工艺条件探讨[J]. *食品研究与开发*, 2015, 36(23): 103-105.
- [22] Juliano B O. Rice bran in rice: Chemistry and technology[M]. American Association of Cereal Chemists; St. Paul, MN, 1985.
- [23] Kolar C W, Richert S H, Decker C D, Steinke F H. Isolated soy protein. In *New Protein Foods*[M]. New York: Academic Press: 1985: 5.
- [24] Cheftel J C, Cuq J L, Lorient D. Amino acids, peptides and proteins[J]. *Food Chemistry* (2nd edn), 1985: 245.
- [25] Otterburn M S. Protein quality and the effects of processing[M]. New York: Phillips R D & Finley J W. Marcel Dekker Inc, 1989: 247.
- [26] 王莉,陈正行,张冰. 不同方法提取米糠多糖的工艺研究[J]. *食品科学*, 2007, 28(4): 112-116.
- [27] 俞兰苓,刘友明,全文玲,等. 几种米糠多糖提取工艺比较[J]. *粮油食品科技*, 14(6): 18-23.
- [28] 徐楠. 植源性废弃物中植酸的提取及其应用[D]. 辽宁: 大连工业大学, 2015.
- [29] Yuting Wan, Alfredo Prudente, Subramaniam Sathivel. Purification of soluble rice bran fiber using ultrafiltration technology[J]. *Food Science and Technology*, 2012, (46): 574-579.
- [30] 王荣,林亲录,蒋鹏,等. 米糠油谷维素提取方法研究进展[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(12): 361-365.
- [31] 刘军海. 米糠谷维素提取纯化方法研究进展[J]. *粮食与油脂*, 2007(11): 1-6.
- [32] 潘亚萍. 米糠的开发与应用[J]. *中国油脂*, 2010, 35(6): 52-54.
- [33] Yuthana, P., Amornrat, M., et al. Quality improvement of rice-based gluten-free bread using different dietary fibre fractions of rice bran[J]. *Journal of Cereal Science*, 2012, 56(2): 389-395.
- [34] 徐树来. 米糠面包的物性分析及其感官质量的模糊综合评判[J]. *中国粮油学报*, 2009, 24(3): 21-24.
- [35] 于秋生,袁凯,冯伟. 可食用脱脂米糠的制备[J]. *食品与发酵工业*, 2011(7): 103-106.
- [36] 张彦军,刘成梅,刘伟,等. 热压凝胶法制备营养质构米及其营养性质研究[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(5): 282-287.
- [37] Dang L A R, Nur Y A R, et al. Enhancement of phenolic acid content and antioxidant activity of rice bran fermented with *Rhizopus oligosporus* and *Monascus purpureus* [J]. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2014; Available online.
- [38] 汪江波,许剑秋. 乳酸发酵米糠纤维饮料的研制[J]. *粮食与饲料工业*, 2000(8): 40-41.
- [39] 杨丽丽,赵城彬,吴非. 乳酸菌发酵米糠产 γ -氨基丁酸最适条件的研究[J]. *食品工业科技*, 2012(16): 217-220.
- [40] 池爱平,陈锦屏,张海生,等. 脱脂米糠酶法水解制备米糠营养素工艺研究[J]. *食品科学*, 2006, 27(12): 339-344. ☞