

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.06.018

糙米营养价值及加工技术研究进展

吕呈蔚¹, 岳玉兰¹, 王政¹, 李倬林¹, 李铁柱¹, 胡济美²✉

(1. 吉林省农业科学院 农产品加工研究所, 吉林 长春 130033;
2. 中国国际工程咨询有限公司, 石化轻纺业务部, 北京 100048)

摘要: 糙米相较于精米更好的保留了稻谷的营养价值, 但由于糙米米糠层中含有植酸盐、纤维素等物质, 使其口感粗糙、蒸煮性差, 制约了糙米食品的发展。已有研究表明, 通过现代食品加工技术手段不仅可以有效改善糙米口感粗糙、蒸煮性差等问题, 还能够提高其制品的营养价值、促进人体消化吸收。综述了糙米的营养价值以及加工技术的研究进展, 以期对糙米的综合利用提供一定的参考。

关键词: 糙米; 营养价值; 加工技术

中图分类号: TS210 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)06-0140-05

Research Progress on the Nutritional Value and Processing Technology of Brown Rice

LV Cheng-yu¹, YUE Yu-lan¹, WANG Zheng¹, LI Zhuo-lin¹, LI Tie-zhu¹, HU Ji-mei²✉

(1. Institute of Agro-food Technology, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun, Jilin 130033, China; 2. China International Engineering Consulting Corporation, Petrochemical Textile Business Department, Beijing 100048, China)

Abstract: Compared with white rice, brown rice retains the nutritional value of rice better. However, due to the phytate, cellulose and other substances contained in the bran layer of brown rice, it has a rough taste and poor cooking, which restricts the development of brown rice food. Some studies have shown that modern food processing technology can not only effectively improve the rough taste and poor cooking of brown rice, but also improve the nutritional value of its products and promote human digestion and absorption. This article summarizes the research progress on the nutritional value of brown rice and processing technology, in order to provide a certain reference for the comprehensive utilization of brown rice.

Key words: brown rice; nutritive value; processing technology

糙米是仅将稻谷粗脱壳后仍保留外层组织的全谷稻米。糙米通过如碾白、抛光等技术手段进一步加工去除米糠层及胚芽后, 得到常见的市售精米。然而稻谷中绝大部分的膳食纤维、生物素、维生素、矿物质等营养元素都储存于米糠层及胚

芽中, 因此, 糙米相较于精米更好地保留了稻谷的全部营养成分^[1-2]。但同时糙米米糠层中含有的植酸盐、糠蜡及纤维素等物质, 是导致其口感粗糙、蒸煮性差、不易于其他食物中矿物质消化吸收的主要原因^[3]。因此, 研究开发既可以提升糙米食用品质又能较大限度地保留糙米中营养成分的加工技术是糙米食品未来的发展方向。

本文主要介绍了糙米的营养价值及其糙米加工技术, 阐明各加工技术的原理, 并归纳总结近些年糙米加工技术的研究情况, 为糙米的综合利用提供一定的参考。

收稿日期: 2020-04-17

基金项目: 吉林省科技发展重点科技研发项目(20180201062SF, 20200403063SF); 吉林省农业科技创新工程杰出青年项目(CXGC2017JQ010)

作者简介: 吕呈蔚, 女, 1989 年出生, 硕士, 研究实习员, 研究方向为食品安全。

通讯作者: 胡济美, 男, 1985 年出生, 硕士, 高级工程师, 研究方向为食品科学。E-mail: hujimei@ciecc.com.cn。

1 糙米营养价值

糙米由米糠层、胚芽及胚乳组成。糙米相较于精米具有更加全面的营养结构组成,其蛋白质、脂肪、维生素、矿物质等营养素成分含量均高于精米,各营养素含量比较见表 1^[4]。此外,糙米还具有多种精米中没有的促进人体健康的功能成分,如膳食纤维、谷维素、谷胱甘肽、 γ -氨基丁酸、米糠多糖、二十八烷醇、肌醇等物质。膳食纤维是一种非淀粉多糖,可有效预防胃肠道疾病,增加饱腹感,促进肠道蠕动、改善便秘,具有降血糖、降血脂、改善肠道菌群等生理功能^[5];谷维素是阿魏酸与植物甾醇的结合酯,具有抗氧化、

清除自由基、调节中枢神经、抗癌等功能^[6];谷胱甘肽是多种酶的辅酶或辅基,能有效保护细胞内的巯基酶不被氧化,具有抗自由基、抗氧化、保护肝脏、延缓皮肤衰老等功效^[7]; γ -氨基丁酸是哺乳动物中枢神经系统重要的抑制性神经递质,它能促进大脑新陈代谢,具有健脑益智、预防老年痴呆、调节血压、调节情绪等生理功能^[8];米糠多糖是一种杂聚多糖,具有提高免疫力、降血糖、降血脂等生理功能^[9];二十八烷醇是一种脂肪醇,具有增加耐力、抗疲劳、促进新陈代谢等功能^[10];肌醇多与磷酸离子结合形成多磷酸肌醇,具有治疗肝硬化、糖尿病等功效^[11]。

表 1 糙米和精米中营养物质含量的比较

g/100g

营养成分	含量		微量元素	含量		维生素	含量	
	糙米	精米		糙米	精米		糙米	精米
蛋白质	8.19	6.78	Na	59.20	40.10	V _A	0.08	未检出
脂肪	2.14	0.52	K	2 415.20	925.70	V _{B1}	4.12	1.24
碳水化合物	81.57	80.69	Ca	102.50	62.40	V _{B2}	1.37	0.68
灰分	1.58	0.62	Mg	1 245.50	501.40	V _{B6}	1.45	0.74
粗纤维	1.48	0.48	Fe	9.58	5.04	V _E	4.57	未检出
淀粉	76.54	75.38	Zn	21.14	13.59	烟酸	20.45	9.89
直链淀粉	13.08	15.47	Mu	32.42	15.08	泛酸	7.56	4.38
支链淀粉	63.46	59.91	Cu	2.01	1.58	生物素	0.12	0.10
			P	3 541.20	1 652.70	叶酸	0.09	0.05
			Se	0.0245	0.0207	V _{B12} / ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	0.87	0.74

2 糙米食品发展现状

日本早在 20 世纪初就已经开始着力于可以改善糙米可食性加工技术的研究,并在 20 世纪 60 年代开始倡导国民将糙米列入其日常饮食结构中。在 20 世纪 90 年代,日本成功研制出富含 γ -氨基丁酸的发芽糙米,并得到了市场的广泛认可。目前,日本对糙米的加工技术更是处于世界领先水平,糙米产品的种类层出不穷,深受本国消费者的青睐。

欧美等发达国家在近年也开始逐步对糙米加工技术及其综合利用进行研究,并取得了很大的发展。目前,常见的糙米产品主要有:发芽糙米酒、发芽糙米饮料、糙米婴幼儿食品、糙米粉、糙米粥、糙米休闲食品等。

我国虽然是稻谷生产及消费大国,但对糙米

食品加工技术的研究起步较晚。随着全谷物食品概念的推广,糙米食品可食性改良及营养价值提升已成为研究工作的热点。近年来研究逐步深入,我国对糙米食品的加工技术取得了一定成果。目前,市面上销售的糙米食品主要有:糙米休闲食品、糙米粥、糙米婴幼儿食品等。但相较于其他国家我国对糙米加工技术的研究仍旧存在加工技术手段及加工设备比较落后、产品高附加值产品不高及综合利用率低等不足,需要进一步的深入研究。

3 糙米加工技术

3.1 碾削

碾削是利用碾米机以碾压的方式将糙米的糊粉层剥离,增强糙米的吸水性,改善其蒸煮特性。研究表明,糙米的碾削程度与吸水率、体积膨胀

率呈正比,与蒸煮时间及硬度呈反比。谢有发^[12]对糙米碾削后其营养成分及加工特性进行了研究,发现碾减率在 6% 时,糙米的灰分、脂肪、蛋白质、粗纤维、B 族维生素及矿物质等营养成分损失最少,此时的糙米加工特性得到明显改善,其硬度、黏聚性、咀嚼性及蒸煮时间显著降低,糙米的口感得到显著改善。

3.2 浸泡

浸泡是以水或含有溶剂的溶液对糙米进行处理,浸泡一定时间后,皮层吸水膨胀达到软化糙米的目的,可明显缩短糙米的蒸煮时间。在工业生产中浸泡经常与蒸煮干燥技术协同使用,以制造糙米速食粥、方便糙米饭。Zhang 等^[13]以微酸性电解水对糙米进行浸泡处理,研究发现处理后的糙米中微生物含量显著下降,且无不良影响,并且可一定程度提升糙米的部分加工特性。吴凤凤等^[14]对不同的浸泡温度、时间及 pH 值等条件下浸泡处理发芽糙米的蒸煮及可食性进行了研究。其实验发现,发芽糙米在浸泡温度 40 °C、浸泡时间 15 min、浸泡液 pH 值 8.83 的条件下,糙米饭的出饭率及膨胀率达到最大值,米汤中固形物含量最低,糙米饭的感官品质得到显著改善。

3.3 挤压膨化

挤压膨化是在高温高压及高剪切力的加工环境中,使食品物料中淀粉糊化、降解;蛋白质、纤维变性;灭酶、灭菌。糙米经过挤压膨化处理,可以在尽可能保留其营养价值的同时有效改善糙米的加工特性及其产品的可食性。挤压膨化技术适用于生产糙米休闲食品、糙米粉、糙米面条等。刘明等^[15]研究了以挤压膨化技术处理的糙米为原料生产速食方便米粥的复水率与复水时间。发现以挤压温度 100 °C、物料水分含量 29.22%、螺杆转速 185 r/min 的条件下,制得的速食方便米粥复水率为 2.359%,复水时间为 10.67 min。朱永义等^[16]研究发现,在挤压膨化作用下,糙米中淀粉会发生不可逆的 α 化反应,使得糙米中的蛋白质降解为小分子氨基酸、游离脂肪酸及植酸含量减少、可溶性膳食纤维含量增加。此外,淀粉颗粒增大并且表面变得光滑。马永轩等^[17]对挤压膨化处理前后糙米的加工特性及营养成分变化进行了

研究,发现挤压膨化处理糙米的吸水性及水溶性明显增强,糙米中的脂肪含量及不及可溶性膳食纤维含量降低,还原糖及可溶性膳食纤维含量增加,蛋白质含量没有明显变化。Wang 等^[18]研究了挤出温度及螺杆速度对糙米加工特性的影响。由实验结果发现,在挤出温度 120 °C、螺杆转速 120 r/min 条件下进行挤压膨化处理的糙米加工特性得到明显改善,糙米粉的各项加工特性与其他无麸质米粉相当。

3.4 发芽

发芽处理可以有效改善糙米产品的可食性,在发芽过程中糙米的酶系统被激活,能够将蛋白质、淀粉等大分子物质分解成易于消化吸收的小分子物质,从而使糙米中 γ -氨基丁酸、六磷酸肌醇、赖氨酸、谷胱甘肽、生育三烯酚等具有生物活性的物质含量明显提升^[19]。在工业生产中,可将发芽法与发酵法相结合,生产发芽糙米醋、发芽糙米酒。相关研究发现,发芽糙米中的 γ -氨基丁酸的含量相较于糙米及精米分别提升了 1~2 倍及 9 倍。韩璐等^[20]研究了不同蒸煮时间对发芽糙米中生物活性成分的影响。其发现蒸煮时间在 20 min 条件下,糙米中 γ -氨基丁酸含量增加了 66.31%,谷维素及植酸含量分别降低了 25.06%、17.11%。何新益等^[21]对糙米在发芽前后总多酚及维生素 C 含量的变化、其多酚提取物消除自由基的能力及对食用油脂的抗氧化作用进行研究。实验结果发现,发芽后糙米中多酚类物质的含量达到 0.3%,比未发芽糙米中多酚类物质的含量增加了 87.5%。维生素 C 含量增加到 1.048 mg/100 g。发芽糙米多酚提取物对羟基自由基的消除率达 74.40%,能有效延缓食用油脂的酸败。吴凤凤^[22]以蒸煮特性、质构特性、风味成分和感官品质为指标,研究了不同发芽时间,对糙米饭可食性的影响。其发现对糙米进行发芽处理可以提高糙米的吸水率和体积膨胀率从而改善其蒸煮性能,降低糙米饭的硬度,提高糙米饭的黏弹性。发芽 2 d 的糙米可明显改善糙米饭的可食性,并能产生令人愉快的风味成分。发芽 2~5 d 的糙米所做的糙米饭中检测出未发芽糙米饭中没有的风味成分——二甲基硫醚,其具有甜玉米风味。发芽时间延长

至4~5 d, 糙米饭中醛、酸及酚类化合物含量增加, 产生过量的含硫化合物, 导致不良气味的产生。发芽2~3 d处理的糙米, 其糙米饭的可食性得到显著提升。而发芽时间超过3 d后, 糙米饭的可食性显著降低。

3.5 发酵法

发酵法主要是微生物在发酵过程中产生的酶不仅能破坏糙米的皮层结构改善糙米的口感, 还能产生 γ -氨基丁酸等营养成分。发酵技术广泛应用于生产糙米酒、糙米酵素、糙米面包等。范媛媛等^[23]使用乳酸菌和酵母菌协同发酵法对糙米进行发酵处理。实验发现通过微生物发酵处理后, 糙米中的 γ -氨基丁酸含量显著提升。在乳酸菌及酵母菌的复合菌种体积比2:1、接种量4%、温度30℃、培养时间90 h的条件下, 所得发酵处理后糙米中 γ -氨基丁酸的含量高达33.25 g/L, 比单独使用乳酸菌及酵母菌发酵处理的糙米中 γ -氨基丁酸的含量分别提高19.6%及50.8%。程鑫^[24]使用乳酸菌对糙米进行发酵处理, 并对处理后糙米的吸水性、蒸煮性及可食性进行研究。试验结果发现, 在发酵时间24 h、发酵温度30℃、含水量30%、接种量0.1%的条件下所处理糙米的蒸煮时间缩短了6.46 min、吸水率增加了25.18%、糙米饭硬度降低了29.63%、黏性升高81.88%, 咀嚼性下降了46.86%。这可能与发酵处理破坏了糙米皮层纤维结构的完整性及其与内部组织连接的致密性有关, 发酵处理改善了糙米的吸水性能, 降低了糙米饭的硬度, 改善了糙米的可食性。李飞等^[25]以不同蜂蜜添加量、酵母活化液添加量、发酵时间及发酵温度对糙米进行了发酵处理, 并研究其对发芽糙米酵素中活性成分的影响。实验发现, 在发酵条件为蜂蜜添加量8%、酵母活化液添加量13%、发酵时间3.9 h、发酵温度30℃时, 发芽糙米酵素中 γ -氨基丁酸的含量最高, 为0.80 mg/mL。

3.6 酶处理法

酶处理法主要是利用内源酶、外源酶及复合酶使糙米中的纤维素、植酸及果胶物质降解, 改善糙米可食性, 并释放更多的生物活性物质。酶解法可以用来生产糙米饮料等。刘志伟等^[26]用纤

维素酶、复合果胶酶对糙米中粗纤维及果胶物质进行降解, 以改善糙米的可食性。实验将纤维素等物质的变化及糙米饭的感官评分作为评价指标, 最终确定纤维素酶处理的最佳工艺条件为反应温度45~55℃、酶添加量0.11 mg/mL、pH值在4.8~5.2、处理时间4 h; 复合果胶酶处理的最佳工艺条件为反应温度在45~55℃、酶添加量0.6 mg/mL、pH值在5.0~5.6、处理时间2 h。以最佳工艺进行酶处理后, 糙米可食性对比处理前得到明显改善, 其中纤维素酶处理效果优于复合果胶酶。刘俊飞等^[27]使用超声波辅助酶法对糙米进行预处理后, 再发芽处理糙米。并对处理后糙米中 γ -氨基丁酸、总酚含量、内源淀粉酶活力、发芽糙米糊化黏度及蒸煮后糙米饭质构特性进行了研究。实验发现超声辅助酶预处理对糙米发芽率及 γ -氨基丁酸含量具有显著的影响。在最佳工艺条件下, 糙米发芽率为91.98%、发芽糙米中 γ -氨基丁酸含量提高为38.25 mg/100g, 但发芽糙米中总酚类物质含量降低。并且超声辅助酶预处理可以有效地提高内源淀粉酶的活力, 相应降低发芽糙米粉的糊化黏度以及发芽糙米蒸煮后米粒的硬度。龙杰等^[28]以纤维素酶预处理的发芽糙米为原料, 与精米进行复配后生产方便米饭产品。研究发现纤维素酶预处理发芽糙米的最佳工艺条件为纤维素酶浓度1.0 U/mL、酶解温度50℃、酶解时间80 min。处理后发芽糙米与精米的最佳配比为20:80~30:70, 生产方便米饭的最佳工艺条件为复配米水比1:1.2、蒸煮压力0.06 MPa、蒸煮时间15 min, 此时得到的复配方便米饭的可食性及风味最佳。

4 结论

由于精米过度加工导致营养物质流失和一些慢性病的出现, 以及对糙米营养价值和保健功效的认识逐渐加深, 糙米全谷物食品的开发利用受到越来越多的重视, 糙米食品已然成为健康食品。我国作为稻谷生产和消费大国, 加强糙米的综合利用, 开发糙米全谷物食品, 对提升人们健康水平以及提高稻米资源利用率具有重要意义, 不仅有利于调整人们的膳食结构, 改善身体素质, 同时也可以减少粮食资源浪费。

目前常用的改善糙米食用品质的加工方法主要是挤压膨化法和发芽法。挤压膨化后的糙米尽可能的保留其营养价值,还能够改善糙米加工特性及其产品的可食性。发芽法能够有效提升糙米中的生物活性物质,但是仍存在口感粗糙的问题。可以将发芽法同发酵法、酶处理法等方法结合,起到协同的作用。既可以提升糙米的营养价值,又能够改善糙米的食用品质。这种联用技术加工的糙米食品更具有竞争力。

参考文献:

- [1] CHO D H, LIM S T. Germinated brown rice and its biofunctional compounds[J]. Food Chemistry, 2016, 196: 259-271.
- [2] KUMAR S, MOHANRAJ R, SUDHA V, et al. Perceptions about varieties of brown rice: a qualitative study from Southern India[J]. Journal of American Dietetic Association, 2011, 11(10): 1517-1522.
- [3] 陈冰洁, 乔勇进, 刘晨霞. 糙米食用品质提升技术研究进展[J]. 食品与机械, 2018, 34(12): 176-180.
- [4] 王艳, 兰向东, 陈钊, 等. 糙米、胚芽米和精白米营养成分分析[J]. 食品科技, 2016, 41(11): 156-159.
- [5] 黄素雅, 钱炳俊, 邓云. 膳食纤维功能的研究进展[J]. 食品工业, 2016, 37(1): 273-277.
- [6] 张江帅, 谷克仁, 潘丽, 等. 谷维素提取及纯化方法研究进展[J]. 粮食与油脂, 2016, 29(8): 9-13.
- [7] 吴坚平, 林建平, 岑沛霖. 谷胱甘肽的生物合成[J]. 化工进展, 1999(1): 38-41+7.
- [8] 马燕, 段双梅, 赵明. 富含 γ -氨基丁酸食品的研究进展[J]. 氨基酸和生物资源, 2016, 38(3): 1-6.
- [9] 聂莹, 罗非君, 曾晓楠. 米糠多糖生理功能研究及应用新进展[J]. 粮食与油脂, 2015, 28(11): 10-13.
- [10] 郭天一, 罗非君. 二十八烷醇生理功能研究进展[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(3): 26-30.
- [11] 王立, 段维, 钱海峰, 等. 糙米食品研究现状及发展趋势[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(2): 236-243.
- [12] 谢有发. 加工精度对轻碾营养米的营养成分变化及质构特性的影响[D]. 南昌: 南昌大学, 2012.
- [13] ZHANG C L, XIA X D, LI B M, et al. Disinfection efficacy of electrolyzed oxidizing water on brown rice soaking and germination[J]. Food Control, 2018, 89: 38-45.
- [14] 吴凤凤, 臧楠, 杨哪, 等. 浸泡处理对发芽糙米蒸煮食用品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(7): 6-9.
- [15] 刘明, 朱运恒, 孟宁, 等. 挤压工艺对糙米速食粥复水效率的影响及工艺优化[J]. 粮油食品科技, 2019, 27(6): 50-56.
- [16] 朱永义, 赵仁勇, 林利忠. 挤压膨化对糙米理化特性的影响[J]. 中国粮油学报, 2003(2): 14-16.
- [17] 马永轩, 张名位, 魏振承, 等. 挤压膨化对大米和糙米理化与营养特性的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(12): 9-12.
- [18] WANG L, DUAN W, ZHOU S M, et al. Effects of extrusion conditions on the extrusion responses and the quality of brown rice pasta[J]. Food Chemistry, 2016, 204: 320-325.
- [19] PATIL S B, KHAN M K. Germinated brown rice as a value added rice product: A review[J]. Food Sci. Technol, 2011, 48(6): 661-667.
- [20] 韩璐, 赵旭, 李佳, 等. 不同蒸煮时间对发芽糙米主要生物活性物质的影响研究[J]. 粮食加工, 2018, 43(4): 39-41.
- [21] 何新益, 刘金福, 何菲. 糙米发芽前后抗氧化活性比较研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(11): 6-8.
- [22] 吴凤凤. 发芽对糙米主要营养成分、生理功效和加工特性的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2013.
- [23] 范媛媛, 丁俊胄, 熊善柏, 等. 复合菌种发酵法提高发芽糙米中 γ -氨基丁酸[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(3): 1-6.
- [24] 程鑫, 李永富, 史锋, 等. 乳酸菌发酵对糙米蒸煮性能和食用品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2018, 33(5): 1-7.
- [25] 李飞, 隋新, 苏红, 等. 不同发酵条件对糙米酵素中活性成分的影响[J]. 中国酿造, 2016, 35(11): 162-166.
- [26] 刘志伟, 林蓓蓓, 蓝小花, 等. 外源酶改善糙米食味品质的研究[J]. 食品科技, 2011, 36(5): 156-159.
- [27] 刘俊飞, 汤晓智, 扈战强, 等. 超声波辅助酶预处理对糙米发芽及发芽糙米理化特性的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(4): 11-18.
- [28] 龙杰, 尚微微, 吴凤凤, 等. 纤维素酶处理对发芽糙米复配方便米饭食用品质的影响[J]. 粮食与食品工业, 2018, 25(1): 32-37+40. 