

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.05.012

高琨, 姜平, 谭斌, 等. 稻米及其加工副产物米糠中 γ -谷维素研究现状[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(5): 91-98.GAO K, JIANG P, TAN B, et al. Research progress on γ -oryzanol in rice and its processed by-product rice bran[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(5): 91-98.

稻米及其加工副产物米糠中 γ -谷维素研究现状

高琨, 姜平, 谭斌✉, 吴娜娜, 翟小童, 乔聪聪

(国家粮食和物资储备局科学研究院, 北京 100037)

摘要: 我国稻米资源丰富, 稻米加工过程中会伴随多种营养物质损失并产生大量米糠副产物。 γ -谷维素是存在于稻米糠层不皂化部分的生物活性化合物混合物, 因其具有多种生理功能故近年来引起学者的广泛关注。概述稻米原料、稻米加工精度、稻米加工方式等对 γ -谷维素含量变化的影响以及米糠加工副产物中 γ -谷维素提取技术的研究进展。提议加强我国稻米 γ -谷维素含量的数据采集工作, 提倡稻米适度加工, 应用挤压膨化、发芽及发酵技术开发糙米制品, 加强我国稻米加工副产物活性组分的分离研究, 符合我国节粮减损、健康中国、高质量发展等重大发展战略。

关键词: 稻米; 米糠; γ -谷维素; 加工; 提取

中图分类号: TS210.9 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2021)05-0091-08

Research Progress on γ -Oryzanol in Rice and its Processed By-Product Rice Bran

GAO Kun, JIANG Ping, TAN Bin✉, Wu Na-na, ZHAI Xiao-tong, QIAO Cong-cong

(Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China)

Abstract: China is one of the major production countries of paddy rice, while during the processing of paddy rice, there is usually a high portion of nutrients loss and rice bran by-products are produced. γ -oryzanol is a mixture of bioactive compounds in the unsaponifiable part of rice bran layer. Research has been focusing on it in recent years due to its outstanding physiological functions. This paper reviews the effects of rice raw materials, precision of rice processing, rice processing methods on the content of γ -oryzanol and the research progress on the extraction of γ -oryzanol from rice bran. We suggest to stress the importance of the data collection of γ -oryzanol content of rice, advocate moderate processing of rice, develop brown rice products by extrusion, advance germination and fermentation techniques, and strengthen the separation of active components from rice bran. This is in line with the major development strategies of grain saving and waste reduction, which helps build a healthy China and support high quality development of China.

收稿日期: 2021-02-19

基金项目: “十三五”国家重点研发计划(2017YFD0401103); 北京市自然科学基金面上项目(6192028)

Supported by: National Key Research and Development Project of the 13th five-year plan, China (No.2017YFD0401103); Surface Project of Beijing Nature Fund (No. 6192028)

作者简介: 高琨, 女, 1987年出生, 博士, 助理研究员, 研究方向为粮食生物加工。E-mail: gk@ags.ac.cn.

通讯作者: 谭斌, 男, 1972年出生, 博士, 研究员, 研究方向为粮食加工。E-mail: tb@ags.ac.cn.

Key words: paddy rice; rice bran; γ -oryzanol; processing; extraction

水稻 (*Oryza sativa* L.) 是一种重要的大宗谷物, 是全球一半以上人口的主食^[1], 水稻收割后通过碾磨转化为适合于人类食用的形式。在商业碾磨过程中, 首先去除稻壳以生产糙米, 糙米是由淀粉质胚乳、胚芽和麸皮 (包括糊粉) 组成的全谷物, 由于消费者的需求, 糙米被进一步碾磨为白米, 这一加工过程中会伴随大量营养物的损失。随着世界人口的不断增加, 国际稻米研究机构 (International Rice Research Institute) 预测到 2025 年全世界大米市场的消费量将达到 8 亿 t^[2-3]。统计资料显示, 2020 年我国稻谷产量约为 21 185 万 t, 按照稻谷加工过程中产生约 8% 米糠量来推算, 我国年产米糠约 1 694 万 t。米糠中含有丰富的脂肪、蛋白质、纤维、矿物质以及一些生物活性化合物, 如维生素 E (生育酚和生育三烯醇) 和 γ -谷维素等^[4], 其中 γ -谷维素的抗氧化活性是维生素 E 的 4 倍, 具有降低胆固醇、抗炎、抗衰老、抗胆固醇活性、抗糖尿病、神经保护、抗肿瘤等生理功能^[5-6]。

目前欧洲、韩国、印度、日本、巴基斯坦等地区研究者一直关注稻米中 γ -谷维素含量的变化, 包括不同品种、不同产地、不同加工精度以及不同加工方式对稻米中 γ -谷维素含量的影响, 我国在此方面的相关研究数据难以获得。因此, 应加大此方面的研究力度以填补不足, 为米制品及稻米深加工提供理论上的指导。

近年来, 学术界和工业界对米糠 γ -谷维素表现出了极大的兴趣。由于 γ -谷维素的高可用性及其生物活性潜力使得其在化妆品行业、营养和药物领域有着巨大的应用潜力^[7]。 γ -谷维素这种化合物混合物也已被证明是开发功能性食品和稳定脂肪和油脂的一种有前途的替代方法^[8-9], 它在医药方面的应用几乎占市场总应用的 50%, 其次是营养和化妆品的应用。2014 年 γ -谷维素市场需求量为 11 520 t, 预计到 2022 年将达到 18 598 t。日本是 γ -谷维素最大的生产国, 约占总产量的 68%, 而目前 γ -谷维素商业化的主要公司有 Oryza Oil & Fat Chemical、TSUNO 和 Henry Lamotte Oil^[10]。我国拥有如此丰富的具有高营养价值以及潜在保

健价值的米糠资源, 但目前却未得到较好的利用, 因此应着眼国际和国内市场合理布局, 科学系统的研究米糠 γ -谷维素提取技术及其在化妆品、保健品、医药及食品等行业中的应用, 提升米糠的附加值, 促进我国相关产业的发展。

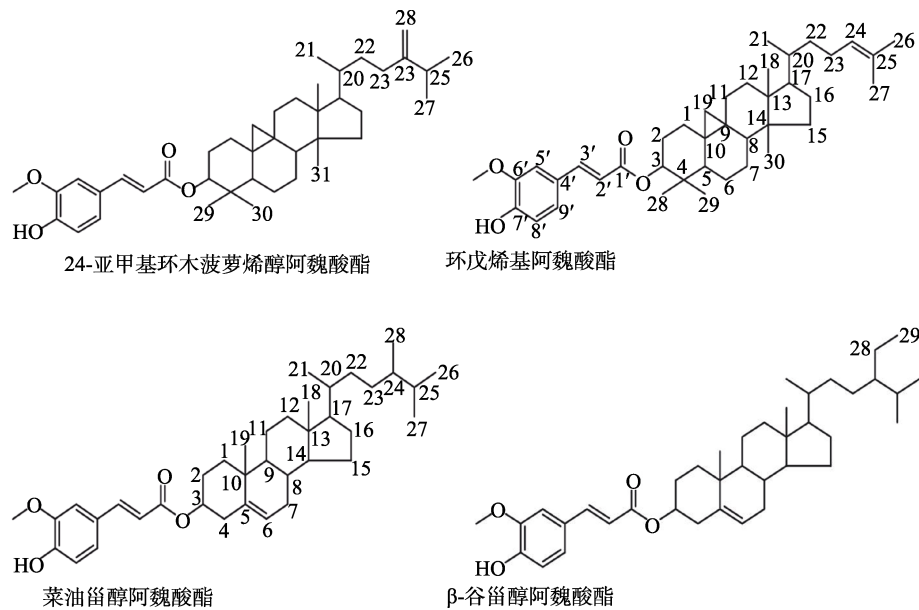
1 γ -谷维素化学成分及分析方法

γ -谷维素是存在于米糠不皂化部分的生物活性化合物混合物^[11], 它是植物甾醇或三萜醇的阿魏酯混合物, 但 95% 的 γ -谷维素仅由四种化合物组成: 24-亚甲基环木菠萝烯醇阿魏酸酯 (24MCAF)、环戊烯基阿魏酸酯 (CAF)、菜油甾醇阿魏酸酯 (CampF) 和 β -谷甾醇阿魏酸酯 (β -SF), 结构式如图 1 所示, 其按丰度递减顺序排列^[12]。 γ -谷维素目前还没有标准化的分离和定量方法, 但由于米糠中还含有少量的也能产生紫外吸收的游离阿魏酸及其酯类, 会使紫外分光光度法测定的结果较高效液相色谱偏高, 因此通常采用高效液相色谱 (HPLC) 对其进行定量分析^[9], 龚院生等^[13]确定了米糠中 γ -谷维素的 HPLC 测定条件, 以甲醇: 乙腈: 异丙醇 (45: 50: 5) 为流动相, 检测波长为 327 nm。通过 HPLC-MS、GC-MS 或核磁共振光谱 (NMR)^[14]对其进行定性鉴定。

2 目前国内外对稻米 γ -谷维素研究关注领域

2.1 品种、产地及环境因素对稻米 γ -谷维素的影响

稻米中 γ -谷维素主要的影响因素有品种、产地、遗传多样性、土壤情况、气候条件等。Andreas^[14]对 30 个不同品种、不同产地、不同季节的糙米样品进行了分析, 发现 γ -谷维素含量在 (26~63) mg/100 g 之间, γ -谷维素含量和阿魏酸酯组成有相当大的差异。Bergman 和 Xu^[15]分析了 2 个作物年、4 个不同地点生长的 7 个水稻品种的 γ -谷维素含量, 得出年份和位置交互作用是 γ -谷维素含量变化的主要因素, 其次是品种和作物年。遗传学在谷维素含量方面也起着重要作用, 因为一些特定的等位基因可能会影响谷维素的富集^[16-18]。Heinemann 等^[19]分析了 32 个基因型的巴西籼稻和粳稻糙米, 发现粳糙米中 γ -谷维素的平均含量 (246.3 mg/kg) 显著高于籼糙米 (190.1 mg/kg)。张超等^[20]研

图 1 γ -谷维素主要组成的四种化合物结构式Fig. 1 Structure formula of four main compounds of γ -oryzanol

究发现稻花香长粒米比圆粒米 γ -谷维素含量高，实验采集样品的五个地区间的谷维素含量存在明显差异，这一结果与土壤有机质含量均值呈正相关^[12,21]。温度或干旱等胁迫条件也可能是影响 γ -谷维素含量的因素^[22]，在温带气候条件下，灌浆期间稻谷中 γ -谷维素浓度随温度升高而升高，Lemus^[23]指出不同基因型、生长环境及作物年对水稻 γ -谷维素含量影响显著，而黑色和红色水稻品种间 γ -谷维素含量无明显差异。这些研究结果将有助于提高水稻 γ -谷维素含量，并为稻米培育品种创造新的价值^[24]。

目前文献报道^[20]发现欧洲地区糙米 γ -谷维素含量在 (23~63) mg/100 g，韩国地区糙米的谷维素含量变化为 (26.7~61.6) mg/100 g，印度地区糙米的 γ -谷维素含量为 (50~72) mg/100 g，巴基斯坦地区糙米的 γ -谷维素含量为 (24.6~33.0) mg/100 g，日本地区糙米的 γ -谷维素含量为 (46.9~48.2) mg/100 g，然而我国稻米中 γ -谷维素含量的数据情况却并不清楚，因此应关注这一领域数据的测定与收集，以填补此研究领域的空白。

2.2 加工精度对稻米 γ -谷维素的影响

碾磨会导致稻米中微量营养素的大量损失，但目前很少有人关注到加工精度对稻米中 γ -谷维素含量变化的影响。Tuncel 等^[25]研究了稻米米糠、原始种子、糙米、未抛光米、白米及白垩米中 γ -谷维素含量的变化及其抗氧化活性的变化，其 γ -谷

维素含量依次为 3 296.50、454.60、408.90、152.69、26.12 和 12.19 mg/kg，可以发现糙米经加工变成白米后， γ -谷维素含量减少了约 94%；抗氧化活性按米糠、原种、糙米、未抛光米、白米、白垩米这一顺序逐渐减弱，这与 γ -谷维素含量的顺序一致。Butsat 和 Siriamorpun^[26]分析了从不同生长地点采集的泰国水稻品种的米糠、糙米、精米和稻壳， γ -谷维素含量分别为 (3 430~5 380)、(410~950)、(200~330)、(60~160) mg/kg，也证实了由糙米到精米的加工过程中， γ -谷维素损失十分严重。因此从 γ -谷维素营养保持这一角度来看应大力提倡全谷物糙米的推广食用以及稻米的适度加工。

2.3 加工方式对稻米 γ -谷维素的影响

目前稻米的主要加工方式有蒸煮、发芽萌动、挤压膨化、发酵等，不同加工方式对活性物质的含量及活性的影响不一^[27]。通过研究活性物质在不同加工过程中的变化情况，分析其影响因素并反向调控加工条件，最终使活性成分在加工过程中受到最小影响，这对指导开发富含活性物质的稻米制品具有重要意义。

张君等^[28]研究发现蒸煮对糙米中 γ -谷维素含量有较大的影响，其次是米粉加工，影响最小的是挤压膨化，糙米蒸煮后 γ -谷维素的损失率为 59.14%，米粉加工后损失率为 3.43%，而挤压膨化后 γ -谷维素含量反而增加了 7.14%。这也与冯

山山^[29]、Pascual^[30]的研究结果相一致,他们研究发现高温蒸煮过程中 γ -谷维素会有约 40% 的损失。Tsuneo K^[31]研究结果显示稻谷种子发芽处理后的糙米和精米中 γ -谷维素浓度并没有增加。Hyun Young Kim^[32]研究发现稻谷和糙米发芽后, γ -谷维素含量分别增加了 1.13 倍和 1.2 倍,芽中 γ -谷维素含量为 9.91 mg/g,推测稻粒萌发主要使胚中 γ -谷维素含量增加。目前有研究显示通过乳酸菌、双歧杆菌及米曲霉等有益微生物的发酵可以显著提高糙米的生物学活性^[33-35],使得发酵糙米制品对肠道肿瘤及糖尿病等慢性疾病有良好的防治效果^[36-38],而对其营养成分的研究主要集中在发酵后总酚含量、黄酮含量、酚酸含量及 γ -氨基丁酸含量的变化情况方面^[39-40],而对 γ -谷维素含量的研究甚少,由于 γ -谷维素含量与抗氧化活性之间有着显著的相关性,因此今后的研究中也应关注到发酵对糙米 γ -谷维素含量的影响。

3 目前国内外对米糠 γ -谷维素研究关注领域

3.1 不同处理方式对米糠 γ -谷维素含量的影响

目前对于米糠的处理方式主要集中在稳定化方法的研究(挤压膨化及红外加热方法等)以及发酵高产技术的研究。Shin 等^[41]研究发现挤压膨化对米糠中 γ -谷维素含量的影响较小,米糠经 140 °C、60 min 的挤压处理后,只有 10.8% 的 γ -谷维素损失。王劲松等^[42]研究了不同膨化条件对米糠主要营养成分的影响,结果表明,随着膨化温度的升高,米糠中 γ -谷维素的含量会有所升高。红外加热(600 W, 5 min)对米糠 γ -谷维素含量的影响不显著^[43],而且红外加热的耗能与挤压膨化大致一样,因此这两种方法在米糠的稳定化应用方面都是值得肯定的。

发酵可以通过有效降解部分物质将结合态形式存在的活性物质释放出来,提高产量及功能活性^[44]。Tae-Dong Jung 等^[45]用香菇菌丝对 21 个韩国品种米糠进行发酵,研究发现 Migwang 这一品种米糠发酵后 γ -谷维素含量最高(294.77±6.74) mg/100 g,米糠 γ -谷维素水平的生物转化变化不显著,但不同品种间 γ -谷维素所占比例存在显著差异。Massarolo^[46]等首次评价了米根霉固态培养时间对米糠中 γ -谷维素回收率及其抗氧化性能的

影响,旨在提供一种替代食品配方中合成抗氧化剂的天然提取产物。研究发现米根霉发酵可以增加米糠中 γ -谷维素含量,米糠发酵 48 h 后 γ -谷维素含量由 13.54 mg/g 增加到 20.52 mg/g,提高了 0.5 倍。因此应加大发酵法增产 γ -谷维素技术的研究力度,以期为富含 γ -谷维素的发酵物梯度开发及深度利用提供数据及参考。

3.2 米糠 γ -谷维素提取技术的研究

米糠是 γ -谷维素的最佳来源^[25]。目前,我国对米糠中 γ -谷维素提取技术有着一定的研究基础,其提取技术主要有弱酸取代法、多溶剂萃取法、超临界流体萃取法、低温结晶法、阴离子胶束沉淀法、制备液相分离法、吸附法、膜富集法及分子印迹法等^[47-48]。一些主要提取方法的提取原理、优缺点等如表 1 所述,其中国内工厂目前采用最多的还是弱酸取代法,它的优点是工序少、设备简单,成本低,产品质量好,缺点是甲醇损耗较多,得率不高;而日本近些年广泛使用的方法是多溶剂萃取法和吸附法,它的优点是谷维素得率和纯度都较高,缺点是工艺较复杂,设备要求高,成本较高。

对于传统的溶剂提取法,提取方法和提取溶剂是影响提取效率及其生物活性的关键因素^[57],Kumar 等^[58]发现二氯甲烷和乙酸乙酯的萃取能力优于正己烷、异丙醇和丙酮,而 Butsat 等^[26]却发现丙酮是最佳的提取溶剂,Pramod 等^[59]研究发现甲醇是提取 γ -谷维素最有效的溶剂,微波法辅助提取可以减少溶剂用量。因此针对不同的提取方法应选择其合适的提取溶剂。目前国内外学者对米糠中 γ -谷维素的提取方法主要集中在超临界流体萃取法的工艺研究上^[60-64],超临界流体萃取方法可以最大限度地在不破坏提取物的结构性的前提下做到高效绿色分离,有着较好的工业化基础^[60]。

由于较低得率及低米糠油精炼率使得目前米糠 γ -谷维素的提取仍处于一个比较尴尬的处境,而随着多学科间深入的交叉渗透,米糠 γ -谷维素提取技术也出现了许多有意义的思路和方法,如阴离子胶束沉淀法、制备液相分离法、膜富集法及分子印迹法等,虽然这些方法在实验室取得了不错的提取效果,但是进入工厂规模化生产还有很长的路要走。为了振兴中国米糠加工行业,广

表 1 γ -谷维素主要提取方法的原理及其优缺点Table 1 Advantages and disadvantages of main extraction methods of γ -oryzanol

方法	原理	优点	缺点	参考文献
弱酸取代法	谷维素对不同 pH 值的极性溶剂有不同的溶解度	工艺简单, 生产周期短, 色泽好, 成本低	谷维素得率比较低 (40%~50%), 甲醇消耗量大, 不适用于酸值超过 30 的米糠油	[47,49,51]
甲醇直接萃取法	谷维素溶解度的差异, 通过调节甲醇溶液的 pH 萃取得到谷维素	去除了米糠油碱炼、皂化工艺, 简化了工艺, 谷维素得率较高, 可达 68%	增加了去除甲醇工艺单元操作, 能有效利用米糠油副产物皂脚	[52]
多溶剂萃取法	利用谷维素在不同 pH 值时在非极性溶剂中溶解度不同, 谷维素溶解度在 pH 值 8~9 时最高	减少了步骤、谷维素纯度高, 得率可达到 70%以上, 同时可得维生素 E、甾醇等不皂化物	需要同时使用极性和非极性溶剂, 配置两套溶剂回收系统, 萃取时两相易混溶, 造成溶剂和制品流失	[53]
吸附法	活性氧化铝吸附后洗脱	工艺简单, 谷维素得率和纯度都较高	需减压蒸馏, 对设备要求较高, 生产成本高	[54]
超临界流体萃取法	利用米糠油中不皂化物在不同条件下溶解度不同, 提取谷维素、脂肪酸、甾醇等	得率超过采用有机溶剂萃取法, 萃取介质是二氧化碳, 清洁无毒, 无溶剂残留风险	在应用过程中面临设备一次性投资较大的问题, 设备成本较高	[55-56]

大科研工作者及企业家应在 γ -谷维素提取方法改进方面深入研究, 如混合油碱炼的工业应用、溶剂萃取法、超临界流体萃取法以及同步制备 γ -谷维素及其它活性物质的米糠绿色发展利用新工艺, 都需要进一步研究应用, 将具有非常好的经济和社会效益。

4 展望

我国稻米资源丰富, 如何合理设计稻米加工、开发利用稻米加工副产物已成为稻谷加工业亟待解决的重点和难点。国内外学术界和工业界均对稻米及米糠 γ -谷维素这一具有多种生理活性的物质表现出了越来越大的兴趣, 其具有巨大的市场需求量, 应用潜力巨大。


因此, 加强我国稻米加工副产物活性组分的分离, 开发与梯度增值利用, 延伸我国稻米加工产业的产品链与价值链, 拓展其在不同领域的多元化应用, 对粮食加工产业的节粮减损、健康中国及高质量发展等多方面具有非常重要的战略意义。我们应在我国稻米 γ -谷维素含量的数据采集、稻米适度加工、应用挤压膨化、发芽及发酵技术开发糙米制品及米糠 γ -谷维素的高效提取方法及其在化妆品、保健品、医药及食品等行业中的应用方面加大研究力度, 为米制品及稻米深加工提供理论上的指导, 提升稻米制品的营养健康水平, 提升米糠的附加值, 促进我国相关产业的发展。

参考文献:

- [1] WANI A A, SINGH P, SHAH M A, et al. Rice starch diversity: Effects on structural, morphological, thermal, and physicochemical properties—a review[J]. *Comprehensive Reviews in Food and Food Safety*, 2012, 11(5): 417-436.
- [2] SECK P A, DIAGNE A, MOHANTY S, et al. Crops that feed the world 7: Rice [J]. *Food Security*, 2012, 4(1): 7-24.
- [3] IRRI “Bigger Harvest a Cleaner Planet” http://www.irri.org/publications/annual/pdfs/ar_2000/bigger_harvests.pdf.
- [4] CHEN M H, BERGMAN C J. A rapid procedure for analyzing rice bran tocopherol, tocotrienol, and γ -oryzanol contents[J]. *J Food Compos Anal*, 2005, 18: 319-331.
- [5] BUMRUNGPET A, CHONGSUWAT R, PHOSAT C, et al. Rice bran oil containing gamma-oryzanol improves lipid profiles and antioxidant status in hyperlipidemic subjects. A randomized double-blind controlled trial[J]. *J. Altern. Complement Med*, 2019, 25: 353-358.
- [6] CASTANHO A, LAGEIRO M, CALHELHA R C, et al. Exploiting the bioactive properties of γ -oryzanol from bran of different exotic rice varieties[J]. *Food Funct*, 2019, 10: 2382-2389.
- [7] PEANPARKDEE M, IWAMOTO S. Bioactive compounds from by-products of rice cultivation and rice processing: Extraction and application in the food and pharmaceutical industries[J]. *Trends Food Sci Tech*, 2019, 86: 109-117.
- [8] SIRIPAJOJ W, KAEWCHADA A, JAREE A. Synthesis of molecularly imprinted polymers for the separation of gamma-oryzanol by using methacrylic acid as functional monomer[J]. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 2014, 45 (2): 338-346.
- [9] LERMA GARCIA M J, HERRERO MARTINEZ J M, SIMO ALFONSO E F, et al. Composition, industrial processing and applications of rice bran γ -oryzanol[J]. *Food Chemistry*, 2009,

- 115(2): 389-404.
- [10] Market reports world. 2018. Global gamma oryzanol market analysis 2013-2018 and forecast 2019-2024, Market Reports World.
- [11] BHATNAGAR A S, PRABHAKAR D S, PRASANTH KUMAR P K, et al. Processing of commercial rice bran for the production of fat and nutraceutical rich rice brokens, rice germ and pure bran[J]. LWT-Food Sci. Technol, 2014, 58: 3060-311.
- [12] JEONG Y C, HYOUNG J L, GEE A K, et al. Quantitative analyses of individual γ -Oryzanol (Steryl Ferulates) in conventional and organic brown rice (*Oryza sativa* L.)[J]. Journal of Cereal Science, 2012, 55(3): 337-343.
- [13] 龚院生, 姚惠源. 米糠中 γ -谷维醇测定方法的研究[J]. 郑州工程学院学报, 2001, 22(1): 28-31.
GONG Y S, YAO H Y. Study on quantitation methods of γ -oryzanol in rice bran[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2001, 22(1): 28-31.
- [14] MILLER A, ENGELI K H. Content of γ -oryzanol and composition of steryl ferulates in brown rice (*Oryza sativa* L.) of European origin[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(21): 8127-8133.
- [15] BERGMAN C J, XU Z. Genotype and environment effects on tocopherol, tocotrienol, and γ -oryzanol contents of Southern U.S. Rice[J]. Cereal Chem, 2003, 80: 446-449.
- [16] KATO T, MATSUKAWA T, HORIBATA A. Quantitative trait loci responsible for the difference in γ -oryzanol content in brown rice between japonica-type and indica-type rice cultivars[J]. Plant Prod. Sci, 2017, 20: 459-466.
- [17] NAKANO H, TAKAI T, KONDO M. Quantitative trait loci regulate the concentrations of steryl ferulates in brown rice[J]. Cereal Chem, 2018, 95: 800-810.
- [18] MILLER A, FRENZEL T, SCHMARR H G, et al. Coupled liquid chromatography-gas chromatography for the rapid analysis of γ -oryzanol in rice lipids[J]. J Chromatogr A, 2003, 985: 403-410.
- [19] HEINEMANN R J B, XU Z, GODBER J S, et al. Tocopherols, tocotrienols, and γ -oryzanol contents in Japonica and Indica subspecies of rice (*Oryza sativa* L.) cultivated in Brazil[J]. Cereal Chemistry, 2008, 85(2): 243-247.
- [20] 张超, 李丹, 张昌, 等. 黑龙江地区水稻糙米中 γ -谷维素含量和阿魏酸酯组成[J]. 食品科学, 2020, 41(20): 234-241.
ZHANG C, LI D, ZHANG C, et al. γ -oryzanol content and ferulic acid ester composition in brown rice from Heilongjiang province[J]. Food Science, 2020, 41(20): 234-241.
- [21] TUNG Y H, NG L T. Effects of soil salinity on tocopherols, tocotrienols, and γ -oryzanol accumulation and their relation to oxidative stress in rice plants [J]. Crop Science, 2016, 56(6): 3143.
- [22] KUMAR G S, KRISHNA A G G. Studies on the nutraceuticals composition of wheat derived oils wheat bran oil and wheat germ oil[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(2): 1145-1151.
- [23] LEMUS C, ANGELIS A, HALABALAKI M, et al. γ -oryzanol: an attractive bioactive component from rice bran. wheat and rice in disease prevention and health[M]. New York: Academic Press, 2014, 409-430.
- [24] LAGEIRO M M, CASTANHO A, PEREIRA C, et al. Assessment of gamma oryzanol variability, an attractive rice bran bioactive compound[J]. Emirates Journal of Food and Agriculture, 2020, 32(1): 38-46.
- [25] TUNCEL N B, YILMAZ N. Gamma-oryzanol content, phenolic acid profiles and antioxidant activity of rice milling fractions[J]. European Food Research and Technology, 2011, 233(4): 577-585.
- [26] BUTSAT S, SIRIAMORN PUN S. Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of Thai rice[J]. Food Chem, 2009, 119(2): 606-613.
- [27] 张珺, 吴卫国, 何义雁. 糙米中植物活性物质的研究进展[J]. 粮食与饲料工业, 2014(5): 1-4.
ZHANG J, WU W G, HE Y Y. Research progress on bioactive substance in brown rice[J]. Cereal & Feed Industry, 2014(5): 1-4.
- [28] 张君, 朱香燕, 何义雁, 等. 不同加工方法对糙米主要活性物质的影响研究[J]. 粮食科技与经济, 2015, 40(2): 60-63.
ZHANG J, ZHU X Y, HE Y Y, et al. The influence of different processing methods of main active substances in brown rice[J]. Grain Science and Technology and Economy, 2015, 40(2): 60-63.
- [29] 冯山山, 王多娇, 孙昕祈, 等. 常规加热和微波加热对两种植物油维生素 E 含量的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(2): 439-443.
FENG S S, WANG D J, SUN X Q, et al. Effects of conventional heating and microwave on the content of vitamin E in two vegetable oils[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2013, 4(2): 439-443.
- [30] CRISTINA S C I P, ISABEL L M, FABIANA K, et al. Effects of parboiling, storage and cooking on the levels of tocopherols, tocotrienols and γ -oryzanol in brown rice (*Oryza sativa* L.)[J]. Food Research International, 2013, 50(2): 676-681.
- [31] KATO T, HORIBATA A. Distribution of γ -oryzanol in the outer layers of brown rice and its variation among cultivars[J]. Plant Production Science, 2020(1): 1-10.
- [32] HYUN Y K, IN G H, TAE M K, et al. Chemical and functional components in different parts of rough rice (*Oryza sativa* L.) before and after germination[J]. Food Chemistry, 2012, 134(1): 288-293.
- [33] SAMAN P, FUCIÑOS P, VÁZQUEZ J A, et al. Fermentability of brown rice and rice bran for growth of human *Lactobacillus plantarum* NCIMB[J]. Food Technology and Biotechnology, 2011, 49: 128-132.
- [34] SUBHASREE R S, RAMAIYAN B, DINESH BABU P. Evaluation of brown rice and germinated brown rice as an alternative substrate for probiotic food formulation using *Lactobacillus* spp. isolated from goat milk[J]. International Food Research Journal, 2013, 20: 2967-2971.
- [35] PHUTTHAPHADOONG S, YAMADA Y, HIRATA A, et al.

- Chemopreventive effect of fermented brown rice and rice bran (FBRA) on the inflammation-related colorectal carcinogenesis in Apc Min/+mice[J]. *Oncology Reports*, 2010, 23(1): 53-59.
- [36] KATAOKA K, NEMOTO H, SAKURAI A, et al. Preventive effect of fermented brown rice and rice bran on spontaneous type 1 diabetes in NOD female mice[J]. *Journal of Functional Foods*, 2021, 78: 104356.
- [37] 宋家乐, 曾榛, 钱波, 等. 发酵糙米乙醇提取物改善 3T3-L1 脂肪细胞糖脂代谢[J]. *现代食品科技*, 2020, 36(7): 1-10.
SONG J L, ZENG Z, QIAN B, et al. Ethanolic extract of fermented brown rice improves the metabolism of glucose and lipids in 3T3-L1 adipocytes[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2020, 36(7): 1-10.
- [38] BORRESEN E C, BROWN D G, HARBISON G, et al. A randomized controlled trial to increase navy bean or rice bran consumption in colorectal cancer survivors[J]. *Nutrition and Cancer*, 2016, 68(8): 1269-1280.
- [39] 代岚, 董平, 姜忠丽. 发酵对不同颜色糙米中酚类物质含量及抗氧化活性的影响[J]. *粮食与油脂*, 2020, 33(12): 121-124.
DAI L, DONG P, JIANG Z L. Effects of fermentation on polyphenol content and antioxidant activity in brown rice with different colors[J]. *Cereals & Oils*, 2020, 33(12): 121-124.
- [40] 程鑫. 乳酸菌发酵对糙米蒸煮食用品质改良效果的研究[D]. 江南大学, 2018.
CHEN X. Study on improving cooking and eating qualities of brown rice by lactic acid bacteria fermentation[D]. Jiangnan University, 2018.
- [41] SHIN T S, GODBER J S, MARTIN D E, et al. Hydrolytic stability and changes in E vitamers and oryzanol of extruded rice bran during storage[J]. *J Food Sci*, 1997, 62: 704-728.
- [42] 王劲松, 陈清婵. 不同膨化条件对米糠主要营养成分影响的研究[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(20): 340-341+360.
WANG J S, CHEN Q C. Study on main nutrition of rice bran under the different extrusion conditions[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2012, 33(20): 340-341+360.
- [43] NESE Y, TUNCEL N B, HABIB K. Infrared stabilization of rice bran and its effects on γ -oryzanol content, tocopherols and fatty acid composition[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2014, 94(8): 1568-1576.
- [44] 戴凌燕, 李志江, 王欣, 等. 发酵糙米提取物对高血脂大鼠血脂、肝脏脂类含量及抗氧化能力的影响[J]. *中国生物制品学杂志*, 2012, 25(5): 574-578.
DAI L Y, LI Z J, WANG X, et al. Effect of extract of fermented brown rice on blood lipid, lipid content in liver and antioxidation of rats with hyperlipidemia[J]. *Chinese Journal of Biologicals*, 2012, 25(5): 574-578.
- [45] JUNG T D, SHIN G H, KIM J M, et al. Comparative analysis of γ -oryzanol, β -glucan, total phenolic content and antioxidant activity in fermented rice bran of different varieties[J]. *Nutrients*, 2017, 9(6): 1-12.
- [46] MASSAROLO K C, SOUZA T D, COLLAZZO C C, et al. The impact of *Rhizopus oryzae* cultivation on rice bran: Gamma-Oryzanol recovery and its antioxidant properties[J]. *Food Chem*. 2017, 228: 43-49.
- [47] 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.
ZHANG J S, GU K R, PAN L, et al. Research progress on extraction and purification methods of oryzanol[J]. *Cereals & Oils*, 2016, 29(8): 9-13..
- [48] 沈鸿. 米糠油皂脚中谷维素的提取纯化及其抗氧化性研究[D]. 合肥工业大学, 2016.
SHEN H. Research on the extraction, purification and antioxidant activity of oryzanol from rice bran oil soapstock[D]. Hefei University of Technology, 2016.
- [49] 朱云. 弱酸取代法在谷维素提取中的应用[J]. *粮食与食品工业*, 2019, 26(4): 41-43.
ZHU Y. Application of weak acid substitution method in oryzanol extraction[J]. *Cereal & Food Industry*, 2019, 26(4): 41-43.
- [50] LEE J S, KIM J S, LEE H G. γ -oryzanol loaded calcium pectinate microparticles reinforced with chitosan: Optimization and release characteristics[J]. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2009, 70(2): 213-217.
- [51] PATEL M, NAIK S N. γ -Oryzanol from rice bran oil-A review[J]. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 2008(63): 569-578.
- [52] 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): 361-364+370.
WANG R, LIN Q L, JIANG P, et al. Review of extraction methods of rice bran oil oryzanol[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, 37(12): 361-364+370.
- [53] DAISUK P, SHOTIPRUK A. Recovery of γ -oryzanol from rice bran oil soapstock derived calcium soap: Consideration of Hansen solubility parameters and preferential extractability in various solvents, *LWT-Food Science and Technology*, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110238>.
- [54] 程俊文, 阚建全, 王储炎. 米糠油中谷维素的研究进展及在食品中的应用[J]. *粮食与食品工业*, 2005, (4): 17-19.
CHENG J W, KAN J Q, WANG C Y. Advances in research on oryzanol in rice bran oil and its applications in food[J]. *Cereal & Food Industry*, 2005, (4): 17-19.
- [55] 王子涵. 溶剂法萃取谷维素生产新工艺的研究[D]. 西北农林科技大学, 2007.
WANG Z H. Study on the new method of oryzanol production with solvent extraction[D]. Northwest A&F University, 2007.
- [56] LERMA-GARCÍA M J, HERRERO-MARTÍNEZ J M, SIMÓ-ALFONSO E F, et al. Composition, industrial processing and applications of rice bran γ -oryzanol[J]. *Food Chemistry*, 2009, 115(2): 389-404.
- [57] PEANPARKDEE M, IWAMOTO S. Bioactive compounds from by-products of rice cultivation and rice processing: Extraction and application in the food and pharmaceutical industries[J]. *Trends Food Sci. Tech*, 2019, 86: 109-117.
- [58] KUMAR R R, PURNIMA K T, PRAKASH V. Preferential

- extractability of γ -oryzanol from dried soapstock using different solvents[J]. *J Sci Food Agric*, 2009, 89(2): 195-200.
- [59] PRAMOD K, DEVBRAT Y, PRADYUMAN K, et al. Comparative study on conventional, ultrasonication and microwave assisted extraction of γ -oryzanol from rice bran[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2016, 53(4): 2047-2053.
- [60] 蒋璧蔚, 林文, 王志祥, 等. 超临界 CO_2 萃取谷维素的工艺研究[J]. *西北药学杂志*, 2015, 30(3): 228-230.
- JIANG B W, LIN W, WANG Z X, et al. Study on the supercritical CO_2 extraction process of γ -oryzanols from rice bran[J]. *Northwest Pharmaceutical Journal*, 2015, 30(3): 228-230.
- [61] XU Z, GODBER J S. Comparison of supercritical fluid and solvent extraction methods in extracting γ -oryzanol from rice bran[J]. *Journal of Oil & Fat Industries*, 2000, 77(5): 547-551.
- [62] WANG C, CHEN C, WU J, et al. Designing supercritical carbon dioxide extraction of rice bran oil that contain oryzanols using response surface methodology[J]. *Journal of Separation Science*, 2008, 31(8): 1399-1407.
- [63] IMSANGUAN P, ROAYSUBTAWEE A, BORIRAK R, et al. Extraction of α -tocopherol and γ -oryzanol from rice bran[J]. *Food Science and Technology*, 2008, 41(8): 1417-1424.
- [64] ZULLAIKAH S, PUJIASTUTI Y A, PRIHANDINI G, et al. Wet extraction of γ -oryzanol from rice bran[J]. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 2019, 543(1): 012078. 

· 信息窗 ·

《粮油食品科技》作为指定支持期刊媒体参加“2021 年粮食精准营养适度加工与健康谷物食品开发研讨会”

2021 年 7 月 22 日-24 日, 由中国粮油学会食品分会、粮油营养分会、玉米深加工分会共同主办, 内蒙古恒丰食品工业(集团)股份有限公司承办的“2021 年粮食精准营养适度加工与健康谷物食品开发研讨会”在内蒙古自治区巴彦淖尔市巴彦淖尔饭店隆重召开。

本次大会以“粮食精准营养适度加工与健康谷物食品开发”为主题, 分为开幕式、颁奖仪式、签署战略合作协议、大会主题报告、食品学院院长论坛、分会会长论坛、各专业专家沙龙、企业家沙龙、技术报告、青年论坛和企业参观交流等多个创新形式的环节, 充分展示了我国粮食精准营养、适度加工与健康谷物食品新技术、新产品、新装备, 以推动我国粮食科技工作的健康发展, 造福我国人民的营养与健康。

来自全国粮食加工领域的各大高校、科研院所、加工企业、社会团体及媒体等 21 家参展企业、80 多家单位、200 余位专家学者和企业家共襄盛会。详情见本刊官网、官方微信公众号 2021 年 7 月 25 日对本次会议的报道。

《粮油食品科技》作为本次大会指定的支持期刊媒体, 通过期刊官网、官方微信公众号对会议进行了会前通知和会后盛况的全面报道。同时在大会上设宣传展位, 受到同行专家学者、企业家、科技工作者、院校研究生等广泛关注。会议期间, 中国粮油学会张桂凤理事长、王莉蓉副理事长兼秘书长、原江南大学校长/中国工程院陈坚院士、中国粮油学会首席专家姚惠源教授、江南大学副校长顾正彪教授/玉米深加工分会会长、中国粮油学会食品分会张建华会长、中国农科院农产品加工所木泰华研究员/薯类分会会长、中国粮油学会食品分会朱小兵秘书长、北京市粮食科学研究院兰向东院长、华南理工大学食品科学与工程学院副院长李晓玺教授、河南工业大学科技处处长王晓曦教授、江南大学食品学院洪雁教授、郑州轻工业大学食品与生物工程学院申瑞玲教授、山东农科院盛清凯研究员、燕谷坊集团何均国董事长、数量时代科技(淮安)有限公司朱克瑞董事长等专家、企业家先后莅临本刊展位指导工作。

本刊编辑部在此次会议期间对期刊改革以来 2020 年 1-6 期、2021 年 1-4 期进行了全面宣传, 尤其是 2021 年 5 月 21 日最新出版的第 4 期特约专栏“藜麦加工、营养与品质调控”, 作为本次大会的应景专栏, 其主持人管骁编委和副主持曹洪伟博士特来期刊展位支持各项宣传工作。编委会顾问江南大学原副校长金征宇教授对本刊工作给予了鼓励; 编委兼 2020 年第 4 期封面专栏主持——中粮营养健康研究院李慧研究员、编委武汉轻工大学食品科学与工程学院院长丁文平教授、编委长沙理工大学化学与食品工程学院易翠平教授等也纷纷莅临展位指导工作并助力宣传期刊。期刊副主编兼编辑部主任谭洪卓博士带领发行宣传专员李思源、编辑尤梦晨同志与广大行业专家、学者、同仁和参展企业等进行了广泛沟通交流, 积极寻求期刊全方位合作契机, 为提升办刊质量吸纳同行建言。

通过此次与行业会议紧密合作, 扩大了会议和期刊双方的行业影响力, 促进多方共赢发展。感谢我院领导、大会主办单位、承办单位、专家同仁等对本刊的大力支持; 感谢姚惠源编委会顾问的信任与支持, 感谢李慧、管骁、谭斌三位编委安排团队助理支援期刊展位现场工作。我们将继续努力, 更好展现行业最新研究成果, 为广大科技工作者搭建特色宣传平台。

(来源:《粮油食品科技》官方微信公众号, 2021 年 7 月 26 日)