

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2024.05.011

张伟君, 朱振南, 马一玮, 等. 稻米油及其  $\gamma$ -谷维素营养的研究进展[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(5): 84-92.

ZHANG W J, ZHU Z N, MA Y W, et al. Nutritional research progress of rice bran oil and  $\gamma$ -oryzanol[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(5): 84-92.

# 稻米油及其 $\gamma$ -谷维素营养的研究进展

张伟君, 朱振南, 马一玮, 顾杰✉, 王勇, 姜元荣

(丰益(上海)生物技术研发中心有限公司, 上海 200137)

**摘要:** 我国稻米资源丰富, 其加工产物稻米油(RBO)不仅脂肪酸组成均衡, 还富含  $\gamma$ -谷维素、植物甾醇、维生素 E 等脂质伴随物, 对人体健康十分有益。对稻米油及其  $\gamma$ -谷维素营养研究进展进行检索分析, 阐述了稻米油及其  $\gamma$ -谷维素在血脂、血糖、情绪/睡眠、肌肉力量/运动表现、免疫调节等方面的营养功效及潜在机制, 其中关于 RBO 对血脂影响的临床研究最多, 食用 RBO 可能有效改善成人受试者的脂质参数, 降低血脂异常/高脂血症风险, 以预防和控制心血管疾病。为整体了解稻米油及  $\gamma$ -谷维素营养特性及潜在应用价值, 未来需进一步探索 RBO 在不同人群中健康效应及作用机制。

**关键词:** 稻米油; 脂质伴随物;  $\gamma$ -谷维素; 营养功效; 应用

中图分类号: TS201.4 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2024)05-0084-09

网络首发时间: 2024-08-28 11:40:28

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20240827.1622.036>

## Nutritional Research Progress of Rice Bran Oil and $\gamma$ -oryzanol

ZHANG Wei-jun, ZHU Zhen-nan, MA Yi-wei, GU Jie✉, WANG Yong, JIANG Yuan-rong  
(Wilmar (Shanghai) Biotechnology Research & Development Center Co., Ltd, Shanghai 200137, China)

**Abstract:** China has abundant rice resources, and its processed product, rice bran oil (RBO), not only has a balanced fatty acid composition but is also rich in lipid-associated compounds such as  $\gamma$ -oryzanol, phytosterols, and vitamin E, which are highly beneficial to human health. This study primarily conducted a literature review and analysis of the nutritional research progress on rice bran oil and its  $\gamma$ -oryzanol. It systematically outlined the nutritional effects and potential mechanisms of RBO and its  $\gamma$ -oryzanol in areas such as blood lipids, blood glucose, mood/sleep, muscle strength/physical performance, and immune regulation. Among them, the effect of RBO on blood lipids were mostly studied with clinical trials. RBO consumption may effectively improve lipid parameters, and reduce the risk of dyslipidemia/hyperlipidemia, which could play a role in the prevention and control of cardiovascular disease in adults. This study has

收稿日期: 2024-05-24

基金项目: 全民营养科研基金 (CNS-NNSRG2022-56)

Supported by: National Nutrition Science Research Grant (No. CNS-NNSRG2022-56)

作者简介: 张伟君, 女, 1993 年出生, 硕士, 工程师, 研究方向为农产品加工与营养, E-mail: zhangweijun@cn.wilmar-intl.com

通信作者: 顾杰, 男, 1972 年出生, 博士, 研究员, 研究方向为健康老龄化和天然活性成分的创新, E-mail: gujie@cn.wilmar-intl.com

provided a reference for understanding the nutritional properties and potential applications of rice bran oil and  $\gamma$ -oryzanol. However, further research is needed to explore the health effects and mechanisms of RBO in different populations.

**Key words:** rice bran oil; lipid concomitants;  $\gamma$ -oryzanol; nutritional efficacy; application

水稻和玉米、小麦并称为世界三大粮食作物, 主要分布在南亚和东南亚地区。世界主要水稻种植国家有中国、印度、越南等。据国家统计局公布数据, 2022 年我国水稻种植面积为 2 945 万 ha, 居世界第一位。米糠是稻谷加工中经过磨辊机研磨下来的副产品, 虽然只占整个稻谷重量的 5%~7%, 但是集中了 64% 的稻谷营养精华<sup>[1]</sup>。稻米油是从米糠中提取并经精炼加工制得的食用油, 其脂肪酸组成合理, 油酸/亚油酸比例接近 1:1.1<sup>[2]</sup>, 同时还富含  $\gamma$ -谷维素、维生素 E、植物甾醇和角鲨烯等天然活性成分。Nicolosi 等的研究显示稻米油中的脂质伴随物可能在改善血脂指标方面起到了更为重要的作用<sup>[3]</sup>。 $\gamma$ -谷维素, 被称为谷物中的维生素, 最早是日本学者在谷类油脂中发现并提取成功, 在免疫调节、增强肌肉、保护神经、抗糖尿病、抗氧化等方面发挥重要作用<sup>[4]</sup>。刘慧敏检测了 13 种植物油中  $\gamma$ -谷维素含量, 只在稻米油中检出, 含量为 15 300 mg/kg, 而其他植物油 (特级初榨橄榄油、芝麻油等) 中均未检出<sup>[5]</sup>。稻米油具有很高的营养价值和功能<sup>[6]</sup>。在日本、美国等国家被誉为“天赐的营养源”<sup>[7]</sup>。据日本 2007 年《纤维报》报道, 全日本 40% 以上的幼儿园和中小学将稻米油作为学生营养午餐指定用油。稻米油受到包括世界卫生组织 (WHO)、中国粮油学会 (CCOA)、印度国家营养研究所 (NIN) 和日本油脂化学家协会 (JOCS) 等国际组织的一致认可<sup>[8-9]</sup>。大量研究报道其在改善血脂水平、调节糖代谢、改善睡眠、提升肌肉耐力、提升免疫水平等方面可能发挥重要作用。此外, 对其他食用油不耐受的人群, 稻米油作为非过敏源<sup>[10]</sup>, 是其他食用油的绝佳替代品<sup>[11]</sup>。

## 1 稻米油及其 $\gamma$ -谷维素的健康功效

### 1.1 对血脂的影响

中国血脂管理指南 (2023 年) 中描述血脂异

常通常指血清中胆固醇 (Total cholesterol, TC) 和/或甘油三酯 (Triglyceride, TG) 水平升高, 俗称高脂血症。实际上血脂异常也泛指包括低高密度脂蛋白胆固醇 (High-density lipoprotein cholesterol, HDL-C) 血症在内的各种血脂异常。许多人群与动物研究报道了稻米油 (Rice bran oil, RBO) 及其  $\gamma$ -谷维素潜在健康益处 (表 1~2), 其中研究最多的课题之一是 RBO 对血脂的影响。2016 年发表的一项系统综述和荟萃分析, 纳入不同症状人群, 干预时间为 3~13 周不等, 结果显示: 食用 RBO 显著降低低密度脂蛋白胆固醇 (Low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C) ( $-6.91$  mg/dL,  $P<0.001$ ) 和 TC ( $-12.65$  mg/dL,  $P<0.001$ ) 水平, 未发现对其它脂质有影响<sup>[34]</sup>。2022 年新发表的一篇系统综述和荟萃分析, 进一步表明了 RBO 可显著降低血清 TC (加权均数差 (Weighted mean difference, WMD):  $-7.29$  mg/dL,  $P=0.000$ )、LDL-C (WMD:  $-7.62$  mg/dL,  $P=0.000$ ) 和 TG (WMD:  $-9.19$  mg/dL,  $P=0.041$ ) 水平。另外, 通过体质指数 (Body mass index, BMI) 的亚组分析, 发现与正常体重人群相比, 超重人群 TC 降低明显更多; 干预时间  $\geq 5$  周时, TC、LDL-C、TG 降低水平更显著<sup>[35]</sup>。食用 RBO 可能有效改善成人受试者的脂质参数, 降低血脂异常/高脂血症风险方面发挥作用, 起到预防和控制心血管疾病的目的。关于稻米油及其  $\gamma$ -谷维素调节血糖血脂机制解释有: 稻米油可降低脂肪含量, 进而促进脂联素分泌, 脂联素与脂联素受体结合, 随后促进脂肪酸氧化, 降低糖异生途径相关酶的表达。 $\gamma$ -谷维素一方面诱导脂肪细胞增加脂联素分泌, 进而增加 AMP-依赖蛋白激酶磷酸化 (P-AMPK), 抑制肝脏糖异生和脂肪合成途径。另一方面, P-AMPK 通过激活转录因子过氧化物酶体增殖物激活受体 (PPAR- $\gamma$ ) 促进脂肪酸氧化。稻米油降低胰岛细胞氧化应激, 增加胰岛素分泌, 增加肝脏和肌

表 1 稻米油/ $\gamma$ -谷维素相关人群临床研究  
Table 1 Clinical studies of rice bran oil/ $\gamma$ -oryzanol

作者 (发表年份)	样本量	受试者 (年龄)	方法	干预时间	对照组	干预组 (稻米油或 $\gamma$ -谷维素)	结果
Mahdavi-Roshan M et al (2021) <sup>[12]</sup>	37M	冠心病患者 (55.6)	随机对照试验	8 周	30 g/d 葵花籽油	30 g/d 稻米油	改善 CRI-II、Triglyceride/HDL、TyG、AC、AIP、LCI
Mahdavi-Roshan M et al (2021) <sup>[13]</sup>	37M	冠心病患者 (55.76)	随机对照试验	8 周	30 g/d 葵花籽油	30 g/d 稻米油	改善患者的左心室射血分数、心脏代谢危险因素和炎症状态,但对 HDL 水平和血压无显著影响
WIJAYANTHIE, N et al (2019) <sup>[14]</sup>	9F1M	2 型糖尿病患者 (48.9)	随机单盲交叉试验	4 周	15 mL/d 初榨橄榄油	15 mL/d 稻米油	两组 FBG、PBG、TC、LDL-C、TG 水平变化无显著性差异;而 HDL-C 水平均显著降低
Fujii M et al (2018) <sup>[15]</sup>	69	AD 或痴呆患者 (81.5)	随机单盲对照试验	4 周	-	100 mg/d $\gamma$ -谷维素	激进攻击、焦虑、易怒/不稳定和异常的运动活动显著改善
Salar A et al (2016) <sup>[16]</sup>	72F	2 型糖尿病人群 (51)	单中心、随机对照平行试验	8 周	30 g/d 葵花籽油或菜籽油	30g/d 稻米油	与葵花籽油相比, 稻米油组 TG、TC 显著降低; 与菜籽油相比, 稻米油组, TG、LDL-C、non-HDL-C 显著降低
Devarajan S et al (2016) <sup>[17]</sup>	400	2 型糖尿病患者+血糖正常人群 (50.5 (32.6))	开放标签随机干预试验	8 周	-	不超过 28~32 mL/d 稻米油	HbA1c、TC、TG、LDL-C、non-HDL-C 均显著降低, HDL-C 显著升高
Devarajan S et al (2016) <sup>[18]</sup>	400	高血压患者+血压正常人群 (40~60)	开放标签试验	60 d	-	28~32 mL/d 稻米油	收缩压, 舒张压和平均动脉压显著降低, TC、LDL-C、TG 和 non-HDL-C 水平降低, 而 HDL-C 显著升高

续表 1

作者 (发表年份)	样本量	受试者 (年龄)	方法	干预时间	对照组	干预组 (稻米油或 $\gamma$ -谷维素)	结果
Eslami S et al (2014) <sup>[19]</sup>	30M	健康人群 (18~32)	双盲对照试验	9 周	600 mg/d 乳糖	600 mg/d $\gamma$ -谷维素	两组在卧推和卷腿表现上存在显著差异, 增强了肌肉力量
Lai M H et al (2012) <sup>[20]</sup>	35 NR	2 型糖尿病 (56.85)	随机、单盲、安慰剂对照试验	5 周	250 mL/d 豆油调制乳 (18 g/d 大豆油)	250 mL/d 稻米油调制乳 (18 g/d 稻米油)	TC, LDL-C 显著降低, HOMA-IR 无显著差异
Zavoshy R et al (2012) <sup>[21]</sup>	42F/8M	高脂血症人群 (42)	随机平行对照试验	4 周	低卡饮食 (不含稻米油)	低卡饮食 (30 g/d 稻米油)	TC, LDL, TC/HDL 显著降低
Eady et al (2011) <sup>[22]</sup>	30F/10M	轻度高胆固醇血症人群 (52)	随机双盲交叉试验	4 周	组 1: 20 g/d RBOS $\rightarrow$ 20 g/d PS 组 2: 20 g/d RBOS+30 mL RBO $\rightarrow$ 20 g/d SS + 30 mL 葵花籽油 $\rightarrow$ 20 g/d RBOS	与 SS 相比, RBOS 和 PS 干预后, TC, LDL-C, TC/HDL 显著降低 未发现显著变化	
Utarwuthipong T et al (2009) <sup>[23]</sup>	16F	高胆固醇血症人群 (55)	交叉试验	10 周	自由选择减肥饮食	稻米油占总能量 20%	TC, LDL-C、动脉粥样硬化指数显著降低
马宗琪 et al (2009) <sup>[24]</sup>	200	大二学生 (19~22)	前后对照研究	3~7 d	-	60 mg/d $\gamma$ -谷维素	73% 的学生认为服用 $\gamma$ -谷维素可以缓解考试紧张心理, 80% 学生的考前睡眠得到明显改善
Fry A C et al (1997) <sup>[25]</sup>	22M	健康人群 (19.9)	双盲对照试验	9 周	乳糖	500 mg/d $\gamma$ -谷维素	卧推和深蹲和垂直跳跃力量方面都有显著增加, 组间没有差异

注: M: 男性; F: 女性; NR: 未报告。

Note: M: Male, F: Female, NR: Not reported.

表 2 稻米油/γ-谷维素相关动物研究

Table 2 Animal studies of rice bran oil/γ-oryzanol

作者 (发表年份)	动物实验模型	受试对象 (样本量)	干预时间	对照组	干预组 (稻米油或 γ-谷维素)	结果
Ahn J et al (2021) <sup>[26]</sup>	/	74 周龄 C57BL/6 小鼠	13 周	普通饲料	普通饲料+γ-谷维素 (0.02%)	肌肉量没有显著变化, 跑步耐力和握力增强, 骨骼肌中 PPARδ 和 ERRγ 的表达和活性增加
Akter S et al (2020) <sup>[27]</sup>	高脂诱导小鼠焦虑模型	8 周龄雄性 ICR 小鼠 (32)	8 周	普通饲料	普通饲料+γ-谷维素 (0.5%)	改善行为测试中的主要行为参数, 显著降低 HFD 诱导的大脑杏仁核多巴胺水平的上升, 杏仁核中 Trnf-α 和 Il-1β mRNA 的相对表达显著降低
Akter S et al (2019) <sup>[28]</sup>	慢性束缚应激诱导小鼠焦虑模型	5 周龄雌性 ICR 小鼠 (40-48)	20 d	普通饲料	普通饲料+γ-谷维素 (0.5%)	显著改善主要行为参数 (OFT and EPM 测试), 轻微改善血清 CORT 过高水平, 增强大脑杏仁核的中枢单胺类神经递质
Akter S et al (2018) <sup>[29]</sup>	急性束缚应激诱导小鼠焦虑模型	5 周龄雌性 ICR 小鼠		普通饲料	普通饲料+γ-谷维素 (0.5%)	减弱了行为应激的作用, 下调了急性约束应激处理诱导的大脑皮层应激反应原癌基因 cFos 的表达水平
Bushra et al (2015) <sup>[30]</sup>	/	雄性 Wistar 大鼠 (24)	6 周	普通饲料	普通饲料+稻米油 0.2 mL/d	运动和空间记忆增强、行为缺陷较低, 减轻了应激诱导的大脑血清素代谢的增加
杨阳 et al (2014) <sup>[31]</sup>	部分睡眠剥夺小鼠模型	雌性 BALB/c 小鼠 (60)	25 d	对照饲料 (含 8% 大豆油)	含稻米油 (8%) 饲料 (稻米油中 γ-谷维素含量分别为 3 000、7 000、15 000 mg/kg)	PSD-hOZ 组小鼠大脑 NE、DA 和 5-HT 含量显著高于 PSD 模型组
Ghatak SB et al (2012) <sup>[32]</sup>	/	成年 Wistar 大鼠	/	/	γ-谷维素 (25、50 和 100 mg/kg)	通过细胞和体液介导机制增强免疫活性的潜力
Sierra S et al (2005) <sup>[33]</sup>	/	4 周龄雌性 Balb/C 小鼠	4 周	高油酸葵花籽油的饲料	含有稻米油饲料	显著增强 B 淋巴细胞增殖和 TH1 型细胞因子, 调节免疫系统

肉细胞对葡萄糖的利用,进而减少胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、甘油三酯及葡萄糖浓度等,从而对血糖、血脂表现出积极效应<sup>[36]</sup>。

### 1.2 对血糖的影响

2 型糖尿病已成为一个具有挑战性的全球公共卫生问题,并因其心血管疾病风险成为全球巨大的社会和经济负担,而不健康膳食是糖尿病发病风险因素之一。2016 年一项荟萃分析表明:增加单不饱和脂肪酸(Monounsaturated fatty acid, MUFA)摄入可改善血糖和胰岛素抵抗,且在 2 型糖尿病患者中可能有更强的效果;增加多不饱和脂肪酸(Polyunsaturated fatty acid, PUFA)摄入可改善长期血糖控制、胰岛素抵抗和胰岛素分泌能力<sup>[37]</sup>。而稻米油含有丰富的 MUFA 和 PUFA。有研究发现在日常饮食中加入 30 g 稻米油能有效改善冠心病患者的动脉粥样硬化和胰岛素抵抗指标,推测可能与其抗炎特性有关<sup>[12]</sup>。Devarajan 等报道了 20%冷榨非精制芝麻油和 80%稻米油混合的混合油作为日常烹调油干预 8 周,2 型糖尿病患者的糖化血红蛋白(HbA1c)、TC、TG、LDL-C、非高密度脂蛋白胆固醇(non HDL-C)均显著降低,HDL-C 显著升高<sup>[17]</sup>。但早期也有研究报道 2 型糖尿病患者连续 5 周每天食用 18 g 稻米油后未观察到对胰岛素抵抗有显著影响,但是可显著降低血清总 TC,并有降低 LDL-C 的趋势<sup>[20]</sup>。目前,虽然稻米油对血糖影响的临床结果无一致结论,但许多报道提出,对于 2 型糖尿病患者,LDL-C 的有效控制远比 HDL-C、TG 或血糖控制重要得多<sup>[20]</sup>。因此,稻米油对于 2 型糖尿病患者可能具有潜在益处,未来仍需进一步开展稻米油对于 2 型糖尿病患者的深入研究。

### 1.3 对神经与中枢(情绪、睡眠)的影响

稻米油中含有丰富的  $\gamma$ -谷维素,早期  $\gamma$ -谷维素被发现用于治疗自主神经紊乱和应激方面有潜在用途<sup>[38]</sup>,是治疗神经系统相关疾病的重要成分<sup>[39]</sup>。马宗琪等调查了 283 名二年级大学生服用谷维素片 3~7 天后的表现,发现 73%的学生认为服用谷维素可以缓解考试紧张心理,80%学生的考前睡眠得到明显改善。提示服用  $\gamma$ -谷维素可以缓解学生应试的紧张心理,提高应试能力<sup>[24]</sup>。日本一项研究选

取 69 名阿尔茨海默氏病(Alzheimer's disease, AD)或痴呆患者,给予试验组患者每天早晚饭后  $\gamma$ -谷维素 50 mg,持续 4 周,神经精神量表评估结果显示服用  $\gamma$ -谷维素组患者激进/攻击、焦虑、易怒/不稳定和异常的运动活动显著改善<sup>[15]</sup>。目前  $\gamma$ -谷维素舒缓情绪的作用机制尚不清晰。有动物试验通过诱导部分睡眠剥夺(Partial sleep deprivation, PSD)小鼠模型发现富含  $\gamma$ -谷维素的稻米油可通过调节单胺类物质(去甲肾上腺素,多巴胺和 5-羟色胺)减轻 PSD 小鼠的疲劳,改善睡眠<sup>[31]</sup>。Bushra 等也发现稻米油(0.2 mL/d)对应激引起的大鼠行为和神经化学效应具有减弱作用<sup>[30]</sup>。Akter 等给予 5 周龄雄性 ICR 小鼠普通饲料、普通饲料+ $\gamma$ -谷维素(0.5%),发现  $\gamma$ -谷维素显著减弱了行为应激的作用,下调了急性约束应激处理诱导的大脑皮层应激反应原癌基因 cFos 的表达水平<sup>[29]</sup>。而在慢性约束应激处理的情况下,0.5%  $\gamma$ -谷维素可以显著改善小鼠主要行为参数<sup>[28]</sup>。Akter 等又通过进一步的研究发现  $\gamma$ -谷维素可能通过改善行为测试中的主要行为参数来抑制高脂膳食(High-fat diet, HFD)诱导的焦虑样行为,轻微减少 HFD 诱导的体重增加,抑制了 HFD 诱导的大脑杏仁核多巴胺水平的上升<sup>[27]</sup>。

### 1.4 对肌肉力量/运动表现的影响

$\gamma$ -谷维素作为一种抗氧化剂被健美运动员和力量训练运动员用来增强力量、肌肉量、减少体脂、加速恢复和减少运动后酸痛<sup>[26, 40]</sup>。Fry 等探索  $\gamma$ -谷维素对运动表现的影响,发现与对照组相比,两组在最大肌肉力量(卧推和深蹲)和垂直跳跃力量方面都有显著增加,但组间没有差异,且组间血液激素、矿物质、血脂等也无差异,静息心血管变量下降情况相似<sup>[25]</sup>。Eslami 等也开展了类似的研究,试验组每天抗阻训练后服用  $\gamma$ -谷维素(600 mg/d),与对照组相比在卧推和卷腿表现上存在显著差异,在阻力训练后服用  $\gamma$ -谷维素增强了肌肉力量<sup>[41]</sup>。Ahn 等报道了  $\gamma$ -谷维素(0.02%)干预对小鼠肌肉量虽然没有显著变化,但增强了小鼠跑步耐力和握力,并首次发现  $\gamma$ -谷维素可通过调节过氧化物酶体增殖物激

活受体  $\delta$  (PPAR $\delta$ ) 和雌激素相关受体  $\delta$  (ERR $\delta$ ) 活性来增强老年小鼠骨骼肌功能<sup>[26]</sup>。 $\gamma$ -谷维素对于运动表现研究相对较少,且主要是一些临床前研究,其对肌肉衰减症的影响及其潜在的分子机制待进一步探索与验证。

### 1.5 对免疫调节的影响

免疫对于维持健康至关重要,新冠疫情也使得免疫健康受到广泛关注,而营养可通过多种方式影响免疫系统。部分研究提示, $\gamma$ -谷维素可能具有免疫调节潜力。Sierra 等给予 4 周龄 Balb/C 小鼠含有稻米油或者高油酸葵花籽油的饲料 4 周。结果显示,与高油酸葵花籽油相比,RBO 可通过显著增强 B 淋巴细胞增殖和 TH1 型细胞因子 (IL-2 或 TNF- $\alpha$ ) 来调节免疫系统;并提出在需要增强免疫反应的情况下,摄入富含稻米油的饮食可能是有益的<sup>[33]</sup>。Ghatak 等研究了大鼠口服不同剂量的  $\gamma$ -谷维素 (25、50 和 100 mg/kg) 对免疫调节的影响,结果也显示  $\gamma$ -谷维素具有通过细胞和体液介导机制增强免疫活性的潜力<sup>[32]</sup>。RBO 通过促进 B 淋巴细胞增殖和 IL-2、TNF- $\alpha$  等 TH1 型细胞因子调节免疫系统, $\gamma$ -谷维素通过细胞和体液介导机制增强免疫活性<sup>[36]</sup>。

除了上述作用外,RBO 及其所含的微量营养素还与许多其他健康益处有关,包括抗氧化<sup>[42]</sup>、抗溃疡、抗癌等<sup>[43]</sup>。然而,目前大多数研究属于临床前研究,未来还需进一步开展人群试验来揭示膳食摄入稻米油或  $\gamma$ -谷维素对人体的健康益处。

## 2 总结及展望

稻米油作为一种被广泛认可的健康油,不仅含有均衡的脂肪酸组成,还含有丰富的植物化学物质,包括  $\gamma$ -谷维素、植物甾醇,维生素 E 等。其中, $\gamma$ -谷维素,作为稻米油中的特有成分,近年来,在学术界和工业界也逐渐受到广泛关注,诸多研究报道了其在缓解焦虑、促进睡眠、提升肌肉耐力、改善免疫力、改善血脂、血糖和控制体重上可能具有潜在的重要作用(图 1),使得其在营养和药物等领域有着巨大的应用潜力;并且中国卫生部颁布药品标准已将  $\gamma$ -谷维素纳入其中。

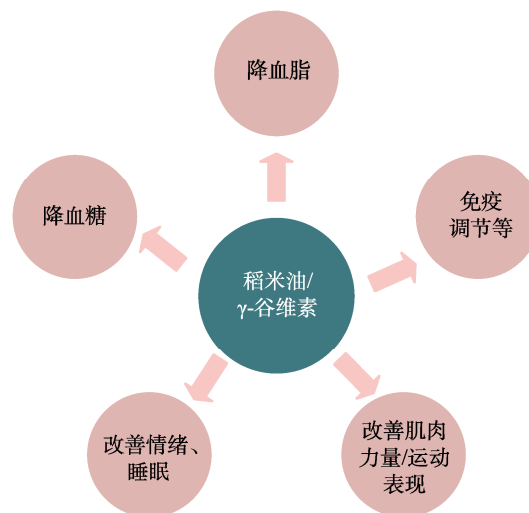


图 1 稻米油及其  $\gamma$ -谷维素与营养健康的关系图

Fig.1 Relationships between rice bran oil and  $\gamma$ -oryzanol on nutritional health

我国作为稻米生产大国,应加强稻米活性组分的分析,开发与应用,延伸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。其中,加强稻米油及  $\gamma$ -谷维素对于不同人群中的营养研究,尤其是儿童与青少年,对拓展稻米制品的应用价值,提升稻米附加值,促进我国相关产业发展及健康中国 2030 等多方面具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 姚惠源. 稻米深加工[M]. 化学工业出版社, 2004: 104-105.  
YAO H Y. Deep processing of rice [M]. Chemical Industry Press, 2004: 104-105.
- [2] 徐生庚, 裘爱泳译. 贝雷: 油脂化学与工艺学: 第 2 卷[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001: 419-420.  
XU S G, QIU A Y. Bere: oil chemistry and technology: volume 2[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2001: 419-420.
- [3] NICOLOSI R J, AUSMAN L M, HEGSTED D M. Rice bran oil lowers serum total and low density lipoprotein cholesterol and apo B levels in nonhuman primates[J]. Atherosclerosis, 1991, 88(2-3): 133-142.
- [4] SZCZEŚNIAK K A, OSTASZEWSKI P, CIECIERSKA A, et al. Investigation of nutractive phytochemical-gamma-oryzanol in experimental animal models[J]. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl), 2016, 100(4): 601-617.
- [5] 刘慧敏. 不同植物油微量成分与抗氧化能力的相关性研究[D]. 无锡: 江南大学, 2015.  
LIU H M. Study on the correlation between trace components of different vegetable oils and antioxidant capacity[D]. Wuxi:

- Jiangnan University, 2015.
- [6] 潘保辉, 殷娇娇, 王澍, 等. 稻米油研究热点和演变趋势的分析[J/OL]. 中国油脂, 2023, 1-21.  
 PAN B H, YIN J J, WANG S, et al. Research hotspots and evolution trend of rice oil[J/OL]. Chinese Oils and Fats, 2023, 1-21.
- [7] 闫金萍. 米糠深加工产品的开发与研究进展[J]. 食品科技, 2007(6): 243-247.  
 YAN J P. Development and research progress of deep-processed rice bran products[J]. Food Science and Technology, 2007(6): 243-247.
- [8] Riantong S, Jorg J J. Nutrition and applications of rice bran oil overview[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(5): 21-25.
- [9] OI-MING L, JÖRG J, JACOBY, WAI F L, et al. Nutritional studies of rice bran oil[M]. Rice Bran and Rice Bran Oil, 2019, 19-54.
- [10] ADREANO G S, B, SILVIA L R M, et al. Effect of industrial bleaching on the physicochemical and nutritional quality of non-allergenic lecithin derived from rice bran oil[J]. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 2023, 51: 102768.
- [11] NAYIK A G, MAJID I, GULL A, et al. Rice bran oil, the future edible oil of India: a mini review[J]. Rice Research Open Access, 2015, (4): 151.
- [12] MAHDAVI-ROSHAN M, SALARI A, VAKILPOUR A, et al. Rice bran oil could favorably ameliorate atherogenicity and insulin resistance indices among men with coronary artery disease: post hoc analysis of a randomized controlled trial[J]. Lipids Health Dis, 2021, 20(1): 153.
- [13] MAHDAVI-ROSHAN M, SALARI A, GHORBANI Z, et al. The effects of rice bran oil on left ventricular systolic function, cardiometabolic risk factors and inflammatory mediators in men with coronary artery disease: a randomized clinical trial[J]. Food Funct, 2021, 12(10): 4446-4457.
- [14] WIJAYANTHIE N, GUNARTI D R, MANIKAM N R, et al. Effects of extra virgin olive oil versus rice bran oil on glycemic control in patients with type-2 diabetes mellitus[J]. International Journal of Applied Pharmaceutics, 2019, 56-59.
- [15] FUJII M, BUTLER J P, SASAKI H. Gamma-oryzanol for behavioural and psychological symptoms of dementia[J]. Psychogeriatrics, 2018, 18(2): 151-152.
- [16] SALAR A, FAGHIH S, PISHDAD G R. Rice bran oil and canola oil improve blood lipids compared to sunflower oil in women with type 2 diabetes: A randomized, single-blind, controlled trial[J]. J Clin Lipidol, 2016, 10(2): 299-305.
- [17] DEVARAJAN S, CHATTERJEE B, URATA H, et al. A blend of sesame and rice bran oils lowers hyperglycemia and improves the lipids[J]. Am J Med, 2016, 129(7): 731-739.
- [18] DEVARAJAN S, SINGH R, CHATTERJEE B, et al. A blend of sesame oil and rice bran oil lowers blood pressure and improves the lipid profile in mild-to-moderate hypertensive patients [J]. J Clin Lipidol, 2016, 10(2): 339-349.
- [19] ESLAMI S, ESA N M, MARANDI S M, et al. Effects of gamma oryzanol supplementation on anthropometric measurements & muscular strength in healthy males following chronic resistance training[J]. Indian J Med Res, 2014, 139(6): 857-863.
- [20] LAI M H, CHEN Y T, CHANG J H, et al. Effects of rice bran oil on the blood lipids profiles and insulin resistance in type 2 diabetes patients[J]. J Clin Biochem Nutr, 2012, 51(1): 15-18.
- [21] ZAVOSHY R, NOROOZI M, JAHANIHASHEMI H. Effect of low calorie diet with rice bran oil on cardiovascular risk factors in hyperlipidemic patients [J]. J Res Med Sci, 2012, 17(7): 626-631.
- [22] EADY S, WALLACE A, WILLIS J, et al. Consumption of a plant sterol-based spread derived from rice bran oil is effective at reducing plasma lipid levels in mildly hypercholesterolaemic individuals[J]. Br J Nutr, 2011, 105(12): 1808-1818.
- [23] UTARWUTHIPONG T, KOMINDR S, PAKPEANKITVATANA V, et al. Small dense low-density lipoprotein concentration and oxidative susceptibility changes after consumption of soybean oil, rice bran oil, palm oil and mixed rice bran/palm oil in hypercholesterolaemic women[J]. J Int Med Res, 2009, 37(1): 96-104.
- [24] 马宗琪, 邱念伟. 谷维素在缓解学生考试紧张中的作用[J]. 曲阜师范大学学报, 2009, 35(3): 77-80.  
 MA Z Q, QIU N W. The role of Oryzol in relieving students' exam stress[J]. Journal of Qufu Normal University, 2009, 35(3): 77-80
- [25] FRY A C, BONNER E, LEWIS D L, et al. The effects of gamma-oryzanol supplementation during resistance exercise training[J]. Int J Sport Nutr, 1997, 7(4): 318-29.
- [26] AHN J, SON H J, SEO H D, et al.  $\gamma$ -Oryzanol improves exercise endurance and muscle strength by upregulating PPAR $\delta$  and ERR  $\gamma$  activity in aged mice[J]. Mol Nutr Food Res, 2021, 65(14): e2000652.
- [27] AKTER S, UDDIN K R, SASAKI H, et al. Gamma oryzanol alleviates high-fat diet-induced anxiety-like behaviors through downregulation of dopamine and inflammation in the amygdala of mice[J]. Front Pharmacol, 2020, 11: 330.
- [28] AKTER S, SASAKI H, UDDIN K R, et al. Anxiolytic effects of  $\gamma$ -oryzanol in chronically-stressed mice are related to monoamine levels in the brain[J]. Life Sci, 2019, 216: 119-128.
- [29] AKTER S, SASAKI H, IKEDA Y, et al.  $\gamma$ -oryzanol ameliorates the acute stress induced by behavioral anxiety testing in mice[J]. J Pharmacol Sci, 2018, 138(2): 155-159.
- [30] BUSHRA J M, SAIQA T, SAIDA H, et al. Nootropic and anti-stress effects of rice bran oil in male rats[J]. J Food Technol, 2015, 52(7): 4544-4550.
- [31] 杨阳, 陈贵, 朱翠红, 等. 富含谷维素稻米油通过调节单胺类神经递质改善睡眠剥夺小鼠睡眠状况(英文)[J]. 营养学报,



- 2014, 36(6): 577-583+629.
- YANG Y, CHEN G, ZHU C H, et al. Effects of rice bran oil rich in oryzanol on pentobarbital-induced sleeping behaviors in partial sleep-deprived micethrough modulation of monoamines[J]. *Chinese Journal of Nutrition*, 2014, 36(6): 577-583+629.
- [32] GHATAK S B, PANCHAL S J. Investigation of the immunomodulatory potential of oryzanol isolated from crude rice bran oil in experimental animal models[J]. *Phytother Res*, 2012, 26(11): 1701-1708.
- [33] SIERRA S, LARA-VILLOSLADA F, OLIVARES M, et al. Increased immune response in mice consuming rice bran oil[J]. *Eur J Nutr*, 2005, 44(8): 509-516.
- [34] JOLFAIE N R, ROUHANI M H, SURKAN P J, et al. Rice bran oil decreases total and LDL cholesterol in humans: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials[J]. *Horm Metab Res*, 2016, 48(7): 417-26.
- [35] POURRAJAB B, SOHOULI M H, AMIRINEJAD A, et al. The impact of rice bran oil consumption on the serum lipid profile in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2022, 62(22): 6005-6015.
- [36] SULTANA A, ZINNAH M A, SHOZIB H B, et al. Functional profiling and future research direction of rice bran oil in bangladesh[J]. *J Oleo Sci*, 2021, 70(11): 1551-1563.
- [37] IMAMURA F, MICHA R, WU J H, et al. Effects of saturated fat, polyunsaturated fat, monounsaturated fat, and carbohydrate on glucose-insulin homeostasis: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled feeding trials[J]. *PLoS Med*, 2016, 13(7): e1002087.
- [38] KIM K M, YU K W, KANG D H, et al. Anti-stress and anti-fatigue effect of fermented rice bran[J]. *Phytother Res*, 2002, 16: 700-702.
- [39] LEE S C, TSAI C C, YAO C H, et al. Ferulic acid enhances peripheral nerve regeneration across long gaps[J]. *Evid. Based Complement. Alternat. Med*, 2013: 876327.
- [40] MANORE M, MEEUSEN R, ROELANDS B, et al. BJSM reviews: A-Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance-Part 16[J]. *Br J Sports Med*, 2011, 45(1): 73-74.
- [41] ESLAMI S, ESA N M, MARANDI S M, et al. Effects of gamma oryzanol supplementation on anthropometric measurements & muscular strength in healthy males following chronic resistance training[J]. *Indian J Med Res*, 2014, 139(6): 857-863.
- [42] 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(3): 353-358.
- [43] SZCZEŚNIAK K A, OSTASZEWSKI P, CIECIERSKA A, et al. Investigation of nutriactive phytochemical-gamma-oryzanol in experimental animal models[J]. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*, 2016, 100(4): 601-617. 
- 备注：本文的彩色图表可从本刊官网（<http://lyspkj.ijournal.cn>）、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。