

全麦糙米营养成分及其与慢性病关系的研究进展

韩粉丽^{1,2}, 韩飞^{1*}, 范柳萍²

(1. 国家粮食局科学研究院, 北京 100037; 2. 江南大学食品学院, 无锡 214122)

摘要: 随着经济发展和国民营养健康意识逐渐增强, 健康已成为人们生活的重要主题。全麦和糙米中富含酚酸、烷基间苯二酚、植物甾醇、母育酚、 γ -谷维素等对人体健康有益的生物活性物质, 研究发现这些生物活性物质中的抗氧化功能因子具有高度氧化性的自由基还原, 能够终止自由基连锁反应, 起到清除或抑制自由基的目的, 表现出较强的 DPPH \cdot 、 \cdot OH、 $O_2^{\cdot-}$ 清除力和较强的还原力、 Fe^{2+} 螯合力, 长期食用糙米和全麦, 能够有效的减少心血管疾病、糖尿病、癌症、便秘等的发病率, 对人类的健康十分有利。本文就全麦与糙米的营养及生物活性物质的组成、含量及生物功能以及他们与预防慢性病关系的研究进展进行了综述, 旨在为提高全麦和糙米在膳食中的摄入提供科学依据。

关键词: 全麦; 糙米; 生物活性物质; 慢性病

Research progress of nutrient compositions of whole wheat and brown rice and their relationship with chronic diseases

HAN Fen-Li^{1,2}, HAN Fei^{1*}, FAN Liu-Ping²

(1. Academy of State Administration of Grain, Beijing 100037, China; 2. School of Food Science & Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

ABSTRACT: With the development of economy and national health care consciousness, health has become an important topic of people's life. Whole wheat and brown rice are rich in bioactive substances such as phenolic acids, alkylresorcinols, phytosterols, phenol and γ -oryzanol, etc, which are beneficial to human health. It was reported that the antioxidant function factors of these bioactive substances in highly oxidizing free radicals reduction, could terminate free radical chain reaction, and remove or inhibit free radicals, showing strong DPPH \cdot , \cdot OH and $O_2^{\cdot-}$ radical scavenging capacity, strong reducing power, and Fe^{2+} chelating ability. Long-term consumption of brown rice and whole wheat could effectively reduce the incidence rate of cardiovascular disease, diabetes, cancer and constipation,. In this paper, the progress of compositions, contents and biological functions of whole wheat and brown rice and their relationship with preventing chronic diseases were summarized, aiming at providing scientific basis for improving whole wheat and brown rice in dietary intake.

KEY WORDS: whole wheat; brown rice; bioactive compounds; chronic diseases

基金项目: 粮食公益性行业科研专项(201513003-8)

Fund: Supported by the Grain Public Welfare Industry Research Project (201513003-8)

*通讯作者: 韩飞, 博士, 副研究员, 研究方向为粮油营养。E-mail: hf@chinagrains.org

*Corresponding author: HAN Fei, Ph.D, Associate Researcher, Academy of State Administration of Grain, NO.11 Baiwanzhuang Street, Beijing 100037, China. E-mail: hf@chinagrains.org

1 引言

由于膳食结构不合理、营养不均衡,引起我国亚健康人群逐年增加,亚健康人群比例已达到 60%~70%,其中高血压、糖尿病、肥胖的人口数量已超过 4 亿人,慢性疾病已成为威胁我国国民健康的头号杀手^[1]。研究表明,合理的膳食搭配可以预防约 80%的心脏病和糖尿病以及约 40%的癌症^[2],增加全谷物的摄入量,能降低非传染性慢性疾病的风险,如心血管病、癌症和 2 型糖尿病^[3]。在全世界范围内,全谷物的营养越来越受到重视,美国、德国、丹麦等国家已经对全谷物进行深入开发利用^[4,5]。全麦和糙米中富含酚酸、烷基间苯二酚、植物甾醇、母育酚、 γ -谷维素等生物活性物质,这些生物活性物质都是对人体健康有益的功能因子。本文就全麦与糙米的组成成分及其主要生物活性物质的生理功能以及他们与预防慢性病关系的研究现状进行综述,旨在为全谷物的进一步合理开发利用提供科学依据。

2 全麦和糙米的营养成分

稻米在亚洲和太平洋地区的 17 个国家、北美和南美的 9 个国家以及非洲的 8 个国家作为主食,它几乎提供全世界总膳食 20%的能量供应,而小麦作为世界第二大谷物,其所能提供的能量供应大约为 19%^[6]。全麦和糙米的重要营养成分主要存在于皮层中,随着加工精度的提高,谷物中富含碳水化合物部分的胚乳被保留下来,而麸皮和胚芽及许多生物活性物质则被去除^[7],导致其营养价值下降。我国是世界上最大的稻谷生产国,据统计米糠年产量超过 1000 万吨,约占世界总产量的 1/3,米糠虽然占稻谷质量的 5%~8%,却集中了稻米 64%的营养素,其含有 15%~23%脂肪、14%~16%蛋白质、25%~40%膳食纤维,还含有大量 γ -谷维素(3.86~5.89 mg/g)、多酚(9.60~81.85 mg GAE/g)、维生素 E(0.32~0.44 mg/g)等生理活性物质^[8]。麦麸相当于全麦主要营养成分的仓库,含有丰富的 B 族维生素,膳食纤维以及硒、镁等矿物质,流行病学和干预研究发现,长期食用糙米和全麦,能够有效减少心血管疾病、糖尿病、癌症、便秘等的发病率,对人类的健康十分有利^[7,9]。

2.1 膳食纤维

糙米、米糠和麦麸中含有大量的膳食纤维,全麦粉、麦麸和糙米中的膳食纤维含量分别为 12.6、31.3 和 3.6 g/100 g^[10]。麦麸中含有大量可利用的具有生理活性的麦麸多糖,是麦麸中主要的膳食纤维,它的含量占干物质成分的 35%~50%,其中 β -葡聚糖占 40%~60%,可溶部分占 65%~90%,研究者们对麦麸中膳食纤维的组分与活性研究报道较为广泛^[11]。米糠总膳食纤维含量大于 60%,具有调节肠胃的功能,而且膳食纤维还能束缚致癌物质或其前体,

阻碍致癌物质作用于肠壁细胞^[12]。

早在 1972 年, Trowell^[13]就假设了纤维和冠心病(coronary heart disease, CHD)的关系,研究表明摄入高含量的含纤维的碳水化合物,对抑制高血脂症和缺血性心脏病(ischemic heart disease, IHD)有促进作用。支持 Trowell 假设的是 Morris 等^[14]人的报告,通过对英国男性的研究发现,较高的谷物纤维摄入和心脏病的发病率的降低相关。

2.2 维生素 E

维生素 E 又名生育酚,包括生育三烯酚、 α -生育酚、 γ -生育酚、 β -生育酚和 δ -生育酚等 5 种异构体,在谷物里一般存在于胚芽和皮层中,在稻谷中维生素 E 含量最高的部位是稻谷的皮层,在米糠中维生素 E 的含量高达 300 mg/kg,而在全麦的麦胚中维生素 E 含量可达到 160 mg/kg^[15]。

动物和人体内具有生育酚结合蛋白(tocopherol binding protein, TBP), TBP 对各种成分的结合能力是不同的,对 α -生育酚亲和能力最强,会首先吸收 α -生育酚,这可能是因为 α -生育酚的活性最高, γ -生育酚、 δ -生育酚和 β -生育酚的活性分别是 α -生育酚的 10%、3%和 50%^[16]。维生素 E 是一种非常重要的抗氧化剂,可以通过阻断不饱和脂肪酸的氧化和充当自由基清除剂来保护细胞膜,维生素 E 的摄入跟前列腺癌的发生率和死亡率有很大关系,定量的维生素 E 可以减少前列腺癌的发病率和死亡率,不仅如此,维生素 E 还跟冠状动脉疾病,动脉硬化,急性心肌梗死等疾病有很大的关系^[17]。

2.3 全麦中的生物活性物质

全谷物中最常见的生物活性物质是烷基间苯二酚、苯并噁唑啉酮、脂素、酚酸、植物甾醇和母育酚。这些生物活性物质在全麦中的含量见表 1,其中酚酸的含量最多,可高达 1171 mg/g,含量最低的是苯并噁唑啉酮,为 4.8 mg/g。

表 1 全麦中生物活性化合物的范围
Table 1 Typical ranges of bioactive compounds in whole grain wheat

化合物	含量(mg/g DM)	参考文献
烷基间苯二酚	241~677	[18]
酚酸	326~1171	[19]
苯并噁唑啉酮	4.8	[20]
母育酚	28~80	[21]
木脂素	3.4~23	[22]
植物甾醇	670~960	[23]

2.3.1 酚酸

酚酸是全谷物中的抗氧化成分,肠道微生物通过分解全谷物释放出酚酸,结肠血管内皮细胞可吸收酚酸并进入静脉循环,对机体起到抗氧化和保护作用^[24]。全麦样品

中总酚含量为 710 ~ 1099 $\mu\text{mol GAE}/100\text{ g}$, 游离酚含量为 254.7 ~ 499.5 $\mu\text{mol GAE}/100\text{ g}$, 结合酚的含量为 581.9 ~ 662.4 $\mu\text{mol GAE}/100\text{ g}$; 生育三烯酚的含量要比生育酚的含量高, 生育三烯酚是生育酚的 1.9 ~ 5.3 倍^[25]。阿魏酸含量为每 100 g 样品 32.7 μmol 阿魏酸当量, 其中结合态阿魏酸占总阿魏酸的 92%^[26]。阿魏酸是麸皮中含量最高的酚酸, 是一种很好的抗氧化剂, Sudheer 等^[27]以一种已知的抗氧化剂乙酰半胱氨酸(N acetylcysteine, NAC)作为对照, 研究阿魏酸对尼古丁所诱导的大鼠外周血淋巴细胞 DNA 损伤及细胞改变的效应, 试验发现尼古丁可显著减少谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GPX)、超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、过氧化氢酶(catalase, CAT)等内源性抗氧化因子, 而阿魏酸和 NAC 治疗后均可显著增加抗氧化因子, 并且阿魏酸的作用几乎和 NAC 相当, 除此之外, 在有效剂量内, 2 者对正常淋巴细胞未发现有任何毒性作用。小麦麸皮总黄酮体外可有效清除 DPPH· 自由基, 羟基自由基($\cdot\text{OH}$)和超氧阴离子自由基($\text{O}_2^{\cdot-}$), 其清除各种自由基的 IC_{50} 值分别为 33.7、113.9 和 206.6 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 在功能食品与药品方面具有较好的开发潜力^[28]。

2.3.2 植物甾醇

植物甾醇具有良好的抗氧化性, 每 100 g 干重全麦样品中植物甾醇含量为 670 ~ 960 mg ^[21]。植物甾醇具有良好的抗氧化功能是因为其分子侧链上有一个亚甲基, 它能在 29-烯丙基处快速形成一个自由基, 此自由基随即异构化为一个叔自由基, 该叔自由基比脂肪酸碳中心自由基更稳定, 从而阻断脂肪酸链氧化反应^[29]。傅梦月等^[30]研究发现, 植物甾醇添加组使肉鸡回肠总抗氧化能力(total antioxidant capacity, T-AOC)提高, 还能使反映机体氧化还原状态的还原型与氧化型的谷胱甘肽的比值(GSH/GSSG)显著升高 ($P < 0.01$), 说明植物甾醇能通过清除自由基、恢复氧化还原平衡, 解除慢性氧化应激, 从而保护机体免受氧化损伤。植物甾醇还能降低结肠癌、肺癌及胃癌等多种肿瘤的发病危险, Janezic 等^[31]通过观察植物甾醇对小鼠的结肠上皮细胞增殖影响, 认为植物甾醇可以消除胆酸诱导结肠细胞增殖, 从而发挥抑制结肠癌的作用。

2.3.3 烷基间苯二酚

烷基间苯二酚(alkylresorcinols, ARs)是一组存在于许多生物体(比如植物、藻类、苔藓和真菌)中的酚类类脂, 全麦是 ARs 最主要的来源^[32]。ARs 在体内的作用则与其吸收和代谢密切相关, 小肠能够部分吸收或代谢 ARs, 血浆中也有一定浓度的 ARs。自由基反应被认为是机体氧化衰老的机制之一, 一些体外实验研究表明 ARs 具有抗氧化性, 这主要是由于 ARs 苯环上 2 个间位的羟基具有清除自由基和给出质子的能力。ARs 在瑞典和英国的摄入量分别为 18 mg/d 和 12 mg/d ^[33]。Stasiuk 等^[34]研究了全麦中提取的酚类类脂对乙酰胆碱酯酶的活性影响, 实验结果表明酚类类脂

能够抑制乙酰胆碱酯酶的活性, 酚类类脂这一作用与其亲水部分的结构特性及烷基链长有关。Liyana-Pathirana 等^[35]通过活性氧自由基吸收能力、抑制化学发光能力、抑制低密度脂蛋白及 DNA 氧化能力等实验发现小麦酚具有强的抗氧化活性。

2.3.4 木脂素

全谷物中的木脂素须经人类肠道细菌发酵后形成内源性木酚素才能被机体吸收。木脂素存在于小麦麸皮中, 而麸皮中最重要的木脂素是亚麻木脂素, 木脂素的代谢物可以作为抗氧化剂和自由基清除剂, 减少发生癌症的风险^[36]。通过木脂素对胃癌细胞增殖的影响与 Bax 和 Bcl-2 等蛋白之间的相关性研究, 李红国等^[37]发现木脂素可下调 Bcl-2 和 Bcl-6 蛋白的表达, 上调 Bax 蛋白的表达, 表明木脂素通过 Bcl-2/Bax 蛋白的调控来促进细胞凋亡, 并且细胞凋亡率和细胞周期检测结果显示, 实验组凋亡率与对照组相比有显著性差异, 说明木脂素可促进胃癌细胞凋亡。因此可以推断木脂素对癌症的防治有一定的作用。

2.4 糙米中的生物活性物质

米糠中含有丰富的生物活性物质, 如酚酸、类黄酮、生育酚、生育三烯酚、花青素、原花色素、 γ -谷维素和植酸等, 这些都是抗氧化功能因子。这些抗氧化功能因子之所以具有清除 $\cdot\text{OH}$ 的能力, 可能是由于其中富含供氢体, 可使具有高度氧化性的自由基还原, 从而能够终止自由基连锁反应, 起到清除或抑制自由基的目的^[38]。米糠抗氧化功能因子表现出较强的 DPPH·、 $\cdot\text{OH}$ 、 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 清除力和较强的还原力、 Fe^{2+} 螯合力, 在其质量浓度为 3.93 mg/mL 时, 清除率可达到 90.36%^[39]。

2.4.1 酚酸

酚酸包含有酚环, 而且具有有机羧酸的功能, 酚环能稳定和离域未成对电子, 从而赋予酚酸抗氧化能力^[40]。酚酸的含量在稻米、米糠和胚乳里的含量分别为 20.8~78.3、177.6~319.8 和 7.3~8.7 $\text{mg}/100\text{ g}$ 。其中阿魏酸是酚酸中含量最高的, 占总酚酸的 56%~77%, 其次是香豆酸、芥子酸、异阿魏酸和对羟基苯甲酸^[41]。Adom 等^[5]发现水稻籽粒中结合态酚酸占总酚酸含量的 62%, 但不同形态酚酸含量存在着较大差异, 并且在人体中的吸收利用途径和效率不同。阿魏酸基团是氢的供体, 能形成较稳定的自由基, 它含有活性酚羟基能阻止脂质自动氧化时自由基链式反应, 从而可以抑制脂质过氧化。阿魏酸不仅能清除自由基, 还可调节人体生理机能, 抑制产生自由基的酶, 促进产生清除自由基的酶^[42]。

2.4.2 γ -谷维素

γ -谷维素是环木菠萝醇同系物阿魏酸酯的混合物, 在米糠油中含量最高, 一般在 1.4%~2.9%。 γ -谷维素具有抗氧化、清除自由基的功能, 最近研究发现, γ -谷维素能起到预防肥胖、II 型糖尿病的作用^[43]。对 γ -谷维素及其衍生物阿

魏酸和混合三萜醇的清除自由基功能的研究结果表明, γ -谷维素、阿魏酸、 V_E 清除超氧阴离子 IC_{50} 分别为 0.778、0.530、2.47 $\mu\text{mol/L}$, 清除羟基自由基 IC_{50} 分别为 0.277、0.283、0.381 $\mu\text{mol/L}$, 说明 γ -谷维素具有一定的清除超氧阴离子和羟基自由基的功能, 而阿魏酸则具有很强的清除自由基的能力^[44]。龚院生等^[45]通过动物实验对 γ -谷维素的抗氧化、抗肿瘤、增强免疫作用进行了研究, 结果表明, γ -谷维素可使小鼠血清和肝脏 MDA 明显下降、脾指数明显升高、抑瘤率达 35%, 而对小鼠的体重和 SOD 无显著影响, 说明 γ -谷维素在器官水平上对动物具有增强免疫、清除自由基的功能。

2.4.3 植酸

植酸的化学名称为环己六醇六磷酸酯(IP_6), 因结构中含有能阻碍小肠对矿物质吸收的六分子磷酸, 通常被视为抗营养因子, 植酸具有抗癌、抗氧化能力, 还具有抗脂肪肝、降血脂等生理活性, Shamsuddin 等^[46]研究发现, 对不同的人乳腺癌细胞给以纯植酸处理, 在雌激素受体阴性(MDA-MB-231)和雌激素受体阳性(MCF-7)的细胞中都可观察到剂量依赖性的生长抑制, 说明纯植酸可抑制乳腺癌细胞的生长。Yoon 等^[47]发现, 植酸的摄入量与血糖生成指数(glycemic index, GI)呈负相关。

3 全麦和糙米对慢性病的预防作用

3.1 II型糖尿病

II型糖尿病的发生主要是人体内血糖代谢产生紊乱所导致的, 超重和肥胖患者患II型糖尿病的风险比正常体重大。肥胖是一种多因素的疾病, 其特征是能量摄入过多及(或)能量消耗不足的情况下导致的能量过剩, 表现为脂肪组织大量增多^[48]。Schulze 等^[49]研究发现含有GI或血糖负荷的膳食能增加患II型糖尿病的风险, 但用GI来预防II型糖尿病仍然饱受争议。长期摄入全麦食品可以显著改善机体血脂代谢, 降低体重, 进而降低机体患II型糖尿病的风险。木脂素能被肠道菌群转化为肠道内酯和肠道二酮, 比如异黄酮, 这些生物活性物质能够影响胰岛素敏感性、脂类代谢和葡萄糖, 从而可以达到防治糖尿病的目的^[50]。

Chou 等^[51]采取腹腔注射尼克酰胺和链脲霉素诱导小鼠产生II型糖尿病, 然后用富含 γ -谷维素的米糠油来灌喂小鼠, 虽然小鼠的血浆糖浓度在治疗组和对对照组上没显示明显差别, 但是小鼠胰岛素曲线在治疗组下面积显著减小, 这说明 γ -谷维素通过增强机体对胰岛素敏感性而缓解高胰岛素血症, γ -谷维素抗糖尿病作用与其抗氧化活性有关。Harlanda 等^[52]研究发现, 高摄入全谷物的人群其腰围($P=0.03$)和腰臀比($P<0.0001$)都减少了。糖尿病小鼠经灌喂米糠多糖后, 肝脏 SOD、GSH-Px 活性显著升高, MDA 含量明显下降, 反映了米糠多糖有利于糖尿病小鼠肝脏抗氧化能力的提高, 增强组织清除自由基的能力, 保护糖尿

病机体免受自由基进一步氧化损伤, 此外, 米糠多糖组小鼠血糖明显低于糖尿病模型组, 表明米糠多糖对链脲佐菌素导致的胰岛细胞破坏起到了一定的保护作用^[53]。

3.2 心血管病

心血管疾病(cardiovascular disease, CVD), 又称为循环系统疾病, 是一系列涉及循环系统的疾病, 严重影响人类的健康。CVD 包括一系列的病症, 比如心肌的动脉供血性疾病(CHD 和缺血性心脏病)。心血管疾病占世界总死亡率的 1/3, 据世界卫生组织估计, 在接下来的 20 多年里, 发展中国家心血管疾病患病率的增加将成为严重的经济和生活负担^[54]。

全麦和糙米是膳食纤维的重要来源。全麦和糙米制品中脂肪含量和热量都很低, 但是却富含碳水化合物, 还有大量的营养素, 包括 B 族维生素(叶酸、烟酸、硫胺素)、维生素 E、硒、钾和铁等。膳食纤维能够排钠, 可以有效调节血压, 预防高血压。而高血压是心血管疾病的重要发病原因, 因此长期服用全麦和糙米制品, 能够有效防治心血管疾病。Bruce 等^[55]对 12 位高血脂患者进行全谷物膳食和精制谷物膳食治疗, 受试者在研究前 4 周服用精制谷物饮食, 然后再服用 4 周的全谷物食品, 发现服用全谷物膳食的患者血清胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇含量均较低, 并能改善结肠功能。

3.3 癌症

全麦和糙米中已发现含有大量抗癌、防癌物质, 包括类胡萝卜素、生育酚和生育三烯酚、硒、类黄酮和木脂素等物质。研究发现, 木脂素具有抗血管生成的作用, 在肿瘤组织中用抗血管假性血友病因子标记血管, 发现木脂素能够显著抑制肿瘤新生血管的生成, 因此, 抑制肿瘤新生血管生成可能是木脂素抗癌的重要机制^[56]。亚硝酸盐是人体产生胃癌、食道癌和肝癌的诱因, 全谷物中的维生素 E 与维生素 C 相结合, 是使亚硝酸盐失活的一种良好化合物。大多数研究都认为食用大量的整粒谷物可降低患癌危险性, 尤其是对结肠癌和胃癌等消化道癌症^[57]。Levi 等^[58]使用癌症比值评价了食用全谷物与精制谷物度对患有癌症的风险, 精制谷物对口腔癌、食道癌、喉癌的癌症比值分别为 1.9、3.7、4.0, 食用全谷物对口腔癌、食道癌、喉癌的癌症比值为 0.6、0.3、0.7, 故食用全谷物可以降低患癌的概率。

大量的流行病学研究表明增加全谷物的消费与II型糖尿病、心脑血管疾病和一些癌症等非传染性慢性病风险降低有关。增加全谷物的摄入可以减少脂肪及其它食物的摄入, 使人产生饱腹感, 有助于减少饥饿, 从而可以抑制肥胖。全谷物的消耗量对体重和身体质量指数(BMI)有一定的影响。Jacobs 等^[59]对 34492 名爱德华州女性健康(基本数据来自 1986 年)研究发现, 不同的全谷物食物都会导致体质指数的显著减少(最高的全谷物摄入组为 27.2 kg/m^2 ,

表2 全谷物的消费量对慢性病的影响
Table 2 Effects of whole-grain consumption on chronic diseases

数据研究来源	全谷物摄入模型	结果报道	参考文献
对 42850 名成年男性的专业健康随访, 14 年研究期	比较从第 1 组到第 5 组的全谷物摄入趋势 (平均摄入量 3.5~42.5 g/d)	患冠心病的风险减少 41%, HR 0.82(95%CI 0.70, 0.96)	[60]
535 名美国波士顿成年男性和女性	比较从第 1 组到第 4 组的全谷物摄入趋势 (平均摄入量 0.31~2.90 份/d)	脑血管疾病的死亡率减少 41%, RR 0.48(95%CI 0.25, 0.96) 所有心血管疾病死亡率减少 18%, HR 0.82(95%CI 0.66, 1.01), $P=0.02$	[61]
38470 名已绝经女性的健康研究, 9 年研究期	比较从第 1 组到第 5 组的全谷物摄入趋势 (平均摄入量 1.5~22.5 份/周)	冠心病死亡率降低 18%, HR 0.82(95%CI 0.66, 1.01)	[62]
瑞典微小乳癌研究组(61433 名妇女)14.6 年研究期[瑞典人]	比较从第 1 组到第 5 组的全谷物摄入趋势 (平均摄入量)	患结肠癌的风险减少 33%, RR 0.65 (0.45, 0.94)[排除研究少于 2 年的案例]	[63]
以人口为基础的病例队列研究 532 事件病例 1701 控制[美国人]	比较所有类别的全谷物摄入量 (平均摄入量)	胰腺癌的风险降低 40%, OR 0.60(95%CI 0.31, 1.2)	[64]

注: 仅显著性差异报告($P<0.05$)

最低的全谷物摄入组为 26.9 kg/m^2 , $P<0.0001$), 而且不同的全谷物都会导致平均腰臀比显著下降(最高的一组为 0.848, 最低的一组为 0.832, $P<0.0001$)。表 2 列出了国外关于全谷物预防慢性病的研究。

3.4 其它慢性病

全麦和糙米中的微量元素硒可以降低由化学物质诱导的肿瘤发生率, 同时也可以降低由病毒诱导的乳腺癌的发生率, 硒是 GSH-Px 的活性成分, 而 GSH-Px 是细胞内抗脂质过氧化作用的酶性保护系统的主要成分之一, 通过调查南非农村地区食管癌细胞壁病理学和食物的关系发现, 微量元素硒与食管癌发生机率有关, 血硒浓度与细胞异常程度有关^[65]。

4 小结

全麦和糙米不仅含有碳水化合物、蛋白质、脂肪 3 大营养素, 而且含有很多生物活性物质。经常食用全麦和糙米食品, 会起到良好保健作用。因此, 建议在膳食中应增加全麦和糙米食品的比例。

参考文献

- 金宗濂. 中国保健(功能)食品的发展[J]. 食品工业科技, 2011, (10): 16-18.
- Jin ZL. The development of health (function) food in China [J]. Sci Technol Food Ind, 2011, (10): 16-18.
- 唐金华. 中国居民慢性非传染性疾病现状及危险因素[J]. 中国医药指南, 2013, 11(17): 486-487.
- Tang JH. Status and risk factors of non-communicable chronic diseases of Chinese resident [J]. Guid China Med, 2013, 11(17): 486-487.
- Seal CJ. Whole grains and CVD risk [J]. Proc Nutr Soc, 2006, 65(1): 24-34.
- Seal CJ, Jones AR, Whitney AD. Whole grains uncovered [J]. Nutr Bull, 2006, 31(2): 129-137.
- Adom KK, Liu RH. Antioxidant activity of grains [J]. J Agric Food Chem, 2002, 50(21): 6182-6187.
- Fresco L. Rice is life [J]. J Food Compos Anal, 2005, 18(4): 249-253.
- Liu S. Intake of refined carbohydrates and whole grain foods in relation to risk of type 2 diabetes mellitus and coronary heart disease [J]. J Am Coll Nutr, 2002, 21(4): 298-306.
- Min B, Mcclung AM, Chen MH. Phytochemicals and antioxidant capacities in rice brans of different color [J]. J Food Sci, 2011, 76(1): C117-C126.
- Fardet A. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? [J]. Nutr Res Rev, 2010, 23(1): 65-134.
- 朱玉香. 膳食纤维是人体的"清道夫"[J]. 现代养生, 2012, (7): 68.
- Zhu YX. Dietary fiber of the body's "scavenger" [J]. Health Care Today, 2012, (7): 68.
- 王忠合, 钟丽娟. 麦麸活性多糖的提取、组成及其抗氧化性研究 [J]. 食品工业科技, 2009, (7): 115-119.
- Wang ZH, Zhong LX. The extraction, composition and antioxidant of active polysaccharide in wheat bran [J]. Sci Technol Food Ind, 2009, (7): 115-119.
- Turksoy S, Özkaya B, Özkaya H, et al. Dephytinization of wheat and rice brans by hydrothermal autoclaving process and the evaluation of consequences for dietary fiber content, antioxidant activity and phenolics [J]. Innov Food Sci Emerg Technol, 2017(39): 209-215.
- Trowell H. Ischemic heart disease and dietary fiber [J]. Am J Clin Nutr, 1972, 25(9): 926-932.
- Morris JN, Marr JW, Clayton DG. Diet and heart: A postscript [J]. BMJ, 1977, 2(6098): 1307-1314.

- [15] Shin TS, Godber JS, Martin DE, *et al.* Hydrolytic stability and changes in E vitamers and oryzanol of extruded rice bran during storage [J]. *J Food Sci*, 1997, 62(4): 704–728.
- [16] 潘卫东, 李晓峰, 陈双燕, 等. 植物维生素 E 合成相关酶基因的克隆及其在体内功能研究进展[J]. *植物学报*, 2006, 23(1): 68–77.
Pan WD, Li XF, Chen SY, *et al.* Progress in vitamin E synthesis-related enzyme genes and in vivo functions in plants [J]. *Acta Bot Sin*, 2006, 23(1): 68–77.
- [17] Zimmer S, Stocker A, Sarbolouki MN, *et al.* A novel human tocopherol-associated protein: cloning, *in vitro* expression, and characterization [J]. *J Biol Chem*, 2000, 275(33): 25672–25680.
- [18] Shewry PR, Hawkesford MJ, Piironen V, *et al.* Natural variation in grain composition of wheat and related cereals [J]. *J Agric Food Chem*, 2013, 61(35): 8295–8303.
- [19] Li L, Shewry PR, Ward JL. Phenolic acids in wheat varieties in the health grain diversity screen [J]. *J Agric Food Chem*, 2008, 56(21): 9732–9739.
- [20] Tanwir F, Fredholm M, Gregersen PL, *et al.* Comparison of the levels of bioactive benzoxazinoids in different wheat and rye fractions and the transformation of these compounds in homemade foods [J]. *Food Chem*, 2013, 141(1): 444–450.
- [21] Lampi AM, Nurmi T, Ollilainen V, *et al.* Tocopherols and tocotrienols in wheat genotypes in the health grain diversity screen [J]. *J Agric Food Chem*, 2008, 56(21): 9716–9721.
- [22] Smeds AI, Lauri J, Elina T, *et al.* Characterization of variation in the lignan content and composition of winter rye, spring wheat, and spring oat [J]. *J Agric Food Chem*, 2009, 57(13): 5837–5842.
- [23] Nurmi T, Lampi AM, Nyström L, *et al.* Phytosterols in wheat genotypes in the health grain diversity screen [J]. *J Agric Food Chem*, 2008, 56(21): 9710–9715.
- [24] Kroon PA, Faulds CB, Ryden P, *et al.* Release of covalently bound ferulic acid from fiber in the human colon [J]. *J Agric Food Chem*, 1997, 45(3): 661–667.
- [25] Adom KK, Sorrells ME, Liu RH. Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties [J]. *J Agric Food Chem*, 2003, 51(26): 7825–7834.
- [26] Sosulski F, Krygier K, Hogge L. Free, esterified, and insoluble-bound phenolic acids. 3. Composition of phenolic acids in cereal and potato flours [J]. *J Agric Food Chem*, 1982, 30(2): 337–340.
- [27] Sudheer A, Muthukumaran SC, Srinivasan M, *et al.* Protective effect of ferulic acid on nicotine-induced DNA damage and cellular changes in cultured rat peripheral blood lymphocytes: A comparison with N-acetylcysteine [J]. *Toxicol in Vitro*, 2007, 21(4): 576–585.
- [28] 刘敏, 管福琴, 王海婷, 等. 小麦麸皮总黄酮的体外抗氧化活性研究 [J]. *食品研究与开发*, 2012, 33(4): 5–8.
Liu M, Guan FQ, Wang HT, *et al.* *In vitro* antioxidant activity of total flavonoids in wheat bran [J]. *Food Res Dev*, 2012, 33(4): 5–8.
- [29] 吕双双, 李书国. 植物甾醇性质、功能、安全性及其食品的研究进展[J]. *粮食加工*, 2014, (4): 40–44.
Lv SS, Li SG. Research progress on properties, function, safety and its food of phytosterol [J]. *Grain Process*, 2014, (4): 40–44.
- [30] 傅梦月, 胡倩, 唐元元, 等. 植物甾醇对肉鸡肠道氧化还原状态的影响 [J]. *食品工业科技*, 2013, (4): 353–356.
Fu MY, Hu Q, Tang YY, *et al.* Effects of phytosterol on intestinal redox status of broilers [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2013, (4): 353–356.
- [31] Janezic SA, Rao AV. Dose-dependent effects of dietary phytosterol on epithelial cell proliferation of the murine colon [J]. *Food Chem Toxicol*, 1992, 30(7): 611–616.
- [32] Kozubek A, Tyman JH. Resorcinolic lipids, the natural non-isoprenoid phenolic amphiphiles and their biological activity [J]. *Chem Rev*, 1999, 99(12): 1–25.
- [33] Ross AB, Becker W, Chen Y, *et al.* Intake of alkylresorcinols from wheat and rye in the United Kingdom and Sweden [J]. *Br J Nutr*, 2005, 94(4): 496–499.
- [34] Stasiuk M, Bartosiewicz D, Kozubek A. Inhibitory effect of some natural and semisynthetic phenolic lipids upon acetylcholinesterase activity [J]. *Food Chem*, 2008, 108(3): 996–1001.
- [35] Liyana-Pathirana CM, Shahidi F. The antioxidant potential of milling fractions from breadwheat and durum [J]. *J Cereal Sci*, 2007, 45(3): 238–247.
- [36] Davies MJ, Bowey EA, Adlercreutz H, *et al.* Effects of soy or rye supplementation of high-fat diets on colon tumour development in azoxymethane-treated rats [J]. *Carcinogenesis*, 1999, 20(6): 927–931.
- [37] 李红国, 刘双萍, 崔银姬, 等. 木脂素促进人胃癌 MGC-803 细胞凋亡 [J]. *基础医学与临床*, 2014, 34(5): 704–706.
Li HQ, Liu SP, Cui YJ, *et al.* Lignans to promote MGC-803 gastric cancer cell apoptosis of people [J]. *Basic Med Sci Clin*, 2014, 34(5): 704–706.
- [38] Smirnoff N, Cumbes QJ. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes [J]. *Phytochemistry*, 1989(28): 1057–1060.
- [39] 王一秋, 王莉, 李晓莹, 等. 米糠抗氧化功能因子的提取及其抗氧化性质 [J]. *中国油脂*, 2011, 36(2): 56–59.
Wang YQ, Wang L, Li XX, *et al.* The extraction of antioxidant function factor and its antioxidant properties in rice bran [J]. *China Oils Fats*, 2011, 36(2): 56–59.
- [40] Heuberger AL, Lewis MR, Chen MH, *et al.* Metabolomic and functional genomic analyses reveal varietal differences in bioactive compounds of cooked rice [J]. *PLoS One*, 2010, 5(9): e12915.
- [41] Goufo P, Trindade H. Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, γ -oryzanol, and phytic acid [J]. *Food Sci Nutr*, 2014, 2: 75–104.
- [42] Wang T, Hicks KB, Moreau R. Antioxidant activity of phytosterols, oryzanol, and other phytosterol conjugates [J]. *J AOCS*, 2002, 79(12): 1201–1206.
- [43] Kozuka C, Yabiku K, Takayama C, *et al.* Natural food science based novel approach toward prevention and treatment of obesity and type 2 diabetes: Recent studies on brown rice and gamma-oryzanol [J]. *Obes Res Clin Pract*, 2013, 7(3): 165–172.
- [44] 龚院生, 姚惠源. γ -谷维醇清除自由基作用的研究 [J]. *中国粮油学报*, 2003, 18(1): 10–12.
Gong YS, Yao HY. Study on effects of free radical scavenging of γ -oryzanol [J]. *J Chin Cereals Oils Ass*, 2003, 18(1): 10–12.
- [45] 龚院生, 孙震, 姚惠源, 等. γ -谷维醇对小鼠生理功能的影响 [J]. *动物科学与动物医学*, 2002, 19(2): 26–28.
Gong YS, Sun Z, Yao HY, *et al.* Effects of γ -oryzanol on physiological function in rat [J]. *Anim Sci Vet Med*, 2002, 19(2): 26–28.
- [46] Shamsuddin AM, Yang GY, Vucenik I. Novel anti-cancer functions of IP6: growth inhibition and differentiation of human mammary cancer cell lines

- in vitro* [J]. *Anticancer Res*, 1996, 16(6A): 3287–3292.
- [47] Yoon JH, Thompson LU, Jenkins DJ. The effect of phytic acid on *in vitro* rate of starch digestibility and blood glucose response [J]. *Am J Clin Nutr*, 1983, 38(6): 835–842.
- [48] Pozo CHD, Calvo RM, Vesperinas-García G, *et al.* Expression profile in omental and subcutaneous adipose tissue from lean and obese subjects. repression of lipolytic and lipogenic genes [J]. *Obes Surg*, 2011, 21(5): 633–643.
- [49] Schulze MB, Liu S, Rimm EB, *et al.* Glycemic index, glycemic load, and dietary fiber intake and incidence of type 2 diabetes in younger and middle-aged women 1,2 [J]. *Am J Clin Nutr*, 2008, 80(2): 348–356.
- [50] Honein MA, Paulozzi LJ, Mathews TJ, *et al.* Impact of folic acid fortification of the US food supply on the occurrence of neural tube defects [J]. *J Am Med Ass*, 2001, 285(6): 2981–2986.
- [51] Chou TW, Ma CY, Cheng HH, *et al.* A rice bran oil diet improves lipid abnormalities and suppress hyperinsulinemic responses in rats with streptozotocin/nicotinamide-induced type 2 diabetes [J]. *J Clin Biochem Nutr*, 2009, 45(1): 29–36.
- [52] Harland JL, Garton LE. Whole-grain intake as a marker of healthy body weight and adiposity [J]. *Pub Health Nutr*, 2008, 11(6): 554–563.
- [53] 胡忠泽, 金光明, 王立克, 等. 米糠多糖对糖尿病小鼠的降血糖作用研究[J]. *中国粮油学报*, 2006, 21(4): 21–24.
Hu ZZ, Jin GM, Wang LK, *et al.* Research of hypoglycemic effect on diabetic rat by use of rice bran polysaccharides [J]. *J Chin Cereals Oils Ass*, 2006, 21(4): 21–24.
- [54] Chizuru N, Ricardo U, Shiriki K, *et al.* The joint WHO/FAO expert consultation on diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: process, product and policy implications [J]. *Public Health Nutr*, 2004, 7(1a): 245–250.
- [55] Bruce B, Spiller GL, Gallagher S. A diet high in whole and unrefined foods favorably alters lipids, antioxidant defenses, and colon function [J]. *J Am Coll Nutr*, 2000, 19(1): 61–67.
- [56] 陈丽华, 林旭. 木酚素抗前列腺癌的作用和机制 [J]. *医学研究杂志*, 2008, 37(9): 5–7.
Chen L H, Lin X. The function and mechanism of lignans against prostate cancer [J]. *J Med Res*, 2008, 37(9): 5–7.
- [57] 王萍. 谷物防癌物质-植物雌激素 [J]. *粮食与油脂*, 1999, (3): 55.
Wang P. Grain anti-cancer substances-phytoestrogens [J]. *J Cereals Oils*, 1999, (3): 55.
- [58] Levi F, Pasche C, Lucchini F. Refined and whole grain cereals and the risk of oral, oesophageal and laryngeal cancer [J]. *Eur J Clin Nutr*, 2000, 54(6): 487–489.
- [59] Jacobs DJ, Meyer KL, Folsom A. Whole-grain intake may reduce the risk of ischemic heart disease death in postmenopausal women: the Iowa women's health study (see comments) [J]. *Am J Clin Nutr*, 1998, 68(2): 248–257.
- [60] Jensen MK, Koh-Banerjee P, Hu FB, *et al.* Intakes of whole grains, bran, and germ and the risk of coronary heart disease in men [J]. *Am J Clin Nutr*, 2004, 80(6): 1492–1499.
- [61] Sahyoun NR, Jacques PF, Zhang XL, *et al.* Whole-grain intake is inversely associated with the metabolic syndrome and mortality in older adults [J]. *Am J Clin Nutr*, 2006, 83(1): 124–131.
- [62] Jacobs DJ, Meyer KL, Folsom A. Is whole grain intake associated with reduced total and cause-specific death rates in older women? The Iowa women's health study [J]. *Am J Public Health*, 1999, 89(3): 322–329.
- [63] Larsson SC, Giovannucci E, Bergkvist L, *et al.* Whole grain consumption and risk of colorectal cancer: a population-based cohort of 60, 000 women [J]. *Br J Cancer*, 2005, 92: 1803–1807.
- [64] Chan JM, Furong W, Holly EA. Whole grains and risk of pancreatic cancer in a large population-based case-control study in the San Francisco Bay Area, California [J]. *Am J Epidemiol*, 2007, 166(10): 1174–1185.
- [65] Jaskiewicz K. Oesophageal carcinoma: cytopathology and nutritional aspects in aetiology [J]. *Anticancer Res*, 1989, 9(6): 1847–1852.

(责任编辑: 姜 珊)

作者简介



韩粉丽, 硕士, 主要研究方向为粮油营养。
E-mail: lorbing@163.com



韩 飞, 博士, 副研究员, 主要研究方向为粮油营养。
E-mail: hf@chinagrains.org