

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.05.007

# 以抗击非传染性慢性疾病和 农民贫困为关键点的健康驱动下 泰国大米发展经验

Apichart Vanavichit✉, Siriphat Ruangpayak

(泰国农业大学 Kamphangsaen 农业学院, 农学系水稻科学中心,  
Kamphangsaen, 佛统府, 73140, 泰国)

**摘要:**近年来, 非传染性慢性疾病的发病率迅速上升, 已成为一个全球性的问题。过度食用简单的加工碳水化合物食品被认为是导致年轻人和老年人罹患非传染性慢性疾病的主要原因之一。全谷物米是碳水化合物、膳食纤维的重要来源, 富含维生素、矿物质和抗氧化剂。然而, 糙米的适口性是其长期以白米消费为主的人群中被接受的关键因素。在初始阶段, 我们成功培育出了水稻品种, 其全谷物米芳香、柔软且白米具有较高的铁锌密度和中血糖指数 (GI)。最成功的品种是独特的具有较软质构的黑紫色稻米, 名为紫莓香米 (Riceberry), 富含蓝莓花青素等营养物质的稻米。针对富含膳食纤维、高抗氧化活性的稻米产品研发一直是学术界、实体部门和中小企业极为活跃的领域, 目前共有关于紫莓香米相关的 39 项专利申请 (18 项已授权专利)、12 项国际出版物、以及 18 700 个与紫莓香米有关的 YouTube 视频。从 2017 年开始, 紫莓香米已超越泰国 Hom 茉莉香米 (Thai Hom Mali Rice) 成为最受欢迎的产品开发选择原料, 已有超过 200 种作为乳制品替代品、配菜、主餐食品、热饮料、烘焙食品和早餐麦片等的商业化食品和非食品产品。在第二阶段, 我们成功地培育出了名为 Pink+4 的低血糖指数水稻品种, 该品种具有对骤发洪水、水稻白叶枯病、稻瘟病和破坏性褐飞虱的首选抗性, 适用于有机水稻生产。以紫色紫莓香米为原料的低 GI 米粉创新产品已成为功能性配料和功能性食品的一个发展趋势。这些健康的稻米产品在全球具有较好的发展潜力, 可以作为健康食品、无麸质、富含纤维、复杂碳水化合物和可持续有机农业的营养密集型产品。

**关键词:** 全谷物米; 非传染性慢性疾病 (NCD); 血糖指数 (GI); 紫莓香米; 泰国 Hom 茉莉香米 (Thai Hom Mali Rice); 有机农业; 骤发洪水; 水稻白叶枯病; 稻瘟病; 褐飞虱; 无麸质食品

中图分类号: TS201.4; S511 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)05-0049-08

网络首发时间: 2020-08-20 14:39:09

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20200820.1001.003.html>

## Thailand Experience in Developing Wellness-driven Rice as the Key to Fight NCDs and Farmer Poverty

Apichart Vanavichit✉, Siriphat Ruangpayak

(Rice Science Center and Agronomy Department, Faculty of Agriculture Kamphangsaen,  
Kasetsart University, Kamphangsaen, Nakhonpathom, 73140, Thailand)

**Abstract:** Prevalence of chronic noncommunicable diseases (NCDs) is rapidly increasing and has become a

收稿日期: 2020-06-02

基金项目: 泰国国家研究委员会 (NRCT); 泰国农业研究开发机构 (ARDA) 和泰国国家基因工程和生物技术中心 (BIOTEC)。

作者简介: Apichart Vanavichit (通讯作者), 男, 1957 年出生, 博士, 教授, 研究方向为植物育种、水稻分子育种、基因组学和营养评价。Email: vanavichit@gmail.com。本文英语原文详见 P57-P63。作者详细介绍见文尾。

global problem in modern day. Over consumption of simple, processed carbohydrate foods is considered one of the main causes of NCD in young and elderly populations. Whole grain rice is an important source of a complex carbohydrate, dietary fiber, enriched with vitamins, minerals, and antioxidants. However, palatability of brown rice is the key success factor among white-rice-addicted communities. In the initial phase, we successfully breed rice strains with aromatic, soft-whole grain, white rice contains high grain-Fe/Zn density and intermediate glycemic index (GI). The most successful variety was uniquely soft-textured black purple rice named Riceberry, depicting rice enriched with blueberry nutritional characteristics. Product development for fiber-rich, high antioxidant has been extremely active from academia, real sectors, and SMEs. In total, 39 patent applications (18 granted patents), 12 international publications, and 18,700 Youtubes related to Riceberry. From 2017, Riceberry has become the most popular choice for product development surpassing Thai Hommali Rice. More than 200 food and non-food products were commercialized as dairy replacement, side dishes, meals, hot beverages, bakery, and breakfast cereals. In the second phase, we successfully breed low GI rice strains named Pink+4 equipped with farmers' preferred resistance to flash flooding, bacterial leaf blight, leaf blast, and devastating brown planthopper adapted to organic rice production. Innovative products combined of low GI rice flour with purple Riceberry have been the next trend for functional ingredients and foods. These healthy rice products have high potential globally as healthy foods, gluten-free, fiber-rich, complex carbohydrate, and nutrient-dense from sustainable organic farming.

**Key words:** whole-grain rice, non-communicable diseases (NCDs), glycemic index (GI), riceberry, thai hommali rice, organic farming, flash flooding, bacterial leaf blight, leaf blast, brown planthopper, gluten-free foods

泰国已迅速成为一个老龄化社会。预计到 2050 年,世界人口将成倍增长至近 100 亿人,泰国人的平均年龄将比 1975 年增加 30 岁。随着老年人口的增加,非传染性慢性疾病(NCD)如肥胖、糖尿病(T2D)、心血管疾病(CVD)的发病率预计将增加。特别是糖尿病的患病率将从 2015 年的 6.5% 迅速上升到 2030 年的 10.7%,其中老年人口的患病率增长最大(72%)。在发展中国家,非传染性慢性疾病已成为依赖子女生活的贫困老年人的最大负担。高血糖指数食物、久坐的生活方式和非传染性慢性疾病之间有着密切的联系。如果未来到 2050 年全世界需要 56% 的高热量食物来养活人口,那么最大的挑战就是在高热量食物中添加更多的健康功能,在未来 30 年中以减少非传染性慢性疾病。

不幸的是,在未来 30 年里,气候变化将使这项任务更加具有挑战性。平均气温升高和降水量减少将限制水稻生产的生产效率和面积,特别是在水稻净出口国,如泰国、印度、越南和缅甸。

即使在 2050 年之前,如果不彻底改变饮食习惯,世界也将面临真正的粮食短缺和营养不良。

为了应对上述挑战,增加全谷物米的消费是一个明智的解决办法。全谷物米是稻谷加工的主要产品,其能耗远低于精米加工。全谷物米淀粉质胚乳被糠层所覆盖,研究表明,全谷物米中含有大量的非热量的纤维、矿物质、蛋白质、氨基酸、色素以及复杂的碳水化合物。目前,泰国和世界各地都有促进全谷物米消费的社会趋势,包括紫色和红色糙米,因为全谷物米具有更好的健康和营养价值。

## 1 符合健康定义的大米

大米是一种提供主要能量的食品,为人体日常生活提供大约 50% 的能量需求。然而,过度食用精制高热量食品是导致肥胖的主要原因。健康大米仅限于淀粉、膳食纤维、益生元、抗氧化剂、营养素和微量营养素的功能特性,这些都可以降低罹患非传染性慢性疾病的风险。相比之下,全谷物米和精米的平均有效碳水化合物分别为

73%~76%和 77%~78%，全谷物米中含有的粗纤维和丰富的抗氧化剂比精米多 30%~50%<sup>[1]</sup>。因此，总体上，全谷物米符合健康大米的定义。

### 1.1 平衡营养素和卡路里的摄入

全谷物米提供充足的膳食纤维、营养素和微量营养素，与卡路里含量保持良好平衡。对于普通成年男性和女性来说，消费者可以在推荐的每日卡路里摄入量（Daily Caloric Intake, DCI）范围内（分别为 2 000~2 500 kcal 和 1 800~2 000 kcal）进行优化。三盘（80 g x 3）米饭的热量约为 840 kcal 或 DCI 的 40%，主菜、配菜和咖啡/茶歇的热量仅为 60%。因为白米缺乏必需的营养素，所以改用全谷物米可为在同样的 DCI 条件下提供更多的营养素。

### 1.2 提供饱腹感和延长饥饿感

事实上，大多数人不能坚持推荐的 DCI。全球平均 DCI 为 2 870 kcal，谷物和糖/脂肪共同贡献了 57%的热量摄入。因此，控制高热量食物，如淀粉、糖和脂肪，有助于优化 DCI。2016 年诺贝尔医学奖获得者 Yoshinori Ohsumi 教授发现了更有效的方法，他揭示了间歇性禁食（Intermittent Fasting, IF）在激活免疫和健康方面的作用。间歇性禁食（IF）最困难的部分是如何控制食欲和饥饿感，即所谓的饱腹感。食用全谷物米和全谷物食品可以提供足够的膳食纤维，通过控制饥饿来实现禁食。血糖指数是控制肥胖和 II 型糖尿病的另一关键因素，低血糖指数大米比高血糖指数大米具有更高的饱腹感。

### 1.3 支持益生菌生长

在胃肠道，益生菌的生长和多样性有助于减少内毒素，降低胰岛素敏感性、炎症和刺激免疫系统。具有影响胃肠道微生物群生长的营养特性的食物称为益生元。全谷物米和白米相比，全谷物米是益生元，为有益微生物的生长提供特殊的底物，例如膳食纤维和低聚糖。

### 1.4 无农药、无重金属

目前水稻生产对化学除草剂、化肥、农药等生产投入要求较高，稻谷中含有有毒残留物和镉、砷等重金属。此外，有些土壤类型还含有镉 Cd 或砷 As，特别是稻田中的砷。这些重金属是致癌

物质，从健康的角度，必须避免其存在于大米中，以确保健康。另一方面，有机大米中未发现有农药残留和最低限度的砷污染。

## 2 全谷物米的营养价值

水稻种质间碳水化合物含量的遗传变异差异较小。大米蛋白质提供 4%的必需氨基酸赖氨酸，是玉米的两倍，比其他谷物中的苏氨酸和蛋氨酸更多。大米含有维生素 B1、2 和 3，富含亚油酸等不饱和脂肪酸，可增强人体免疫系统。全谷物米含有磷、钙、铁、锌、锰、碘等矿质营养元素。最重要的是，全谷物米是抗氧化剂的最重要的来源，因为大米的反复碾磨抛光会导致大约 30%的几率失去大米中最有营养的部分。因此，全谷物米或部分碾磨抛光大米比精米中含有更多的蛋白质，四倍的维生素 B1，两倍的钙、镁和铁。因此，食用全谷物米可以缓解矿物质缺乏。最重要的是，全谷物大米是抗氧化剂最重要的来源，为人们的健康提供平衡的营养成分。

研究表明，米糠作为一种重要的谷物成分，具有多种保健作用。因为白米被认为是泰国本地和全球大众市场的主要产品，因此，在一些国家，米糠通常被视为家庭消费和出口的动物饲料或食用米糠油原料的剩余产品。米糠含有完整的营养成分，不仅含有健康的脂肪酸、蛋白质、碳水化合物、纤维、维生素和矿物质，还含有具有很强健康功效的脂质和水溶性活性成分的“营养制剂”。米糠中脂溶性保健成分包括植物甾醇、 $\gamma$ -谷维素、类胡萝卜素和维生素 E，如生育酚和生育三烯酚。对于有色大米，花青素、多酚等都是水溶性的活性成分。这些强抗氧化剂可以抑制自由基产生的氧化反应，从而减少氧化应激。此外，米糠中含有一种叫角鲨烯和神经酰胺的物质，与营养素和营养品结合后，可以滋养皮肤。因此，米糠中的重要成分在通过减少氧化应激（如动脉粥样硬化、癌症和糖尿病）以减轻非传染性慢性疾病方面具有非常重要的作用。米糠的营养健康价值一直是研究热点。

## 3 为什么有色大米如此营养

大米中富含天然色素。有色水稻是一组在米糠、叶片、叶鞘中积累了特定形式花青素的外来

种质,花青素的种类从红色、蓝色到深紫色不等。事实上,栽培稻的两个祖先, *Oryza rufipogon* 和 *Oryza nivara*, 分别具有红色和深紫色的种子。花青素的作用就像一个天然的紫外线屏蔽物,以保护紫外线敏感的营养素,如类胡萝卜素。因此,有色大米比白米富含抗氧化剂。除花青素外,各种类黄酮、类胡萝卜素和酚类化合物的结合显著提高了米糠中的抗氧化剂含量。最重要的是,与非有色大米相比,全谷物有色糙米含有大量的微量元素铁、锌、硒、锰、氨基酸和蛋白质。长期以来,人们都知道这些微量元素对人体健康有积极影响。全谷物米作为营养成分最丰富的食品,在功能性食品配料和保健品应用方面具有很高的潜力。因此,全谷物米是可持续和创新性食品的理想解决方案,能够有效应对全球粮食安全挑战。同时,由于其高营养的性质,它可作为是一个重大的保护性食品来源,在未来可减轻非传染性慢性疾病。

#### 4 全谷物米膳食纤维对健康的重要性

纤维,或称膳食纤维,是一种复杂的碳水化合物,存在于植物的可食用部分,如根、叶、蔬菜的茎、水果和新鲜水果的果皮和外皮、谷物的种皮或全谷物的麸皮或糠层中。不含糠层的精米中膳食纤维含量很少。纤维在消化系统中不被消化,它不提供能量,但有助于分泌系统,降低胆固醇和控制血糖。食物纤维可根据其在水中的溶解性分为“可溶性”纤维和“不可溶性”纤维。

##### 4.1 不溶性膳食纤维

这些纤维包括纤维素、半纤维素和木质素,存在于整个米粒和糠层的细胞壁中。这种纤维不易溶解,但能吸收水分,在胃里像海绵一样膨胀。这让人感到饱腹感。在大肠内,由于不溶性纤维不被细菌消化,它会增加粪便的体积,软化粪便,缓解粪便的排泄。通过缓解便秘和促进大肠中的益生菌生长,不溶性纤维有助于降低结肠癌的风险。当一个人便秘时,有毒物质可能有更多的机会通过肠壁被吸收到血液中。血液中积聚的有毒物质会影响皮肤光泽、肌肉疼痛、溃疡和丘疹。低膳食纤维食物与高脂肪、多肉、烤肉、少纤维、酒精和吸烟等危险饮食习惯相结合,可导致肠癌。

##### 4.2 可溶性膳食纤维

不同类型的抗性淀粉,如低聚糖、果胶和树胶。这些膳食纤维存在于李子、苹果、蓝莓、香蕉和草莓以及干豆、燕麦、黑麦和高粱中。可溶性膳食纤维被水稀释后会变浓稠,并能延长消化,延缓葡萄糖和脂肪在肠壁的吸收。全谷物米含有 $\beta$ -葡聚糖和果胶等功能性的可溶性纤维。

##### 4.3 不溶性和可溶性膳食纤维

这两种类型的膳食纤维都无法被消化,成为大肠内的叫做“益生菌”微生物的“益生元”营养素。因此,大肠被认为是人体的垃圾车,因为它可以积聚必须排泄的废物。大肠通常含有各种细菌,包括益生菌和感染性细菌。当身体虚弱时,感染性细菌可能会过度生长而引起疾病。通过促进大肠中的益生菌生长,短链脂肪酸增加,酸性化的大肠可以控制感染细菌。此外,短链脂肪酸能刺激小肠和大肠黏膜细胞避免萎蔫,刺激免疫系统,并有助于调节葡萄糖和脂肪代谢。除了短链脂肪酸外,益生菌还能对人体产生必需氨基酸、维生素 B 和维生素 K 等特殊营养物质,帮助新陈代谢,并产生天然抗菌剂,有助于防止恶性细胞生长,消除一些致癌物质。

##### 4.4 抗性淀粉

泰国稻米品种中关于全谷物米的抗性淀粉已经被报道。抗性淀粉是一种复杂的碳水化合物,其功能类似于膳食纤维。分离出的抗性淀粉对人体大肠中益生菌的促进作用大于精米。一项对小鼠的研究发现,来自黑色非粘性或粘性大米的米糠含有能抑制恶性细胞生长的黄酮类物质<sup>[2]</sup>。比较全谷物米和水果蔬菜的纤维含量,全谷物米每 100 g 含 3 g,而水果蔬菜每 100 g 含 2 g。一般来说,人类每天需要 20~25 g 膳食纤维,一半来自全谷物大米和谷物食品,另一半来自水果蔬菜。当膳食纤维沿着肠道移动时,纤维会继续吸收额外的葡萄糖和脂肪酸,以防止葡萄糖和脂肪酸被吸收到血液中。因此,摄入足够的膳食纤维可能有助于控制血糖和脂肪酸。为了长期受益于膳食纤维的作用,我们必须形成每天食用糙米的饮食习惯。然而,食用超过最佳水平的可食用纤维会阻止钙、镁、铁、铜和锌等矿物质的吸收,导致胃酸和胃泡。

## 5 抗营养因子

抗营养因子是在食物中发现的一种化合物，它会干扰有益营养素和矿物质的吸收。根据食物种类的不同，抗营养因子以不同的数量存在于不同的食物物质中。许多谷物中都含有植酸、多酚、单宁等抗营养物质<sup>[3]</sup>。植物性食品中的抗营养因子导致了营养素和微量营养素的低生物利用度。然而，一些抗营养因子可能在低浓度下发挥有益健康的作用。例如，植酸、凝集素、单宁、皂甙、淀粉酶抑制剂和蛋白酶抑制剂已被证明会降低营养物质的有效性并导致生长抑制。然而，低浓度的植酸盐、凝集素、单宁、淀粉酶抑制剂和皂甙被证明可以降低对淀粉类食物的血糖和胰岛素反应、和/或血浆胆固醇和甘油酯。目前已经鉴定出低植酸稻谷品种。

## 6 有色稻米国家标准

随着全球对有色大米需求的不断扩大，泰国是唯一一个制定政府有色大米标准以控制本地和出口市场产品质量的国家。全谷物有色糙米富含膳食纤维、维生素、蛋白质、矿物质和抗氧化剂，具有良好的食味，作为一种有益健康的大米，具有很高的公众认知度。值得注意的是，泰国是世界上最大的大米出口国之一，如果该项目取得成功，泰国可以在确保全球供应营养丰富、血糖低的全谷物米方面发挥关键作用。

## 7 新兴大米品种紫莓香米

发展全谷物米的适口性是培育全谷物稻米，以获得消费者认可和缓解非传染性慢性疾病的最切合实际的需求。全谷物米的柔软性和适口性是消费者偏好的关键品质。选育全谷物蒸煮品质优良的稻谷新品种可通过优化直链淀粉：支链淀粉比率、糊化温度、膳食纤维性质、谷物香气等来实现。此外，花青素等色素不仅具有很高的抗氧化性，而且具有独特的外观和识别能力。紫米被认为是最可口的，具有完美的香味品质。在古代，紫米被用来制作各种各样的甜食作为精神食粮，以表达对神灵的敬意。在中国，世界闻名的紫米用来为皇帝做特殊的菜肴，称作“禁米”。紫米富含花青素，最重要的是，它有最可口且独特的芳香品质，是营养物质品质的最佳来源，可为培育

全谷物品质提供优良的资源。但缺乏高产品种的育种。

紫莓香米（编者注：Riceberry，这是一种泰国新型大米的名称，目前学术界无明确的中文翻译名称，百度搜索的中文意译名有紫莓香米、米莓果、茉莉花米、大米浆果等，本文暂且称作紫莓香米）是由世界闻名的白茉莉和紫色矮小、非光周期不敏感的 JHN 紫色水稻杂交而成的一种新型紫色稻米（见图 1）。紫莓香米是全谷物稻米育种中最成功的一种，它能打破以普通白米为主的饮食习惯。消费者通过其独特的外观、营养价值和不仅能填饱我们的胃，而且能填饱我们的心的感觉来认识紫莓香米。引导消费者接受全谷物食品的营养价值是大米消费观念的重大转变。紫色的美丽和柔软可口的享受，是改变消费者对天然色素有益健康认识的第二种观念。



图 1 紫莓香米谷粒  
Fig.1 Riceberry grain

## 8 从紫莓香米米糠中提取天然化学保护剂

米糠含有不同成分的黄酮类色素，包括浅棕色（白花色苷）、红色（花青素-3-葡萄糖苷花青素）和深蓝色（矢车菊素-3-葡萄糖苷花青素）。从包裹在胚乳周围的薄细胞层开始，发现稻米中新的生物活性物质成为研究热点。紫莓香米米糠富含可溶性膳食纤维、蛋白质、脂肪酸、植物甾醇、维生素、矿物质、抗氧化剂、花青素和多酚。

### 8.1 生物活性化合物

可使用溶剂<sup>[4]</sup>、超声波<sup>[5]</sup>和酶<sup>[6]</sup>提取米糠生物活性化合物。利用二氯甲烷（DC）和甲醇（ME）对化学保护性化合物进行鉴定。紫莓香米米糠中 $\beta$ -胡萝卜素和叶黄素的含量分别为 185 和 224  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ，这在白米中是不常见的。此外，多

酚、单宁和儿茶素等化学保护化合物含量是普通糙米的 3~10 倍。而且维生素 B1、B2、B3 和 B9 的含量也很高，特别是在深紫色紫莓香米稻米中含有 48  $\mu\text{g}/100\text{g}$  叶酸 (B9)。

## 8.2 化学保护化合物

黄酮类如芹菜素、植物甾醇和三萜类化合物如羽扇豆醇能够预防癌细胞如结肠癌 Caco-2、乳腺癌 MCF-7 和白血球 LD-60<sup>[4,7]</sup>。禾本甾醇，来自紫莓香米米糠的生物活性化合物，可以预防急性骨髓性白血病<sup>[8]</sup>。

## 8.3 II 型糖尿病 (T2D)

由胰腺 B 细胞变性引起的 II 型糖尿病，导致胰岛素抵抗，阻止胰岛素将血糖传导到心肌细胞。此外，II 型糖尿病通过阻止肝细胞将未使用的血糖转化为糖原而引起高血糖。在实验诱导的 I 型和 II 型糖尿病大鼠群体中，补充 1.5%~9% 体重的米糠 1 个月，通过增强抗氧化剂、减少 B 细胞凋亡、显著改善肝和胰腺功能来减轻高血糖，改善肝和胰腺活动和避免胰岛素耐受<sup>[9]</sup>。

## 8.4 药物副作用的减轻

紫莓香米米糠中的强大抗氧化剂可减弱庆大霉素的副作用，庆大霉素是一种有效的革兰氏阴性细菌抗生素，可造成肝毒性和肾毒性引起的肾功能不全<sup>[10-11]</sup>。

## 8.5 用来自紫莓香米中的好胆固醇代替坏胆固醇

虽然紫莓香米米糠只含有 8%~10% 的油脂，但油脂的非溶剂压榨技术保留了化学保护化合物，如禾本甾醇、 $\gamma$ -谷维素、维生素 E、 $\beta$ -胡萝卜素和叶黄素。因此，米糠油是高脂溶性抗氧化剂的来源。高脂血症患者患心脏病的几率很高，在使用米糠油的短期和长期 (8 周) 研究中，使用紫莓香米米糠油治疗的患者比对照组显示出高抗氧化脂质、较低的低密度脂蛋白和坏胆固醇，以及较高的高密度脂蛋白和好胆固醇<sup>[12]</sup>。此外，采用紫莓香米米糠油喂食诱导产生地中海贫血的大鼠后，在提高抗氧化能力和辅酶 Q10 水平的同时，可防止氧化应激，延长地中海贫血大鼠的寿命。

## 9 有机紫莓香米水稻产地

开发健康产品不仅需要良好的加工工艺，而且要求原始有机稻田有可追溯性。图 2 为泰国农

业大学 Kamphangsaeen 校园有机稻米 (Riceberry) 研究农场站。为了将小有机田进一步扩大，在泰国北部和东北部的 12 个重点地区建立了紫莓香米的概念村庄，这些地区的气候对高质量水稻的生长非常有利。目前，泰国约有 20 000 Rai (Rai, 泰国常用的面积单位，1 Rai=1 600 平方米) 有机种植区，注册了各种类型的有机认证项目，包括泰国过渡期有机认证、国际有机联盟 (IFOAM)、欧盟 (EU)、加拿大 COR 有机认证和美国农业部 (USDA) 等认证。农田投资回报率估计为每 Rai 6 500 泰铢，平均效益为 32 500 泰铢/每个家庭/每个季节 (即，每公顷 1 354 美元)<sup>[13]</sup>。



图 2 泰国农业大学 Kamphangsaeen 校园有机稻米 (Riceberry) 研究农场站

Fig.2 Organic Rice Research Farming Station, Kasetsart University, Kamphangsaeen Campus, Thailand

我们计算了紫莓香米育种、营养和临床研究的研究投资回报：从 3 000 万泰铢的总研究基金中，紫莓香米产生了近 6 亿泰铢的回报，其中农民占 89%，磨米厂占 0.3%，食品工业约占 2%，消费者约占 8.8% (见图 3)，内生投资报酬率 (IRR) 占 50% (见表 1)。目前消费者接受度也很高，因此，在此利好条件下，紫莓香米这种药膳大米的投资对农民具有丰厚的社会经济回报。

表 1 从 2000—2020 年发展紫莓香米研究项目对经济影响的后评价 (以泰铢计)

Table 1 Summary of economic impact in Thai Baht of the research project on development of Riceberry ex-post evaluation from 2000—2020

经济回报指标	最大效益 (泰铢)
净现值 (NPV, 泰铢)	599 190 971
效益成本比 (BCR)	16.38
内生投资报酬率 (IRR)	50%

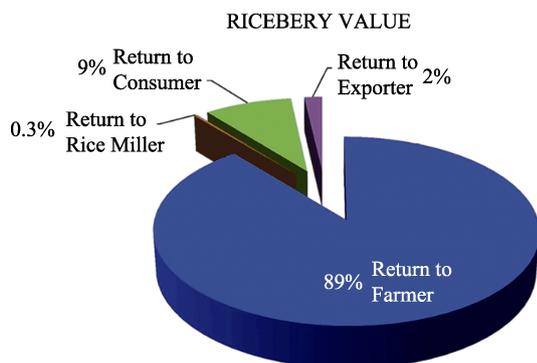


图 3 紫莓香米研究投资在不同经济领域的社会经济回报图  
 Fig.3 Socio-economic return to investment of research on Riceberry to different economic sectors

## 10 紫莓香米产品的盛行

紫莓香米不需要商业碾米，而以整粒的形式出售。农民们通过小规模碾磨和包装，从过度碾磨生产稻米转变为生产全谷物真空包装紫莓香米的做法已非常普遍。通过直接销售给消费者，比批发到商业碾米厂，农民可每公斤增加 10~20 B(Baht, 泰铢)的利润。在主流市场，超市货架上已有不少于 108 个品牌的 1 公斤真空包装紫莓香米大米。虽然紫莓香米比泰国 Hom 茉莉香米(Thai Hom Mali Rice, THM)的种植面积小，但其已被广泛应用于至少 66 种产品。由于缺乏配比、生产成本、销售价格、销售金额等因素，经济增加值估计不准确。从全球新产品数据库 [www.gnpd.com](http://www.gnpd.com) 网站中搜索 2013—2018 年间注册产品显示出有趣的结果。相比泰国 Hom 茉莉香米、红米和其他紫米，紫莓香米产品自 2013 年以来受欢迎程度逐年上升，在 2018 年其表现优于泰国 Hom 茉莉香米。这种产品的成功开发不仅源于它的吸引力和口感，而且也是因为进行了更多的紫莓香米相关的研究和开发。综上所述，已有 65 个研究项目聚焦于研发，已申请专利 39 项，批准专利 18 项 <<http://patentsearch.ipthailand.go.th/DIP2013/simpleresearch.php>>。

## 11 知识产权保护

为了保护知识产权，根据《植物品种保护法》(Plant Variety Protection, PVP)，自 2017 年起，紫莓香米被批准。此外，自 2011 年以来，对于用紫莓香米制成的产品，紫莓香米商标已在泰国当地和国际知识产权部门成功注册(见图 4)。关于紫莓香米的两个知识产权均为公共机构所有，

可获得使用许可，用于提高产品在全球市场的竞争力。



图 4 紫莓香米部分注册商标  
 Fig.4 Part of Riceberry trademarks registered

## 12 结论

大米造福健康是一个明智的目标，将其纳入当前的育种计划，以避免和减轻大米消费者人群的非传染性慢性疾病。自 2000 年以来，泰国启动的健康驱动下大米发展项目，已经在药膳用大米方面取得了持续进展。紫莓香米已成为泰国最成功的全谷物色素大米品种，因为这种柔软美味的熟米饭富含抗氧化剂<sup>[13]</sup>；其低血糖指数(Low GI)是为患有肥胖和 II 型糖尿病的抛光精白米消费者而开发的。此外，这种大米以其自有方式来改进适应气候变化，以便在未来始终能保持生产出营养丰富的稻米。

## 参考文献:

- [1] SALEH, A S M, WANG P, et al. Brown rice versus white rice: Nutritional quality, potential health benefit, development of food products, and preservation technologies[J]. *Comprehensive Reviews in Food Sciences and Food Safety*, 2019, 18: 1070-1096.
- [2] HUDSON E. Characterization of potentially chemopreventive phenols in extracts of brown rice that inhibit the growth of human breast and colon cancer cells[J]. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 2000, 9: 1163-1170
- [3] GEMEDE H F, RATTAN N. Antinutritional factors in plant foods. Potential health benefits and adverse effects[J]. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2014, 3: 284-289.
- [4] LEARDKAMOLKARN V, THONGTHEP W, SUTTIARPORN P, et al. Chemopreventive properties of the bran extracted from newly-developed Thai rice: The Riceberry[J]. *Food Chemistry*, 2011, 125 (3): 978-985.
- [5] PEANPARKDEE M, YAMAUCHI R, IWAMOTO S. Characterization of antioxidants extracted from thai riceberry bran using ultrasonic-assisted and conventional solvent extraction

- methods[J]. Food and Bioprocess Technology, 2018, 11(4): 713-722.
- [6] THAMNARATHIP P, JANGCHUD K, JANGCHUD A, et al. Extraction and characterization of Riceberry bran protein hydrolysate using enzymatic hydrolysis[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2016, 51(1): 194-202.
- [7] SUTTIARPORN P, CHUMPOLSRI W, MAHATHEERANONT S, et al. Structures of phytosterols and triterpenoids with potential anti-cancer activity in the bran of black non-glutinous rice[J]. Nutrients, 2015, 7(3): 1672-1687.
- [8] SOMINTARA S, LEARDKAMOLKARN V, SUTTIARPORN P, et al. Anti-tumor and immune enhancing activities of rice bran gramisterol on acute myelogenous leukemia[J]. PLoS ONE, 2016, 11(1): e0146869.
- [9] PRANGTHIP P, SURASIANG R, CHAROENSIRI R, et al. Amelioration of hyperglycemia, hyperlipidemia, oxidative stress and inflammation in streptozotocin-induced diabetic rats fed a high-fat diet by riceberry supplement[J]. Journal of Functional Foods, 2013, 5(1): 195-203.
- [10] ARJINAJARN P, PONGCHAIDECHA A, CHUEAKULA N, et al. Riceberry bran extract prevents renal dysfunction and impaired renal organic anion transporter 3 (Oat3) function by modulating the PKC/Nrf2 pathway in gentamicin-induced nephrotoxicity in rats[J]. Phytomedicine, 2016, 23(14): 1753-1763.
- [11] ARJINAJARN P, CHUEAKULA N, PONGCHAIDECHA A, et al. Anthocyanin-rich Riceberry bran extract attenuates gentamicin-induced hepatotoxicity by reducing oxidative stress, inflammation and apoptosis in rats[J]. Biomedicine and Pharmacotherapy, 2017, 92: 412-420.
- [12] POSUWAN J, PRANGTHIP P, LEARDKAMOLKARN V, et al. Long-term supplementation of high pigmented rice bran oil (Oryza sativa L.) on amelioration of oxidative stress and histological changes in streptozotocin-induced diabetic rats fed a high-fat diet; Riceberry bran oil[J]. Food Chemistry, 2013, 138 (1): 501-508.
- [13] Riceberry rice Thailand's antioxidant-packed nutraceutical and super food! <<https://researchoutreach.org/articles/riceberry-rice-thailands-antioxidant-packed-nutraceutical-super-food/>>. 

## 作者介绍



### Apichart Vanavichit 教授:

1957 年出生，一位致力于植物育种、水稻分子育种和基因组学先驱。他从美国俄勒冈州立大学获得作物科学博士学位，并成为泰国农业大学 Kamphangsaen 农业学院水稻基因发现和水稻科学中心主任。在与其他 9 个国家测序水稻基因组的团队中，他是泰国科学家团队的主要负责人。

该中心一些重要成果有用于有机农业的营养密集、环境友好的新水稻品种，他负责的中心已经在泰国茉莉花米中发现并拥有控制 2-乙酰-1-吡咯啉（芳香基因）基因的专利。后来该基因在世界各地的所有芳香米上都被鉴定出来。该中心始终致力于继续改善芳香水稻的对洪水成灾（F）、白叶枯病（B）、叶颈瘟（B）和稻褐飞虱（B）的多重抗性（简称 FBBB）。茉莉+4 是具有多重抗性 FBBB 的茉莉稻米新品种之一，具有低血糖指数（GI）功效，对肥胖、II 型糖尿病（T2D）有良好的防预作用。该中心成功地培育了低 GI 的白米水稻，具有高产、多重抗性 FBBB 的特点。

Apichart Vanavichit 教授最受欢迎的研究成果是一种新的、柔软美味、高抗氧化的紫米，即紫莓香米（百度中文翻译名字有米莓果、茉莉花米、稻米浆果等）的上市，这是改变全谷米消费者习惯的一个突破。在未来食品研究方面，Apichart 教授最新的研究是彩虹大米，这是一种预计在 2050 年人们可以“吃光”整个植物来养活 90 亿人的高营养大米。

（组稿：谭洪卓；英译中：吴娜娜、谭洪卓）