

水稻青粒米、精米、糙米营养成分比较分析

王晶¹, 关海涛^{1*}, 戴常军¹, 王翠玲¹, 温洪涛¹, 张晓磊¹, 关晶², 张光远³, 张瑞英¹

¹黑龙江省农业科学院农产品质量安全研究/农业农村部谷物及制品质量监督检验测试中心(哈尔滨)/国家市场监管重点实验室(谷物及制品质量与安全), 黑龙江 哈尔滨

²绥化市红旗满族乡人民政府, 黑龙江 绥化

³绥化市北林区农业技术推广中心, 黑龙江 绥化

收稿日期: 2024年6月28日; 录用日期: 2024年7月27日; 发布日期: 2024年8月6日

摘要

稻米有多种消费形式, 除精米和糙米外, 未成熟青粒米也具有很好的营养价值和加工特性, 但其作为加工过程中副产品未得到充分开发利用。为更好明确青粒米营养成分, 本研究根据国家标准规定的理化方法, 比较分析了高彦湾2号水稻品种的青粒米、精米和糙米中主要营养成分、矿质元素、维生素和糖类物质的含量。结果显示, 青粒米中主要营养成分(蛋白质、脂肪)和矿质元素(钙、铁、磷)以及维生素B1含量略低于糙米, 但显著高于精米; 直链淀粉含量显著低于精米, 还原糖、膳食纤维含量显著高于糙米和精米。

关键词

稻米, 青粒米, 膳食纤维, 营养物质

Comparative Analysis of Nutritional Components among Green Grain Rice, Polished Rice, and Brown Rice

Jing Wang¹, Haitao Guan^{1*}, Changjun Dai¹, Cuiling Wang¹, Hongtao Wen¹, Xiaolei Zhang¹, Jing Guan², Guangyuan Zhang³, Ruiying Zhang¹

¹Key Laboratory of Safety and Quality of Cereals and Their Products for State Market Regulation, Quality Testing Center of Cereals and Their Products (Harbin), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Quality and Safety Institute of Agricultural Products, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin Heilongjiang

²Suihua Hongqi Manchu Township People's Government, Suihua Heilongjiang

³Agricultural Technology Promotion Center in Beilin District, Suihua Heilongjiang

Received: Jun. 28th, 2024; accepted: Jul. 27th, 2024; published: Aug. 6th, 2024

*通讯作者。

文章引用: 王晶, 关海涛, 戴常军, 王翠玲, 温洪涛, 张晓磊, 关晶, 张光远, 张瑞英. 水稻青粒米、精米、糙米营养成分比较分析[J]. 食品与营养科学, 2024, 13(3): 304-309. DOI: 10.12677/hjfn.2024.133039

Abstract

Rice comes in various forms of consumption, aside from white and brown rice, immature green grains also possess significant nutritional value and processing characteristics. However, as a by-product of the processing process, immature green grains has not been fully developed and utilized. To better clarify the nutritional content of immature green grains, this study compared and analyzed the main dietary components, mineral elements, vitamins, and sugar content in green grain rice, polished rice, and brown rice of Gaoyanwan No. 2 rice variety according to the physical and chemical methods specified in national standards. The results showed that the main nutritional components (protein, fat), mineral elements (calcium, iron, phosphorus), and vitamin B1 in green grain rice were slightly lower than those in brown rice but significantly higher in polished rice. The content of amylose in green grain rice was lower than in polished rice, and the reduced sugar and dietary fiber were higher in brown rice and polished rice.

Keywords

Rice, Green Grain Rice, Dietary Fiber, Nutrients

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

青粒米是表皮有叶绿素存留呈绿色且未能生长完全的米粒，一般在授粉后 15~32 天内被收获，水分含量为 31%~43% [1]，属于不完善粒，又称青未熟粒。青粒米具有潜在的营养价值，与成熟谷粒相比青粒米的蛋白质、还原糖、钙、钾、铁、 β -胡萝卜素、维生素 C、维生素 B2、B3、B6、E，生物活性物质 γ -谷维素含量更高，可溶性膳食纤维与总膳食纤维的比例较高[2]。膳食纤维具有降低淀粉消化率、减缓血糖升高速率、调节免疫力等多种生理功效和保健效果[3]。发达国家 50% 的膳食纤维来源于谷物[4]，特别是细胞壁中非淀粉多糖[5]。研究显示，稻米麸皮中膳食纤维含量高达 17.0%~29.0%，是精米的 4~7 倍[6]。营养成分的含量和结构变化也影响青粒米的加工特性[2] [7]，如粉质含量高、淀粉颗粒排列疏松，碾米过程中易折断和粉碎，增加碎米率、降低糙米率和整精米率，影响稻米加工品质[8]。因此，大多青粒米通过色选机被除去或作为加工副产品用于饲料使用，利用效率低，造成粮食资源浪费。随着优质米产业快速发展[9]，以青粒米为原料开发的产品也具有良好的前景，如在非洲坦桑尼亚，以未成熟青粒米粒制成的片状零食 Pepeta，具有爆米花香味和美味的口感，成为当地备受欢迎的特产，增加当地农户的收入[2] [7]。本研究以高彦湾 2 号水稻品种为试材，通过比较未成熟青粒米、糙米和精米之间营养成分差异，为提高稻米有效利用率和经济效益提供有价值的数据参考。

2. 材料与方法

2.1. 实验材料

水稻品种高彦湾 2 号种植在黑龙江省绥化地区，按照当地的种植情况管理，收获未完全成熟青粒米和完全成熟糙米和精米为实验材料。

2.2. 实验方法

2.2.1. 主要成分含量测定

水分含量按照 GB5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》测定；直链淀粉含量(干基)按照 GB/T 15683-2008《大米直链淀粉含量的测定》测定；粗蛋白含量(干基)按照 NY/T 3-1982《谷类、豆类作物种子粗蛋白质测定法》测定；脂肪(风干基)含量测定：按照 GB 5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》测定。

2.2.2. 矿质元素含量测定

钙含量按照 GB 5009.92-2016《食品安全国家标准 食品中钙的测定》中火焰原子吸收光谱法测定；铁含量按照 GB 5009.90-2016《食品安全国家标准 食品中铁的测定》中火焰原子吸收光谱法测定；磷含量按照 GB 5009.87-2016《食品安全国家标准 食品中磷的测定》中钼蓝分光光度法测定。

2.2.3. 膳食纤维、还原糖、维生素 B1 和 B2 含量测定

膳食纤维含量按照 GB 5009.88-2014《食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定》测定；还原糖含量按照 GB 5009.7-2016《食品安全国家标准 食品中还原糖的测定》；维生素 B1 含量按照 GB 5009.84-2016《食品安全国家标准 食品中维生素 B1 的测定》中高效液相色谱法测定；维生素 B2 含量按照 GB 5009.85-2016《食品安全国家标准 食品中维生素 B2 的测定》中高效液相色谱法测定。

3. 结果

3.1. 主要成分含量比较分析

经收获后烘干，青粒米、精米和糙米的工作水分含量均为 14%。由图 1 可见，青粒米和糙米的蛋白质含量、脂肪含量均极显著高于精米，直链淀粉含量极显著低于精米；与糙米相比，青粒米只有直链淀粉含量略高于糙米，蛋白质和脂肪含量均低于糙米。青粒米与糙米的主要营养成分含量比较接近，说明加工对稻米主要营养成分含量影响要显著高于收获时期的影响。

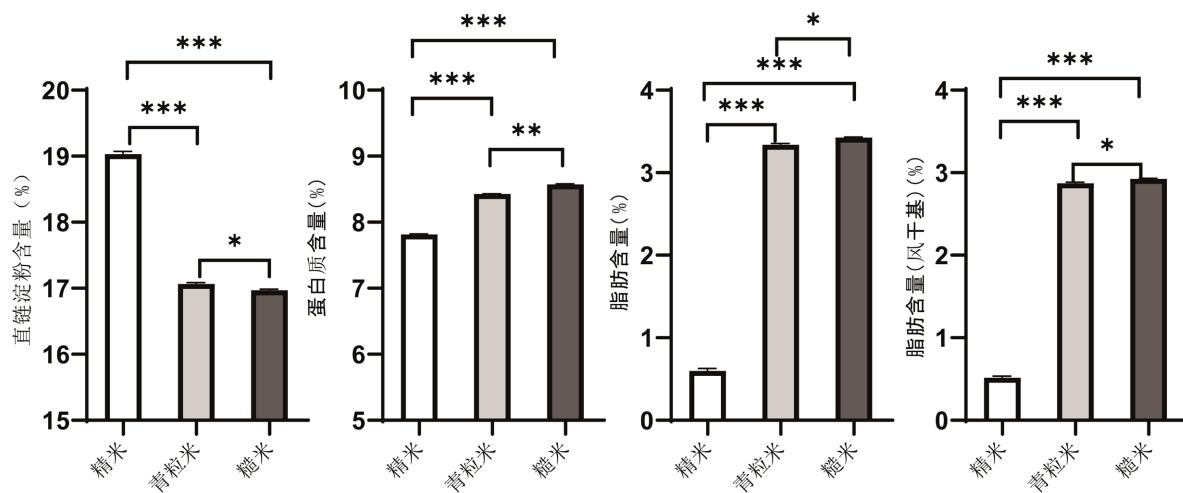


Figure 1. Comparative analysis of the main component contents in rice.

图 1. 稻米主要成分含量比较分析

3.2. 矿质元素含量比较分析

由图 2 可知，在钙、铁、磷含量方面，青粒米和糙米均极显著高于精米，糙米也极显著高于青粒米。

说明稻米的不同消费形式对钙、铁、磷等矿质元素的积累存在影响。

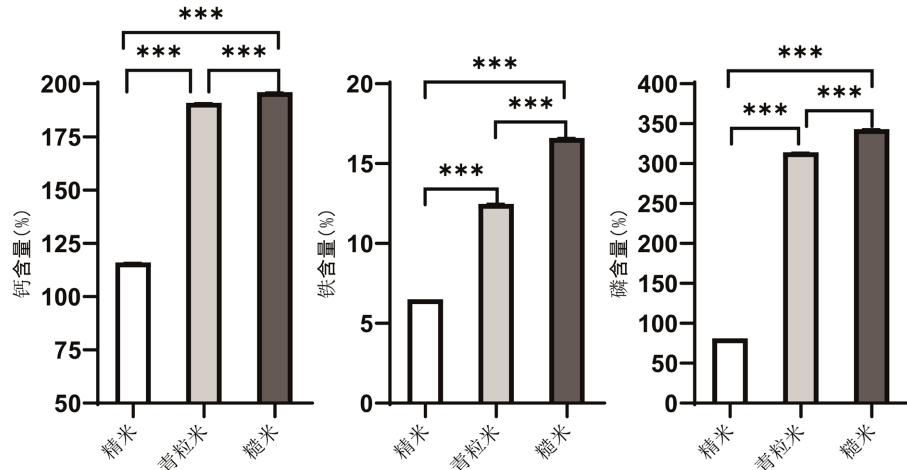


Figure 2. Comparative analysis of different mineral element contents in rice

图 2. 稻米中不同矿质元素含量比较分析

3.3. 维生素 B1 和 B2 含量比较分析

由图 3 可知, 青粒米和糙米维生素 B2 含量显著高于精米, 糙米的维生素 B2 含量显著高于青粒米; 维生素 B1 含量在精米、青粒米和糙米中均无显著差异。说明稻米中维生素 B1 含量较低, 仅维生素 B2 含量在糙米和青粒米中略高。

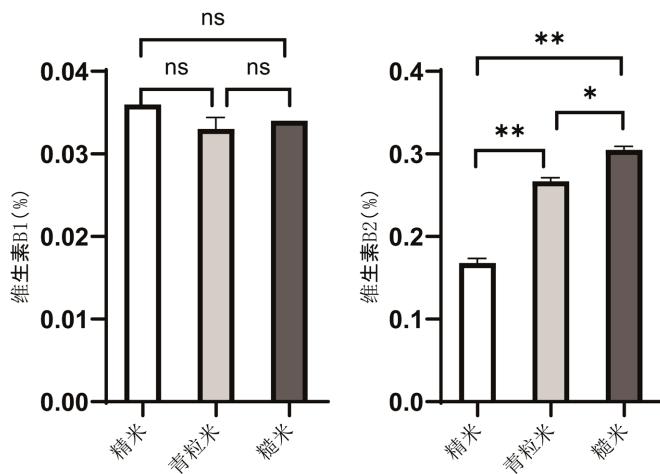


Figure 3. Comparative analysis of vitamin B1 and B2 content in rice

图 3. 稻米中维生素 B1 和 B2 含量比较分析

3.4. 还原糖、膳食纤维、抗性淀粉含量比较分析

由图 4 可知, 青粒米和糙米在膳食纤维含量、还原糖含量方面显著高于精米; 青粒米的膳食纤维(5.0%)和还原糖(1.9%)含量显著高于糙米; 精米中抗性淀粉含量最高, 显著高于糙米, 青粒米中抗性淀粉高于糙米但不显著。说明稻米中除直链淀粉外, 其他糖类存在较大差别。膳食纤维包括非淀粉多糖和抗性淀粉, 青粒米和糙米中的膳食纤维主要成分是非淀粉多糖而不是抗性淀粉。

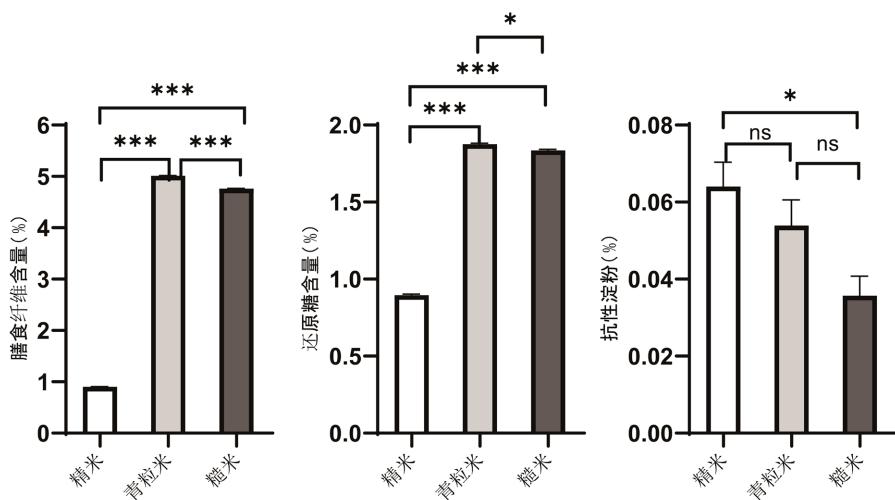


Figure 4. Comparative analysis of carbohydrate content in rice

图 4. 稻米中糖类含量比较分析

4. 讨论

4.1. 营养物质分布与稻米消费形式的关系

稻米中营养成分分布不均匀导致不同消费形式的稻米营养物质含量差异大。稻米胚乳中主要成分为淀粉、少量蛋白和脂类，胚乳之外的糠层主要成分为蛋白质、脂类、膳食纤维、维生素和矿物质等多种营养物质[10]。本研究中高彦湾 2 号精米直链淀粉含量约为 19%，而糙米和青粒米中直链淀粉含量约为 17%。由于精米是经过碾磨和抛光之后去除了胚、表皮和糊粉层的胚乳组织，故单位质量的米粉中精米直链淀粉含量更高，而青粒米和糙米由于保留了稻米完整的结构，所以直链淀粉含量相对较低。与成熟的糙米相比，青粒米中直链淀粉含量略高。成熟的糙米和精米呈现透明状态，淀粉颗粒初期形成圆形或椭圆形的淀粉体，随着淀粉体的充实和数量逐渐增加，淀粉体因相互挤压而形成多面体，其边缘棱角分明，整个胚乳透明度提高[11] [12]，而青粒米的淀粉体尚未完全充实，故呈现粉质状态。Xu 等通过转录组测序发现在胚发育的中期和后期，淀粉和蔗糖代谢、蛋白质变性相关基因高度表达[3]。本研究中精米蛋白质含量相对较少，而糙米和青粒米中相对较多，可能与其分布不均匀有关。蛋白质在籽粒中分布也存在差异且与稻米食味品质密切相关，如醇溶蛋白分布均匀的品种食味品质也较好，若集中分布于米粒周边，则米粒吸水性降低，米饭较硬、粘性降低[11]。稻米中脂类主要为淀粉脂和非淀粉脂两大类，淀粉脂主要分布于胚乳中，越往内部淀粉晶体分布越紧密，脂类含量越低；非淀粉脂在皮层中含量最高，胚中含量较少，随着稻米脱糙和精制过程非淀粉脂大部分被去除。稻米脂类含量相对较低且主要分布于糠层，糙米中的粗脂肪含量约为 2.0%~4.0%，精米中粗脂肪含量较低仅为 0.1%~1.5%。本研究中精米脂肪含量也显著低于青粒米和糙米。稻米中维生素 B1 含量约为 0.1%~1.7% 与本研究结果相近，维生素 B2 的含量在不同品种中的差异比较大[5]，本研究中维生素 B2 在不同稻米形式中也存在显著差异。

4.2. 膳食纤维和未成熟稻米应用潜力

稻米是高血糖指数食品，仅食用精米会提高了淀粉消化率和血糖指数，而摄入膳食纤维会降低淀粉消化率、减缓血糖升高速率、调节免疫力等多种生理功效和保健效果[6]。研究报告显示，含水量为 14% 的精米中，膳食纤维含量一般低于 4%，糙米中的膳食纤维含量为 2.9%~4.0%，精米中含量仅为 0.7%~2.3%，而稻米麸皮中含量高达 17.0%~29.0% [13]。本研究中青粒米(5.0%)和糙米(4.8%)中膳食纤维含量均高于

4%。青粒米中膳食纤维，可以为开发有利于人体健康的功能型稻米产品提供了重要的原料。以青粒米为原料开发的产品 Pepeta 是烘烤未成熟的米粒，之后将其在研钵中脱壳并捣碎并获得扁平的米粒碎片就制成了 Pepeta。Pepeta 的生产，使水稻收获提前并减少了收获后管理过程(如干燥和储存)，从而降低了水稻生产成本[2]。在我国也开展了以未熟粒糙米富集 γ -氨基丁酸和饮料的研发[14]，尚未有以未成熟青粒米为原料开发的产品的相关报道，因此对青粒米营养成分的研究将在稻米深加工方面有广阔的应用前景。

5. 结论

本研究通过比较高彦湾 2 号水稻品种未成熟青粒米、糙米、精米营养物质发现，青粒米与糙米营养物质含量相近，但膳食纤维含量更高，为以青粒米为原料开发富含膳食纤维功能食品或加工成其他产品提供了重要的数据支撑。

基金项目

黑龙江省自然科学基金优秀青年项目(YQ2022C032)；黑龙江省省属科研院所科研业务费青年项目(CZKYF2024-1-C001)，黑龙江省农业科学院引进博士人员科研启动金项目。

参考文献

- [1] Zhang, H., Yu, C., Hou, D., Liu, H., Zhang, H., Tao, R., et al. (2017) Changes in Mineral Elements and Starch Quality of Grains during the Improvement of *japonica* Rice Cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **98**, 122-133. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8446>
- [2] Miraji, K.F., Capuano, E., Fogliano, V., Laswai, H.S. and Linnemann, A.R. (2021) Utilization of Pepeta, a Locally Processed Immature Rice-Based Food Product, to Promote Food Security in Tanzania. *PLOS ONE*, **16**, e0247870. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247870>
- [3] Xu, H., Gao, Y. and Wang, J. (2012) Transcriptomic Analysis of Rice (*Oryza sativa*) Developing Embryos Using the RNA-Seq Technique. *PLOS ONE*, **7**, e30646. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030646>
- [4] Masumura, T. and Saito, Y. (2010) Research on Appearance Quality and Eating Quality of Rice: Analysis on the Distribution of Storage Protein Affecting Eating the in Rice Grain. *Agronomy Horticulture*, **85**, 1235-1239.
- [5] 邵雅芳. 稻米的营养功能特点[J]. 中国稻米, 2020, 26(6): 1-11.
- [6] 孙健. 膳食纤维对稻米品质和消化特性的影响及高膳食纤维突变体的基因定位[D]: [博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2016.
- [7] Miraji, K.F., Linnemann, A.R., Fogliano, V., Laswai, H.S. and Capuano, E. (2020) Nutritional Quality and *in vitro* Digestion of Immature Rice-Based Processed Products. *Food & Function*, **11**, 7611-7625. <https://doi.org/10.1039/d0fo01668c>
- [8] 周显青, 郑超杰, 张玉荣, 白国伟, 刘影. 糙米中不完善粒对其加工品质的影响[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2012, 33(6): 22-26.
- [9] 徐春春, 纪龙, 陈中督, 方福平. 2022 年我国水稻产业发展分析及 2023 年展望[J]. 中国稻米, 2023, 29(2): 1-4.
- [10] Lamberts, L., De Bie, E., Vandepitte, G.E., Veraverbeke, W.S., Derycke, V., De Man, W., et al. (2007) Effect of Milling on Colour and Nutritional Properties of Rice. *Food Chemistry*, **100**, 1496-1503. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.11.042>
- [11] 王万里, 田耀旗, 谢正军. 灌浆期糯米淀粉精细结构变化[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(10): 1054-1059.
- [12] Nakamura, Y., Ono, M., Sawada, T., Crofts, N., Fujita, N. and Steup, M. (2017) Characterization of the Functional Interactions of Plastidial Starch Phosphorylase and Starch Branching Enzymes from Rice Endosperm during Reserve Starch Biosynthesis. *Plant Science*, **264**, 83-95. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2017.09.002>
- [13] Abdul-Hamid, A. and Luan, Y.S. (2000) Functional Properties of Dietary Fibre Prepared from Defatted Rice Bran. *Food Chemistry*, **68**, 15-19. [https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(99\)00145-4](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(99)00145-4)
- [14] 钱行. 未熟粒糙米 γ -氨基丁酸富集技术及其饮料研发[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京农业大学, 2014.