

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.02.009

焦悦, 黄清, 费小吉, 等. 国外稻谷生产加工现状[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(2): 68-76.

JIAO Y, HUANG Q, FEI X J, et al. Current status of foreign rice production and processing[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(2): 68-76.

# 国外稻谷生产加工现状

焦悦<sup>1,2</sup>, 黄清<sup>1</sup>, 费小吉<sup>1</sup>, 罗琼<sup>1</sup>, 安红周<sup>1,2</sup>✉

(1. 河南工业大学 粮油食品学院, 河南 郑州 450001;

2. 河南省谷物品质分析与加工国际联合实验室, 河南 郑州 450001)

**摘要:** 综述了日本、印度、泰国、马来西亚、美国等几个主要国外稻米生产国的稻谷品种、大米加工主要设备及主要加工工艺等的发展研究现状, 并对伊朗、巴西、尼日利亚、印度尼西亚的大米加工生产现状进行阐述, 结合国内的大米加工工艺及设备进行对比分析, 提出适度加工及碾米工艺持续研究发展的必要性, 以期为我国大米加工行业提供借鉴。

**关键词:** 大米加工; 工艺; 设备; 主要稻米生产国

中图分类号: TS210 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2022)02-0068-09

## Current Status of Foreign Rice Production and Processing

JIAO Yue<sup>1,2</sup>, HUANG Qing<sup>1</sup>, FEI Xiao-ji<sup>1</sup>, LUO Qiong<sup>1</sup>, AN Hong-zhou<sup>1,2</sup>✉

(1. School of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou, Henan 450001, China;

2. Henan International Joint Laboratory of Grain Quality Analyzing and Processing, Zhengzhou, Henan 450001, China)

**Abstract:** We reviewed the rice varieties, rice processing equipment and main processing technology development and research status of Japan, India, Thailand, Malaysia, the United States and several major foreign rice producers. The rice processing production situation of Iran, Brazil, Nigeria and Indonesia was illustrated. After the comparative analysis of domestic and foreign rice processing technology and equipment, we proposed the necessity of continuous research and development on moderate processing and milling process, aiming to provide reference for the rice processing industry in China.

**Key words:** rice milling; processing; equipment; major foreign rice producers

水稻 (*Oryza sativa* L.) 是全球 50% 以上人口的主食<sup>[1]</sup>, 也是世界上最为重要的粮食作物之一。

近 420 500 个水稻及其近缘物种样本保存在世界各地的种质馆藏中<sup>[2]</sup>。在许多发展中国家, 大米是碳水化合物、钙和锌等常量和微量营养素的主要膳食来源之一<sup>[3]</sup>。大米是大多数亚洲国家的重要主食, 世界上近 90% 的大米都是在这些国家消费的<sup>[4]</sup>。在日本, 稻米也被认为是国内农业中最重要的作物<sup>[5]</sup>。目前, 中国是世界上最大的大米生产国, 占全球大米产量的近 30%<sup>[6]</sup>。按年产量从高到低的顺序, 中国、印度、印度尼西亚、孟加拉国、越南、泰国、菲律宾、缅甸、巴西和日本是前十大大米生产国<sup>[6-7]</sup>。泰国是最大的大米出口国。

收稿日期: 2021-10-26

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0401101); 广东省重点专项(2020B020225004); 企业合作项目(GW-CC2018002)

**Supported by:** National Key Research and Development Program (No.2017YFD0401101); Key Special Project of Guangdong Province (No.2020B020225004); Enterprise Cooperation Project (N0.GW-CC2018002)

作者简介: 焦悦, 女, 1996 年出生, 在读研究生, 研究方向为米制品的开发与利用。E-mail: 2406767339@qq.com.

通讯作者: 安红周, 男, 1968 年出生, 博士, 教授, 研究方向为米制品加工与食品挤压技术应用。E-mail: anhongzhou@163.com.

在不同的国家,稻谷的品种不同,大米加工的工艺和设备等方面也不尽相同,最终的产品品质也存在一定的差异。大米加工是几种工序的组合,其目的是将稻谷转化为精磨的白米,使其具有优越的烹饪质量属性<sup>[8]</sup>。大多数消费者更喜欢精制的白米,胚乳上只剩下很少的糠皮,甚至没有糠皮,看上去白净透亮,但营养价值较低。通常,在大米加工过程中会碾磨去除掉糙米重量的10%左右<sup>[9]</sup>。Rahaman<sup>[10]</sup>等的研究表明,为了最大限度地回收、以及适当提升成品大米的产量,碾减率应限制在7%~8%,这是包括孟加拉国在内的大多数发展中国家的普遍做法。而在印度,它被限制在糙米重量的4%<sup>[11]</sup>。另有报道称,消费者的喜好因地区而异。例如,日本人喜欢精磨的具有糯性的大米<sup>[12]</sup>,但美国人更喜欢半精磨的长粒米甚至于糙米,而印度次大陆的人们更喜欢精磨的蒸谷米<sup>[13]</sup>。蒸煮过程中消耗的能量和米饭的水分含量取决于碾磨程度和大米品种<sup>[5]</sup>。水稻品种对稻米的食味品质、加工适宜性和价格也都有显著影响<sup>[14]</sup>。

所以,根据当地消费者的不同需求,不同国家的大米加工工艺会有所不同,市场上的大米产品也各具特色。文章旨在总结阐述一下国外主要大米生产国的加工现状,以便大家了解研究或者分析比较。

## 1 日本大米加工现状

### 1.1 稻谷品种

日本地处温带,稻谷分为粳稻和糯稻两大类,其中以一季稻粳米为主;从功用角度,又可分为普通稻谷和种子稻谷两种<sup>[15]</sup>。如今,日本的大米品种有800多个<sup>[16]</sup>,常见的稻谷品种有竹锦、越光、泽花、越路早生、农林二号、黄金锦、日本晴等<sup>[17]</sup>。越光大米是目前日本种植面积最广的优质稻品种<sup>[18]</sup>。而香稻品种‘Kabashiko’和‘Jakou’分别是日本西部和东部的代表性品种<sup>[19]</sup>,根据其形态和农艺性状得以相互区分<sup>[20-21]</sup>。新泻县“越光”品牌米被称为“日本第一好米”,素有世界米王的美誉;山形县的“滋雅”品牌米是现在日本的网红大米,好评不断<sup>[22]</sup>。丹野久<sup>[23-25]</sup>综合研究分析了北海道地区影响稻米直链淀粉和蛋白质的因

素,发现水稻品种对于直链淀粉含量的影响较大,并通过层层选育及培养,以变异低直链淀粉种系“北海287号”为母本,成功培育出粘软度优质的稻米品种“梦美”,其直链淀粉含量达15%~16%,食味品质可比肩“越光”。

### 1.2 大米主要加工设备

为了达到去除糠层和胚芽的目的,碾米工厂使用的碾米设备有摩擦式碾米机和研削式碾米机。通过对两种不同作用方式进行组合,碾米设备可分成单机式、循环式和组合式。其中组合式是将糙米连续地通过数台碾米机碾制加工成白米的一种碾米方式。大型碾米设备多为组合式,比如日本佐竹的稻米精碾机组,通过2台以上的碾米机组,可以充分地利用摩擦式和研削式的特长,使碾米效率、出米率、米的品质和食味得到飞跃性提高,因而被多数的碾米工厂采用<sup>[26]</sup>。

日本佐竹公司推出的NTWP新型大米抛光机(免淘米装置的一种),其采用魔芋淀粉颗粒作为大米抛光介质来吸附米粒表面的糠粉<sup>[26]</sup>,可以提高米粒表面的光洁度,改善其食味品质及口感,是一种理想的优质抛光设备。

### 1.3 大米加工工艺

日本大米以糙米形式进行流通<sup>[27-28]</sup>,与国内碾米工艺不同,日本以糙米为原料,经过选料、碾米、包装三大生产流程成为商品大米。选料流程:主要经过清理筛(如振动筛、平面回转筛等)、去石机将糙米中的杂质去除,有的工艺中还有糙米厚度分级机和糙米色选机,粒厚选别机的作用是通过其去除未熟粒和死粒等不完善米粒来提高糙米的品质和等级。碾米流程:一般包括碾米、精选、色选等阶段,有的在碾米后还设有免淘米装置。碾米流程的最终目的就是通过碾米设备将糙米加工成白米。包装流程:日本大米的包装流程一般包括金属选别、光学选别、计量包装、金属检验和出厂几个阶段。

日本大米加工业的发展水平较高。从水稻收割到烘干、贮藏、碾米以及煮饭的全过程,每一层都有着严格的标准把控,并且正朝着更加现代化的方向发展。其大米加工工艺区别于其他国家的一个亮点,即是免淘洗工艺的设置。从精米仓

运出来的米并没有全部被输送至最终的选别工程,一部分会被输送到免洗米加工工序,该过程主要是利用木薯淀粉等物质一起加热以除去米粒表面的细小糠粉<sup>[20]</sup>,从而达到米粒清洁的目的。和湿式工艺相比,此工艺过程不需要设置排水处理设备,成本低、出米率高,不破坏大米的亚糊粉层(日本称之为好吃层),所以所得的免淘米产品又称美味美白精米<sup>[29]</sup>。一方面,免淘米加工技术使得煮饭更加简便化,提高了米饭食味,也在一定程度上控制了大米营养素的流失<sup>[30]</sup>;另一方面,免淘米工艺的开发也带动了大米深加工技术的发展。

## 2 印度大米加工现状

### 2.1 稻谷品种

印度南方邦地区以食用大米为主。本地所产的大米主要有两大类:一类是普通大米,类似于中国南方杂交稻,种植面积约占95%;另一类是印度香米,由于其产量低,只占种植面积的5%左右<sup>[31]</sup>。具体而言,印度种植的大米品种包括PR 106、PR 108、PR 109、Pb Bas I、Bas 370和IR-8<sup>[32]</sup>等诸多种类。其中,PUSA Basmati是来自印度哈里亚纳邦的一种受欢迎程度较高的细长稻谷品种。

### 2.2 大米主要加工设备

用作稻谷烘干的设备<sup>[31]</sup>,印度多数的大米加工企业会选择台湾产塔式稻谷烘干机。抛光用设备,印度大米加工生产线多选用机型为卧式水磨抛光的印度国产型抛光机。印度大米抛光后仍有2%左右的病斑粒及浅黄粒等异色粒,会进入色选机进行筛选。印度本地生产制造色选机的技术水平并不低,但其在喂料器、斜槽、喷射机构等方面均存在缺陷,故其多采用国外产的色选机。

为了节约成本,其他粮机处理设备,诸如清理筛、去石机、砻谷机、碾米机以及白米分级筛等,大多选用印度的国产设备。

### 2.3 大米加工工艺

印度是世界上最大的水稻种植国,约占世界平均产量的三分之一<sup>[33]</sup>。

印度的大米加工工艺虽然在不断地发展,但目前其技术发展水平仍然较低,由于印度民众普遍认为蒸谷米的营养价值较高,而且口感好,因

此印度大多采用蒸谷法来进行稻谷加工。

蒸谷米,即清理后的稻谷经一定程度的水热处理之后,进行砻谷、碾米所得到的大米或半煮米产品,具有糙米率高、籽粒膨胀性好、出饭率高、营养价值高、便于消化吸收、储存期长等特点。蒸谷米的基本生产工艺包括原粮稻谷的清理、浸泡、蒸煮和干燥几个阶段,最终得到成品。浸泡是水热处理过程中的首道工序,此过程中稻谷会吸水膨胀,其目的在于使稻谷内部的淀粉充分吸收水分,便于在蒸谷过程中全部糊化<sup>[34]</sup>。浸泡的设备类型很多。原始方法来看,印度多采用水泥池作为浸泡稻谷的容器;而现代化的蒸谷米厂多采用罐柱式浸泡器和平转式浸泡器<sup>[35]</sup>。程科<sup>[36]</sup>等的研究发现,浸泡之后的稻谷吸水量较优,浸泡液中蛋白质损失量和可溶性糖损失量在吸水量达到最优的前提下仍会保持在较低水平。蒸煮的目的则是除去稻谷浸泡后多余的水分,并注入蒸气使淀粉糊化。在印度,会把浸泡后的稻谷取出后置于铁锅内,锅内用一块钻有小孔的铁板将锅分隔为上下两层。铁板上层放稻谷,下层盛水,加热烧煮后蒸气透过谷层加热0.5~2 h,随后将稻谷倒在晒场上进行晾晒干燥<sup>[35]</sup>。雷月等<sup>[37]</sup>的研究表明,蒸谷米制备前后营养品质、食用品质及糊化特性等各项指标会发生不同程度的变化,受试稻谷经加工处理制成蒸谷米后有助于稻米营养物质和米糊热稳定性的提高。

另外,印度开发了一种利用木聚糖酶和纤维素酶对大米进行高选择性抛光的新工艺,在该酶解工艺中,糙米是由生物催化剂选择性地抛光的。与机械碾磨不同的是,通过酶处理工艺可获得整精米率更高的营养大米<sup>[38]</sup>。

## 3 泰国大米加工现状

### 3.1 稻谷品种

泰国地处热带季风气候区,降水丰富而土壤肥沃,大米的品质优良,品种丰富<sup>[18]</sup>。稻谷是泰国最为重要的粮食作物,其价值约占全部作物价值的30%。泰国生产的稻谷产品包括普通大米、糯米和香米(其中包括少量的Basmati大米)<sup>[39]</sup>。泰国稻谷的主要品种即为我们常见的茉莉香稻谷,而泰国香米也以其独特的品质而世界闻名。

有标准规定,只有“泰国皇玛丽香米”(Thai Hom Mali Rice)才可以称为泰国香米。“泰国皇玛丽香米”是经过泰国商务部农业厅、农业与合作部证明为 Kao Dok Mali 1 05 号和 RD1 5 号的籼型大米,其带有自然茉莉芬芳的香味<sup>[13]</sup>。另外,随着非传染性慢性疾病成为一个全球性问题,全谷物大米品种也逐渐走进泰国大众的视野。Apichart Vanavichit<sup>[40]</sup>等成功培育了质构品质较软、血糖指数适中的稻米品种 Riceberry,其外观呈黑紫色,全谷物米柔软芳香,富含蓝莓花青素,营养价值较高,已成为更受欢迎的产品开发原料;低血糖指数稻米品种 Pink+4 的成功培育也表明泰国健康的稻米产品正在朝多元化方向发展。

### 3.2 大米加工设备

泰国所用的大米加工设备大部分与我国相似。利用砻谷机对稻谷进行脱壳;用碾米机进行碾白,不同的是在此道工序中泰国的米厂一般要利用白度仪进行质量检查;利用抛光机对稻米进行抛光处理,比如卧式抛光机;白米分级设备主要按照米粒的外形尺寸来进行划分;最后一点,与国内的色选机不同,泰国米厂最后关于优质米中异色粒的筛选清除会采用光谱筛选机进行<sup>[41]</sup>。

### 3.3 大米加工工艺

泰国的稻米加工工艺流程也与国内无明显差异,一般分为以下几个阶段:

稻谷收割→稻谷初清及储藏→稻谷脱壳→糙米碾白→大米抛光→白米分级→异色粒筛选→成品检查及包装

## 4 马来西亚大米加工现状

### 4.1 稻谷品种

马来西亚本国的大米自给率仅为 70%左右,其余均依赖于进口,是一个名副其实的大米净进口国<sup>[42]</sup>。马来西亚本国的稻谷据其质量标准仅分为 2 个等级,大米则按米粒长度、整精米率等 11 个指标的不同分为 7 个等级<sup>[42]</sup>。巴斯马蒂(Basmati)大米、本地普通香米和暹罗(Siam)大米,这三个大米品种是马来西亚人消费最多的品种<sup>[43]</sup>,所以这些水稻品种的营养成分含量情况对马来西亚消费者来讲也有着极为重要的影响。

### 4.2 大米主要加工设备

采用 IRE 碾米机综合体,即一体化、资源节约型的碾米机综合体。IRE 大米研磨机综合体是一个集成综合型的大米研磨机,它集成了各种工艺,并可有效地利用其副产品作为饲料、生产燃料、电力以及其他附加值产品<sup>[44]</sup>。

### 4.3 大米加工工艺

在收获的稻谷被送到碾米厂后,稻谷将在 48 小时内经过干燥,将其水分含量降低到 14%,然后才能储存<sup>[43]</sup>。在干燥过程中,湿稻谷要经历一系列的操作,包括干燥、缓苏和冷却。

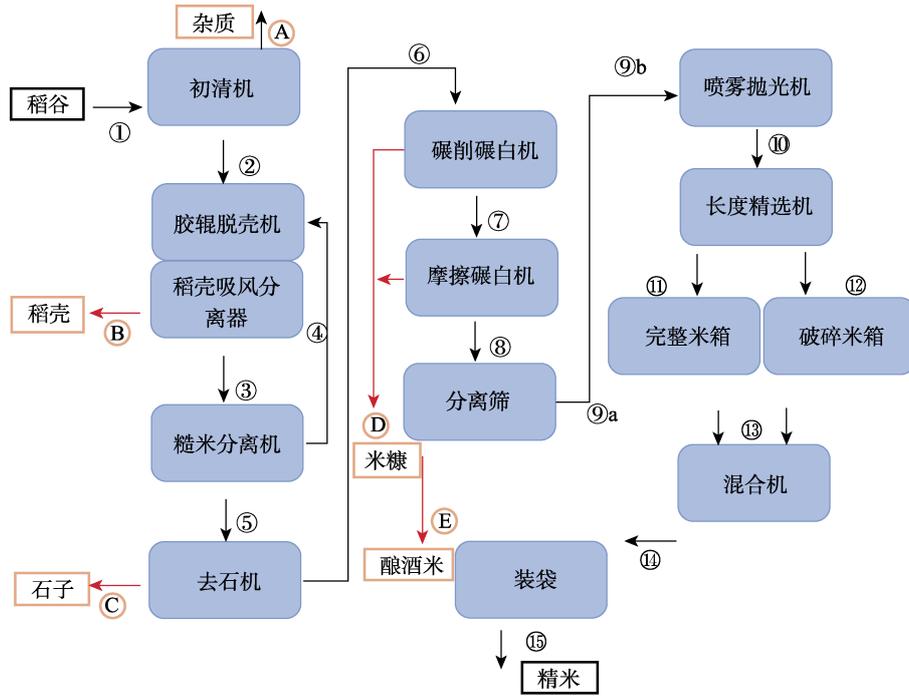
在稻谷碾磨的过程中,干稻谷经过脱壳、去糠皮和碾白三个阶段。在脱壳阶段,稻谷首先被喂入脱壳机,去除其外层,即稻壳。稻壳通过吸风装置从糙米中分离出来。接着,糙米被输送到碾白工序中,以去除米糠。然后,白米被送到抛光机,以去除其表面的糠皮残留物。碾白的主要产品是精米,包括整粒米(整精米)和碎米;副产品是稻壳和米糠。在最后阶段,通过分级筛将大米按长度分为整粒和碎粒。碾磨末段,将分选好的整精米和碎米按一定比例混合,包装成 5%、10%、15%、20%和 25%的分级米<sup>[44]</sup>,即为成品。

## 5 美国大米加工现状

最佳的稻米采后加工方式因水稻品种不同而异。一般的稻米加工程序包括收割前操作、收获、清洗、干燥、储存、碾磨,最后是分配到市场,或保留在农场家庭中消费。稻谷干燥的典型方法包括田间法、太阳法、热风干燥法和库内干燥法。进行适当的大米干燥是至关重要的,因为这会影响大米的碾磨特性。

碾磨过程可以使用不同的方法来实现。例如,在一步碾磨过程中,一次就能去除谷壳和糠层,从而直接从稻谷中生产出白米。在两个步骤过程中,外壳和糠层被分别去除,生产的糙米作为中间产品。在大型商业磨坊,通常使用的是多阶段碾磨工艺,通过不同的操作和机器进行处理以使稻谷转变为白米。

在最先进的加工厂中,正如包括美国在内的发达国家研究发现,大米在碾磨阶段经历了一个如下图所示的多方面的过程<sup>[46]</sup>(图 1)。



①稻谷进入进料池；②经过预处理的稻谷移动到橡胶辊脱壳机；③糙米和糙米的混合物进入分离器；④糙米被分离并返回到橡胶辊脱壳机；⑤糙米进入目的地；⑥去向糙米进入第一级（研磨式）粉碎机；⑦部分精米进入第二级（摩擦）粉碎机；⑧磨好的大米移到筛子上；⑨a）（对于简单的碾米机）未分级的大米移动到装袋站；⑨b）（对于更复杂的碾磨机）精米移动到抛光机；⑩精米移动到长度分级机；⑪整精米移至整精米仓；⑫碎米移至破碎仓；⑬预选量的整精米与碎米移至混合工位；⑭定制精米与碎米混合移至装袋工位；⑮袋装大米移至市场；A）去除稻草、谷壳和空粒；B）吸风分离器移走外壳；C）由去石机移走小石块及泥球；D）在白化过程中从米粒中去除的粗糠（来自第一个抛光机）和细糠（来自第二个抛光机）；E）筛出小碎米/酿酒用米。

图 1 典型现代碾米机的流程  
Fig.1 Process of a typical modern rice mill

与国内及日本等的加工工艺相比，其亮点在于加工过程中副产物的综合利用一体化，将小碎米及米糠集中处理，统一用作酿酒用米，不仅可以得到营养成分含量较高的健康米酒，还可以提高稻谷产品利用率，大大节约粮食资源，减少资源浪费。

## 6 其他稻米生产国大米加工现状简述

### 6.1 伊朗大米加工现状

从 Reza Farahmandfar 等<sup>[47]</sup>对伊朗马赞达兰（Mazandaran, Iran）地区常见的 22 个精米品种的品质进行的调查中可以了解到，伊朗有包括 Fajr、Sahel、Puya、Nemat、Ch21、Khzar、Haraz、Sepidrud、Ounda、Amol 3、Dasht、Neda、Tabesh、Shafagh、Chaparsar、Tarom Mahali、Sadri、Domsiah、Champa、Gerdeh、Binam 和 Mesbah 22 个水稻品种在内的诸多稻谷品种。

大米加工工艺中最为重要的一步即为碾米过程，其目的是将糙米转化为精制白米。而从稻谷到成品的整个转化过程则包括清洗、脱皮、漂白、

抛光和分选几个步骤。稻谷脱壳时，脱壳机被用来去除稻壳以获得糙米。然后，糙米通过碾削研磨机或摩擦研磨机去除胚和糠层，以生产白米（包括碎粒和整粒）。分选则是整个稻米生产的最后一步，即根据长、中、短三种稻米品种的不同，将完整的稻米与破碎的稻米进行分离<sup>[47]</sup>。

在伊朗，人们更喜欢食用高 DOM（高碾磨程度）的大米。因此，DOM 会被认为是影响营销价值的一个重要参数。

### 6.2 巴西大米加工现状

巴西是世界上最重要的大米生产国之一，年产量超过 1 100 万 t，2017—2018 年收获大米达 1 140 万 t<sup>[48]</sup>，2019 年出口大米 143 万 t（圣保罗大学应用经济高级研究中心，2020 年），目前是世界第九大稻米生产国<sup>[49]</sup>。在巴西，南里奥格兰德州和圣卡塔琳娜州（Rio Grande do Sul 和 Santa Catarina）是灌溉系统中种植籼稻亚种品种的最重要种植区<sup>[50]</sup>。其稻米加工行业发展迅速，为了满足消费者日益增长的需求，巴西大米行业加强了碾米工

艺,使用8%到14%的碾减率来生产出更白的大米<sup>[51]</sup>。

巴西种植的水稻品种并不单一,白米品种有诸如 EPAGRI 109、EPAGRI 108、BRS Tiotaka SCS、SCS 114 Andosan 等;红米品类有 Maranhão、Cáqui (马拉尼昂、卡基)等。由于籽粒中的无机砷含量较低,SCS 114 Andosan 是巴西最有前途的水稻品种<sup>[52]</sup>。

近年来,半煮米受到越来越广泛的关注,与糙米相比,其货架期更长,而且在碾磨过程中不易被破碎;与精米相比,其水溶性维生素和矿物质的保留率也较高,更具营养价值<sup>[53]</sup>。因而在近些年的发展,巴西的大米加工业越来越倾向于生产加工营养价值高且更利于储存的半煮米及半煮糙米,也更加注重对其相关技术的研究及进展。

### 6.3 尼日利亚大米加工现状

尼日利亚是西非地区主要的大米生产国。近几十年来,尼日利亚水稻产量和生产率逐步提高,种植面积不断扩大,超过了西非其他主要水稻生产国。

Ofada (奥法达)大米是尼日利亚当地的大米品种,根据其独特的发芽特性及其化学和感官品质,可以将此种稻谷作为制麦和酿造的替代品<sup>[54]</sup>。而 Nerica 是一种旱稻品种,它能够完全适应撒哈拉以南非洲靠雨水灌溉的旱地生态,而且对非洲的主要水稻病虫害具有一定的抵抗力。

在碾米工艺方面,以尼日利亚西南部为例,主要有三种碾米工艺/技术,包括传统用研钵和臼敲击的方式、小型锤片式粉碎机加工系统和大型磨机加工系统。尼日利亚的许多农村稻农仍在传统的手工敲打加工方式。这一过程首先将稻米浸泡 24 h,然后在水中煮沸约 20 min。然后将煮好的稻米铺在阳光下晾干,干燥后,稻米被捣碎在砂浆中,将稻壳和糠皮从谷粒中分离出来;碾碎后的谷粒被过滤以分离糠皮。但所获得的最终产品通常含有较高比例的碎粒和异物/污染物,故这一过程正在被村级的锤片式粉碎机取代。另外,小型碾米机是三种稻米加工方法中最主要的一种,尼日利亚西南部可获得的大约 85%的稻米是在小型碾磨站碾磨的。恩格尔伯格式的钢制滚筒和笼式脱壳机是碾磨半熟稻谷最常用的设备<sup>[54]</sup>。

尼日利亚现有的大多数生产、收获和加工方

法都是比较传统原始的。因此,尼日利亚和其他西非国家要实现政府的大米生产和加工自给自足的目标,就应该在机械化大米生产和现代大米加工设备/技术方面更加努力前进。

### 6.4 印度尼西亚大米加工现状

印度尼西亚(简称印尼,下同)地处热带,土地肥沃,是东南亚占地面积最大、人口数量最多的国家,也是世界粮食作物的一个重要产地。水稻是印尼的第一大粮食作物,大米也是印尼人民最钟爱的主食之一。据联合国粮农组织 FAO 官网数据显示,印尼是世界第三大大米生产国,仅次于中国和印度。其大米收获的产量和收获面积均呈现逐年上升的趋势,就 2017 年而言,印尼收获面积为 1 578.8 万公顷,总产量达 8 138.2 万 t<sup>[55]</sup>,再到 2018 年,大米总产量已达 8 304 万 t<sup>[56]</sup>。

据 Widiastuti Setyaningsih 等<sup>[57]</sup>对印尼水稻品种中酚类物质进行的研究,印尼的水稻品种有 Pandanwangi、umbuumbull 和 IR-64 (乌姆布伦布尔、潘丹旺吉和 IR-64)等常规的无色素水稻品种;也有包括 Batang Lembang、Pandanwangi 和 black-and red-pigmented rice (巴塘伦邦、潘丹旺吉、黑色素和红色素大米)在内的有机大米品种。

印尼现行的大米标准为印尼国家标准 SNI6128:2015《大米》。印尼大米的加工精度大致分为四个等级,分别为中等一级大米(精碾)、中等二级大米(合理碾)、中等三级大米(普通碾)和优质大米(特精碾)。与我国的大米加工精度相比,印尼中等二级大米合理碾等级大米的加工精度相当于我国一级大米的加工精度。总体而言,加工精度方面,印尼大米略优于我国大米,尤其体现在印尼对优质大米加工精度的要求较为严格,要达到 100%的特精碾程度,而我国一级大米加工精度仅要求达 90%以上<sup>[55]</sup>。

## 7 对比分析与建议

不同国家稻谷加工产业发展现状各有不同。日本大米加工工艺的发展水平较高,拥有一套完备的大米加工与流通体系,相关标准的制定也较为完善,与我国最大的不同则体现在其稻米加工以糙米为起始点,在加工工艺中加入粒厚选别机,添加免淘洗设备也是日本大米加工过程的显著特

色。印度的稻米加工则大多结合本国国情，迎合本地消费者与发展需求，采用蒸谷法，此外，其稻米加工设备与工艺技术发展水平较为滞后，仍需要较大的改善与提升。而泰国稻谷加工设备大多与我国类似，不同之处主要在于异色粒的筛选，与国内采用的色选机不同，其多采用光谱筛选机。如今，国际社会中对大米加工业发展的重视日益提升，设备与工艺的革新与发展是大家共同面对的问题，“适度加工”这一概念也应时而出。

随着人们生活及消费水平的逐渐提升，人们也从之前一味对精、白米的追求，单单用大米外观的光洁度及白度判定大米品质优劣的意识中抽离出来，转而越来越重视大米的营养品质及食用价值，这也对大米的加工精度提出了更高的要求。由此可见，对大米加工精度及适度加工等内容进行深入研究显得尤为重要<sup>[58]</sup>。

适度加工，是指兼顾大米成品的营养、口感、外观、出品率以及加工成本的加工方式，即以达到相关的成品粮油国家标准为目标进行的合理加工<sup>[55]</sup>。适度加工与加工的粗浅不同，其目的是将加工精度确定在一个适当的范围，既要在一定程度上除去不利于食用及影响健康的部分，又要尽可能的使其中的营养物质保留下来；既要考虑外观及适口性，又要注重其内在价值的保留。这不是稻米加工方式的退化，而是一种随时代发展的对消费诉求的回归<sup>[60]</sup>。

通过对国外几个主要大米生产国稻米加工现状进行总结阐述，结合我国的稻谷产业加工现状进行分析，可以发现，不仅在中国，而是在全球范围内，稻谷适度加工的推行有着极为重要的意义。适度加工是一项利国利民、利于人类可持续发展的有效手段。以往的研究启示，可以通过改进碾米辊的组合方式、优化碾米时间，或者探索采用新的碾米材质、开发新的碾米工艺来改善米的过度加工问题。而适度加工这一课题的深入研究还需要各个国家的相关研究人员不断地去探讨与实践。

## 8 结论与展望

由于地理位置不同、气候差异显著、水稻品种繁多等诸多因素的存在，各个大米生产国也各

自拥有一套符合本国国情的加工工艺技术，并且伴随着本国加工设备机械化水平的发展而不断完善。发展较为迅速的国家，机械化水平日益提升；而工艺发展水平较为落后的国家，仍以人工加工的方式为主，技术水平亟需进一步改革提升。

碾米工艺是可以影响大米营养与食用品质的一种加工方法，不同碾米工艺碾出的大米产品，其营养价值有着显著差异。我们所消费的大米，无论是糙米、精米、还是其他加工精度或通过不同加工方式加工的大米，其目的均是生产加工出能够为人类提供所需营养与能量的主食产品。所以，在稻米加工产业不断发展的未来，在消费者更加注重营养与健康的今天，各个国家更要加大力度，不断对大米加工技术与工艺水平进行改革创新，以期达到本国国民对粮食产量与粮食安全目标的同时，为推动世界粮食产业的持续健康发展贡献力量。

## 参考文献：

- [1] 徐广超, 谢天. 中外大米质量标准对比分析及发展建议[J]. 粮油食品科技, 2019, 27(6): 35-39.  
XU G C, XIE T. Comparative analysis and development suggestions of rice quality standards between China and abroad [J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2019, 27(6): 35-39.
- [2] BERGMANC J, BHATTACHARYA K R, OHTSUBO K. Rice end-use quality analysis[J]. American Association of Cereal Chemists, 2004, 415-472.
- [3] LIANG J, LI Z, TSUJI K, et al. Milling characteristics and distribution of phytic acid and zinc in long-, medium-and short-grain rice[J]. Journal of Cereal Science, 2007, 48(1): 83-91.
- [4] ATUNGULU G G, PAN Z. Rice industrial processing worldwide and impact on macro- and micronutrient content, stability, and retention[J]. Annals of the New York Academy of Sciences, 2015, 1324: 15-28.
- [5] PORITOSH R, TSUTOMU I, HIROSHI O, et al. Effect of processing conditions on overall energy consumption and quality of rice (*Oryza sativa* L.)[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 89(3): 343-348.
- [6] FAOSTAT. FAO Statistics Division, 2012.
- [7] FAO. Food Balance Sheets, 1979-81 Average, 1984.
- [8] ROBERTS L R. Composition and taste evaluation of rice milled to different degrees[J]. Journal of Food Science, 1979, 44: 127-129.
- [9] JULIANO B O, BECHTEL D B. The rice grain and its gross composition[J]. Rice Chemistry & Technology, 1985, 17-57.
- [10] RAHMAN M A, MIAH M, AHMED A. Status of rice processing technology in Bangladesh[J]. Ama, Agricultural

- Mechanization in Asia, Africa & Latin America, 1996, 27(1): 46-50.
- [11] TANI T. Milling quality and eating quality of rice[J]. Group training course in postharvest rice processing, Fiscal 1983, Japan Rice Millers Association, 1983.
- [12] DESHPANDE S S, BHATTACHARYA K R. The texture of cooked rice[J]. Journal of Texture Studies, 1982, 13: 31-42.
- [13] LYON B G, CHAMPAGNE E T, VINYARD B T, et al. Effects of degree of milling, drying condition and moisture content on sensory texture of cooked rice[J]. Cereal Chemistry, 1999, 76(1): 56-62.
- [14] OHTSUBO K, NAKAMURA S. Cultivar identification of rice (*Oryza sativa* L.) by polymerase chain reaction method and its application to processed rice products[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(4).
- [15] 佚名. 日本、泰国大米标准质量管理与检测技术概况及启示[J]. 农产品加工(创新版), 2009(1): 39-44.  
ANONYMITY. Overview and enlightenment of rice standard quality management and testing technology in Japan and Thailand[J]. Agricultural Products Processing (Innovation Edition), 2009 (1): 39-44.
- [16] 思沁夫. 日本大米发展的现状、挑战与战略[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(3): 19-24. DOI:10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.03.003.  
SI Q F. Current situation, challenges and strategy of Japanese rice development[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(3): 19-24. DOI:10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.03.003.
- [17] 朱永义. 日本稻谷加工概况[J]. 郑州粮食学院学报, 1984(2): 20-27.  
ZHU Y Y. Rice processing profile in Japan[J]. Journal of Zhengzhou Grain College, 1984 (2): 20-27.
- [18] 李慕菡, 刘雅, 宋春风. 国外大米产业的发展对中国的启示[J]. 天津农业科学, 2017, 23(12): 36-40.  
LI M H, LIU Y, SONG C F. The inspiration of the development of foreign rice industry to China[J]. Tianjin Agricultural Science, 2017, 23 (12): 36-40.
- [19] MASAKO O, KOYA M, KAZUTOSHI O, et al. Genetic diversity in Japanese aromatic rice (*Oryza sativa* L.) as revealed by nuclear and organelle DNA markers[J]. Genetic Resources & Crop Evolution, 2016, 63(2): 199-208.
- [20] MIYAGAWA S, NAKAMURA S. Regional differences in varietal characteristics of scented rice[J]. Japanese Journal of Crop Science, 2008, 53(4): 494-502.
- [21] ITANI T. Agronomic characteristics of aromatic rice cultivars collected from Japan and other countries (genetic resources and evaluation)[J]. Japanese Journal of Crop Science, 2002, 71(1): 68-75.
- [22] 张志东. 日本大米品牌化营销策略及对黑龙江稻米产业的启示——以新泻, 山形县为例[J]. 对外经贸, 2020(7): 3.  
ZHANG Z D. Japanese rice brand marketing strategy and its enlightenment to Heilongjiang rice industry——take Niigata, Yamagata prefecture for example[J]. Foreign Economic and Economic Trade, 2020 (7): 3.
- [23] 丹野久. 日本寒冷地带北海道的优良食味稻米栽培技术研究(译文)[J]. 粮油食品科技, 2019, 27(6): 10-26. DOI:10.16210/j.cnki.1007-7561.2019.06.003.
- HISASHI J. Study on fine rice cultivation technology in Japan (translation)[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2019, 27(6): 10-26. DOI:10.16210/j.cnki.1007-7561.2019.06.003.
- [24] 丹野久. 日本の寒地, 北海道におけるうるち米良食味育種(日文)[J]. 粮油食品科技, 2020, 28(6): 10-19. DOI:10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.06.002.  
HISASHI J. Breeding study of excellent edible japonica rice in Hokkaido in Cold Zone, Japan (Japanese)[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2020, 28(6): 1-9. DOI:10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.06.001.
- [25] 丹野久. 日本寒冷地带北海道优良食味粳稻育种研究[J]. 粮油食品科技, 2020, 28(6): 1-9. DOI:10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.06.001.  
HISASHI J. Breeding study of excellent edible japonica rice in Hokkaido in Cold Zone, Japan[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2020, 28(6): 1-9. DOI:10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.06.001.
- [26] 李爽, 徐贤. 日本大米加工工艺及技术——日本大米加工技术考察报告[J]. 粮食流通技术, 2012(3): 37-39.  
LI S, XU X. Japanese rice processing technology and technology —— Japanese rice processing technology investigation report[J]. Food Circulation Technology, 2012 (3): 37-39.
- [27] 河野元信. 日本的大米生产加工现状[J]. 北方水稻, 2008, 38(6): 78-80.  
HEYUYUANXIN. Current status of rice production and processing in Japan[J]. Northern Rice, 2008, 38 (6): 78-80.
- [28] 河野元信. 日本的大米生产加工状况分析[J]. 农产品加工(创新版), 2009(7): 59-60.  
HEYUYUANXIN. Analysis of rice production and processing status in Japan[J]. Agricultural Products Processing (Innovation Edition), 2009 (7): 59-60.
- [29] 徐贤, 李爽. 浅谈日本稻米及其米制品市场情况[J]. 粮食流通技术, 2012(2): 5.  
XU X, LI S. On the Japanese rice and its rice products market situation[J]. Food Circulation Technology, 2012 (2): 5.
- [30] 河野元信. 日本稻米加工新技术[C]/全国杂粮产业大会, 全国农产品营销与招商大会. 2012.  
HEYUYUANXIN. Japan rice processing new technology[C]//National Coarse Grain Industry Conference, National Agricultural Products Marketing and Investment Conference. 2012.
- [31] 张源. 印度大米加工设备技术水平及发展现状[J]. 粮食与饲料工业, 2002(2): 13-14.  
ZHANG Y. Technical level and development status of rice processing equipment in India[J]. Food and Feed Industry, 2002 (2): 13-14.
- [32] GRIFFITHS G, ATUNGULU, PAN ZHONGLI. Rice industrial processing worldwide and impact on macro- and micronutrient content, stability, and retention[J]. Annals of the New York Academy of Sciences, 2014, 1324(1).
- [33] DAS M, GUPTA S, KAPOOR V, et al. Enzymatic polishing of rice-A new processing technology[J]. Food Science and

- Technology, 2008, 41(10): 2079-2084.
- [34] 朱惠莹, 甄思宇, 吴跃. 蒸谷米快速浸泡工艺研究[J]. 粮食与油脂, 2020, 33(1):3.  
 ZHU H X, ZHEN S Y, WU Y. Study on the rapid soaking process of steamed grain rice[J]. Food and Oil, 2020, 33(1): 3.
- [35] 郑有川. 蒸谷米的开发价值及其加工方法[J]. 中国稻米, 1995(6): 2.  
 ZHENG Y C. The development value of steamed valley rice and its processing method[J]. Chinese Rice, 1995(6): 2.
- [36] 程科, 郭亚丽, 范露, 等. 蒸谷米浸泡工艺研究[J]. 粮食与饲料工业, 2019(7):4.  
 CHENG K, GUO Y L, FAN L, et al. Steamed valley rice soak process research [J]. Food and Feed Industry, 2019(7): 4.
- [37] 雷月, 宫彦龙, 邓茹月, 等. 基于蒸谷米制备前后品质性状及糊化特性的评价分析[J]. 食品工业科技, 2021, 42(11): 8.  
 LEI Y, GONG Y L, DENG R Y, et al. Based on the quality traits and paste characteristics before and after the preparation of steamed grain rice evaluation analysis[J]. Food Industry Technology, 2021,42(11): 8.
- [38] MEHTA P S, OJHA S N, NEGI K S, et al. On-farm status of rice (*Oryza sativa* L.) genetic resources in Garhwal Himalaya of Uttarakhand, India[J]. Genetic Resources & Crop Evolution, 2014, 61(7): 1279-1294.
- [39] 顾尧臣. 泰国有关粮食生产、贸易、加工、综合利用和消费情况[J]. 粮食与饲料工业, 2007(4): 43-47.  
 GU Y C. Relevant food production, trade, processing, comprehensive utilization and consumption in Thailand[J]. Food and Feed Industry, 2007(4): 43-47.
- [40] APICHAART V, SIRIPHAT R. 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[J]. 粮油食品科技, 2020, 28(5): 49-56. DOI:10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.05.007.  
 APICHAART V, SIRIPHAT R. Thai rice development experience driven by health points in fighting against non-communicable chronic diseases and farmer poverty[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2020, 28(5): 49-56. DOI:10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.05.007.
- [41] 张上游. 泰国大米加工的质量控制[J]. 世界农业, 2000(4): 15-16.  
 ZHANG S Y. Quality control of Thai rice processing[J]. World Agriculture, 2000(4): 15-16.
- [42] 韦艳菊, 吴宁忠. 中国与马来西亚稻米产品标准比对研究[J]. 标准科学, 2018(6): 134-139.  
 WEI Y J, WU N Z. The comparison of rice products standards between China and Malaysia[J]. Standard Science, 2018(6): 134-139.
- [43] FAIRULNIZAL M N M, NORHAYATI, ZAITON, et al. Nutrient content in selected commercial rice in Malaysia: An update of Malaysian food composition database[J]. International Food Research Journal, 2015, 22(2): 768-776.
- [44] LIM J S, MANAN Z A, HASHIM H, et al. Towards an integrated, resource-efficient rice mill complex[J]. Resources Conservation & Recycling, 2013, 75: 41-51.
- [45] WANG C Y, LUH B S. Harvest, drying, and storage of rough rice[J]. Springer US, 1991.
- [46] ATUNGULU G G, PAN Z. Rice industrial processing worldwide and impact on macro-and micronutrient content, stability, and retention[J]. Annals of the New York Academy of Sciences, 2014, 1324(1).
- [47] REZA F, ESFANDIYAR F, MAHDI G V, et al. Milled rice quality assessment[J]. International Journal of Food Engineering, 2010, 6(2): 61-64.
- [48] SILVA L A, SANTOS I F S D, MACHADO G D O, et al. Rice husk energy production in Brazil: An economic and energy extensive analysis[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 290.
- [49] USDA, Foreign agricultural service reports, 2015.
- [50] IRRI, Rice supply/utilization balances, by country and geographical region, selected years. The World Wide Web, 2004.
- [51] MONKS J, VANIER N L, CASARIL J, et al. Effects of milling on proximate composition, folic acid, fatty acids and technological properties of rice[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2013, 30(2): 73-79.
- [52] ANA CAROLINA C P, AIRTON C M, BRUNO L B, et al. Evaluation of uptake, translocation, and accumulation of arsenic species by six different Brazilian rice (*Oryza sativa* L.) cultivars[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2019, 169: 376-382.
- [53] HEINEMANN R J B, FAGUNDES P L, PINTO E A, et al. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2004, 18(4): 287-296.
- [54] ADEBOWALE A A. Towards improved rice processing in West Africa-the southwest Nigerian experience[J]. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 2016, 8(3): 473-480.
- [55] 马庭瑞, 唐继微, 廖欣然, 等. 中国与印度尼西亚大米标准比对研究[J]. 标准科学, 2019(2): 16-20.  
 MA T R, TANG J W, LIAO X R, et al. China and Indonesian rice standard comparison study[J]. Standard Science, 2019(2): 16-20.
- [56] FAO and WFP mark World Food Day in Libya[J]. M2 Presswire, 2020.
- [57] SETYANINGSIH W, HIDAYAH N, SAPUTRO I E, et al. Profile of phenolic compounds in Indonesian rice (*Oryza sativa*) varieties throughout post-harvest practices[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2016: 55-62.
- [58] 郑红明. 2020年中国稻谷(大米)产业报告[N]. 粮油市场报, 2020-11-17(T18).  
 ZHENG H M. China paddy (rice) industry report in 2020 [N]. Grain and Oil Market News, 2020-11-17(T18).
- [59] 庞文录. 提倡适度加工减少粮食浪费[J]. 农业经济, 2017(9): 143-144.  
 PANG W L. Advocate moderate processing to reduce food waste [J]. Agricultural Economy, 2017 (9): 143-144.
- [60] 李爽, 寇淮, 徐贤, 等. 稻米适度加工现状与前景分析[J]. 粮食流通技术, 2012(4): 32-34.  
 LI S, KOU H, XU X, et al. Analysis of the status and prospect of moderate rice processing[J]. Food Circulation Technology, 2012 (4): 32-34. 
- 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。