

Caomi jiashi tiaozhi jishu

糙米加湿调质技术

贾富国 著



中国轻工业出版社

上架建议：食品工业

ISBN 978-7-5019-6850-3



9 787501 968503 >

定价：15.00元

东北农业大学博士论丛

糙米加湿调质技术

贾富国 著

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

糙米加湿调质技术/贾富国著. —北京: 中国轻工业出版社, 2009. 4

ISBN 978-7-5019-6850-3

I. 糙… II. 贾… III. 糙米—粮食加工 IV. TS212. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 016271 号

责任编辑: 涂润林 李 佳

策划编辑: 涂润林 责任终审: 张乃柬 封面设计: 灵思舞意·刘微

版式设计: 王超男 责任校对: 杨 琳 责任监印: 马金路

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市世纪兴源印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2009 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 850×1168 1/32 印张: 3.625

字 数: 94 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-6850-3 定价: 15.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119845 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

80985K1X101ZBW

序

水稻是人类赖以生存的最宝贵的生物资源之一，是世界上种植面积最大的农作物，其种植面积达 1.54 亿 hm^2 ，占世界耕地面积的 11%。稻米是我国的主要粮食作物之一，产量居世界首位，其次为印度、印尼、泰国。大米是全球至少半数人口的基本食物，约有 39 个国家以大米为主要食物，人口高达 10 亿以上，尤以亚洲对稻米的依赖性最强。我国作为大米消费大国，约有 67% 的居民以大米为主食。如何使稻谷在加工环节保值和增值，确保优质稻谷碾出优质大米，对大米加工业具有重要意义。本书介绍稻谷砻谷后碾米加工前的糙米加湿调质环节，糙米加湿调质技术可以提高糙米碾米的整精米率、降低碾米能耗、改善大米食用及外观品质，对于稻米加工行业具有重要的经济价值。

目前，我国糙米加湿调质技术的应用还存在许多问题。我国一直没有专用的糙米加湿调质设备和调质工艺标准。20 世纪 90 年代中期，部分米厂开始设置了调质工艺，但大都采用小麦着水设备或简易的喷雾着水装置，在加湿的均匀性、可控性等方面尚存在一些问题。国内外系统介绍低含水率（14% 以下）糙米直接加湿调质工艺的内容较少，关于糙米加湿调质后各工艺参数对糙米的碾米品质、碾米能耗的影响规律，糙米加湿调质技术的机理及水分渗透并均匀的规律，糙米的力学指标随调质条件变化关系的资料尚很缺乏。因此研究适合我国稻米加工业的调质工艺参数、揭示其技术机理和研制适合我国国情的糙米专用调质设备是该项技术推广应用的关键。

本书从介绍糙米加湿调质技术原理开始，介绍了利用同位素示踪技术揭示糙米加湿后水分渗透规律及精米吸水率规律、影响

糙米加湿后碾米品质诸因素中的单一因素对糙米碾米品质的影响规律、糙米加湿调质后力学指标随调质参数的变化规律；通过二次正交组合设计试验探求最佳工艺参数、探讨糙米调质后各特性指标关系，设计糙米加湿调质机并研究各技术参数对加湿均匀性的影响规律。这些内容对糙米加湿调质技术的应用及推广具有重要参考价值。

鉴于作者水平有限及时间仓促，本书对于糙米加湿调质技术的探究，还有很多缺点和不足，其内容也有待于进一步的研究和深入。作者愿意向该领域的专家和学者学习，进一步拓宽思路，不断完善已有的研究成果，为我国稻谷加工产业作出较大的贡献。

作者

2008 年 12 月

目 录

第一章 概论	1
第一节 糙米加湿调质的目的和意义	1
第二节 国内外研究的现状	5
第三节 糙米加湿调质的主要内容	11
第二章 糙米加湿调质技术原理	13
第一节 糙米加湿后水分渗透规律	13
第二节 糙米加湿后精米吸水率	19
第三节 糙米加湿调质后的力学强度	24
第三章 糙米加湿调质各关键因素对碾米性能的影响	33
第一节 加湿量对糙米碾米性能的影响	33
第二节 润糙时间对糙米碾米性能的影响	38
第三节 糙米的含水率对碾米性能的影响	43
第四章 糙米加湿调质工艺参数优化	49
第一节 糙米加湿调质参数对碾米能耗的影响	49
第二节 糙米加湿调质参数对碾米品质的影响	55
第三节 糙米加湿调质后各指标间的关系	62
第四节 糙米加湿调质最佳工艺参数	67
第五章 糙米加湿调质机的设计与应用	71
第一节 逆流循环式糙米加湿调质机设计	71
第二节 加湿机技术参数对加湿均匀性的影响	88
附录 糙米加湿调质技术试验材料与方法	97
参考文献	102

第一章 概 论

第一节 糙米加湿调质的目的和意义

水稻是人类赖以生存的最宝贵的生物资源之一，是世界上种植面积最大的农作物，其种植面积达 1.54 亿 hm^2 ，占世界耕地面积的 11%。稻米是我国的主要粮食作物之一，产量居世界首位，其次为印度、印尼、泰国。大米是全球至少半数人口的基本食物，约有 39 个国家以大米为主要食物，消费人口高达 10 亿以上，尤以亚洲对稻米的依赖性最强。我国也是大米消费大国，约有 67% 的居民以大米为主食。因此提高糙米碾米的整精米率、降低碾米能耗、改善大米的外观品质具有重要的经济价值。

长期以来，在我国种粮为了填饱肚子的观念根深蒂固。由于特定的国情及历史条件，政府一直将包括稻米在内的粮食作物生产的主要研究目标放在提高产量上，且取得了显著的社会效益，中国一度成为世界第三大大米出口国，但近二、三十年来，我国的稻米出口在国际市场的地位已经退居至第六、七位。其中一个重要的原因是我们在稻米生产加工中只注重产量，忽略了品质。随着国民经济的发展，农业科技的进步，人民生活水平的提高，人们的饮食结构已逐渐由“温饱型”转向“保健营养型”，对食物的要求越来越高，对稻米品质的要求也在不断地提高。稻米的高品质已是稻米作为商品流通所必须具备的基本特性。目前，大米市场中，低价、低质稻米的滞销与一些价格明显高于同类价格的优质稻米的畅销形成鲜明对比。如何提高大米加工企业效益，将这一产业优势变为经济优势，增强国际竞争力，增加农民收

入,改善人民生活,是我们必须面对的问题。我国稻谷年产量约为1.8亿t,占世界稻谷产量的40%左右。但是,因为稻米的质量未达到国际稻米市场的品质要求,因而所占的国际市场份额并不高,其中一项重要的原因就是碎米率偏高(杨国锋等,1997)。目前我国稻米产业的发展势头良好,但发展过程中存在的很多问题也不容忽视。

我国地域辽阔,稻谷在南方、北方都有种植,主要产区在南方各省,约占全国粮食总产量的二分之一。在南方,夏季收获稻谷时常常是多雨高温天气,收获稻谷水分高达25%左右,高水分稻谷在南方高温高湿的环境中存放很快就会发芽霉变;在北方,秋季收获稻谷,尽管秋高气爽,但到稻谷收获时水分也在20%左右,而高水分稻谷在北方过冬易受冻害。因此,无论南北方对收获后的稻谷都必须进行干燥,使其达到安全水分以下(粳稻14%,籼稻15%),经过贮存后的稻谷水分含量一般在12%~14%。而根据前期研究结果和国外的经验,糙米的水分含量直接影响其碾米品质。如果糙米水分含量不适当,碾磨加工后大米就会出现较多的碎米,导致蒸煮品质较差,影响米饭的外观品质,而加工高等级大米时,则会导致碾磨时间长,碾米压力大,降低稻米的整精米率,而完整的精米具有较高的商品价值,也是优质稻米所必须具备的品质。与此同时,也加大了碾磨能耗,增加了生产成本。稻谷加工时其整精米率的高低直接关系到经济效益的高低,提高出米率、降低碎米率、改善稻米品质,提高企业的经济效益应是科技人员和企业孜孜以求的奋斗目标(安红周等,2001)。

水稻种植业是我国东北特有的自然优势产业。我国东北的水稻种植面积已超过200万 hm^2 ,在东北秋季水稻灌浆期晴空万里、日照充分、昼夜温差大,有利于优质稻谷优良品质的形成;此外,东北地区开发较晚,土壤肥沃、污染较少;这些条件构成了我国东北特有的水稻产业优势,如何将这一产业优势变为经济

优势、增强国际竞争力，是我们必须面对的问题。当前，我国东北的大米出口到日本、韩国后，在被加以 300%~400% 的关税后，仍只有当地大米价格的十几分之一。制约大米品质的主要原因之一是加工技术的落后，未能使稻谷经过加工后保证原有的优良品质，优质稻谷产不出优质商品米。因此改进加工工艺和设备，保证大米的品质非常重要。

稻谷的安全贮存水分是含水率 14% 以下，经过贮存后的稻谷（含水率在 12%~13%）若直接碾米加工只有 30% 左右的整精米率。由于糙米的最佳碾米含水率是 15.5%~16.5%，因此企业无法安全贮存适宜碾米含水率的稻谷，只能贮存干燥后的稻谷。

所以，糙米在碾米前的加湿调质是十分必要的工序。大米加工主要是以机械碾米方法为主，机械碾米的原理是利用碾米机产生的机械作用，使糙米皮层被碾削而达到去皮的目的。从广义上讲，调质就是米质调理。在碾米及后处理过程中采取某种技术举措，使大米在色、香、味、光洁度等外观品质、食用品质和营养价值有所改善和提高，如混合配制、营养强化、米粒增香、陈米复鲜、蒸谷碾米等。从狭义上讲，调质就是对水分过低的稻米进行着水调湿。前者一般是对米粒的化学组分的修饰，后者仅是对稻米水分含量的调整，使糙米的含水率处于适合碾米的物理状态，使皮层软化，并使皮层与胚乳之间的结合力降低，借以获得最优的碾米特性，从而改善大米的蒸煮品质（竹生新治郎等，1999）。

糙米加湿调质碾米工艺是针对现行的碾米工艺技术存在的问题，在不改变原有碾米工艺、设备的基础上，在砻谷与碾米工序之间，谷糙分离后的净糙米进入头道碾米机前，增设糙米加湿调质工艺。低水分糙米的皮层与胚乳的黏结度要比湿润的稻谷紧密得多，因此，碾米时皮层难于脱落。通过对糙米进行均匀加湿，可以降低糙米的硬度，使糙米皮层软化，同时适宜的水分可以保

证糙米的韧性。加湿后糙米的糠层组织吸水膨胀软化,形成外大内小的水分梯度和外小内大的强度梯度,糠层与白米籽粒结构间产生相对位移,皮层、糊粉层组织结构强度减弱,白米籽粒结构强度相对增强,糙米外表面的摩擦系数增大,这样,经处理后的糙米不必用很大的挤压力和剪切力就可实现碾米,不仅能改善糙米的碾米特性,减少碾米能耗,降低生产成本,而且能减少碾米过程中的碎米率和裂纹;使整精米率大幅度提高,为后续配米提供更大空间;使白米表面更光滑,米粒糠粉少,碾痕浅,便于后续的抛光;降低碾米室温度的上升速度,减少碾米过程中因升温而散失的水分。糙米加湿调质处理对提高米饭的食用品质也有贡献:加湿调质处理适当地增加了大米含水率,含水率高的大米在煮米饭时,浸泡吸水速度较慢,不易产生龟裂,米饭的食用品质好;能改善碾米过程中米温升高而导致白米食味值下降的状况;碎米含量少的大米煮饭时米粒吸水速度均匀,糊化程度稳定,米饭的咬劲好,外观品质好(竹生新治郎等,1999)。

对于碾米过程来说,糙米自身特性需达到的理想状态是:糠层和胚结合强度低,易碾除;白米籽粒强度高,不易碎。为使每粒糙米都达到外小内大的最大强度梯度,增大糙米表面摩擦系数,最大限度地降低碾米机械压力和剪切力的作用强度等,需要根据糙米加湿调质前的水分、品质、成品米的精度要求等相关参数,设置糙米加湿调质的处理工艺。日本、韩国与我国目前仍以安全含水率(14%以下)贮存稻谷的方式完全不同,他们的做法是将稻谷在产地砻谷后贮存糙米。日本从20世纪50年代初开始采用低温仓和准低温仓贮存方法来保持贮存糙米的品质,目前日本已采用300万t低温仓(15℃以下,相对湿度70%~80%)和准低温仓(20℃以下,相对湿度70%~80%)来贮存糙米,贮存时间一般为1年左右,已完全达到水含量约为15%~16%的糙米平衡水分,碾制后白米含水率接近于最佳食味要求和日本精米标准对含水率的要求,所以日本关于糙米加湿调质的研究主要

集中在微量加湿方面，不存在因糙米内淀粉颗粒吸湿不均而产生的应力裂纹问题，与我国的情况完全不同。因此，研究适合我国国情的糙米加湿调质工艺参数和技术措施，揭示其技术机理，对推进糙米加湿调质技术的广泛应用，提高我国大米的国际竞争力，具有十分重要的理论和实践意义。

第二节 国内外研究的现状

一、稻米加工业现状

(一) 我国稻米加工业

1. 20 世纪 50 年代至 80 年代中期

这一阶段我国供应的大米基本上是标二米，碎米含量一般在 15%~30%，因此，稻谷加工工艺流程较短。

工艺流程：初清→清理→砻谷→谷糙分离→碾米→白米分级→副产品整理

2. 20 世纪 80 年代中期至 90 年代中期

大米产品的等级逐步提高，因此稻谷加工工艺流程逐步延长。加工工艺中逐步增加了大米抛光等工序，由一机出白逐步过渡到多机轻碾，更加重视清理工段，吸风分离、二次去石、多次磁选等工艺逐步得到推广应用。

3. 20 世纪 90 年代中期以来

市场对大米产品的质量要求更高，加工工艺中逐步增加了糙米精选、白米精选、大米色选和配米以及保鲜包装等工序，部分企业开始加添糙米加湿调质工序。

(二) 日本稻米加工业

日本是主要生产稻谷的国家之一，由于有发达的工业和科学技术作后盾，加上国家对发展农业有一系列的扶持政策，包括对农田基本建设及农户购置大型农业机械政府给予补贴（高达

50%) 及优惠贷款等, 使日本的农业机械化发展十分迅速且具有较高的水平。

目前水稻的耕整地、育秧、种植、植保、收割已完全机械化, 特别稻谷收割后的处理加工技术也代表了当今世界最先进的水平。收割后稻谷的干燥 85% 以上是采用机械烘干, 技术性能先进的烘干机可以保证稻谷的含水率处于 14%~15%, 既能安全贮存又易于加工, 满足出米率最高、碎米率最少这一理想范围内。日本大米加工技术先进, 设备制作精细, 自动化程度高。就碾米机而言, 有先进的陶瓷辊碾米机, 其开糙效果及耐磨性等均大大优于我国目前广泛使用的砂辊碾米机。此外还有新型的顺、逆流立式碾米机, 这种机型加工大米时, 米粒在碾米室碾白过程中处于垂直悬浮状态, 受到的碾削作用周向均匀缓和, 碎米率很低。日本的白米抛光技术大都采用软抛光工艺, 除了利用铁质抛光辊对白米进行除糠上光外, 还设置了白米表面热处理装置, 利用过热蒸汽或饱和蒸汽对米粒表面进行短时间加热, 以确保米粒表面淀粉真正胶质化, 形成薄膜包裹住米粒, 使米粒具有永久性的蜡质光泽。用这种工艺及设备加工大米, 抛光效果好, 耐储存, 适合各种品种稻谷的加工, 正品率相当高。此外, 日本还有专门的珍珠米抛光机和碾米机。日本大米加工业中已普遍采用的色选机是一种高科技产品, 它可将成品大米中异色米粒和杂质自动剔出, 从而保证了成品米的纯净及高品质。

日本的现代化大米加工厂均拥有计算机中央控制室, 实现了大米加工精度、产量的自动调节和控制。日本很重视对稻米品质的检测, 稻米的分等、检测方法及仪器设备都很先进完善, 对大米品质的评定有物理性质评定法、化学成分分析法、食味计测定法及品尝法, 并大都有相应的检测仪器设备, 如单颗粒稻米水分测定仪、白度计、食味计、残余农药测定仪等, 检测评定的结果很详尽也很接近实际。日本从有效利用稻谷资源出发, 对稻米加工的副产品利用及大米的深加工很重视, 在这两方面同样拥有先

进的工艺和设备。稻壳发电、米糠榨油、冷冻米饭加工等现代化生产线及工厂均已建立并已形成了规模。

日本稻谷处理加工技术与设备具有世界领先水平，其加工工艺有很多值得借鉴之处。

1. 糙米加工工艺

在日本仓库里贮存的原粮是糙米，稻谷加工成糙米是在农户的加工厂就地进行的，其工艺如下：

湿稻谷（联合收割机收割）→运输（汽车）→干燥（谷物干燥机）→脱壳（砻谷机）→谷糙分离（重力筛）→计量包装→净糙米

2. 精米加工工艺

糙米（来自低温仓库）→清理→调质→糙米仓→去石→计量→初碾→精碾→抛光→白米分级→调质→色选→去石→计量→白米仓→磁选→计量包装→成品精白→大米

3. 蒸谷米生产工艺

湿稻谷→清理→干燥→重力式分选→浸泡→蒸煮→冷却→干燥→脱壳→谷糙分离→碾米→抛光→筛选分级→色选→计量包装→成品蒸谷米

4. 冷冻米饭生产工艺

精白米→洗米→浸泡→充填→加水→加热蒸煮→保温→混合（加油、盐、辅料）→低温冷冻→计量包装→装箱→冷库贮存

二、糙米加湿调质技术在碾米工艺中的应用与发展

日本的糙米加湿调质技术研究起步较早。从 1955 年开始，日本经济高速增长，20 世纪 50 年代末期日本现代大型精米加工厂急剧增加，民间的技术研究开发投资高涨，主要以应用技术为主，并在 20 世纪七八十年代达到全面的发展（日本精米工业会设计指导部，1999）。日本研究人员从味道测试和品尝试验结果中发现，含水率在 14% 以下的白米味道明显不好，而含水率在 14%~17% 的白米味道良好（竹生新治郎，1999）。北海道大学

研究人员通过糙米加湿调质研究发现，碾米时糙米硬度的理想范围是 68~78N，另外根据日本精米的质量要求，碾米时糙米最佳温度和含水率分别为 15~25℃、15.5%~16.5%。但由于米糠容易酸败及产生其他化学变化，如果长期在常规条件下保存糙米就会加速糙米陈化劣变和水分损失，造成糙米碾制后大米水分较低、食用品质变差。因此，日本从 20 世纪 50 年代初开始采用低温仓和准低温仓贮存糙米。日本贮存糙米调质目的主要是改善白米食用品质和提高碾米效率，获得最大的经济效益。但若含水率高，糙米硬度会有所下降，调质糙米比未调质的糙米产生碎米的可能性更大（Siebenmorgen T. J. 1996）。

在日本，采用糙米碾米前微量加湿调质的方法来改善糙米的加工特性已有近 30 年的历史。自 20 世纪 80 年代开始，日本开始进行对碾米之前只将糙米的糠层加温、加湿，在不降低糙米硬度的情况下只在糊粉层以上进行软化的装置研究并应用于工厂，此方法不但抑制了碎米的发生，降低了电耗，而且提高了碾米效率和脱胚率。针对日本糙米品种的特点，日本对碾米前的微量调质技术进行了实验室研究。伊藤和彦等人在 1985 年和 1986 年进行了糙米薄层和厚层通风加温、加湿研究，并将其应用于现代化的精米厂。起初，日本糙米碾米前微量调质技术采用直接喷雾着水的方式进行调质，由于雾化效果较差，水微粒子较大，导致糙米在短时间内水分急剧增加，不仅造成碎米率升高，且着水的均匀性难以控制（山本武一，1990）。20 世纪 80 年代初日本佐竹公司研制了一套糙米加湿调质装置，它在糙米进行精选后使用超声波加湿器和蒸汽发生装置，通过风机往调质仓中送入温湿风，并润糙一定时间，使水分进入糙米糊粉层以上再进入碾米机进行碾米。该装置主要用于改善糙米在低温时的碾制效果，由中试实验结果得知，使用糙米加湿调质装置可减少碾米时的水分损失，出米率稍有提高，糙米的加工特性有所改善，因此，碾米厂纷纷采用调质装置将精选后的糙米温度 and 水分调整到易于碾制的状

态，不但在冬季使用，而且在其他季节也可使用（向井敏彦，1988）。在 20 世纪 80 年代末 90 年代初，日本对糙米碾米前调质的技术开发研究进展迅速，对糙米的调质出现了多种方式及装置：谷物加水装置（山本武一，1989）；米粒调湿方法及装置（佐竹利彦，1989）；水蒸气白米调湿装置（神谷昌宏，1992），并逐步趋向采用超声波加湿的方式对糙米加湿调质。超声波加湿器产生的水微粒子与其他方式如蒸汽加湿、汽化式加湿相比是最细的，利用超声波产生的水雾能很快与空气混合，糙米吸收水分速度较快、着水更均匀。由于超声波加湿器雾化量有限及价格昂贵，对于碾米厂而言投资较大，因此人们采用经济的蒸汽发生器与超声波加湿器混合使用，以相互弥补不足。

20 世纪 90 年代后期，日本开展了糙米加湿后水分渗透机理的研究，并研究了水分的压力渗透与润糙时间的相互关系，日本近畿大学生物理工学部的山下律也等人研究了不同压力下糙米加湿调质水分渗透的规律，并指出了糙米的含水率对碾后大米品质的影响（山下律也等，1997）。

近年，韩国在糙米加湿调质方面也作了大量研究。韩国国立庆尚大学宋大斌等人（2001）研制了连续式调质机，其调质实验结果确认整米率增加 2.2%。韩国中北大学得出了常压、室温条件下水分渗透润糙时间 8h 左右的结论并比较了经加湿调质的糙米与未经加湿调质的糙米的碾米特性，得出糙米加湿调质后碾米碎米和精裂纹米降低 70%，能耗降低 30% 左右，大米光洁度提高，食用品质提高的结论。

我国糙米加湿调质工艺和设备的研究起步较晚，政府一直将包括稻米在内的粮食作物生产放在高产的研究上。为了达到安全储粮的目的，我国通常采用常温通风储存的方式储存稻谷以降低储存温度和水分，长期储存稻谷水分降低较多，一般为 11%~13%，因此皮层和胚乳、胚部分结合更加紧密，脆性增加，因而碾米后碎米率升高、出米率降低、碾米能耗增加，而且食味下

降。基于这些问题,近年国内企业和业界人士开始研究糙米加湿调质工艺和设备,认为对低水分稻谷(包括新稻谷和陈稻谷)采用着水润谷加工工艺即调质处理是减少碎米率、提高出米率和大米质量的一种切实可靠、简便易行、立竿见影的有效方法(沈保平,2000)。实施糙米加湿调质碾米工艺技术,可以较好地保留大米的自然营养层,使大米的表面光洁,可有效地抑制不法企业和个人使用油、胶、蜡等上光剂对大米进行抛光,蒙骗坑害消费者,促进大米向精制、营养、绿色、安全方向稳步迈进(李成毅,2003)。

王九菊等人(1999)研究了早籼米着水调质加工,通过稻谷加湿后碾米试验表明:随加湿量和润谷时间的增加,糙米的爆腰和碾米破碎率增加;稻谷着水后,对砻谷工艺影响较大,着水较多,稻谷脱壳困难,必须加大辊间压力,增大吸糠风量,耗能则相应增加。金增辉(2002)进行了净糙米着水调质加工工艺研究,比较了稻谷与糙米加湿试验,结果表明:由于稻壳与糙米之间有一个断层,水分深入转移较慢,因此要求润谷时间较长,一般为20~24h,所需的润谷仓容量大。稻谷着水调质后,会给后道清理除杂增加一定的难度。陈莲等人(2001)研究了稻谷增湿通风调质过程中的吸湿率,结果稻谷的吸湿率随着通风空气湿度的增加而增加,也随风量的增加而增加但不与风量成正比。安红周等人(2003)研究了以超声波雾化方式对低水分粳糙米、籼型杂交糙米进行调质,探讨糙米超声波雾化调质最佳工艺参数,在最佳工艺参数条件下,经粳6811和籼杂交糙米试验,粳米整精米率提高3.55%,籼杂交米整精米率提高1.35%。黑龙江省北大荒米业有限公司二九一制米厂对采用糙米加湿调质工艺前后进行了对比测试,得到加工每吨成品米节支增效计42.31元的结论(陈弘等,2002)。

近年,一些厂家开始自行设计制造糙米加湿调质设备。苏州楚天自控设备研究所有限公司设计的MCT-6型糙米加湿调质