

糙米二次加湿调质工艺优化与试验*

贾富国¹ 兰海鹏¹ 左彦军¹ 周玉龙¹ 江连洲²

(1. 东北农业大学工程学院, 哈尔滨 150030; 2. 东北农业大学食品学院, 哈尔滨 150030)

【摘要】 为解决干燥后储藏的低含水率稻谷碾米加工时存在整精米率低且能耗高以及单次加湿又无法满足加湿目标的问题,以糙米(含水率 12%)为原料,研究二次加湿调质工艺中单次加湿量、润糙温度及润糙间隔时间对整精米率的影响规律。在单因素试验的基础上,采用二次旋转组合设计方法,用 SAS 软件处理试验数据,并进行验证试验。结果表明,在单次加湿量为 1.56%、润糙温度为 29.6℃、润糙间隔时间为 64.6 min 的条件下,整精米率提高 15.42%,碾米能耗降低 26.86%。

关键词: 糙米 碾米 二次加湿调质 试验

中图分类号: TS212.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2010)05-0095-04

Optimization of Technology for Twice Moisture Conditioning Treatment for Brown Rice

Jia Fuguo¹ Lan Haipeng¹ Zuo Yanjun¹ Zhou Yulong¹ Jiang Lianzhou²

(1. College of Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China

2. College of Food Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract

In order to solve the problems of low head rice yield (HRY), high energy consumption and unable to reach the anticipate target after once moisture conditioning treatment (MCT) when milling the stored desiccated low-moisture brown rice, a study on the laws of effects that different amounts of moisture, the temperatures during the rice moisturizing and the time between the two MCT have on HRY during the twice MCT for brown rice was conducted with the materials of brown rice (the moisture content was 12%). Based on the single-factor tests, composite tests of quadratic orthogonal rotation were designed and the experimental data was analyzed with SAS. From the testable experiments, it was proved that HRY increased by 15.42% and the energy consumption decreased by 26.86%. When the moisture increased by 1.56% each time, the temperature was 29.6℃ and the time between the two experiments was 64.6 min.

Key words Brown rice, Milling rice, Twice moisture conditioning treatment, Experiment

引言

我国对收获后需贮存的稻谷要进行干燥处理,使其达到安全含水率以下(粳稻 14%,籼稻 15%),经过贮存后的稻谷含水率更低,一般在 12%~13%之间,而糙米的最佳碾磨含水率却在 15.5%~

16.5%之间^[1~3]。因为糙米的主要成分是淀粉,淀粉在低含水率时硬度和脆性都较大,所以在碾米加工时容易出现裂纹及碎米、大米表面光洁度低,导致碾米的能耗高^[2~4]。国外一般采用糙米一次加湿调质处理^[5~7],但将糙米含水率由 12%加湿到 15.5%,一次加湿量过大会使糙米产生应力裂纹,裂

收稿日期: 2009-07-08 修回日期: 2009-08-19

* 黑龙江省自然科学基金资助项目(C200809)和东北农业大学创新团队发展计划资助项目

作者简介: 贾富国,教授,博士后,主要从事农产品加工技术研究, E-mail: jfg204@163.com

通讯作者: 江连洲,教授,博士生导师,主要从事食品技术研究, E-mail: jlzname@163.com

纹糙米在碾米加工时碎米增加,达不到提高整精米率的目的,因此需要进行分段加湿调质处理。根据我国稻谷干燥后贮存的国情,研究糙米分段加湿调质的工艺参数对碾米性能的影响规律,对指导糙米加湿调质技术的应用具有实际意义。

本文以分段加湿调质的不同工艺参数对糙米进行加湿调质,研究各因素对碾米品质——整精米率的影响规律。寻求整精米率最高、能耗较低的二次加湿调质工艺参数组合。

1 材料与方法

1.1 试验材料

品种为储存 1 年左右、初始含水率为 12.0%、整精米率为 40.66%、碾米能耗为 568.31 kJ/kg 的系选 1 号粳稻。

1.2 仪器与设备

垄谷机(日本大竹株式会社,FC2K 型);糙米加湿调质试验台(自制,加湿量及糙米流量可调且加湿均匀),试验台采用细雾喷头(BSPT-1/4 LNN,美国),可以保证雾滴细碎;恒温恒湿培养箱(德国 Binder 公司,KBF115 型);全自动糙米加工检测仪(SY95-RAT4 型,韩国),可在计算机的控制下自动记录整精米率和碾米能耗,误差范围 $\pm 0.4\%$ 。

1.3 试验方法

润糙是指对低含水率(含水率 14.5% 以下)稻谷垄谷后碾米前的糙米加湿调质后,水分由糙米皮层传递至胚乳层的渗透过程,其工艺是通过控制加湿后至碾米前的时间间隔(润糙时间)及润糙温度来完成的。适当的润糙可以降低糙米的硬度及脆性,从而减少碾米工艺中产生碎米、降低碾米能耗。

稻谷的含水率测量采用 GB 1350—2009 方法;加湿采用自行研制的逆流循环加湿试验台;润糙采用恒温恒湿培养箱;整精米率和碾米能耗的检测采用全自动碾米测定仪检测,试验中采用整精米率作为考核指标,整精米率用整米质量占稻谷质量的百分比表示。

1.4 参数范围的确定

(1) 单次加湿量:单次加湿量过大则糙米吸水产生应力裂纹,碾米加工时容易破碎导致整精米率下降;单次加湿量过小则需多次加湿才能达到适宜加工的含水率,制约糙米加湿调质的生产效率^[3-5,8]。

(2) 润糙间隔时间:润糙间隔时间过长则制约糙米加湿调质的生产率;润糙间隔时间过短则水分梯度过大易产生应力裂纹,整精米率下降。

(3) 润糙温度:润糙温度与水分子的活性相关,

然而温度过高糙米硬度降低过多不利于后续碾米加工。

1.5 试验方案的确定

单因素试验采用分别固定单次加湿量、润糙时间、润糙温度中的两个因素,考察另一个因素对碾米加工后的整精米率的影响规律。

二次旋转组合试验设计方法的试验因素水平编码见表 1,试验安排如表 2 所示。

表 1 试验因素水平编码

Tab. 1 Factors and levels of the experiment			
编码	因素		
	单次加湿量	润糙温度	润糙间隔时间
	$x_1/\%$	$x_2/^{\circ}\text{C}$	x_3/min
1. 682	0. 83	21. 6	39. 5
1	1. 00	25. 0	60. 0
0	1. 25	30. 0	90. 0
- 1	1. 50	35. 0	120. 0
- 1. 682	1. 67	38. 4	140. 5

表 2 试验结果

Tab. 2 Design and result of the experiment				
试验序号	X_1	X_2	X_3	$y/\%$
1	1	1	1	46. 86
2	1	1	- 1	47. 44
3	1	- 1	1	46. 46
4	1	- 1	- 1	47. 92
5	- 1	1	1	46. 81
6	- 1	1	- 1	42. 83
7	- 1	- 1	1	45. 97
8	- 1	- 1	- 1	44. 59
9	1. 682	0	0	46. 95
10	- 1. 682	0	0	46. 51
11	0	1. 682	0	46. 62
12	0	- 1. 682	0	45. 31
13	0	0	1. 682	47. 66
14	0	0	- 1. 682	46. 47
15	0	0	0	48. 32
16	0	0	0	48. 58
17	0	0	0	48. 28
18	0	0	0	48. 91
19	0	0	0	47. 85
20	0	0	0	46. 25
21	0	0	0	48. 10
22	0	0	0	48. 78
23	0	0	0	48. 41

1.6 试验步骤

(1) 用砉谷机将稻谷去壳得到糙米,取样后密闭待用。

- (2) 调整并固定水泵压力为 2 MPa, 单个喷头喷雾量为 1.00 g/s, 喷雾锥顶角 $\varphi = 82^\circ$, 雾滴均匀且直径小于 50 μm , 调整喷头数量至试验设计加湿总量。
- (3) 调整糙米加湿调质试验台的糙米流量使之与加湿量匹配至目标加湿量, 对试样进行加湿调质。
- (4) 试样加湿后恒温润糙, 经过试验设计润糙时间后对试样进行二次加湿后再放回恒温箱润糙 1 h^[8]。
- (5) 用全自动糙米检测仪对完成步骤(4)的糙米试验样品进行碾米加工试验, 每个试验样品取 (300 ± 0.5) g、采用 10% 的出糠率为统一指标。记录碾米检测数据。
- (6) 每个试验数据均作 3 次平行试验, 取均值后记录为有效试验数据。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 单次加湿量

在润糙间隔时间和润糙温度分别固定为 90 min 和 30℃ 条件下, 研究单次加湿量对整精米率的影响规律, 试验结果回归曲线如图 1a 所示。

由图 1a 可以看出整精米率随单次加湿量的增加先增后降。因为单次加湿量低, 糙米吸水后硬度

及脆性下降、韧性提高都不足, 整精米率提高的少; 当单次加湿量过高时, 由于糙米内外水分梯度增大, 淀粉吸湿不均匀产生应力裂纹, 裂纹糙米在碾米加工时容易破碎, 导致碎米增加、整精米率下降^[3~5]。

2.1.2 润糙间隔时间

在单次加湿量和润糙温度分别固定为 1.25% 和 30℃ 条件下, 研究润糙间隔时间对整精米率的影响规律, 试验结果回归曲线如图 1b 所示。

由图 1b 可以看出整精米率随润糙间隔时间的增加而增加, 并逐渐趋于平缓。润糙间隔时间短则类似于一次加湿量过大, 糙米产生应力裂纹, 导致整精米率不高; 而随着润糙间隔时间的继续增加, 糙米由于第一次加湿产生硬度和脆性的下降、韧性的提高越来越不明显。

2.1.3 润糙温度

当单次加湿量和润糙间隔时间固定为 1.25% 和 90 min 时, 试验结果回归曲线如图 1c 所示。

由图 1c 可以看出整精米率随润糙温度的上升先增后降。因为随着温度的提高, 水分子渗透速度加快, 润糙效果好, 但温度过高也会使糙米硬度下降过多, 在碾米加工时碎米增加; 温度过低导致部分水分还未来得及渗透到内部就进行二次加湿, 造成水分梯度过大, 形成应力裂纹, 碾米加工时整精米率下降; 因此, 润糙温度存在适宜值。

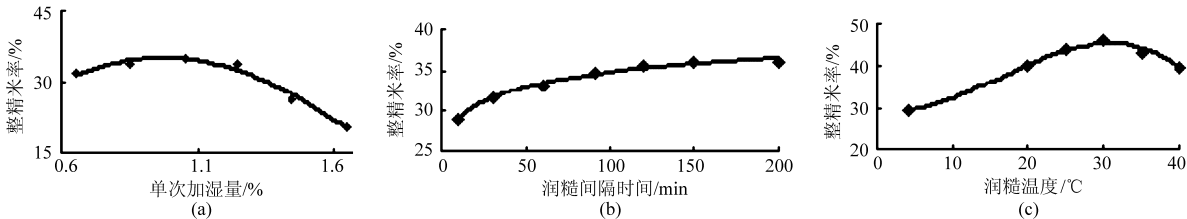


图 1 单因素试验
Fig. 1 Experiment of single factor
(a) 单次加湿量 (b) 润糙间隔时间 (c) 润糙温度

2.2 正交试验结果与分析

用 SAS 软件分析处理表 2 中的试验结果, 得各试验因素对整精米率影响的回归方程为

$$y = 48.173 + 0.675X_1 + 0.088X_2 + 0.039X_3 - 0.586X_1^2 - 0.857X_2^2 - 0.468X_3^2 + 0.105X_1X_2 - 0.925X_1X_3 + 0.435X_2X_3$$

方程的显著性水平 $p = 0.0214 < 0.05$ (显著)。

2.2.1 单次加湿量、润糙温度

将润糙间隔时间固定在零水平 (90 min), 对回归方程进行降维分析, 得到结果如图 2 所示, 图中描述了不同单次加湿量与润糙温度对整精米率的交互影响规律。

通过分析可以得出如下结果: 单次加湿量和润

糙温度对整精米率存在交互影响, 整精米率随单次

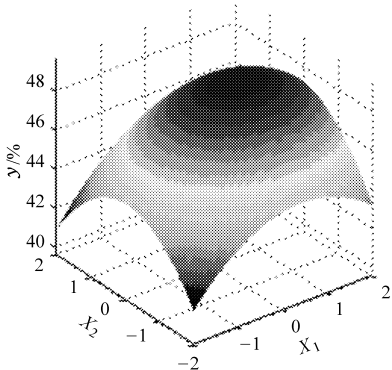


图 2 单次加湿量、润糙温度对整精米率的影响
Fig. 2 Influence of each moisture added and conditioning temperature on HRY

加湿量的增加先增后降、随润糙温度的增加亦先增后降。

2.2.2 单次加湿量、润糙间隔时间

将润糙温度固定在零水平(30℃),对回归方程进行降维分析,得到结果如图3所示,图中描述了不同单次加湿量与润糙间隔时间对整精米率的交互影响规律。

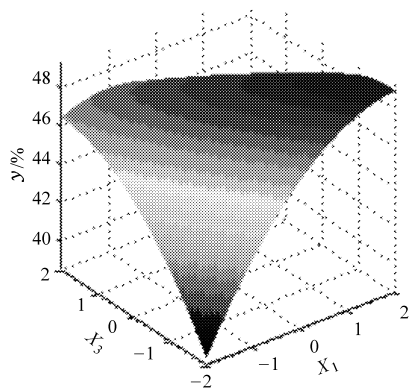


图3 单次加湿量、润糙间隔时间对整精米率的影响

Fig.3 Influence of each moisture added and distant conditioning time on HRY

通过分析可以得出如下结果:单次加湿量和润糙间隔时间对整精米率存在交互影响,整精米率随单次加湿量的增加先增后降、随润糙间隔时间的增加亦先增后降。

2.2.3 润糙温度、润糙间隔时间

将单次加湿量固定在零水平(1.25%),对回归方程进行降维分析,得到结果如图4所示,图中描述了不同单次加湿量与润糙间隔时间对整精米率的交互影响规律。

通过分析可以得出如下结果:润糙温度和润糙间隔时间对整精米率存在交互影响,整精米率随润糙温度的增加先增后降、随润糙间隔时间的增加亦先增后降。

2.2.4 各参数对整精米率影响的优化分析

通过对回归方程的优化分析可得出:整精米率

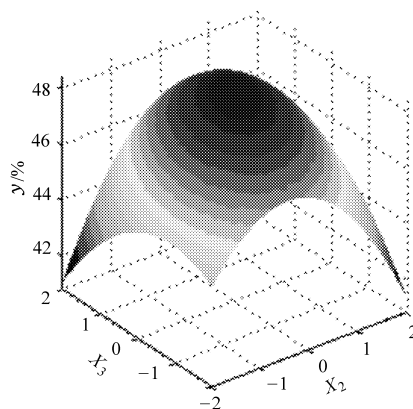


图4 润糙温度、润糙间隔时间对整精米率的影响

Fig.4 Influence of conditioning temperature and distant conditioning time on HRY

在单次加湿量为1.56%、润糙温度为29.6℃、润糙间隔时间为64.6 min条件下达到最大值48.42%。

2.2.5 对优化结果的验证试验

取最优参数值按本文所述试验方法碾米加工后测得5个试样的整精米率分别为47.65%、48.35%、47.97%、47.77%、48.59%,均值为48.07%,碾米能耗分别为412.20、423.57、414.51、416.64、411.34 kJ/kg,均值为415.65 kJ/kg。整精米率的误差为1.04%,可以认为优化结果可信。

试验结果与原料糙米相比整精米率提高15.42%,与单次加湿调质后的整精米率提高10%相比^[8~9],二次加湿调质可提高约5个百分点;碾米能耗与原料糙米相比降低26.86%。

3 结束语

低含水率糙米二次加湿调质工艺对碾米加工后的整精米率存在显著影响;二次加湿调质工艺的最佳参数组合为:在单次加湿量1.56%、润糙温度29.6℃、润糙间隔时间64.6 min的条件下,整精米率48.07%,提高15.42%,碾米能耗415.65 kJ/kg、与加湿调质前相比下降26.86%。

参考文献

- 1 杨洲,罗锡文,李长友. 稻谷含水率分布及变化规律[J]. 农业机械学报,2005,36(10):81~84.
Yang Zhou, Luo Xiwen, Li Changyou. Distribution and variation of rice kernel moisture content[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(10):81~84. (in Chinese)
- 2 Wei Cao, Yoshio Nishiyam, Shoji Koide. Physicochemical mechanical and thermal properties of brown rice grain with various moisture contents[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2004, 39(9):899~906.
- 3 Reddy B S, Chakraverty A. Equilibrium moisture characteristics of raw and parboiled paddy, brown rice, and bran[J]. Drying Technology, 2004, 22(4):837~851.
- 4 贾富国,白士刚. 糙米加湿调质过程中最佳一次加湿量的研究[J]. 中国粮油学报,2005,20(6):1~3.
Jia Fuguo, Bai Shigang. The optimum once moisture adding amount for brown rice during moisture conditioning[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association,2005,20(6):1~3. (in Chinese)

5 结束语

本文设计的系统融合了嵌入式系统技术、GPRS 广域网无线通信技术、ZigBee 局域网无线通信技术、GPS 卫星定位技术以及 GIS 技术,能够实现农田信息定点和移动采集与传输,具有响应快,低成本,低

功耗的显著特点,为农业管理者和决策者提供了有力的信息支持。但目前尚有需要解决的问题: ZigBee 技术虽然功耗低、待机时间长,但挂载一些传感器后,功耗较大。如何解决传感器节点能耗问题成为后续研究的重点^[8]。另外,GPRS 信号和速度的限制导致图像传输实时性欠佳,还有待进一步改进。

参 考 文 献

- 1 Masayuki Hirafuji, Tokihiro Fukatsu, Haoming Hu. Advanced sensor-network with field monitoring servers and MetBroker [C]//2004 CIGR International Conference-Beijing Sponsored by CIGR,CSAM and CSAE. Beijing, 2004;11~14.
- 2 李莉,刘刚. 基于蓝牙技术的温室环境监测系统设计[J]. 农业机械学报,2006,37(10):97~100.
Li Li, Liu Gang. Design of greenhouse environment monitoring and controlling system based on bluetooth technology[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006,37(10):97~100. (in Chinese)
- 3 孟志军,王秀,赵春江,等. 基于嵌入式组件技术的精准农业农田信息采集系统的设计与实现[J]. 农业工程学报, 2005,21(4):91~96.
Meng Zhijun, Wang Xiu, Zhao Chunjiang, et al. Development of field information collection system based on embedded COM-GIS and pocket PC for precision agriculture[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(4): 91~96. (in Chinese)
- 4 何勇,方慧,冯雷. 基于 GPS 和 GIS 的精细农业信息处理系统研究[J]. 农业工程学报,2002,12(8):145~150.
He Yong, Fang Hui, Feng Lei. Information processing system for precision agriculture based on GPS and GIS [J]. Transactions of the CSAE, 2002,12(8):145~150. (in Chinese)
- 5 俞海红,何勇,裴正军. 农田信息无线远程采集和处理系统的研究[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版, 2006, 32(1): 106~109.
Yu Haihong, He Yong, Qiu Zhengjun. Study on farmland information acquisition using wireless remote method and processing system[J]. Journal of Zhejiang University: Agriculture & Life Sciences, 2006, 32(1): 106~109. (in Chinese)
- 6 Wang Ning, Zhang Naiqian, Wang Maohua. Wireless sensors in agriculture and food industry recent development and future perspective[J]. Computers and Electronics in Agriculture,2006, 50(1): 1~14.
- 7 Camilli A, Ugnasca C E, Saraiva A M, et al. From wireless sensors to field mapping: anatomy of an application for precision agriculture[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2007, 58:25~36.
- 8 Morais R, Matos S G, Fernandes M A, et al. Sun, wind and water flow as energy supply for small stationary data acquisition plat forms[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 64:120~132.
- 9 王凤花,张淑娟. 精细农业田间信息采集关键技术的研究进展[J]. 农业机械学报,2008,39(5):112~121,111.
Wang Fenghua, Zhang Shujuan. Research progress of the farming information collections key technologies on precision agriculture[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008,39(5):112~121,111. (in Chinese)

(上接第 98 页)

- 5 山下律也. 米の品质と物性測定[J]. 農作物産研究,1997(3):14~17.
- 6 竹生新治郎ら. 米の食味と理化学的性質の关联[J]. 澱粉化学,2002,30(4):49~65.
- 7 李耀明,王显仁,徐立章,等. 水稻谷粒的挤压力学性能研究[J]. 农业机械学报, 2007,38(11):56~59.
Li Yaoming, Wang Xianren, Xu Lizhang, et al. Study on compression properties of rice grains[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(11): 56~59. (in Chinese)
- 8 贾富国,邓华玲,郑先哲,等. 糙米加湿调质对其碾米性能影响的试验研究[J]. 农业工程学报,2006, 22(5):180~183.
Jia Fuguo, Deng Hualing, Zheng Xianzhe, et al. Effect of moisture conditioning treatment on milling characteristic of brown rice[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22(5):180~183. (in Chinese)
- 9 贾富国,王福林,白士刚,等. 基于同位素示踪技术的糙米加湿后精米吸水率的试验研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(8):227~230.
Jia Fuguo, Wang Fulin, Bai Shigang, et al. Effect of moisture conditioning treatment of brown rice on the water absorption rate of polished rice based on isotope tracing[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(8):227~230. (in Chinese)