

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.03.021

东北优质粳稻不同温度储藏条件品质变化研究

田琳^{1,2,3}, 张海洋^{1,2,3}, 祁智慧^{1,2,3}, 王鹏杰⁴, 唐芳^{1,2,3}

(1. 国家粮食和物资储备局科学研究院, 粮食储运国家工程实验室, 北京 100037; 2. 河南粮食作物协同创新中心, 河南 郑州 450002; 3. 江苏省现代粮食流通与安全协同创新中心, 江苏 南京 210023; 4. 南京财经大学, 江苏 南京 210023)

摘要: 以吉林榆树地区超级稻(水分 14.6%)为研究对象, 分别置于 15、20、25、30 和 35 条件下模拟储藏, 定期取样检测品质指标变化。结果表明, 种用品质、储藏品质、加工品质、外观品质等各项指标受储藏温度影响较大, 温度越高, 稻谷各项品质下降越明显。短期储存时, 将储藏温度控制在 25 或更低, 能够保证稻谷的储藏、加工和外观品质满足相关标准要求。水分含量为 14.6% 的优质粳稻脂肪酸值与储藏温度和储藏时间呈二元非线性关系, 可通过模型 $FAV = \exp(2.218 + 0.025 T + 0.003 t)$ 对脂肪酸值的变化进行预测。综合各项品质指标变化情况, 兼顾节约储粮成本因素, 25 低温是较为经济实用的储藏温度, 在该温度下 14.6% 优质粳稻可安全储藏 6 个月, 且保持良好品质。

关键词: 优质粳稻; 储藏温度; 品质变化

中图分类号: TS210.2 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)03-0135-05

Study on the quality changes of high quality japonica paddy under different temperature storage conditions in northeast China

TIAN Lin^{1,2,3}, ZHANG Hai-yang^{1,2,3}, QI Zhi-hui^{1,2,3}, WANG Peng-jie⁴, TANG Fang^{1,2,3}

(1. Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, National Engineering Laboratory of Grain Storage and Logistics, Beijing 100037, China; 2. Henan Collaborative Innovation Center of Grain Crops, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China; 3. Jiangsu Collaborative Innovation Center for Modern Grain Circulation and Safety, Nanjing, Jiangsu 210023, China; 4. Nanjing University Of Finance and Economics, Nanjing, Jiangsu 210023, China)

Abstract: In this study, super paddy with moisture content of 14.6% in Yushu area of Jilin province was took as the research object. The paddy was stored under the conditions of 15, 20, 25, 30 and 35 , respectively, and the changes of various quality indexes were detected by sampling regularly. The results showed that the various indicators of seed quality, storage quality, processing quality and appearance quality were greatly affected by the storage temperature. The higher the temperature, the worse quality of paddy. During short-term storage, the storage temperature should be controlled at 25 or lower to ensure that the storage quality, processing quality and appearance quality of the rice can meet relevant standards. The fatty acid value of high quality japonica paddy with 14.6% moisture content showed a binary nonlinear relationship

收稿日期: 2019-11-12

基金项目: “十三五”国家重点研发专项(2016YFD0401003)

作者简介: 田琳, 1988 年出生, 女, 助理研究员, 研究方向为粮食储藏.

通讯作者: 唐芳, 1978 年出生, 女, 副研究员, 研究方向为粮食微生物.

with storage temperature and storage time, and the change could be predicted by the model $FAV=EXP(2.218+0.025 T+0.003 T)$. On the basis of the changes of various quality indexes and the cost saving factor of grain storage, 25 °C quasi-low temperature is suggested as an economical and practical storage temperature, at which 14.6% high quality japonica paddy can be safely stored for 6 months and maintain good quality.

Key words: high quality japonica paddy; storage temperature; quality changes

稻谷是我国居民最重要的主食之一，全国大约有三分之二的人口以稻米为主食^[1]，随着经济社会的迅猛发展，民众对稻谷的需求逐渐从数量型向品质型和食味型转变^[2]，对口感、营养俱佳的优质稻需求量剧增。我国近两年启动了“好粮油计划”，专门为优质稻谷制定了国家标准 GB/T 17891—2017^[3]。东北地区和长江中下游是我国粳稻生产的集中区域^[4]，相比之下，由于东北地区光热、水土及生态环境等独特优势，使其产出的粳稻口感好、营养丰富、食味品质优，备受南北方市场的青睐^[5]。优质粳稻在南北方地区均有短期储存的需求以满足当地对中高端大米的消费需求。尤其是在南方，为了保证大米品质，企业通常在进入夏季高温前完成稻谷的加工。因此，探索优质粳稻在不同储藏条件下的品质变化规律，对仓储和加工企业均有重要的指导意义。

雷玲等^[6]通过 3 个籼稻和 3 个粳稻在不同温度条件下的储藏实验，结果显示稻谷在低温下发芽率降低缓慢而不显著，且粳稻的发芽率对储藏温度的变化更敏感。周延智等^[7]通过对 15 个优质稻品种的储藏特性研究表明优质稻入库脂肪酸值上限控制在 18 mg KOH/100 g，常规储藏条件下优质稻的储存期在一年半以内，延长储藏期需采用控温 25 °C 储存。金浩等^[8]通过模拟储藏实验表明温度和水分是影响稻谷整精米率的主要因素，整精米率的下降速率还与品种有关，粳稻比籼稻更易下降。毕文雅等^[9]通过优质稻在储藏期间的品质变化研究表明，偏高水分（14.5%）的优质稻利于保持加工品质，但储藏品质下降较快，15 °C 和 20 °C 可以延缓优质稻储藏品质和加工品质的下降。

本研究通过对吉林榆树产的 14.6%水分含量的优质粳稻在 15~35 °C 下进行模拟储藏实验，定期取样检测实验稻谷的种用、储藏、加工以及外观品质指标。对各项指标的变化规律进行研究，

分析得出合适的储藏温度，既保证在一定储藏期内稻谷的各项品质，又尽量降低储藏成本，提升储藏的经济性，为稻谷仓储和加工企业的生产实践提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 实验样品

稻谷样品：2017 年产超级粳稻，初始水分 14.6%，产自吉林榆树。

1.2 实验仪器

HPS-250 生化培养箱：哈尔滨东联电子计数开发有限公司；PL3002-IC 电子分析天平：梅特勒-托利多仪器（上海）有限公司；DJSFM-1 粮食水分测试粉碎磨：成都粮食储存科学研究院；HG-9246A 型电热恒温鼓风干燥箱：上海精宏实验设备有限公司；JMWT 12 大米外观品质检测仪、JDMZ 100 稻谷出米率检测仪：北京东孚久恒仪器技术有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 稻谷模拟储藏

准备 5 个 8 L 密封箱，清洗、晾干后，75% 酒精消毒处理。分别称取清理、除杂的稻谷样品 4 kg 左右分装在 5 个密封箱中，密封箱分别放置在 15、20、25、30 和 35 °C 生化培养箱中进行 180 d 的储藏实验，储藏期间定期取样检测稻谷主要品质指标变化情况。

1.3.2 稻谷品质检测

水分测定参照 GB/T 5009.3—2016；脂肪酸值测定参照 GB/T 20569—2006（附录 A 规定的方法）；出糙率测定参照 GB/T 5495—2008；整精米率测定参照 GB/T 21719—2008；发芽率测定参照 GB/T 5520—2011；黄粒米、白度测定采用 JMWT 12 大米外观品质检测仪检测。

1.4 数据处理

数据统计及处理采用 SPSS 19 和 Excel 软件。

2 结果与分析

2.1 种用品质变化

发芽率指测试种子发芽数占测试种子总数的百分比,是衡量种子生命活力的重要指标,是农业种子行业非常关注的指标之一。发芽率也是一项非常敏感的指标,粮食籽粒胚芽部位不仅受储藏温度的影响,还容易受真菌侵染导致发芽能力下降^[10]。本研究使用的超级稻初始发芽率为 100%,在不同温度下储藏 180 d,期间发芽率的具体变化见图 1。

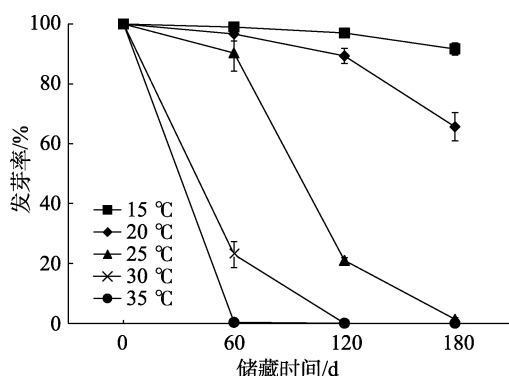


图 1 稻谷储藏期间发芽率变化情况

由图 1 可看出,在 35 和 30 下分别储藏 60 d 和 120 d 稻谷失去发芽率,在 25 下储藏 180 d 也基本失去发芽率,在 20 下储藏 180 d 发芽率降至 65% 左右,只有在 15 下能较好地保持发芽率。

经 SPSS 19 软件相关性分析,发芽率与储藏温度和储藏时间之间的相关系数分别为 -0.640 6 和 -0.567 9,均为显著性负相关。张海洋等^[11]的研究中表明,14.0% 以上水分的稻谷发芽率受储藏温度和真菌生长双重影响,高温储藏发芽率降速明显快于低温储藏,高温对籽粒胚芽的损伤更为明显。

2.2 储藏品质变化

脂肪酸含量是稻谷储藏过程中最为敏感的品质指标之一,脂肪酸值与稻谷食用品质密切相关^[12]。稻谷储存品质判定标准^[13]中将脂肪酸值作为是否宜存的主要判定指标。实验用的超级稻初始脂肪酸值 17.6 mg KOH/100 g,在不同温度条件下,随着实验进行,脂肪酸值的变化情况见图 2。

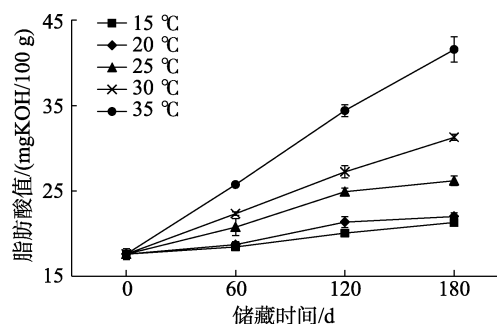


图 2 稻谷储藏期间脂肪酸值变化情况

由图 2 可知,稻谷脂肪酸值随储藏时间增加均呈上升趋势,且温度越高,上升趋势越明显。30 和 35 条件下,样品在储藏 180 d 后,脂肪酸值分别达到 31.3 和 41.6 mg KOH/100 g,根据稻谷储存品质判定规则^[14](脂肪酸值 ≤ 25 mg KOH/100 g),均达到不宜存状态;25 样品在储藏 120 d 和 180 d 时脂肪酸值分别是 24.9 mg KOH/100 g 和 26.2 mg KOH/100 g,处于稻谷宜存临界值附近;20 或更低温度条件下,脂肪酸值明显低于宜存临界值,储存状况良好。

经 SPSS 19 软件相关性分析,脂肪酸值与储藏温度和储藏时间之间的相关系数分别为 0.577 2 和 0.660 0,均为显著性正相关。对优质粳稻(14.6% 水分)储藏过程中脂肪酸值(FAV)与储藏温度(T)和储藏时间(t)关系进行二元非线性回归拟合,可得到拟合方程 $FAV = \text{EXP}(2.218 + 0.025 T + 0.003 t)$,方程拟合优度 $R^2 = 0.860$,通过该方程,可初步预测优质粳稻在不同温度条件下储藏脂肪酸值的变化情况,用于指导仓储企业实际生产。综上,对于北方优质粳稻,25 是相对适宜的储藏温度,储藏半年仍处于宜存状态,冷源充足的情况下,尽可能保持低温储藏,以延长储存期。

2.3 加工品质变化

在稻谷的加工品质指标中,出糙率和整精米率最为重要,直接影响到加工企业的经济效益,是加工企业关注的重要指标。出糙率和整精米率分别表示稻谷中可食用部分和能够加工出整粒大米部分占稻谷籽粒总质量的比例^[15]。在我国现行稻谷^[16]标准中,出糙率和整精米率都是定等级的重要指标。本研究所用超级稻初始出糙率和整精米率分别为 80.90% 和 73.01%,在不同温度下储藏 180 d 后的变化情况见表 1。

表 1 优质粳稻储藏前后出糙率和整精米率的变化 %

储藏情况	出糙率	整精米率
初始样品	80.90±0.32a	73.01±0.10a
15	80.83±0.07a	73.43±0.12a
20	81.20±0.13a	73.18±0.04a
25	80.90±0.24a	72.85±0.54a
30	80.32±0.23b	71.73±0.66b
35	79.98±0.03b	71.61±0.31b

注: 同列数据后不同小写字母表示经 Duncan's 新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著

用 SPSS 软件经 Duncan's 新复极差法检验 ($P<0.05$), 结果表明, 30 和 35 下储藏样品的出糙率和整精米率与初始样品存在显著性差异, 整精米率下降 1% 以上, 严重影响加工企业的经济效益。25 及以下储藏的优质粳稻与初始样品差异性不显著。由此可见, 25 及以下储藏半年, 基本不会影响优质稻的加工品质。

2.4 外观品质变化

黄粒米胚乳呈黄色, 与正常米粒色泽明显不同。在稻谷收获期间如遇高温多雨或未能及时脱粒干燥, 湿谷堆积在一起, 米质容易发生黄变, 形成黄粒米。在稻谷的储藏期间, 由于稻谷水分含量高、粮温高等原因, 黄粒米含量也会随储藏时间的延长逐渐增多^[17]。稻谷黄变后, 商品的外观发生变化, 严重影响消费者对大米的接受程度。白度是评定大米精度的一项参考指标, 同一品种大米, 白度与碾白精度成正比, 同样影响消费者对大米的接受程度。黄粒米和白度直接影响加工企业的经济效益, 是加工企业关注的重要品质指标。

不同温度下模拟储藏 180 d 后, 稻谷样品使用 JDMZ 100 稻谷出米率检测仪制备三级大米^[18], 然后使用 JMWT 12 大米外观品质检测仪进行扫描, 结果见表 2。

表 2 优质粳稻储藏前后大米黄粒米和白度变化

储藏情况	黄粒米(重量比)/%	白度
初始样品	0.18±0.21a	40.53±1.40a
15	0.20±0.08a	39.83±1.00ab
20	0.43±0.22ab	38.25±1.31bc
25	0.63±0.40ab	37.45±0.24c
30	0.76±0.23b	37.32±1.45c
35	1.45±0.52c	33.85±0.77d

注: 同列数据后不同小写字母表示经 Duncan's 新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。

用 SPSS 19 软件经 Duncan's 新复极差法检验 ($P<0.05$), 对黄粒米(重量比)和白度检测结果做显著性差异分析, 由表 2 结果可见, 储藏温度对黄粒米和白度影响比较明显。造成黄粒米与初始样品有显著性差异的温度是 30 及以上, 30 和 35 下储藏 180 d 的黄粒米含量分别上升至 0.76% 和 1.45%, 30 储藏半年, 黄粒米含量接近大米^[18]质量指标中黄粒米的限量(1.0%), 存在一定的风险, 而 35 储藏半年的样品已明显超过黄粒米的限量(1.0%)。本实验用大米为三级大米, 未经抛光, 白度在 20 及以上时有显著性差异, 温度越高白度下降越明显。通常白度受到一定程度影响时, 可以通过控制加工精度, 采用增加碾米和抛光次数提高白度, 但会导致整精米率和出米率下降, 影响企业经济效益。

3 结论

通过在不同温度条件下模拟储藏吉林榆树地区的超级稻(水分 14.6%), 对稻谷品质指标的变化进行研究, 结果表明, 种用品质、储藏品质、加工品质、外观品质各项指标均受储藏温度影响较大, 温度越高, 稻谷各项品质下降越明显。因此, 在不同的温度条件下, 稻谷的储藏期不同, 温度越高, 存储期越短。

除了种用品质外, 该超级稻在 25 或更低温度下储存, 能够保持稻谷的储藏品质在宜存状态, 安全储藏期不短于 180 d, 并且能够保证良好的加工品质和大米外观品质。温度越低, 稻谷的品质越好。水分含量为 14.6% 的优质粳稻脂肪酸值与储藏温度 (T) 和储藏时间 (t) 呈二元非线性关系, 可通过模型 $FAV = \text{EXP}(2.218 + 0.025 T + 0.003 t)$ 对优质粳稻脂肪酸值的变化进行预测。

对于仓储和加工企业, 在保证优质粳稻主要品质指标同时, 降低储藏成本是非常重要的。考虑到降低储粮温度会增加储粮成本, 并且对仓房及储粮设备有更高要求, 对于 14.6% 水分稻谷的短期储藏, 将储藏温度控制在 25, 是比较经济可行的, 在该温度下 14.6% 水分优质粳稻至少可安全储藏 6 个月, 且保持良好的品质指标。

参考文献:

- [1] 李成贵. 中国大米政策分析[J]. 中国农村经济, 2002, 9: 53-59.
- [2] 崔晶, 楠谷彰人, 松江勇次, 等. 中日合作水稻品质·食味研究的现状和展望[J]. 北方水稻, 2011, 41(4): 1-6.

- [3] 优质稻谷: GB/T 1789—2017[S].
- [4] 王晓凌. 中国东北梗稻供需及产业经营状况研究[D]. 中国农业科学院, 2012.
- [5] 徐正进, 韩勇, 邵国军, 等. 东北三省水稻品质性状比较研究[J]. 中国水稻科学, 2010, 24(5): 531-534.
- [6] 雷玲, 孙辉, 姜薇莉, 等. 稻谷储存过程中品质变化研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(12): 101-106.
- [7] 周延智, 谢茹. 优质稻在常规储藏条件下储藏特性的研究[J]. 粮食加工, 2015, 40(6): 32-33.
- [8] 金浩, 孙肖冬, 华祝田, 等. 不同储藏条件下稻谷整精米率变化的研究[J]. 粮食储藏, 2006(6): 42-44.
- [9] 毕文雅, 张来林, 林玉辉, 等. 偏高水分闽北优质稻在储藏期间的品质变化研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2017, 38(4): 42-46.
- [10] 廖权辉, 何淑英, 沈周秦, 等. 储藏真菌对大米品质劣变及稻谷发芽率的影响[J]. 粮食储藏, 1987(5): 16-24.
- [11] 张海洋, 欧阳毅, 祁智慧, 等. 稻谷储存水分和温度对真菌生长和稻谷主要品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(2): 39-43.
- [12] ZHOU Z, ROBARDS K, HELLIWELL S, et al. Ageing of stored rice: changes in chemical and physical attributes[J]. Journal of Cereal Science, 2002, 35(1): 65-78.
- [13] 王若兰. 粮油储藏学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2014. 1: 51.
- [14] 稻谷储存品质判定规则: GB/T 20569—2006[S].
- [15] 李美琴, 曹颖君, 谢健, 等. 国内外稻谷出糙率、出米率和整精米率测定方法的比较研究及相关国际标准修订[J]. 粮食与饲料工业, 2013(8): 1-5.
- [16] 稻谷: GB/T 1350—2009[S].
- [17] 陈伊娜. 高温高湿生态区稻谷储存期间品质变化研究[D]. 河南工业大学, 2014.
- [18] 大米: GB 1354—2009[S].
- [19] 周建新, 鞠兴荣, 孙肖东, 等. 不同储藏条件下稻谷霉菌区系演替的研究[J]. 中国粮油学报, 2008(5): 133-136. 完

· 信息窗 ·

国家粮食和物资储备局：粮食应急保障体系于疫情中发挥积极作用

中国国家粮食和物资储备局安全仓储与科技司司长王宏 4 日在北京表示，中国已初步建立起符合本国国情的粮食应急保障体系，并于此次应对新冠疫情中发挥了积极作用。

中国国务院联防联控机制当日召开新闻发布会，介绍做好疫情期间的粮食供给和保障工作情况。

王宏在发布会上表示，中国高度重视粮食应急保障体系建设，经过多年努力，已经初步建立起符合本国国情的粮食应急保障体系。从此次应对新冠疫情看，粮食应急保障体系发挥了积极作用，做到了“四个有”。

其一，保障体系有支撑。构建了“三道防线”：一是有充足的原粮储备；二是人口集中的大中城市和价格易波动地区建立了能够满足 10 到 15 天的成品粮储备；三是布局建设一批应急加工企业、应急供应网点、应急配送中心和应急储运企业。

王宏介绍，目前全国共有粮食应急供应网点 44601 个，应急加工企业 5388 家，应急配送中心 3170 个，应急储运企业 3454 家。

其二，市场波动有监测。建立起两级监测体系，国家级粮食市场信息直报点 1072 个，地方粮食市场信息监测点 9206 个，覆盖了重点地区、重点品种，能够密切跟踪粮食供求变化和价格动态。

其三，应对变化有预案。建立了从国家、省、市、县四级的粮食应急预案体系。

其四，保供稳市有责任。已建立粮食安全省长责任制。

王宏当日介绍，中国国内暴发新冠肺炎疫情时，正值春节假期，不少粮食企业也停产放假，粮油产量处于低位，但是全国粮油市场依旧运行正常，即便是在疫情防控最吃劲的关键阶段，全国的商场、超市的米面油供应充足，价格也稳定。

他表示，这一方面与中国粮食连年丰收、供给充裕、库存充足有关，另一方面，全国粮油企业及时、快速复工复产，也对稳定全国的粮油市场起到关键作用。

王宏称，截至目前，全国应急加工企业 5388 家，其中已经复工 4750 家，复工率 88.2%；复工企业的小麦和稻谷的加工能力每天 96.2 万吨，折合 19.2 亿斤，按照每天一人一斤粮计算，仅这些粮食应急加工企业每天的加工能力，就够全国 14 亿人吃一天多。

“所以充足的原粮储备，适度的成品粮储备，再加之强大的应急企业加工能力，能够确保应对疫情期间粮食供应满足需要。”王宏说。

(来源：中新社，2020 年 4 月 5 日)