

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2019.04.010

# 收获后入仓前优质粳稻黄变规律研究

任 芳<sup>1</sup>, 黄亚伟<sup>1</sup>, 王若兰<sup>1</sup>, 胡玉兰<sup>2</sup>, 姜 江<sup>1</sup>, 何学书<sup>1</sup>

(1. 河南工业大学 粮油食品学院, 河南 郑州 450001;

2. 贵州播州红食品有限公司, 贵州 遵义 563000)

**摘 要:** 通过在实验室条件下对优质粳稻收获后入仓前不同气候条件(晴朗、阴天和雨天)的模拟, 研究刚收获的高水分南粳 9108 在不同气候条件下的黄变规律, 并对黄变过程中的品质变化进行了测定。结果表明, 晴朗天气条件下 60% RH, 25、30 时, 优质粳稻 35 d 内不发生黄变, 若发热达到 40, 35 d 发生黄变, 50 时, 15~20 d 发生黄变。黄变过程中, 黄度值数范围为 28.02~31.02, 脂肪酸值小于 25 mgKOH/100g, 出糙率大于 81%, 整精米率低于 55%。在阴天条件下 80% RH, 25、30 时, 35 d 内未有黄变, 发热达 40 时, 20~25 d 发生黄变, 50, 15 d 发生黄变。雨天条件下 90% RH, 25、30 时, 35 d 内有黄变, 发热达 40 时, 15~20 d 发生黄变, 50 时, 10~15 d 发生黄变。黄变过程中, 黄度值数范围为 28.03~32.69, 脂肪酸值变化较明显, 由宜存状态变成接近重度不易存状态, 出糙率次之, 粳稻等级由 1 等降为 2 等, 整精米率低于 50%, 小于优质粳稻 3 级的要求。

**关键词:** 优质粳稻; 黄变; 黄度值; 脂肪酸值

中图分类号: TS210.1 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2019)04-0050-07

## Study on the yellowing of high quality japonica rice before entering the warehouse after harvesting

REN Fang<sup>1</sup>, HUANG Ya-wei<sup>1</sup>, WANG Ruo-lan<sup>1</sup>, HU Yu-lan<sup>2</sup>, JIANG Jiang<sup>1</sup>, HE Xue-shu<sup>1</sup>

(1. College of Grain Oil and Food Science, Henan University of Technology, Zhengzhou Henan 450001;

2. Guizhou Bozhou Red Food Co., Ltd. Zunyi Guizhou 563000)

**Abstract:** Through the simulation of different climatic conditions (clear, cloudy day and rainy day) before the storage of high-quality japonica rice under laboratory conditions, the yellowing of freshly harvested high-quality japonica rice cultivar Nanjing 9108 under different climates was studied, and the yellowing was observed. The quality changes in the process were measured. The results showed that yellowing did not occur in 35 days at 25 and 30 under sunny conditions, and in the process of yellowing, the yellow-coloured index from 28.02 to 31.02, the fatty acid value was less than 25 mg KOH/100g, the husked rice yield was more than 81%, and head rice yield was less than 55%. Under rainy conditions, 80% RH, 25 and 30, there was no yellowing in 35 days. the heat reached 40, yellowing occurred in 20 to 25 days. the heat reached 50, yellowing occurred in 15 days. 90% RH, 25 and 30, yellowing occurred in 35 days. the heat reached 40, yellowing occurred in 15 to 20 days, the heat reached 40, yellowing occurred in 15 days; During the yellowing process, the yellow-coloured index from 28.03 to 32.69, the change of fatty acid value was obvious and, followed by the husked rice yield, the first grade of Japonica rice was reduced to

收稿日期: 2019-03-16

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目(2016YFD0401005)

作者简介: 任芳, 1993 年出生, 女, 硕士研究生.

通讯作者: 黄亚伟, 1980 年出生, 男, 博士, 讲师.

the second grade, and the head rice yield was lower than 50%, which was less than the requirement of the third grade of high quality Japonica rice.

**Key words:** high quality japonica rice; yellowing; quality change

随着人们对稻米品质的要求越来越高, 优质稻因其口感好, 营养高等优点, 得到了越来越多消费者的青睐, 因而近些年来优质稻种植的面积在逐年增加, 也逐渐取代普通稻成为储备粮的主要粮种<sup>[1]</sup>。但是优质稻因其自身生理特性及结构的原因, 不耐储藏, 在不利的环境条件下极易发生品质的变化<sup>[2]</sup>, 黄变就是其中之一。目前有关稻谷黄变的研究主要集中在普通稻, 并且籼稻居多, 另外研究的多是储藏期间的黄变规律<sup>[3-4]</sup>, 对收获后入仓前稻谷黄变规律的研究鲜有报道。随着农业机械化的发展, 水稻的收获时间明显缩短<sup>[5]</sup>, 大量刚收获的稻谷会因缺少干燥设备而得不到及时的干燥, 农户会选择将其进行短期的堆放储藏或直接进行自然晾晒<sup>[6]</sup>。但是堆放或直接晾晒受天气因素影响较大<sup>[7]</sup>, 尤其是在南方稻区, 水稻收获时节常有连绵阴雨, 空气湿度高, 不利于稻谷的自然晾晒且堆放的高水分稻谷内部会产生发热<sup>[8]</sup>, 不利于稻谷品质的保持, 也易发生黄变, 黄变后的稻谷碾磨得到的大米呈现黄色或者褐色, 严重的变为黑褐色, 这样的大米等级会降低并且在市场上消费者很难接受, 商品价值和经济价值均受到了严重的影响<sup>[9-10]</sup>, 造成了粮食的大量浪费, 所以对收获后入仓前优质稻在不同气候条件下的黄变规律研究就显得十分重要了。

本实验以产自江苏的优质粳稻南粳 9108 为样品, 在实验室条件下模拟收获后入仓前不同的气候条件, 研究不同的气候条件对优质粳稻黄变过程的影响, 找出优质粳稻黄变的关键条件临界点, 并对黄变过程中的品质变化进行研究, 为优质粳稻黄变的防控及保质保鲜提供数据支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

南粳 9108: 购自江苏省高科种业有限公司, 2017 年 10 月份产自江苏省淮安市洪泽区, 按照 GB/T17891—2017 规定达到了优质粳稻的标准; 无水乙醇、95%乙醇 (AR): 天津市天力化学试

剂有限公司; 氢氧化钾 (AR): 天津市科密欧化学试剂有限公司; 酚酞: 天津市科密欧化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器与设备

恒温恒湿培养箱: 宁波东南仪器有限公司; JGMJ8098 稻谷·精米检测机: 上海嘉定粮油仪器有限公司; FSJ-II 型锤片式粮食粉碎机: 中储粮成都粮食储藏科学研究所; ML204/02 电子天平: Mettler Toledo 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; BLH-2950 粮食振荡器: 浙江伯利恒仪器设备有限公司; 电子万用炉: 北京市光明医疗仪器有限公司; UPT-1-10T 优谱系列超纯水机: 四川优普超纯科技有限公司; CR410 型色差计: 柯尼卡美能达控股公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 样品处理及条件设置

样品处理: 将购买的新鲜稻谷样品做调质加湿处理, 调节水分含量至 20%、22%、24%。每份 1 500 g, 用内部铺有纱布的小塑料筐盛放, 放置在设定好条件的恒温恒湿箱中, 每隔 5 d 取样, 对指标进行测定。

条件设置: 主要依据晴朗天气及阴雨天气的湿度进行模拟, 湿度设置为 60% (模拟晴天) \ 80% (模拟阴天) \ 90% (模拟雨天), 环境温度设置为 25 和 30, 模拟发热温度 40 和 50。

#### 1.3.2 指标测定

黄度值数根据 GB/T24302—2009《粮油检验 大米颜色黄度指数》进行测定; 脂肪酸值参照 GB/T 20569—2008《稻谷储存品质判定规则》进行测定; 出糙率按照 GB/T5494—2008《稻谷出糙率检验法》进行检验; 整精米率参照 GB/T21719—2008《稻谷整精米率检验法》进行检验。

### 1.4 数据处理

采用 Excel2010 对数据进行处理, Origin9.0 绘制图形。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同条件下优质粳稻黄变条件研究

#### 2.1.1 晴朗天气条件下优质粳稻黄度值数的变化

黄度指数表示大米颜色的黄变程度，黄度值数越大，表明大米黄色越深<sup>[11]</sup>，稻谷黄变越严重。由图 1 可知，晴朗天气条件下（60% RH），随着储藏时间的延长，黄度值数呈不断上升趋势，且温度越高，黄度值数增长的越快。从图 1a、图 1b、图 1c 可以看出，其他条件相同的情况下，水分越

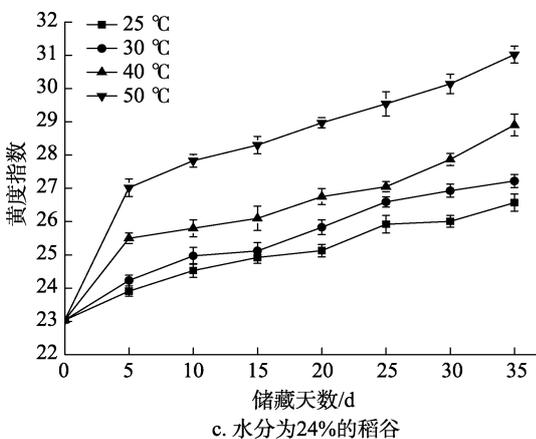
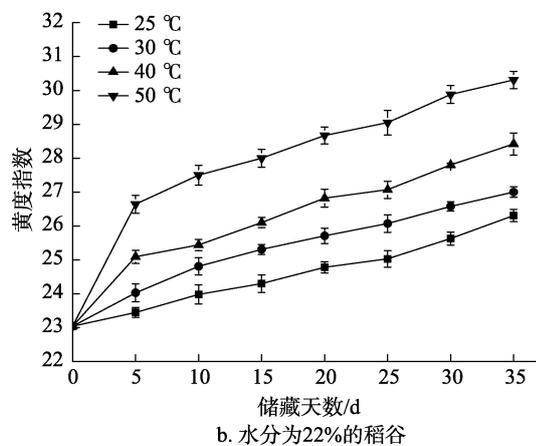
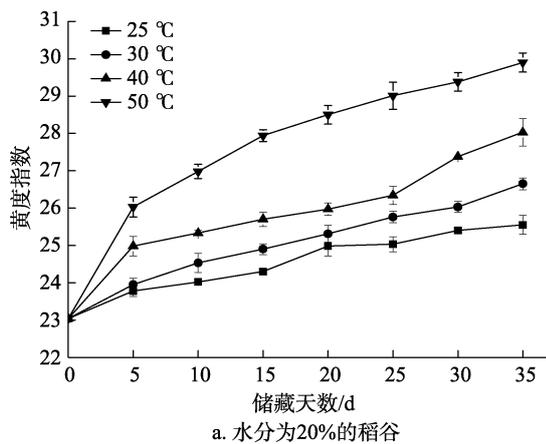


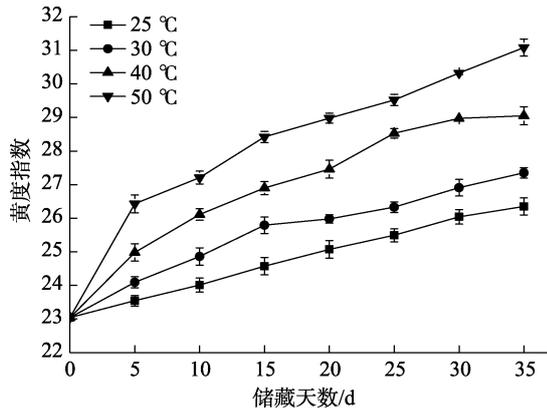
图 1 优质粳稻在晴朗天气（60% RH）条件下黄度值数的变化

高，黄度值数越大。50 ℃ 时，储藏 20 d 后，水分 20% 的优质粳稻，加工的大米中发现有黄粒米，此时的黄度值数为 28.5，优质粳稻刚开始发生黄变；而水分含量 22% 和 24% 的优质粳稻储藏 15 d 后，加工的大米中已普遍有发黄现象，发黄部位主要集中在胚部，此时黄度值数分别为 28.67 和 28.97，优质粳稻已经发生黄变。40 ℃ 时，储藏 35 d 后，水分 20%、22%、24% 的优质粳稻黄度值数分别达到了 28.03、28.42、28.90，均高于 28.00，加工的大米中均有黄粒米出现，优质粳稻发生明显黄变。25 ℃ 和 30 ℃ 时，三种水分的优质粳稻，储藏 35 d 后，未发现黄粒米，黄度值数均小于 28.00，优质粳稻未发生黄变。

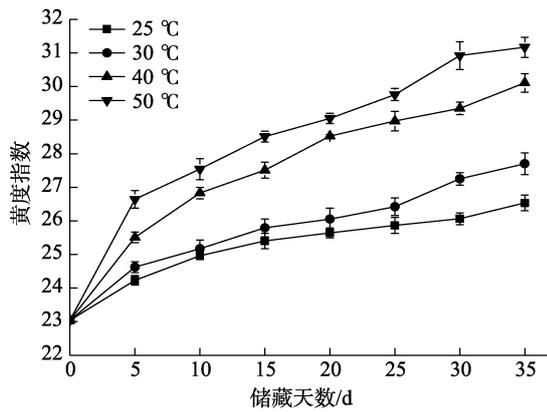
综上可知，水分 20%~24% 的优质粳稻在晴朗天气条件下（60% RH），35 d 内，若不发热，温度 25~30 ℃ 时，是不会发生黄变的；可能的原因是晴朗天气，空气湿度低，加快了稻谷水分的蒸发，降低了稻谷的水分<sup>[12]</sup>，不易发生黄变。发热达 40 ℃，35 d 后发生黄变，50 ℃ 时，15~20 d 内发生黄变，究其原因可能是高温加快了稻谷内部的酶促及非酶褐变导致米粒发黄<sup>[13]</sup>。同时，对刚有黄粒米出现时的黄度指数进行总结可得出，当优质粳稻开始发生黄变时，其黄度值数均高于 28.00，未发生黄变时，黄度值数均低于 28.00，所以在本实验中以黄度指数 28.00 作为判断稻谷是否黄变的临界点。

#### 2.1.2 阴雨天气条件下优质粳稻黄度值数变化

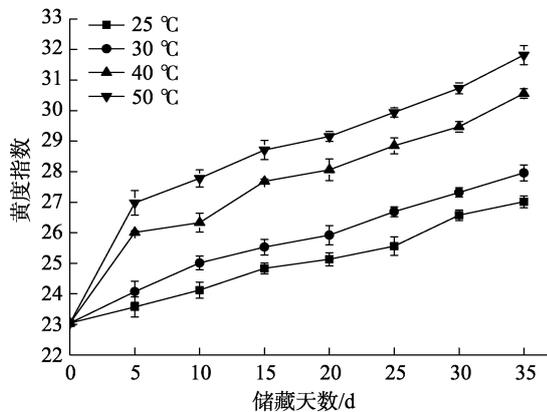
由图 2 和图 3 可知，阴雨天气条件下（80% RH、90% RH），黄度值数的变化趋势与晴天条件下相似，均随储藏时间的增长呈上升趋势，温度越高，黄度指数增长越快，黄变越快（除 90% RH，25 ℃、30 ℃）。从图 2 可得，在 80% RH，50 ℃ 时，三种水分的优质粳稻 15 d 内黄度值数均高于 28.00，分别为 28.42、28.51、28.71，发生黄变；40 ℃ 时，水分 20% 优质粳稻储藏 25 d 后，黄度值数上升到 28.53，开始黄变，水分 22%、24% 的优质粳稻均在储藏 20 d 后，黄度值数均大于 28.00，已经发生黄变；25 ℃、30 ℃ 时，35 d 后



a. 水分为20%的稻谷

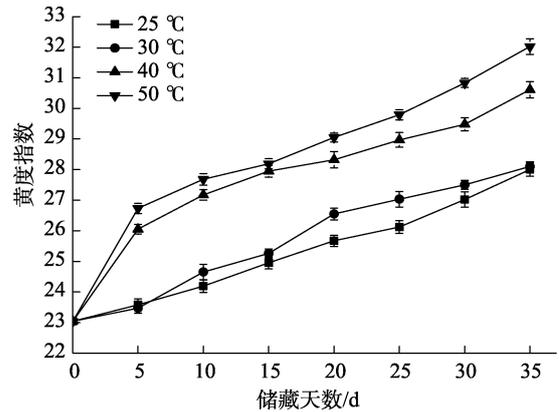


b. 水分为22%的稻谷

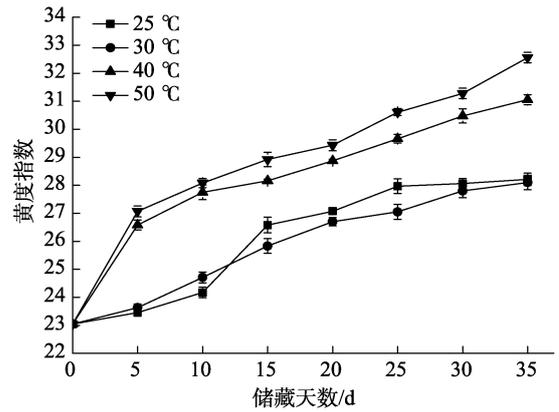


c. 水分为24%的稻谷

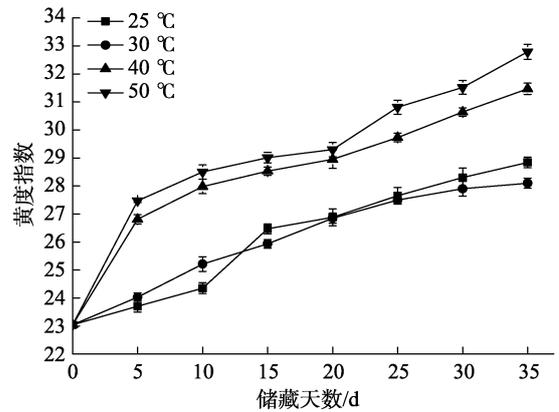
图 2 优质粳稻在阴天 (80% RH) 条件下黄度值数的变化



a. 水分为20%的稻谷



b. 水分为22%的稻谷



c. 水分为24%的稻谷

图 3 优质粳稻在雨天 (90% RH) 条件下黄度值数的变化

黄度值数均小于 28.00, 未发生黄变。由图 3 可知, 90% RH, 50 °C 时, 水分 20%、22%、24% 的优质粳稻分别第 15 天、第 10 天、第 10 天黄度值数高于 28.00, 发生黄变, 黄度指数分别为 28.19、28.08、28.5; 40 °C 时, 20%、22%、24% 水分的优质粳稻分别第 20 天、第 15 天、第 15 天, 黄度值数高于 28.00, 开始黄变; 25 °C、30 °C 时, 35 d 内黄度值数均大于 28.00, 已经发生黄变, 并且在储藏 10~15 d 后, 25 °C 比 30 °C 时黄度值数

增加更快, 原因可能是 25 °C 时, 适合微生物大量繁殖, 加快了稻谷的黄变<sup>[14]</sup>, 导致黄度值数上升较快。

综上可知, 阴雨天气条件下, 优质粳稻发热达 40 °C 储藏 15~25 d 内发生黄变, 发热达 50 °C, 储藏 10~15 d 内发生黄变, 并且环境湿度越高, 水分越大, 优质粳稻越容易发生黄变; 环境温度 25~30 °C, 80% RH 时, 储藏 35 d 内未发生黄变, 90% RH 时, 储藏 25~35 d 内发生明显黄变。

## 2.2 优质粳稻黄变过程中品质的变化

### 2.2.1 脂肪酸值的变化

脂肪酸值是稻谷储藏品质变化的敏感指标，也是评判稻谷宜存、轻度不宜存、重度不宜存的重要参数<sup>[15]</sup>。在 GB/T 20569—2006《稻谷储存品质判定规则》中规定，粳稻脂肪酸值 25.0 为宜存，35.0 为轻度不宜存，>35.0 为重度不宜存。由图 4 可得，随着黄度值数的增大即稻谷黄变程度的加深，脂肪酸值总体呈现上升趋势。晴朗天气条件下（60% RH），黄变过程中，优质粳稻刚开始黄变时，脂肪酸值在 16.0~18.0 mgKOH/100g 之间，仍处于宜存状态；当黄度值数达到 30.00，稻谷明显黄变时，脂肪酸值在约 20 mgKOH/100g，仍低于 25 mgKOH/100g，仍可继续储存。阴雨天气条件下（80% RH、90% RH），优质粳稻开始黄变，脂肪酸值在 18.0~25.0 mgKOH/100g 之间，黄度指数越接近 30.00，脂肪酸值也越接近 25 mgKOH/100g，其中已有部分样品高于 25 mgKOH/100g。当黄度值数大于 31.00 时，脂

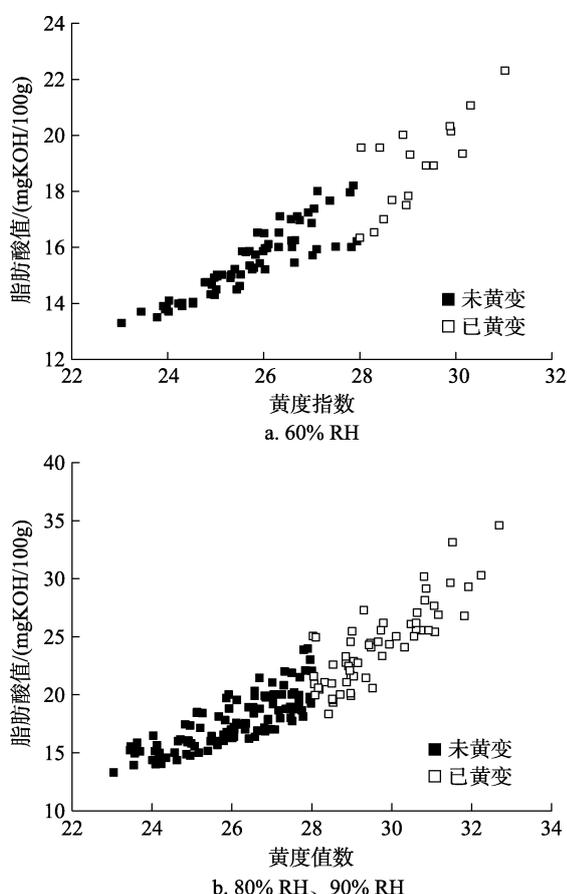


图 4 黄变过程中优质粳稻脂肪酸值的变化

肪酸值大部分已高于 25 mgKOH/100g，优质粳稻处于轻度不宜存状态。在黄度值数接近 33.00 时，脂肪酸值约 35 mgKOH/100g，接近重度不宜存状态。

由以上分析可得，优质粳稻在晴朗天气条件下（60% RH），黄变过程中脂肪酸值的变化幅度较小，未高于 20 mgKOH/100g，仍处于宜存状态；在阴雨天气条件下（80% RH、90% RH），黄变过程中脂肪酸变化较为明显，黄度值数 30.00~32.00 时，脂肪酸值大部分已高于 25 mgKOH/100g，此时的优质粳稻已不能再入库储藏，要及时进行处理；黄度值数临近 33.00，优质粳稻的脂肪酸值接近 35 mgKOH/100g，严禁入库，应及时进行加工<sup>[16]</sup>。

### 2.2.2 出糙率的变化

稻谷出糙率是检验稻谷加工品质的主要指标之一，也是收储企业在稻谷收购及入库时关注的重要指标<sup>[17]</sup>。在 GB1350—2009《稻谷》中规定出糙率是稻谷定等的唯一指标。由图 5 可知，不论是在晴朗还是阴雨天气条件下，优质粳稻黄变过程中其出糙率整体上随着黄度值数的增大而呈

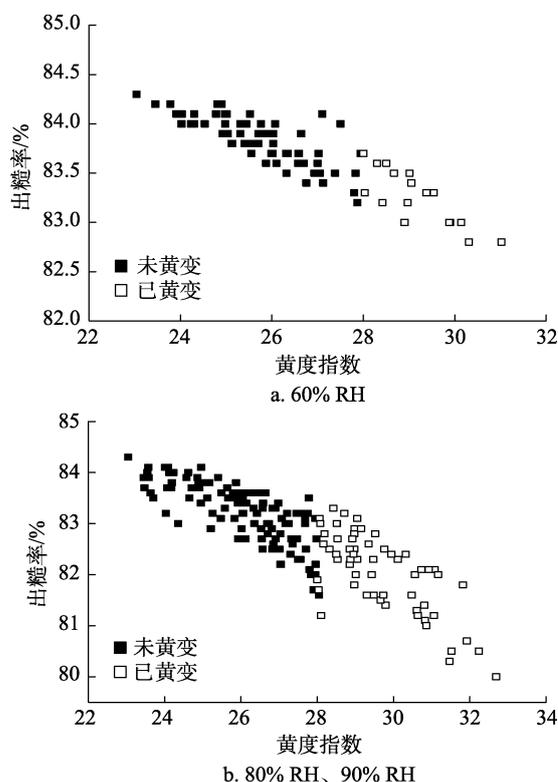


图 5 黄变过程中优质粳稻出糙率的变化

现下降趋势。晴朗天气条件下, 优质粳稻黄变过程中, 出糙率的变化并不显著, 均高于 82%, 根据 GB1350—2009《稻谷》仍判为 1 等粳稻。阴雨天气条件下, 黄变过程中, 黄度值数 28.00~30.00 时, 出糙率的范围为 83.3%~81.2%, 仍为 1 等粳稻; 黄度指数 30.00~32.00 时, 出糙率的大致范围为 82.4%~80.5%, 并且黄度值数越大, 其出糙率越小, 在黄度值大于 31.00 时, 出糙率已经低于 81.0%, 优质粳稻由 1 等降为 2 等。

由以上分析可得, 晴朗天气条件下(60%RH), 优质粳稻黄变过程中, 出糙率的变化幅度不大, 即便已经黄变, 出糙率仍高于 82%, 未有等级的改变。阴雨天气条件下(80% RH、90% RH), 优质粳稻黄变过程中, 出糙率下降相对较明显, 在黄度值数大于 31.00, 出糙率大部分已低于 81%, 降为 2 等粳稻, 并随着黄度程度的加深, 继续呈下降趋势, 等级下降, 影响农户的经济收益<sup>[18]</sup>。

### 2.2.3 整精米率的变化

整精米率是指稻谷经砻谷、碾磨成大米过程中, 整精米质量(大米长度超过完整米粒四分之三的)占净稻谷试样质量的百分比, 是衡量大米品质的重要指标<sup>[19]</sup>, 是大米加工企业使用的重要参数<sup>[20]</sup>。由图 6 可知, 随着黄度值数的增大, 稻谷整精米率总体呈下降趋势, 并且黄变程度越深, 整精米率越低。晴朗天气条件下(60% RH), 黄度值数在 28.00~30.00 整精米率的范围为 50.1%~35.9%, 当黄度值数达到 31.0 时, 整精米率已降为 32.9%。阴雨天气条件下(80%RH、90% RH), 黄度值数 28.00~30.00, 整精米率已低于 51%, 最低的已降到 36%。当黄度指数增长到临近 33.00 时, 整精米率已降为 20%左右, 稻谷食用品质严重变劣。

由以上分析得, 不论在晴朗天气还是阴雨天气环境中, 优质粳稻黄变过程中, 整精米率的变化都比较明显。在刚开始发生黄变, 黄度值数高于 28.00, 整精米率已低于 55%, 小于优质粳稻等

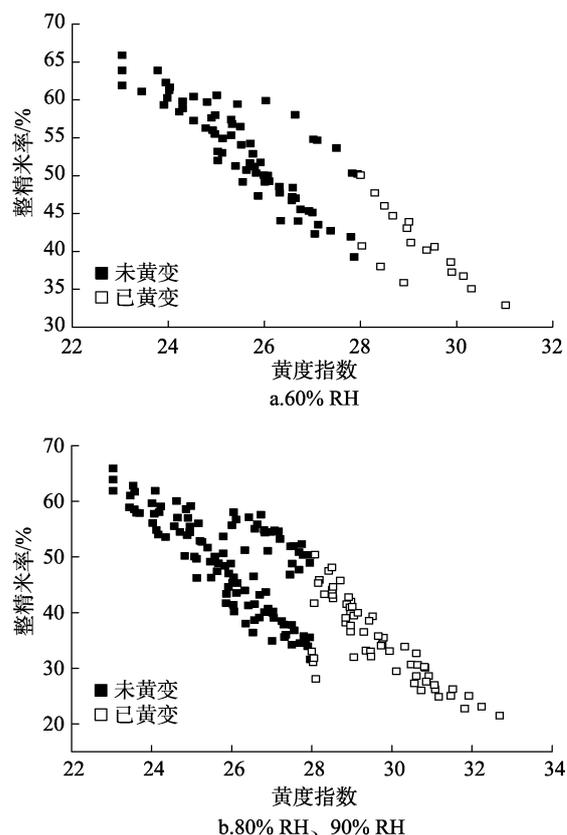


图 6 黄变过程中优质粳稻整精米率的变化

级 3 的要求, 不能归于优质粳稻, 并且随着黄度值数的增大, 整精米率继续降低。

## 3 结论

通过对高水分(20%、22%、24%)优质粳稻收获后入仓前在晴天(60% RH)、阴天(80% RH)、雨天(90% RH)黄变规律及黄变过程中品质变化规律的研究, 得出以下结论: 高水分优质粳稻收获后 35 d 内若采用散摊地面的放置方式, 环境温度 25~30℃, 晴天(60% RH)和阴天(80% RH)时, 均不发生黄变, 并且未发生黄变时, 黄度值数均小于 28.00, 脂肪酸值小于 25 mgKOH/100g, 宜存状态, 出糙率高于 81.5%, 仍属于 2 等粳稻, 但整精米率变化明显, 范围为 65.9%~33.9%, 越接近黄变越小。若收获后进行直接堆放, 稻谷内部发热, 温度达 40~50℃ 时, 晴天及阴雨天气下均会发生黄变, 并且水分越高黄变越快, 所以在直接堆放时, 要对谷堆经常翻动, 有条件要进行干燥、降温处理, 尽量将稻谷进行散摊, 避免黄变的发生。但是雨天(90% RH)时, 25℃、30℃

时均有黄变,主要是微生物导致,所以在高温环境中要及时的进行机械干燥,降低水分,抑制黄变。黄变的稻谷黄度值数均高于 28.00,脂肪酸值变化明显,稻谷由宜存状态变为重度不宜存,黄度值数越大,脂肪酸值越大。出糙率由 82%以上下降到 80.5%,降低一个等级。整精米率下降最为明显,均低于 55%,已低于优质粳稻 3 等的要求。

#### 参考文献:

- [1] 姜梅. 优质籼稻黄华占储藏品质变化规律的研究[D]. 武汉轻工大学, 2016.
- [2] 张少芳. 充氮气调储藏对优质稻谷品质变化的影响[D]. 武汉轻工大学, 2013.
- [3] SOPONRONNARIT S, SRISUBATI N, YOOVIDHYA T . Effect of temperature and relative humidity on yellowing rate of paddy[J]. Journal of Stored Products Research, 1998, 34(4): 323-330.
- [4] 阮克敏, 邓命军, 杨杰, 等. 稻谷黄变成因探讨[J]. 粮食科技与经济, 2001(5): 41-42.
- [5] 蔡雪梅. 不同干燥方式对稻谷品质及储藏性能的影响[D]. 南京财经大学, 2013.
- [6] 张慧明. 稻谷及时干燥特性和品质的研究[D]. 东北农业大学, 2012.
- [7] 耿肖奎. 基于玻璃化转变理论的稻谷干燥工艺研究[D]. 天津科技大学, 2016.
- [8] 薛飞, 渠琛玲, 王若兰, 等. 稻谷储藏过程中发热霉变研究进展[J]. 食品工业科技, 2017, 38(12): 338-341.
- [9] HELEN B M. Induced postharvest yellowing in southern U. S. rice cultivars[J]. Cereal Chemistry, 2009, 86(1): 67-69.
- [10] BRYANT R J, YEATER K M, BELEFANT-MILLER H. The effect of induced yellowing on the physicochemical properties of specialty rice[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2012, 93(2): 271-275.
- [11] 粮油检验 大米颜色黄度指数: GB/T24302—2009 [S].
- [12] 耿肖奎. 基于玻璃化转变理论的稻谷干燥工艺研究[D]. 天津科技大学, 2016.
- [13] TIRAWANICHAKUL Y, PRACHAYAWARAKORN S, VARANYANOND W, et al. Simulation and grain quality for in-store drying of paddy[J]. Journal of Food Engineering, 2004, 64(4): 405-415.
- [14] PHILLIPS S, MITFA R, WALLBRIDGE A. Rice yellowing during drying delays[J]. Journal of Stored Products Research, 1989, 25(3): 155-164.
- [15] 黄冬, 黄晓赞, 滕显发. 新鲜度脂肪酸值与稻谷储存品质的相关性[J]. 粮食科技与经济, 2018, 43(2): 79-82.
- [16] 蔡巍. 鲁西地区高大平房仓储存散装稻谷品质变化规律研究[J]. 粮食储藏, 2018, 47(03): 38-47.
- [17] 王琳. 粳稻谷出米率与整精米率、出糙率相关性的研究[J]. 粮食与食品工业, 2014, 21(6): 65-67.
- [18] 嵇建族. 稻谷出糙率定价与出米率定价实用性的探讨[J]. 粮食加工, 2012, 37(4): 38-40.
- [19] KHONGSAK SRIKAE0, CHUTAMAS BOONROD, MOHAMMAD SHAFIUR RAHMAN. Effect of storage temperatures on the head rice yield in relation to glass transition temperatures and un-freezable water[J]. Journal of Cereal Science, 2016, 70: 164-169.
- [20] LIJIE ZHOU, SHANSHAN LIANG, KIMBERLEY PONCE, SEVERINO MARUNDON, GUOYOU YE, XIANGQIAN ZHAO. Factors affecting head rice yield and chalkiness in indica rice[J]. Field Crops Research, 2015, 172: 1-10. 完