

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2019.04.011

# 充氮气调对优质稻黄变及品质的影响研究

元世昌<sup>1</sup>, 黄亚伟<sup>1</sup>, 王若兰<sup>1</sup>, 胡玉兰<sup>2</sup>, 杨卫民<sup>3</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 563100; 3. 国家粮食和物资储备局标准质量中心, 北京 100037)

**摘要:** 以常规储藏(空气组)作对照, 将水分13.5%的优质稻在温度为35、40、45℃下进行氮气储藏, 通过测定黄度指数、脂肪酸值、出糙率、整精米率研究优质稻黄变程度及黄变过程中的品质变化。结果显示, 高温可使优质稻发生黄变, 温度越高, 黄度指数越大, 黄变程度越深。在35、40、45℃下储藏45 d, 氮气组优质稻黄度指数比对照组分别低1.2、2.2、3.0, 说明氮气气调可有效降低优质稻的黄度指数。在优质稻黄变过程中, 温度与脂肪酸值成正比, 与出糙率、整精米率成反比。在45℃下储藏45 d, 氮气组和对照组优质稻品质变化最明显, 其中氮气组脂肪酸值比对照组低7 mgKOH/100g, 出糙率高0.20%, 整精米率高16.05%, 说明氮气气调可抑制优质稻脂肪酸的生成和整精米率的下降, 但对出糙率影响不大。因此, 在实际储藏优质稻中, 应尽量避免高温, 若无法避免, 可通过氮气气调延缓优质稻的黄变及品质劣变。

**关键词:** 优质稻; 氮气; 黄变

中图分类号: TS210.1 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2019)04-0057-05

## Effects of controlled atmosphere storage with nitrogen on yellowing and quality of high quality rice

YUAN Shi-chang<sup>1</sup>, HUANG Ya-wei<sup>1</sup>, WANG Ruo-lan<sup>1</sup>, HU Yu-lan<sup>2</sup>, YANG Wei-min<sup>3</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou Henan 450001; 2. Guizhou Bozhou Red Food corporation, Zunyi Guizhou 563100; 3. Standards and Quality Center of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037)

**Abstract:** High-quality rice with moisture content of 13.5% was tested at 35, 40 and 45℃ storage with nitrogen, compared with the control group without nitrogen. The degree of yellowing of high-quality rice and the quality change during the process of yellowing were researched by detecting yellowness index, fatty acid value, brown rice rate and head rice yield. The results showed that high temperature can cause yellowing of high quality rice. The higher the temperature, the higher the yellowness index, the deeper the yellowing degree. After storage at 35, 40 and 45℃ for 45 days, yellowness index with nitrogen was 1.2, 2.2 and 3.0 lower than that without nitrogen, which indicated that nitrogen gas regulation can effectively reduce the yellowness index. In the process of high-quality rice yellowing, the temperature was proportional to the fatty acid value, but inversely proportional to brown rice rate and head rice yield. After 45 days of storage, the difference of quality of the rice between nitrogen group and control group was most obviously, in which the fatty acid value of the nitrogen group was 7 mgKOH/100g lower than that of the control group, the

收稿日期: 2019-03-13

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0401005)

作者简介: 元世昌, 1995年出生, 男, 硕士研究生.

通讯作者: 杨卫民, 1968年出生, 男, 高级工程师.

brown rice rate was 0.20% higher and the head rice yield was 16.05% higher, which indicated that nitrogen gas can inhibit fatty acids formation in high-quality rice, and decrease of the head rice yield, while have a little affection on brown rice rate. Therefore, in the practical storage of high-quality rice, high temperature should be avoided as much as possible. If it is unavoidable, storage with nitrogen can be selected to postpone the yellowing and quality deterioration of high-quality rice.

**Key words:** high quality rice, nitrogen, yellowing

民以食为天，食以安为先，粮食的安全储藏是国计民生之大事<sup>[1]</sup>。随着人们生活水平的提高，消费结构化的改变，外观精美，营养丰富的稻米主导着市场发展<sup>[2]</sup>。近年来，因优质稻营养品质好、产量高、抗病性强等优点，许多地区开始大力推广，并广泛种植，使得优质稻得到了快速发展<sup>[3]</sup>。但在实仓储藏中发现优质稻不耐储藏，易发生黄变，特别是在南方高温地区，黄变现象尤为严重<sup>[4]</sup>。稻谷的黄变主要表现在物理和化学变化，势必会降低稻谷的营养价值，影响其在市场上的价格和销售<sup>[5-6]</sup>。因此，抑制或延缓优质稻在储藏过程中的黄变对减少我国的粮食损失具有重大意义。

氮气是粮库气调中最常见的气体之一，能有效延缓粮食的品质劣变。但关于氮气对优质稻黄变的研究鲜有报道。目前，我国已有标准规定用黄度指数来表示稻谷的发黄程度<sup>[7]</sup>。因此，本实验用稻谷的黄度指数的大小来表征黄变程度，探究氮气对优质稻黄变的影响及在氮气气调下，研究优质稻黄变过程中的品质变化，为我国优质稻储藏的保质保鲜提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

“两优”优质籼稻：2016年10月收货，2017年3月从湖北襄阳中央储备库购进；99.99%高纯氮气：郑州科益气体有限公司。

### 1.2 仪器和设备

LRHS-300- 恒温恒湿箱：上海跃进医疗器械有限公司；ME204E/02 电子天平：梅特勒-托利多仪器（上海）有限公司；DT-1000A 分析天平：常熟市金羊天平仪器厂；CR-410 色差计：柯尼卡美能达控股公司；BLH-3250 小型砬谷机：浙江伯利恒仪器设备有限公司；YC-D205 加湿器：北京亚都环保科技有限公司；BLH-3500 全自动精米

机：浙江伯利恒仪器设备有限公司；BLH-1780 润麦器：浙江伯利恒仪器设备有限公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 样品处理及储存

优质稻先进行清理除杂，原始水分为 13.5%，储藏温度设置为 35、40、45 。氮气气调采用真空袋模拟储藏，将 500 g 优质稻装入真空袋先进行抽真空，真空度可达 -0.92 MPa，然后充入纯度为 99.99% 的氮气，立即用封口机进行封口。在储藏期间，若发现样品袋有漏气，及时更换包装袋并补充氮气。以空气做为对照组，将 500 g 优质稻放入真空袋中，用封口机进行封口，放在恒温箱中进行储藏。

将优质稻放置不同温度的恒温箱中储藏，观察其黄变情况，每 15 d 进行一次指标测定，氮气组和对照组在 45 d 左右均发生不同程度的黄变。

#### 1.3.2 指标测定方法

黄度指数：参照 GB/T 24302—2009《粮油检验 大米颜色黄度指数测定》；在储藏期间，肉眼观察到稻米颜色有轻微发黄，属于黄变初期，此时黄度指数在 27~29 之间。当优质稻米全部变黄时，此时黄度指数均超过 31。

脂肪酸值：参照 GB/T 15684—2015《谷物碾磨制品 脂肪酸值的测定》。

出糙率：参照 GB/T 5495—2008《粮油检验 稻谷出糙率检验》。

整精米率：参照 GB/T 21719—2008《稻谷整精米率检验法》。

## 2 结果与分析

### 2.1 氮气气调对优质稻黄变的影响

图 1、图 2 是不同温度下氮气组、空气组优质稻黄度指数的变化曲线。高温是影响优质稻黄变的主要因素之一。由图可知，无论是氮气组还

是空气组，各时期优质稻的黄度指数均随温度的升高而变大。氮气组中，优质稻在温度为 45 下储藏 30 d 时，出现较多黄粒米，黄度指数为 28.5；而在 40 下储藏 30 d，几乎无黄粒米，黄度指数为 26.9，比 45 小 1.6。空气组中，在温度为 35、40 下，优质稻储存 45 d，黄度指数分别为 27.4、29.1，肉眼可观察到稻米颜色轻微发黄，此时可认为，优质稻处于黄变初期；而在 45 下储存 45 d，黄度指数为 32.3，优质稻均已发生明显黄变。优质稻在不同温度下储藏 15、30、45 d，氮气组对应优质稻的黄度指数均低于空气组。优质稻在温度为 35、40、45 下储藏 45 d，氮气组优质稻黄度指数分别为 27.8、28.4、29.3，肉眼可观察到发生了轻微黄变，处于黄变初期，空气组优质稻黄度指数分别为 29.0、30.6、32.3，发黄程度明显高于氮气组。

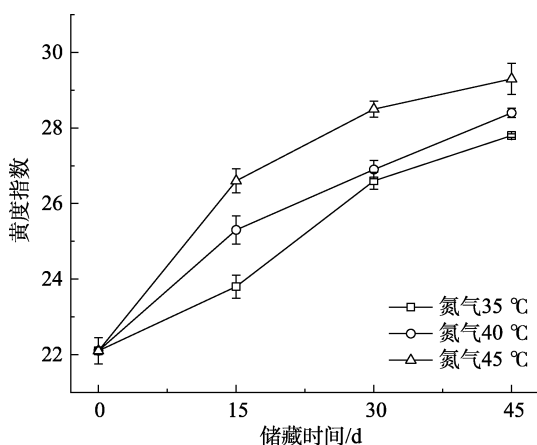


图 1 充氮气调优质稻黄度指数的变化

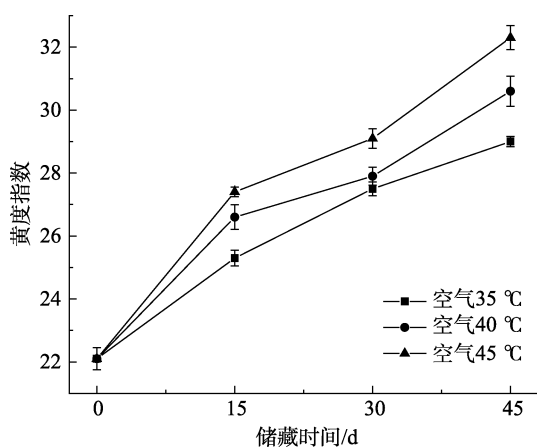


图 2 对照组优质稻黄度指数的变化

综上所述，高温可以促进优质稻的黄变，而氮气气调可以延缓由高温引起的优质稻黄变。因

此，在储藏优质稻的过程中，应尽量避免高温，同时可以进行充氮气调来延缓优质稻的黄变过程。

## 2.2 氮气气调对优质稻黄变过程脂肪酸值的影响

图 3、图 4 是优质稻在不同温度下黄变，其脂肪酸值的变化情况。脂肪酸值是优质稻储藏品质中一项重要的指标，脂肪酸值越高，品质越差。脂肪酸值的增加有内因和外因两个方面，内因是优质稻自身氧化或通过脂肪酶水解脂质形成脂肪酸，外因是微生物通过降解酶降解大分子物质形成脂肪酸<sup>[8]</sup>。由图 3 可知，氮气组，在各温度下储藏 45 d，脂肪酸值均小于 30 mgKOH/100g，为宜存状态，在储存前 15 d 内，优质稻均未发生黄变，脂肪酸值变化缓慢；在储存 30 d 时，优质稻仅有几粒轻微黄变，脂肪酸值上升速度变快，其中，温度为 45，脂肪酸值上升最快，由 16 mgKOH/100g 上升至 28 mgKOH/100g；储存至 45 d 时，优质稻进入黄变初期，此时脂肪酸值最大，比 35 下脂肪酸值大 3.5 mgKOH/100g，

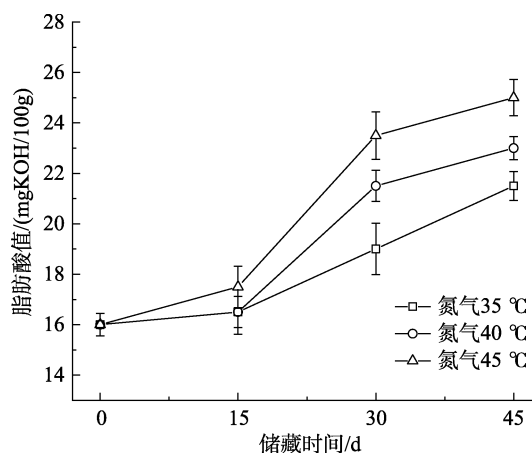


图 3 充氮气调优质稻脂肪酸值的变化

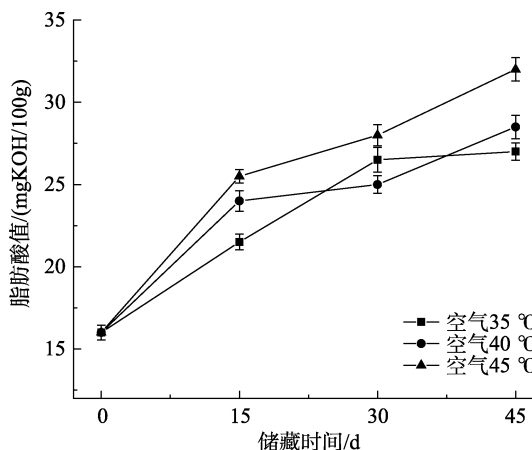


图 4 对照组优质稻脂肪酸值的变化

可知,在一定范围内,温度的升高可以提高酶活性,使生成脂肪酸的速度加快。图 4 对照组中,45 ℃ 下,优质稻储存 45 d,脂肪酸值为 32 mgKOH/100g,为轻度不宜存状态,而在 35 ℃、40 ℃ 下,为宜存状态。在储存至 15 d 时,优质稻均未发生黄变,然而,此时,脂肪酸值上升速率较快。在储存 15 至 45 d 内,优质稻由黄变初期进入黄变期,但脂肪酸值上升相对缓慢。储存 45 d,同氮气组一样,45 ℃ 下的优质稻上升最快,从 16 mgKOH/100g 升至 32 mgKOH/100g,上升幅度为 16 mgKOH/100g,而氮气组上升幅度仅为 9 mgKOH/100g,可能是因为氮气气调降低了环境中氧气浓度,抑制了优质稻的呼吸作用,使其本身的合成代谢减慢,脂类分解速率变缓<sup>[9]</sup>,因此,游离脂肪酸的含量较低。

在优质稻黄变过程中,脂肪酸值也随之变化,温度越高,脂肪酸值变化越大。氮气气调可明显抑制脂肪酸值的升高。因此,在实际生产中,黄变的优质稻应时时检测其脂肪酸值,并采取措施降低脂肪酸值变化速率。

### 2.3 氮气气调对优质稻黄变过程出糙率的影响

图 5、图 6 是优质稻在不同温度下黄变,其出糙率的变化情况。出糙率是评价稻谷加工品质的重要指标,在国标《稻谷》<sup>[10]</sup>中规定,籼稻可按出糙率大小分为三个等级,一、二、三等级分别为 79%、77%、75%。分析图 5,氮气组中,储存 45 d 的优质稻轻微发黄,为黄变初期,35 ℃ 下储藏优质稻的出糙率变化缓慢,仅下降 0.6%,40 ℃、45 ℃ 优质稻出糙率下降明显,特别是 45 ℃,出糙率从 79% 下降至 76.5%,优质稻等级由一级下降至三级。图 6 对照组中,优质稻储藏至 15 d,均未发生黄变,出糙率下降速度较快,优质稻从最初的一级稻谷下降至二级稻谷。在储藏至 45 d 后,优质稻均发生不同程度的黄变,其中 45 ℃ 下的优质稻黄变最为严重,对应的出糙率下降最快,下降幅度为 2.7%,优质稻等级也降为三级。储藏 45 d,氮气组与空气组相比,出糙率差别不大,最大差值为 0.5%,最小仅为 0.2%,但温度对优质稻的出糙率影响较大,储藏 45 d,氮气组中,35 ℃ 下的出糙率比 45 ℃ 高 1.9%,空气组中,高 1.6%。

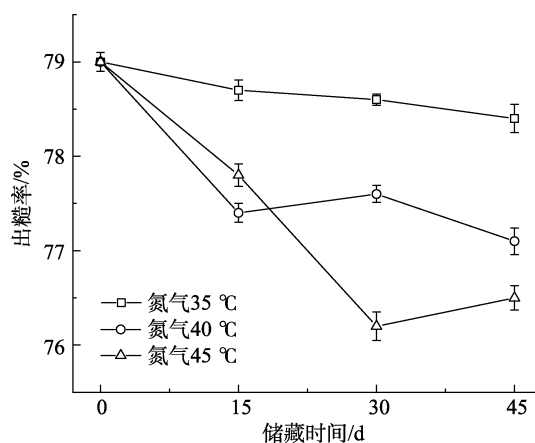


图 5 充氮气调优质稻出糙率的变化

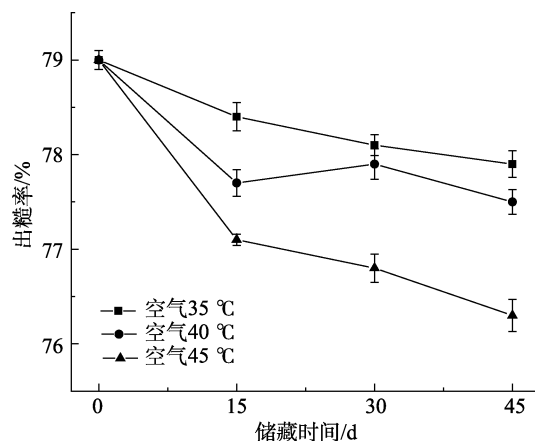


图 6 对照组优质稻出糙率的变化

氮气气调对优质稻黄变过程中出糙率的下降影响较小,而温度越高,其出糙率下降越快。因此,在延缓优质稻黄变及控制其加工品质变化时,仍以控制温度为主。

### 2.4 氮气气调对优质稻黄变过程整精米率的影响

图 7、图 8 是优质稻在不同温度下黄变,整精米率的变化情况。整精米率也是一项重要的加工品质指标。从图 7 可以看出,氮气气调下,优质稻储存 45 d,发生轻微黄变,整精米率也随之下降,其中,45 ℃ 下储藏的优质稻整精米率下降最快,下降幅度为 9.6%,比 35 ℃ 下整精米率下降幅度高 4.2%,说明温度越高,优质稻整精米率下降速度越快。图 8 为对照组,储存 45 d,优质稻黄变程度高于氮气组,而对应整精米率小于氮气组,氮气组在 35、40、45 ℃ 下整精米率分别为 52.6%、42.2%、38.5%,而空气组为 43.3%、32.7%、22.4%,说明氮气气调储藏可延缓优质稻整精米率的下降。这是因为对照组优质稻在高温

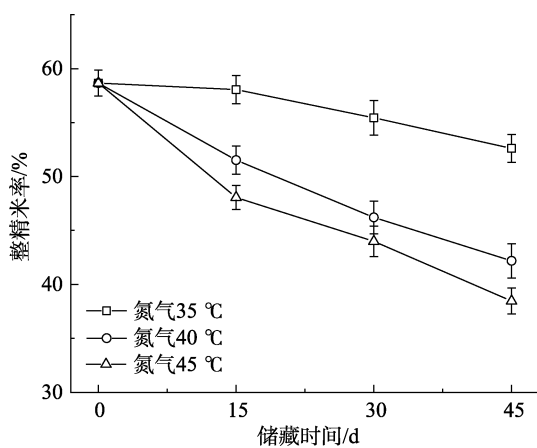


图7 充氮气调优质稻整精米率的变化

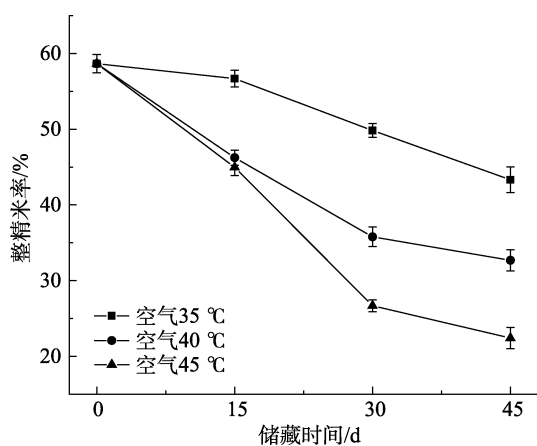


图8 对照组优质稻整精米率的变化

和氧充足条件下,稻谷中营养物质逐渐被消耗,导致品质下降,加工时易产生碎米,导致整精米率下降<sup>[11]</sup>。

### 3 结论

优质稻在高温下储存 45 d,发生黄变。相同气体条件下,温度与黄度指数成正比。氮气气调时,45℃下储藏优质稻的黄度指数比 35℃下高 1.5,对照组 45℃下比 35℃下高 3.3。相同温度下,空气组黄变程度明显高于氮气组,45℃下储藏,空气组黄度指数比氮气组高 3.0。因此,在一定程度上,氮气气调可以延缓由高温所影响的优质稻黄变。

在优质稻黄变过程中,其储藏品质、加工品

质均有所下降。温度越高,其品质下降越快。氮气气调下,储存 45 d 的优质稻脂肪酸值均未超过 30 mgKOH/100g,为宜存状态,而在对照组,45℃下脂肪酸值达到 32 mgKOH/100g,为轻度不宜存。氮气气调对优质稻出糙率影响不大,与对照组差值最大为 0.5%;但氮气气调可延缓优质稻整精米率的下降,储存 45 d,各温度下,氮气组整精米率比对照组高约 10%。因此,氮气可明显延缓优质稻黄变过程中的品质劣变。在优质稻储藏的实际过程中,应尽量避免高温,若条件受限,可通过氮气气调来减缓其黄变及品质变化程度。

### 参考文献:

- [1] 王艳梅,陈旭,季一顺,等.我国储粮技术的发展与应用现状[J].粮食科技与经济,2016,41(6):62-64.
- [2] 王春莲,陈丽华,邱晓聪,等.浅谈影响稻米品质变化的原因[J].福建热作科技,2016,41(3):66-68.
- [3] 蒋云鹏.优质稻黄华占在桐城种植表现及高产栽培技术[J].农业科技通讯,2014(9):193-194.
- [4] 陈伊娜,卢章明,谢静杰,等.高温高湿生态区稻谷储存期间品质变化研究[J].粮食储藏,2015,44(5):31-36.
- [5] 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, aop(aop).
- [6] BELEFANTMILLER H. Induced postharvest yellowing in southern U.S. rice cultivars[J]. Cereal Chemistry, 2009, 86(1): 67-69.
- [7] 粮油检验 大米颜色黄度指数测定:GB/T 24302—2009 [S].
- [8] 伍金娥,常超.稻谷储藏过程中主要营养素变化的研究进展[J].粮食与饲料工业,2008(1):5-6+9.
- [9] 李岩峰.充氮气调稻谷储藏研究[D].河南:河南工业大学,2010.
- [10] 稻谷:GB 1350—2009 [S].
- [11] SRIKAEK K, BOONROD C, RAHMAN M S. 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.