

不同品种糙米储藏期间品质变化规律的研究

高树成, 赵旭, 林子木

(辽宁省粮食科学研究所, 辽宁沈阳 110032)

摘要: 为探讨糙米储藏品质的变化规律及其影响因素, 选择辽宁地区常见的稻谷品种辽星、盐粳 218、田丰 202、锦稻 201 和盐丰 407 作为实验原料, 分别在准低温储藏 (20 ℃) 和农户常规储藏条件下储藏一年 (2014.12~2015.12), 对糙米样品的水分、脂肪酸值、电导率、过氧化氢酶活性、发芽率、品尝评分值和直链淀粉等品质指标进行了跟踪测定, 并对测定数据进行相关分析。试验结果表明: 随着糙米储藏时间的延长, 糙米脂肪酸值和电导率将逐渐增大, 而水分、过氧化氢酶活性、发芽率和品尝评分值将逐渐降低; 储藏方式以及品种的差异也对糙米储藏品质指标显著影响 ($p<0.05$)。通过综合分析糙米品质指标变化规律, 确定田丰 202 和锦稻 201 耐储性。并对田丰 202 的储藏品质指标进行了相关性分析, 分析表明可以采用过氧化氢酶、电导率、脂肪酸值和发芽率指标来反映糙米的耐储性。

关键词: 糙米; 储藏品质; 耐储性指标; 相关性

文章编号: 1673-9078(2017)3-244-250

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.3.037

A Study on the Rate of Change in the Quality of Different Brown Rice Varieties during Storage

GAO Shu-cheng, ZHAO Xu, LIN Zi-mu

(Liaoning Grain Science Research Institute, Shenyang 110032, China)

Abstract: To investigate the rate of change and factors influencing the quality of brown rice during storage, several rice varieties common in the Liaoning area were selected as experimental materials-Liaoxing, Yanjing 218, Tianfeng 202, Jindao 201, and Yanfeng 407. The moisture content, fatty acid value, conductivity, catalase activity, germination rate, taste evaluation value, amylose content, and other indicators of quality of brown rice samples were assessed and measured at quasi-low temperature (20 ℃) and conventional agricultural storage for 1 year (2014.12~2015.12). Furthermore, correlation analysis of the measured data was performed. The results showed that with increased storage time, fatty acid value, and conductivity gradually increased, whereas moisture, catalase activity, germination rate, and taste evaluation value gradually decreased. Differences in storage methods and rice varieties also had significant effects on indicators of the quality of stored brown rice ($p<0.05$). Comprehensive analysis of the changes in brown rice quality indicators revealed that Tianfeng 202 and Jindao 201 are more suitable for storage. In addition, correlation analysis of the storage quality index of Tianfeng 202 was performed, and results showed that catalase activity, conductivity, fatty acid value, and germination rate can be used as indicators reflecting the storage stability of brown rice.

Key words: brown rice, storage quality, storage stability, correlation analysis

稻谷是世界上最主要的粮食品种之一, 我国是世界稻谷生产大国。2014 年我国稻谷产量为 20650.74 万 t。稻谷去壳后的颖果即为糙米, 糙米储藏较稻谷储藏不仅节约大量的仓容, 提高仓容利用率, 同时还减少运输压力, 改善仓储条件^[1]。但由于糙米除去了稻壳, 失去了保护层, 储藏难度增加。关于糙米储存品质判定及储藏规范的国家标准至今仍未制定, 因此

收稿日期: 2016-01-07

基金项目: 辽宁省科学事业公益研究基金项目 (2014002002)

作者简介: 高树成 (1963-), 男, 教授级高级工程师, 研究方向: 粮油储藏与加工

通讯作者: 林子木 (1984-), 男, 工程师, 研究方向: 粮油储藏与加工

通过分析糙米储藏过程中生理生化指标的变化, 确定糙米耐储品种及影响储存品质变化的敏感指标是当前开展糙米储藏工作的研究重点。王玉凤等^[2]对不同储藏条件与粳糙米品质变化的关系以及储藏条件对粳糙米品质的影响进行了研究。张玉荣等^[3]分析模拟储藏条件下糙米生理生化指标随储藏时间的变化趋势, 并从反应动力学速率及所需活化能的角度分析糙米的陈化机理。但是关于糙米在农户储藏以及粮库储藏过程中品质变化规律以及不同品种之间的差异未见报道。

我国北方的长时间低温气候可以为糙米低温储藏提供天然条件, 不仅节省能源又能保证糙米的质量^[4]。通过对辽宁地区不同品种的糙米在储藏期间电导率、

过氧化氢酶活性、脂肪酸值、过氧化氢酶、发芽率、品尝评分值、直链淀粉和粗蛋白等品质指标的变化规律及其差异性的探讨和分析,研究不同品种糙米上述品质指标的变化及其差异性,并且通过准低温储藏与农户储藏不同方法的对比,提出储藏糙米品质变化的进程及规律,筛选糙米储藏品质敏感指标,确定较为耐储的糙米品种,对制定糙米安全储藏规程,引导适宜品种种植,具有十分重要的现实意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

糙米样品分别为当年辽星、盐粳 218、田丰 202、锦稻 201 和盐丰 407 等 5 个辽宁地产常见品种。

1.2 主要试剂

磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、磷酸二氢钾、高锰酸钾、30%过氧化氢、氢氧化钠和硫酸等,试剂均为分析纯。

1.3 主要仪器、设备

FOSS-1241 近红外谷物分析仪:丹麦福斯分析仪器公司;78-1 恒温培养箱:上海申贤恒温设备厂;101-2A 电热鼓风干燥箱:上海沪粤明科学仪器有限公司;电子天平:上海恒平科学仪器有限公司;锤式旋风磨:上海嘉定粮油检测仪器厂;恒温水浴锅:天津市华北实验仪器有限公司;DDSJ-308A 电导率仪:上海仪电科学仪器股份有限公司。

1.4 试验方法

对不同品种糙米在准低温储藏(温度 20 °C、平均湿度 50%)和农户储藏条件下主要理化指标进行分析。将 5 个糙米样品分别包装 2 袋,规格 50 kg,一袋置于密闭仓房准低温储藏,另一袋置于农户家储藏,储藏期 1 年(2014.12~2015.11)。

1.4.1 水分测定

按照 GB 5497-1985 的方法测定。

1.4.2 脂肪酸值测定

按照 GB/T 5510-2011 的方法测定。

1.4.3 电导率测定

精选 50 粒外观无损伤的糙米并称重,先用蒸馏水冲洗 3 次,然后用滤纸吸干浮水置于带塞试管中,加入 50 mL 蒸馏水浸泡,另取一洗净的空试管加 50 mL 蒸馏水作空白对照。试样于 30 °C 恒温培养箱浸泡 13 h 后,在室温下用电导率仪测定浸泡液的绝对电导率。

1.4.4 过氧化氢酶活性测定

按照 GB/T 5522-2008 的方法测定。

1.4.5 发芽率测定

按照 GB/T 5520-2008 的方法测定。

1.4.6 食用品质感官评价(品尝评分值)测定

参照 GB/T 15682-2008 的方法测定。

1.4.7 直链淀粉测定

参照 GB/T 15683-2008 的方法测定。

1.4.8 数据分析

选取耐储的糙米品种,运用 SPSS 软件和 Excel 软件进行数据分析,测定结果重复 3 次。其中组内显著性分析采用 Duncan 检验,相关性分析采用 Pearson 过程对耐储糙米进行相关性分析, $p < 0.05$ 为有显著差异, $p < 0.01$ 为有极显著差异。

2 结果与分析

2.1 糙米水分随储藏时间的变化

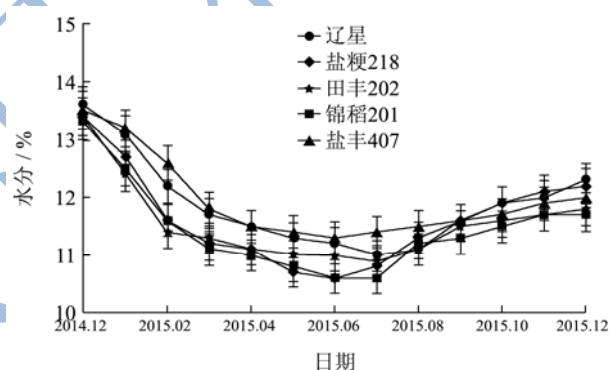


图 1 准低温储藏水分的变化

Fig.1 Changes in moisture during quasi-low temperature storage

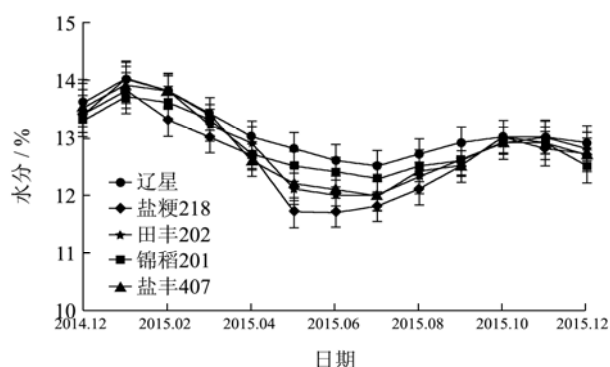


图 2 农户储藏水分的变化

Fig.2 Changes in moisture during farmer storage

从图 1 和图 2 可以看出,随着储存时间的延长,两种储藏方式各糙米水分都呈下降趋势,准低温储藏较农户储藏糙米水分波动幅度较大。准低温储藏下糙米水分在前 4 个月下降速率较快,这是由于准低温储

藏初期环境湿度较低,糙米与环境之间进行水分交换所致,之后达到动态平衡,水分含量走势平稳。从第5个月后开始,糙米水分又出现小幅增高走势,这是因为经过前期的水分降低,这时的糙米水分组成可能主要为结合水,并且随着外界气温的逐渐升高(尤其在第7个月后),环境湿度也有所增高,进而导致水分交换的发生。同时发现,在准低温储藏下,相同初始含水量的不同品种糙米,各自水分含量的下降幅度也不同,表明不同品种彼此间存在差异性。

农户储藏条件下的糙米水分在第1个月受外界环境湿度(仓房内RH平均为68%)影响平衡水分小幅增高,之后在4个月内缓慢下降,这是因为在此期间外界环境温度较低,平均在4℃左右,且环境湿度也逐渐降低,水分交换作用较慢所致,第5个月后,外界湿度增大,糙米水分略有上升,10月份后,由于外界温湿度的变化,导致糙米水分又出现小幅下降,由此可以看出,农户储藏方式下糙米水分的变化受外界环境温湿度变化影响明显,呈上下波动走势,总体上各品种走势基本一致。而准低温储藏,由于糙米在一个相对稳定的温度范围内15~20℃条件下储藏,储藏环境的湿度范围变化就相对较小,因此,糙米的水分含量变化走势相对较单一。

2.2 脂肪酸值随储藏时间的变化

随着糙米储存时间延长,脂肪酸在脂肪酶和磷脂酶的作用下不断地被释放出来^[5]。从图3、图4可以看出两种储藏方式的脂肪酸值变化趋势基本一致,均随着储藏时间的延长,各品种糙米脂肪酸值呈上升趋势,脂肪酸值与储藏时间之间有良好的线性关系,其中准低温储藏糙米脂肪酸值变化较比农户储藏糙米慢,农户储藏的脂肪酸值略高于准低温储藏。在整个储藏期间,各品种糙米的脂肪酸值排序:盐粳218>辽星>盐丰407>锦稻201>田丰202,同时发现两种储藏方式下,相比其他品种田丰202脂肪酸值增幅都是最小。因此,由脂肪酸值判断得出,田丰202最适于储藏。

同时在两种储藏方式下,从各品种糙米脂肪酸值的比较可看出,盐粳218和辽星脂肪酸值前期增值较小,但后期增幅迅速加大,较其他品种糙米的脂肪酸值增加明显,另外,在准低温储藏下,相比盐粳218,辽星在储藏6个月后,脂肪酸值才开始大幅上升,时间滞后于其他品种糙米。可能是由于不同品种糙米在储藏期内的变化规律不同,即经历前期诱导阶段后,开始进入脂肪快速氧化阶段的时间不同所致。正是由于不同品种糙米间的这种差异较为明显,因此,笔者认为虽然脂肪酸值可以作为判定糙米陈化和裂变的重

要指标,但最好应用于单一品种,而相对于不同品种糙米而言,就不能单纯以脂肪酸值作为新陈度判定指标,应该综合品种、储藏环境及各种化学品质指标等进行新陈度的判别。

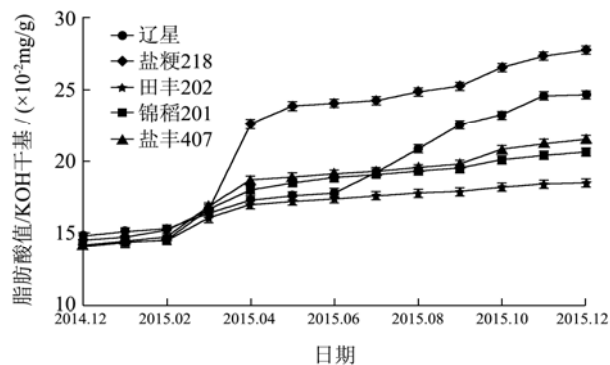


图3 准低温储藏脂肪酸值的变化

Fig.3 Changes in fatty acid value during quasi-low temperature storage

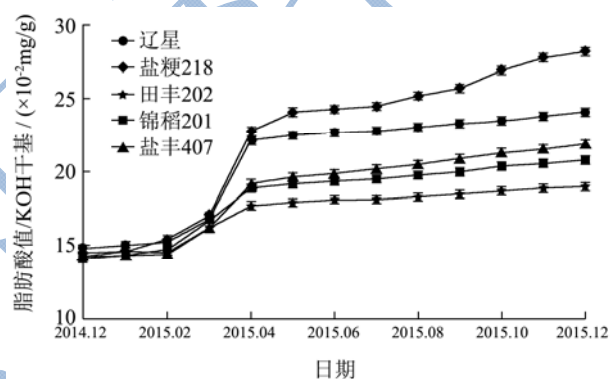


图4 农户储藏脂肪酸值的变化

Fig.4 Changes in fatty acid value during farmer storage

2.3 电导率随储藏时间的变化

膜脂过氧化导致膜功能的变化是引起细胞电解质渗漏的主要原因^[6],电解质渗漏则导致电导率大幅增加,膜透性增强。从图5和图6可以看出,在两种储藏方式下,各品种糙米的电导率均逐渐增加,这主要是随储藏时间的增加,种子在陈化过程中生理活性逐渐降低,膜透性增加,导致糙米的浸出液电导率均呈上升趋势。相比之下,农户储藏糙米电导率的变化幅度要明显大于准低温储藏,这是因为农户储藏随着季节温度的变化,尤其在4~9月份期间,随着环境温度逐渐上升,糙米陈化显著,细胞活力减弱,细胞膜透性增强,细胞中电解质渗漏,导致浸出液电导率急剧上升,由此可见,温度是影响糙米浸出液电导率变化的重要因素。而在随后的储藏时间里,两种储藏方式下,糙米电导率的增加均趋于缓慢,这表示此时细胞膜的透性增加也趋于平缓^[7]。

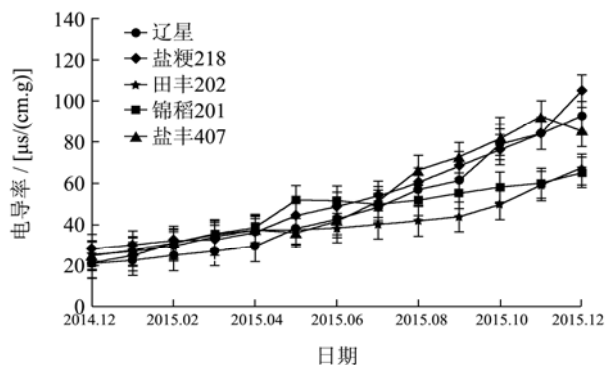


图5 准低温储藏电导率的变化

Fig.5 Changes in conductivity during quasi-low temperature storage

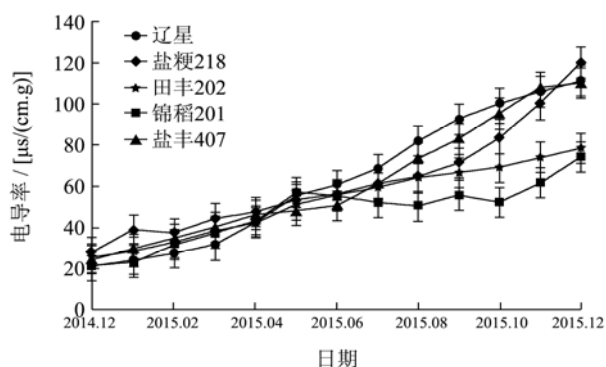


图6 农户储藏电导率的变化

Fig.6 Changes in conductivity during farmer storage

此外,从各个品种互相比较得出,在储藏的前4个月内,两种储藏方式下,各品种电导率数值增长趋势基本一致,之后,辽星、盐粳218和盐丰407增长幅度远远大于田丰202和锦稻201。并且在储藏期末,农户储藏方式下的各糙米品种的电导率都明显高于准低温储藏电导率。通过比较得出,在所选取的各品种糙米样品中,锦稻201和田丰202在储藏期间电导率变化幅度较小,较适于储藏。

2.4 过氧化氢酶随储藏时间的变化

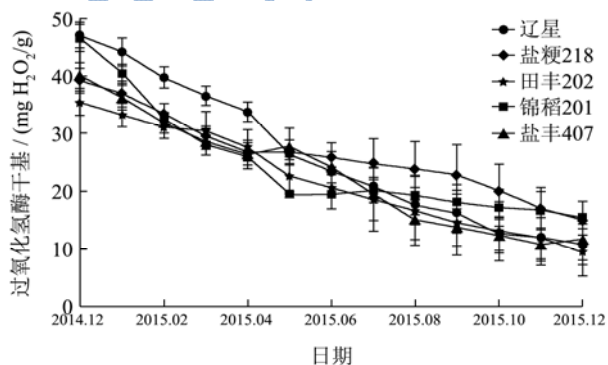


图7 准低温储藏过氧化氢酶的变化

Fig.7 Changes in catalase activity during quasi-low temperature storage

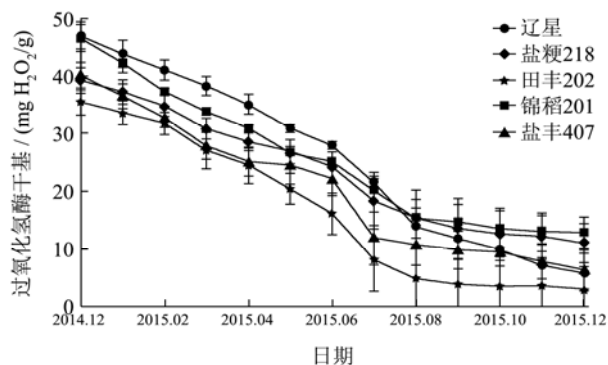


图8 农户储藏过氧化氢酶的变化

Fig.8 Changes in catalase activity during farmer storage

从图7和图8可以看出,在两种储藏方式下,随着储藏时间的延长,不同品种糙米过氧化氢酶的活性均有所降低,农户储藏下糙米过氧化氢酶活性降幅比准低温条件下大,尤其在6~9月份期间,农户储藏方式下,糙米过氧化氢酶活性变化速率明显加快,这是由于进入6月份,随着夏季的到来,受外界温度影响,温度越高,糙米的过氧化氢酶活性变化越快。这可能是高温状态使糙米处于一个不稳定的环境中,加速了丙二醛的产生,丙二醛具有强交联性质,破坏蛋白质的结构和催化功能,而过氧化氢酶是蛋白质,因此在一定程度上降低了它的活性^[8]。通过试验还发现,过氧化氢酶的活性与糙米发芽率有着密切的关系,糙米的过氧化氢酶活性降低时,发芽率也相应下降,其原因在于过氧化氢酶活性降低,分解过氧化氢的能力就低,以致过氧化氢积累,抑制谷物的正常呼吸^[9]。因此,糙米过氧化氢酶活性与发芽率存在着正相关性,与糙米储藏品质也密切相关。但实验还发现,不同品种糙米的过氧化氢酶活性与发芽率之间关系的变化存在着差异,例如:在准低温储藏条件下,田丰202的初始过氧化氢酶活性比盐粳218低,但是其初始发芽率确比盐粳218高,而且随着储藏时间的延长,这种趋势变化是一致的,并且在农户储藏方式下也如此。这种差异性有待继续研究和探索。

2.5 发芽率随储藏时间的变化

发芽率是鉴定种子生命力和新鲜程度的重要指标,可用于评定粮食在储藏过程中的品质变化及其新鲜程度。从图9和图10可以看出,两种储藏方式下的发芽率趋势差别不大,相比准低温储藏,农户储藏下糙米发芽率的变化幅度略大些,这可能是由于受外界温度范围变化较大影响所致,但总体上均随着储藏时间的延长,各品种糙米的发芽率呈下降趋势,并且不同品种间在每个储藏月份下降的幅度也不同,说明不同品种间存在差异性。同时发现,在两种储藏方式下,

前3个月,各品种的糙米发芽率走势平稳,趋势基本一致。从第4个月,各品种糙米发芽率下降幅度开始加大,尤其盐粳218发芽率下降幅度明显大于其他品种。在1年储藏期末,对比各品种发芽率,盐粳218最低,其余品种发芽率都保持在70%以上,其中田丰202最高,锦稻201次之。

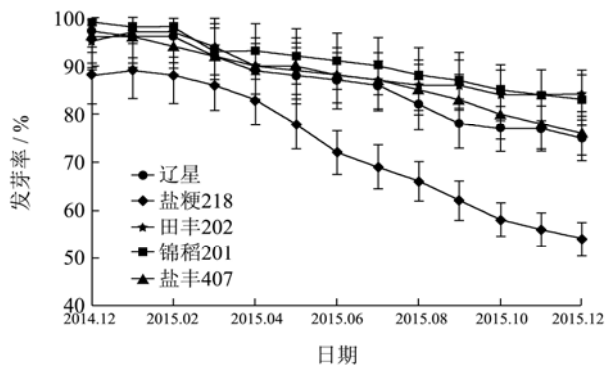


图9 准低温储藏发芽率的变化

Fig.9 Changes in germination rate during quasi-low temperature storage

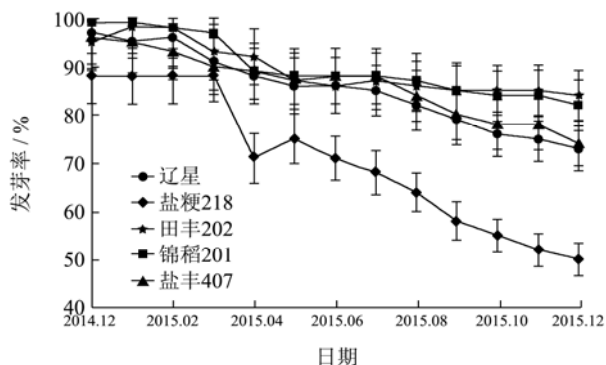


图10 农户储藏温发芽率的变化

Fig.10 Changes in germination rate during farmer storage

2.6 食用品质感官评价(品尝评分值)随储藏

时间的变化

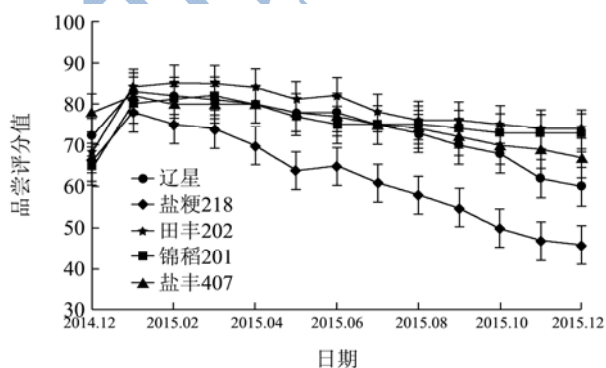


图11 准低温储藏品尝评分值的变化

Fig.11 Changes in taste evaluated value during quasi-low temperature storage

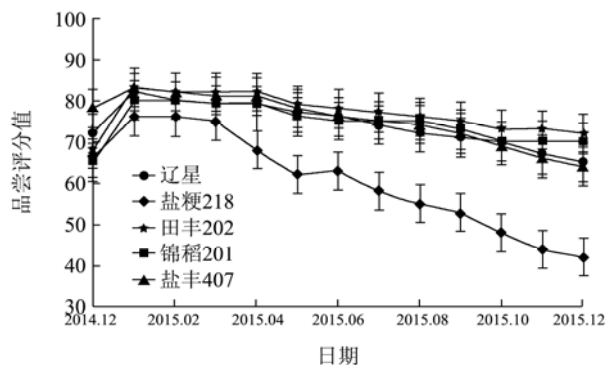


图12 农户储藏品尝评分值的变化

Fig.12 Changes in taste evaluated value during farmer storage

从图11和图12可以看出,随着储存时间的延长,各品种糙米品尝评分值均呈下降趋势。两种储藏条件下糙米品尝评分值趋势基本一致。研究发现,无论农户储藏还是准低温储藏方式,各品种糙米的品尝评分值在储藏第1个月内,均呈现小幅增高走势,这可能是由于实验糙米样品均采用当年新收获稻谷,这时稻谷生理上还没有完全成熟,胚的发育也未结束,这时期的表现为呼吸旺盛,工艺品质不良,但经过一段时间的储藏,达到生理上的完全成熟,这时的糙米呼吸作用减弱,稳定性加强,品质得到改善,因此造成品尝评分值的增高。之后随着储藏时间的延长,期间受糙米内部的呼吸作用及脂肪氧化反应、水解反应等一系列生理生化反应的影响,粮食品质开始逐渐下降,品尝评分值逐渐降低。通过比较得出,在两种储藏条件下,除了田丰202和锦稻201的最终品尝评分值在70分以上,其余各品种都在70分以下,并且在所选取的各品种糙米样品中,田丰202和锦稻201在储藏期间品尝评分值变化幅度较小,评分值明显都高于其他品种。

同时还发现,由于不同品种内部各组分含量的不同,造成初始评分值也存在差别,并且在整个储藏过程中,伴随着一系列生理生化反应,各品种糙米食用品质之间的差异性也较明显,即表现为初始食用品质好的糙米在经过一定的储藏期后,相比其他品种,其食用品质就不一定好。

2.7 直链淀粉随储藏时间的变化

直链淀粉含量较易受环境的影响,与大米的口感有较大的相关性。研究表明:对于不同品种的稻谷,直链淀粉的含量与蒸煮大米的粘度呈负相关,而与硬度呈正相关^[10]。另外直链淀粉的含量在稻谷陈化过程中有所增加,但增加的量很小^[11,12]。因此大米样品蒸煮时溶解在水中的直链淀粉的含量也是被用来评价大米品质的指标之一,所以直链淀粉对糙米的品质评价

也具有一定的指导意义。

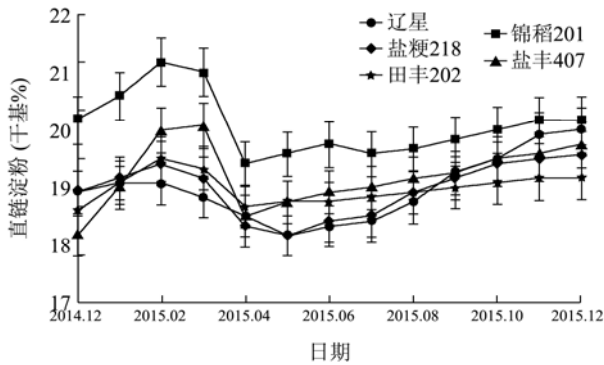


图 13 准低温储藏直链淀粉的变化

Fig.13 Changes in amylose content during quasi-low temperature storage

从图 13 及图 14 中可以看出, 在储藏初期, 两种储藏方式下各品种糙米的直链淀粉含量都出现先增加后下降的走势 (农户储藏下的盐粳 218 和锦稻 201 除外), 这可能是游离脂肪酸与直链淀粉结合从而改变了淀粉的性质, 也可能是直链淀粉分子聚合使其发生变化所致。随后各品种糙米直链淀粉含量均小幅缓慢增加。同时发现, 农户储藏下的各品种糙米直链淀粉含量在 5 个月后会达到最低, 这与在准低温储藏条件下的走势有所区别, 可能是由于农户储藏条件下样品易受外界环境温湿度变化的影响, 进而导致影响糙米内

部组分间生理生化的反应时间不同所造成^[13]。总体上, 在两种储藏方式下, 糙米的直链淀粉含量均有所增加, 但增加的量较小。在所选取的样品中, 相比其他品种糙米, 田丰 202 和盐粳 218 的直链淀粉含量在储藏期间变化幅度均较小, 较为稳定。

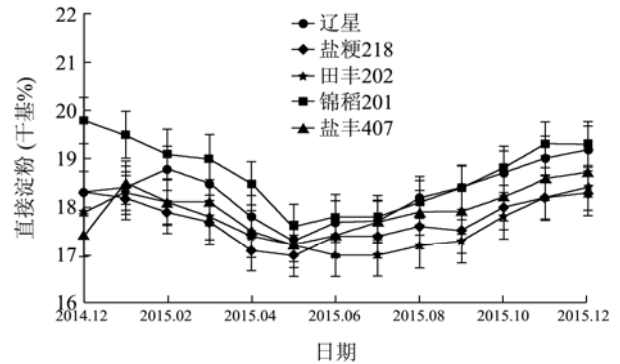


图 14 农户储藏直链淀粉的变化

Fig.14 Changes in amylose content during farmer storage

2.8 储藏糙米各项指标的相关系数分析

根据以上综合分析, 可以得出田丰 202 为较耐储品种。而由于糙米耐储性和理化品质可能会存在某些必然的联系。因此, 将田丰 202 各项指标进行相关性分析, 以期指导建立鉴定糙米耐储性的评价体系。

表 1 准低温储藏各指标相关性

Table 1 Correlation of various indexes in quasi-low temperature storage

| | 水分 | 直链淀粉 | 发芽率 | 脂肪酸值 | 品尝评分值 | 电导率 | 过氧化氢酶 |
|-------|--------|---------|---------|---------|-------|---------|-------|
| 水分 | 1 | | | | | | |
| 直链淀粉 | 0.11 | 1 | | | | | |
| 发芽率 | -0.23 | -0.48** | 1 | | | | |
| 脂肪酸值 | -0.56* | -0.66* | -0.85** | 1 | | | |
| 品尝评分值 | -0.53 | 0.58* | -0.40 | -0.27 | 1 | | |
| 电导率 | -0.23 | -0.48 | -0.86** | 0.85** | -0.40 | 1 | |
| 过氧化氢酶 | 0.39 | 0.65* | 0.92** | -0.94** | 0.41 | -0.92** | 1 |

注: “**” 和 “*” 分别为 0.01 和 0.05 显著性水平。

表 2 农户储藏各指标相关性

Table 2 Correlation of various indexes in farmer storage

| | 水分 | 直链淀粉 | 发芽率 | 脂肪酸值 | 品尝评分值 | 电导率 | 过氧化氢酶 |
|-------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|-------|
| 水分 | 1 | | | | | | |
| 直链淀粉 | 0.74** | 1 | | | | | |
| 发芽率 | -0.60* | 0.01 | 1 | | | | |
| 脂肪酸值 | -0.76** | -0.31 | -0.92** | 1 | | | |
| 品尝评分值 | 0.21 | -0.29 | -0.42 | -0.30 | 1 | | |
| 电导率 | -0.60 | -0.92** | -0.92** | 0.94** | -0.42 | 1 | |
| 过氧化氢酶 | 0.62* | 0.06 | 0.94** | -0.92** | 0.45 | -0.94** | 1 |

注: “**” 和 “*” 分别为 0.01 和 0.05 显著性水平。

从表1和表2分析:两种储藏方式下,各指标间相关性系数显著的著性存在一定差异。准低温储藏时:水分与直链淀粉无显著相关性,而农户储藏时,二者呈极显著正相关关系;水分与发芽率、水分与过氧化氢酶在两种储藏条件下亦存在不同相关性。这说明在低温储存条件下,水分得到良好的控制,糙米的各项指标与水分相关性不大。而在农户储藏条件下,糙米主要受周围环境影响,随着环境的温度和湿度的变化,糙米的品质也随之变化。

两种储藏下糙米其他指标的相关性基本一致,过氧化氢酶与发芽率呈显著正相关,与脂肪酸值和电导率呈显著负相关;脂肪酸值与发芽率呈显著负相关;电导率与发芽率呈显著负相关,与脂肪酸值呈显著正相关。分析表明,可以采用过氧化氢酶、电导率、脂肪酸值和发芽率指标来反映糙米的耐储性。

3 结论

3.1 随着糙米储藏时间的延长和陈化程度的加深,试验所用的糙米品种的脂肪酸值、电导率将逐渐增大,而水分、过氧化氢酶、发芽率和品尝评分值将逐渐降低。这些指标可在很大程度上反映糙米品质的差异程度。

3.2 不同储藏条件对糙米品质指标的变化影响显著,准低温储藏更易于延缓糙米品质的劣变。在储藏前3个月,糙米准低温储藏与农户储藏相比品质差别不大,主要是由于冬季环境影响。进入春季,尤其过夏以后,准低温储藏仍能较好的保持糙米品质,而农户储藏糙米则劣变严重。

3.3 不同品种在储存期的多项品质指标不同。研究和分析储藏糙米品质指标有必要进行分类处理。通过对以上5个品种的储藏品质指标综合分析,田丰202和锦稻201在过氧化氢酶、电导率、脂肪酸值和发芽率等指标表现较好,因此田丰202和锦稻201较为适宜作为糙米储藏。

3.4 本研究还对所测定的项目指标结果进行统计综合分析,获得相关系数。结果表明:过氧化氢酶与发芽率呈显著正相关,与脂肪酸值和电导率呈显著负相关;脂肪酸值与发芽率呈显著负相关。分析表明,可以采用过氧化氢酶、电导率、脂肪酸值和发芽率等指标来综合反映糙米的耐储性。

参考文献

[1] 朱光有,张玉荣,贾少英,等.国内外糙米储藏品质变化研究现状及展望[J].粮食与饲料工业,2011,12(10):1-4
ZHU Guang-you, ZHANG Yu-rong, JIA Shao-ying, et al.

Research status and prospect of the storage quality changes of brown rice at home and abroad [J]. Cereal & Feed Industry, 2011, 12(10): 1-4

[2] 王玉凤,孙培玲,夏吉庆.糙米保鲜储藏技术试验研究[J].中国粮油学报,2009,24(5):95-98
WANG Yu-feng, SUN Pei-ling, XIA Ji-qing. Storage and fresh-keeping technology of brown rice [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(5): 95-98

[3] 包清彬,猪谷富雄.储藏条件对糙米理化特性影响的研究[J].农业工程学报,2003,19(6):25-27
BAO Qing-bin, TOMIOItani. Influence of storage conditions on physicochemical characteristic of brown rice [J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(6): 25-27

[4] 巩嵩,李琛,彭真华,等.糙米在低温高海拔地区的储藏试验研究[J].河南工业大学学报(自然科学版),2011,32(5):47-50
GONG Ai, LI Chen, PENG Zhen-hua, et al. Experiment of brown rice storage in high altitude and low temperature area [J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2011, 32(5): 47-50

[5] Aibara S, Ismail I A. Changes in rice bran lipids and fatty acids during storage [J]. Agriculture Biology Chemistry, 1986, 50(3): 665-673

[6] 张瑛,吴先山,吴敬德,等.稻谷储藏过程中理化特性变化的研究[J].中国粮油学报,2003,18(6):20-24
ZHANG Ying, WU Xian-shan, WU Jing-de, et al. Study on physical and chemical characters in rice storage [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2003, 18(6): 20-24

[7] Baoua I B, Amadou L, Lowenberg-Deboer J D, et al. Side by side comparison of grainproand pics bags for postharvest preservation of cowpea grain in niger [J]. Journal of Stored Products Research, 2013, 54(3): 13-16

[8] T Franca, P Costantino, C Maria, et al. Effects of storage temperature on viability, germination and antioxidant metabolism in ginkgo biloba l.seeds. [J]. Plant Physiology and Chemistry, 2006, 44(5-6): 359-368

[9] R J Hodges, Surendro. Detection of controlled atmosphere changes in CO₂- flushed sealedenclosures for pest and quality management of bagged milled rice [J]. J. Stored Prod. Res., 1996, 32(1): 97-100

[10] 任顺成,周瑞芳,李永红.大米陈化过程中谷蛋白与大米质构特性的变化[J].中国粮油学报,2002,17(3):42-46
REN Shun-cheng, ZHOU Rui-fang, LI Yong-hong. Changes of oryzenin and texture properties during rice aging [J]. Agriculture Biology Chemistry, 2002, 17(3): 42-46

- [11] Rajendra K K. Properties of rice starch from paddy stored in cold and at room temperature [J]. Starch Stärke, 1991, 43(5): 165-168
- [12] Bridgers E N, Chinn M S, Truong V D. Extraction of anthocyanins from industrial purple-fleshed sweetpotatoes and enzymatic hydrolysis of residues for fermentable sugars [J]. Industrial Crops and Products, 2010, 32(3): 613-620
- [13] 包金阳. 不同水分的糙米储藏品质的变化及其机理研究 [D]. 郑州: 河南工业大学, 2011
- BAO Jin-yang. Study on the changes and the mechanism of the brown rice with different moisture [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2011

现代食品科技