

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.01.011

朱麟, 佟立涛, 何悦, 等. 不同包装对籼粳杂交大米及其蒸煮米饭品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(1): 93-100.

ZHU L, TONG L, HE Y, et al. Effects of different packaging on quality of indica-japonica hybrid rice and cooked rice [J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(1): 93-100.

# 不同包装对籼粳杂交大米及其 蒸煮米饭品质的影响

朱麟<sup>1</sup>, 佟立涛<sup>2</sup>, 何悦<sup>2</sup>, 林旭东<sup>1</sup>, 凌建刚<sup>1</sup>

(1. 宁波市农科院 农产品加工研究所, 国家蔬菜加工技术研发专业中心,  
宁波市农产品保鲜工程重点实验室, 浙江 宁波 315140;  
2. 中国农业科学院 农产品加工研究所, 北京 100094)

**摘要:** 为明确籼粳杂交大米在不同包装内的品质变化规律, 以甬优 15 大米为原料, 研究在室温下 (20~25 °C), 编织袋、PE 袋、真空包装、牛皮纸袋 4 种包装对其大米及蒸煮米饭品质的影响。结果表明, 随着贮藏时间的延长, 籼粳杂交大米的脂肪酸值、直链淀粉含量、米饭硬度逐步增加, 而大米新鲜度值、大米食味值、米饭黏度、米饭食味值等逐渐降低, 各品质指标之间相关性显著 ( $P < 0.01$ ), 并经因子分析综合评价及感官验证, 4 种包装的贮藏效果依次为: 真空 > PE 袋 > 编织袋 > 牛皮纸袋。以上结果表明, 真空及阻隔性好的包装可有效延缓籼粳杂交大米及其蒸煮米饭品质的下降, 提高其贮藏品质。

**关键词:** 籼粳杂交稻; 甬优系列; 包装; 贮藏; 品质; 食味值

中图分类号: S377 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2022)01-0093-08

## Effects of Different Packaging on Quality of Indica-Japonica Hybrid Rice and Cooked Rice

ZHU Lin<sup>1</sup>, TONG Li-tao<sup>2</sup>, HE Yue<sup>2</sup>, LIN Xu-dong<sup>1</sup>, LING Jian-gang<sup>1</sup>

(1. Institute of Agricultural Products Processing, Ningbo Academy of Agricultural Science; National R&D Center for Vegetables Processing Technology; Ningbo Key Laboratory for Preservation Engineering of Agricultural Products, Ningbo, Zhejiang 315040, China; 2. Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China)

**Abstract:** In order to clarify the quality change of indica-japonica hybrid rice in different packaging, this experiment was conducted to study the effects of four packaging, woven bags, PE bags, vacuum packages and kraft paper bags, on the rice and steamed rice quality at room temperature (20~25 °C) with YongYu 15 rice as raw material. The results showed that, with the extension of storage time, the fatty acid value, amylose

收稿日期: 2021-08-05

基金项目: 宁波市农业科技创新工程项目 (2019CXGC005); 宁波市公益类科技项目 (202002N3087, 2019C10021); 郑州区科技攻关项目 (郑科 [2018] 74 号)

**Supported by:** Science and Technology Cooperative Innovation Project between Ningbo Academy of Agricultural Sciences and Chinese Academy of Agricultural Sciences (No. 2019CXGC005); Public Welfare Science and Technology Project of Ningbo (No. 202002N3087, No. 2019C10021); Science and Technology Research Project of Yinzhou (No. Yinke [2018] 74)

作者简介: 朱麟, 男, 1984 年出生, 硕士, 副研究员, 研究方向为农产品加工及贮藏。E-mail: zhulin0822@163.com.

content and rice hardness of indica japonica hybrid rice increased gradually, while the indexes of rice freshness value, taste value, viscosity and taste value of rice decreased gradually. The correlation between the quality indexes was significant ( $P < 0.01$ ). The results were evaluated by factor analysis and verified by sensory evaluation, the storage effects of the four kinds of packaging was as follows: Vacuum > PE bag > woven bag > kraft paper bag. The above results show that, the vacuum and barrier packaging could effectively delay the decrease of the quality of indica-japonica hybrid rice and its cooked rice, and improve its storage quality.

**Key words:** indica-japonica hybrid rice; Yongyou series; packaging; storage; quality; taste value

籼粳杂交稻,是以籼稻为父本、粳稻为母本的远源杂交新品种稻米<sup>[1]</sup>,其超高产能力突出,口感兼具籼米的清香和粳米的柔滑,被认为是未来杂交稻发展的主要方向<sup>[2]</sup>。目前,籼粳杂交水稻已在我国南方地区广泛种植<sup>[3-5]</sup>,仅“甬优”一个品系杂交稻种推广面积已达5 200多万亩<sup>[6]</sup>,成为我国稻谷种质资源的重要组成部分。

良好的贮藏环境和科学的包装可以更好地维持稻米的贮藏品质,如陆益钡等<sup>[7]</sup>采用真空PET包装有效提高珍珠米饭的质构特性,减少米汤pH值上升;谢骏琦、李莉等<sup>[8-9]</sup>应用纳米抗菌包装有效抑制胚芽米(五优稻4号)微生物繁殖及酶活力等品质指标的下降。随着籼粳杂交稻种植规模的持续扩大,对其采后包装技术的研究陆续有所报道,李凡等<sup>[10]</sup>研究了PE袋包装及干燥剂、脱氧剂添加对甬优15、春优84、春优927等籼粳杂交稻谷水分、碾米品质、外观及营养品质等指标的影响,指出PE包装结合干燥、脱氧剂可以有效维持籼粳稻谷的低水分和原有品质;王剑功等<sup>[11]</sup>研究了真空与非真空包装结合保鲜剂(1-甲基环丙烯)处理对不同加工形态甬优1540籼粳杂交稻米陈化和贮藏品质的影响,指出加工程度越高,稻米越易陈化,而真空包装可以延缓精米垩白粒率、色差、丙二醛含量等指标的上升。但现阶段对于籼粳杂交大米贮运生产中常用包装对其食味品质变化的影响研究鲜有报道。

本研究结合大米食味计、米饭食味计等先进仪器设备,从大米及其蒸煮米饭品质的角度出发,研究编织袋、聚乙烯(PE)袋、真空包装、牛皮纸袋等常见包装对籼粳杂交大米不同货架期综合品质影响,进一步明确其采后品质变化规律,对于指导籼粳杂交大米贮运生产具有借鉴意义。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验材料

甬优15籼粳杂交稻谷:宁波市象山县粮食收储有限公司于2019年11月在当地收购。试验包装(均为2.5 kg,通用透明编织袋)、透明PE袋(17 cm×43 cm×7 cm,厚0.24 mm)、真空包装袋(PA与PE复合材质,尺寸为18 cm×43 cm×6 cm,厚0.24 mm)、无覆膜牛皮纸袋(28.5 cm×19.5 cm×8 cm,厚1 mm):市售。

### 1.2 仪器与设备

RFDM1B测鲜仪、JSWL200大米食味计、STA/A米饭食味计:日本佐竹公司;光度测定仪:梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 试验样品处理

将当季新鲜烘干的甬优15稻谷(水分含量14%~15%),参照GB 1350—2009《稻谷》中方法贮藏约6个月,于2020年5月按照GB/T 1354—2018《大米》要求碾成一级大米,当天分别装入编织袋、PE袋、真空包装袋、牛皮纸袋中,每包装2.5 kg,置于20~25℃实验室货架中,每处理6个重复。分别于碾米当天(第0 d)、贮藏第45、90、135、180 d检测大米及其蒸煮米饭的品质指标(每个样品平行测定3次以上)。

#### 1.3.2 品质指标检测

脂肪酸值按照GB/T 29405—2012《粮油检验 谷物及制品脂肪酸值测定仪器法》测定;新鲜度值参照LS/T 6118—2017《粮油检验 稻谷新鲜度测定与判别》,采用稻谷新鲜度测定仪测定;直链淀粉含量、大米食味值采用大米食味计测定;米饭硬

度、黏度、食味值参照徐琳娜<sup>[12]</sup>方法,采用米饭食味计测定;感官评定参照 GB/T 15682—2008《粮油检验稻谷、大米蒸煮食用品质感官评价方法》评定。

#### 1.4 数据分析

利用 SPSS 20.0 软件进行数据显著性分析(One-Way ANOVA)及因子分析<sup>[13-14]</sup>,采用 Origin 2018 软件制图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同包装对甬优 15 大米贮期品质的影响

#### 2.1.1 不同包装对甬优 15 大米贮期脂肪酸值的影响

脂肪酸值代表大米中脂肪类物质氧化形成游离脂肪酸的程度,GB/T 20569—2006 将脂肪酸值作为稻谷储存品质判定的主要指标之一,不同包装对甬优 15 米贮期脂肪酸值的影响见图 1。从图 1 可以看出,随着贮藏时间的延长,不同包装处理的甬优 15 大米脂肪酸值呈不同幅度上升趋势,其中编织袋、PE 袋、牛皮纸袋三组处理的大米脂肪酸值在贮藏初期增长较快,后期增长幅度略微趋缓,采用牛皮纸袋包装的大米,贮藏 90 d,即达到 26.8 mg KOH/100 g,超过了 GB/T 20569—2006 中“宜存”的含量范围( $\leq 25.0$  mg KOH/100 g,按粳稻计),编织袋和 PE 包装中大米的脂肪酸含量也在 135 d 达到这一阈值,说明这三种包装宜贮的期限在 90~135 d 内;真空包装大米的脂肪酸值增长幅度显著低于其它三组( $P < 0.05$ ),趋势平缓,贮藏 180 d 后,脂肪酸值仅增加 3.07 mg KOH/100 g,其值为 20.672 mg KOH/100 g,说明阻隔空气对于贮期大米的陈化具有显著的抑制效

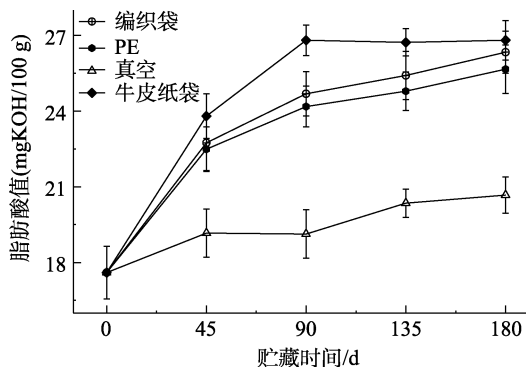


图 1 不同包装对甬优 15 米贮期脂肪酸值的影响

Fig.1 Effect of different packaging on fatty acid value of Yongyou 15 during storage

果,这与王剑功等<sup>[11]</sup>的研究结论相似,即真空包装相对于非真空包装,对于抑制脂肪酸值的增加具有显著效果,这是由于真空包装大幅降低了大米周边的氧气含量,延缓了米中脂肪类物质的氧化进程,而牛皮纸袋、编织袋等透气性较好的包装,由于空气交换快、氧气含量高,其内部的大米脂肪类物质氧化更快,脂肪酸值更高。

#### 2.1.2 不同包装对甬优 15 大米贮期新鲜度值的影响

大米在陈化过程中不断积累醛酮类物质,大米新鲜度值是依据积累的醛酮类含量引起测鲜剂反应后的溶液颜色变化来判断该样品的陈化程度。新鲜度越高,表明稻米越新鲜<sup>[15]</sup>。不同包装甬优 15 大米贮期新鲜度值变化趋势图见图 2,从图 2 可以看出,随着贮藏时间的延长,各处理样品新鲜度值呈下降趋势,下降幅度依次为牛皮纸袋 > 编织袋 > PE 袋 > 真空包装,贮藏 180 d,新鲜度值从 77 分别下降至 62、64、64、66;真空包装显著优于其它三组( $P < 0.05$ ),这与脂肪酸值呈相反的变化规律,其原因在于引起测鲜剂变色的醛、酮等物质,也是大米脂类氧化的产物<sup>[16]</sup>,因此两个指标从不同侧面反应出了大米脂肪氧化程度。

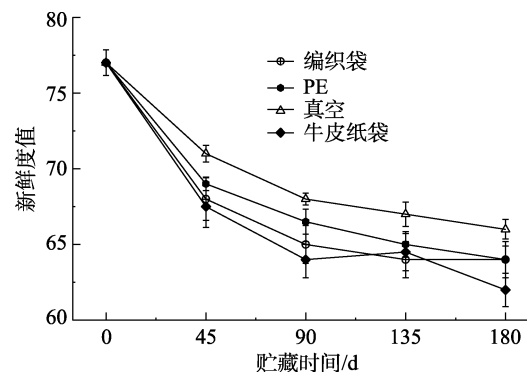


图 2 不同包装对甬优 15 米贮期新鲜度值的影响

Fig.2 Effect of different packaging on freshness value of Yongyou 15 during storage

#### 2.1.3 不同包装对甬优 15 大米贮期直链淀粉含量的影响

直链淀粉含量的变化亦是大米陈化的重要指标,其含量增加会影响着大米在蒸煮过程中水分的吸收和体积扩张,以及米饭的粘稠与松散性,进而影响大米的食用品质<sup>[17]</sup>。不同包装对甬优 15 米贮期直链淀粉含量的影响见图 3。从图 3 可以看出,随着贮藏时间的延长,不同包装的甬优大

米直链淀粉含量呈逐步增高的趋势，且贮藏前期增长速率较快，后期趋势相对平缓。不同包装间大米直链淀粉的增长趋势，从高到低依次为：牛皮纸袋 > 编织袋 > PE 袋 > 真空包装，贮藏 180 d，直链淀粉含量从  $14.7\% \pm 0.15\%$  分别上升至  $16.8\% \pm 0.15\%$ 、 $16.5\% \pm 0.09\%$ 、 $16.4\% \pm 0.02\%$ 、 $16.3\% \pm 0.09\%$ ，说明真空包装等阻隔空气较好的包装对大米支链淀粉的增加亦有较好的抑制效果。

大米在贮藏过程中，由于  $\alpha$  淀粉酶和  $\beta$  淀粉酶含量下降使得直链淀粉含量上升<sup>[18]</sup>，同时贮藏中脱支酶作用于支链淀粉的外链，使部分支链淀粉转化为直链淀粉，支链淀粉含量减少，直链淀粉含量进一步增加<sup>[19]</sup>，李凡<sup>[10]</sup>指出甬优 15、春优 84、春优 927 三个品种的籼粳杂交稻在贮藏过程中直链淀粉含量均呈小幅上升趋势，而本试验研究发现，籼粳杂交稻在碾成精米后，其直链淀粉含量逐步上升，呈现前期较快后期平缓的趋势，说明淀粉的陈化速率较快，直链淀粉在贮藏前期就已经达到较高水平。

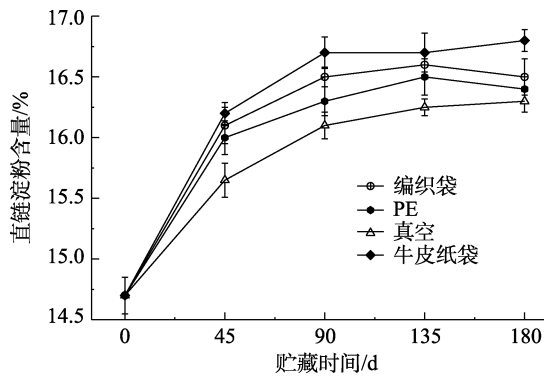


图 3 不同包装对甬优 15 米贮期直链淀粉含量的影响  
Fig.3 Effect of different packaging on amylose content of Yongyou 15 during storage

#### 2.1.4 不同包装对甬优 15 大米贮期食味值的影响

大米食味计利用大米中含氢基团在近红外光谱区域的吸收信息来分析 C-H、O-H、N-H 等基团的化合物，并将大米食味的构成要素包括粘性、硬度、味道、香气等进行综合评价，再与近红外光谱数据进行结合，直接对未经蒸煮的大米样品进行测量可判定该品种的食味分数，经报道与大米实际感官品质具有较高的相关性<sup>[12]</sup>。从图 4 可以看出，随着贮藏时间的延长，不同大米的食味值呈现下降趋势，下降速率从大到小依次为：牛皮纸袋 > 编织袋 > PE 包装袋 > 真空包装，贮藏

180 d，食味值从  $(87.5 \pm 0.18)$  依次降低至  $(83 \pm 0.17)$ 、 $(83.3 \pm 0.17)$ 、 $(84.0 \pm 0.19)$ 、 $(84.5 \pm 0.17)$ ，这与大米新鲜度等指标具有类似的变化规律，均表明了空气阻隔性好的包装对于大米的品质具有较好的维持效果，其主要原因在于，大米食味值是通过仪器测得的直链淀粉、蛋白质、水分等指标来推断大米的食味品质<sup>[20]</sup>，因此类似指标的相关性较强。

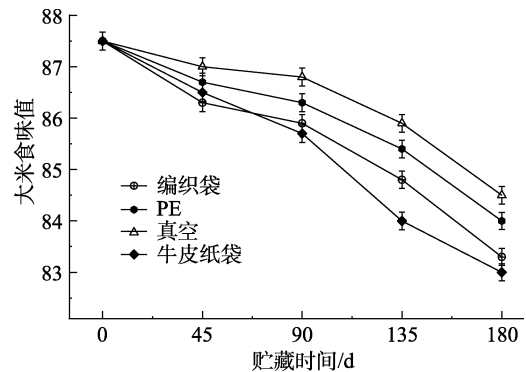


图 4 不同包装对甬优 15 米贮期食味值的影响  
Fig.4 Effect of different packaging on taste value of Yongyou 15 during storage

## 2.2 不同包装对甬优 15 大米蒸煮品质的影响

### 2.2.1 不同包装对甬优 15 米饭质构特性的影响

米饭的质构特性代表了米饭的适口性，GB/T 15682—2008 规定，适口性较好的米饭应该具有软硬度适中、弹性好、有粘性但不粘牙等特性，学界普遍认为硬度小、黏度大、硬度黏度比较高的米饭具有更好的食用品质<sup>[21]</sup>。图 5~7 分别列出了不同包装对样品大米蒸煮米饭硬度、黏度以及硬度黏度比的影响。从图可知，随着贮藏时间的延长，不同包装大米蒸煮米饭的硬度和硬度黏度

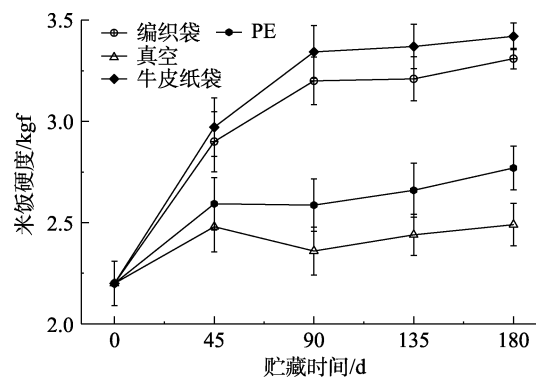


图 5 不同包装对甬优 15 米饭硬度的影响  
Fig.5 Effect of different packaging on hardness of Yongyou 15 during storage

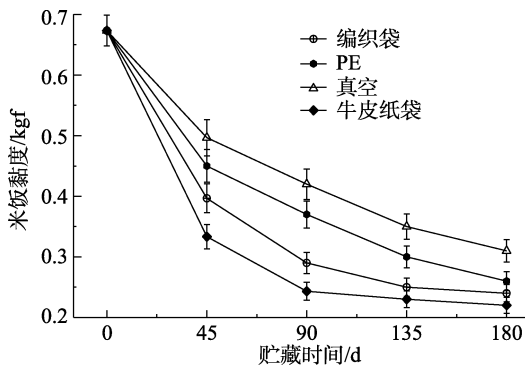


图6 不同包装对甬优15米饭黏度的影响

Fig.6 Effect of different packaging on viscosity of Yongyou 15 during storage

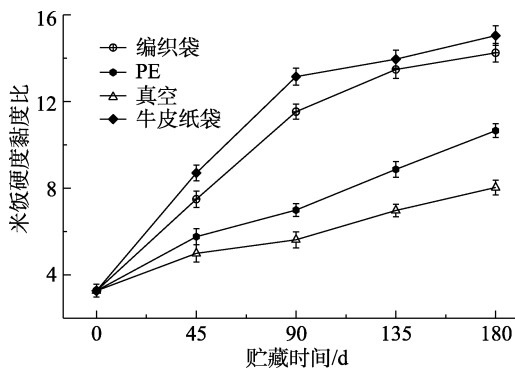


图7 不同包装对甬优15米饭硬度黏度比值的影响

Fig.7 Effect of different packaging on hardness viscosity ratio of Yongyou 15 during storage

比呈上升趋势、黏度则逐步下降，且变化幅度从高到低依次为：牛皮纸袋>编织袋>PE包装袋>真空包装，表明了高阻隔性的真空包装和PE包装对于米饭硬度的上升和黏度的下降具有较好的抑制作用。这是因为大米在陈化过程中，硬度、黏度等质构指标受淀粉、蛋白质等内在物质变化的影响而逐渐发生变化<sup>[22]</sup>，阻隔性好的包装一定程度延缓了大米的陈化，进而保持了大米较好的质构特性。

### 2.2.2 不同包装对甬优15米饭食味值的影响

蒸煮米饭食味值是依托米饭食味计，通过可视光波段和近红外光的透过和反射白米饭样品进行分光测定，以光学原理测定米饭的感官特性与综合评定米饭好吃程度指标，经过试验验证，整体上与感官评定的食味值都成正比，其结果较客观<sup>[23]</sup>。从图8可以看出，随着贮藏时间的延长，不同包装的甬优大米食味值呈现一定程度的下降，其中牛皮纸袋和编织袋下降幅度最大，而真空及PE包装可以显著抑制食味值的下降，说明阻隔

性好的包装对于米饭食味值的保持亦有积极效果，贮藏180d，牛皮纸袋、编织袋、PE包装袋、真空等不同包装内甬优大米食味值从 $(85.9 \pm 0.30)$ 依次下降至 $(80 \pm 0.36)$ 、 $(79.8 \pm 0.36)$ 、 $(81.1 \pm 0.27)$ 、 $(82.3 \pm 0.27)$ ，这与大米食味值有类似的规律，且真空和PE组与其它两组的差异更大，与米饭的硬度，硬黏度比变化趋势更为接近，这可能是在米饭食味计的分值计算中，硬度、黏度等是主要参考指标的缘故。

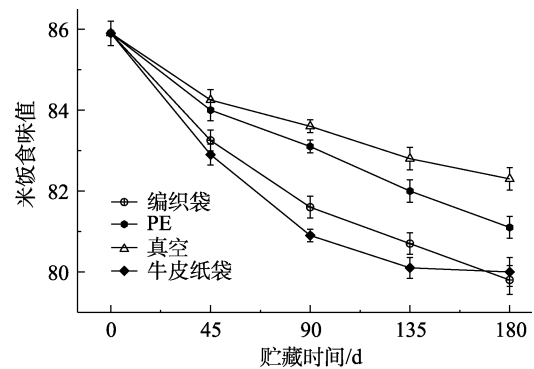


图8 不同包装对甬优15蒸煮米饭食味值的影响

Fig.8 Effect of different packaging on taste value of cooked Yongyou 15 during storage

## 2.3 不同包装甬优15大米贮期品质指标的相关性分析及因子分析

### 2.3.1 不同包装甬优15大米贮期品质指标的相关性分析

对不同包装甬优15大米贮期各品质指标进行相关性分析见表1。如表1所示，各品质指标间的相关性较强，均达到显著水平 $(P < 0.01)$ 。其中新鲜度值与大米食味值、米饭黏度、米饭食味值等指标呈正相关，而与脂肪酸值、米饭硬度、硬度黏度比、直链淀粉含量等指标显著负相关。

### 2.3.2 不同包装甬优15大米贮期品质指标的因子分析

对各处理大米的品质指标进行因子分析，分析得出两个公因子的方差贡献率分别为52.262%、42.450%（累计贡献率为94.712%），并制成各指标与因子1、2相关系数的主成分分析（PCA）示意图，如图9所示。从图9种可以清晰看出因子1与大米的新鲜度值、大米食味值、米饭黏度、米饭食味值呈强正相关，而与脂肪酸值、米饭硬度、硬度黏度比值、直链淀粉含量等指标显著负

表 1 不同处理甬优 15 大米贮期各品质指标相关性分析

Table 1 Correlation Analysis of quality indexes of Yongyou 15 rice with different treatments during storage

	脂肪酸值	新鲜度值	直链淀粉含量	大米食味值	米饭硬度	黏度	硬黏度比	米饭食味值
脂肪酸值	1.000							
新鲜度值	-0.897**	1.000						
直链淀粉含量	0.870**	-0.981**	1.000					
大米食味值	-0.783**	0.826**	-0.779**	1.000				
米饭硬度	0.898**	-0.803**	0.809**	-0.753**	1.000			
黏度	-0.910**	0.991**	-0.974**	0.840**	-0.829**	1.000		
硬黏度比	0.930**	-0.879**	0.845**	-0.878**	0.943**	-0.907**	1.000	
米饭食味值	-0.927**	0.949**	-0.923**	0.910**	-0.886**	0.968**	-0.973**	1.000

备注：“\*\*”表示在置信度为 0.01 时显著相关。

Note: “\*\*” Indicates the significant difference at  $P < 0.01$ .

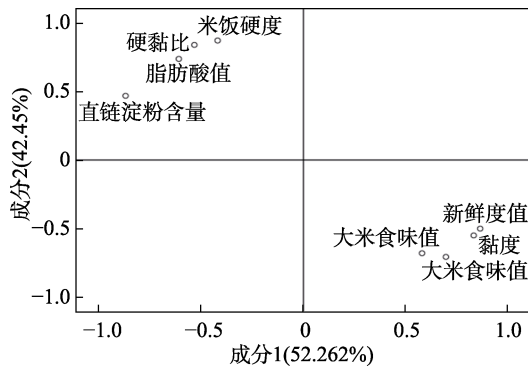


图 9 各指标主成分分析示意图

Fig. 9 Schematic diagram of principal component analysis of each index

相关，结合现实意义，其偏向于代表品质较优的公因子；而因子 2 与因子 1 与各指标的相关性正好相反，可以理解为陈化程度加大的公因子。

### 2.3.3 不同处理品质指标的因子分析及综合评价

以两个公因子对应的方差贡献率为权数，推导不同包装大米贮期各品质指标的综合得分计算公式：

$$F = \frac{42.45 \times F_1 + 52.262 \times F_2}{94.712}$$

式中： $F$  为各品质指标的综合得分， $F_1$ 、 $F_2$  分别为公因子 1、2 的得分函数值。

利用因子分子对不同处理所有批次数据进行综合评价，得到的不同贮期不同处理大米的质量综合得分逐渐下降，自第 2 次观测起（45 d），综合评价从高到低均为：真空包装 > PE 包装 > 编织袋 > 牛皮纸袋，且随着贮藏时间延长，阻隔性好的真空包装、PE 包装与其它包装评分差距进一步加剧。

选择第 90 d、180 d 感官评分数据对综合评分进行验证，结果如图 11 所示，两次调查中，感官评分依然是真空包装 > PE 包装 > 编织袋 > 牛皮纸袋，与因子综合评分趋势相类似，但不同包装大米的感官评分差异要显著小于因子分析综合评分，这一方面是由于感官评价存在人为主观因素，导致不同评价员对米饭的喜好略有差异，另一方面也说明仪器测试的指标相对更灵敏，两者互相

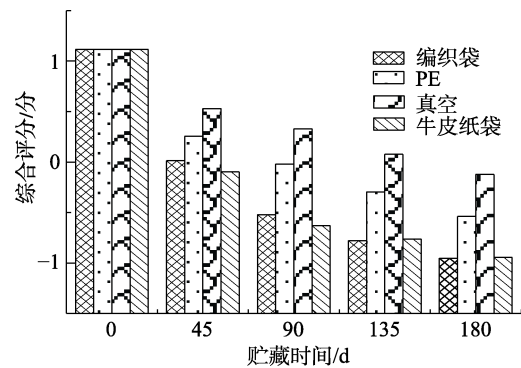


图 10 不同包装对甬优 15 大米综合品质评分的影响

Fig. 10 Effect of different packaging on comprehensive quality score of Yongyou 15 rice

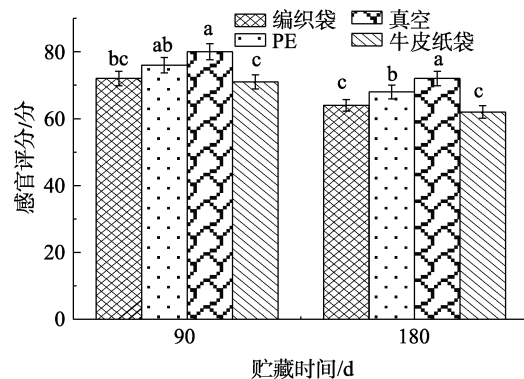


图 11 不同包装对甬优 15 米饭感官评分的影响

Fig. 11 Effect of different packaging on sensory score of Yongyou 15 rice

验证, 均能从不同侧面反应较客观的试验结果。

### 3 结论

随着贮藏时间的延长, 不同包装内的甬优 15 籼粳杂交大米呈现不同程度的陈化, 表现为: 脂肪酸值、大米直链淀粉含量、米饭硬度逐步升高, 而大米新鲜度值、大米食味值、米饭黏度、米饭食味值等指标逐渐降低, 且指标之间相关性显著 ( $P < 0.01$ )。不同包装之间大米品质差异较显著, 通过因子分析综合评价及感官品尝验证, 四种包装的贮藏效果依次为: 真空 > PE 袋 > 编织袋 > 牛皮纸袋。因此在生产及销售中, 籼粳杂交大米的销售应尽可能选择真空或高空气阻隔性能的包装, 可有效延缓贮期大米及其蒸煮米饭品质的下降, 提高其贮藏品质。

### 参考文献:

- [1] 林建荣, 宋昕蔚, 吴明国, 等. 籼粳超级杂交稻育种技术创新与品种培育[J]. 中国农业科学, 2016, 49 (2): 207-218.  
LIN J R, SONG X W, WU M G, et al. Breeding technology innovation of indica-japonica super hybrid rice and varietal breeding[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2016, 49(2): 207-218.
- [2] 花劲, 周年兵, 张军, 等. 双季晚稻甬优系列籼粳杂交稻超高产结构与群体形成特征[J]. 中国农业科学, 2015, 48(5): 1023-1034.  
HUA J, ZHOU N B, ZHANG J, et al. The structure and formation characteristics of super-high yield population with Late yongyou Series of indica-japonica hybrid rice in double-cropping rice area[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2015, 48(5): 1023-1034.
- [3] 阮晓亮, 石建尧, 陆永法, 等. 浙江省籼粳杂交晚稻品种发展与展望[J]. 中国稻米, 2016, 22(4): 8-12.  
RUAN X L, SHI J Y, LU Y F, et al. Development and prospect of indica-japonica hybrid late rice cultivar in zhejiang province[J]. China Rice, 2016, 22(4): 8-12.
- [4] BIAN J L, REN G L, HAN C, et al. Comparative analysis on grain quality and yield of different panicle weight indica-japonica hybrid rice (*Oryza sativa* L.) cultivars[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2020, 19(4): 999-1009.
- [5] 韦还和, 张徐彬, 葛佳琳, 等. 甬优籼粳杂交稻栽后地上部干物质积累动态与特征分析[J]. 作物学报, 2021, 47(3): 546-555.  
WEI H H, ZHANG X B, GE J L, et al. Dynamics in above-ground biomass accumulation after transplanting and its characteristic analysis in Yongyou japonica/indica hybrids[J]. Acta Agronomica Sinica, 2021, 47(3): 546-555.
- [6] 翁云霁. “从甬优”看一粒种子的雄心[N]. 浙江日报, 2021-1-8(4).  
WENG Y Q. From “Yongyou” to see the ambition of a seed[N]. Zhejiang Daily, 2021-1-8(4).
- [7] 陆益钊, 朱乐天, 吕春霞, 等. 包装方式及材料对大米品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2021: 1-9.  
LU Y B, ZHU L T, LV C X, et al. Effect of packaging methods and materials on rice quality[J]. Food and Fermentation Industries, 2021: 1-9.
- [8] 谢骏琦, 李莉, 时优, 等. 纳米抗菌包装对胚芽米储藏过程中陈化的抑制作用[J]. 中国农业科学, 2017, 50(19): 3797-3807.  
XIE J Q, LI L, SHI Y, et al. The inhibition effect of nano-antibacterial packages on the aging of milled rice with embryo during storage[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2017, 50(19): 3797-3807.
- [9] 李莉, 谢骏琦, 时优, 等. 高温高湿条件下纳米包装材料对大米酶活性及成分的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(24): 278-284.  
LI L, XIE J Q, SHI Y, et al. Effect of nano-packaging on enzyme activities and chemical components of rice stored in high temperature and humidity environment[J]. Food Science, 2016, 37(24): 278-284.
- [10] 李凡. 籼粳杂交稻稻谷贮藏过程品质变化及贮藏特性的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2019, 35-36.  
LI F. Study on quality change and storage characteristics of indica-japonica hybrid rice during storage[D]. Hangzhou: Zhejiang university, 2019, 35-36.
- [11] 王剑功, 吴剑, 褚伟雄, 等. 不同处理方式对甬优 1540 陈化和贮藏品质的影响[J]. 中国食品添加剂, 2021, 32(5): 68-73.  
WANG J G, WU J, CHU W X, et al. Effects of different treatments on aging and storage of Yongyou 1540 rice[J]. China Food Additives, 2021, 32(5): 68-73.
- [12] 徐琳娜, 王宇凡, 张文斌. 预处理条件对食味计评价江南地区粳米品质的影响[J]. 食品与机械, 2021, 37(1): 44-48.  
XU L N, WANG Y F, ZHANG W B. Effects of pretreatment conditions on the evaluation of the taste quality of japonica rice in Jiangnan area with rice taste analyzer[J]. Food & Machinery, 2021, 37(1): 44-48.
- [13] 高扬, 管立军, 李家磊, 等. 苦荞脆片挤压工艺优化及品质特性研究[J/OL]. 中国粮油学报: 1-11[2021-06-04]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2864.TS.20210603.1309.002.html>.  
GAO Y, GUAN L J, LI J L, et al. Optimization of extrusion process parameters and the quality of instant buckwheat chips [J/OL]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association: 1-11 [2021-06-04]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2864.TS.20210603.1309.002.html>.
- [14] 刘亚娜, 杨小红, 耿阳阳, 等. 不同野生榛子果实特性及营养成分分析[J]. 中国粮油学报, 2021, 36(1): 117-122.  
LIU Y N, YANG X H, GENG Y Y, et al. Analysis of fruit characteristics and nutritional composition of different wild hazelnuts[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2021, 36(1): 117-122.
- [15] 杨东, 毕文雅, 姜俊伊, 等. 不同谷冷工艺对高温入仓稻谷品质的影响[J/OL]. 中国粮油学报: 1-18[2021-06-04]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2864.TS.20210420.1750.008.html>.

- YANG D, BI W Y, JIANG J Y, et al. Effect of paddy quality with different grain chilling technologies before storage in high temperature seasons[J/OL]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*: 1-18 [2021-06-04]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2864.TS.20210420.1750.008.html>.
- [16] SODHI N S, SINGH N, ARORA M, et al. Changes in physico-chemical, thermal, cooking and textural properties of rice during aging[J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2003, 27(5): 387-400.
- [17] 施利利, 张欣, 丁得亮, 等. 陈化稻米的主要品质指标的变化研究[J]. *食品科技*, 2014, 39(10): 166-169.
- SHI L L, ZHANG X, DING D L, et al. Comparison of physico-chemical properties between new rice and stored rice varieties [J]. *Food Science and Technology*, 2014, 39(10): 166-169.
- [18] 徐民, 程旺大, 蔡新华, 等. 储藏对稻米淀粉结构及含量的影响[J]. *中国农学通报*, 2005(6): 113-115.
- XU M, CHENG W D, CAI X H, et al. Effect of storage on starch structure and content in rice grain[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2005(6): 113-115.
- [19] 张杰, 李潮鹏, 郑学玲, 等. 储藏条件对成品粮大米蒸煮品质的影响[J]. *粮食与油脂*, 2019, 32(9): 57-60.
- ZHANG J, LI C P, ZHENG X L, et al. Effect of storage conditions on cooking quality of finished grain rice[J]. *Cereals & Oils*, 2019, 32(9): 57-60.
- [20] 雷锦超. 稻米食味品质的调控效应研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2017, 47-48.
- LEI J C. Regulation on eating quality of japonica rice[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2017, 47-48.
- [21] 苏慧敏, 张敏, 苗菁, 等. 不同加工程度大米食味变化分析[J]. *食品科技*, 2016, 37(18): 58-63.
- SU H M, ZHANG M, MIAO Q, et al. Changes in rice taste with milling degree[J]. *Food Science and Technology*, 2016, 37(18): 58-63.
- [22] 张天. 不同施肥处理糙米贮藏过程中蛋白质和淀粉的变化对质构特性的影响[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2020, 7-8.
- ZHANG T. Effects of changes in protein and starch on texture characteristics of treated with different fertilization brown rice during storage[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2020, 7-8.
- [23] 陆建忠, 张亚静, 沈超群. 米饭食味计与人工评鉴稻米食味品质比较试验[J]. *安徽农学通报*, 2020, 26(16): 57-59.
- LU J Z, ZHANG Y J, SHEN C Q. Comparison of rice taste quality by rice taste meter and artificial evaluation[J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2020, 26(16): 57-59. 完