

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2020.02.024

贮藏温度和时间对籼稻糊化特性的影响

Effects of storage temperature and duration on
pasting properties of *Indica* rice

谢 岚¹ 全 珂¹ 刘艳兰¹ 莫西亚¹

XIE Lan¹ QUAN Ke¹ LIU Yan-lan¹ MO Xi-ya¹

祝 红¹ 周小玲² 黄寿恩¹ 易翠平¹

ZHU Hong¹ ZHOU Xiao-ling² HUANG Shou-en¹ YI Cui-ping¹

(1. 长沙理工大学化学与食品工程学院, 湖南 长沙 410114; 2. 克明面业股份有限公司, 湖南 长沙 410114)

(1. School of Chemistry and Food Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha, Hunan 410114, China; 2. Kemin Noodle Manufacturing Co., Ltd., Changsha, Hunan 410114, China)

摘要:研究了 3 种籼稻(浙富 802、元隆 8462 与早籼 5-34)在不同贮藏温度(36, 25, 4 °C)和时间(0~3 个月)下的糊化特性变化。结果表明,当贮藏温度为 36 °C 时,贮藏时间与籼稻糊化特性显著相关($P < 0.05$),表现在籼稻的峰值黏度和崩解值均先上升后下降,冷糊黏度先上升后趋于稳定,回生值和糊化温度均上升,但变化时间点和程度受籼稻品种的影响。当贮藏温度为 25 °C 时,籼稻糊化特性指标中除回生值和糊化温度未发生显著变化($P > 0.05$)外,其他指标的变化趋势与 36 °C 时的基本一致,但变化时间明显滞后 36 °C。4 °C 贮藏对籼稻的糊化特性无显著影响($P > 0.05$)。说明,36 °C 可以作为籼稻加速陈化的温度,加速陈化的换算时间跟籼稻品种有关;4 °C 则可以作为对照组。

关键词:籼稻;温度;时间;糊化特性;相关性

Abstract: The pasting properties of three cultivars of *Indica* rice (Zhefu 802, Yuanlong 8462, 'Zaoxian 5-34'), at different temperature (36, 25, and 4 °C) during 0~3 months storage, were studied to understand effects of storage temperature and duration. The results indicated that the storage time was significant ($P < 0.05$) correlated to pasting properties of rice when stored at 36 °C. The peaks of viscosity and breakdown both increased first and then decreased. The cool paste viscosity increased first and then stabilized, and setback and pasting temperature showed an

基金项目:国家自然科学基金(编号:31771899);长沙市科技计划项目(编号:kq1907091)

作者简介:谢岚,男,长沙理工大学在读硕士研究生。

通信作者:易翠平(1973—),女,长沙理工大学教授,博士。

E-mail: yicp963@csust.edu.cn

收稿日期:2019-12-10

upward trend. However, the pasting properties varied depending on the rice cultivar. When rice was stored at 25 °C, no significant ($P > 0.05$) change in setback and pasting temperature of rice was found, and the trends in other pasting properties index were consistent with those of the 36 °C groups, while the change time was significantly delayed compare to that of 36 °C groups. When rice was stored at 4 °C, no significant change was found in the pasting properties. Our research results indicated that 36 °C could be used as a temperature for accelerated aging of rice. The conversion time for accelerated aging was related to rice cultivar, and 4 °C could be used as a control group.

Keywords: *Indica* rice; temperature; time; pasting properties; correlation

籼稻在一定条件的贮藏中,会发生发芽率降低、脂肪酸值升高、降落值升高、风味和加工品质变化的现象,变化情况随粮食品种和贮藏条件的改变而不同^[1-2],比如陈业坚等^[3]报道 11 种籼稻贮藏 3 年后有 10 个品种的峰值黏度和崩解值下降,1 个品种上升;热浆黏度、冷胶黏度和消碱值有升有降,品种之间存在差异。李亚军等^[4]报道了 2 种脱壳大米的糊化特性与贮藏时间及温度的相关性,发现大米在高温下贮藏的糊化特性变化大于在低温下贮藏。因此,贮藏条件对籼稻品质的影响需要具体情况具体分析。籼稻尤其是早籼稻,作为鲜湿米粉(线)的原料,需要贮藏 1 年左右才能使用,其品质同样受贮藏条件的影响,从而影响鲜湿米粉(线)的加工品质。

糊化特性是稻谷贮藏过程中变化最敏感的指标之一^[5],常常用来衡量和预测稻谷的蒸煮和食用品质^[6],并

决定其最终加工用途。且糊化特性测定相对简单,样品需要量少,与稻谷其他品质指标相比,能更准确地反映稻谷的品质。目前,已有中国、美国、澳大利亚、日本等国将稻谷的糊化特征值作为其蒸煮、食用和加工的重要指标^[7-8]。

试验选择了 3 种制作鲜湿米粉(线)的原料籼稻(浙富 802、元隆 8462 与早籼 5-34)作为研究对象,拟研究在春夏秋冬四季中具有代表性的温度点(36, 25, 4 °C)下贮藏 0~3 个月的糊化特性,分析其变化规律,为探索籼稻原料的贮藏条件提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 原 料

浙富 802: 当年新收获的籼稻, 金健米业股份有限公司;

元隆 8462、早籼 5-34: 当年新收获的籼稻, 湖南天下洞庭粮油实业有限公司。

1.2 主要仪器与设备

人工气候箱: PYX-800Q-B 型, 广东韶关科力实验仪器有限公司;

精米机: LTJM-2008 型, 台州市路桥京奥粮用器材厂;

高速万能粉碎机: FW100 型, 天津泰斯特仪器有限公司;

电子分析天平: AVY120 型, 北京赛多利斯天平有限公司;

电热鼓风干燥箱: 101-2A 型, 天津市泰斯特仪器有限公司;

快速黏度测定仪: Perten RVA 4500 型, 瑞典 Newport Scientific 公司。

1.3 试 验 方 法

1.3.1 稻谷贮藏 将 3 种籼稻分别分为 3 份, 置于 3 台型号相同的人工气候箱内贮藏 0~3 个月, 温度分别设置为 4, 25, 36 °C, 相对湿度均为 (25±2)%, 每半个月取出适量各品种稻谷样品, 样品脱壳碾米, 粉碎过 100 目筛, 测定糊化特性。

1.3.2 糊化特性的测定 分别称取不同样品 3.00 g 左右(以 12% 水分含量校正), 置于糊化特性测试专用铝盒中, 加入 25 mL 去离子水调成米粉乳, 上机测试。糊化过程升温条件为: 12 °C/min 升温至 50 °C, 保温 1 min; 以同等速率升温至 95 °C, 保温 2.5 min; 再以 12 °C/min 冷却至 50 °C, 保温 2 min, 得到糊化特性曲线。测试参数包括: 峰值黏度、冷糊黏度、崩解值、回生值、糊化温度。

1.4 数 据 分 析

所有测试结果均至少重复 3 次。采用 SPSS 17.0 软

件中的 Pearson 双变量进行数据间的相关性分析; 方差分析法进行显著性分析, P<0.05 表示有显著性差异。

2 结果与讨论

2.1 对籼稻峰值黏度的影响

峰值黏度反映了淀粉颗粒的膨胀程度以及结合水的能力^[9], 通常影响到产品最终的品质^[10-11]。从图 1 可得, 籼稻在 36 °C 下随着贮藏时间的延长, 峰值黏度发生了显著变化(P<0.05), 3 个品种均先上升后下降, 其中元隆 8462 和早籼 5-34 的变化程度显著高于浙富 802(P<0.05)。与吴伟等^[12]研究脱壳籼米、粳米和糯米在 37 °C 下贮藏的峰值黏度变化趋势一致。研究^[13]报道, 新鲜收获的稻谷, 淀粉酶的活性在稻谷贮藏初期较高, 淀粉水解成较高黏度的物质, 如可溶性糖和糊精, 导致峰值黏度的增加。但随着贮藏时间的延长, 淀粉酶活性逐渐降低甚至失活, 减少了糊精的产生, 同时, 在稻谷贮藏初期形成

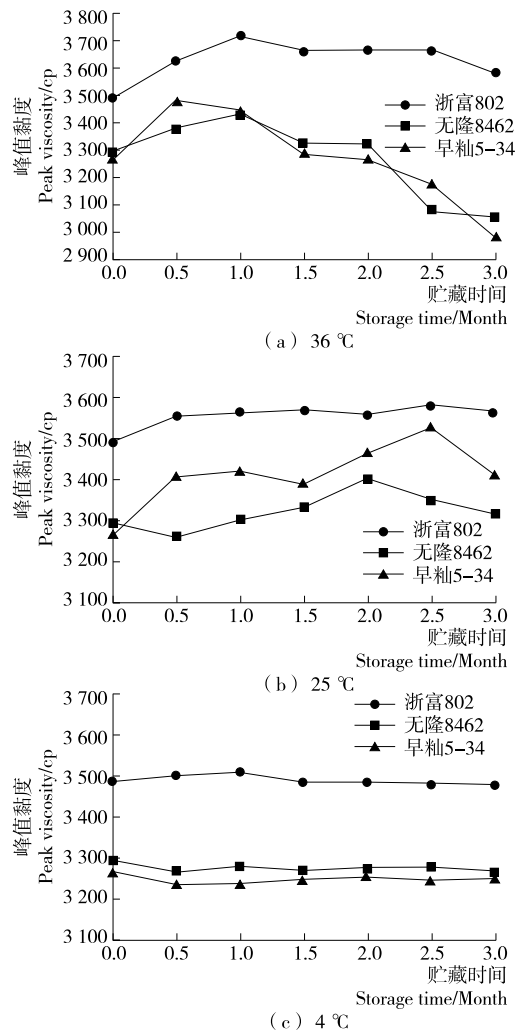


图 1 不同贮藏温度和时间的籼稻峰值黏度变化
Figure 1 Change in the peak viscosity of rice at different storage temperature and duration

的糊精进一步水解,形成低黏度的小分子可溶性糖,也导致了峰值黏度的降低。此外,也有研究^[14]报道,稻谷在贮藏期间,支链淀粉的长链部分生长,抑制了淀粉的膨胀,从而导致峰值黏度的降低。而在 25 °C 下,浙富 802 的峰值黏度未发生显著变化($P>0.05$),元隆 8462 和早籼 5-34 的变化趋势与 36 °C 下的一致,但变化时间点均晚于 36 °C,推迟了 1~2 个月。在 4 °C 下,3 个品种籼稻的峰值黏度均未发生显著变化($P>0.05$)。因此可以推断,较高的贮藏温度(36 °C)可以加快淀粉酶活性的降低,以及改变稻米内部的分子结构。

2.2 对籼稻冷糊黏度的影响

冷糊黏度代表样品的增稠性^[15]以及室温条件下硬度的大小。从图 2 可得,在 36 °C 下,3 个品种籼稻的冷糊黏度均先增大后趋于稳定,其中,浙富 802 和元隆 8462 均在 1 个月时增加到最大值,分别增加了 279.33,262.00 cp,随

后无显著变化($P>0.05$)。早籼 5-34 的冷糊黏度增加幅度大于另外两个品种,其在 0.5 个月时就达到最大值,增加了 309.33 cp。在 25 °C 下,浙富 802 的冷糊黏度未发生显著变化($P>0.05$),元隆 8462 和早籼 5-34 的变化趋势与 36 °C 下的一致,但变化时间点有所差异,其中元隆 8462 的冷糊黏度一直处于上升态势,到第 3 个月时也未达到在 36 °C 下贮藏的最高点,而早籼 5-34 在 2.5 个月时达到最高点,比在 36 °C 下的贮藏延迟了 2 个月。在 4 °C 下,3 个品种籼稻的冷糊黏度均未发生显著变化($P>0.05$)。因此可以得出,较高的贮藏温度(36 °C)可以快速增大籼稻的冷糊黏度,进而反映在稻米凝胶硬度的增大。而在 25 °C 下,这种变化较缓慢。

2.3 对籼稻崩解值的影响

崩解值代表样品的热糊稳定性,崩解值越低,则样品的抗剪切能力越好,热糊稳定性越好^[16-17]。从图 3 可

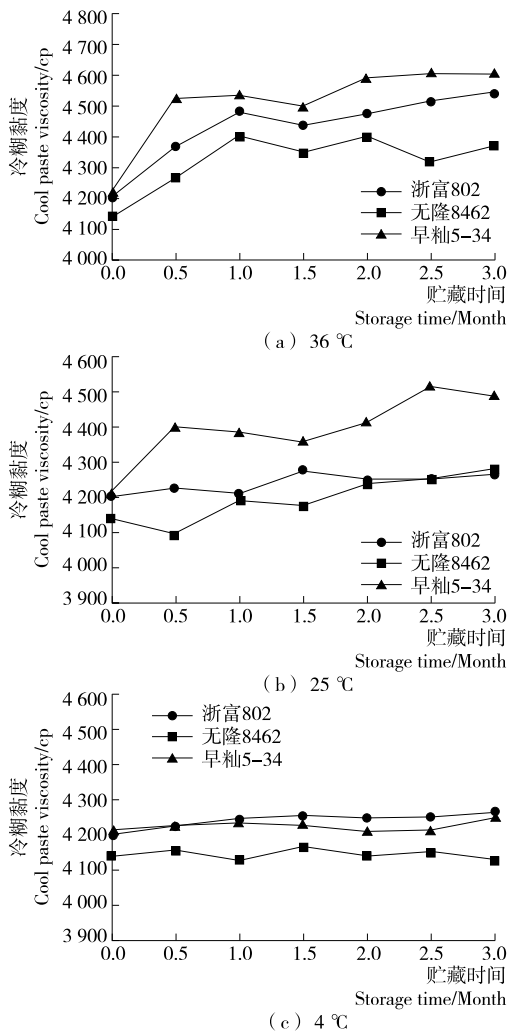


图 2 不同贮藏温度和时间的时间的籼稻冷糊黏度变化
 Figure 2 Change in the cool paste viscosity of rice at different storage temperature and duration

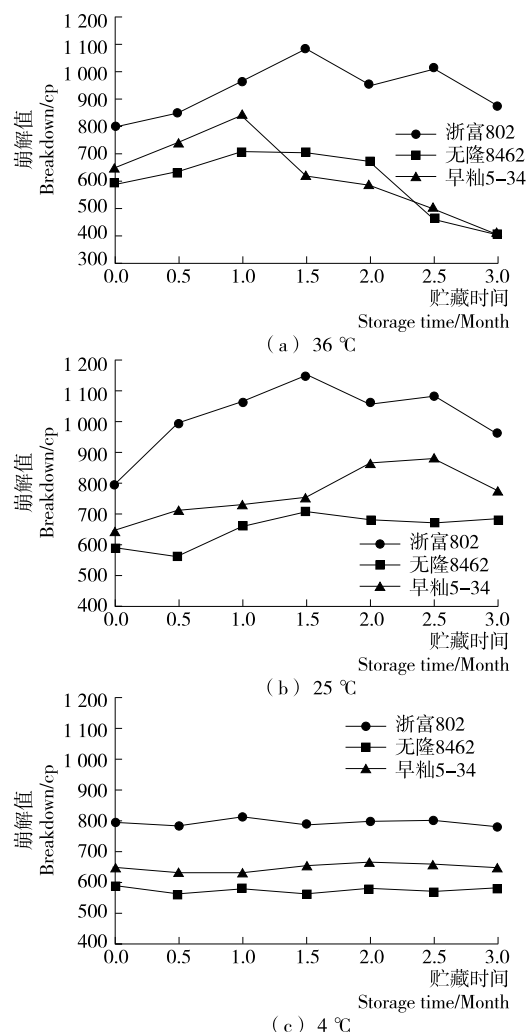


图 3 不同贮藏温度和时间的时间的籼稻崩解值变化
 Figure 3 Change in the breakdown of rice at different storage temperature and duration

得,浙富 802 的崩解值最大,其在 36 °C 下贮藏 1.5 个月时增加到最大值,随后下降,但均高于未经贮藏的稻谷,表明浙富 802 在 3 个品种中的热糊稳定性最差,贮藏期间变化最慢,3 个月的贮藏时间仍不能使其达到一个较低的崩解值。而元隆 8462 和早籼 5-34 的崩解值均在第 1 个月时达到最大值,随后开始显著降低($P < 0.05$),在贮藏到第 3 个月时的崩解值较未经贮藏的稻谷分别降低了 20% 和 37%,表明元隆 8462 和早籼 5-34 在贮藏后期可得到较好的抗剪切能力和热糊稳定性。在 25 °C 下,3 个品种籼稻的崩解值在 3 个月的贮藏期内均未显著降低($P > 0.05$),崩解值仍高于原始样品。在 4 °C 下,籼稻的崩解值未发生显著变化($P > 0.05$)。因此可以推断,较高的贮藏温度(36 °C)可以快速降低籼稻的崩解值,表现在抗剪切能力和热糊稳定性的提高,可能是淀粉链络合蛋白质引起的,加强了分子间的相互作用^[18],也可能是支链淀粉的链长分布发生了变化,Azizi 等^[19]报道,支链淀粉的精细结构与崩解值存在相关性。而在 25 °C 下,则需经历更长的贮藏时间。

2.4 对籼稻回生值的影响

回生值反映的是淀粉短期的老化能力和冷糊稳定性,一定程度的回生有着积极的作用^[20-21]。从图 4 可得,早籼 5-34 的回生值 > 元隆 8462 的回生值 > 浙富 802 的回生值,说明早籼 5-34 形成的凝胶强度最大,元隆 8462 次之,浙富 802 最低。在 36 °C 下随着贮藏时间的延长,3 个品种的回生值均显著增大($P < 0.05$),早籼 5-34、元隆 8462、浙富 802 分别增加了 57%,52%,42%,而在 25 °C 和 4 °C 下均未发生显著变化($P > 0.05$)。直链淀粉的聚合度和支链淀粉中中链的含量会影响回生值的大小^[20,22]。回生值越大,表明凝胶性越强,因此可以推断,籼稻在 36 °C 下贮藏,稻米的凝胶强度会随着籼稻贮藏时间的延长显著增大($P < 0.05$),可能是支链淀粉的结构发生变化所导致。

2.5 对籼稻糊化温度的影响

糊化温度反映了淀粉糊化的难易程度。一般来讲,直链淀粉结晶度高、支链淀粉的外链长会使得糊化温度升高^[23-25]。从图 5 可得,早籼 5-34 的糊化温度 > 元隆 8462 的糊化温度 > 浙富 802 的糊化温度,有研究^[12]报道,糊化温度越高,贮藏品质越好,但如果上升幅度过大又会降低贮藏性。早籼 5-34、元隆 8462、浙富 802 在 36 °C 下贮藏,糊化温度呈上升趋势,变化范围分别为 82.05~86.23,81.25~85.52,80.20~82.83 °C,而在 25 °C 和 4 °C 下,3 个品种籼稻的糊化温度均未发生显著变化($P > 0.05$)。因此可以推断,在 36 °C 下贮藏,糊化温度的升高可能是因为籼稻在这个贮藏过程中,支链淀粉的外链增长,但也有研究^[21]报道,稻米的糊化温度也与蛋白质的含量和结构存在一定的相关性。

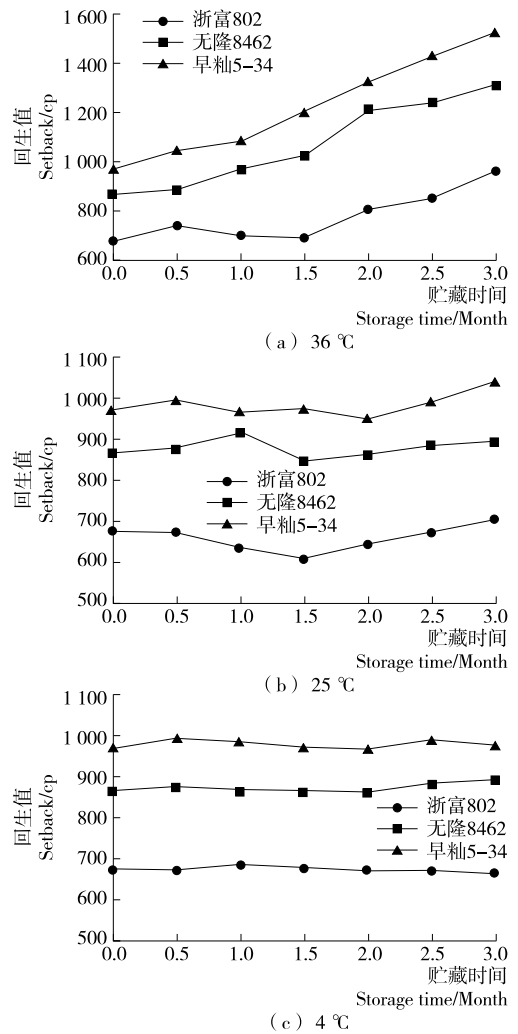


图 4 不同贮藏温度和时间的籼稻回生值变化
Figure 4 Change in the setback of rice at different storage temperature and duration

2.6 籼稻在 36 °C 下的贮藏时间与其糊化特性的相关性分析

如上所述,在 4 °C 下贮藏 0~3 个月的籼稻糊化特性保持在一个稳定的状态,未发生显著变化($P > 0.05$),25 °C 与 36 °C 下的变化趋势一致,但变化时间明显延迟,变化缓慢。因此只分析了籼稻在 36 °C 下的贮藏时间与其糊化特性的相关性。如表 1 所示,3 个品种籼稻的贮藏时间均与其回生值和糊化温度呈极显著正相关($P < 0.01$),表明贮藏时间与 36 °C 贮藏温度的协同对这 3 个品种籼稻的回生值和糊化温度的影响很大。贮藏时间与元隆 8462 和早籼 5-34 的峰值黏度显著负相关($P < 0.05$),与浙富 802 和早籼 5-34 的冷糊黏度显著正相关($P < 0.05$),与早籼 5-34 的崩解值显著负相关($P < 0.05$)。总体来看,籼稻在 36 °C 下加速贮藏会显著改变其糊化特性,但这种变化也会受到籼稻品种的影响。贮藏时间与

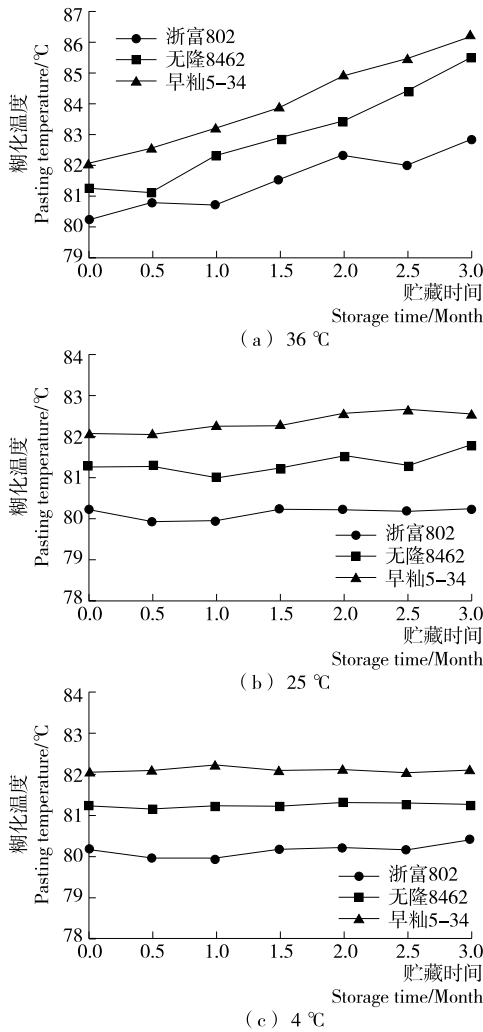


图5 不同贮藏温度和时间对籼稻糊化温度变化

Figure 5 Change in the pasting temperature of rice at different storage temperature and duration

表1 籼稻在 36 °C 下的贮藏时间与其糊化特性的相关性[†]
Table 1 Relationship between storage duration and pasting properties of *indica* rice at 36 °C

籼稻品种	峰值黏度	冷糊黏度	崩解值	回生值	糊化温度
浙富 802	0.314	0.874*	0.432	0.880**	0.950**
元隆 8462	-0.755*	0.659	-0.596	0.979**	0.977**
早籼 5-34	-0.758*	0.780*	-0.779*	0.992**	0.996**

† * 代表显著(P<0.05), ** 代表极显著(P<0.01)。

籼稻糊化特性的相关性按显著程度(*r* 值大小)排序是:糊化温度>回生值>冷糊黏度>峰值黏度>崩解值。

3 结论

浙富 802、元隆 8462、早籼 5-34 3 种籼稻在 36 °C 的条件下贮藏 0~3 个月的糊化特性指标发生显著变化,随着贮藏时间的延长,峰值黏度和崩解值均先上升后下降,冷

糊黏度先上升后稳定,回生值和糊化温度均上升,因此籼稻在 36 °C 下贮藏可以降低稻米的黏度,增加稻米的凝胶强度、硬度、抗剪切能力、热糊稳定性等,整体品质较好。但不同品种各糊化指标的变化程度有所差异;而在 25 °C 下,糊化特性的变化趋势虽与 36 °C 下的一致,但是变化会显著延缓;在 4 °C 下,糊化特性未发生显著变化。因此,较高的贮藏温度(36 °C)与时间的协同可以加速籼稻的陈化,更快地改善籼稻的加工品质。可以选择在 36 °C 下对籼稻进行贮藏而缩短籼稻原料在贮藏过程中变化的研究周期。试验仅从宏观上探讨了籼稻短期贮藏的糊化特性变化,后续可以继续探讨籼稻内部的大分子物质究竟是如何变化进而影响稻谷品质,以更好地探寻籼稻贮藏条件。

参考文献

- [1] 周怡. 不同储藏温度对优质籼稻品质的影响[J]. 粮食科技与经济, 2018, 43(1): 84-87.
- [2] 鞠兴荣, 张檬达, 石嘉悒. 基于电子鼻和 HS-SPME-GC-MS 检测并分析籼稻谷储藏期间挥发性物质的研究[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(12): 139-146.
- [3] 陈业坚, 舒庆尧, 张增勤, 等. 稻谷储藏时间对稻米品质影响的研究[J]. 作物研究, 2001(4): 9-11.
- [4] 李亚军, 钱锋, 毛尔华, 等. 不同储藏条件下大米 RVA 糊化特性变化的研究[J]. 粮食与油脂, 2016, 41(3): 174-177.
- [5] PERDON A A, MARKS B P, SIEBENMORGEN T J, et al. Effects of rough rice storage conditions on the amylograph and cooking properties of medium-grain rice cv. Bengal[J]. Cereal Chemistry, 1997, 74: 864-867.
- [6] TONG Chuan, CHEN Ya-ling, TANG Fu-fu, et al. Genetic diversity of amylose content and RVA pasting parameters in 20 rice accessions grown in Hainan, China[J]. Food Chemistry, 2014, 161: 239-245.
- [7] BAO Jin-song, SHEN Sheng-quan, XIA Ying-wu. Analysis of genotype× environment interaction effects for starch pasting viscosity characteristics in indica rice[J]. Acta Genetica Sinica, 2006, 33(11): 1 007-1 013.
- [8] 何秀英, 程永盛, 刘志霞, 等. 国标优质籼稻的稻米品质与淀粉 RVA 谱特征研究[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(3): 37-44.
- [9] 艾志录, 孙茜茜, 潘治利, 等. 不同来源淀粉特性对水晶皮质构品质的影响[J]. 农业工程学报, 2016, 32(1): 318-324.
- [10] DEVI A F, FIBRIANTO K, TORLEY P J, et al. Physical properties of cryomilled rice starch[J]. Journal of Cereal Science, 2009, 49(2): 278-284.
- [11] 叶玲旭, 周闲容, 马晓军, 等. 不同品种糙米营养品质与糊化特性分析[J]. 中国食品学报, 2018, 18(2): 280-287.
- [12] 吴伟, 李彤, 蔡勇建, 等. 三种稻米在贮藏过程中蒸煮特性变化的比较[J]. 食品与机械, 2014, 30(3): 122-126.

(下转第 170 页)

参考文献

- [1] 商国懋, 邓玉娟. 福寿草代代花[J]. 首都食品与医药, 2016, 23(11): 60.
- [2] 郭晓虹, 尤昭玲. 尤昭玲教授运用花类药物治疗妇科疾病经验[J]. 湖南中医杂志, 2013, 29(6): 24-25.
- [3] 宁侠, 毛丽军, 周绍华. 花类药在精神疾病治疗中的应用[J]. 北京中医药, 2012, 31(6): 461-463.
- [4] 王天星, 姜建国. 代代花化学成份的分离鉴定和抗氧化活性研究[J]. 现代食品科技, 2018, 34(7): 76-80, 67.
- [5] HARMAN D. Aging: A theory based on free radical and radiation chemistry[J]. J Gerontol, 1956, 11(3): 298-300.
- [6] 夏世金, 孙涛, 吴俊珍. 自由基、炎症与衰老[J]. 实用老年医学, 2014, 28(2): 100-103.
- [7] 吕品, 钟琳, 蒋楠, 等. 不同辅助提取方式对玳玳花精油挥发性成分的影响[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(5): 52-54.
- [8] 卢彩会, 牟德华. 姜黄油的抗炎镇痛及体外抗氧化活性[J]. 食品科学, 2018, 39(1): 243-249.
- [9] 李小燕. 瑄溪蜜柚精油抗氧化特性及其基于 B16 黑色素瘤细胞评价体系的美白功效研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2018; 29.
- [10] 秦艳, 康林芝, 王娜, 等. 姜精油的香气成分及其生物活性研究[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(18): 104-106, 128.
- [11] TIAN Jin-hu, CHEN Jian-le, LV Fei-yan, et al. Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes [J]. Food Chemistry, 2016, 197: 1 264-1 270.
- [12] 李海亮, 高星, 徐福利, 等. 芍药花精油化学成分及其抗氧化活性[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2017, 45(5): 204-210.
- [13] 曹汝鸽, 马建飞, 周中凯. 芸香柚皮苷与 EGCG 协同抗氧化作用及其机理研究[J]. 中国食品学报, 2018, 18(1): 42-48.
- [14] 余修亮, 朱志平, 李佳桥, 等. 莲子壳原花青素超声提取工艺优化及其抗氧化活性[J]. 中国食品学报, 2018, 18(12): 99-109.
- [15] 刘艳灿, 袁杨, 翁艾慧, 等. 红葱头精油体外抗氧化及抑菌效果研究[J]. 中国食品学报, 2018, 18(11): 246-252.
- [16] 刘廷礼, 邱琴, 赵怡. 代代花挥发油化学成分的 GC-MS 研究[J]. 中国药物化学杂志, 2000(4): 38-40.
- [17] 冯堃, 秦昭, 王文蜀, 等. 5 种柚皮精油成分及油脂抗氧化和抑菌活性[J]. 食品科技, 2018, 43(11): 255-261.
- [18] ZAH I M R, HATTAB M E, LIANG Hao, et al. Enhancing the antimicrobial activity of *d*-limonene nanoemulsion with the inclusion of ϵ -polylysine[J]. Food Chemistry, 2017, 221: 18-23.
- [19] GOUVEIA D N, COSTA J S, OLIVEIRA M A, et al. α -Terpineol reduces cancer pain via modulation of oxidative stress and inhibition of iNOS[J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2018, 105: 652-661.
- [20] 孙丰慧, 龙娜娜, 王雪梅, 等. 香叶醇体外抗 MRSA 活性研究[J]. 中国抗生素杂志, 2018, 43(7): 921-926.
- [21] CHOI H S, SONG H S, UKEDA H, et al. Radical-scavenging activities of citrus essential oils and their components: Detection using 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(9): 4 156-4 161.
- [22] 章斌, 侯小桢, 秦轶, 等. 柠檬果皮精油主要组分抑菌及抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(12): 138-142.
- [23] temperatures[J]. Food Chemistry, 2017, 216: 194-200.
- [19] AZIZI R, CAPUANO E, NASIRPOUR A, et al. Varietal differences in the effect of rice ageing on starch digestion[J]. Food Hydrocolloids, 2019, 95: 358-366.
- [20] 李星, 王海寰, 沈群. 不同品种小米品质特性研究[J]. 中国食品学报, 2017, 17(7): 248-254.
- [21] LOCKWOOD S, KING J M, LABONTE D R. Altering pasting characteristics of sweet potato starches through amino acid additives[J]. Journal of Food Science, 2008, 73(5): C373-C377.
- [22] 周慧颖, 彭小松, 欧阳林娟, 等. 支链淀粉结构对稻米淀粉糊化特性的影响[J]. 中国粮油学报, 2018, 33(8): 25-30, 36.
- [23] 胡强, 孟岳成. 淀粉糊化和回生的研究[J]. 食品研究与开发, 2004, 25(5): 63-66.
- [24] 缪铭, 江波, 张涛. 淀粉的消化性能与 RVA 曲线特征值的相关性研究[J]. 食品科学, 2009, 30(5): 16-19.
- [25] HUANG Yu-chan, LAI Hsi-mei. Characteristics of the starch fine structure and pasting properties of waxy rice during storage[J]. Food Chemistry, 2014, 152: 432-439.

(上接第 133 页)

- [13] TRAN T U, SUZUKI K, OKADOME H, et al. Detection of changes in taste of japonica and indica brown and milled rice (*Oryza sativa* L.) during storage using physicochemical analyses and a taste sensing system[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(4): 1 108-1 118.
- [14] 谢宏. 稻米储藏陈化作用机理及调控的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2007: 29.
- [15] 刘敏, 赵欣, 阚建全, 等. 黄原胶对莲藕淀粉糊化性质及流变与质构特性的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(6): 45-50.
- [16] 潘治利, 张垚, 艾志录, 等. 马铃薯淀粉糊化和凝胶特性与马铃薯粉品质的关系[J]. 食品科学, 2017, 38(5): 197-201.
- [17] ZHANG Yan-jun, ZHU Ke-xue, HE Shu-zhen, et al. Characterizations of high purity starches isolated from five different jackfruit cultivars[J]. Food Hydrocolloids, 2016, 52: 785-794.
- [18] VALMOR Z, CRISTIANO D F, JORGE T S G, et al. Changes in properties of starch isolated from whole rice grains with brown, black, and red pericarp after storage at different

- temperatures[J]. Food Chemistry, 2017, 216: 194-200.
- [19] AZIZI R, CAPUANO E, NASIRPOUR A, et al. Varietal differences in the effect of rice ageing on starch digestion[J]. Food Hydrocolloids, 2019, 95: 358-366.
- [20] 李星, 王海寰, 沈群. 不同品种小米品质特性研究[J]. 中国食品学报, 2017, 17(7): 248-254.
- [21] LOCKWOOD S, KING J M, LABONTE D R. Altering pasting characteristics of sweet potato starches through amino acid additives[J]. Journal of Food Science, 2008, 73(5): C373-C377.
- [22] 周慧颖, 彭小松, 欧阳林娟, 等. 支链淀粉结构对稻米淀粉糊化特性的影响[J]. 中国粮油学报, 2018, 33(8): 25-30, 36.
- [23] 胡强, 孟岳成. 淀粉糊化和回生的研究[J]. 食品研究与开发, 2004, 25(5): 63-66.
- [24] 缪铭, 江波, 张涛. 淀粉的消化性能与 RVA 曲线特征值的相关性研究[J]. 食品科学, 2009, 30(5): 16-19.
- [25] HUANG Yu-chan, LAI Hsi-mei. Characteristics of the starch fine structure and pasting properties of waxy rice during storage[J]. Food Chemistry, 2014, 152: 432-439.