

不同压力处理大米制得米饭冷藏期间的品质变化

段小明¹, 张蓓¹, 冯叙桥¹, 董福², 蔡茜彤¹, 范林林¹

(1. 渤海大学食品科学研究院, 辽宁省食品安全重点实验室, 辽宁锦州 121013)

(2. 沈阳农业大学食品学院, 辽宁沈阳 110866)

摘要: 研究了冷藏条件下不同压力处理大米制得米饭品质的变化。大米在温度 40 °C、米水比 (*m/m*) 1:2 的条件下浸泡 40 min, 并在 15 °C 下分别经 200、400、600 MPa 处理 10 min, 浸泡后未经超高压处理的大米为对照试验组, 随后蒸煮 15 min 制成米饭, 保鲜膜密封后置于 4 °C 下贮藏 7 d, 每天对米饭品质相关指标进行测定, 并与感官评价结果比较。结果表明: 超高压米饭的硬度上升较缓慢; 黏着性、碘蓝值、pH 下降均较快; 透光率、白度(W)的上升均较快。400、600 MPa 米饭水分含量的变化幅度较大。贮藏期间, 200 MPa 米饭的 W 和碘蓝值均最高, pH 值最低, 感官评分较低。400 MPa 米饭的硬度、pH 值和 W 均较低, 感官评分接近对照。600 MPa 米饭的硬度较高, W 较低, 碘蓝值的下降和透光率的上升均最快, 感官评分最低且下降速率最快。总体来说, 大米 200、400、600 MPa 处理对米饭冷藏品质的影响都是弊大于利。

关键词: 大米; 超高压; 米饭; 冷藏; 品质

文章编号: 1673-9078(2015)1-179-185

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.1.032

Quality Change in Cooked Rice From Different Pressures Treated Rice During Cold Storage

DUAN Xiao-ming¹, ZHANG Bei¹, FENG Xu-qiao¹, DONG Fu², CAI Xi-tong¹, FAN Lin-lin¹

(1. Food Science Research Institute of Bohai University, Food Safety Key Lab of Liaoning Province, Jinzhou 121013, China) (2. College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: The quality change, during cold storage, in cooked rice subjected to different pressures prior to cooking was investigated. Rice that had been soaked, with a rice-to-water ratio (*m/m*) of 1:2, at 40 °C for 40 min was treated at 200, 400, or 600 MPa for 10 min at 15 °C. The soaked rice that had not been subjected to ultrahigh-pressure treatment was used as the control. Subsequently, rice was steamed for 15 min, packaged with plastic wrap, and stored at 4 °C for 7 d. Indicators related to rice quality were measured daily and compared with the results of the sensory evaluation. The results showed that compared to the control, the hardness of high-pressure treated rice increased slowly; its adhesiveness, iodine blue value, and pH decreased rapidly; and its light transmittance and whiteness increased quickly. The change range of water content in 400 or 600 MPa treated rice was bigger than others. During the storage period, for rice treated at 200 MPa, the whiteness and iodine blue value were the highest, the pH was the lowest, and the sensory score was lower than that of the control. For rice treated at 400 MPa, the hardness, pH, and whiteness were lower and the sensory score was close to that of the control. Rice treated at 600 MPa had a higher hardness and lower whiteness than the control; additionally, its iodine blue value and light transmittance decreased and increased, respectively at the fastest rate, and its sensory score was the lowest and decreased at the fastest rate. Thus, the effect of ultrahigh-pressure treatment at 200, 400, and 600 MPa on the quality of cooked rice was detrimental rather than beneficial.

Key words: rice; ultrahigh-pressure; cooked rice; cold storage; quality

米饭是亚洲人民的主食之一, 新鲜米饭质地柔软

收稿日期: 2014-05-21

基金项目: 辽宁省科技厅重点项目(2008205001); 渤海大学人才引进基金项目(BHU20120301)

作者简介: 段小明(1989-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程

通讯作者: 冯叙桥(1961-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程

且富有弹性; 米饭的品质会随贮藏时间的延长而逐渐劣变, 具体表现在硬度上升、黏性下降, 食味品质降低, 风味及色泽流失等, 这主要是因为米饭中的淀粉发生了老化^[1-4]。随着食品超高压技术(Ultra-high pressure processing, UHP)的发展, 其在谷物加工中的应用潜力也日渐引起了人们的关注。Tian 等^[5]研究了大米压力(300、400 Mpa)浸泡处理对米饭色泽、质地和老化特性的影响, 发现大米经压力浸泡处理后,

米饭的亮度值显著升高, 硬度降低, 弹性和凝聚性升高, 贮藏期间的老化进程得到了延缓。朱转等^[6]研究了浸泡(水、0.4% 柠檬酸溶液)和超高压处理(200~600 MPa)对米饭食用品质的影响, 认为对大米进行0.4%的柠檬酸浸泡和400 MPa的超高压处理可改善米饭的食用品质。刘莉^[7]将粳米于温度60 °C、浓度2% (m/m)的 β -环糊精溶液中浸泡30 min后, 又在温度40 °C、压力500 MPa的条件下浸泡20 min, 制成米饭并置于4 °C下贮藏。对米饭的差示扫描量热(DSC)、热重(TG)和X-射线衍射(XRD)分析结果表明, 超高压结合 β -环糊精处理有效延缓了米饭的回生进程, 改善了米饭的贮存性。上述研究表明, 超高压处理对米饭的品质有很大影响。大米超高压处理会导致其内部组分发生很多变化, 如淀粉糊化^[8]、水溶性蛋白变性等^[9], 但大米超高压处理对米饭宏观贮藏品质有何影响目前还不是十分清楚, 相关的研究报道也很有限。本试验对大米浸泡后进行不同超高压处理并蒸煮制得米饭置于4 °C下贮藏, 贮藏期间每天对米饭的质构(硬度和黏着性)、水分含量、碘蓝值、透光率、色泽、pH值和感官品质等指标进行测定, 探讨大米超高压加工处理技术应用的可能性, 为方便米饭的品质改良提供理论数据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

盘锦大米(*Oryza sativa* L.):市售(2013年6月生产, 实验前在15 °C下贮藏4个月)。

1.2 仪器与设备

HPP.L2-600/0.6 超高压设备, 天津市华泰森淼超高压设备有限公司; TA.XT-plus 质构仪, 英国 Stable Micro Systems 公司; C21-RH2101 多功能电磁炉, 广东美的生活电器制造有限公司; JA5003 电子天平, 上海舜宇恒平科学仪器有限公司; ML104/02 电子天平, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; 722N 可见分光光度计, 上海精密科学仪器有限公司; CR-400 色差计, 日本 Konica Minolta 公司; FE-20 实验室 pH 计, 美国梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; DZ-500/2S 型真空包装机, 诸城市舜康包装机械有限公司; TDL-5-A 台式低速离心机, 上海安亭科学仪器厂; DHG-9240A 电热鼓风干燥箱, 上海一恒科学仪器有限公司; HH-6 数显恒温水浴锅, 常州国华电器有限公司; MIR-254 低温恒温培养箱, 三洋电机株式会社。

1.3 方法

1.3.1 米饭制备工艺流程

大米→淘洗→浸泡→超高压处理→蒸煮(米水比(m/m): 1:1; 常压; 15 min)→冷却至室温→米饭→无菌分装→贮藏(4 °C)

1.3.2 大米前处理

称取50 g 大米并淘洗。将淘洗后的大米在米水比(m/m)为1:2、温度40 °C的条件下浸泡40 min。浸泡结束后, 沥干大米水分, 将其装入经高温灭菌的蒸煮袋(15 cm×10 cm)中后抽真空密封。

1.3.3 大米超高压处理方法

将真空密封的大米放入超高压设备的施压容器并保证其浸没于传压介质(水)中, 15 °C下对其分别施加200、400、600 MPa 的压力处理10 min。浸泡后未经超高压处理(0.1 MPa)的大米作为对照试验组。

1.3.4 米饭质构性质的测定^[10~11]

TPA(Texture Profile Analysis)模式下对米饭的硬度和黏着性进行测定。

测定方法: 将6粒完整饱满的米粒置于测试台中央, 米粒平放, 上表面不能有突起, 下表面不能悬空。平行测定5次, 结果取平均值。

测定参数: 测前速度: 1.00 mm/s; 测试速度: 0.50 mm/s; 测后速度: 1.00 mm/s; 压缩比: 90.0%; 两次压缩间隔时间: 5.00 s; 探头型号 SMS P50。

1.3.5 米饭碘蓝值的测定^[12]

准确称取米饭样品5.0 g 装入50 mL 比色管中, 加水25 mL 于40 °C下振动浸提1 h后定容至50 mL, 离心分离(3000 r/min, 15 min), 取上清液5 mL, 加入0.5 mL 0.1 mol/L KI-I₂ 溶液和0.5 mL 0.1 mol/L HCl, 加水定容至50 mL, 静置15 min 后于620 nm 比色测定吸光值即为碘蓝值。

1.3.6 米饭透光率的测定^[12]

准确称取米饭样品5.0 g 装入50 mL 比色管中, 加水25 mL 于40 °C下振动浸提1 h后定容至50 mL, 离心分离(3000 r/min, 15 min), 取上清液于620 nm 测定透光率。

1.3.7 米饭色差的测定^[13~14]

采用 CR-400 色差仪测定。L* 值表示亮度, 值越大则越明亮; a* 值表示红绿度, 其中正值表示偏红, 负值表示偏绿; b* 值表示黄蓝度, 其中正值表示偏黄, 负值表示偏蓝。米饭白度(W)按照下式计算: $W = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$, 平行测定3次, 结果取平均值。

1.3.8 米饭水分含量的测定

依据 GB 5009.3-2010《食品中水分的测定》测定水分含量。

1.3.9 米饭 pH 值的测定

采用 pH 计进行测定。

1.3.10 米饭感官评定

米饭的感官评定参照高嘉琦^[15]的方法并略作改动,以5位感官评价员打分的平均值作为评定结果。感官评定标准见表1。每个指标满分10分,总分满分50分。

表1 米饭感官评定标准^[15]

Table 1 Sensory evaluation standards for cooked rice ^[15]			
指标	评价尺度		
	8~10分	5~7分	0~4分
色泽	有光泽、颜色均匀	颜色不均匀	有异色
香味	香气浓郁	无异味,香气不明显	有异味、无香气
形态	米粒完整均匀,黏稠适当	米粒大多完整,分散较均匀	米粒破碎
适口性	口感良好,软硬适宜	口感一般	口感差,夹生或过烂
滋味	滋味丰厚悠长	滋味不明显	有异味

1.3.11 数据分析

采用 Origin 8.5 软件进行绘图, SPSS19.0 软件对数据进行显著性分析(ANOVA)。

2 结果与讨论

2.1 不同压力处理大米制得米饭冷藏期间硬度和黏着性的变化

硬度和黏着性是能够直接反映米饭品质的质地参数^[1]。从图1a可知,随着贮藏时间的延长,米饭的硬度逐渐升高。对照、200、400、600 MPa样品分别贮藏1 d、1 d、4 d、4 d后硬度显著升高($P < 0.05$),400、600 MPa样品的硬度上升较缓慢。同一贮藏天数下,400 MPa样品的硬度大多较低。0 d时,对照样品的硬度最低,大米处理压力越高,新鲜米饭的硬度越大;3~7 d时,3种超高压米饭的硬度与对照差异均不显著($P > 0.05$)。从图1b可知,米饭的黏着性在贮藏期间逐渐降低,贮藏后期变化趋于平缓。4种米饭贮藏1 d后黏着性均显著降低($P < 0.05$),超高压米饭黏着性的下降速率更快。Tian等^[5]的研究表明大米在300或400 MPa下浸泡25 min后,米饭硬度降低,贮藏期间的老化现象得到抑制,

这可能是因为压力浸泡处理减少了大米中直链和支链淀粉的溶出,抑制了米粒表面涂层的形成;加压浸泡过程中直链和支链淀粉发生了重新分布。朱转等^[6]将大米在40 °C下浸泡100 min后施加不同压力(200~600 MPa)处理,制得米饭的硬度均高于对照且随大米处理压力的增大而逐渐降低;200~400 MPa处理使米饭的黏着性降低,而500~600 MPa处理使米饭的黏着性升高。上述研究结果与本研究不同可能是原料及其预处理方式,超高压处理条件及熟制方式不同等因素导致。

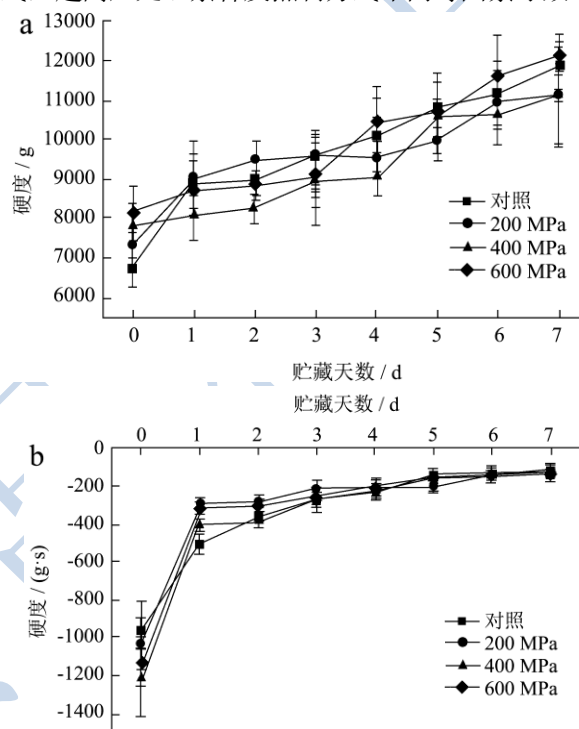


图1 不同压力处理大米制得米饭冷藏期间硬度(a)和黏着性(b)的变化情况

Fig.1 Changes in the hardness (a) and adhesiveness (b), during cold storage, of cooked rice subjected to different pressures prior to cooking

2.2 不同压力处理大米制得米饭冷藏期间水分含量的变化

由表2数据可知,米饭的水分含量随贮藏时间的变化无明显规律性,但贮藏结束时,米饭的水分含量均低于新鲜米饭。对照及200 MPa样品贮藏期间的水分含量与新鲜米饭大多无显著差异($P > 0.05$);400、600 MPa样品3~7 d的水分含量显著低于新鲜米饭($P < 0.05$)。试验中米饭采用保鲜膜密封,含水量的变化主要是水分迁移和蒸发的结果^[1],故推测大米400、600 MPa处理在一定程度上促进了米饭贮藏期间水分的迁移和蒸发。4种新鲜样品的水分含量存在差别,这可能是因为

大米超高压处理后内部结构发生改变,影响了后续蒸煮阶段米粒水分的吸收情况,使米饭的水分含量不同。

表 2 不同压力处理大米制得米饭冷藏期间水分含量的变化情

况(%, $\bar{x} \pm s$)

Table 2 Changes in the moisture content, during cold storage, of cooked rice subjected to different pressures prior to cooking

贮藏天数/d	处理压力/MPa			
	0.1(对照)	200	400	600
0	60.60±0.59 ^{aA}	59.11±0.75 ^{abB}	59.21±0.49 ^{aB}	59.74±0.57 ^{aAB}
1	59.20±1.06 ^{abA}	58.32±0.68 ^{abA}	58.38±0.28 ^{bA}	59.34±0.75 ^{aA}
2	58.60±0.14 ^{bA}	58.80±0.99 ^{abA}	59.64±0.30 ^{aA}	59.73±0.63 ^{aA}
3	58.21±0.53 ^{bb}	59.50±0.65 ^{aA}	58.32±0.22 ^{bcB}	58.25±0.63 ^{bb}
4	58.14±0.59 ^{bA}	58.26±0.39 ^{abA}	57.69±0.20 ^{cdA}	58.00±0.16 ^{bA}
5	59.28±0.83 ^{abA}	56.44±0.67 ^{cB}	57.49±0.10 ^{dB}	57.40±0.25 ^{bb}
6	59.62±1.58 ^{abA}	57.94±0.57 ^{baB}	57.42±0.21 ^{dB}	57.94±0.25 ^{bAB}
7	59.36±0.45 ^{abA}	57.90±0.30 ^{bb}	57.57±0.74 ^{dB}	57.87±0.59 ^{bb}

注:同行中不同大写字母,同列中不同小写字母表示差异达到显著水平(P<0.05)。

2.3 不同压力处理大米制得米饭冷藏期间色泽的变化

泽的变化

由图 2a 可知,米饭的亮度值 L^* 在贮藏初期(0~2 d)逐渐上升,随后呈波动变化;贮藏 1~7 d 米饭的 L^* 值均高于新鲜米饭,这与储银^[16]的研究结果基本一致,其在研究 4 °C 冷藏对盒饭色泽的影响中发现盒饭中米饭的 L^* 值随贮藏时间的延长而逐渐升高,并认为这可能是米饭冷藏后颜色变浅使物体对光线反射增强导致。白川慎一等^[17]认为贮藏期间米饭 L^* 值的升高与淀粉老化密切相关,米饭的 L^* 值会随淀粉老化程度的增加而升高。贮藏期间,仅 600 MPa 样品的 L^* 值发生了显著变化(P<0.05);同一贮藏天数下,400、600 MPa 样品的 L^* 值大多较低,200 MPa 样品的 L^* 值大多较高。由图 2b 可知,米饭 a^* 值的变化幅度较大但均为负值,米饭具有偏绿的趋势;对照及 400、600 MPa 样品的 a^* 值随贮藏时间变化显著(P<0.05)。同一贮藏天数下,3 种超高压米饭的 a^* 值与对照差异均不显著(P>0.05),200 MPa 样品的 a^* 值较低,米饭偏绿的趋势较小。由图 2c 可知,米饭 b^* 值也呈波动变化但均为正值,米饭具有偏黄的趋势;400、600 MPa 样品的 b^* 值发生了显著变化(P<0.05);同一贮藏天数下,对照及 400 MPa 样品的 b^* 值较低,色泽偏黄的趋势较小。由图 2d 可知,米饭冷藏期间白度值 W 的变化情况与 L^* 值一致,W 值在前 2 d 增加较快,2 d 后变化平缓,这与曾宪泽^[18]的研究结果一致。

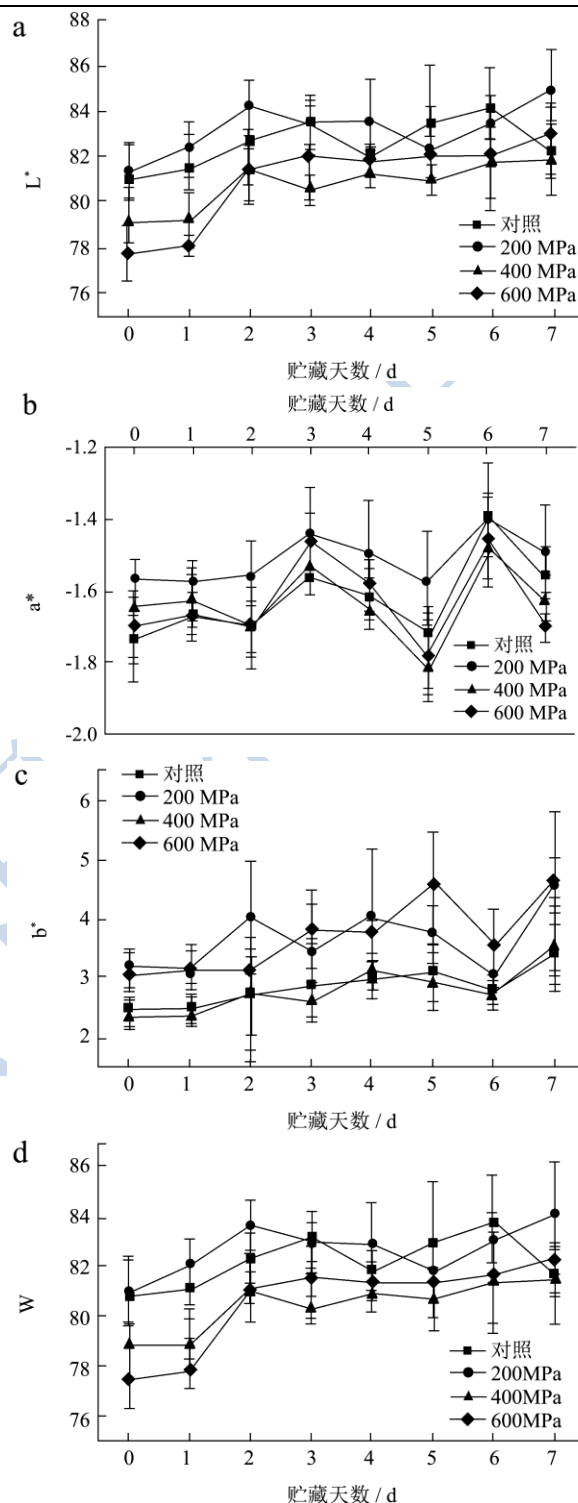


图 2 不同压力处理大米制得米饭冷藏期间色泽的变化情况(a: L^* ; b: a^* ; c: b^* ; d: W)

Fig.2 Color changes, during cold storage, in cooked rice subjected to different pressures prior to cooking (a: L^* ; b: a^* ; c: b^* ; d: whiteness)

2.4 不同压力处理大米制得米饭冷藏期间碘蓝值和透光率的变化

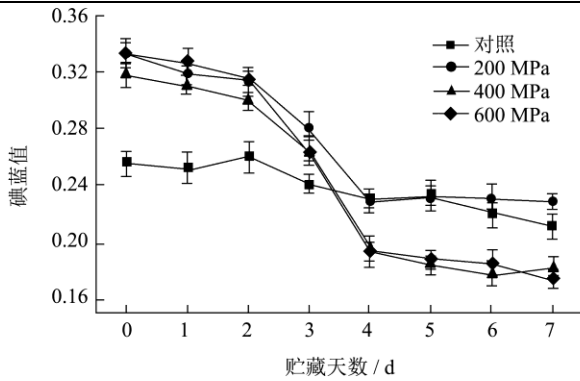


图3 不同压力处理大米制得米饭冷藏期间碘蓝值的变化情况

Fig.3 Changes in the iodine blue value, during cold storage, of cooked rice subjected to different pressures prior to cooking

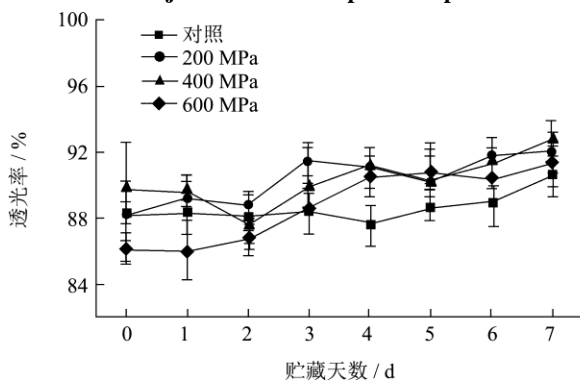


图4 不同压力处理大米制得米饭冷藏期间透光率的变化情况

Fig.4 Change in the light transmittance, during cold storage, of cooked rice subjected to different pressures prior to cooking

碘蓝值是表示淀粉与碘结合能力的指标,能够反映直链淀粉含量及链长的变化,蒸煮过程中直链淀粉溶出的程度^[6]。透光率是透射光通量与入射光通量之比,米饭提取液越透明则透光率越高,越浑浊则透光率越低^[19]。由图3、4可知,贮藏期间米饭的碘蓝值呈下降趋势,0~4 d碘蓝值的变化速率较快,4~7 d变化较缓慢;透光率呈波动变化,变化幅度不大,贮藏末期高于贮藏初期。这与叶敏等^[20]的研究结果一致,其研究表明采用不同蒸煮方法(微波、常压和高压)制得米饭贮藏期间(0~2 d)的碘蓝值及透光率分别降低和升高。高压使大米中淀粉颗粒的内部结构变得松散,蒸煮后淀粉粒膨胀,直链淀粉更易从淀粉颗粒中溶出^[6],故超高压米饭的碘蓝值较高。贮藏期间米饭发生老化,淀粉之间相互形成致密的结晶,结晶的淀粉分子相互包裹,与碘作用的机会减少,故米饭的碘蓝值降低^[20]。对照样品碘蓝值的变化幅度最小;3种超高压米饭贮藏2 d后碘蓝值均显著降低($P<0.05$);0~2 d时,3种超高压米饭的碘蓝值均显著高于对照($P<0.05$),4~7 d时,400、600 MPa样品的碘蓝值显著低于对照($P<0.05$)。超高压米饭碘蓝值的下降速率更快可能是因为超高压处理促进了新鲜米饭表面

黏性层的形成,随贮藏时间的延长黏性层变硬,不利于米饭内部直链淀粉的溶出。对照及400 MPa样品1~7 d的透光率与新鲜米饭均无显著差异($P>0.05$);200 MPa样品贮藏3 d、4 d、6 d、7 d后的透光率显著高于新鲜米饭($P<0.05$);600 MPa米饭贮藏3 d后透光率显著升高($P<0.05$);对照及400 MPa样品贮藏期间透光率的变化更缓慢。贮藏初期(0~2 d),3种超高压米饭的透光率与对照差异均不显著($P>0.05$),400 MPa样品的透光率最低;3~7 d时,对照样品的透光率最低。

相关研究表明,米饭的理化指标与其食用品质有很大的相关性。米饭的食味等级随碘蓝值的增加及透光率的减小而增加^[21];碘蓝值与米饭的香味呈正相关;透光率与米饭的滋味、口感呈显著负相关^[12]。根据碘蓝值及透光率与米饭品质的相关性可知大米200、400、600 MPa处理对米饭冷藏期间的食用品质存在不利影响。

2.5 不同压力处理大米制得米饭冷藏期间 pH

值的变化

从表3数据可知,米饭冷藏期间的pH值大体呈下降趋势,这与曾宪泽^[18]的研究结果一致,储银^[16]的研究也表明未加调味料的盒饭(米饭、芹菜和肉丝)在4℃冷藏期间,盒饭中米饭的pH值明显下降。对照及200、400、600 MPa样品分别贮藏3 d、2 d、2 d、5 d后,pH值显著降低($P<0.05$)。200 MPa样品贮藏期间pH值最低;贮藏初期(0~1 d),4种米饭同一贮藏天数下的pH值差异不显著($P>0.05$);贮藏结束时,200、400 MPa样品的pH值显著低于对照($P<0.05$)。米饭的淀粉含量较高,贮藏期间pH值降低主要是微生物分解了米饭中的糖类物质产生CO₂导致^[16,22]。超高压处理可减少大米中的带菌量,使米饭中的微生物数量降低,不易腐败,贮藏期间超高压米饭的pH值很可能高于对照。但本试验结果表明大米经200、400 MPa处理后,米饭的pH值在贮藏期间均低于对照;经600 MPa处理后,米饭的pH与对照较为接近。可能的原因是:一方面,大米超高压处理后又进行了同样具有杀菌作用的蒸煮处理(15 min),使得超高压处理在降低大米成品中微生物数量方面未表现出明显的效果。另一方面,朱转等^[23]的研究表明,浸泡和超高压预处理能使米饭淀粉中快速消化淀粉和慢速消化淀粉的含量升高,抗性淀粉的含量降低,提高米饭的消化特性。故超高压米饭可能对微生物中进行分解作用的酶更加敏感,更容易被微生物利用而分解产酸。

表 3 不同压力处理大米制得米饭冷藏期间 pH 的变化情况

Table 3 Changes in the pH, during cold storage, of cooked rice subjected to different pressures prior to cooking

贮藏天 数/d	处理压力/MPa			
	0.1(对照)	200	400	600
0	6.63±0.11 ^{aA}	6.58±0.06 ^{aA}	6.60±0.05 ^{aA}	6.64±0.04 ^{aA}
1	6.59±0.04 ^{abA}	6.52±0.01 ^{abA}	6.58±0.04 ^{abA}	6.59±0.06 ^{aA}
2	6.58±0.05 ^{abA}	6.43±0.02 ^{bcC}	6.51±0.02 ^{bcB}	6.60±0.03 ^{aA}
3	6.52±0.01 ^{bcB}	6.35±0.04 ^{cdD}	6.48±0.01 ^{cC}	6.61±0.01 ^{aA}
4	6.50±0.04 ^{bcBC}	6.35±0.06 ^{cdC}	6.45±0.04 ^{cdB}	6.56±0.04 ^{aA}
5	6.45±0.02 ^{cA}	6.31±0.07 ^{deB}	6.37±0.05 ^{deAB}	6.43±0.08 ^{bAB}
6	6.46±0.02 ^{cA}	6.29±0.04 ^{deB}	6.37±0.06 ^{deAB}	6.46±0.06 ^{bB}
7	6.43±0.09 ^{cA}	6.25±0.07 ^{eC}	6.30±0.06 ^{eB}	6.40±0.05 ^{bAB}

注：同行上标不同大写字母为差异显著 (P<0.05)；同列上标不同小写字母为差异显著 (P<0.05)

2.6 不同压力处理大米制得米饭冷藏期间感

官评分的变化

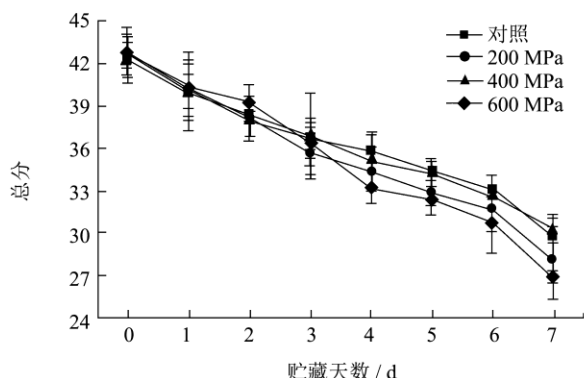


图5 不同压力处理大米制得米饭冷藏期间感官评分的变化情况

Fig5 Changes in the sensory scores, during cold storage, of cooked rice subjected to different pressures prior to cooking

由图5可知，随着冷藏时间的延长，米饭的感官评分不断降低 (P<0.01)。同一贮藏天数下，4种米饭在0~3 d的感官评分无显著差异 (P>0.05)；4~7 d时，600 MPa 米饭的感官评分显著低于对照 (P<0.05)，200和400 MPa米饭的感官评分与对照无显著差异 (P>0.05)。朱转等^[6]认为大米施加过高的压力 (400 MPa以上) 处理会对新鲜米饭的感官品质产生不利影响，压强越大，影响越显著。本试验结果表明不同压力处理大米制得新鲜米饭的感官评分无显著差异 (P>0.05)，这可能是大米预处理及超高压处理方式、大米品种不同等因素导致。

3 结论

3.1 随着冷藏时间的延长，米饭的硬度逐渐升高，超

高压样品的硬度上升较缓慢；米饭的黏着性逐渐降低，不同样品黏着性的变化趋势相似，贮藏 1 d后黏着性均显著降低，但超高压米饭黏着性的下降速率更快；米饭水分含量的变化幅度不大且无明显规律性；400、600 MPa 米饭水分含量的变化更加剧烈；米饭的 pH 值呈下降趋势，超高压米饭的 pH 值下降更快；米饭的亮度 L*与白度 W 的变化趋势一致，在贮藏初期逐渐上升，随后变化趋于平缓，a*、b*值均波动变化；米饭的碘蓝值呈下降趋势，透光率大体呈上升趋势，超高压米饭碘蓝值的下降和透光率的升高均较快。

3.2 冷藏期间，200 MPa 米饭的 L*、W 和碘蓝值均较高，pH 值最低且下降速率最快，感官评分较低。400 MPa 米饭的硬度、pH 值、L*和 W 均较低，感官评分与对照接近。600 MPa 米饭的硬度较高，L*及 W 较低，碘蓝值的下降和透光率的上升均最快，感官评分最低且下降速率最快。上述试验结果表明大米超高压处理对米饭冷藏期间品质的负面影响较大。

参考文献

- [1] 余世锋,马莺.贮藏温度和时间对五常大米米饭品质的影响[J].食品科学,2010,31(2):250-254
YU Shi-feng, MA Ying. Effects of storage temperature and duration on quality properties of cooked wuchang rice [J]. Food Science, 2010, 31(2): 250-254
- [2] 郑轶恒,陈中,林伟锋,等.米饭贮藏过程中的品质变化[J].现代食品科技,2011,27(12):1437-1439
ZHENG Yi-heng, CHEN Zhong, LIN Wei-feng, et al. The quality change of rice during storage [J]. Modern Food Science and Technology, 2011, 27(12): 1437-1439
- [3] Yu S, Ma Y, Sun D W. Effects of freezing rates on starch retrogradation and textural properties of cooked rice during storage[J]. LWT -Food Science and Technology, 2010, 43(7): 1138-1143
- [4] Yu S, Ma Y, Sun D W. Impact of amylose content on starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage [J]. Journal of Cereal Science, 2009, 50(2): 139-144
- [5] Tian Y, Zhao J, Xie Z, et al. Effect of different pressure-soaking treatments on color, texture, morphology and retrogradation properties of cooked rice [J]. LWT-Food Science and Technology, 2014, 55(1): 368-373
- [6] 朱转,侯磊,陈燕卉,等.浸泡和超高压处理对米饭食用品质的影响[J].中国食品学报,2013,13(10):86-91
ZHU Zhuan, HOU Lei, CHEN Yan-hui, et al. Effects of soaking and ultrahigh-pressure pretreatment on edible quality of cooked rice [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science

- and Technology, 2013, 13(10): 86-91
- [7] 刘莉.超高压协同 β -环糊精渗入对方便米饭性质的影响[D]. 无锡:江南大学,2013
LIU Li. Effect of β -cyclodextrin penetration with high-pressure on the properties of instant rice [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013
- [8] Li W, Bai Y, Mousaa S A S, et al. Effect of high hydrostatic pressure on physicochemical and structural properties of rice starch [J]. Food and Bioprocess Technology, 2012, 5(6): 2233-2241
- [9] Yamakura M, Haraguchi K, Okadome H, et al. Effects of soaking and high-pressure treatment on the qualities of cooked rice [J]. Journal of Applied Glycoscience, 2005, 52(2): 85-93
- [10] Jaiboon P, Prachayawarakom S, Devahastin S, et al. Effect of high-temperature fluidized-bed drying on cooking, textural and digestive properties of waxy rice [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 105(1): 89-97
- [11] 陈天鹏,李里特,钱平.冻干方便米饭品质评价方法及原料适应性的研究[J].中国粮油学报,2006,21(1):15-19
CHEN Tian-peng, LI Li-te, QIAN Ping. Quality evaluation methods and material adaptability for freeze dried instant rice [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2006, 21(1): 15-19
- [12] 熊善柏,赵思明,李建林,等.米饭理化指标与感官品质的相关性研究[J].华中农业大学学报,2002,21(1):83-87
XIONG Shan-bai ZHAO Si-ming LI Jian-lin, et al. Study on the correlations between physicochemical properties and sensory qualities of cooked rice [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2002, 21(1): 83-87
- [13] 徐侃.冷冻米饭生产工艺及其品质特性的研究[D].杭州:浙江工商大学,2011
XU Kan. Studies on the production technology and quality characteristics of frozen cooked rice [D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2011
- [14] 庄海宁,夏智,李军德,等.挤压方便米的径向膨胀率、与其复水率、糊化度关系的研究[J].现代食品科技,2010,26(10): 1057-1062,1075
ZHUANG Hai-ning, XIA Zhi, LI Jun-de, et al. Studies of relationship between radial expansion ratio and rehydration ratio/gelatinization degree of extruded instant rice [J]. Modern Food Science and Technology, 2010, 26(10): 1057-1062, 1075
- [15] 高嘉琦.超高压处理对燕麦方便米饭原料特性的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2012
GAO Jia-qi. The effect of ultra-high pressure (UHP) treatment on material characteristics of oat convenient rice [D]. Huhehaote: Inner Mongolia Agricultural University, 2012
- [16] 储银.不同烹饪贮藏条件对营养配餐品质和安全性的影响[D].杭州:浙江大学,2013
CHU Yin. Effect of cooking and storage on quality and safety of nutritional diets [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2013
- [17] 白川慎一,角勇悦,长根幸人,等.冷冻调味米饭的品质に及ぼす贮藏温度の影響[J].青森県ふるさと食品研究センター研究報告,2008,5:47-51
SHIRAKAWA S, KADO Y, NAGANE Y, et al. Effect of cryopreservation temperature on quality of frozen cooked rice [J]. Report of Aomori Prefectural Local Food Research Center, 2008, 5: 47-51
- [18] 曾宪泽.冷链盒装米饭加工和配送过程中品质控制的研究[D].广州:华南理工大学,2012
ZENG Xian-ze. Research on quality control of packed rice during processing and distribution [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012
- [19] 罗文波,林亲录,黄亮,等.不同品种籼米生产的鲜湿米粉理化特性与感官品质[J].食品与机械,2011,27(3):7-12,48
LUO Wen-bo, LIN Qin-lu, HUANG Liang, et al. Study on physicochemical and sensory properties of fresh rice noodles produced by different varieties of indica rice [J]. Food and Machinery, 2011, 27(3): 7-12, 48
- [20] 叶敏,许永亮,李洁,等.蒸煮方式对米饭品质的影响[J].食品工业,2007,4:32-34
YE Min, XU Yong-liang, LI Jie, et al. The effect of rice quality with different cooking [J]. The Food Industry, 2007, 4: 32-34
- [21] 张欣,施利利,丁得亮,等.米饭理化指标与食味品质的相关性研究[J].中国农学通报,2010,26(12):45-47
ZHANG Xin, SHI Li-li, DING De-liang, et al. Study on the correlation between physicochemical properties and palatability qualities of cooked rice [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(12): 45-47
- [22] 毛海华,程裕东,周颖越,等.定温流通条件下温度波动对冷藏米饭安全性的影响研究[J].食品科学,2006,27(12):142-145
MAO Hai-hua, CHENG Yu-dong, ZHOU Ying-yue, et al. Study on effects of temperature fluctuation on security of chilled rice during circulation at constant temperature [J]. Food Science, 2006, 27(12): 142-145
- [23] 朱转,侯磊,沈群,等.浸泡和超高压预处理对米饭中淀粉消化特性的影响[J].食品工业科技,2013,34(11):85-87
ZHU Zhuan, HOU Lei, SHEN Qun, et al. Effect of soaking and ultrahigh-pressure pretreatment on starch digestion of cooked rice [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(11): 85-87

现代食品科技