

文章编号:1673-2383(2018)04-0033-05

网络出版网址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1378.N.20180814.1403.012.html

网络出版时间:2018-8-14 14:04:08

玉米储藏霉变条件及其品质研究

李 慧,王若兰,渠琛玲*,潘柏西
(河南工业大学 粮油食品学院,河南 郑州 450001)

摘要:将玉米置于 1.5 m×0.95 m×1.2 m 的模拟仓中,于室温(25~35 ℃)下储藏,定期观察玉米色泽、气味和发霉情况,并测定脂肪酸值、容重、不完善粒和糊化特性等品质指标。结果表明:水分含量为 14%的玉米储藏 60 d 后,仍呈现玉米固有的色泽、气味和亮度,脂肪酸值略有上升,但在宜存范围;容重由 755 g/L 降至 735 g/L,不完善粒上、中、下层均增多;最终黏度和峰值黏度略有下降,糊化温度基本稳定。最终黏度降低了 300 mPa·s,峰值黏度降低了 44 mPa·s,回生值下降 260 mPa·s,糊化温度在 82~84 ℃之间波动。水分含量为 17%的玉米储藏 12 d 后,上、中层不完善粒多于下层;52 d 后,颜色变暗,上层和中层玉米籽粒开始发霉;储藏 60 d 脂肪酸值已升至 90 mg/100 g;容重上层和中层下降幅度基本一致,由 715 g/L 降至 665 g/L,而下层容重下降较少,下降了 30 g/L;最终黏度降低 480 mPa·s,峰值黏度基本稳定,回生值降低 100 mPa·s,糊化温度均在(84±2) ℃范围内波动。

关键词:玉米;储藏;发霉;品质

中图分类号:TS210.1

文献标志码:B

0 前言

玉米是我国重要的粮食及经济作物之一,其种植范围广、产量高,其中东北、华北和西南地区玉米产量可达数亿吨。玉米入库时没有降到安全水分($\leq 14\%$)的情况时有发生,而玉米的原始水分越高,其呼吸能力越强,脂肪和淀粉含量降低速度越快,粮食霉变程度越严重。Ubhi 等^[1]使用压力传感器测量了不同水分玉米的呼吸强度,发现水分含量较高的玉米籽粒呼吸旺盛、霉菌大量滋生。陈娟等^[2]将水分含量为 15.5%的玉米于 30 ℃下储藏,发现玉米霉菌活性值与脂肪酸值均随储藏时间的延长而增大。刘晓莉等^[3]、唐芳等^[4]的研究也表明,玉米粮堆中脂肪酸值的含量变化与霉菌活动有非常密切的联系,霉菌含量越多,活性越强,玉米的脂肪酸值增大的也越多。Paraginski 等^[5]将水分含量为 14%的玉米在 35 ℃储藏下 12 个月后发现,淀粉提取率降低 22.1%,透明度下降,相对结晶

度由 30.54%下降到 26.26%,淀粉黏度从 311.06 RVU(rapid visco units)降至 293.92 RVU,糊化温度从 70.5 ℃上升到 76.3 ℃。当储粮环境条件比较适宜,霉菌短时间内会迅速生长繁殖,个体数量激增,分解代谢产生大量热,造成粮堆内水分转移,最终会导致霉变现象。另外,霉菌菌丝一旦开始生长,霉菌将分泌大量胞外酶,能降解玉米的营养物质使其品质下降^[6]。作者主要分析水分含量为 14%和 17%的玉米在室温(25~35 ℃)下储藏,玉米发霉情况及主要品质指标的变化规律,为玉米安全储藏提供参考。

1 材料与方 法

1.1 模拟仓

试验仓尺寸为 1.5 m×0.95 m×1.2 m,可容纳 0.9 t 玉米。

1.2 材料

1.2.1 粮种

黄玉米(郑单 958):河南郑州市中牟县。

1.2.2 主要仪器与设备

FSJ-II 锤片式粮食粉碎机:中储粮成都粮食储藏科学研究所;GHCS-1000 谷物电子容重器:上海希霸公司;快速黏度仪(RVA):瑞士 Perten 公司。

收稿日期:2017-11-24

基金项目:十三五国家重点研发计划课题(2016YFD0400104)

作者简介:李慧(1994—),女,辽宁绥中人,硕士研究生,研究方向为粮食储藏与品质保鲜。

* 通信作者:渠琛玲,副教授,E-mail:quchenling@163.com

1.3 方法

1.3.1 样品的储藏

分别将 0.9 t 玉米水分含量调至 14% 和 17%，置于两个模拟仓中，室温(25~35 ℃)储藏。

1.3.2 取样

使用扦样器借鉴 GB/T 5491—1985 进行取样，分上、中、下三层(上、中、下层距仓底部分别为(75±5) cm、(50±5) cm、(25±5) cm)。每层设置 5 个点取样并混合均匀。取样点横切面(俯视图)见图 1。

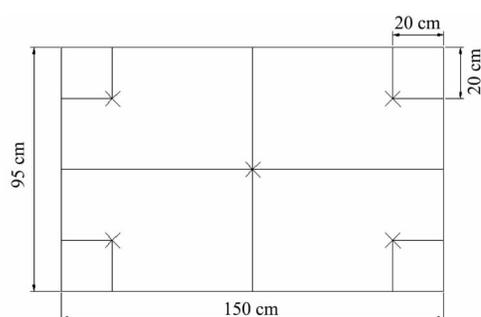


图 1 取样点俯视图

Fig.1 Sampling point top view

1.3.3 指标测定

色泽与气味：按照 GB/T 5492—2008 测定；脂肪酸值：按照 GB/T 20570—2015 附录 A 测定；容重：按照 GB/T 1353—2009 方法中附录 A 测定。不完善率：按照 GB/T 5498—2013 方法测定。黏度：按

GB/T 24852—2010 测定。

2 结果与讨论

2.1 色泽气味的变化及发霉情况

由表 1 可知，水分含量为 14% 的玉米在室温条件下储藏 60 d 后，品质仍然正常，籽粒饱满，呈现玉米固有的色泽和气味。水分含量为 17% 的玉米储藏至第 44 天时，上层和中层的玉米可观察到颜色略有变暗，能闻到有哈喇味和霉味，下层玉米色泽和气味均正常。储藏至第 52 天时，颜色继续变暗，上层和中层玉米籽粒开始发霉，60 d 后观察玉米切面发现胚部霉菌感染严重，玉米霉味较重。水分含量较高的玉米，粮堆内局部位置有自由水，而上层和中层玉米受环境影响较大，当环境温度达 30 ℃ 时，且上层与空气接触，有氧环境利于灰绿曲霉、局限曲霉等对水分要求很低的霉菌，它们就会大量生长繁殖。此外，粮食导热性较差，灰绿曲霉等霉菌代谢产生的水分和热量在粮堆内发生局部累积，更多的霉菌开始生长。文献[7-8]指出，粮堆内局部水分超过 18% 时，黄曲霉、青霉及黑曲霉就会大量增殖。此外，霉菌的大量增殖会产生大量代谢热，同时粮堆散热性较差，导致粮堆内部水分发生迁移，霉变程度加剧。而下层玉米霉菌生长缓慢，霉变现象不明显。

表 1 玉米储藏期间色泽、气味及发霉情况

Table 1 The change of color, smell and mildew of corn during storage

初始水分含量/%	储藏时间/d	色泽	气味	发霉情况
14	0~60	正常	正常	无
17	0~44	正常	正常	无
17	44~52	上层、中层颜色轻微变暗，下层正常	上层、中层有轻微哈喇味，下层正常	上层、中层开始出现轻微霉变，下层正常
17	52~60	上层基本正常，中层颜色轻微变暗，下层正常	上层、中层有轻微哈喇味、霉味，下层正常	上层和中层霉变，下层正常

2.2 脂肪酸值的变化

玉米储藏时，其本身仍然具有生理活性。由图 2 可知，不同水分玉米脂肪酸值均随着储藏时间的延长而上升。水分含量为 14% 的玉米储藏 10 d 内，脂肪酸值缓慢上升，储藏至第 60 天时脂肪酸值为原来的 2 倍，但仍在宜存范围。玉米脂肪酸值没有出现明显的分层变化，说明整仓玉米品质比较均匀，动态变化较一致。水分含量为 17% 的玉米储藏 28 d，脂肪酸值上、中、下层变化基本一致，28 d 后上层和中层的玉米脂肪酸值的增量高于下层玉米。水分含量为 17% 的玉米储藏至第 60 天时，其

脂肪酸值已经升高至 90 mg /100 g，不宜存。这与玉米颗粒大，呼吸作用强，胚部大且含有较多脂类，容易发生氧化水解有关。此外，储藏时处于夏季，室内温度较高，水分较高的玉米其微生物生长繁殖快，产生大量生物热，也加快了脂肪氧化水解的速度，致使脂肪酸值增加^[9-10]。

2.3 玉米容重与水分的变化

玉米容重标志着玉米籽粒的饱满程度，同时与其结构组成、水分含量、杂质等密切相关^[11-12]。由图 3 可知，不同水分含量的玉米容重在储藏期间都出现下降。初始水分含量为 14% 的玉米，容重由

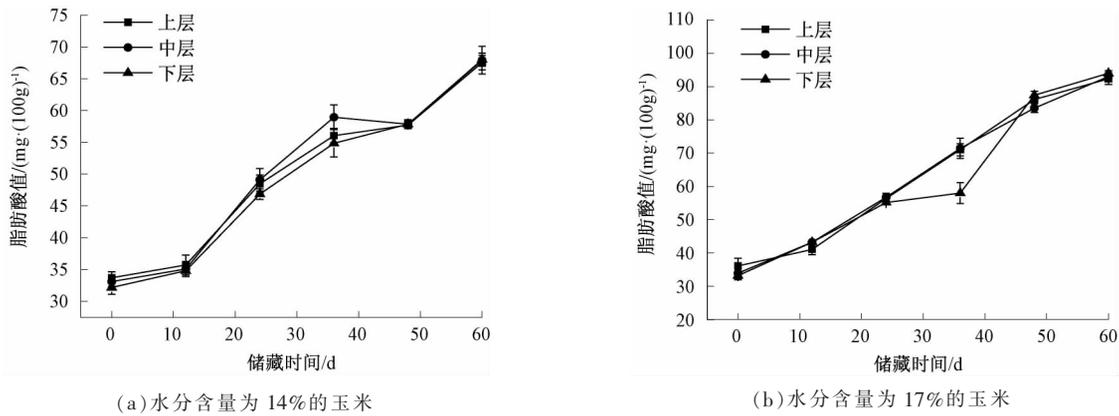


图2 玉米储藏期间脂肪酸值变化

Fig.2 The change of FFA in corn during storage

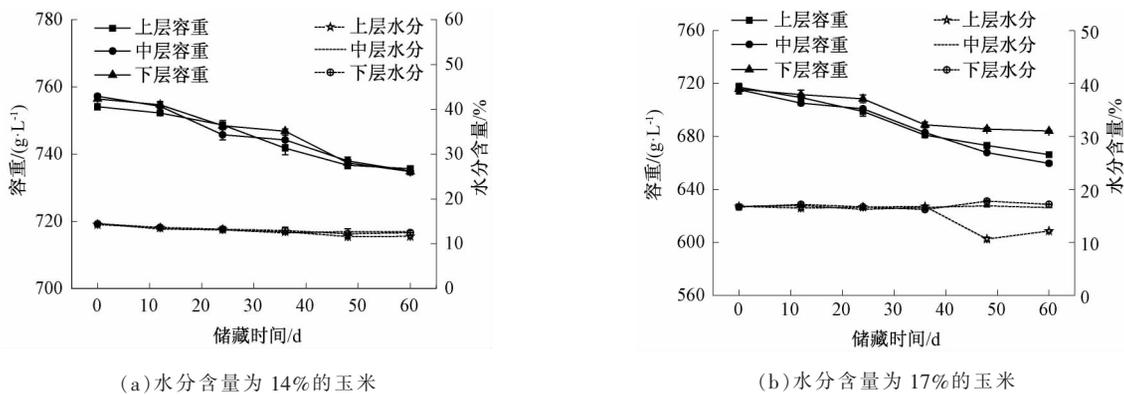


图3 玉米储藏期间容重与水分含量变化

Fig.3 The change of bulk density and moisture of corn during storage

755 g/L 降低到 735 g/L,且 3 层均匀下降,其在储藏过程中,水分含量基本稳定在 14%。初始水分含量为 17% 的玉米容重上层和中层下降幅度基本一致,由 715 g/L 降低到 665 g/L,而下层容重下降较少,约下降了 35 g/L。容重下降主要是因为容重与玉米中水分和营养物质密切相关,在储藏过程中,其温度升高、产生大量游离脂肪酸,氧化生成醛、酮类物质使玉米酸败。此外,由于是夏季室温储藏,微生物增殖也消耗玉米部分有机物质,玉米粮温有轻微上升,其籽粒中的干物质有所消耗。这些都会导致玉米容重的下降^[13]。

2.4 玉米不完善粒的变化(图 4)

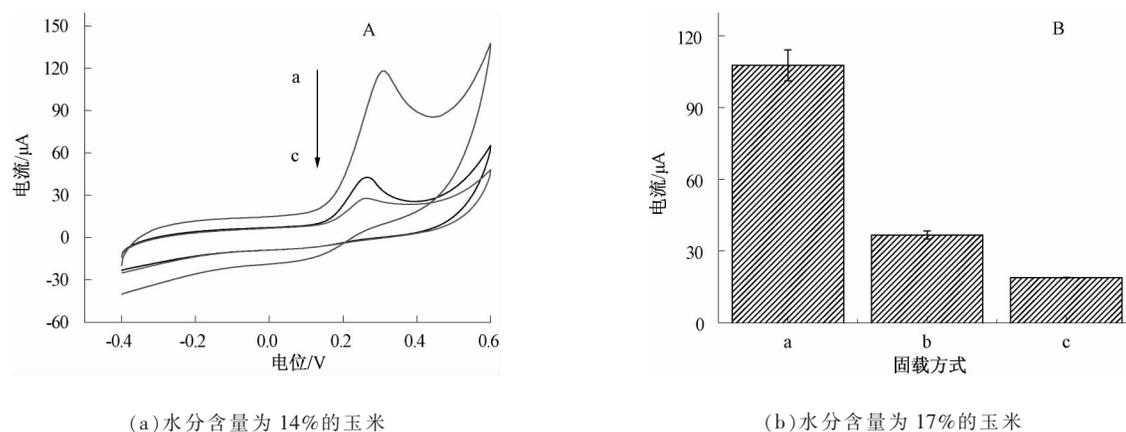
玉米不完善粒指受到损伤但尚有使用价值的颗粒,包括虫蚀粒、病斑粒、破碎粒、生芽粒、生霉粒和热损伤粒 6 种^[14]。经过储藏,不同水分的玉米不完善粒均出现增多的现象,主要是破碎粒、霉变粒和热损伤粒。水分含量为 14% 的玉米不完善粒上、中、下层均增多,且 3 层变化趋势基本一致。这主要是因为水分含量 14% 的玉米相对安全,品质基本稳定。水分含量 17% 的玉米在储藏至第 12 天

时,仓内不完善粒没有出现分层变化,在 12 d 之后,上、中层不完善粒多于下层。这是由于上、中层玉米受室温影响较大,过量呼吸而引起其胚部及胚乳发生较明显的变色,粮堆的热损伤粒增多^[15-16],且环境温度较高,上层和中层玉米的霉菌大量生长繁殖,霉变粒快速增多。

2.5 玉米粉糊化特性

对水分含量为 14% 和 17% 的玉米的糊化特性进行了分析,结果见图 5。

由图 5 可知,水分含量为 14% 的玉米经过 60 d 的储藏后,品质保持较好。其最终黏度由 1 681 mPa·s 降至 1 380 mPa·s;峰值黏度由 636 mPa·s 降至 592 mPa·s,基本稳定;回生值变化较大,由 870 mPa·s 降至 609 mPa·s,下降 261 mPa·s;糊化温度在 82~84 °C 之间波动。水分含量为 17% 的玉米最终黏度也有所下降,储藏 12 d 后,最终黏度开始下降,储藏至第 60 天时,其由 1 685 mPa·s 下降至 1 206 mPa·s;峰值黏度波动变化;储藏至第 36 天后回生值逐渐下降,至第 60 天时已降 100 mPa·s;糊化温度均在 (84±2) °C 范围内波动。高水分玉米

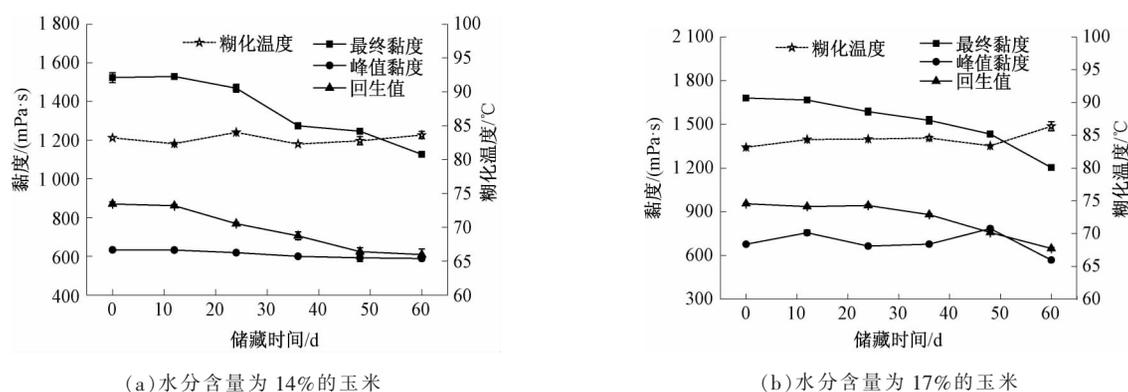


(a)水分含量为 14%的玉米

(b)水分含量为 17%的玉米

图 4 玉米储藏期间不完善率变化

Fig.4 The change of imperfection rate of corn during storage



(a)水分含量为 14%的玉米

(b)水分含量为 17%的玉米

图 5 玉米储藏期间糊化特性的变化

Fig.5 The change of gelatinization property of corn during storage

黏度下降较为明显,这与高温条件下玉米籽粒的呼吸、霉变等生理活动密切相关。储藏中,玉米淀粉被淀粉酶水解为糊精、麦芽糖、单糖等物质,致使其本身含量减少,导致糊化特性的改变。

3 结论

水分含量为 17%的玉米更易发生霉变,且呈现明显的分层变化,上层玉米霉变程度最为严重。水分含量为 14%的玉米储藏至第 60 天时品质仍然很好,无分层现象。

储藏 60 d 后,水分含量为 14%的玉米色泽、气味正常,脂肪酸值略有上升,但仍在宜存范围,容重略有下降,不完善粒有所增多,最终黏度、峰值黏度、回生值均少量下降,糊化温度基本稳定。水分含量为 17%的玉米品质分层变化,上层、中层玉米颜色变暗,籽粒出现霉菌,脂肪酸值升高,有轻微哈喇味和霉味。上层和中层容重下降幅度基本一致,且高于下层,不完善粒增多,也高于下层。最终黏度和回生值均下降,峰值黏度基本稳定,糊化

温度均在 (84 ± 2) °C 范围内波动。

参考文献:

- [1] UBHI G S, SADAKA S. Temporal valuation of corn respiration rates using pressure sensors [J]. Journal of Stored Products Research, 2015 (61): 39-47.
- [2] 陈娟, 蔡静平, 黄淑霞, 等. 玉米储藏霉菌活动预测的研究 [J]. 粮油加工, 2007(5): 91-93.
- [3] 刘晓莉, 蔡静平, 黄淑霞, 等. 粮食吸湿过程中微生物活动与品质变化相关性的研究 [J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2006, 27(5): 33-35.
- [4] 唐芳, 程树峰, 伍松陵. 玉米储藏主要危害真菌生长规律的研究 [J]. 中国粮油学报, 2008, 23(5): 137-140.
- [5] PARAGINSKI R T, VANIER N L, MOOMAND K, et al. Characteristics of starch isolated from

- maize as a function of grain storage temperature[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2014(102):88-94.
- [6] 李振权,蔡静平,黄淑霞,等.不同生理状态霉菌对储粮品质危害性的研究[J].*粮油加工*, 2007(7):96-98.
- [7] LEUNG H, BORROMEIO E S, BERNARDO M A, et al. Genetic analysis of virulence in the rice blast fungus *Magnaporthe oryzae* [J]. *Phytopathology*, 1988, 78(9):1227-1233.
- [8] JIANG Y, GAO F, XU X L, et al. Changes in the bacterial communities of vacuum-packaged pork during chilled storage analyzed by PCR-DGGE [J]. *Meat Science*, 2010, 86(4):889-895.
- [9] 王琳.不同储存温度对玉米脂肪酸值的影响[J].*粮油仓储科技通讯*, 2014(6):45-46.
- [10] 董光宇,唐守凯,高文迪,等.影响玉米脂肪酸值变化的因素[J].*北京农业*, 2015(14):238.
- [11] 张玉荣.粮油品质检验与分析[M].北京:中国轻工业出版社,2016:236.
- [12] 顾金玲,尹国彬,魏春立.玉米容重与杂质的相关性研究[J].*粮食与食品工业*, 2008, 15(5):50-51.
- [13] 车海先,李海玉.玉米容重影响因素浅析[J].*粮食与食品工业*, 2011, 18(1):56-61.
- [14] 张兴梅.玉米、小麦、稻谷不完善粒及稻谷黄粒米检验[J].*粮油仓储科技通讯*, 2012(2):43-45.
- [15] 黄艳艳,朱丽伟,李军会,等.应用近红外光谱技术快速鉴别玉米杂交种纯度的研究[J].*光谱学与光谱分析*, 2015, 31(3):661-664.
- [16] WANG S J, LI C L, COPELAND L, et al. Starch retrogradation: a comprehensive review [J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2015, 14(5):568-585.

STUDY ON MOLDY CONDITIONS OF CORN AND ITS QUALITY CHANGES DURING STORAGE

LI Hui, WANG Ruolan, QU Chenling, PAN Boxi

(School of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The corn was put into the simulated warehouse (1.5 m × 0.95 m × 1.2 m) and stored at room temperature (25~35 °C). The color, smell and free fatty acid value, bulk density, unsound kernels and gelatinization properties were determined regularly. The results showed that the color, smell and brightness of the corn with 14% moisture content did not change after 60 days storage, and free fatty acid value increased slightly, but it was still in the appropriate range, bulk density decreased from 755 g/L to 735 g/L. The unsound kernels in the upper, middle and lower layers all increased. The final viscosity and peak viscosity decreased slightly, and the gelatinization temperature was stable. The final viscosity reduced by 300 mPa·s, the peak viscosity decreased by 44 mPa·s, and the setback value decreased by 260 mPa·s, the gelatinization temperature fluctuated between 82 °C and 84 °C. When the corn with 17% moisture content was stored for 12 days, the unsound kernels of the middle-layer and upper-layer increased more than that of under layer. After 52 days storage, the color of corn darkened, and the corn in the middle and upper-layer began to mold, the free fatty acid value of corn increased to 90 mg/100g after 60 days storage. Additionally, the bulk density reduction of the upper and middle layer was basically the same, falling from 715 g/L to 665 g/L, while the bulk density of the corn in the lower layer decreased by 30 g/L. The final viscosity reduced by 480 mPa·s, peak viscosity was basically stable, the setback value decreased by 100 mPa·s, and the gelatinization temperature fluctuated in a range of (84±2) °C.

Key words: corn; storage; mold; quality