

高温储藏玉米品质变化研究

王若兰, 马良, 梁竣祺

(河南工业大学 粮油食品学院, 粮食储藏与安全教育部工程中心,
粮食储运国家工程实验室, 河南 郑州 450001)

摘要:以郑单 958 玉米为原料, 进行鼓风干燥和调质处理, 将水分含量分别调为 14.5%、11.7%、9.9% 和 7.8%, 在 35 °C 下密闭储藏, 研究在储藏过程中玉米生活力、电导率、过氧化氢酶活动度、脂肪酸值和品尝评分值的变化, 探讨高温储藏玉米的水分含量与其储藏品质变化的规律。结果表明: 在 35 °C 条件下, 水分含量为 14.5% 的玉米的生活力、过氧化氢酶活动度和品尝评分值降幅大, 分别为 100%、90.4 mgH₂O₂/g 和 42.1 分; 水分含量为 7.8% 的玉米的电导率、脂肪酸值增幅最小, 分别为 10.84 μS · cm⁻¹ · g⁻¹ 和 12.8 mgKOH/100 g。

关键词:玉米; 储藏品质; 水分含量

中图分类号: S 379.2 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2015)01-0098-04

Study on storage quality of maize under high temperature

WANG Ruo-lan, MA Liang, LIANG Jun-qi

(College of Food Science and Technology, Grain Storage and Security Engineering Research Center of Ministry of Education, National Engineering Laboratory of Grain Storage and Logistics, Henan University of Technology, Zhengzhou Henan 450001)

Abstract: The maize was treated by blast drying and modulation. The samples with initial moisture content were 14.5%, 11.7%, 9.9% and 7.8% (wet basis), respectively, and air-tight stored at 35 °C. The maize deterioration parameters including seed viability, conductivity, catalase activity, fatty acid value and tasting score were monitored. The change of moisture content and storage quality of the maize stored in high temperature was studied. The results showed that the seed viability, catalase activity and tasting score of the maize with moisture content of 14.5% decreased much more than the others, which were 100%, 90.4 mgH₂O₂/g and 42.1, respectively; the conductivity and fatty acid value of the maize with moisture content of 7.8% increased a little, which was the smallest of the all, 10.84 μSocm⁻¹g⁻¹ and 12.8 mgKOH/100 g, respectively.

Key words: maize; storage quality; moisture content

玉米是世界上最广泛种植和消费的农产品, 也是我国主要粮食作物之一, 广泛应用于饲料、食品和其它工业消费^[1-2]。玉米原始水分较大, 脂肪含量高, 成熟度不均匀, 呼吸旺盛, 在相同条件下, 与其它粮食相比具有更强的生命活动和更高的呼吸强度, 储藏期间品质易发生变化, 比其它谷物储藏稳定性差^[3]。在高温条件下高水分玉米易变质, 低温储藏在南方地区虽费用高、难度大, 但控制水分不失为一种有效的方法^[4-5]。一般来说, 在储藏温度一定时,

玉米的水分含量越低储藏稳定性越高, 但低水分含量玉米在储藏过程仍然有可能发生品质劣变。因此, 本实验通过研究不同水分含量玉米在高温密闭储藏期间主要储藏品质的变化, 进一步确定不同水分含量的玉米品质(包括生活力、电导率、过氧化氢酶活动度、脂肪酸值和品尝评分值)的变化规律, 旨在为寻找高温密闭条件下适宜玉米安全储藏的水分含量范围, 从而为确定玉米的科学储藏条件及管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

玉米(郑单 958): 2013 年收获, 购于郑州市近郊。

收稿日期: 2014-07-25

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2012AA101705-2)

作者简介: 王若兰, 1960 年出生, 女, 教授。

通讯作者: 马良, 1984 年出生, 男, 硕士研究生, 助理工程师。

1.2 主要试剂

红四唑、氯化钠、草酸钠、高锰酸钾、磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、30%过氧化氢、酚酞、95%乙醇、氢氧化钾、邻苯二甲酸氢钾等试剂均为分析纯。

1.3 主要仪器

PL203型电子天平:梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;HWS智能恒温恒湿箱:宁波东南仪器有限公司;JXFM110型锤式旋风磨:上海嘉定粮油仪器有限公司;KS型康氏振荡器:金坛市华峰仪器有限公司;DDS-11A型数字电导仪:上海大普仪器有限公司;电热鼓风干燥箱:上海树立仪器仪表有限公司。

1.4 样品处理

玉米样品的原始水分含量为11.7%,经过筛,除杂后,通过鼓风干燥(40℃)和调质将玉米的水分分别调节到14.5%、9.9%、7.8%,将样品装入铝箔袋中密封,置于35℃恒温培养箱中储藏,每30d测定一次指标。

1.5 试验方法

1.5.1 生活力的测定^[6]

采用红四唑染色法。随机选取完整的玉米样品100粒,放在250 mL烧杯中,加入清水,室温下浸泡6~18 h,用刀片将种子的胚切去一半,立即将切好的种子移入染液缸,倒入0.2%的红四唑染色液,放入30℃恒温箱中,避光,染色40 min,取出后,数籽粒胚部被染红的种子数量,实验重复两次,取平均值。

1.5.2 电导率的测定^[7]

玉米样品经过分样筛选,选出无损伤、无畸形的籽粒20粒,称重后用蒸馏水冲洗3次,用滤纸吸干籽粒上的水,置于具塞锥形瓶中,加入50 mL蒸馏水,空白样不加玉米只加50 mL蒸馏水。将浸泡的样品和空白样放入25℃恒温箱中保存10 h,用电导率仪测定25℃下浸泡液的电导率,按下式计算电导率:

$$\text{电导率} = (C_1 - C_2) / W$$

式中: C_1 为浸泡液电导率, $\mu\text{S}/\text{cm}$; C_2 为空白液电导率, $\mu\text{S}/\text{cm}$; W 为浸泡样品重量,g。

1.5.3 水分的测定

按GB 5497—1985定温定时烘干法测定。

1.5.4 过氧化氢酶活动度的测定

按GB/T 5522—2008方法进行测定。

1.5.5 脂肪酸值的测定

按GB/T 20570—2006附录A进行测定。

1.5.6 品尝评分值的测定

按GB/T 20570—2006附录B进行测定。

1.6 数据处理

采用SPSS 16.0对实验数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 生活力的变化

不同水分含量的玉米随着储藏时间的延长,其生活力的变化如图1所示。新收获玉米具有较高的生活力,随着储藏时间的增加,其生理活性开始下降,由新变陈,籽粒的生活力不断下降。图1显示,水分含量为7.8%的玉米储藏180 d后,生活力变化很小,为98%。水分含量为9.9%的玉米在35℃密闭储藏180 d后生活力仍保持在80%以上。水分含量为11.7%的玉米在35℃密闭储藏150 d后生活力仅为21%。而水分含量为14.5%的玉米生活力降低得较快,储藏60 d后仅为16%,90 d后降为零,彻底丧失了种用品质,经相关性分析,水分含量与生活力的Pearson相关系数 r 为-0.690,呈显著负相关。与胡伟民^[8]等人的研究结果一致。这是因为玉米在高温条件下储藏时,水分含量越高其生理活动越旺盛,呼吸强度越大,代谢时各种毒物产生速率越快,随着储藏时间的延长,降解各种毒性物质的酶的活力也会降低,从而造成玉米生活力的降低^[9-10]。

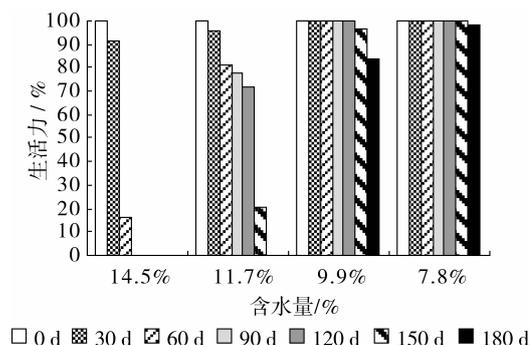


图1 不同水分含量的玉米生活力的变化

2.2 电导率的变化

新收获的玉米种子,细胞结构完整,在储藏过程中随着种子的陈化,膜脂过氧化作用加剧,使膜完整性遭破坏,透性增大,从而浸出液中析出较多的电解质或可溶性物质,因此电导率升高^[7]。对品质劣变种子的电导率测定表明,发生劣变的种子,电导率都不同程度增加^[11-12]。由图2可以看出,降低水分含量可以减缓电导率升高的速率,但玉米电导率随着储藏时间的延长总体呈现上升的趋势是不可逆的,这与周显青^[13]等人的研究结果一致。在35℃下水分含量为14.5%的玉米电导率增幅最大,为 $31.03 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$;水分含量为11.7%、9.9%和7.8%的玉米其电导率分别升高了22.71、16.98和 $10.84 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。随着储藏时间的延长,虽然电导率总体呈现

增大趋势,但水分含量为7.8%的玉米储藏180 d后电导率增幅最小,且显著低于水分含量为14.5%、11.7%和9.9%的玉米($P < 0.05$)。

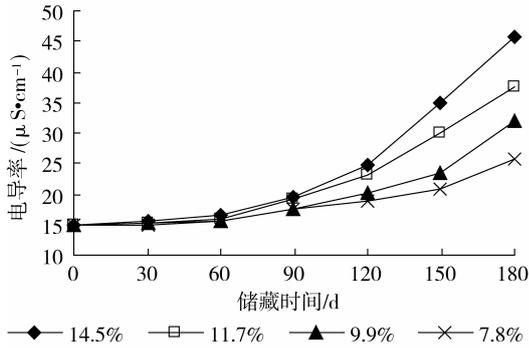


图2 不同水分含量的玉米电导率的变化

2.3 过氧化氢酶活动度的变化

水为粮食内的生物化学反应提供了条件,也是代谢所需的营养成分和代谢废物的输送介质,自由水含量越高,玉米内的生化反应速率越快^[14]。大幅降低自由水的比例,可以减缓玉米细胞的生理生化反应速率,进而延缓其陈化速率。

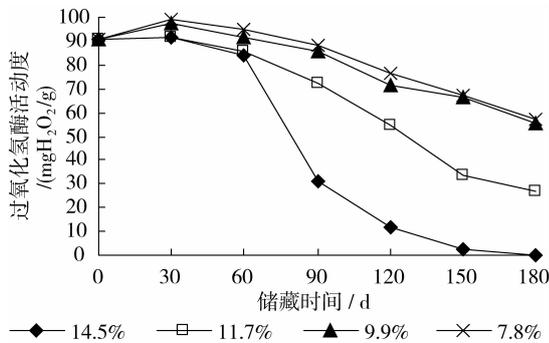


图3 不同水分含量的玉米过氧化氢酶活动度的变化

Dillahunty^[15]和吴芳^[16]等通过对不同水分含量粮食呼吸速率的研究,发现在相同温度下,水分含量越高,粮食的呼吸作用越强。宋伟^[17]等对不同条件储藏的糙米进行研究,结果表明储藏初期水分含量高的糙米呼吸作用较旺盛,与呼吸有关的过氧化氢酶大量分解,随着储藏时间的延长,该酶的活性逐渐降低,这一结论在试验中也得到了验证。由于玉米水分含量的差异,不同水分含量的玉米呼吸强度不同,酶活性也有所区别。由图3可看出,四种不同水分含量的玉米,过氧化氢酶活动度经历了先升高再降低的历程,储藏期间前30 d先略有上升,随后呈下降趋势。水分含量为14.5%的玉米过氧化氢酶活动度变化最大,降低了90.4 mgH₂O₂/g。在35℃下密封储藏的水分含量为11.7%、9.9%和7.8%的玉米的过氧化氢酶活动度值分别降低了64.1、34.9和33.4 mgH₂O₂/g,储藏180 d后水分含量为9.9%和7.8%的玉米过氧化氢酶活动度值与水分含量为

14.5%和11.7%的玉米相比,具有显著性差异($P < 0.05$)。

2.4 脂肪酸值的变化

玉米是脂肪含量较高的粮食,脂肪含量约5%,且80%~85%的脂肪集中在胚中,所以在储藏过程中玉米易发生脂类的分解。一般地说,高水分玉米中脂肪以水解作用为主,而低水分玉米以氧化作用为主^[3]。Zia-Ur-Rehman^[18]和Park^[19]等人对大米、玉米、小麦和黑麦研究后认为,脂类分解的速度比蛋白质和淀粉的快。因此,脂肪酸值常被当做判断谷物品质劣变的指标之一^[20]。Rajaramanna^[21]等人指出随着储藏时间的延长,粮食的水分含量与其脂肪酸值呈正相关。在本实验中,三酰基甘油的水解作用使水分含量较高的为14.5%玉米的脂肪酸值持续快速增加,即使在后期玉米可能存在缺氧呼吸条件下,由于水分含量较高,依然继续快速发生脂肪水解,最终导致脂肪酸值快速上升。由图4可知,水分含量为14.5%玉米的脂肪酸值在储藏末期比储藏初期增加了89.8 mgKOH/100g。水分含量为11.7%的玉米,尽管已降至我国第七储粮生态区的安全水分,但由于长期高温的作用,脂肪酸值仍增加了43.7 mgKOH/100g。而水分含量为9.9%和7.8%的玉米,虽然脂肪酸值也呈增加趋势,但由于储藏后期缺氧条件和较低的水分含量共同作用,延缓了脂肪的氧化与水解,因此脂肪酸值上升速度比高水分玉米慢,其脂肪酸值分别增加了16.9 mgKOH/100 g和12.8 mgKOH/100 g, Karunakaran^[22]等人的研究也证实了这一结论。经相关性分析,水分含量与脂肪酸值的Pearson相关系数r为-0.556,呈显著负相关。

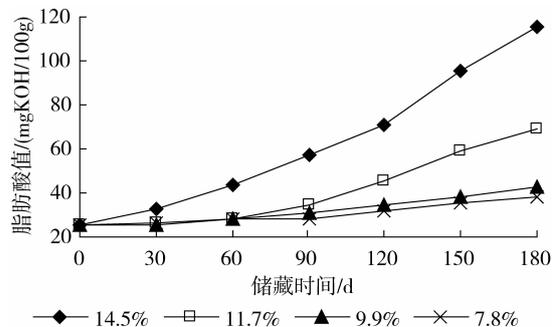


图4 不同水分含量的玉米脂肪酸值的变化

2.5 品尝评分值的变化

随着储藏时间的延长,尤其当储藏温度较高时,会促进脂类物质水解生成游离脂肪酸,然后进一步氧化生成酯、醛、酮、醇和内酯等化合物,产生令人不快的气味和滋味,直接影响谷物的食用品质^[14]。由图5可知,随着储藏时间的延长,不同水分含量的玉

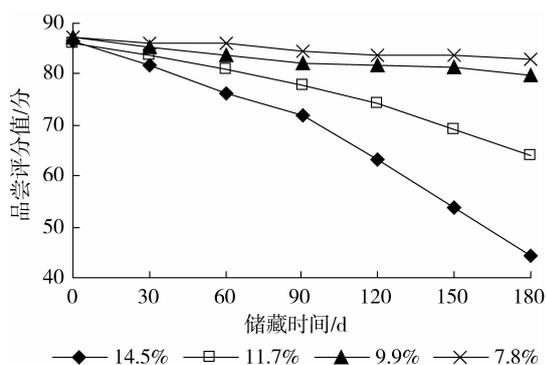


图5 不同水分含量的玉米品尝评分值的变化

米品尝评分值均呈现下降趋势。其中,水分含量为14.5%的玉米品尝评分值降幅最大,下降了42.1分,35℃密闭储藏条件下变化最小的是水分含量为7.8%的玉米,其品尝评分值下降了4.1分。水分含量为11.7%和9.9%的玉米则分别降低了22.1分和7.2分。35℃下密闭储藏180d后,水分含量为14.5%玉米的品尝评分值为44.5分,属于GB/T 20570—2006中规定的“重度不宜存”玉米,水分含量为11.7%的玉米品尝评分值也降至64.1分,属于“轻度不宜存”。而水分含量为9.9%和7.8%的玉米其品尝评分值仍大于70分,属于宜存玉米。由此可知降低玉米的水分含量,能在一定程度上起到延缓食用品质变化,减缓品尝评分值降低的作用。

3 结论

在35℃密闭条件下,不同水分含量的玉米随着储藏时间的延长,其生活力、品尝评分值总体均呈下降趋势,玉米的电导率和脂肪酸值总体均呈上升趋势,过氧化氢酶活动度均呈现先增大后减小的趋势,且玉米水分含量越高,各指标变化幅度越大。

水分含量为7.8%的玉米其生活力、过氧化氢酶活动度和品尝评分值下降最慢,分别降低了2%、33.4 mgH₂O₂/g和4.1分,均显著低于水分含量为14.5%的玉米($P < 0.05$);水分含量为7.8%的玉米的电导率和脂肪酸值分别增加了10.84 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 和12.8 mgKOH/100 g,均显著低于水分含量为14.5%的玉米($P < 0.05$)。

在35℃高温密闭储藏条件下,要将玉米水分降低至7.8%~9.9%的范围内,才能明显减缓品质的变化,与含水量14.5%的玉米相比相当于延长储藏期180d以上。在同样储藏条件下可将含水量为14.5%已成为重度不宜存的玉米,控制在宜存的品质状态。

参考文献:

[1]李北,张国刚,林海龙,等. 我国玉米深加工现状及发展趋势

[J]. 粮食与饲料工业,2011,(1):20-23.

- [2] Abass A B, Ndunguru G, Mamiro P, et al. Post-harvest food losses in a maize-based farming system of semi-arid savannah area of Tanzania[J]. Journal of Stored Products Research, 2014, 57: 49-57.
- [3] 王若兰. 粮油储藏学[M]. 北京:中国轻工业出版社,2009.
- [4] 季青跃,于兆锋,李建智,等. 高水分玉米储藏试验[J]. 粮油食品科技,2006,(2):14-16.
- [5] 江泽奴,田元方,罗中文,等. 南方长期安全储藏高水分玉米的尝试[J]. 粮食储藏,2004,(2):15-19.
- [6] 张来林,杨占雷,左永明,等. 不同仓型小麦品质变化的研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版),2008,(6):26-30+44.
- [7] 张玉荣,周显青,张勇. 储存玉米膜脂过氧化与生理指标的研究[J]. 中国农业科学,2008,10:3410-3414.
- [8] 胡伟民,段宪明,阮松林. 超干水分长期贮藏对玉米、西瓜种子生活力和活力的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2002,(1):39-43.
- [9] 张玉荣,贾少英,周显青. 糙米储藏陈化过程中生理生化指标变化特性[J]. 农业工程学报,2011,(9):375-380.
- [10] 严敏. 玉米种子超干贮藏最适含水量研究[J]. 中国粮油学报,2013,(10):71-73.
- [11] Benamar A, Tallon C, Macherel D. Membrane integrity and oxidative properties of mitochondria isolated from imbibing pea seeds after priming or accelerated ageing[J]. Seed Science Research, 2003, 13(1): 35-45.
- [12] 王彦荣,余玲,刘友良,等. 数种牧草种子劣变的生活力与膜透性的关系[J]. 草业学报,2002,03:85-91.
- [13] 周显青,张玉荣,张勇. 储存玉米膜脂损伤指标的研究[J]. 中国粮油学报,2008,(3):148-151.
- [14] 王璋. 食品化学[M]. 北京:中国轻工业出版社,2006.
- [15] Dillahuntun A L, Siebenmorgen T J, Buescher R W, et al. Effect of Moisture Content and Temperature on Respiration Rate of Rice 1[J]. Cereal Chemistry, 2000, 77(5): 541-543.
- [16] 吴芳,祝凯,严晓平,等. 不同温度条件下玉米呼吸速率变化的研究[J]. 粮食储藏,2014,(2):33-38.
- [17] 宋伟,陈瑞,刘璐. 不同储藏条件下糙米中过氧化氢酶活动度的变化规律[J]. 粮食储藏,2010,(6):28-33.
- [18] Zia-Ur-Rehman. Storage effects on nutritional quality of commonly consumed cereals[J]. Food Chemistry, 2006, 95(1): 53-57.
- [19] Park C E, Kim Y S, Park K J, et al. Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures[J]. Journal of Stored Products Research, 2012, 48: 25-29.
- [20] Rani P R, Chelladurai V, Jayas D S, et al. Storage studies on pinto beans under different moisture contents and temperature regimes[J]. Journal of Stored Products Research, 2013, 52: 78-85.
- [21] Rajaramanna R, Jayas D S, White N D G. Comparison of deterioration of rye under two different storage regimes[J]. Journal of Stored Products Research, 2010, 46(2): 87-92.
- [22] Karunakaran C, Muir W E, Jayas D S, et al. Safe storage time of high moisture wheat[J]. Journal of Stored Products Research, 2001, 37(3): 303-312. ☉