

不同处理糙米储藏期间脂肪酸及总酸的变化

Changes on fatty acid and total acid of brown rice with different treatment during storage

李 央 刘昆仑 陈复生 郑家宝 赵 爽

LI Yang LIU Kun-lun CHEN Fu-sheng ZHENG Jia-bao ZHAO Shuang

(河南工业大学粮油食品学院, 河南 郑州 450001)

(Henan University of Technology, Zhengzhou, Henan 450001, China)

摘要: 在不同储藏温度下, 研究糙米、发芽糙米及富硒发芽糙米储藏期间脂肪酸值和总酸值的变化。结果表明: 随着储藏温度的升高, 3 种样品的脂肪酸值和总酸值均显著升高; 不同储藏温度下, 随着储藏时间的延长, 3 种样品的脂肪酸值均基本呈现先增加后减小的趋势, 而总酸值则呈现先减小后增加的趋势。在各储藏温度条件下, 未发芽糙米的脂肪酸值及总酸值变化最小, 但富硒发芽糙米的储藏品质明显优于发芽糙米, 提示硒对糙米储藏期脂质氧化具有抑制作用。

关键词: 糙米; 发芽; 富硒; 总酸值; 脂肪酸值; 储藏品质

Abstract: The changes of fatty acid and total acid of brown rice, germinated brown rice and selenium-enriched germinated brown rice were determined during storage under various temperature conditions. Results: The fatty acid and total acid of these three samples all increased significantly with the increase of storage temperature. Under different storage temperature, the fatty acid of these three samples increased firstly and then decreased with the extension of storage time, but the total acid showed a reverse trend. The fatty acid and total acid of brown rice showed minimal changes under various temperature conditions. However, the storage quality of selenium-enriched germinated brown rice was better than that of the normal germinated brown rice, revealing that selenium can inhibit lipid oxidation of brown rice during storage.

Keywords: brown rice; germinate; selenized; fatty acid; total acid; storage quality

因其米糠层聚集了 60%~70% 的营养物质, 如维生素、氨基酸、膳食纤维等^[2], 从而较白米有更好的营养价值。发芽糙米是用水浸泡并培养发芽而富集 γ -氨基丁酸的糙米产品^[3]。糙米发芽过程中, 加入适量浓度的无机硒, 糙米种子即可通过自身的生物转化能力, 吸收外源无机硒转化为有机硒, 得到富硒发芽糙米^[4]。研究^[4-6]发现, 糙米经过发芽后, 不仅具有更高的营养价值, 还可改善其口感, 且硒作为人体必需的微量元素, 具有抗氧化、促进有益微生物增殖等生理功能。因此, 富硒发芽糙米有着广阔的市场前景。但目前对于发芽糙米及富硒发芽糙米储藏期的品质变化研究尚未见报道。

糙米成分中, 脂质含量虽然只有 1% 左右, 但易分解^[7], 从而极大地影响糙米的储藏品质。在糙米储藏过程中, 脂质在酯酶的作用下分解产生游离脂肪酸, 从而使得脂肪酸值升高^{[8]1-2}, 而后者不稳定, 可进一步降解产生酚类、酮类、醛类物质^[9], 从而影响糙米的食用品质和营养价值。游离脂肪酸作为有机酸, 和糙米中的无机酸成分共同决定了其总酸值的变化。同时游离脂肪酸, 尤其是不饱和脂肪酸发生氧化裂解, 产生小分子化合物, 可进一步氧化产生有机酸。因此, 本研究拟通过对比研究糙米、发芽糙米和富硒发芽糙米在不同温度储藏条件下总酸值和脂肪酸值的变化规律, 旨在探讨三者的储藏稳定性, 为延长稻谷储藏期、改善稻谷储藏品质、减少粮食资源损失提供理论参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

水稻(稻谷除杂后, 经砻谷制得糙米): 品种为连梗 7 号, 江苏省农业科学院;

石油醚: 分析纯, 天津市富宇精细化工有限公司;

无水乙醇: 分析纯, 天津市天力化学试剂有限公司;

氢氧化钠、氢氧化钾: 分析纯, 洛阳市化学试剂厂。

糙米是稻谷脱壳后保留胚芽、糠层和胚乳的全谷米粒,

基金项目: 国家自然科学基金(编号: U1404333); 河南省科技厅科技攻关项目(编号: 162102110059); 省属高校基本科研业务费专项(编号: 2014YWQQ03)

作者简介: 李央, 女, 河南工业大学在读研究生。

通讯作者: 刘昆仑(1982-), 男, 河南工业大学副教授, 博士研究生。

E-mail: knlnliu@126.com

收稿日期: 2015-08-28

1.1.2 主要仪器设备

奢米组合机:JGMJ8098型,上海嘉定粮油仪器有限公司;

离心机:80-1型,上海嘉定粮油检测仪器厂;

粉碎机:FSF型,上海嘉定粮油检测仪器厂;

鼓风恒湿干燥箱:1010-3型,上海实验仪器厂有限公司;

振荡器:SHA-C型,金坛华峰仪器有限公司;

生化培养箱:SPX-250B-Z型,上海博运实业有限公司医疗设备厂;

电子天平:AB104-N型,上海第二天平仪器厂。

1.2 试验方法

1.2.1 发芽糙米及富硒发芽糙米制备 将糙米用蒸馏水冲洗干净,置于铺有纱网的培养托盘中,加入浓度为 60 μmol/L 的亚硒酸钠溶液,于 25 °C 的恒温培养箱中培养。发芽过程中,每 12 h 清洗糙米 1 次,并更换等浓度培养液。以同样条件下纯水培养的发芽糙米为对照。发芽 72 h 后,将发芽糙米用蒸馏水冲洗干净,于 40 °C 条件下烘干,备用。

1.2.2 模拟储藏试验 将供试验样品置于相对湿度为 75% 的干燥器中,分别在温度为 15, 25, 35 °C 条件下的生化培养箱中进行为期 180 d 的储藏,每 45 d 取样。

1.2.3 测定指标及方法

(1) 总酸值:按 GB/T 5517—2010 执行;

(2) 脂肪酸值:按 GB/T 5510—2011 执行。

1.2.4 数据处理 试验重复 3 次,结果以平均值±标准差表示。试验数据采用 SPSS 16.0 进行统计分析,均值比较采用 Duncan's 多重比较,显著性检验分别在 0.05 和 0.01 水平上进行。

2 结果与分析

2.1 脂肪酸值的变化

脂肪酸值与食品中游离脂肪酸含量密切相关,游离脂肪酸是稻谷脂质陈化的产物。因此,本试验中脂肪酸值在一定程度上可以反映待试样在储藏期的品质变化。图 1~3 分别为糙米、发芽糙米和富硒发芽糙米在 15, 25, 35 °C 下储藏 180 d 的脂肪酸值变化规律。在 15, 25 °C 储藏条件下,糙米、发芽糙米和富硒发芽糙米的脂肪酸值均呈现先增大后减小的趋势,且均在储藏 135 d 时达到峰值。三者的脂肪酸初始值分别为 (4.859 ± 0.601), (5.924 ± 0.203), (5.924 ± 0.203) mg/100 g。在 35 °C 储藏条件下,糙米和发芽糙米脂肪酸值均缓慢增大,在储藏 180 d 时达到最大,其值分别为 (12.901 ± 0.858), (16.269 ± 0.560) mg/100 g。富硒发芽糙米的脂肪酸值则在储藏 135 d 时达到最大值 (10.361 ± 0.592) mg/100 g,超过 135 d 后缓慢减小到 (8.719 ± 0.165) mg/100 g。在 3 种温度下储藏时,发芽糙米的脂肪酸值增量最大,富硒发芽糙米次之,而糙米的脂肪酸值变化相对较小。

糙米中含有大量的酶,如淀粉酶、纤维素酶、蛋白酶、脂肪酶、植酸酶等^{[8]1-2}。糙米发芽过程中,当水分增加到一定程度,许多酶由结合态转化为游离态^{[10]8},由于酶的作用,在

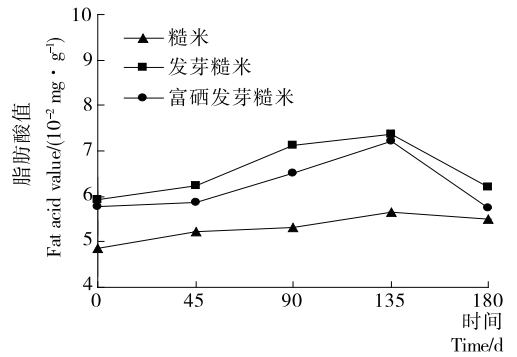


图 1 15 °C 储藏条件下 3 种糙米脂肪酸值变化

Figure 1 Fatty acid changes of three kinds of brown rice under 15 °C storage conditions

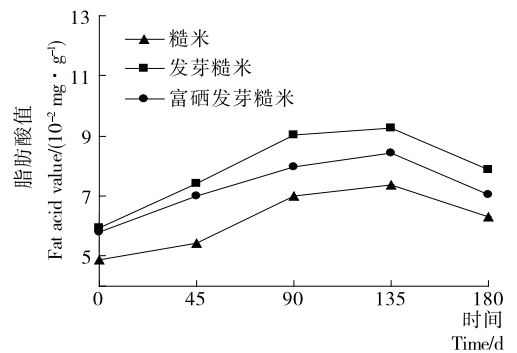


图 2 25 °C 储藏条件下 3 种糙米脂肪酸值变化

Figure 2 Fatty acid changes of three kinds of brown rice under 25 °C storage conditions

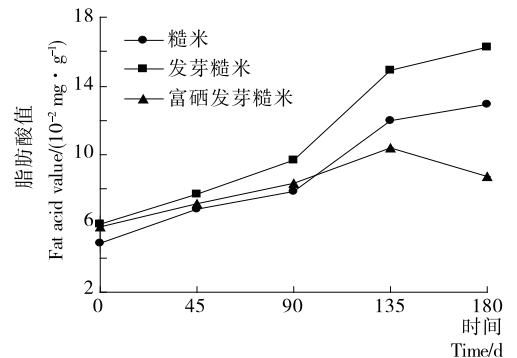


图 3 35 °C 储藏条件下 3 种糙米脂肪酸值变化

Figure 3 Fatty acid changes of three kinds of brown rice under 35 °C storage conditions

不同储藏温度条件下,经发芽处理的糙米脂肪酸值高于对照组。样品在储藏过程中,受外界因素,如温度、湿度、真空度等影响,脂质成分不稳定,产生大量游离脂肪酸,从而导致样品脂肪酸值的变化。但作为动态平衡中间产物的游离脂肪酸,其性质不稳定,还可进一步氧化分解为醛、酮类物质,所以脂肪酸值随着储藏时间的延长呈先升高后下降的趋势^[11]。因此在 15 °C 和 25 °C 储藏条件下,3 种样品的脂肪酸值均在储藏 135 d 时达到最大,随着储藏时间的继续延长,则因游离脂肪酸的分解而降低。由于脂质分解形成游离脂肪酸的过程受温度影响较大,相较于 15 °C 和 25 °C 储藏条件下的糙米以及发芽糙米,在 35 °C 储藏条件下的品质劣变速度最快,是造成其二者脂肪酸值持续增大的主要原因。因硒元

素有一定的抗氧化^[4-5]作用,糙米富硒发芽过程中,把外源无机硒转化为有机硒,形成硒蛋白;同时硒作为谷胱甘肽过氧化物酶(GPx)和谷胱甘肽磷脂氢过氧化物酶(PHGPx)的必需成分,可抑制糙米在储藏期的脂质氧化过程^[4],因此富硒发芽糙米的脂肪酸值在储藏 135 d 后呈下降趋势。

2.2 总酸值的变化

酸的种类和含量可以影响食品的色香味和稳定性,从而反映食品的品质,因此总酸值的大小可作为检测食品质量的重要指标。图 4~6 分别为糙米、发芽糙米和富硒发芽糙米在 15, 25, 35 °C 下储藏 180 d 的总酸值变化规律。15 °C 储藏条件下,糙米、发芽糙米和富硒发芽糙米的总酸值均呈现先减少后增加的趋势,在储藏 135 d 时,总酸值分别为(0.177±0.003), (0.277±0.009), (0.249±0.003) g/100 g。25 °C 储藏条件下,糙米、发芽糙米和富硒发芽糙米的总酸值均呈现先减小后增大的变化趋势,储藏 180 d 时,总酸值分别为(0.236±0.009), (0.367±0.009), (0.318±0.012) g/100 g。而 35 °C 下,糙米总酸值在储藏 90 d 时先减小到(0.190±0.007) g/100 g,储藏期 180 d 时增大到(0.239±0.008) g/100 g。发芽糙米和富硒发芽糙米的总酸值则呈增大的趋势,储藏 180 d 时,分别增大到(0.339±0.007), (0.265±0.003) g/100 g,相对于发芽糙米,富硒糙米的总酸值增量较小。综上可知,在 3 种不同温度储藏条件下,发芽糙米的总酸值增加量最大,富硒发芽糙米次之,而糙米的总酸值变化相对较小。

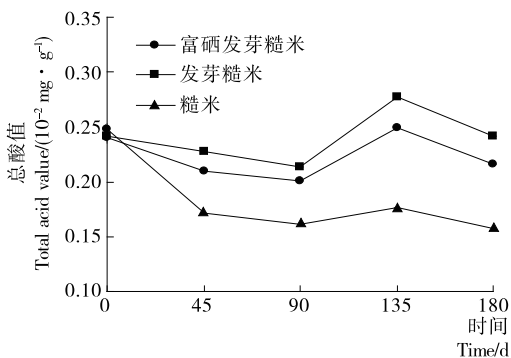


图 4 15 °C 储藏条件下 3 种糙米总酸值变化

Figure 4 Total acid changes of three kinds of brown rice under 15 °C storage conditions

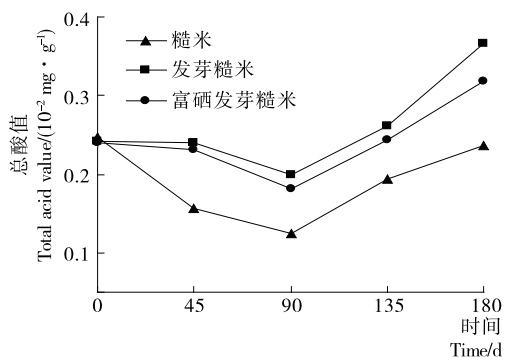


图 5 25 °C 储藏条件下 3 种糙米总酸值变化

Figure 5 Total acid changes of three kinds of brown rice under 25 °C storage conditions

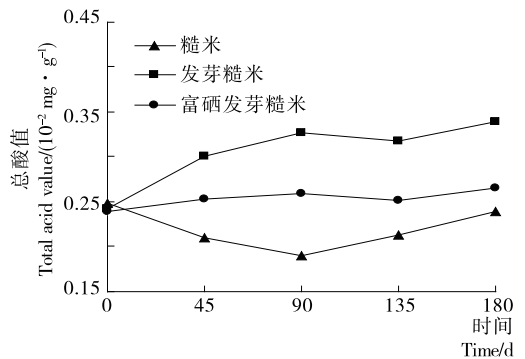


图 6 35 °C 储藏条件下 3 种糙米总酸值变化

Figure 6 Total acid changes of three kinds of brown rice under 35 °C storage conditions

糙米发芽的实质就是糙米中大量结合态酶转化为游离态酶,同时这些酶将不溶于水的物质转化为供糙米胚芽生长和利用的物质的过程^[10]。该过程中大量的酶被激活与释放^[12],酶活性升高,加速样品品质劣变,是造成同等储藏温度条件下糙米的总酸值较发芽糙米和富硒发芽糙米低的原因。食品的总酸分为有机酸和无机酸两大类,总酸值反映了食品中所有酸性成分的总量大小。其中无机酸在食品中以中性盐化合物存在,而有机酸则部分呈游离状态,部分呈酸式盐存在^[13],无机酸成分不稳定,受储藏环境如温度等因素的影响易挥发。游离脂肪酸作为总酸的组成部分,其值的变化则可能影响总酸值的变化。如图 4 和 5 所示,在 15 °C 和 25 °C 储藏条件下,3 种待试样品的总酸值在储藏初期略微下降,因为其脂质成分相对于 35 °C 储藏条件下的待试样品更稳定,脂质分解产生的游离脂肪酸少,从而造成待试样品中分解产生游离脂肪酸的量小于样品中无机酸损失量,所以总酸值呈现略微下降的趋势,但随着储藏时间的增加,游离脂肪酸逐渐累积,总酸值呈现逐渐增大的趋势。而在 35 °C 储藏条件下,发芽糙米和富硒发芽糙米由于受发芽过程中其内部成分不稳定和温度过高的影响,相较于该温度下储藏的糙米,脂质分解产生游离脂肪酸的速度较快,游离脂肪酸累积量大于无机酸损失量,发芽糙米和富硒发芽糙米的总酸值呈逐渐上升趋势。综上所述,富硒发芽糙米由于硒元素可有效的抑制糙米储藏期的脂质氧化^[4],使得游离脂肪酸生成量减少,因此相较于发芽糙米,其总酸值变化量小。

3 结论

随着储藏时间的延长,糙米、发芽糙米和富硒发芽糙米的总酸值和脂肪酸值均呈增大趋势,品质下降。随着储藏温度的增加,3 种待试样品品质劣变加快,说明低温有利于保证糙米、发芽糙米和富硒发芽糙米的储藏品质。通过对比 3 种糙米不同储藏温度条件下的总酸值和脂肪酸值可知,经发芽处理的糙米,总酸值和脂肪酸值变化均高于未发芽糙米,说明糙米具有更好的储藏品质。富硒发芽糙米的总酸值和脂肪酸值变化均小于发芽糙米,储藏品质优于发芽糙米,说明硒对糙米储藏期脂质氧化具有抑制作用,可提高其储藏稳定性。本研究通过对比总酸值和脂肪酸值的变化,说明富硒处理对于促进发芽糙米的储藏品质有积极作用,但其深层机理尚需进一步研究。

(下转第 126 页)

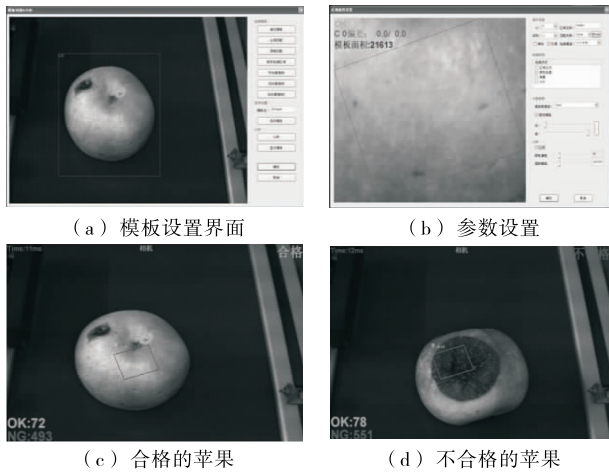


图8 水果颜色的检测结果

Figure 8 Fruit color detection results

内的区域是待检测的区域,图8(c)检测到的区域是完好的部分,其颜色与模板的颜色在同一个等级,判定结果为合格的苹果,图8(d)检测到的区域恰好是腐烂的部分,颜色与模板的颜色不同,判定结果为不合格的苹果。

4 结论与展望

本试验实现了低速条件下对苹果大小、缺陷以及颜色这3种典型特征的检测,提出了基于Halcon的图像处理算法。用动态阈值分割的方法实现了苹果轮廓的提取,并计算出其面积。根据苹果正常区域和腐烂区域的不同颜色对应的灰度值不同,提取出来缺陷区域。基于模板匹配的方法,将苹果不同区域的颜色与标准模板进行对比,区分了合格苹果和不合格苹果。

由于试验条件的影响未能对水果进行全面的图像采集,如表面缺陷可能会出现在水果的任何位置,而类似于球体的水果在进行图像采集时可能会因为形状的畸变带来缺陷的消失,给缺陷检测技术带来很大的困难。在实际的生产中,

需要对滚动的水果进行连续的图像采集,保证水果的各个方位均能被检测到,才能提高检测准确率。试验中的不足之处在于只完成了对苹果部分区域的检测,还不能保证苹果的整体部分合格与否,下一步的研究需要针对苹果的各个区域进行图像采集,由综合的试验结果来判断苹果是否合格。

参考文献

[1] 胡发焕,董增文,匡以顺. 基于机器视觉的脐橙品质在线分级检测系统[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(3): 112-118.

[2] 刘静,黄勇平,章程辉. 视觉系统开发模块在芒果果面缺陷检测中的应用[J]. 食品与机械, 2009, 25(2): 82-85.

[3] 游家训,陈超,郭创新. 径向基神经网络在水果颜色分级机中的应用[J]. 轻工机械, 2008, 26(3): 24-26.

[4] 张俊雄,荀一,李伟. 山竹的计算机视觉分级方法[J]. 农业机械学报, 2009, 40(11): 176-179, 188.

[5] BLASCO J, ALEIXOS N, MOLTO E. Machine vision system for automatic quality grading of fruit [J]. Biosystems Engineering, 2003, 85(4): 415-423.

[6] 黄星奕,魏海丽,赵杰文. 实时在线检测苹果果形的一种计算方法[J]. 食品与机械, 2006, 22(1): 27-29.

[7] 黎移新. 基于前馈神经网络的脐橙糖度及有效酸度检测[J]. 食品与机械, 2009, 25(2): 78-81.

[8] 王宏丽,赵不贻,孙智权,等. 基于HALCON的医疗袋缺陷检测[J]. 包装工程, 2015, 36(13): 125-129.

[9] 刘娟娟. 基于红外和可见光图像融合的苹果缺陷检测[D]. 南昌: 华东交通大学, 2012: 29-33.

[10] STEGER C. 机器视觉算法与应用[M]. 杨少荣,译. 北京: 清华大学出版社, 2008: 144-149.

[11] 闫之焯. 基于计算机视觉的苹果颜色分级系统的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2003: 8-10.

[12] 应义斌,王剑平,蒋焕煜. 水果直径和缺陷面积的机器视觉检测(英文)[J]. 农业工程学报, 2002, 18(5): 216-220.

[13] 刘佳男. 基于机器视觉的水果表面缺陷识别方法的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2012: 49-50.

(上接第122页)

参考文献

[1] WU Yu, CHEN Zheng-xing, Li Xiao-xuan, et al. Retrogradation properties of high amylose rice flour and rice starch by physical modification[J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(3): 492-497.

[2] 林永华. 糙米食疗米饭的工艺优化及其降血糖、降血脂机理的初步研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2015: 3.

[3] 李勇,刘建伟,袁娇,等. HPLC柱前衍生法测定发芽糙米中γ-氨基丁酸的含量[J]. 食品与机械, 2014, 30(4): 119-121.

[4] LIU Kun-lun, ZHAO Yan, CHEN Fu-sheng, et al. Purification and identification of Se-containing antioxidative peptides from enzymatic hydrolysates of Se-enriched brown rice protein[J]. Food Chemistry, 2015, 187(15): 424-430.

[5] YUREKLI V, NAZIROGLU M. Selenium and topiramate attenuates blood oxidative toxicity in patients with epilepsy: A clinical pilot study [J]. Biological Trace Element Research, 2013, 152(2): 180-186.

[6] MOLAN A L. Antioxidant and prebiotic activities of selenium-containing green tea[J]. Nutrition, 2013, 29(2): 476-477.

[7] 徐欣源,付桂明,刘成梅. 大米陈化过程中表面油脂变化特征初探[J]. 食品工业科技, 2013, 34(2): 327-330.

[8] 周婷. 糙米发芽过程中营养成分变化规律及新产品开发[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2014.

[9] JAISUT D, PRACHAYAWARAKORN S, SOPONRONNARIT S, et al. Accelerated aging of jasmine brown rice by fluidization and tempering techniques[J]. Food Research International, 2012, 30(5): 659-668.

[10] 王京夏,刘香云. 发芽糙米工艺研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2006.

[11] 王云,姜蓉,雷凡,等. 糯米粉储藏特性的研究[J]. 中国酿造, 2014, 33(4): 101-105.

[12] 曾丹,李志远,陈友清,等. 酶解工艺对改善发芽糙米口感的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 71-74.

[13] 李和生. 食品分析[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 106-107.