

不同储藏方式 对薏仁米储藏保鲜效果的影响

杨凤仪^{1,2}, 卢红梅^{1,2,*}, 陈莉^{1,2}, 代来鑫^{1,2}, 常冬妹^{1,2}, 白成松^{1,2}, 贾青慧^{2,3}
 (1. 贵州大学 酿酒与食品工程学院, 贵州贵阳 550025;
 2. 贵州大学 贵州省发酵工程与生物制药重点实验室, 贵州贵阳 550025;
 3. 贵州大学 化学与化工学院, 贵州贵阳 550025)

摘要:以兴仁薏仁米为实验材料, 对其进行温度梯度、真空包装、降低水分含量及添加抗氧化剂处理, 研究不同储藏方式对薏仁米水分含量、脂肪酸值和过氧化值的影响。结果表明: 低水分含量储藏能显著抑制薏仁米脂肪酸值的升高, 但对过氧化值的变化影响不大。抗氧化剂的添加提高了脂肪酸的含量, 一定程度上抑制了过氧化值的升高, 但对水分含量无显著影响, 其中 TBHQ 效果最好, 能将过氧化值控制在 6.3 meq/kg 以下。低于 15 °C 的低温储藏和低温真空包装储藏是储藏薏仁米的有效方式, 能在储藏过程中显著抑制脂肪酸值和过氧化值的升高并保持水分含量的稳定, 可将薏仁米的储藏保鲜期由 2 个月延长为 6 个月或 6 个月以上。

关键词: 薏仁米, 储藏方式, 保鲜

Effect of different storage ways on storage and freshness retaining of coix seed

YANG Feng-yi^{1,2}, LU Hong-mei^{1,2,*}, CHEN Li^{1,2}, DAI Lai-xin^{1,2},
 CHANG Dong-mei^{1,2}, BAI Cheng-song^{1,2}, JIA Qing-hui^{2,3}

(1. School of Liquor and Food Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China;
 2. Guizhou Key Laboratory of Fermentation Engineering and Biopharmacy, Guizhou University, Guiyang 550025, China;
 3. College of Chemistry and Chemical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: The experiment selected Xingren coix seed as experimental material. In order to explore the effect of different storage ways on the moisture content, fatty acid value and peroxide value of coix seed, the coix seed was treated by the temperature gradient, vacuum packing, reducing moisture content and adding antioxidant. The results indicated that reducing moisture content could control the increase of fatty acid value dramatically, however it had little influence on peroxide value. Adding antioxidant increased the content of fatty acids, inhibited the increase of peroxide value in a certain extent, but it had no significant influence on moisture content, TBHQ had the best storage effect especially and could control the peroxide value below 6.3 meq/kg. Low temperature storage and vacuum packing combined with low temperature below 15 °C were effective methods, they could control the increase of fatty acid value and peroxide value and keep moisture content stable dramatically and prolong the storage life of coix seed from 2 months to 6 months or more than 6 months.

Key words: coix Seed; storage ways; preservation

中图分类号: TS210.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016)19-0339-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.19.058

薏仁米, 别名草珠子、菩提珠、沟子米、慧苡仁等, 《中国药典》记载为禾本科植物薏苡 *Coix lacryma-jobi* L. var. *ma-yuen* (Roman) Stap 的干燥成熟种仁。薏仁米作为中国食药皆佳的“粮药”之一, 具有丰富

的营养^[1-2]和药用价值^[3-5]。贵州省兴仁县作为“中国薏仁米之乡”, 资源丰富, 是我国重要的薏仁米主产区之一^[6]。近年来, 随着市场需求的日益扩增, 薏仁米产量大幅升高, 而薏仁米的储藏成为急需解决

收稿日期: 2016-03-18

作者简介: 杨凤仪 (1992-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品科学, E-mail: 794245489@qq.com。

* 通讯作者: 卢红梅 (1967-), 女, 博士, 教授, 从事酿酒工程、发酵工程、酶工程、食品生物技术等方面的教学与研究工作, E-mail: hongmeilu0826@126.com。

基金项目: 贵州省科技计划 (重大专项) 黔科合重大专项字 [2014]6023 子课题 2-1 项目; 贵州省科技厅、贵州大学联合资金计划项目 (黔科合 LH 字 [2014]7674)。

的问题。然而,薏仁米在储藏过程中极易氧化变质、生虫,产生哈败味,严重影响薏仁米的品质及食用安全。但是,目前有关薏仁米储藏保鲜方法的研究较少,大多数研究集中在薏仁米的营养价值^[7-8]、药理作用^[9-10]及产品开发生^[11-12]上。因此,为了薏仁米产业的长足发展,迫切需要找到一种能延长薏仁米储藏保鲜期的方法。

为了能够有针对性的找到适合薏仁米的储藏保鲜方法,课题组前期对薏仁米储藏过程中的品质变化及陈化机理进行了探讨,发现脂肪酸值和过氧化值与薏仁米的品质变化有良好对应性,能灵敏反映薏仁米的品质变化,可作为判断薏仁米陈化劣变的主要指标。结合薏仁米储藏期间的感官品质变化,即薏仁米开始出现哈败味时所对应的脂肪酸值和过氧化值,将评价薏仁米品质劣变的脂肪酸值与过氧化值定为 120 mg/100 g 和 9.5 meq/kg。本研究在此基础上对不同储藏方式下储藏的薏仁米进行水分含量,脂肪酸值和过氧化值的测定,旨在明确不同储藏方式的差异,探讨延长薏仁米储藏保鲜期的有效方法。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

薏仁米 贵州兴仁县产纯种小薏仁米(薏仁米当天脱壳后运送实验室进行处理),贵州兴诚华英食品有限公司。

盐酸、三氯甲烷、乙醇、甲醇、氯化亚铁、石油醚、氢氧化钾、硫氰酸钾、过氧化氢、愈创木酚等试剂均为分析纯。

101-1 电热干燥箱,HH-b 型数显恒温水浴锅 北京科伟永兴仪器有限公司;SPX-250 生化培养箱

上海悦丰仪器仪表有限公司;722S 可见分光光度计,FA2004N 精密电子天平 上海菁华科技仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品处理 选取新鲜、颗粒饱满的薏仁米,经不同处理后分别置于不同的温度,相对湿度均为 40% 的培养箱中储藏。每隔 30 d 取样一次并测定相关指标。每个指标重复 3 次。

1.2.2 温度梯度设置 称取相同质量的薏仁米于自封袋(材料 PE,厚度 0.08 mm,大小 13 × 17 cm)中,置于 5、15、25、35 °C 条件下储藏。每隔 30 d 测定其水

分含量、脂肪酸值及过氧化值,共观测 180 d。

1.2.3 真空包装 称取相同质量的薏仁米进行真空包装,真空袋的厚度结构为 PA15/PE65,大小 15 × 20 cm,水蒸气透过率 1.5 g/(m²·24 h),氧气透过率 80 cm³/(m²·24 h·0.1 Mpa),真空度为 0.065 MPa,然后将其放置在 5、15、25、35 °C 条件下进行储藏。每隔 30 d 测定其水分含量、脂肪酸值及过氧化值,共观测 180 d。

1.2.4 降低水分含量 通过低温烘干将薏仁米的水分含量降低至 7.74%,置于 25 °C 条件下储藏。每隔 30 d 测定其水分含量、脂肪酸值及过氧化值,共观测 180 d。

1.2.5 添加抗氧化剂 参照中国食品添加剂使用手册^[13],向质量相同的 5 份薏仁米中按以下比例分别添加抗氧化剂:0.2 g/kg 特丁基对苯二酚(TBHQ)、0.2 g/kg 抗坏血酸钙、0.085 g/kg 生育酚、0.2 g/kg 丁基羟基茴香醚(BHA)和 0.2 g/kg 茶多酚。置于 25 °C 条件下,每隔 30 d 测定其水分含量、脂肪酸值及过氧化值,共观测 180 d。

1.2.6 检测方法 感官评定参考《GB/T 5492-2008 粮油检验 粮食、油料的色泽、气味、口味鉴定》。水分含量参照《GB/T 5497-1985 粮食、油料检验水分测定法》中的直接干燥法。脂肪酸值参照《GB/T 5510-2011 粮油检验 粮食、油料脂肪酸值测定》中的滴定法。过氧化值参照《GB/T 5009.37-2003 食用植物油卫生标准的分析方法》中的比色法。

1.2.7 数据处理 每个处理组进行 3 次平行实验,测定结果用 Origin、Excel 等软件进行数据处理并制图。使用 SPSS 软件邓肯多重比较法对数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 感官评定

用自封袋(材料 PE,厚度 0.08 mm)将薏仁米进行封装后置于自然条件下(平均气温:4~24 °C;平均相对湿度:74%~86%)储藏 6 个月(6 月至次年 1 月),每袋控制在 100 g。观察其在自然存放过程中的色泽、形态及气味变化,结果如表 1。

如表 1 所示,随着储藏时间的延长,薏仁米的色泽、形态及气味变化逐渐加重,气味变化从第一个月开始,二个月时加重并开始出现哈败味,形态变化从第四个月开始并出现长虫现象,时间越长薏仁米长

表 1 薏仁米色泽、形态和氣味的变化

Table 1 The changes of colors, morphology and odour of Coix Seed

储藏时间 (月)	指标	
	色泽、形态	气味
0	色乳白,有光泽,颗粒饱满	新鲜的正常薏仁米香味
1	轻微变暗,颗粒饱满	香味变淡;稍有让人不悅的气味
2	色泽较暗,颗粒饱满	略有哈败味
3	轻微偏黄并带有一些灰色,颗粒饱满	有哈败味,令人不悅气味较重
4	色泽暗淡并偏黄,开始长虫,并接连成团,有粉状物出现	有哈败味及其他异味
5	色泽暗淡并偏黄,长虫现象严重,并接连成团,粉状物较多	哈败味严重
6	色泽暗淡并偏黄,长虫严重,中心被蛀空,并接连成团,粉状物多	哈败味严重

虫现象越明显,劣变及哈败味越严重。

2.2 不同储藏条件下薏仁米水分含量的变化

在储藏过程中,不可避免会发生粮食损耗,其中损耗较大的就是水分。水分减量不仅导致粮食数量减少,也严重影响粮食品质^[14]。同时,粮食霉变与水分含量的高低有很大关系,在一定的温度环境条件下,水分含量过高或过低均易引起粮食营养成分的变化^[15]。

2.2.1 储藏温度 由图1可知,在5℃及15℃储藏条件下,水分含量呈现波动,最终与初始值12.76%保持平稳,与自然存放的薏仁米水分含量变化趋势基本一致。25℃储藏时,水分含量在90~180 d时由12.49%快速降至9.46%。35℃储藏的薏仁米在60 d时降至9.84%后基本保持稳定。可以看出5℃及15℃下水分含量变化程度较小;当温度升至25℃及35℃时,水分含量变化较为明显,均下降了约3.3%。因此,5、15℃的低温能保持薏仁米储藏过程中水分含量的稳定。

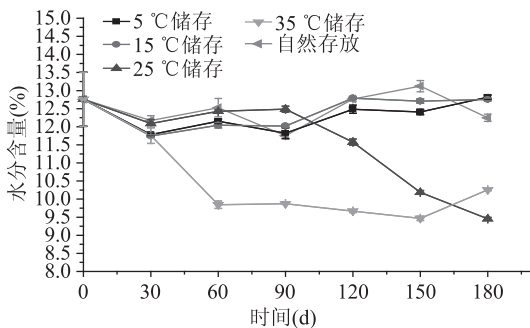


图1 不同温度条件下水分含量的变化

Fig.1 Water content changes in different temperature

2.2.2 真空包装 由图2可知,真空包装后的薏仁米在5、15及25℃条件下,水分含量波动均较小,其中5、15℃条件下,水分含量仅降低了0.17%和0.12%;25℃条件下,水分含量降低了0.94%。35℃储藏时,水分含量在最初60 d内持续降至11.17%后基本保持稳定。相比于相同温度和自然存放下非真空包装的薏仁米水分含量的变化,真空包装明显更有利于维持薏仁米水分含量的稳定。

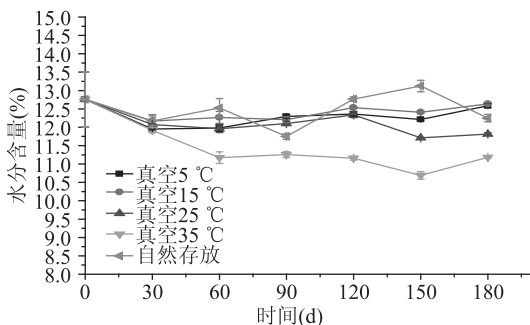


图2 真空包装不同温度条件下水分含量的变化

Fig.2 Water content changes in different temperature with vacuum packaging

2.2.3 低水分含量 薏仁米经低温40℃烘干72 h后,水分含量由12.76%降至7.74%。由图3可知,在低水分储藏条件下,水分含量为7.74%的薏仁米呈

先升后降的趋势,在90 d时达到最大值11.13%,之后逐步降至初始水平8.02%左右,分析其原因可能是因为,在储藏前期,样品由于吸收空气中的水分使其水分含量升高;之后下降则与薏仁米自身活性、呼吸作用及酶的活性相关^[14]。其水分含量始终低于同储藏期内25℃及自然存放下未经烘干的薏仁米水分含量。

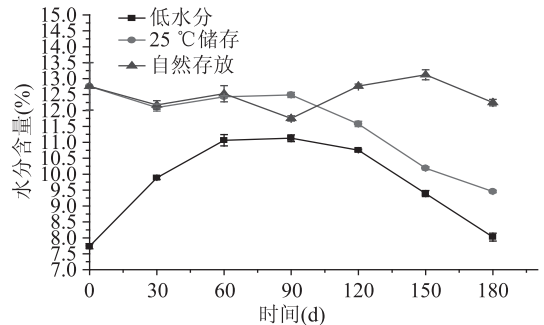


图3 低水分含量条件下水分含量的变化

Fig.3 Water content changes in low water content condition

2.2.4 抗氧化剂 由图4可知,添加不同抗氧化剂的薏仁米水分含量变化基本相同,前90 d内水分含量在初始值12.76%上下波动,之后随着储藏时间的延长水分含量逐渐下降。原因主要是由于随着储藏时间的延长,薏仁米自身生命活动消耗和一系列生理生化反应所致。这与25℃条件下未添加抗氧化剂的薏仁米水分含量变化趋势大致一致。因此,抗氧化剂的添加对水分含量的变化几乎无影响。

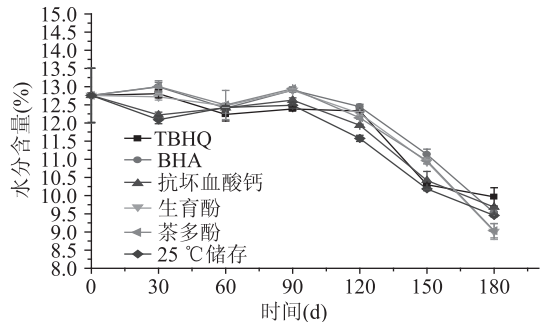


图4 添加抗氧化剂条件下水分含量的变化

Fig.4 Water content changes with adding antioxidants

2.3 不同储藏条件下薏仁米脂肪酸值的变化

脂肪酸值是体现粮食品质好坏的重要指标^[16],脂肪酸值升高,储藏品质下降^[17]。

2.3.1 储藏温度 由图5可知,不同储藏温度下的脂肪酸值均呈上升趋势。在180 d内,5℃和15℃脂肪酸值显著低于25℃、35℃和自然存放下的脂肪酸值($p < 0.01$),尤其是5℃的储藏效果更好,能将脂肪酸值维持在一个较低水平且变化相对平稳。35℃的脂肪酸值在120 d时达到最高值后开始下降,原因可能是由于在储藏后期,高温条件下的薏仁米严重陈化发生氧化劣变,油脂水解产生的脂肪酸转变成氢过氧化物导致脂肪酸值下降。由此可见,储藏温度越高,脂肪酸值的变化幅度及速率越大,降低温度有利于抑制脂肪酸的产生,这与代来鑫^[18]对薏仁米储藏的研究中得到的结论一致。在

180 d 的储藏期内,仅有 5 °C 和 15 °C 样品的脂肪酸值低于 120 mg/100 g。

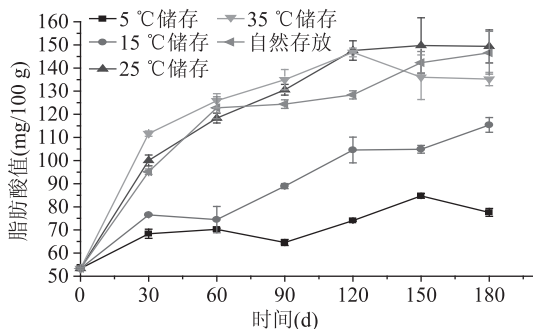


图 5 不同温度条件下脂肪酸值的变化

Fig.5 Fatty acid value changes in different temperature

2.3.2 真空包装 从图 6 可知,真空包装下脂肪酸值的变化与储藏温度及储藏天数正相关。5 °C 条件下的脂肪酸值在 60 d 增长到 72.364 mg/100 g 后基本趋于稳定;在 180 d 储藏期内,15、25 及 35 °C 脂肪酸值由初始值 53.366 mg/100 g 增长到 118.68、138.85 mg/kg 及 146.97 mg/kg,增幅为 122.38%、160.19% 及 175.40%,对比同温度下非真空储藏的增幅 116.26% (115.41 mg/kg)、179.85% (149.34 mg/kg) 及 153.43% (135.24 mg/kg) 变化较小。说明真空包装对脂肪酸值的改变影响较小,温度可能是影响脂肪酸值的主要因素。在 180 d 的储藏期内,只有 5 °C 和 15 °C 样品的脂肪酸值低于 120 mg/100 g。

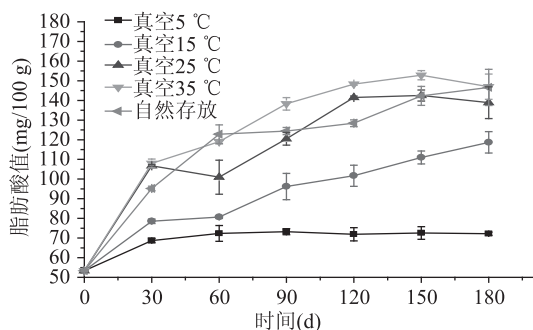


图 6 真空包装不同温度条件下脂肪酸值的变化

Fig.6 Fatty acid value changes in different temperature with vacuum packaging

2.3.3 低水分含量 由图 7 可知,薏仁米经低温 40 °C 烘干 72 h 后,水分含量降至 7.74%,脂肪酸值略有升高;在储藏期间,脂肪酸值始终处于增长趋势,增长速度较平缓且始终显著低于同储藏时期 25 °C 及自然存放下的薏仁米脂肪酸值 ($p < 0.01$)。在 180 d 的储藏期内,低水分含量的脂肪酸值始终低于 120 mg/100 g。表明降低水分含量可显著抑制薏仁米在储藏过程中脂肪酸的产生。

2.3.4 抗氧化剂 由图 8 可知,脂肪酸值均随储藏时间的延长而升高。180 d 时,添加抗氧化剂的脂肪酸值均高于 25 °C 未添加抗氧化剂的脂肪酸值。原因可能是因为抗氧化剂对甘油三酯水解产生的游离脂肪酸有保护作用,从而抑制了脂肪酸的分解,与文献报道的抗氧化剂的添加能提高总脂肪酸的含量和不饱和脂肪酸所占的比例^[19],抗氧化剂能通过破坏脂

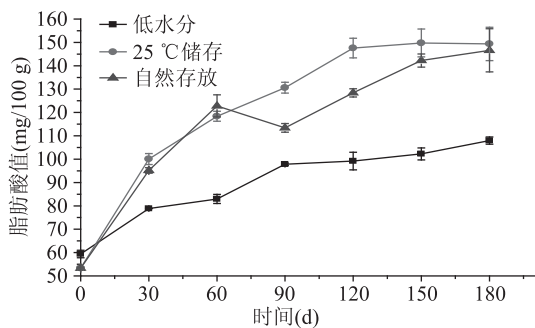


图 7 低水分含量条件下脂肪酸值的变化

Fig.7 Fatty acid value changes in low water content condition

肪酸过氧化反应链或与金属 Cu、Fe 等结合成稳定的螯合物的方式来抑制脂肪酸的氧化分解,从而维持脂肪酸稳定^[20-21]的结论相符。因此,添加抗氧化剂虽然有利于薏仁米储藏期间保持脂肪酸的稳定性,但不能阻止脂肪酸的形成,达不到保鲜薏仁米的目的。

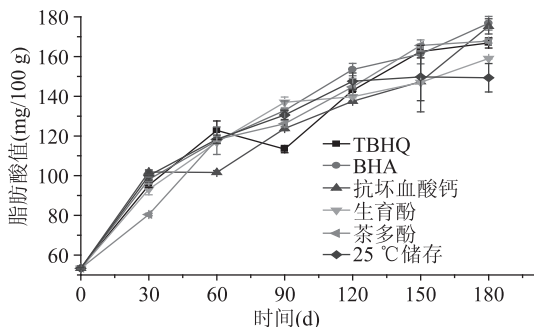


图 8 添加抗氧化剂条件下脂肪酸值的变化

Fig.8 Fatty acid value changes with adding antioxidants

2.4 不同储藏条件下薏仁米过氧化值的变化

过氧化值是衡量油脂被氧化程度较敏感的指标,是评价粮食品质好坏的主要指标。

2.4.1 储藏温度 由图 9 可知,不同储藏温度下的过氧化值总体均波动上升。但在储藏后期,相比 25、35 °C,5 和 15 °C 能显著的降低过氧化值并维持其稳定。自然存放的过氧化值变化与 15 °C 下样品在前 120 d 内大致相同,但自然存放的过氧化值在 120~150 d 内急剧升高,分析其原因可能是与自然存放下薏仁米在该时期内出现严重的长虫现象有关,同时水分含量也在 150 d 时达到最大值,大量微生物的滋生导致有机物被分解从而释放出水分,营养物质被加速消耗和分解,同呼吸作用一起加剧了薏仁米的酸败。从长期储存的角度考虑,5 °C 和 15 °C 的低温更有利于抑制过氧化值的升高和维持过氧化值的稳定,且在 180 d 的储藏期内,其过氧化值始终低于 9.5 meq/kg。

2.4.2 真空包装 由图 10 可知,在储藏的前 30 d,各温度条件下真空包装的薏仁米过氧化值均显著升高。随后除 15 °C 样品的过氧化值从 60 d 开始持续升高至 9.231 meq/kg 外,其余温度下的过氧化值均在 30 d 时其过氧化值上下波动。相比于同温度条件非真空包装的薏仁米,5 °C 及 15 °C 的过氧化值相差不大,而 25 °C 及 35 °C 的过氧化值显著降低 ($p < 0.05$)。由此说明,真空包装通过降低储藏环境中的氧气含量,可有效防止薏仁米油脂的氧化,尤其是温

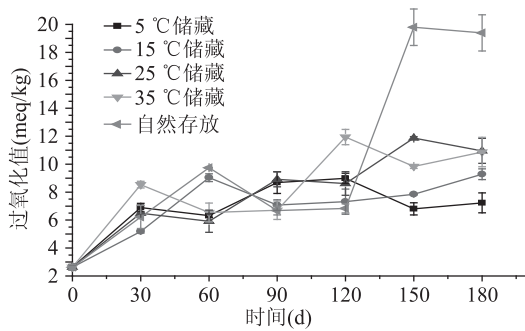


图9 不同温度条件下过氧化值的变化

Fig.9 Peroxide value changes in different temperature

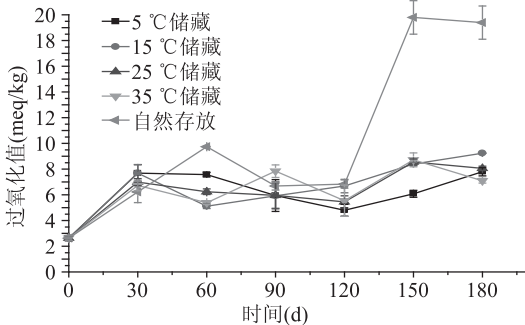


图10 不同温度真空包装条件下过氧化值的变化

Fig.10 Peroxide value changes in different temperature with vacuum packaging

度较高时这一作用更为显著。

2.4.3 低水分含量 由图11可知,薏仁米经低温40 °C烘干72 h,水分降至7.74%,过氧化值略有升高;在180 d内,低水分含量的样品过氧化值变化趋势与25 °C储藏下的薏仁米过氧化值基本一致,分别比其初始值增长了2.92倍和3.16倍。由此说明,低水分含量储藏对于薏仁米的过氧化值变化影响不大。

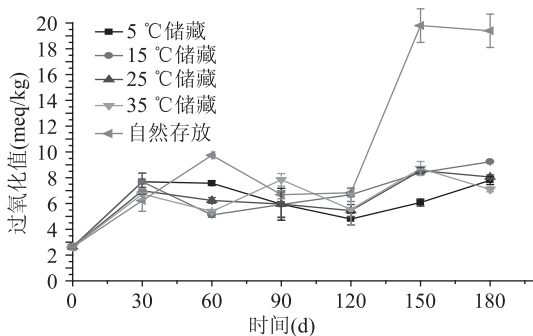


图11 低水分含量条件下过氧化值的变化

Fig.11 Peroxide value changes in low water content condition

2.4.4 抗氧化剂 由图12可知,添加不同抗氧化剂的薏仁米过氧化值变化趋势相似。前30 d内均有不同程度的升高,之后呈波动增长趋势。在180 d内,添加TBHQ、BHA、抗坏血酸钙、生育酚及茶多酚的薏仁米过氧化值分别比初始值2.631 meq/kg增加了139.51%、277.65%、250.67%、228.65%及283.24%,而25 °C不添加抗氧化剂的在180 d时增加了316.41%。结果表明,抗氧化剂的添加对薏仁米的储藏具有一定的抗氧化效果,其中TBHQ效果最好,其

过氧化值显著低于其他处理组($p < 0.01$)。

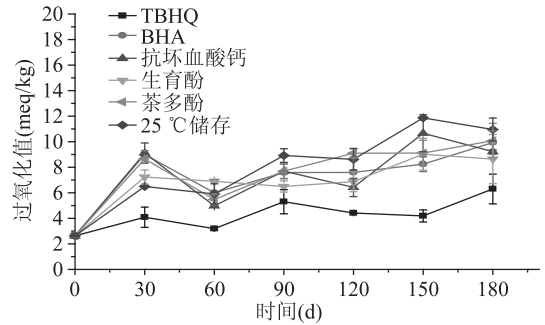


图12 添加抗氧化剂条件下过氧化值的变化

Fig.12 Peroxide value changes with adding antioxidants

3 讨论

由表2可知,在180 d的储藏期内,仅在低于15 °C的低温和低于15 °C的低温真空包装下能将薏仁米储藏过程中的脂肪酸值和过氧化值同时控制在120 mg/100 g和9.5 meq/kg以下。同时,结合薏仁米储藏期间的感官品质变化可得出:低于15 °C的低温和低于15 °C的低温真空包装能有效的维持薏仁米良好的感官品质和储藏品质。

表2 不同储藏方式下薏仁米脂肪酸值和过氧化值的最大值

Table 2 The maximum fatty acid value and peroxide value of coix seed under different storage ways

项目	脂肪酸值 (mg/100 g)	过氧化值 (meq/kg)
5 °C	84.747	8.987
15 °C	115.411	9.279
25 °C	149.750	11.867
35 °C	146.757	11.938
真空包装 5 °C	73.219	7.795
真空包装 15 °C	118.680	9.231
真空包装 25 °C	142.525	8.553
真空包装 35 °C	152.817	8.724
低水分含量(7.74%)	107.966	13.198
TBHQ	166.870	6.301
BHA	176.800	9.935
抗坏血酸钙	175.240	10.666
茶多酚	159.075	9.026
生育酚	167.769	10.081

4 结论

低水分含量储藏薏仁米有利于保持理想的脂肪酸值,但对过氧化值变化影响不大;抗氧化剂的添加可阻止或延缓脂类的氧化降解,对薏仁米的储藏具有一定的抗氧化效果,但不能阻止脂肪酸的形成和品质的下降。在实验的抗氧化剂中,TBHQ效果最好。低于15 °C的低温和低于15 °C的低温真空包装可有效的保持薏仁米水分含量的稳定,同时显著抑制脂肪酸值和过氧化值上升的速率,能将薏仁米储藏过程中的脂肪酸值和过氧化值同时控制在120 mg/100 g和9.5 meq/kg以下,延缓薏仁米的陈化劣变,能将薏仁米的储藏保鲜期由2个月延长为6个

月或6个月以上。因此,在生产实际中可采用低于15℃的低温和低于15℃的低温真空包装进行薏仁米的储藏。

参考文献

- [1] 王颖,赵兴娥,王微,等.薏苡不同部位营养成分分析及评价[J].食品科学,2013,34(5):255-259.
- [2] 金睿,叶方,于秋鹏,等.薏仁米外衣的主要营养成分研究[J].吉林农业,2011,(8):48.
- [3] Kim SO, Yun SJ, Jung B, et al. Effect of coix on plasma, liver, and fecal lipid components in the rat fed on lard- or soybean oil-cholesterol diet[J]. Life Science, 2004, 75(11):1391-1404.
- [4] Shih C, Chiang W, Kuo M. Effects of adlay on azoxymethane-induced colon carcinogenesis in rats[J]. Food and Chemical Toxicology, 2004, 42(8):1339-1347.
- [5] Bai C, Peng H, Xiong H, et al. Carboxymethylchitosan-coated proliposomes containing coix seed oil: Characterisation, stability and *in vitro* release evaluation[J]. Food Chemistry, 2011, 129(4):1695-1702.
- [6] 林汝法,柴岩,廖琴,等.中国小杂粮[M].北京:中国农业科学技术出版社,2002.
- [7] Chen H, Chung C, Chiang W, et al. Anti-inflammatory effects and chemical study of a flavonoid-enriched fraction from adlay bran[J]. Food Chemistry, 2011, 126(4):1741-1748.
- [8] 高建华,宁正祥,罗尧品.苡仁营养成分的研究[J].食品研究与开发,2006,27(7):174-176.
- [9] 许健,沈雯,孙金权,等.薏苡仁油对人原位胰腺癌 BxPC-3 细胞生长及 VEGF 和 bFGF 表达的影响[J].中草药,2012,43(4):724-728.
- [10] 吕峰,林勇毅,陈代园.薏苡仁活性多糖对小鼠的免疫调节作用[J].中国食品学报,2013,13(60):20-24.
- [11] 刘城静.薏苡山药保健饮料的研制[J].饮料工业,2011,14(9):14-16.
- [12] 吴伯候.一种薏苡仁保健粉[P].中国,专利文献种类,200810047415.X,2008.
- [13] 凌关庭,唐述潮,陶民强.食品添加剂手册[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [14] 束旭强.粮食储藏期间水分变化的探讨[J].粮食储藏,2004,(5):52-54.
- [15] 胡欣.稻谷水分对稻谷收储加工过程的影响及应对措施[J].粮食与饲料工业,2008,(3):3.
- [16] 李艳.浅析影响粮食脂肪酸值的因素[J].黑龙江粮食,2013,(8):51-52.
- [17] 杨基汉,张瑞,王璐,等.高温条件下温度对储藏稻谷水分及脂肪酸值的影响研究[J].粮食储藏,2011,40(1):45-47.
- [18] 不同储藏条件下薏仁米脂肪酸值及过氧化值的的变化[J].贵州农业科学,2014,42(8):198-201.
- [19] 韩立英.高油玉米青贮中脂肪酸的降解与抑制[D].北京:中国农业大学,2014.
- [20] Min DB, Boff JM. Chemistry and reaction of singlet oxygen in foods[J]. Comprehensive Reviews in Food Safety, 2002, (1):28-72.
- [21] Gordon MH. Antioxidants in food practical applications[M]. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2001:7-21.
- [22] Rose M G, Elena B, Francisco R, et al. Response surface model for the estimation of Escherichia coli O157:H7 growth under different experimental conditions[J]. J. Food Sci., 2005, 70(1):30-36.
- [23] Falah M A F, Nadine M D, Suryandono A. Effects of storage conditions on quality and shelf-life of fresh-cut melon (cucumis melo L.) and papaya (carica papaya L.) [J]. Procedia Food Science, 2015(3):313-322.
- [24] Mukhopadhyay S, Ramaswamy R. Application of emerging technologies to control Salmonella in foods: A review[J]. Food Research International, 2012, 45(2):666-677.
- [25] Hadjok C, Mittal G S, Warriner K. Inactivation of human pathogens and spoilage bacteria on the surface and internalized within fresh produce by using a combination of ultraviolet light and hydrogen peroxide[J]. J. Applied Microbiology, 2008, 104(4):1014-1024.
- [26] Nguyen-the C, Prunier J P. Involvement of Pseudomonads in deterioration of ready-to-use salads[J]. J. Food Sci. Technol., 1989, 24, 1350-1358.
- [27] Lee D H, Kim J B, Kim M, et al. Microbiota on spoiled vegetables and their characterization[J]. J. Food Prot., 2013, 76, 1350-1358.
- [28] 崔慧玲,陈安均,罗婵,等.鲜切生菜贮藏过程中优势腐败细菌的多样性分析[J].食品与发酵工业,2014,40(7):223-229.
- [29] 夏天龙,姜梅,王宏勋,等.鲜切紫薯中酵母菌和乳酸菌货架期模型的构建[J].食品科学,2014,35(18):252-257.

(上接第338页)