

DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.020895

引用格式:李长风,陈光静,冉春霞,等.不同包装方式对薏米挂面贮藏品质的影响[J].食品与发酵工业,2020,46(2):231-238.

LI Changfeng, CHEN Guangjing, RAN Chunxia, et al. Effect of different packaging methods on storage quality of adlay noodles[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(2): 231-238.

不同包装方式对薏米挂面贮藏品质的影响

李长风^{1,2}, 陈光静³, 冉春霞², 陈绍全⁴, 李强⁴, 阚建全^{1*}

1(西南大学 食品科学学院, 重庆, 400715) 2(重庆三峡医药高等专科学校 公共卫生与管理学院, 重庆, 404120)

3(贵阳学院 食品与制药工程学院, 贵州 贵阳, 550005) 4(重庆陈大毛面业发展有限公司, 重庆, 400715)

摘 要 该文分别对半封闭纸包装、全封闭纸包装、全封闭 PE 包装的薏米添加量为 10% 和 50% (质量分数) 的挂面进行贮藏实验, 分析自然贮藏条件下其食用品质和理化指标的变化。结果表明, 各处理组的食用品质随着贮藏时间的延长均逐渐劣变。当贮藏期超过 6 个月时, 薏米挂面失去食用和商品价值。此外, 薏米挂面贮藏期间过氧化值、丙二醛含量与各食用品质均呈现极显著相关性 ($P < 0.01$), 说明薏米挂面中脂肪的酸败氧化程度对面条食用品质具有重要的影响。与半封闭纸包装和全封闭纸包装贮藏的薏米挂面相比, 以全封闭 PE 包装贮藏的薏米挂面酸败氧化速度较慢, 可以有效地减缓挂面食用品质的劣变。因此, 最好以全封闭 PE 包装贮藏薏米挂面, 且贮藏期(保质期)不得超过 6 个月。

关键词 包装方式; 薏米挂面; 贮藏; 食用品质; 理化指标

Effect of different packaging methods on storage quality of adlay noodles

LI Changfeng^{1,2}, CHEN Guangjing³, RAN Chunxia²,
CHEN Shaoquan⁴, LI Qiang⁴, KAN Jianquan^{1*}

1(College of Food Science Southwest University, Chongqing 400715, China)

2(Department of Public Health and Management, Chongqing Three Gorges Medical College, Chongqing 404120, China)

3(Food and Pharmaceutical Engineering Institute, Guiyang University, Guiyang 550005, Guizhou, China)

4(Chen Damao Noodle Industry Development Limited Company, Chongqing 400715, China)

ABSTRACT This study aims to determine the optimal packaging methods for adlay noodles under natural storage. Adlay powder was used to substitute 10% and 50% wheat flour to make fine dry noodles. The changes of edible quality and the basic physiochemical indexes of adlay noodles packed with semi-closed paper, fully-closed paper and fully-closed PE were investigated. Results showed that the edible quality of adlay noodles gradually deteriorated with the extension of storage time under three types of packing. When the storage period exceeded six months, adlay noodles lost their edible and commercial value. In addition, a significant correlation existed between the various edible quality indexes and peroxide value, malondialdehyde content ($P < 0.01$), which indicated that the deterioration of edible quality of adlay noodles during storage was mainly caused by lipid oxidation. However, the lipid oxidation rate of adlay noodles with fully-closed PE packaging was slower than semi-closed paper packaging and fully-closed paper packaging, indicating that fully-closed PE packaging could effectively delay the adlay noodles deterioration. Hence the optimum condition for adlay noodles storage was fully-closed PE packaging, and the storage period (shelf life) should not exceed six months.

Key words packaging methods; adlay noodles; storage; edible quality; physiochemical indexes

第一作者: 硕士研究生(阚建全教授为通讯作者, E-mail: ganjq1965@163.com)

基金项目: 国务院三峡办 2018 年度三峡后续工作科研项目-云阳面条品质提升及新产品开发(YNY-2017-01)

收稿日期: 2019-04-19, 改回日期: 2019-08-21

薏米又名薏苡仁、药玉米、回回米、六谷米等,为一年生或多年生禾本科植物薏苡(*Coixlachryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf)的成熟种仁,是一种营养价值丰富且兼具多种药理作用的粮种^[1]。与普通的小麦相比,薏米中的蛋白质、脂肪、钙元素、谷氨酸、亮氨酸、硫氨基酸含量均较高,此外,薏米中还含有薏米多糖、薏仁素、薏米多酚等多种功能活性成分,具有抗肿瘤、提高机体免疫、降血糖、抗炎镇痛等药理作用^[2-4]。因此,将薏米按一定比例添加到小麦粉中加工成新型的营养保健功能面条,能够有效地满足人们对营养型主食的需求,具有广阔的市场前景。但是随着人们生活水平的提高,消费者对挂面品质的要求也越来越严格。挂面在长期贮藏过程中,由于受贮藏环境温度和相对湿度等因素的影响,脂肪易氧化、虫害易侵蚀、霉菌易感染,所以随着贮藏时间的延长,反映挂面的食用品质指标如蒸煮损失率、吸水率、色泽和质构品质等均会发生相应的变化,挂面品质逐渐劣变。薏米中油脂含量为6%左右,其中不饱和脂肪酸占90%左右,不饱和脂肪酸的含量远高于普通挂面面粉中的含量,在挂面中添加薏米可能会加剧挂面贮藏品质的劣变^[5]。因此,进行薏米挂面贮藏稳定性的研究很有必要。

稳定粮食贮藏品质常用的方法包括改善贮存环境,添加一定量的抗氧化剂和改进包装材料与包装工艺。研究表明^[6],采用适当的包装方式可以有效阻隔水气的穿透,抑制粮食油脂的氧化酸败,保证其食用品质,延长货架期。FU等^[7]发现与贮藏在编织袋中的花生相比,贮藏 in PE袋中的花生颜色变化较慢,能够有效防止害虫入侵,发芽率较高。王立峰等^[8]通过测定编织袋包装、自然密闭缺氧包装以及抽真空包装的大米贮藏过程中的食用品质(质构品质、糊化特性),发现抽真空能有效延缓大米品质陈化速度。许牡丹等^[9]研究了PE包装、纸包装、充CO₂包装和铝箔袋包装4种包装方式对空心面贮藏品质的影响,结果表明,采用铝箔包装时空心面的贮藏效果最好。

目前,对于面条贮藏稳定性的研究大都集中在新鲜湿面和传统的挂面^[10-14],然而对于薏米挂面贮藏过程中的品质变化规律却未见报道。因此,本文拟采用市面上常见的3种包装方式(半封闭纸包装、全封闭纸包装和全封闭PE包装)对薏米挂面进行贮藏实验,分析自然贮藏条件下其食用品质指标和理化指标的变化规律,确定最佳包装方式,并对各指标进行相关性分析,旨在为薏米挂面的科学贮藏提供理论依据

和实践指导。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

贵州兴仁薏米,购于重庆市北碚区天生农贸市场;红灯笼小麦粉(中筋粉),益海嘉里粮油工业有限公司;不加碘食盐(重庆合川盐化工业有限公司),购于重庆市北碚区永辉超市;谷朊粉(蛋白质含量为75.19%),封丘县华丰粉业有限公司。

石油醚、三氯乙酸、NaOH、KI、Na₂S₂O₃、KH₂PO₄,成都科龙化工试剂厂;2-硫代巴比妥酸(TBA),上海科丰实业有限公司;甲醇、乙腈,百灵威科技有限公司;平板计数琼脂培养基,北京陆桥技术有限责任公司;黄曲霉毒素B₁ ELISA试剂盒,美国Clover公司。

1.2 仪器与设备

质构仪(Texture Pro CT3),美国Brookfield公司;色度计(UltraScan PRO),美国HunterLab公司;高效液相色谱仪(Agilent1260),美国安捷伦公司;恒温培养箱(DHP-9272),上海齐欣科学仪器有限公司;全波长酶标仪(SYNERGYH1MG),美国基因公司。

1.3 实验方法

薏米挂面的贮藏实验:按照前期实验薏米挂面工艺优化结果^[15],制作薏米添加量为10%和50%(质量分数)的2种挂面,分别进行半封闭纸包装、全封闭纸包装、全封闭PE包装。在实验中,各样品名称分别为10%半纸、10%全纸、10%全PE、50%半纸、50%全纸、50%全PE。样品在自然条件下贮藏,贮藏所在地为中国重庆,其属亚热带湿润气候,实验自10月份开始。每月取样测定1次,每个样品每次取样量为500g,设置3次重复实验。实验前期开展了预实验,结果证实未添加薏米的挂面贮藏时间较薏米挂面更长,与市售普通挂面接近,本次实验不再对未添加薏米的挂面进行研究。

1.4 分析测定方法

1.4.1 薏米挂面食用品质的测定

1.4.1.1 蒸煮品质的测定

分别参照LI等^[16]的方法和LS/T3212—2014对薏米挂面的吸水率和蒸煮损失率进行测定。

1.4.1.2 色泽测定

参照NIU等^[17]的方法进行测定。

1.4.1.3 流变学特性的测定

参照LI等^[18]方法进行测定。其结果为5次重复测定后,去掉最高值和最低值的平均值。

1.4.1.4 感官评价

将煮至最佳蒸煮时间的 50 g 薏米挂面捞出,并立即用冷水冲淋后放入碗中待品尝。感官评分参照 SB/T10137—93,见表 1。评定人员参照 GB/T16291.1—2012 进行选拔,由 6 名人士组成(3 男 3 女),评定结果取平均值。

表 1 薏米挂面的感官评定评分标准

Table 1 Sensory evaluation standard of adlay noodles

项目	评分标准
色泽	面条白、乳白、奶黄色、光亮为 8.5~10 分;亮度一般为 6~8.4 分;发暗、发灰、亮度差 1~6 分
外观状态	表面结构细密、光滑为 8.5~10 分;一般为 6.0~8.4 分;表面粗糙、膨胀、变形严重为 1~6 分
适口性	用牙咬断力适中得分为 17~20 分;稍偏硬或软 12~17 分;太硬或太软 1~12 分
韧性	在咀嚼时,有咬劲、富有弹性为 21~25 分;一般为 15~21 分;咬劲差、弹性不足为 1~15 分
光滑性	光滑为 4.3~5 分;中间为 3~4.3 分;差为 1~3 分
食味	具有薏米香味或其他宜人香味 4.5~5 分;基本无异味 3~4.5 分;有异味为 1~3 分
黏性	咀嚼时爽口、不粘牙为 21~25 分;较爽口、稍粘牙为 15~21 分;不爽口、发黏为 10~15 分

1.4.2 基本理化指标的测定

1.4.2.1 薏米挂面水分含量的测定

参照 GB 5009.3—2010 进行测定。

1.4.2.2 薏米挂面粗脂肪的测定

采用 GB/T 14772—2008 进行测定。

1.4.2.3 薏米挂面酸价测定

采用 GB 5009.229—2016 进行测定。

1.4.2.4 薏米挂面过氧化值的测定

采用 VANHMEN 等^[19]的方法对薏米挂面油脂进行提取,然后参照 GB/T 5538—2005 测定油脂中的过氧化值。

1.4.2.5 薏米挂面丙二醛含量的测定

样品前处理参照 PAPASTERGIADIS 等^[20]的方法进行。

色谱条件: C₁₈-XDB 柱;流动相: V(50 mmol/L KH₂PO₄ 缓冲溶液): V(甲醇): V(乙腈) = 50: 25: 25;柱温: 30 ℃;流速: 1.0 mL/min;进样量 10 μL;荧光检测器: 激发波长 525 nm, 发射波长 560 nm。

1.4.2.6 细菌菌落总数

参照 GB 4789.2—2010 的规定测定。

1.4.2.7 黄曲霉毒素 B1 的测定

采用黄曲霉毒素 B1 ELISA 试剂盒进行测定。

1.5 实验数据处理方法

除特殊说明外,所有实验数据均是 3 次重复实验的平均值。采用 SPSS17.0 对相关数据进行方差分析,显著性水平为 $P < 0.05$,采用皮尔森相关系数双尾检验(Two-tailed)法;采用 Excel、Origin 9.0 等软件进行图表的绘制。

2 结果与分析

2.1 薏米挂面贮藏过程中食用品质的变化

2.1.1 薏米挂面贮藏过程中蒸煮品质的变化

由图 1 可知,挂面中薏米添加量越高,3 种包装形式的挂面同期蒸煮损失率越大,吸水率越小。随着贮藏时间的延长,全封闭 PE 包装的样品蒸煮损失率均呈现持续下降的趋势,半封闭纸包装样品蒸煮损失率均呈现先下降后上升的趋势;样品的吸水率在 3 种包装形式下均呈现持续下降的趋势,且均以半封闭纸包装贮藏的样品下降最大,全封闭 PE 包装贮藏的样品下降最小。薏米挂面蒸煮品质的变化可能与挂面贮藏过程中面筋蛋白和淀粉的变性有关。研究表明,粮食在贮藏期间,可溶性蛋白和盐溶性蛋白含量降低,溶于热水的直链淀粉含量也逐渐减少,使得挂面的蒸煮损失率减少^[21]。此外,面筋蛋白含量的减少以及组成成分的变化,使得面筋蛋白与淀粉和脂肪之间相互作用力减弱,与水的结合能力降低,从而使得吸水率降低,蒸煮损失率增加^[22]。综上可以看出,随着贮藏时间的延长,薏米挂面的蒸煮品质逐渐劣变,但以全封闭 PE 包装贮藏可以延缓薏米挂面蒸煮品质的劣变。

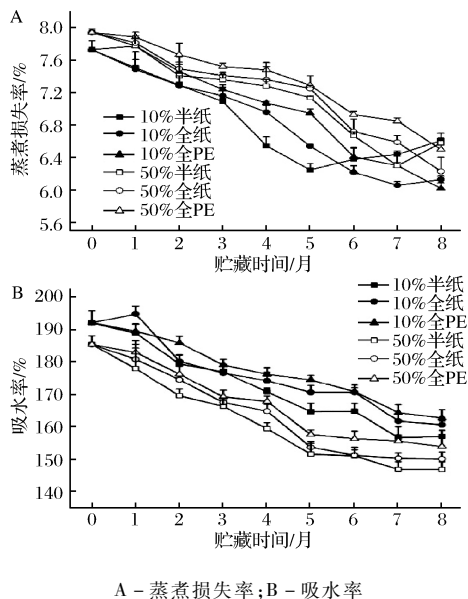


图 1 不同包装方式下薏米挂面贮藏期间蒸煮品质的变化
Fig. 1 Effect of different types of packaging on the cooking quality of adlay noodles during the storage

2.1.2 薏米挂面贮藏过程中色泽的变化

本文以亮度 L^* 和色度 b^* 作为薏米挂面颜色的评价指标。如图 2 所示,挂面中薏米添加量越高,3 种包装形式的挂面同期 L^* 值越小, b^* 值越大,这可能与薏米本身略带黄色有关。随着贮藏时间的延长,薏米添加量为 10% 和 50% 的挂面在 3 种包装形式下,其 L^* 值均呈现不断下降的趋势, b^* 值均呈现不断升高的趋势。相比之下,半封闭纸包装贮藏的薏米挂面 L^* 值降速和 b^* 值增速均最大,全封闭 PE 包装贮藏的薏米挂面 L^* 值的降速和 b^* 值增速均最小。李守星^[22] 研究表明,小麦粉贮藏期间处于有氧环境中 L^* 值下降最快,这与本文的研究结果相似。这可能与样品中多酚氧化酶引起的酶促褐变有关,半封闭纸包装的样品较多的多酚氧化酶活性位点暴露于空气中,使得与酚底物反应产生的黑色素增多,样品色泽变暗^[23]。综上,说明全封闭 PE 包装和少量的薏米添加能够有效延缓薏米挂面亮度 L^* 值下降,色度 b^* 值增加,有利于挂面原有色度的保持。

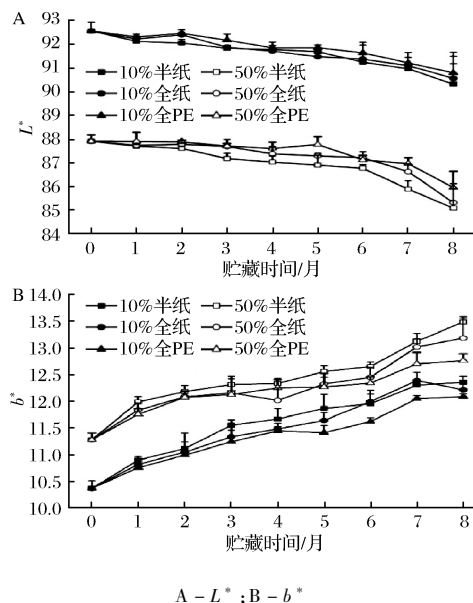


图2 不同包装方式下薏米挂面贮藏期间色泽的变化

Fig. 2 Effect of different types of packaging on the color of adlay noodles during the storage

2.1.3 薏米挂面贮藏过程中质构品质的变化

由图 3 可以看出,随着贮藏时间的延长,3 种包装方式下贮藏的薏米挂面,其硬度、黏着性呈现下降的趋势,黏结性、弹性、回复性均呈现上升的趋势。挂面中薏米添加量相同时,半封闭纸包装贮藏的挂面硬度同期小于全封闭纸包装和全封闭 PE 包装,而挂面的黏着性、黏结性、弹性和回复性在 3 种包装方式下

均无明显差异。张芹等^[14] 研究发现全封闭包装挂面硬度在整个贮藏期间均大于半封闭包装挂面硬度,这与本文的研究结果相似。这可能是因为随着贮藏时间的延长,挂面中脂肪含量和面筋指数逐渐减少,使得脂肪与面筋蛋白和淀粉之间的相互作用减弱,硬度下降。此外,挂面贮藏期间,负责面团黏性的醇溶性蛋白降低,负责面团弹性的麦谷蛋白相对应增加,其可能导致挂面在贮藏过程中弹性逐渐增加,黏着性逐渐下降^[20, 24]。综上,薏米挂面的质构品质受贮藏时间的影响较为明显,但以全封闭 PE 包装可以有效地减缓质构品质的劣变。

2.1.4 薏米挂面贮藏过程中感官品质的变化

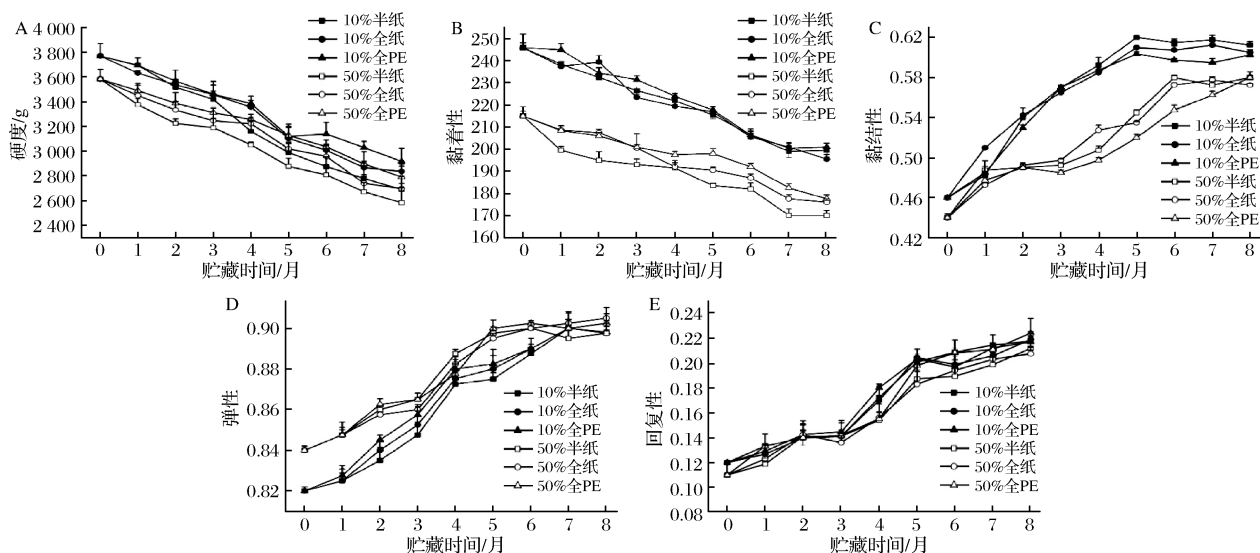
由图 4 可知,在整个贮藏过程中,薏米添加量为 10% 的挂面感官评分始终显著大于同期薏米添加量为 50% 的挂面感官评分,这主要是因为薏米添加量较多的挂面色泽较灰暗,表面结构较粗糙。随着贮藏时间的延长,2 种薏米添加量的挂面感官评分均呈现逐渐下降的趋势,且贮藏至第 7 个月时,3 种包装方式下的薏米挂面感官得分均下降显著,但在整个贮藏过程中,薏米挂面以半封闭纸包装的感官得分显著低于全封闭纸包装和全封闭 PE 包装下的感官得分。这可能是因为薏米挂面贮藏过程中,脂质发生了氧化和水解反应、面筋蛋白指数减少和蛋白组分发生变化^[24-25],致使挂面的适口性、食味、韧性和黏性等发生改变,从而导致感官评分下降。贮藏后期(7~8 个月),3 种包装方式下的薏米挂面均产生明显的酸败味,挂面表面有少量的虫洞现象,使得感官评分显著降低。结合感官评定结果,以全封闭 PE 包装贮藏的薏米挂面感官品质最好。

综上可知,随着贮藏时间的延长,3 种包装方式下贮藏的薏米挂面,其蒸煮品质、色泽、质构品质和感官品质等食用品质均逐渐劣变,但以全封闭 PE 包装贮藏可以有效减缓食用品质劣变。

2.2 薏米挂面贮藏过程中基本理化指标的变化

2.2.1 薏米挂面贮藏过程中水分含量的变化

由图 5 可知,随着贮藏时间的延长,各处理组的水分含量均呈现先上升后下降再上升的趋势。这可能是由于贮藏前期(0~4 个月)实验室中空气湿度较大,使得挂面中水分的回吸速率大于解析速率,挂面中水分含量增加^[26];贮藏中期(4~5 个月),薏米挂面贮藏开始进入春季,环境温度升高,使得挂面中水分的解析速率增加,出现了高温低水分的现象,挂面中水分含量降低^[26];贮藏后期(6~8 个月),各处理组水分含量随着贮藏时间的延长又逐渐上升,但始终



A - 硬度; B - 黏着性; C - 黏结性; D - 弹性; E - 回复性

图3 不同包装方式下薏米挂面贮藏期间质构品质的变化

Fig. 3 Effect of different types of packaging on the textural properties of adlay noodles during the storage.

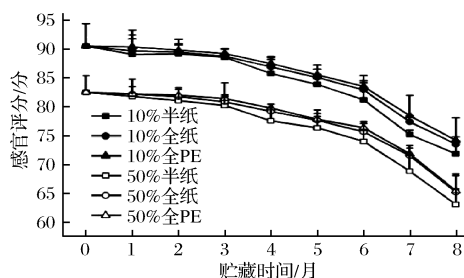


图4 不同包装方式下薏米挂面贮藏期间感官评分的变化

Fig. 4 Effect of different types of packaging on the sensory evaluation of adlay noodles during the storage

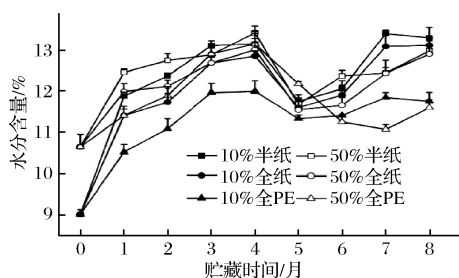


图5 不同包装方式下薏米挂面贮藏期间水分含量的变化

Fig. 5 Effect of different types of packaging on the water content of adlay noodles during the storage

小于安全水分含量(14.5%)。初始贮藏10%的薏米挂面水分含量小于50%的薏米挂面,但贮藏结束时,在相同包装方式下薏米添加量为10%的挂面水分含量大于薏米添加量为50%的挂面,说明贮藏期间10%的薏米挂面水分增长速率大于50%的薏米挂面。这可能是因为相比于50%的薏米挂面,10%的薏米挂面中脂肪含量较低,疏水性较小,挂面的吸水性较强。此外,挂面中薏米添加量相同时,全封闭PE包装的样品在整个贮藏过程中,其水分含量均小于其余2种包装贮藏的样品,说明全封闭PE包装的阻湿性能较好,可以有效阻隔水汽的穿透。

2.2.2 薏米挂面贮藏过程中粗脂肪含量和油脂氧化水解指标的变化情况

由图6可知,薏米添加量为50%的挂面在3种包装方式下,其脂肪含量、酸价、过氧化值在整个贮藏

过程中均显著大于薏米添加量为10%的挂面,丙二醛含量在贮藏结束时显著大于薏米添加量为10%的挂面。这是由于薏米本身粗脂肪含量较普通挂面的大,使得挂面中薏米添加量越多,其粗脂肪含量越大,为脂肪的水解和氧化反应提供的酶反应底物越多,从而导致产生的游离脂肪酸、氢过氧化物和醛酮类化合物越多^[25]。随着贮藏时间的延长,各实验组的粗脂肪含量均呈现逐渐下降的趋势,酸价、过氧化值、丙二醛含量均呈现上升的趋势,其中酸价在0~1个月和5~8个月上升速度较快,过氧化值和丙二醛分别在4~8个月和6~8个月增长速度较快,这可能是因为贮藏后期,挂面贮藏进入春夏季节,环境中温湿度升高,挂面中酶活性增大,使得脂类的水解和氧化速度增加。此外,2种添加量的薏米挂面均以半封闭纸包装时脂肪含量、酸价、过氧化值和丙二醛含量变化最

大,以全封闭 PE 包装的脂肪含量、酸价、过氧化值和丙二醛含量变化最小。这可能是因为全封闭 PE 包装贮藏的样品中水分含量较低和脂类暴露在空气中的表面积较小,使得脂肪水解和氧化速率较慢。本文

的研究结果和王璐^[27]的研究结果相似。说明全封闭 PE 包装可以有效地抑制脂肪的水解和氧化速率,降低薏米挂面品质的变质速度,其样品的贮藏稳定性优于半封闭纸包装和全封闭纸包装。

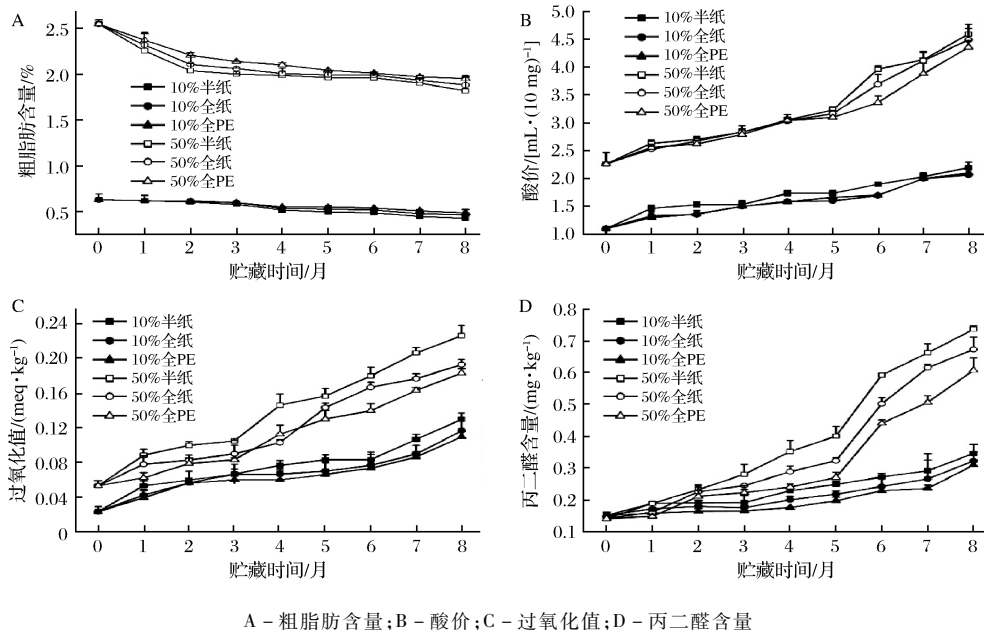


图6 不同包装方式下薏米挂面贮藏期间脂肪含量和油脂氧化水解指标的变化情况

Fig. 6 Effect of different types of packaging on the fat content and oxidation and hydrolysis indexes of oil in adlay noodles during the storage

2.2.3 薏米挂面贮藏过程中菌落总数和黄曲霉毒素含量的变化

经检测发现各处理组的黄曲霉毒素 B1 含量在整个贮藏过程中均低于最低检测线 0.6 $\mu\text{g/kg}$, 未有检出, 说明薏米挂面在贮藏期间未被黄曲霉毒素 B1 污染。

由图 7 可知, 随着贮藏时间的延长, 各处理组的薏米挂面细菌菌落总数变化趋势一致, 均呈现先上升后下降再上升的趋势, 至贮藏结束, 各处理组的薏米挂面细菌菌落总数均大于最初贮藏的细菌菌落总数。研究表明, 微生物的生长繁殖与环境中的温度和湿度有关^[28]。贮藏初期(0~2个月), 挂面中菌落总数增加, 可能是因为挂面中水分的增加为细菌的生长提供了有利的环境; 贮藏中期(3~5个月), 挂面中菌落总数表现为下降, 这可能是因为进入冬季后环境中温度降低, 抑制了挂面中细菌的生长; 贮藏后期(6~8个月), 挂面中菌落总数又逐渐上升可能是因为进入春季后环境中温度逐渐升高, 同时挂面中水分含量有所增加, 这有利于细菌生长繁殖代谢。贮藏结束时, 与全封闭 PE 包装相比, 半封闭纸包装和全封闭纸包装

的样品菌落总数较大, 说明全封闭 PE 包装能够有效抑制薏米挂面贮藏过程中微生物的繁殖。这可能是因为不同包装方式贮藏挂面水分的差异, 导致细菌菌落总数的差异。微生物的大量繁殖, 容易造成面条质地、气味、色泽的劣变^[28], 这再一次验证了全封闭 PE 包装的挂面质构品质、感官品质、色泽在贮藏过程中较全封闭纸包装和半封闭纸包装劣变缓慢。

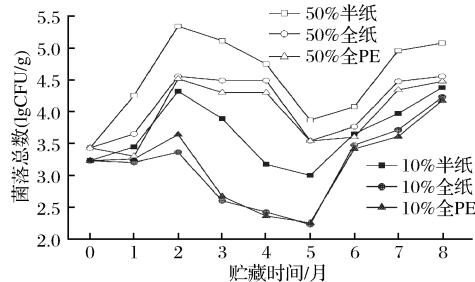


图7 不同包装方式下薏米挂面贮藏期间菌落总数的变化

Fig. 7 Effect of different types of packaging on the microbial populations in adlay noodles during the storage

2.3 薏米挂面贮藏过程中各理化指标与食用品质指标相关性分析

如表 2 所示,水分含量与酸价、过氧化值和丙二醛含量呈极显著或显著正相关($P<0.01$, $P<0.05$);菌落总数与粗脂肪含量、酸价、过氧化值、丙二醛含量呈极显著正或负相关($P<0.01$)。这说明薏米挂面中脂肪的酸败氧化速度,水分含量和微生物的生长繁殖有关。此外,水分含量与薏米挂面蒸煮损失率、感官评分、硬度、 L^* 值、黏着性呈极显著或显著负相关($P<0.01$, $P<0.05$),与 b^* 值、黏结性、弹性呈极显著正相关($P<0.01$);粗脂肪与蒸煮损失率、感官评分、 L^* 值呈极显著正相关($P<0.01$),与 b^* 值、黏着性、黏结性呈极显著负相关($P<0.01$);酸价与吸水率、感官评分、 L^* 值、硬度、黏着性呈极显著负相关($P<0.01$),与 b^* 值、弹性、回复性呈极显著正相关($P<0.01$);菌落总数与感官评分、 L^* 值、黏着性呈极显著负相关($P<0.01$),与 b^* 值呈极显著正相关($P<0.01$);过氧化值、丙二醛含量与薏米挂面的各食用品质均呈现极显著正或负相关性($P<0.01$),这表明薏米挂面的蒸煮品质、感官品质、色泽、质构品质的变化与挂面中水分含量、脂肪含量、酸价、过氧化值、丙二醛含量、菌落总数的变化密切相关,其中,薏米挂面中脂肪的酸

败氧化程度对面条食用品质具有重要影响。

2.4 薏米挂面保质期推荐

根据 LS/T 3212—2014 和 NY/T 1512—2014 对挂面相关指标的规定,发现不同方式处理的薏米挂面在整个贮藏过程中,其水分含量、熟断条率、烹调损失率、黄曲霉毒素 B1、菌落总数等食用品质和理化指标均未超过限定标准。但贮藏至第 7 个月时,薏米添加量为 10% 和 50% 的挂面均出现明显的酸败味,且挂面表面均有少量的虫洞现象产生,薏米挂面失去食用价值和商品价值;同时发现以半封闭纸包装和全封闭纸包装贮藏的薏米添加量为 50% 的挂面酸度分别为 4.13 mL/10g、4.12 mL/10g,均超过了 LS/T3212—2014 的规定(4.0 mL/10g)。此外,结合不同包装方式下薏米挂面贮藏过程中其余食用品质指标和基本理化指标的变化,发现相比于半封闭纸包装和全封闭纸包装,以全封闭 PE 包装贮藏的薏米挂面综合品质最好,贮藏稳定性最佳。综合得出,为保证薏米挂面的食用价值和商品价值,最好采用全封闭 PE 包装贮藏薏米挂面,且贮藏期(保质期)不得超过为 6 个月。

表 2 薏米挂面贮藏过程中各参数的相关性 R 矩阵表
Table 2 Correlation of parameters of adlay noodles during storage

指标	蒸煮损失率	吸水率	感官评分	L^*	b^*	硬度	黏着性	黏结性	弹性	回复性	水分含量	粗脂肪	酸价	过氧化值	丙二醛	菌落总数
蒸煮损失率	1															
吸水率	0.45**	1														
感官评分	0.54**	0.68**	1													
L^*	—	0.47**	0.76**	1												
b^*	-0.55**	-0.60**	-0.92**	-0.77**	1											
硬度	0.79**	0.65**	-0.88**	0.49**	-0.90**	1										
黏着性	0.46**	0.61**	0.93**	0.84**	-0.97**	0.86**	1									
黏结性	-0.91**	-0.37**	-0.35**	—	0.42**	-0.70**	-0.31*	1								
弹性	-0.78**	-0.59**	-0.80**	-0.45**	0.86**	-0.94**	0.82**	0.72**	1							
回复性	-0.88**	-0.57**	-0.67**	—	0.60**	-0.85**	-0.56**	0.80**	0.86**	1						
水分含量	-0.41**	—	-0.42**	-0.29*	0.61**	-0.52**	-0.52**	0.45**	0.52**	—	1					
粗脂肪	0.43**	—	0.43**	0.90*	-0.45**	—	-0.56**	-0.54**	—	—	—	1				
酸价	—	-0.60**	-0.87**	-0.95**	0.87**	-0.68**	-0.91**	—	0.63**	0.35**	0.36**	-0.73**	1			
过氧化值	-52**	-0.66**	-0.93**	-0.76**	0.92**	0.87**	-0.91**	0.39**	0.80**	0.62**	0.46**	-0.42**	0.91**	1		
丙二醛	-0.55**	-0.65**	-0.87**	-0.65**	0.82**	-0.81**	-0.80**	0.40**	0.71**	0.64**	0.30*	-0.30*	0.84**	0.94**	1	
菌落总数	—	—	-0.36**	-0.46**	0.42**	—	-0.43**	—	—	—	0.34*	-0.33*	0.43**	0.39**	0.33*	1

注: * 表示 $P<0.05$, 显著相关; ** 表示 $P<0.01$, 极显著相关; — 表示无相关性。

3 结论

薏米挂面在不同处理方式下随着贮藏时间的延长,其蒸煮品质、感官品质、色泽和质构品质等食用品质均逐渐劣变。当贮藏期超过 6 个月时,各处理组的薏米挂面出现明显的酸败味并伴有虫洞现象,薏米挂

面失去食用和商品价值。此外,薏米挂面的各个食用品质指标的变化与挂面中水分含量、脂肪含量、酸价、过氧化值、丙二醛含量、菌落总数等理化指标的变化密切相关,其中薏米挂面中脂肪的酸败氧化程度对面条食用品质具有重要的影响。但与半封闭纸包装和全封闭纸包装贮藏的薏米挂面相比,以全封闭 PE 包

装贮藏的薏米挂面酸败氧化速度较慢,可以有效的减缓挂面食用品质的劣变。因此,最好以全封闭 PE 包装薏米挂面,且贮藏期(保质期)不应超过 6 个月。

参 考 文 献

- [1] 林波,李祥栋. 薏苡种质资源及其遗传特性研究进展[J]. 种子, 2016(7): 49-53.
- [2] ZHU F. Coix; Chemical composition and health effects[J]. Trends in Food Science & Technology, 2017, 61: 160-175.
- [3] CHEN C, ZHANG Y, GAO Y, et al. Identification and anti-tumour activities of phenolic compounds isolated from defatted adlay (*Coix lachryiena-jobi* L. var. ma-yuen Stapf) seed meal[J]. Journal of Functional Foods, 2016, 26: 394-405.
- [4] LEE M, LIN H, CHENG F, et al. Isolation and characterization of new lactam compounds that inhibit lung and colon cancer cells from adlay (*Coix lachryma-jobi* L. var. ma-yuen Stapf) bran[J]. Food and Chemical Toxicology, 2008, 46(6): 1 933-1 939.
- [5] 谢守华,刘进. 挂面在储藏期间的品质变化[J]. 粮食储藏, 1990(5): 44-48.
- [6] 周建新,王璐,张瑞,等. 不同包装材料对储藏小麦粉微生物和脂肪酸值的影响[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(10): 26-29.
- [7] FU X, XING S, XIONG H, et al. Effects of packaging materials on storage quality of peanut kernels[J]. Plos One, 2018, 13(3): e190 377.
- [8] 王立峰,王红玲,姚铁俊,等. 不同包装方式对大米储藏品质及挥发性成分的影响[J]. 中国农业科学, 2017,50(13): 2 576-2 591.
- [9] 许牡丹,林娟,乔佳璐. 空心面贮藏特性的研究[J]. 北京联合大学学报, 2013, 27(1): 69-72.
- [10] LI M, SUN Q, ZHU K. Delineating the quality and component changes of whole-wheat flour and storage stability of fresh noodles induced by microwave treatment [J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 84: 378-384.
- [11] 赵笑笑,张慧茹,王雪琴,等. 生鲜面条保鲜方式及其菌群生长分析[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2016,37(3): 37-41.
- [12] LI M, ZHU K, SUN Q, et al. Quality characteristics, structural changes, and storage stability of semi-dried noodles induced by moderate dehydration; Understanding the quality changes in semi-dried noodles[J]. Food Chemistry, 2016, 194: 797-804.
- [13] 崔诚,陈季旺,李庆龙,等. 挂面加工和储藏中的酸败及控制技术[J]. 中国粮油学报, 2011(2): 98-102.
- [14] 张芹,陆启玉. 挂面在储藏过程中面条质构特性的变化[J]. 农业机械, 2011(23): 95-99.
- [15] 李长凤,陈光静,谢佩言,等. 薏米粒径和谷朊粉添加量对薏米挂面品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(10): 196-203.
- [16] LI M, ZHANG J, ZHU K, et al. Effect of superfine green tea powder on the thermodynamic, rheological and fresh noodle making properties of wheat flour[J]. LWT - Food Science and Technology, 2012, 46(1): 23-28.
- [17] NIU M, HOU G, LEE B, et al. Effects of fine grinding of mill-feeds on the quality attributes of reconstituted whole-wheat flour and its raw noodle products[J]. LWT - Food Science and Technology, 2014, 57(1): 58-64.
- [18] LI M, MA M, ZHU K, et al. Delineating the physico-chemical, structural, and water characteristic changes during the deterioration of fresh noodles[J]. Food Chemistry, 2017, 216: 374-381.
- [19] VANHANEN L P, SAVAGE G P. The use of peroxide value as a measure of quality for walnut flour stored at five different temperatures using three different types of packaging[J]. Food Chemistry, 2006, 99(1): 64-69.
- [20] PAPASTERGIADIS A, MUBIRU E, VAN LANGENHOVE H, et al. Malondialdehyde measurement in oxidized foods: Evaluation of the spectrophotometric thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) test in various foods[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(38): 9 589-9 594.
- [21] 刘侠. 粮食在贮藏过程中品质变化分析[J]. 粮食加工, 2009(1): 72-74.
- [22] 李守星. 小麦粉气调储藏稳定性研究[D]. 郑州:河南工业大学, 2012.
- [23] ASENSTORFER R E, APPELBEE M J, MARES D J. Physical-chemical analysis of non-polyphenol oxidase (non-PPO) darkening in yellow alkaline noodles[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57(12): 5 556-5 562.
- [24] 蒋甜燕. 不同储藏条件下小麦粉品质变化规律的研究[D]. 南京:南京财经大学, 2010.
- [25] 柏九菊. 小麦储藏期间品质指标分析[J]. 粮油仓储科技通讯, 2004(2): 47-49.
- [26] 李兴军,王双林,王金水,等. 小麦的平衡水分与吸着热研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2009,30(3): 1-6.
- [27] 王璐. 包装材料对储藏小麦粉微生物与品质的影响研究[D]. 南京:南京财经大学, 2011.
- [28] 张婉. 鲜熟面贮藏品质及货架期预测模型研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2016.