

坚果仁铝塑复合膜包装结构的性能比较与剖析

裴祎荣¹, 于佳佳², 陈欣²

(1. 山东省产品质量检验研究院, 济南 250102; 2. 济南兰光机电技术有限公司, 济南 250031)

摘要:目的 坚果仁铝塑复合膜包装易出现袋体泄漏、复合膜剥离分层、热封不良等问题,导致产品在保质期内变质,需监测坚果仁包装材料的关键性能并熟知改进工艺,保证优质包装材料的选用。方法 以3种不同材质及厚度的坚果仁铝塑复合膜包装为例,测试并对比分析3种包装材料的揉搓前后的氧气透过率、剥离强度、耐热性、热封强度、密封性能等关键参数。结果 3种包装材料中,1#样品各方面性能均较优,2#样品仅在耐揉搓性方面稍差,3#样品各方面性能均较差。结论 坚果制品企业在选用铝塑复合膜包装材料时,应在充分考虑内容物的特性、保质期、存储条件等因素的基础上,注重包装材料厚度、各层膜质量及热封工艺,并及时监控包装材料性能,从而筛选出阻氧性、物理机械强度及密封性能较好的包装材料。

关键词: 坚果仁; 铝塑复合膜; 对比分析; 性能参数

中图分类号: TB487; TB484.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)05-0089-05

Comparison and Analysis on the Performance of Aluminum-foil Packages for Nuts Made of Different Materials

PEI Yi-rong¹, YU Jia-jia², CHEN Xin²

(1. Shandong Institute for Product Quality Inspection, Jinan 250102, China;

2. Labthink Instruments Co., Ltd., Jinan 250031, China)

ABSTRACT: Some problems may happen to the aluminum foil packages for nuts such as package leakage, delamination of composite film or low sealing performance, which may cause quality problems of the products within the shelf life. Therefore, it is necessary to monitor the key properties of the packaging materials and improve the manufacturing craft to ensure the quality of the packages for nuts. Aluminum-foil packages made of three different materials with different thickness were used in the comparative tests. The oxygen permeability, peeling strength, high temperature resistance, heat sealing strength and sealing performance were compared after flex durability tests of the three test specimens. The key properties of Specimen No.1 were all good, Specimen No.2 showed poor flex durability while Specimen No.3 was of bad quality. The nuts manufacturers should take the product features, shelf life, storage conditions and other factors into consideration when selecting aluminum-foil packaging materials. The thickness, quality of composite layers and heat sealing technique should be emphasized and the performance of the packages should be monitored so that the proper packaging materials with good oxygen barrier property, physical and mechanical strength as well as sealing performance can be used.

KEY WORDS: nuts; aluminum-foil film; comparative analysis; performance index

坚果仁是人类汲取多种营养的重要食物源,果仁除了含有大量的蛋白质、脂肪、氨基酸外,还含有胡萝卜素、B族维生素以及各种微量元素等,是人类的保健

佳品^[1-2]。为了方便消费者食用,较多坚果仁产品采用便携易开启的袋装为主要包装形式^[3],同时为了保证其在保质期内的口感与营养物质不流失,包装材料应

收稿日期: 2015-07-10

作者简介: 裴祎荣(1961—),男,山东人,高级工程师,主要研究方向为包装质量与检测。

具有良好的阻湿性、阻氧性、抗揉搓性、耐穿刺性、膜层复合牢度、耐热性及密封性等^[4-6]。目前,铝塑复合膜包装是坚果仁行业普遍采用的高端包装形式,即将塑料材质与铝箔进行多层复合。

国内部分坚果仁成品包装在灌装密封后,进行高温蒸煮杀菌等灭菌处理,甚至有些产品同时采用抽真空包装或充氮包装,这样的包装方式在不添加防腐剂的情况下,可使坚果仁在常温下保质期达到180~365 d。实际保质期的长短还取决于包装材料对氧气与水蒸气的阻隔性、包装柔韧性、膜间剥离强度(复合牢度)、热封部位性能及整体密封性等的优劣^[7-9]。实际应用中,常发生因包装材料阻氧性或阻湿性较差,包装不耐揉搓而出现针孔,复合膜发生剥离分层,热封口密封不良等现象,导致果仁变质等问题的出现^[10]。坚果仁生产企业对包装材料的关键性能进行严格监控与筛选,可保证产品不易氧化变质、不易破裂泄漏,可满足更长保质期需求^[11-12]。这里分别采用专业的氧气透过率测试仪、拉力与强度试验仪器以及整体密封性测试设备对3种不同结构的铝塑复合膜样品进行了各项关键性能的对比测试,并从坚果仁加工工艺、包装材料结构与厚度、保质期等方面,分析了市场上3种主要铝塑复合膜结构的包装材料样品与甘栗仁的相容性与适应性,从而为坚果仁制造行业提供技术与数据参考。

1 实验

1.1 仪器

实验仪器:OX2/230 氧气透过率测试系统;FDT-02揉搓试验仪;XLW(EC)智能电子拉力试验机;食品包装反压高温蒸煮锅;MFY-01密封试验仪。这些检测仪器均由济南兰光机电技术有限公司生产。

1.2 材料

采用同种甘栗仁产品包装的3种铝塑复合膜样品,其材料结构分别为PET(15 μm)/Al(12 μm)/PA(15 μm)/CPP(50 μm),PET(15 μm)/Al(7 μm)/PA(15 μm)/CPP(50 μm),PET(15 μm)/Al(7 μm)/CPP(50 μm),总厚度依次为93.8,88.6,73.1 μm ,并依次编号为1[#],2[#],3[#]。

1.3 方法

1) 氧气透过率。根据GB/T 19789测试方法标准

中的等压法原理,利用OX2/230 氧气透过率测试系统分别测试3种包装材料样品的氧气透过率。测试温度与相对湿度分别为23℃,0%。

2) 揉搓后氧气透过率。根据ASTM F392标准所要求的方法,利用FDT-02揉搓试验仪中C模式分别对3种样品进行揉搓;再根据上述“氧气透过率”测试方法将揉搓后的3种样品分别进行氧气透过率的测试,并与未揉搓前样品的氧气透过率进行比较。测试温度与相对湿度分别为23℃,0%。

3) 耐热性。根据GB/T 21302标准“耐热性”要求的方法步骤,将3种样品成品包装放入反压高温蒸煮锅中,在121℃下高温蒸煮30 min,然后冷却至40℃左右时取出,检查成品包装有无明显变形、层间剥离、热封部位剥离等异常现象的出现,以此验证样品的耐热性。

4) 剥离强度与热封强度。根据GB 8808标准中“剥离强度”测试方法以及QB/T 2358标准中“热合强度”测试方法,采用不同的夹具距离及分离速度,利用XLW(EC)智能电子拉力试验机分别测试3种样品的剥离强度与热封强度。

5) 密封性能。根据GB/T 15171标准测试方法,采用真空负压法原理,利用MFY-01密封试验仪分别测试3种包装材料对应的包装成品密封性。

2 结果与分析

坚果仁包装用铝塑复合膜应具有良好的阻氧性、阻氮性、阻水性、柔韧性、耐高温性、密封性等,耐揉搓,耐穿刺,爽滑性适宜,复合牢度高,热封强度高,卫生性能满足使用要求,如溶剂残留、蒸发残渣、重金属、高锰酸钾消耗量、脱色试验等项目的指标值均在规定的范围之内。

2.1 阻隔性与耐揉搓性

1[#],2[#],3[#]样品的氧气透过率分别为0.2237,0.2301,0.2369 $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})$,揉搓后1[#],2[#]样品的氧气透过率分别为1.5047,7.9375 $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})$,3[#]样品则出现穿透性针孔,可知3种样品揉搓前的氧气透过率相差无几,阻氧性均较高。揉搓后,1[#]样品的氧气透过率比揉搓前增大了约6倍,将揉搓后的样品迎向灯光,可观察到几处直径较小的亮斑;2[#]样品的氧气透过率比揉搓前增大了约31倍,将揉搓后的样品迎向灯光,可见试样表面出现亮斑的数量较多,且面积较大;3[#]样品的氧气透过率因超过设备的检测量程而无法测试,将揉搓后的样品迎向灯光时,试样表面除大面积的亮斑外,

还可透过试样看到几点明显的灯光。上述实验现象说明,1[#],2[#]样品揉搓后仅铝箔层发生破坏,揉搓后试样的氧气透过率有所增加,而3[#]样品揉搓后出现了穿透整个材料的贯穿性针孔,样品两侧的气体可沿该针孔自由扩散,故其阻隔性能丧失。3种样品中,1[#]样品的耐揉搓性最好,其次为2[#]样品,最后为3[#]样品。3[#]样品的耐揉搓性差可能与包装材料的材质结构、铝箔层厚度及加工工艺有关^[13]。

2.1.1 铝箔层厚度

鉴于铝箔生产过程中种种因素的影响,厚度小于20 μm 的铝箔,尤其是用于食品包装的铝箔,都存在针孔缺陷,这也是造成铝箔材料的阻隔性不为零的原因。铝箔自身存在的针孔缺陷在外界揉搓力的作用下逐渐扩大,导致铝箔发生断裂,形成肉眼可见的针孔或裂痕,研究表明,铝箔的这种缺陷随其厚度的增加显著减少^[14]。这里检测的3种样品中,与1[#]样品相比,2[#]和3[#]样品的铝箔层厚度较薄,故2[#]和3[#]样品中的铝箔层比1[#]样品的铝箔层更容易被折断、产生针孔。在包装材料成本允许的情况下,可适当增加2[#]和3[#]样品中铝箔层厚度,以提高其耐揉搓性能。

2.1.2 包装材料材质结构

与铝箔复合的塑料薄膜材料除了可以承担印刷、热封作用外,还可利用自身的柔韧性,缓冲外力对铝箔的揉搓,对铝箔起到一定的保护作用,并能防止包装在揉搓时出现贯穿性针孔^[15]。塑料薄膜的这种保护作用与其厚度有很大关系,与2[#]样品相比,3[#]样品中与铝箔层复合的塑料薄膜层厚度较薄,对铝箔层的保护作用减弱,在用同种揉搓模式对两种试样进行揉搓后,3[#]样品的铝箔层损坏的程度大,且塑料薄膜层易被破坏,产生贯穿整个样品厚度的针孔。故对于3[#]样品来说,可增加其塑料薄膜层的厚度,以提高其对铝箔层的保护作用,但不宜过厚,以免造成资源的浪费,加重环境负担。

2.1.3 铝箔的加工工艺

铝箔层自身针孔缺陷数量的多少直接影响其耐揉搓性,改善铝箔的生产工艺是降低其针孔缺陷的有效途径。如选择内部缺陷少的原料,控制原料中的杂质含量,优化生产工艺,保持车间环境卫生等。

2.2 剥离强度与耐热性

剥离强度是表征复合膜复合牢度的物理量,通过蒸煮前、后复合膜剥离强度的对比,可反映出包装材料耐热性能。1[#],2[#],3[#]样品的剥离强度分别为9.431,8.605,5.183 N/(15 mm),蒸煮后,1[#],2[#],3[#]样品的剥离

强度分别为9.073,9.001,2.406 N/(15 mm)。这里检测的3种样品中,3[#]样品的剥离强度稍低,与蒸煮后样品的剥离强度相比,1[#],2[#]样品蒸煮前、后的剥离强度并未发生明显变化,而3[#]样品蒸煮后剥离强度明显下降,复合牢度降低,说明1[#],2[#]样品的耐热性较好,3[#]样品的耐热性较差。3[#]样品在用于坚果仁包装后,若经过高温蒸煮杀菌,样品的复合牢度会发生较大劣变,一方面易导致包装袋发生分层,另一方面还会减弱塑料膜层与铝箔层的补强作用,导致包装整体的阻隔性、耐揉搓性、抗穿刺性等物理机械性能的降低。针对3[#]样品蒸煮后剥离强度下降的问题,主要可通过选用合适的胶黏剂、优化复合工艺等方面进行改善。

2.2.1 胶黏剂质量

铝塑复合膜材料大部分是通过胶黏剂将各塑料单层膜、铝箔层黏合在一起,胶黏剂选用合适与否直接影响到复合膜的复合质量。对于3[#]样品来说,需要经过121 $^{\circ}\text{C}$ 的高温蒸煮杀菌,因此在复合时使用的胶黏剂应为能忍受高温、高湿考验的耐高温蒸煮型胶黏剂,否则会因胶黏剂的水解、降解反应而导致其胶黏性降低,进而影响复合膜的复合牢度,甚至发生分层。

2.2.2 复合工艺

在选用合适胶黏剂的基础上,复合工艺的优化则成为影响复合膜材料复合质量的关键因素。目前市场上的高温蒸煮型胶黏剂主要为耐蒸煮的聚氨酯胶黏剂,在配制这类胶黏剂时,要求所用稀释剂的纯度应足够高,水分及醇类等含有活泼氢的杂质的质量分数应控制在0.2%以下,否则会导致胶黏剂各组分反应生成的具有胶黏性的有效大分子成分减少,影响复合牢度,同时在胶黏剂的使用过程中还应注意控制环境的温湿度,防止胶黏剂吸收环境中的水分子。另外还可以通过向胶黏剂中加入适量的偶联剂,调整涂布辊、刮刀及匀胶辊等涂胶设备,改善复合温度、压力、熟化温度、时间等复合工艺参数等相关措施,提高胶黏剂的耐热性、耐水性、涂布均匀性及复合效果,改善复合膜的复合牢度及耐热性。

2.3 热封强度与密封性

热封强度是反映包装袋热封边结合牢度的物理量,其性能的优劣将直接影响包装整体的密封性^[16]。3种试样热封强度和密封性能数据比较见表1,在3种样品的热封强度实验过程中,1[#],2[#]样品的热封强度值均较高,且测试试样于非热封处断裂,说明该两种样品的热封效果比较好;3[#]样品的热封强度值普遍偏低,侧封边的热封强度仅达到10 N/(15 mm)左右,测试的试

样中,顶、底封边部分试样在热封处撕裂,侧封边的试样大部分在热封根部处断裂,出现“根切”现象,说明3#样品的热封效果较差,存在热封过度的现象,容易导致包装袋在热封处发生漏气。3种样品的密封性能实验很好地印证了上述实验结论,1#,2#样品的密封性良好,测试试样在最大负压-90 kPa时均未发生漏气,而3#样品密封性差,测试试样中仅一个试样未发生漏气,其余两个试样均在较低的负压下发生漏气。3#样品热封强度低、密封效果差的现象,会大大降低对所包装的坚果仁的保质效果,容易导致坚果仁出现霉变、酸败、胀袋等质量问题。

表 1 3种试样热封强度和密封性能数据比较
Tab.1 Data Comparison of Heat Sealing Strength and Seal Performance of Three Test Specimens

样品	热封强度/(N·(15 mm) ⁻¹)	负压差/kPa	漏气情况
1#	顶封边 53.214	-90	均未发生漏气
	底封边 50.496		
	侧封边 56.721		
2#	顶封边 51.304	-90	均未发生漏气
	底封边 56.247		
	侧封边 49.201		
3#	顶封边 20.691	-20.3	袋体折痕处漏气
	底封边 24.601	-51.3	侧封边根部发生漏气
	侧封边 10.721	-90	未发生漏气

2.3.1 提高包装材料的耐揉搓性能

3#样品袋体折痕处漏气的现象主要与包装材料的耐揉搓性较差有关,前文分析了该材料耐揉搓性差的原因及对应的解决措施。

2.3.2 改善热封效果

3#样品在侧封边根部漏气的现象是由侧封边的热封过度问题引起的。解决热封过度问题首先需调整热封温度、热封压力、热封时间等热封参数^[17],3#样品的热封层为CPP,其热封温度一般控制在165~205℃,并需要根据热封复合材料的厚度进行适当调整,如包装材料的厚度较厚,温度可设置稍高。若热封压力过大,容易将热封根部的熔融树脂挤走,导致热封根部的厚度降低,引起“根切”现象。一般来说,热封材料较薄、热封温度较高、热封边较窄,可设置较低的热封压力;热封时间一般为0.25~1.5 s,不宜设置过长,否则容易导致热封层的树脂氧化,影响热封强度,同时还会影响生产效率。还可在热封刀表面包覆四氟乙烯编织袋,防止热封刀过于锋利,选用具有一定弹性和硬度的硅胶垫,缓冲热封刀压力防止出现

“根切”现象。另外,通过增加3#材料热封层CPP的厚度也可提高其热封强度。

3 结语

这里通过对坚果仁的特性分析,确定了其包装材料应具有的基本性能,并以此为依据分别测试了3种不同材质结构的铝塑复合膜包装样品的重点性能指标,并对各实验结果进行了对比分析,评价了3种样品对坚果仁保质效果的优劣,对样品出现的问题提出了建议性的解决方案。从3种样品的检测结果来看,1#样品的各项检测指标值均较优,对坚果仁的保质效果较好,2#样品除耐揉搓性能略低于1#样品外,其他性能指标也较好,对坚果仁的保质效果稍差于1#样品,3#样品所检测的各项指标值均较差,很可能会导致所包装的坚果仁出现发霉、“哈喇”味、胀袋、包装袋分层等问题。针对3#样品各项性能较差的现象,建议可以从适当增加铝箔层、塑料薄膜层厚度,选用优质的高温蒸煮型胶黏剂,改善复合工艺,调整热封参数及设备等方面进行解决。

包装材料是其包装的产品在运输、存储及货架期等环节保持良好品质的重要保障,加强包装材料质量的检验与监督,并通过对包装材料性能及产品的特性进行综合分析,进而选择与产品相容性较好的包装材料,保证包装材料对产品具有良好的保质效果。

参考文献:

[1] 聂西度,符靛. ICP-OES法测定坚果中微量元素的研究[J]. 食品工业科技,2010,33(20):66—69.
NIE Xi-du, FU Liang. Determination of Trace Elements in Nuts by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry[J]. Science and Technology of Food Industry, 2010, 33(20):66—69.
[2] ZHU Y B, HIOKI A, CHIBA K. Measurement of Strontium Isotope Ratio in Nitric Acid Extract of Peanut Testa by ICP-Q-MS after Removal of Rb by Extraction with Pure Water[J]. Talanta, 2014(9):596—600.
[3] 祝水兰,刘光宪,周巾英. 包装方式对花生仁气体密闭贮藏过程中脂肪的影响[J]. 食品与机械,2015,31(2):174—177.
ZHU Shui-lan, LIU Guang-xian, ZHOU Jin-ying. Effects of Different Packing Materials on Quality of Peanut Fats by Different Gas Sealed Storage[J]. Food & Machinery, 2015, 31(2):174—177.
[4] SIMON M, HANSEN A P. Effect of Various Dairy Packaging Materials on the Shelf Life and Flavor of Pasteurized Milk[J]. Journal of Dairy Science, 2001(4):767—773.

- [5] 谷吉海,董静.阻隔薄膜在复合软包装材料中的应用与发展动向[J].包装工程,2010,31(5):112—116.
GU Ji-hai, DONG Jing. Application and Development Trend of Barrier Films in Composite Flexible Package Materials[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(5): 112—116.
- [6] 董文丽,李德溥.包装对松仁油脂氧化酸败抑制的研究[J].包装工程,2014,35(17):53—56.
DONG Wen-li, LI De-pu. Inhibition of Oil Oxidative Rancidity of Pine Nuts by Packaging[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(17): 53—56.
- [7] 孙建明,李昭,吴龙奇.抗氧化包装之无氧包装设计研究[J].包装工程,2014,35(9):41—46.
SUN Jian-ming, LI Zhao, WU Long-qi. Oxygen-free Packaging Design of Antioxidant Packaging[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(9): 41—46.
- [8] 徐芳,卢立新.油脂氧化机理及含油脂食品抗氧化包装研究进展[J].包装工程,2008,29(6):23—26.
XU Fang, LU Li-xin. Research Progress on the Oil Anti-oxidation Mechanism and Anti-oxidation Packaging of Fatty Food [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(6): 23—26.
- [9] SALAH M A, ANDREW R B, RETTKE M, et al. Utilisation of Modified Atmosphere Packaging to Extend the Shelf Life of Khalas Fresh Dates[J]. International Journal of Food Science and Nutrition, 2012, 47(7): 18—25.
- [10] MEXIS S F, KONTOMINAS M G. Effect of Oxygen Absorber, Nitrogen Flushing Packaging Material Oxygen Transmission Rate and Storage Conditions on Quality Retention of Raw Whole Unpeeled Almond[J]. Food Science and Technology, 2010, 43(1): 1—11.
- [11] 姜万勇,曾忠斌,彭浩.基于信息化检测分析平台的蛋黄派镀铝复合膜包装比较研究[J].包装工程,2012,33(17): 44—48.
JIANG Wan-yong, ZENG Zhong-bin, PENG Hao. Comparison on Quality of Aluminum Composite Films for Custard-pie Based on Information Testing and Analysis Platform[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(17): 44—48.
- [12] 周拥军,郝海燕,房祥军.包装对巴旦杏仁油脂氧化和抗氧化能力的影响[J].中国粮油学报,2012,27(8):60—64.
ZHOU Yong-jun, GAO Hai-yan, FANG Xiang-jun. Effects of Different Packaging on Lipid Peroxidation and Antioxidant Ability of Amygdalus Communis Oil During Storage[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2012, 27(8): 60—64.
- [13] 魏保花.微小缺陷对铝塑复合软包装阻隔性影响的研究[D].无锡:江南大学,2010.
WEI Bao-hua. Study on the Effects of Small Defects on the Barrier Property of Aluminum-Plastic Composite Soft Package [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2010.
- [14] LEILA N, ABDORREZA M N. Antibacterial, Mechanical and Barrier Properties of Sago Starch Film Incorporated with Betel Leaves Extract[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2014(6): 254—259.
- [15] 刘东芳,陈欣,于佳佳.镀铝复合膜包装与方便面面饼相容性的研究及分析[J].包装工程,2013,34(19):29—33.
LIU Dong-fang, CHEN Xin, YU Jia-jia. Compatibility between Aluminum Composite Film and Instant Noodle[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(19): 29—33.
- [16] 张怀智,高廷如.关于包装密封性的非破坏性检测方法[J].包装工程,2002,23(4):23—24.
ZHANG Huai-zhi, GAO Ting-ru. Researching on Nondestructive Inspecting Method of Sealed Package[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(4): 23—24.
- [17] 王东升,郭永健,母军. PET/PE 复合材料最佳热封工艺参数研究[J].包装工程,2012,33(19):72—74.
WANG Dong-sheng, GUO Yong-jian, MU Jun. Research on Optimal Heat-seal Processing Parameters of PET/PE Composite Material[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(19): 72—74.