

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2020.03.027

# 改性聚丙烯薄膜防黏性能验证及包装应用

## Verification of anti-adhesive performance of modified polypropylene films and its packaging application

隋越 杨福馨 程龙 徐韬

SUI Yue YANG Fu-xin CHENG Long XU Tao

(上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**摘要:**首先测量酸奶在每种薄膜上的接触角,采用两种不同方法验证薄膜的防黏效果;再检测改性薄膜的卫生性能。结果表明:7%硅油+93%聚丙烯混合改性的薄膜和8%聚四氟乙烯+92%聚丙烯改性的薄膜性能最优,接触角分别为85.97°,98.84°;通过两种防黏连方法的验证表明,7%硅油改性的薄膜的酸奶残留量分别为28.67%,23.45%,8%聚四氟乙烯改性的薄膜的酸奶残留量分别为26.61%,23.11%;经安全性验证,改性薄膜符合国家食品包装材料的要求。

**关键词:**防黏连;验证;安全;残留量;包装

**Abstract:** Firstly, measured the contact angle of yogurt on films, verified the anti-adhesive effect of films with two different methods and then tested the hygienic performance of the modified films. The results showed that: 7% silicone oil + 93% polypropylene mixed modified film and 8% polytetrafluoroethylene + 92% polypropylene modified film had the best performance. The contact angles were: 85.97° and 98.84° respectively. After the verification of two anti-adhesive methods, the yogurt residues of the 7% silicone oil-modified film were 28.67% and 23.45% respectively, and the yogurt residues of the 8% polytetrafluoroethylene-modified film were 26.61% and 23.11% respectively; After safety verification, the modified films meet the requirements of national food packaging materials.

**Keywords:** anti-adhesion; verification; safety; residual; package

酸奶是一种备受欢迎的保健食品<sup>[1]</sup>,生产商家想要

**基金项目:**国家重点研发计划资助项目(编号:2018YFD400701);上海市科委科学技术委员会工程中心建设基金资助项目(编号:11DZ2280300);上海高校一流学科基金资助项目(编号:A2-2019-14-0003)

**作者简介:**隋越,女,上海海洋大学在读硕士研究生。

**通信作者:**杨福馨(1958—),男,上海海洋大学教授,博士。

E-mail: fxyang@shou.edu.cn

收稿日期:2019-12-30

在竞争日益激烈的酸奶产业中脱颖而出,除了要对酸奶的风味进行改进和创新,在价格方面进行调整外,也要在其用来提高附加值的酸奶包装上进行改革和创新,因此,各商家将重点放在酸奶的外包装上<sup>[2-3]</sup>。包装的创新包括包装设计和包装材料的研发,日常生活中,连杯酸奶在饮用后仍会有大量粘附在杯壁,不仅降低了购物体验,还会造成浪费。如何解决酸奶包装材料使酸奶剩余量减少是亟待解决的问题<sup>[4]</sup>。吴小鸣等<sup>[5]</sup>研制出人工仿生荷叶薄膜,这种薄膜实际上是一种人造高分子薄膜,具有不沾水和不沾油的性质,但制作工艺繁琐,且未与其他薄膜进行对比;郝利荣<sup>[6]</sup>研究了有机氟、硅油改性聚苯乙烯,但对薄膜防黏效果的验证方法介绍甚少。

试验拟验证改性薄膜的防黏连效果,检验改性薄膜的安全性以及测量并记录用改性薄膜包装后的酸奶的营养成分及品质变化等,在追求安全的基础上使酸奶残留量更少,将防黏效果的验证简单有效化,旨在为酸奶提供有效的包装,为防黏薄膜提供有效验证方法。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料与试剂

PPMDP5树脂、聚丙烯树脂:中国石油天然气股份有限公司;

聚四氟乙烯改性聚丙烯薄膜、硅油改性聚丙烯薄膜、未改性聚丙烯薄膜:上海膜益信息科技有限公司;

酸奶:蒙牛风味酸牛奶(样品a)、光明碧悠酸牛奶(样品b)、伊利原味发酵乳;

乙酸、乙醇、高锰酸钾、硫化钠、甘油、氢氧化钠、草酸、草酸钠:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

#### 1.1.2 主要仪器设备

转矩流变仪:XSS-300型,上海科创橡塑机械设备有限公司;

双螺杆挤出机:LSSJ-20 型,上海科创橡塑机械设备有限公司;

流延机:LYJ-300 型,上海科创橡塑机械设备有限公司;

切粒机:SG-20 型,上海科创橡塑机械设备有限公司;

接触角测量仪:JC2000D1 型,上海中晨数字技术设备有限公司;

超低温冰箱:DW-86L286 型, -80 °C, 青岛海尔股份有限公司;

真空冷冻干燥机:FD-2D-80 压盖挂瓶型,上海继谱电子科技有限公司;

分析天平:SZGA30002 型,苏州博泰伟业电子科技有限公司;

塑料薄膜封口机:FR-300A 型,上海翔一包装机械有限公司;

恒温水浴锅:DF-101S 型,上海继谱电子科技有限公司。

## 1.2 试验准备

1.2.1 试验用薄膜 将改性剂聚四氟乙烯、硅油以表 1 中比例与母粒聚丙烯充分混合均匀,将其加入到已预热好的双螺杆挤出机中,通过双螺杆挤出机的共混,熔融挤出,用切粒机将其切断获得大小合适的颗粒,获得所需的改性不黏聚丙烯树脂母粒,其中双螺杆挤出机的参数为:1~7 区的温度分别为 165, 170, 175, 180, 180, 175, 170 °C;双螺杆转速 30 r/min。将制备好的改性母粒直接加入到已预热好的流延机中,流延成膜,其中流延机 1~7 区的温度分别为 165, 170, 180, 185, 185, 175, 170 °C, 转速 60 r/min。

### 1.2.2 酸奶包装

(1) 包装袋的准备:将未改性的聚丙烯薄膜和表 1 中除市售薄膜外的所有改性薄膜以 8cm×6cm 的尺寸裁

表 1 试验用薄膜组合

Table 1 The experimental film combinations

样品	配方
A	3% 硅油+97% 聚丙烯
B	5% 硅油+95% 聚丙烯
C	7% 硅油+93% 聚丙烯
D	6% 聚四氟乙烯+94% 聚丙烯
E	8% 聚四氟乙烯+92% 聚丙烯
F	10% 聚四氟乙烯+90% 聚丙烯
G	12% 聚四氟乙烯+88% 聚丙烯
PP	100% 聚丙烯
市售薄膜	10% PPMDP5+90% 聚丙烯

剪后,用热封机热封成袋,每一编号的薄膜准备 6 个备用。

(2) 酸奶装袋:各称取 40 g 酸奶样品 a 和样品 b,装入已准备好的包装袋中,标记后将已包装好的样品放入与原杯酸奶所处条件相同的冷藏室中贮藏。

## 1.3 性能测试

1.3.1 接触角的测定(CAM) 参照文献[7]的方法并略作修改。以酸奶为介质,通过测量酸奶与薄膜表面接触角的大小来初步检测薄膜的防黏性能。选取试验用薄膜裁剪成 3 cm×2 cm 的样品,用注射器滴 2 μL 酸奶(伊利原味发酵乳)于薄膜表面,采用接触角测量仪固定图像并任意选取 5 点进行接触角的计算<sup>[8]</sup>,以未改性的聚丙烯 PP 薄膜为对照,每个图像测量 5 次,取平均值<sup>[9-10]</sup>。

1.3.2 防黏效果验证 以酸奶在薄膜上的剩余量为直观表现,分别采用两种不同的方法测量残留量进行验证实验。方法一结束后评选效果最优的薄膜,将其采用方法二与原杯膜再次进行防黏效果验证。

(1) 方法一:① 将未改性聚丙烯片材与试验所制得片材裁剪成 4 cm×6 cm 的样品,称量每个片材样品的质量(X),备用;② 从冰箱中取出酸奶样品 a,开盖后称量酸奶杯及酸奶的质量(Y),将剪裁好的样品垂直全部没入酸奶中,并旋转 3 圈使片材表面充分接触酸奶,垂直静置 1 min 取出,称量剩余酸奶质量(Y<sub>1</sub>);③ 将取出后的粘有酸奶的片材垂直静置 1 min,称取静置后片材及其附着酸奶的总质量(T);连续测量 7 d,每个样品测量 3 次,按式(1)计算酸奶残留量。

$$R = \frac{T - X}{Y - Y_1} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

R——酸奶残留量,%;

T——酸奶的总质量,g;

X——片材质量,g;

Y——开盖后未引用酸奶杯及酸奶质量,g;

Y<sub>1</sub>——剩余酸奶质量,g。

(2) 方法二:① 按市面上联杯酸奶的尺寸加工成酸奶杯,灌装酸奶低温冷藏 7 d 后,打开食用,保证酸奶残留量均为 3.00 g;② 将食用后有残留酸奶的酸奶杯分别使其从 1 m 高处做自由落体运动(见图 1),跌落 5 次,称重,按式(2)计算跌落前后酸奶质量比,每个包装平行 3 次。

$$P = \frac{t}{f} \times 100\%, \quad (2)$$

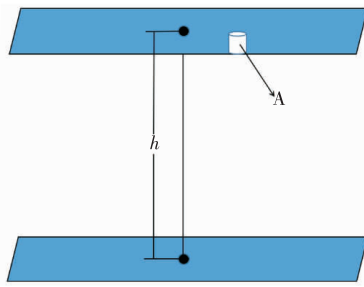
式中:

P——质量比,%;

f——跌落前酸奶质量,g;

t——跌落后酸奶质量,g。

1.3.3 改性薄膜卫生性能测量 按 GB/T 5009.60—2003 执行。试验样品为经防黏效果测量后优选的薄膜。



h. 样品距离地面高度 A. 样品

图1 酸奶自由落体试验设计图

Figure 1 Experiment design of yogurt after free fall

## 2 结果与分析

### 2.1 酸奶接触角测试结果

由图2可知,A、B、C 3组的接触角随硅油含量的增加而增大,由 81.38°增大到 85.97°,是由于增加硅油含量,薄膜的表面能越来越低<sup>[11]</sup>,酸奶越不易粘附于薄膜表面,薄膜接触角越大,说明添加硅油使疏水性增大。D、E、F、G的接触角随 PTFE 含量的增加呈先增大后减小趋势,由 88.15°先增大到 99.84°再减小至 85.33°,可能是 PTFE 含量增多使得薄膜表面粗糙度增加,研究<sup>[12-13]</sup>表明,薄膜表面粗糙度的增大会导致接触角增大,说明酸奶在由 PTFE 改性的薄膜上的附着力变小,薄膜的防黏连性能较好。综上,C组和E组改性薄膜的接触角最优,可作为酸奶的包装使用。

### 2.2 不同包装条件下酸奶残留量测试结果

由表2可知,改性薄膜 A、B、C、D、E、F、G 经试验后的薄膜不粘效果均比未改性的聚丙烯薄膜的好,其中薄膜 E 的不粘效果最好,酸奶残留量为 26.61%,其次为薄膜 C,其酸奶残留量为 28.67%;市面上已应用的防黏连薄膜的酸奶残留量为 30.65%,故经改性的薄膜 C 和薄膜 E 的不粘效果比未改性的聚丙烯薄膜的好,且更优于市面上已应用的其他同性能的薄膜,由于聚四氟乙烯和硅油表面能很低,使薄膜具有更好的防黏连效果,能有效地减少酸奶与薄膜间的黏附性。

由表3可知,经方法一验证后效果最优的薄膜 C 和薄膜 E 在跌落试验后残留的平均质量比明显低于原杯膜

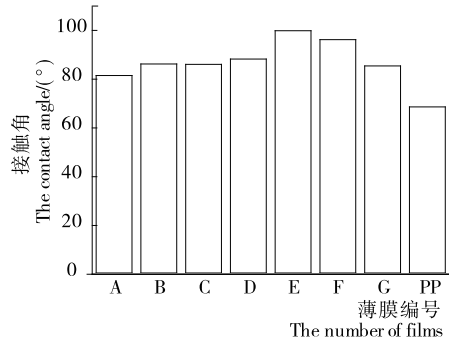


图2 薄膜的接触角测试结果

Figure 2 The results of the contact angel of films

表2 薄膜的防黏效果(方法一)

Table 2 Anti-adhesive effects of films %

样品	残留量	样品	残留量
A	38.87±0.51	F	30.80±2.03
B	33.63±0.79	G	32.14±2.54
C	28.67±0.76	PP	44.79±3.82
D	31.32±0.56	市售薄膜	30.65±2.08
E	26.61±1.13		

的,平均质量比越小即酸奶残留量越少,表明经薄膜 C 和薄膜 E 包装后的酸奶残留量远小于原杯膜,进一步说明改性后的薄膜的防黏连性能远远优于原杯膜,证明此研究达到效果且可足够应用于实践与生产。

表3 自由落体后酸奶残留量(方法二)

Table 3 Residue of yogurt after free fall %

样品	平均质量比
原杯膜(伊利原味发酵乳)	62.71±1.003
薄膜 C	23.45±0.693
薄膜 E	23.11±0.697

### 2.3 改性薄膜的卫生性能

由表4可知,经改性后的薄膜 C 和薄膜 E 的各项指标均符合 GB/T 5009.71—2003 的规定,说明改性后最优组合的薄膜 C 和薄膜 E 在最大程度地降低酸奶残留量的同时也没有安全隐患,可以放心用于食品包装。

表4 安全性能检测结果

Table 4 Health performance test results

项目	蒸发残渣/(mg·L <sup>-1</sup> )		高锰酸钾消耗量 (水,60℃,2h)/(mg·L <sup>-1</sup> )	重金属(以Pb计;4%乙酸, 60℃,2h)/(mg·L <sup>-1</sup> )	脱色试验		
	4%乙酸, 60℃,2h	65%乙醇, 20℃,2h			冷餐油或用 无色油脂	乙醇	浸泡液
C	0.5	2.5	0.5	1	阴性	阴性	阴性
E	3.0	6.5	0.2	1	阴性	阴性	阴性
指标	≤30	≤30	≤10	≤1	阴性	阴性	阴性
是否合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格

### 3 结论

酸奶在改性薄膜和未改性薄膜上的接触角表明,改性防黏薄膜的接触角大于未改性聚丙烯薄膜的,疏水性极佳,且防黏连性能测试进一步验证了改性薄膜的最佳配方为 7% 硅油+93% 聚丙烯和 8% 聚四氟乙烯+92% 聚丙烯;经两种方法测试酸奶在改性薄膜的残留量得出:改性薄膜的性能均优于市面已有防黏薄膜的,且最佳配方的薄膜的防黏效果优于原杯膜;薄膜的卫生性能表明,改性薄膜符合 GB/T 5009.71—2003 的规定,其安全性高,对包装物无影响,可应用于实际食品的包装。后续可将改性薄膜进行多次造粒流延,使改性剂更加充分地同聚丙烯母粒进行融合;可将改性薄膜应用于酸奶的包装,并与原杯酸奶进行风味比较及酸奶成分的变化等。

#### 参考文献

- [1] 侯彩云, 郭秀兰, 彭家宣, 等. 芦丁对低脂酸奶品质和抗氧化能力的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(4): 37-41.
- [2] 蔡惠平. 乳制品包装[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 151.
- [3] 曾凤彩, 张媛媛, 韩雪光. 低碳环保设计理念在乳制品包装中的应用分析与思考[J]. 包装世界, 2011, 26(3): 90-91.
- [4] AGGARWAL, A, SCHMID M, PATEL M K, et al. Function-driven investigation of non-renewable energy use and

greenhouse gas emissions for material selection in food packaging applications: Case study of yoghurt packaging[J]. Procedia CIRP, 2018, 69(27): 728-733.

- [5] 吴小鸣. 仿生荷叶薄膜不沾水自清洁[J]. 中小企业科技, 2005(3): 43.
- [6] 郝利荣. 有机氟、硅改性聚苯乙烯包装容器的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2010: 14-15.
- [7] 刘炎. 聚合物微纳结构界面的构筑及骨细胞相容性研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018: 16-17.
- [8] 贺力诚. 紫外臭氧提高金属薄膜与聚合物结合强度研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2017: 21-22.
- [9] ALEKSEI N. ALEXANDER I. Bulavchenko contact angle and free surface energy of CdS films on polystyrene substrate[J]. Applied Surface Science, 2019, 463(11): 820-828.
- [10] 陆新宗, 肖生苓, 王全亮, 等. 漆酶介体体系对纸模材料强度与疏水性的影响[J]. 包装工程, 2018, 39(11): 81-87.
- [11] 桂泰江. 有机硅氟低表面能防污涂料的制备和表征[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008: 21-23.
- [12] 魏丽娟. 防雾抗菌聚乙烯薄膜的制备及对生鲜香菇保鲜包装应用的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2017: 28-29.
- [13] ESHAGHI A, MOJAB M. Fabrication of antireflective antifogging nano-porous silica thin film on glass substrate by layer-by-layer assembly method[J]. Journal of Non-Crystalline Solids, 2014, 405(23): 148-152.

(上接第 132 页)

力的参数设置建议如下:① 当细支烟空头率较高时,在烟条不堵塞烟枪的前提下,可采取提高回丝量的方式来降低细支烟空头率;② 当细支烟卷烟机平整盘位置不理想或超出工作范围时,可通过调整大风机压力来保障细支烟卷烟机正常运行;③ 小风机压力可根据机台运行和烟支物理指标的设计要求进行优化。为进一步提高细支烟生产效率和生产稳定性,后续还需对制丝工艺、细支烟烟丝结构等方面进行研究。

#### 参考文献

- [1] 王金棒, 洪广峰, 高健, 等. 细支烟研究综述[J]. 中国烟草学报, 2018, 24(5): 91-101.
- [2] 国家烟草专卖局. 关于启动细支卷烟升级创新重大专项的通知(国烟科[2016]154号)[Z]. 北京: 国家烟草专卖局, 2014.
- [3] 赵宸楠. 细支烟开发研究进展[J]. 轻工科技, 2017, 10: 12-13.
- [4] 袁海霞, 郑茜, 张胜化, 等. 适应细支卷烟加工特性的柔性风选系统优化设计[J]. 食品与机械, 2019, 35(9): 122-126.

- [5] 李洪涛, 杨成. 基于混料均匀设计的细支烟烟丝尺寸优化[J]. 济南大学学报: 自然科学版, 2018, 32(2): 146-149.
- [6] 楚文娟, 孟祥士, 许旭, 等. 滤嘴参数对细支烟主要理化指标的影响[J]. 烟草科技, 2019, 52(8): 60-66.
- [7] 朱成文, 郝喜良, 沈晓晨, 等. 定长切丝技术在细支卷烟生产中的应用[J]. 烟草科技, 2019, 52(3): 86-91.
- [8] 朱尊权, 郁源培, 孙瑞申, 等. 卷烟工艺[M]. 北京: 北京出版社, 2000: 260-276.
- [9] 姚二民, 邵宁, 李晓. 卷烟机运行参数对卷烟成品率影响研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(12): 206-208.
- [10] 刘杰, 张晋, 高云, 等. 卷烟机 VE 供丝部的有关工艺参数对卷烟质量稳定度的影响[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(4): 56-58.
- [11] 胡芳平, 刘舞, 郭志琨. ZJ17 卷烟机工艺参数对烟支质量的影响研究[J]. 安徽农学通报, 2018, 24(14): 121-122.
- [12] 马逢时, 周晔, 刘传冰, 等. 六西格玛管理统计指南[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2007: 268-331.
- [13] 向虎, 何孝强, 王龙, 等. 基于烟丝特性和卷制原理的卷烟机最佳回丝量计算模型[J]. 食品与机械, 2018, 34(10): 223-226.