抑菌纸对吐司保鲜作用

汪志强，　杨福馨 *
（上海海洋大学 食品学院，上海 201306）

摘要：研究了抑菌纸对吐司保鲜作用的影响。将抑菌纸与 PP 薄薄膜结合得到纸塑复合材料来包装吐司，与单一的 PP 薄膜包装以及未采取包装的吐司对比质构、色差、水分活度、菌落总数、热焓值的差异。结果表明：采用纸塑复合材料包装的吐司相较于仅用 PP 薄膜包装以及未采取包装的吐司，其质构特性和色差的劣变变缓，水分活度有一定程度降低，菌落总数的增长得到有效抑制，热焓值的上升也得到延缓。该抑菌纸与 PP 薄膜结合得到的复合材料可避免直接向食品中添加防腐剂，并且能有效延长吐司的货架期。

关键词：抑菌纸；吐司；聚乙烯醇；脱氢乙酸钠；保鲜
中图分类号：TS 761.7；TB 484.1　**文章编号：**1673-1689(2020)12-0057-05　**DOI：**10.3969/j.issn. 1673-1689.2020.12.009

Effect of Antibacterial Paper on Toast Preservation

WANG Zhiqiang，　*YANG Fuxin**
（College of Food Sciences and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China）

Abstract: The effect of antibacterial paper on toast preservation was studied. A paper-plastic composite material obtained via the combination of antibacterial paper and PP film was used to package the toast to investigate its difference of the texture, color difference, water activity, total number of colonies and enthalpy value comparing with the toast packed only in PP film or unpacked. The toast packed in paper-plastic composite material showed slower deterioration of texture and color difference, reduction of water activity, effective suppression of total colony number increase and suspension of enthalpy raise. This paper-plastic composite material can avoid direct addition of preservatives to food, effectively prolonging the shelf life of toast.

Keywords: antibacterial paper, toast, polyvinyl alcohol, sodium dehydroacetate, preservation

吐司是西式面包的一种，是以高筋面粉为主要原料制作而成的烘焙食品。吐司营养美味，易于消化吸收，食用方便，在日常生活中颇受人们喜爱[1]。但由于吐司营养丰富并且含有较高的水分，在室温 25 ℃条件下 2 d 左右就会发霉变质，保质期较短，不仅容易造成食物浪费，而且误食变质的吐司会危

收稿日期：2019-08-23
基金项目：国家“十三五”重点研发计划资助项目(2018YFD0400701)；上海市科委工程中心建设基金资助项目(11DZ2280300)；上海高校一流学科基金资助项目(A2-2019-14-0003)。
* **通信作者：**杨福馨(1958—)，男，博士，教授，硕士研究生导师，主要从事包装工程理论与技术研究。E-mail：fxyang@shou.edu.cn

害人们的健康。对于吐司的包装,市面上普遍使用的是聚丙烯(polypropylene,PP)薄膜或者牛皮纸与薄膜的复合材料,然而这些包装不能对吐司进行抗菌保鲜。因此,研制出利用包装材料来控制并防止吐司在储藏期间发霉变质尤为重要。

抗菌保鲜功能是食品包装领域重要的研究课题,目前这方面还缺乏研究。抗菌保鲜功能性包装材料通过缓慢释放具有抗菌保鲜作用的成分,可避免直接向食品中添加防腐剂,并且无须在低温、气调等条件下储藏,操作简便,可从根源上抑制食品品质劣变,保证食品安全[2]。

聚乙烯醇(polyvinyl alcohol,PVA)是一种无毒无害,环境友好的亲水性高分子聚合物[3]。聚乙烯醇树脂颗粒与水混合加热溶化后涂布于纸上能够成膜,可以改善纸的机械性能和阻隔性能,并且使纸具有一定的热封性能。脱氢乙酸钠是一种安全型食品防霉保鲜剂,得到联合国粮农组织和世界卫生组织的认可[4]。脱氢乙酸钠对食品中的细菌、霉菌等微生物有着较强的抑菌作用,广泛应用于面包、肉制品、果蔬制品等食品[5-6]。脱氢乙酸钠溶于PVA溶液无不良气味,具有良好的溶解性和稳定性,可以与PVA很好地结合,使之具有抗菌性能[7]。山梨糖醇是一种具有持水保湿功能的特殊甜味剂,无臭,有清凉的甜味[8]。添加适量的山梨糖醇可防止食品干裂、老化,保持新鲜柔软及色香味[9],延长食品货架期限。

作者将PVA、脱氢乙酸钠、山梨糖醇与牛皮纸结合制备得到抑菌纸,将抑菌纸作为内包装,PP薄膜作为外包装来包装吐司,与仅仅采用PP薄膜包装以及未采取包装的吐司对比质构、色差、水分活度、菌落总数、热力学特性的差异,进行保鲜作用研究。旨在为延长吐司保质期,改善吐司储藏品质提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料与试剂 吐司:购于上海海洋大学附近面包店(同一批次生产的新鲜吐司,无防腐剂);牛皮纸(质量密度为80 g/m^2):购于蚌埠天成包装科技股份有限公司;PP薄膜:作者所在实验室自制。

聚乙烯醇(PVA,聚合度1 799):购于上海精析化工科技有限公司;脱氢乙酸钠(食品级):购于上海崇明生化制品厂有限公司;山梨糖醇(食品级):购于苏州市明华糖醇有限公司;平板计数琼脂(PCA):购于青岛海博生物技术有限公司。

1.1.2 主要仪器与设备 AZY-SERIES型涂膜器:安卓源科技有限公司产品;SZ-A30002型电子天平:诸暨市超泽衡器设备有限公司产品;TA-XT plus型质构仪:英国Stable Micro Systems公司产品;CR-400型色差仪:日本柯尼卡美能达产品;AquaLab 4型水分活度测试仪:美国Decagon公司产品;Labconco型超净工作台:美国Labconco公司产品;MIR154型恒温培养箱:日本三洋电机生物医药株式会社产品;823e型差示扫描量热仪(DSC):梅特勒-托利多公司产品;不锈钢反应釜(定制型):上海远怀化工科技有限公司产品。

1.2 实验方法

1.2.1 PVA抗菌液的制备 参考张勇等[10]的方法,并作修改。将PVA颗粒用蒸馏水清洗后置于恒温鼓风干燥箱中60 ℃干燥8 h,准确称取干燥后的PVA颗粒6 kg于反应釜中,再加入44 L蒸馏水,在反应釜中65 ℃恒温溶胀2 h。设置反应釜转速为30 r/min,温度为95 ℃,连续搅拌4 h后加入2.5 kg脱氢乙酸钠和1.5 kg山梨糖醇继续搅拌0.5 h,最终完全溶解得到PVA抗菌液。

1.2.2 抑菌纸的制备 抑菌纸的制备采用表面涂布法。首先将牛皮纸裁切成30 cm×18 cm大小,用移液器吸取15 mL配制好的PVA抗菌液于牛皮纸上,再用涂膜器在常温下涂布30 s使之均匀分布,涂布方向均为横向与纵向交替进行且涂布次数相同,然后在调温为60 ℃的烘箱中干燥30 min,即制得抑菌纸。

1.2.3 抑菌纸保鲜实验设计 抑菌纸的表面有一层PVA膜,因此具有热封性能。将抑菌纸的长边对折,在超净工作台里将吐司装入后进行三边热压封口,再用尺寸为40 cm×20 cm的PP薄膜作为外包装进行热封。单独的PP薄膜包装尺寸与抑菌纸一致(30 cm×18 cm),以同样的方式装入后热封,用不采取包装的吐司作为对照。在室温(25±1) ℃、相对湿度(75±1)%的条件下储藏,分别在第0、2、4、6、8天对吐司质构、色差、水分活度、菌落总数和热焓值进行测定。

1.2.4 质构测定 使用TA-XT plus型质构仪的2次咀嚼测试法(TPA)测定储藏第0、2、4、6、8天吐司

的质构，探头接触的位置均为吐司的中心。参数设置：探头型号为P/36R，测前速度 2.0 mm/s，测试速度 1.0 mm/s，测后速度 1.0 mm/s，压缩形变 50%，感应力 5 *g*，2 次压缩间隔 5 s[11]。

1.2.5 色差测定 使用 CR-400 型色差仪测定储藏第 0、2、4、6、8 天吐司的 L^*、a^*、b^* 值，测试前先进行校准，测试时探头接触的位置均为吐司的中心。

1.2.6 水分活度测定 使用 AquaLab 4 型水分活度测试仪测定储藏第 0、2、4、6、8 天吐司的水分活度（A_W 值）。要求保证所有样品温度相同且均为室温，同时每次取吐司进行测试时应迅速，避免水分蒸发。每次测试取吐司中心部位 2.0 g 置于样品盘中，再放在水分活度仪测试腔体中进行测定[12]。

1.2.7 菌落总数测定 菌落总数的测定按照 GB 4789.2—2016《食品安全国家标准食品微生物学检验 菌落总数测定》[13]规定的方法，采用平板记数法，测得每克样品中的菌落总数。

1.2.8 热焓值测定 使用差示扫描量热仪分别测定储藏第 0、2、4、6、8 天吐司的热焓值 ΔH。取吐司中心部位 10.0 mg 放入样品盘内密封，设置升温速率 10 ℃/min，扫描温度范围为 25~150 ℃，以空白样品盘作为对照，记录热焓值 ΔH[14-15]。

1.3 数据处理

各项试验指标至少做 3 次重复试验，数据以平均值±标准差表示，用 Origin 8.5 软件作图。采用 SPSS Statistics 22.0 进行数据统计分析，运用方差分析法（ANOVA）进行显著性检验，$P<0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 吐司储藏过程中质构的变化

吐司的 2 次咀嚼测试测得的参数包括硬度、弹性、内聚性、咀嚼性、回复性等，可以用来检验吐司的品质特性[16]。其中硬度、咀嚼性与吐司的品质成负相关，弹性、内聚性、回复性与吐司的品质成正相关[17]。未采取包装的吐司由于水分快速蒸发变硬，在上述参数下无法测得质构指标数值，因此只测了 PP 膜和纸塑复合材料包装的吐司质构。

表 1 和表 2 分别为 PP 薄膜和纸塑复合材料包装吐司储藏过程中质构的变化。由表 1 和表 2 可知，吐司的硬度、弹性、内聚性、咀嚼性、回复性随着储藏时间均在逐渐变差。与 PP 薄膜包装相比，纸塑复合材料包装的吐司在 8 d 储藏期内，其硬度、咀嚼性参数上升变缓，弹性、内聚性、回复性下降同样变缓，说明在一定程度上抑制了吐司口感的劣变，这是因为内包装纸上涂布的抗菌 PVA 膜含有山梨糖醇，能够在一定程度上保持吐司的水分，维持吐司的组织结构，从而延缓品质劣变的趋势。

表 1 PP 薄膜包装吐司储藏过程中质构的变化

Table 1 Texture changes of toast packed with PP film during storage

储藏时间/d	硬度/N	弹性	内聚性	咀嚼性/N	回复性
0	1.414±0.018^a	1.045±0.003^e	0.819±0.002^e	1.127±0.029^a	0.420±0.004^e
2	2.051±0.032^b	0.993±0.003^d	0.722±0.002^d	2.282±0.027^b	0.365±0.003^d
4	4.814±0.038^c	0.964±0.002^c	0.634±0.003^c	2.999±0.035^c	0.293±0.003^c
6	7.660±0.033^d	0.938±0.002^b	0.542±0.002^b	3.869±0.041^d	0.235±0.005^b
8	9.402±0.036^e	0.913±0.002^a	0.441±0.002^a	4.607±0.031e	0.168±0.002^a

注：同列不同字母表示差异显著（$P<0.05$）。

表 2 纸塑复合材料包装吐司储藏过程中质构的变化

Table 2 Texture changes of toast packed with composite packaging during storage

储藏时间/d	硬度/N	弹性	内聚性	咀嚼性/N	回复性
0	1.414±0.018^a	1.045±0.003^e	0.819±0.002^e	1.127±0.029^a	0.420±0.004^e
2	1.799±0.028^b	1.015±0.002^d	0.731±0.002^d	2.088±0.020^b	0.374±0.003^d
4	4.099±0.025^c	0.985±0.002^c	0.655±0.002^c	2.734±0.034^c	0.314±0.004^c
6	6.767±0.030^d	0.956±0.002^b	0.572±0.002^b	3.488±0.035^d	0.255±0.003^b
8	8.002±0.048^e	0.934±0.002^a	0.501±0.003^a	3.965±0.038^e	0.182±0.003^a

注：同列不同字母表示差异显著（$P<0.05$）。

2.2 吐司储藏过程中色差的变化

色泽是评价吐司品质的重要指标，能够很大程度影响人们对产品的接受度。表 3 是吐司 3 种储藏方式的色差变化。

色差仪中的 L^* 为明暗度，数值越大则越明亮；a^* 为红绿色，其正值表示偏红，负值表示偏绿；b^* 为黄蓝色，其正值表示偏黄，负值表示偏蓝[18]。由表 3 可知，使用本试验制备的纸塑复合材料包装的吐司，在储藏 8 d 时其亮度下降最少，偏绿和偏黄的程度同样最小，而无包装的吐司色泽很快变得暗淡发黄。这是因为脱氢乙酸钠起到抗氧化的作用，同时抑制了微生物的代谢活动，抑制其对糖类的分解，减少了美拉德反应的发生。

表 3　吐司储藏过程中色差的变化

Table 3　Changes in color difference during toast storage

储藏时间/d	PP 膜			纸塑复合材料			无包装		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
0	83.12±0.20^e	−1.31±0.02^a	14.20±0.19^a	83.12±0.20^e	−1.31±0.02^a	14.20±0.19^a	83.12±0.20^e	−1.31±0.02^a	14.20±0.19^a
2	79.84±0.65^d	−1.18±0.02^b	16.04±0.07^b	80.75±0.38^d	−1.21±0.04^b	15.62±0.23^b	76.03±0.64^d	−1.04±0.03^b	16.85±0.10^b
4	78.45±0.35^c	−1.07±0.02^c	17.42±0.30^c	79.56±0.29^c	−1.14±0.02^c	16.52±0.33^c	73.66±0.52^c	−0.86±0.04^c	18.58±0.25^c
6	76.12±0.34^b	−0.91±0.03^d	18.38±0.34^d	77.90±0.41^b	−1.00±0.04^d	18.00±0.23^d	71.67±0.58^b	−0.72±0.03^d	19.73±0.23^d
8	73.22±0.57^a	−0.72±0.04^e	19.73±0.15^e	75.38±1.15^a	−0.88±0.03^e	19.18±0.16^e	68.36±0.88^a	−0.51±0.06^e	20.82±0.57^e

注：同列不同字母表示差异显著（P<0.05）。

2.3　吐司储藏过程中水分活度的变化

在食品的储藏过程中，A_w 值与食品的稳定性和安全性直接相关。A_w 值高，则水分的结合程度低。图 1 是吐司储藏过程中水分活度的变化。由图 1 可知，3 种储藏方式的吐司水分活度随储藏时间呈下降趋势。无包装的吐司由于没有包装的阻隔作用水分快速蒸发，水分活度下降显著。纸塑复合材料包装相较于 PP 薄膜包装，吐司的水分活度有小幅下降，这是因为山梨糖醇具有较好的保水性，与吐司中的自由水形成结合水，减少了自由水的含量，起到降低水分活度的作用[19]。

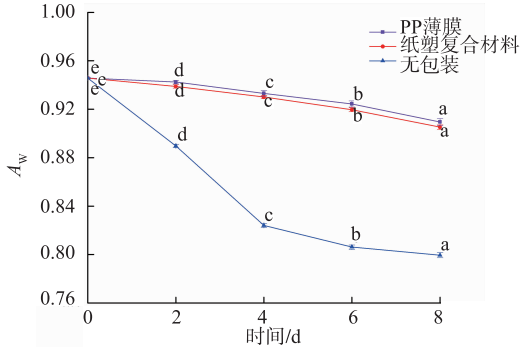


图 1　吐司储藏过程中水分活度的变化

Fig. 1　Changes in water activity during toast storage

2.4　吐司储藏过程中菌落总数的变化

根据 GB 7099—2015 规定的微生物限量标准，当吐司的菌落总数不超过 1×10^4 CFU/g 时，则该项指标一定符合要求。表 4 是吐司储藏过程中菌落总数的变化。由表 4 可知，使用 PP 薄膜包装的吐司由于适宜的温度和水分活度，菌落总数急剧增加；无包装的吐司菌落总数先快速增加，随后由于水分活度的下降，增长变得缓慢；使用纸塑复合材料包装的吐司由于内包装纸涂布了脱氢乙酸钠，阻止了外界微生物的进入，同时通过缓慢释放作用使包装内环境处于抑菌状态，对菌落的生长有较强的抑制作用，保证了吐司在 8 d 储藏期内菌落总数未超标，抑菌作用显著。

表 4　吐司储藏过程中菌落总数的变化

Table 4　Changes in the total number of colonies during toast storage

储藏时间/d	菌落总数/($\times10^4$ CFU/g)		
	PP 薄膜	纸塑复合材料	无包装
0	0.02±0.01^a	0.02±0.01^a	0.02±0.01^a
2	3.60±0.40^a	0.04±0.15^a	70.00±1.00^b
4	67.33±3.06^b	0.12±0.25^b	81.67±1.53^c
6	550.00±10.00^c	0.22±0.03^c	92.00±3.00^d
8	876.67±25.17^d	0.88±0.76^d	101.67±3.06^e

注：同列不同字母表示差异显著（P<0.05）。

2.5　吐司储藏过程中热焓值的变化

测定吐司的热焓值是衡量吐司老化的重要指标[20]。吐司在储藏期间会发生老化现象，吐司老化的表现为表面光泽变差、硬化掉渣、风味消失、水分和可溶性淀粉减少等[21]。

由图 2 可知，3 种储藏方式的吐司热焓值 ΔH 随储藏时间呈上升趋势。吐司的老化速率与水分含量有重要关系。无包装的吐司由于水分的不断蒸发，ΔH 上升较快，老化程度显著。纸塑复合材料包

装相较于 PP 薄膜包装，吐司的 ΔH 上升变缓，这是因为山梨糖醇的保水性，部分与吐司中的自由水结合，提高了吐司持水能力，延缓了吐司的老化，所以热焓值较低。

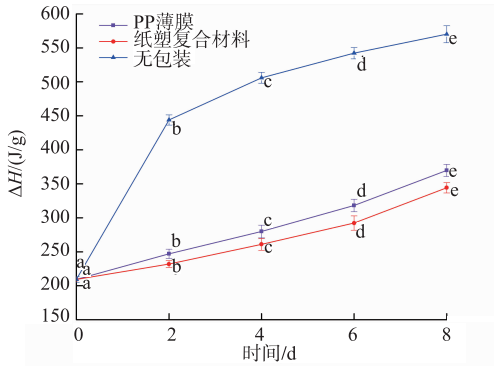


图 2　吐司储藏过程中 ΔH 的变化

Fig. 2　Changes in ΔH during toast storage

3 结　语

本试验中将 PVA、脱氢乙酸钠与山梨糖醇结合应用于牛皮纸制备得到抑菌纸，将其作为内包装，PP 薄膜作为外包装来包装吐司，与仅仅采用 PP 薄膜包装以及未采取包装的吐司进行对比。结果表明，由于抑菌纸含有抗菌保鲜功能的脱氢乙酸钠和持水保湿功能的山梨糖醇，因此使用抑菌纸作为内包装的吐司，其质构和色差指标的劣变变缓，水分活度有小幅下降，菌落总数的增长得到有效抑制，老化焓值的增长也得到延缓。

本试验中制备的纸塑复合材料可有效延长吐司货架期，提高吐司储藏品质。但本试验中尚有遗留的问题，后续将研究食品防腐剂的复配作用对抑菌纸抑菌防霉功能的影响。

参考文献：

[1] 张炯炯. 改性氟树脂 - 低密度聚乙烯防霉包装薄膜的制备及对吐司面包防霉包装应用的研究[D]. 上海：上海海洋大学，2018.
[2] 杨立颖. 高阻隔性抗氧化抗菌食品包装纸的研制[D]. 天津：天津科技大学，2015.
[3] 蒋硕，杨福馨，张燕，等. 改性抗菌聚乙烯醇包装薄膜的性能研究[J]. 食品与机械，2014，30(3)：114-117.
[4] 祝团结，何松，段慧琴. 微胶囊脱氢乙酸钠在面包生产中的应用[J]. 现代食品科技，2011，27(6)：687-690.
[5] 林真，张温玲，陈怡，等. 千层蛋糕防腐配方实验及保质期预测研究[J]. 食品工业科技，2016，37(11)：269-272.
[6] DUAN X，JING G，FAN F，et al.Control of postharvest green and blue molds of citrus fruit by application of sodium dehydroacetate [J]. **Postharvest Biology and Technology**，2016，113：17-19.
[7] 杨福馨，邱艳娜，蔡程笑子，等. 不同含量脱氢乙酸钠改性 PVA 薄膜延长蛋糕保质期的研究[J]. 包装学报，2016，8(3)：49-54.
[8] 彭博，刘琴，丁士勇. 山梨糖醇对面包储藏期间品质的影响[J]. 中国粮油学报，2018，33(1)：19-25.
[9] 刘军波，王怀欣，李培红. 多羟基保湿剂性能的研究及应用[J]. 肉类工业，2011(12)：25-29.
[10] 张勇，杨福馨，户帅锋，等. 防霉聚乙烯醇改性薄膜的制备及性能[J]. 包装工程，2016，37(5)：35-38.
[11] 王志军，蔡金鑫，虞椏芳，等. 天然酵母发酵对面包老化的影响[J]. 食品与生物技术学报，2018，37(9)：924-930.
[12] SCHEBOR C，CHIRIFE J. A survey of water activity and ph values in fresh pasta packed under modified atmosphere manufactured in argentina and uruguay[J]. **Journal of Food Protection**，2000，63(7)：965-969.
[13] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会，国家食品药品监督管理总局. GB 4789.2—2016 食品安全国家标准食品微生物学检验菌落总数测定[S]. 北京：中国标准出版社，2017.
[14] 张君，王凤，贾春利，等. 蜂蜜干粉对面包面团热机械学、烘焙及老化特性的影响[J]. 食品工业科技，2013，34(6)：185-189.
[15] 魏超昆，赵宇慧，刘敦华，等. 鸡油基起酥油对面包感官、风味及老化特性的影响[J]. 食品科学，2017，38(3)：101-106.
[16] 孙莹，苗榕芯，江连洲. 不同贮藏时间和方式对马铃薯面包老化的影响[J]. 粮食加工，2018，43(4)：49-54.
[17] 孝英达，吴凤凤，王沛，等. 冷藏对面团发酵及面包品质的影响[J]. 食品与生物技术学报，2018，37(7)：679-687.
[18] SALIM-UR-REHMAN，PATERSON A，PIGGOTT J R. Flavour in sourdough breads：a review[J]. **Trends in Food Science & Technology**，2006，17(10)：557-566.
[19] 吕银德，赵俊芳. 栅栏技术在面包防腐中的应用[J]. 中国食品添加剂，2016(9)：164-168.
[20] 詹冬玲，任玉雪，闵伟红，等. 面包老化机理及其分析技术的研究进展[J]. 食品工业科技，2013，34(23)：353-355.
[21] 程丽丽，朱海霞. 螺旋藻面包配方和工艺及其品质研究[J]. 食品科技，2018，43(1)：174-178.