

洋葱抑菌基质抑菌包装纸的制备及其性能研究

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2020.01.010

王广林 杨福馨
柴莉 王劲阳

上海海洋大学
食品学院
上海 201306

摘要:针对馒头在储藏过程中容易发霉腐败的问题,以聚乙烯醇(PVA)为树脂基体,用洋葱汁作为主要抗菌基质制备洋葱基质母液,涂布到牛皮纸上制成抑菌包装纸,通过对被包装的馒头的霉变状况进行观察,从而判断洋葱基质对馒头所产生的抗菌作用。实验研究了涂布抗菌液后对抑菌纸的拉伸强度、水蒸气透过系数、氧气透过量影响。研究表明:在相同的条件下,使用洋葱基质抑菌包装纸的试样霉变时间晚于空白试样,同时随着洋葱基质质量分数的增加,抗菌效果呈现出上升的态势;而当洋葱基质质量分数达到一定程度后,洋葱基质质量分数的增加对抗菌作用的加强效果趋于饱和;涂布包装纸的水蒸气透过系数和氧气透过量较牛皮纸有所降低,拉伸强度有所增强。

关键词:洋葱基质;包装纸;抗菌效果;聚乙烯醇

中图分类号: TS206.4

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2020)01-0069-07

引文格式:王广林,杨福馨,柴莉,等.洋葱抑菌基质抑菌包装纸的制备及其性能研究[J].包装学报,2020,12(1):69-75.

1 研究背景

洋葱(allium cepa)又称葱头、圆葱、玉葱等,是百合科葱属的二年生草本植物,其鳞茎粗大,形状近似于球形。洋葱中存在着各种抗菌成分^[1],其中有有机硫化物是主要抑菌成分,同时也是洋葱气味的主要来源,它会与和氨基酸中的巯基反应,阻止它们形成微生物生长所需要的蛋白质,从而抑制了微生物的繁殖和生长;蒜素通过与巯基类化合物之间的反应,使得羟基类化合物无法与蛋白结合,从而抑制了微生物的繁殖^[2]。将洋葱中天然的抗菌物质直接制作抗菌

材料,这样既符合环保包装所追求的理念,也可以降低生产成本。由此可见,洋葱材料的应用具有较好的发展前景^[3]。

采用纸包装材料与聚乙烯醇(poly vinyl alcohol, PVA)作为基本材料,既符合环保的理念,又能较好地呈现出洋葱抑菌基质的抑菌效果。纸包装材料具有成本低廉、资源丰富、可回收再利用、易降解等特点,是发展前景广阔的绿色包装材料^[4]。

聚乙烯醇是一种无腐蚀性、无毒害、环境友好的亲水性高分子材料,具有一定的机械强度和稳定的化

收稿日期:2019-11-28

基金项目:国家重点研发计划基金资助项目(2018YFD0400701),上海市科学技术委员会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)

作者简介:王广林(1996-),男,山东滨州人,上海海洋大学硕士生,主要研究方向为食品包装,
E-mail:1458365758@qq.com

通信作者:杨福馨(1958-),男,贵州天柱人,上海海洋大学教授,博士,主要从事包装工程理论与技术方面的研究,
E-mail:fxyang@shou.edu.cn

学性质^[5]。聚乙烯醇可以由非石油路线大规模生产,价格极为便宜,这使得其成为了食品包装中最具应用前景的材料^[6]。

馒头营养丰富、含水量高,在贮存期间极易受微生物感染而引起品质劣变,保存期仅为1~2 d,货架期极短,这大大影响了产品商业化,并且霉变腐败会造成极大浪费^[7]。因此,对馒头的防霉保鲜研究具有重要意义。

在包装纸的研究中,缺少对馒头具有抑菌防霉作用包装纸的研究。因此,本研究以洋葱基质作为主要抗菌成分,与质量分数为12%的聚乙烯醇相混合,制得洋葱基质母液;采用表面涂敷法将洋葱基质母液涂布到牛皮纸上,干燥后制成抑菌包装纸;并研究抑菌包装纸的物理性能和抑菌效果。

2 实验

2.1 实验材料与仪器

紫皮洋葱,购买于上海市闵行区开发江川路美惠全超市;馒头,实验当天购于上海海洋大学二食堂;聚乙烯醇,聚合度1799,上海精析化工科技有限公司;双向拉伸聚丙烯薄膜,瑞安市凯博包装器材有限公司;牛皮纸,克重为80 g/m²,蚌埠天成包装科技股份有限公司。

电子天平,2002型,杭州友恒称重设备有限公司生产;环带式自动充气封口包装机,DZ47-63型,广州宝川包装机械有限公司;螺旋测微仪,美特斯制造(天津)有限公司;榨汁机,MJ-LZEasy101型,广东美的生活电器制造有限公司;质构仪,TMS-PRO型,美国FTC公司;电脑测控抗张实验机,DCP-K2300型,四川成都名驰仪器有限责任公司;水蒸气透过率测试仪,Permatran-W1/50型,美国膜康有限公司;气体渗透测试仪,G2/123型,济南兰光机电技术有限公司。

2.2 实验方法

1) 实验材料前处理

将洋葱去皮至洋葱新鲜部分,用蒸馏水洗净后晾干,再切成宽度合适的条状放置在阴凉干燥处备用。将购买的馒头用工具刀切割成大小大致相同的小块,并放置在阴凉干燥处备用。

2) 聚乙烯醇溶液的制备

准确称取5 kg聚乙烯醇颗粒,用蒸馏水洗净后置于恒温鼓风干燥箱中,60℃下干燥10 h;将干燥

后的聚乙烯醇颗粒倒入反应釜中,向反应釜中加入36 L蒸馏水恒温溶胀2 h,反应釜转速为40 r/min、温度为65℃;再加入2.5 kg甘油作增塑剂,在95℃恒温条件下连续搅拌4.5 h使聚乙烯醇颗粒完全融化;最后在-0.1 MPa下脱气30 min,即制得质量分数为12%的聚乙烯醇溶液^[8]。

3) 洋葱基质母液的制备

量取160 mL蒸馏水,并与已切成条状的洋葱倒入榨汁机中榨汁;静置30 min后用漏斗与滤纸过滤得到洋葱汁;量取100 mL质量分数为12%的聚乙烯醇溶液倒入洋葱汁中,并用玻璃棒搅拌使之均匀混合,得到洋葱抑菌基质母液。

4) 内包装材料的制备

将牛皮纸裁剪成30 cm×40 cm的大小,将洋葱抑菌基质母液或质量分数为12%聚乙烯醇溶液,按表1所示的方法涂布到牛皮纸上,在60℃烘箱中干燥50 min,制备出几种内包装纸纸样。

表1 实验用内包装纸

Table 1 Inner packaging paper for experiment

纸样编号	制 备 方 式
1	用表面涂敷法将30 mL质量分数为12%的聚乙烯醇溶液涂布到无菌牛皮纸上
2	用表面涂敷法涂布1次30 mL洋葱基质母液到无菌牛皮纸上
3	用表面涂敷法涂布2次洋葱基质母液到无菌牛皮纸上,每次30 mL
4	用表面涂敷法涂布3次洋葱基质母液到无菌牛皮纸上,每次30 mL

选取双向拉伸聚丙烯(biaxially oriented polypropylene, BOPP)薄膜,按照一定的规格裁剪后作为本次实验的外包装材料。

5) 试样的包装与编号

用以上制备的内包装纸和外包装纸,对馒头试样进行包装,并用封口机封合密封。密封后的试样编号与内包装纸的编号对应,即试样1(内包装纸1)、试样2(内包装纸2)、试样3(内包装纸3)、试样4(内包装纸4)。

6) 数据测定

将4组试样放于同一环境(室内、常温)下保存,每隔一段固定时间观察试样的变化,并测定馒头的霉变等级、比容、硬度、菌落总数;同时测定抑菌包装纸纸样的拉伸强度、水蒸气透过系数及其氧气透过量,并与测定的牛皮纸相关数据进行对比。

2.3 检测方法

1) 霉变等级评定

将4组试样每隔1 d在特定的时间区间(20:00~21:00)内,通过直接观察、拍照和数据统计的方式,来评定试样的霉变等级。霉变等级以及划分标准如表2所示。

表2 试样霉变等级及其划分标准

霉变等级	等级标准
一	有微小霉菌斑点出现
二	局部区域有霉菌,面积不超过整个试样的5%
三	局部长霉现象发展变大,面积不超过整个试样的25%
四	局部或整体出现严重长霉现象,面积占整个试样的25%以上

2) 比容测定

参照GB/T 21118—2007《小麦粉馒头》^[9]的方法测定试样的比容,其中馒头的体积用小米置换法测定,馒头的质量用电子天平称量。馒头的体积与质量之比即为试样的比容 C 。

$$C = \frac{V}{m},$$

式中: V 为馒头的体积,mL; m 为馒头的质量,g。

3) 硬度测定

采用质构仪测定试样的硬度,每5 d测一次。测试时,将馒头切成15 mm的薄片,压缩比例为50%。

4) 菌落总数测定

参照GB4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》^[10],按一定时间间隔,采用平板计数法测定试样中的菌落总数。

5) 拉伸强度测定

采用电脑测控抗张实验机测定包装纸样的拉伸强度。将包装纸裁剪成15 mm宽的长条状,垂直夹在实验机上,设置夹距为40 cm、拉伸速度为100 mm/min,每个纸样测6次(横向纵向各3次),结果取平均值,并按下式计算其拉伸强度。

$$T_s = \frac{F}{S},$$

式中: T_s 为拉伸强度,MPa;

F 为纸样断裂时所承受的最大张力,N;

S 为纸样横截面积,m²。

6) 水蒸气透过系数测定

采用水蒸气透过率测试仪测定包装纸的水蒸气透过系数,每个纸样测试5次取平均值。

7) 氧气透过量测定

参照GB/T 1038—2000《塑料薄膜和薄片气体透过性试验方法 压差法》^[11],采用气体渗透测试仪测试包装纸的氧气透过量。实验温度为25℃,每个纸样测5次,结果取平均值。

3 包装纸的抑菌性能

3.1 试样的霉变

为了探究不同包装纸对馒头试样保存期限的影响,用4种包装纸分别包装大小相同的馒头试样,观察馒头试样霉菌菌落生长情况,并作出霉变等级变化的分析。馒头试样达到各等级所需的时间如表3所示。

表3 试样霉变等级变化时间表
Table 3 Chart of mold grade change

试样编号	霉变时间/d			
	一级	二级	三级	四级
1	6	10	11	13
2	8	11	13	14
3	12	14	15	16
4	14	16	17	18

由表3可知,试样1~4开始发霉的时间分别为6, 8, 12, 14 d,即随着内包装纸中洋葱基质含量的增加,试样的保存期限呈上升趋势。洋葱基质含量最高的内包装纸中的试样4,比不含洋葱基质的内包装纸中的试样1的保存期限延长了133%。由此可见,以洋葱作为基质的抑菌包装纸具有延长产品货架期的作用。

3.2 试样的比容

试样在保存期间其比容的变化情况如图1所示。

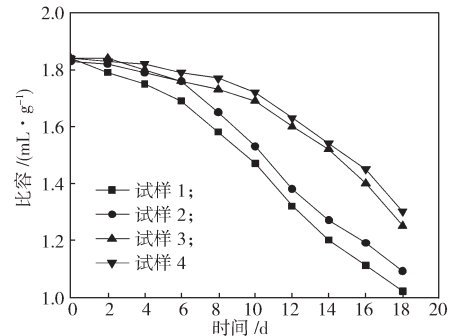


图1 馒头试样的比容随时间的变化曲线
Fig. 1 Curve of specific volume of steamed bread sample over time

由图1可知,涂有洋葱基质的抑菌纸包装能减慢馒头试样比容的降低速度,延长馒头开始发霉的时间,从而延长馒头的货架期。随着洋葱基质含量的增加,馒头比容降低速度逐渐减慢,其中试样3较试样

2变化最大。可能原因是馒头在保存期间,由于洋葱基质抑菌纸的抑菌效果,使馒头中微生物的生长减缓,减少了馒头中水分和营养物质的流失,从而使得馒头的比容降低速度减慢。

3.3 试样的硬度

试样在保存期间其硬度的变化情况如图2所示。由图2可知,随着试样保存时间的延长,其硬度逐渐变大。其中试样1的硬度变化最快,可能是由于微生物生长、繁殖吸收了馒头中的水分,导致馒头变硬。试样2相比较于试样1馒头硬度变化明显减慢,可能是因为馒头中微生物的生长缓慢所致。试样3和试样4相较于试样2变化的差别不太明显。这表明,抑菌包装纸使馒头试样中微生物的生长减慢,微生物对水分的利用减少,从而使馒头硬度的变化减慢;但随着洋葱抑菌基质的增加,包装纸抑菌效果的变化越小。

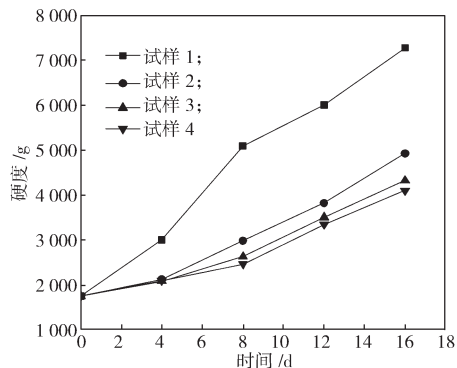


图2 馒头试样的硬度随时间的变化曲线

Fig. 2 Curve of hardness of steamed bread sample over time

3.4 试样的菌落总数

试样在保存期间其菌落总数的变化情况见图3。

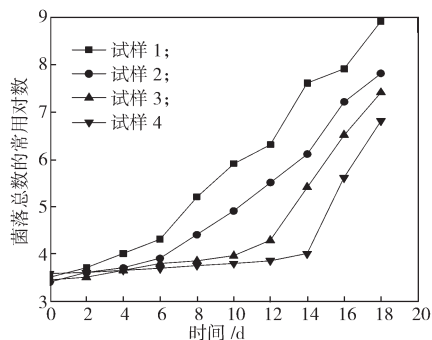


图3 馒头试样的菌落总数随时间的变化曲线

Fig. 3 Curve of total number of colonies in steamed bread samples over time

由图3可知,随着时间的延长,4种试样中的菌落总数都在逐渐增加。其中试样1的菌落总数增加最

快,试样4在保存前期菌落总数增加缓慢;整体来说,随着包装纸中洋葱基质含量的增加,试样中菌落总数的增长逐渐减慢。这表明洋葱基质对霉菌的生长具有抑制作用,并且随着洋葱基质含量的增加,其抑制效果逐渐增强。

3.5 抑菌包装纸的抗菌效果

微生物是导致食品发生腐败变质的主要因素,在食品贮藏过程中,微生物往往会利用食品中所含有的水分、糖分、维生素、氨基酸等营养物质进行生长繁殖,从而加速食品的腐败变质。通过比较不同纸样包装的馒头试样在同一条件下微生物生长繁殖的情况,用以验证洋葱基质不同含量的包装纸,对包装产品中微生物生长繁殖的抑制效果。图4是4种试样保存至第14 d时的霉变情况,图5~6分别是试样3和试样4的霉变变化情况。



c) 试样3 d) 试样4

图4 第14 d时馒头试样的霉变情况

Fig. 4 The mold of the steamed bread sample on the 14th day

根据图4中试样的霉变情况,可以看出洋葱基质对微生物的生长有明显的抑制作用,且随着洋葱基质含量的增加,抑制作用越显著。这可能是由于纸样中单位面积内的抑菌物质增多,使其对细菌的生长、繁殖的抑制作用增强。

从图5和图6可以看出,试样3和试样4霉变变化趋势十分相近;同时由表3可知,试样4比试样3的保存时间仅仅延长2 d。这表明,洋葱基质含量达到一定程度后,含量再继续增加,其抑菌效果提

高不显著,这是由于当试样中单位体积内的抑菌物质达到一定程度时,再继续增加洋葱基质含量不再能显著提高其抑菌效果^[12]。

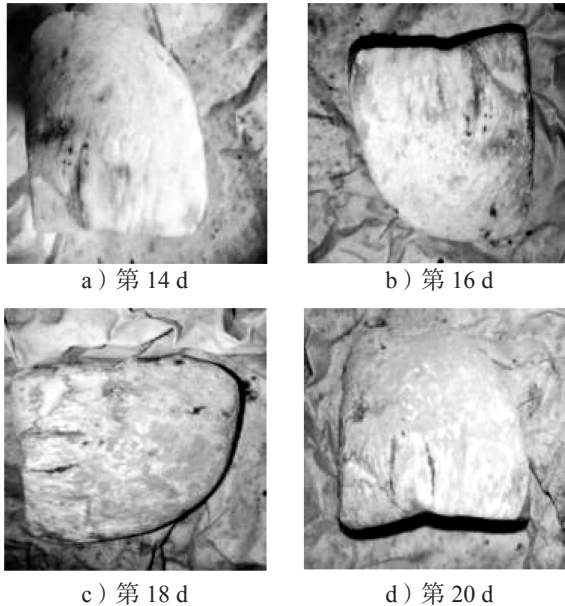


图 5 试样 3 的霉变变化情况

Fig. 5 Change of mildew of sample 3

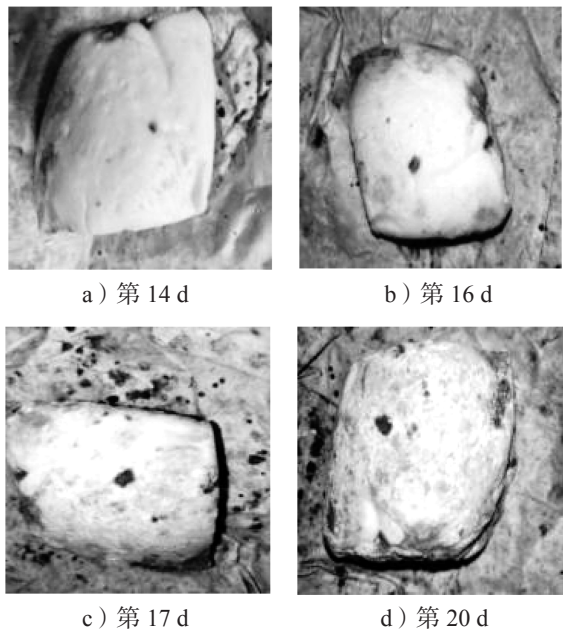


图 6 试样 4 的霉变变化情况

Fig. 6 Change of mildew of sample 4

4 包装纸的物理性能

4.1 拉伸强度

牛皮纸在包装领域中具有非常重要的应用价值。但未经施胶的牛皮纸机械性能较差,很难满足包装用

纸的要求,施胶后牛皮纸的机械性能将得到很大的提高^[13]。拉伸强度是材料抵抗最大形变的能力,能够反映材料的韧性。4种包装试纸的厚度和拉伸强度分别如表 4 和图 7 所示。

表 4 包装纸样的厚度

Table 4 Thickness of packaging paper

纸样编号	1	2	3	4
厚度/mm	0.097	0.100	0.126	0.147

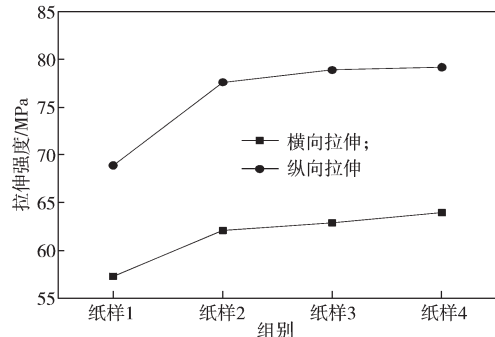


图 7 包装纸样的的拉伸强度比较

Fig. 7 Tensile strength of the packaging paper

由图 7 可知:包装纸的纵向拉伸强度大于横向,这是因为牛皮纸的纤维排列方向为纵向,纵向拉伸时需要撕裂纤维的力,而横向拉伸时只需要破坏纸纤维之间的连接力。随着洋葱基质涂布次数增加,包装纸越厚,其拉伸强度也越大,这是因为聚乙烯醇与牛皮纸纤维之间的黏结力也影响包装纸的拉伸强度,涂布次数越多拉伸强度越大。

4.2 水蒸气透过系数和氧气透过量

水蒸气透过系数和氧气透过量是检验包装抑菌防霉效果的两个重要指标。因为食品包装中的水分和氧气都是微生物生长或者食品氧化的重要物质,较低的水蒸气透过系数和氧气透过量是包装纸达到抑菌防霉效果的前提。牛皮纸(纸样编号 0)和 4 种抑菌纸样的水蒸气透过系数和氧气透过量如表 5 所示。

表 5 纸样的水蒸气透过系数和氧气透过量

Table 5 Water vapor permeability coefficient and oxygen permeability of the sample paper

纸样编号	水蒸气透过系数 / (10^{-8} g/(m·s·MPa))	氧气透过量 / ($\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{MPa})$)
0	3.586	9 793.501
1	3.376	9 164.535
2	3.295	9 295.168
3	3.225	9 095.821
4	3.356	9 145.453

由表 5 可知,纸样 2~4 与纸样 1 的水蒸气透过系数和氧气透过量差别都不大;但纸样 1~4 的水蒸

气透过系数和氧气透过量相较于纸样 0 明显降低,可能是由于聚乙烯醇溶液填补了牛皮纸纤维之间的空隙所致。

5 结语

综合上所述,由牛皮纸作为基体与洋葱基质母液作为抑菌材料的抑菌包装纸,对馒头具有抑制微生物生长和繁殖的作用,并且随着洋葱基质含量的增加,抑菌效果也会逐渐增强。其中第 4 组试样所表现出的抑菌效果最好:实验结束时霉菌菌斑最少,贮藏期限相较于试样 1 延长了大约 133%。可能原因是随着纸样单位面积内的抑菌物质的增多,使得被包装的馒头试样中细菌的生长和繁殖受到的抑制作用逐渐增强,但这种增强具有饱和性,当达到一定程度时,洋葱基质对产品的抗菌效果会趋于稳定。

对包装纸纸样的拉伸强度、水蒸气透过系数以及氧气透过量的测定结果表明,洋葱基质抑菌包装纸较牛皮纸阻隔性增强。比较纸样 1~4 可知,随着涂布次数的增加,纸样拉伸强度逐渐增强,但水蒸气透过系数和氧气透过量没有发生明显变化。

参考文献:

- [1] 刘亚兰,段梦洁,林晓珊,等.聚乙烯醇降解细菌筛选及其降解特性[J].生物技术通报,2019(6):91-98.
LIU Yalan, DUAN Mengjie, LIN Xiaoshan, et al. Identification and Characterization of Bacteria Degrading Polyvinyl Alcohol[J]. Biotechnology Bulletin, 2019(6): 91-98.
- [2] 杨春芳,左文明,孙汉青,等.洋葱的化学成分及药理作用研究综述[J].青海草业,2018,27(3):55-59.
YANG Chunfang, ZUO Wenming, SUN Hanqing, et al. Research Advancement of Onion's Chemical Ingredient and Pharmaceutical Action[J]. Qinghai Prataculture, 2018, 27(3): 55-59.
- [3] 刘俊新.生姜提取物和洋葱槲皮素结合对哈尔滨风干肠抑菌保鲜作用的研究[J].中国食品添加剂,2018(9):178-182.
LIU Junxin. Study on Antibacterial Effects of Ginger Extracts and Onion Quercetin on Air-Dried Sausage in Harbin[J]. China Food Additives, 2018(9): 178-182.
- [4] 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.
YANG Liying. Preparation of Antioxidant and Antimicrobial Food Packaging Paper with High Barrier[D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2015.
- [5] 陈基玉,杨福馨,魏丽娟,等.聚乙烯醇改性无纺布抗菌复合膜的制备及其性能研究[J].食品与机械,2016,32(12):124-127.
CHEN Jiyu, YANG Fuxin, WEI Lijuan, et al. Preparation and Properties of Polyvinyl Alcohol Modified Non Woven Fabric Antibacterial Composite Membrane[J]. Food and Machinery, 2016, 32(12): 124-127.
- [6] 李璐.PVA基活性包装材料的改性制备及应用[D].金华:浙江师范大学,2019.
LI Lu. Modified Preparation and Application of PVA-Based Active Packing Materials[D]. Jinhua: Zhejiang Normal University, 2019.
- [7] 胡云峰,于淑艳,李秀娟,等.馒头的天然防霉技术研究[J].中国食品添加剂,2013(增刊1):127-130.
HU Yunfeng, YU Shuyan, LI Xiujian, et al. Research on Natural Mouldproof to Steamed Bread[J]. China Food Additives, 2013(S1): 127-130.
- [8] 汪志强,杨福馨,陈晨伟.涂布抑菌防霉包装纸及其性能研究[J].食品与机械,2019,35(7):139-142,167.
WANG Zhiqiang, YANG Fuxin, CHEN Chenwei. Study on Coated Antibacterial and Mildew Proof Packaging Paper and Its Properties[J]. Food and Machinery, 2019, 35(7): 139-142, 167.
- [9] 中华人民共和国质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.小麦粉馒头:GB/T 21118—2007[S].北京:中国标准出版社,2007:54-56.
General Administration of Quality Supervision and Inspection of the People's Republic of China, China National Standardization Management Committee. Chinese Steamed Bread Made of Wheat Flour: GB/T 21118—2007[S]. Beijing: China Standards Press, 2007: 54-56.
- [10] 中华人民共和国卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定:GB 4789.2—2016[S].北京:中国标准出版社,2016:2-13.
National Health and Family Planning Commission of PRC. National Food Safety Standard, Microbiological Examination, Aerobic Plate Count Determination: GB 4789.2—2016[S]. Beijing: China Standards Press, 2016: 2-13.
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.塑料薄膜和薄片气体透过性试验方法 压差法:GB/T 1038—2000[S].北京:中国标准出版社,2000:6-9.
General Administration of Quality Supervision, Inspection

- and Quarantine of the People's Republic of China. *Plastics Film and Sheeting Determination of Gas Transmission Differential Pressure Method: GB/T 1038—2000*[S]. Beijing: China Standards Press, 2000: 6–9.
- [12] 栾金水. 蔬菜中的玫瑰: 洋葱 [J]. *上海蔬菜*, 2002(5): 50.
- LUAN Jinshui. Rose Onion in Vegetables[J]. *Shanghai Vegetables*, 2002(5): 50.
- [13] 张荣荣. 施胶成分对牛皮纸机械性能影响的研究 [J]. *印刷杂志*, 2017(11): 51–54.
- ZHANG Rongrong. Study on the Effect of Sizing Composition on the Mechanical Properties of Kraft Paper[J]. *Printing Field*, 2017(11): 51–54.

(责任编辑: 邓光辉)

Preparation and Properties of Onion Antibacterial Substrate Antibacterial Packaging Paper

WANG Guanglin, YANG Fuxin, CHAI Li, WANG Jinyang

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

Abstract: Aiming at the problem that the steamed buns are prone to mildew during storage, polyvinyl alcohol (PVA) was used as the resin matrix, and the onion matrix mother liquor was prepared by using onion juice as the main antibacterial matrix, then coated on kraft paper to make antibacterial packaging. By observing the moldy condition of the steamed buns, the antibacterial effects of the onion matrix on the steamed buns were judged. The effects of antibacterial solution on the tensile strength, water vapor transmission coefficient, and oxygen permeability of bacteriostatic paper were studied experimentally. The results showed that under the same conditions, the beginning of mildew of samples with the onion-based bacteriostatic packaging paper was later than that of the blank samples. With increase in the mass fraction of the onion substrate, the antibacterial effect showed an upward trend. After the mass fraction of the substrate reached a certain level, the antibacterial effect tended to be saturated with the increase in the mass fraction of the onion substrate. The water vapor transmission coefficient and oxygen permeability of the coated packaging paper were improved compared to those of the kraft paper, and the tensile strength was enhanced.

Keywords: onion substrate; packaging paper; antibacterial effect; poly vinyl alcohol