

物流保鲜

厚朴提取物抗菌包装纸对奶酪货架寿命的影响

刘光发, 张正健, 杨立颖, 王建清
(天津科技大学, 天津 300222)

摘要: **目的** 以厚朴提取物为抑菌成分研制抗菌包装纸, 并研究其对奶酪保鲜效果的影响。**方法** 采用超声辅助提取法提取厚朴中的抑菌成分, 利用高效液相色谱仪对其进行定性分析, 并通过福林酚比色法测试总酚含量。采用涂布和浸渍这 2 种方法分别制备涂布抗菌纸和浸渍抗菌纸, 并对其物理性能进行测试, 将 2 种抗菌包装纸应用于奶酪保鲜, 测试其感官品质、菌落总数和过氧化值。**结果** 厚朴提取物中含有厚朴酚、和厚朴酚, 总酚含量为 47.4 mg/g。涂布抗菌纸的平滑度、定量、抗张强度、撕裂度均优于原纸, 仅吸水性出现降低现象。与原纸相比, 浸渍抗菌纸和涂布抗菌纸对于保持奶酪的感官品质以及抑制其菌落总数和过氧化值的上升具有明显作用 ($P < 0.05$), 其中质量分数为 10% 的厚朴提取物涂布抗菌纸对奶酪保鲜效果最优, 与原纸相比可延长其货架寿命约 14 d。**结论** 厚朴提取物涂布抗菌纸对奶酪具有较好的保鲜效果, 可以明显延长其货架寿命。

关键词: 厚朴提取物; 抗菌纸; 奶酪; 货架寿命

中图分类号: TB484.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2018)05-0052-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.05.011

Effect of Antimicrobial Packaging Paper Based on Magnolia Extract on Shelf Life of Cheese

LIU Guang-fa, ZHANG Zheng-jian, YANG Li-ying, WANG Jian-qing
(Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

ABSTRACT: The work aims to prepare the antimicrobial packaging paper with magnolia extract as the antimicrobial constituents, and study its influence on the fresh-keeping effect of cheese. The antimicrobial constituents of magnolia were extracted by ultrasonic-assisted extraction, their qualitative analysis was done by high performance liquid chromatography (HPLC), and the total phenolic content was tested by the folin-ciocalteu colorimetric method. The coating antimicrobial paper and dipping antimicrobial paper were prepared by the methods of coating and dipping respectively, and their physical properties were tested. The 2 kinds of antimicrobial packaging papers were applied in cheese preservation. Its sensory quality, the total number of bacterial colonies and the peroxide value were tested. The results showed that, the magnolia extract contained magnolia and honokiol, and the total phenolic content was 47.4 mg/g. The smoothness, quantitation, tensile strength and tearing resistance of coating antimicrobial paper were superior to the base paper, while its water absorption was less than base paper. The coating antimicrobial paper and dipping antimicrobial paper had significant effect on maintaining the sensory quality of the cheese and delaying the increase of the total number of bacterial colonies and the peroxide value ($P < 0.05$) compared with the base paper, in particular, the cheese packaged with the coating antimicrobial paper containing magnolia extract of 10% mass fraction presented the best fresh-keeping effect, and its shelf life was prolonged for about 14 days compared with the base paper. In conclusion, the coating antimicrobial paper based on magnolia extract has a good fresh-keeping effect on cheese, which can significantly extend its shelf life.

KEY WORDS: magnolia extract; antimicrobial paper; cheese; shelf life

收稿日期: 2017-10-24

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划 (2015BAD16B05)

作者简介: 刘光发 (1986—), 男, 天津科技大学实验师, 主要研究方向为包装新材料与技术。

为控制食品的腐烂,很多情况下需要使用一些化学防腐剂,但是随着人们对食品安全重视程度的增加,化学防腐剂可能对人体带来的一些不利影响(致癌致畸^[1]等)越来越受到人们的关注,因此开发基于天然植物防腐剂的包装材料将是食品防腐保鲜技术发展的方向之一。厚朴为木兰科、木兰属植物,主要分布在我国四川、浙江等地。厚朴中含有厚朴酚、和厚朴酚等酚类物质,厚朴提取物具有较好的抗微生物、抗氧化、抗肿瘤^[2-3]等功效。

由于纸张具有可降解性、成本低、对人体相对安全等优势,抗菌纸可作为一种较理想的抗菌包装材料。近年来,国内外对抗菌纸进行了一些研究,如印度的 Prasad 制备的纳米 ZnO 涂布纸表现出优异的抗真菌性能^[4],西班牙的 Echegoyen 研制了一种基于肉桂精油的保鲜纸,可以提升蘑菇贮藏期间的品质^[5],我国也有相关科研工作者采用银系和纳米二氧化钛等抑菌剂制备了抗菌纸^[6]。目前,我国市场上还未见成熟的食品用抗菌包装纸,因此研发可广泛应用于食品防腐保鲜的抗菌包装纸对于延长食品货架寿命和规避食品防腐剂对人体健康的不利影响等问题具有重要的意义。文中从厚朴中提取抑菌成分,采用阔叶木和针叶木混合浆进行抄纸,利用涂布和浸渍这 2 种方法制备抗菌包装纸,并以奶酪为应用研究对象,探索其对奶酪感官品质、菌落总数、过氧化值等指标的影响,为天然植物抑菌成分抗菌纸的开发提供新的探索。

1 实验

1.1 材料与仪器

主要材料:厚朴(厚朴树皮,含水率约为 8.12%),安徽亳州壹乐堂农产品销售有限公司;NA 琼脂,北京奥博星生物技术公司;和厚朴酚标准品(纯度≥98%),厚朴酚标准品(纯度≥98%),上海金穗生物科技有限公司;甲醇(色谱纯),磷酸(色谱纯),福林酚(分析纯),没食子酸(分析纯),天津市江天化工技术公司。主要仪器:高效液相色谱(HPLC),LC-10ATVP,日本岛津公司;全自动菌落计数系统,HICC-V,杭州万深检测科技有限公司;动态纸页成型机,ZCX-159A200A,纸业压榨机,TD11-H,纸业干燥器,D17-300,深圳冠亚电子科技有限公司;超洁净工作台,VD-650,苏州净化设备有限公司;旋转蒸发仪,RE-52A,上海亚荣生化仪器厂;高速离心机,H-1650,湖南长沙湘仪仪器有限公司;数控超声波清洗器,KH-600DB,昆山禾创超声仪器公司。

1.2 方法

1.2.1 厚朴提取物的制备

通过超声辅助法提取厚朴中的抑菌成分,参考龙

晓蕾^[7]的方法并进行适当修改。取 10 g 粉碎为 40 目的厚朴粉末装入 250 mL 的三角瓶中,加入 100 mL 体积分数为 90%的乙醇水溶液。随后将该三角瓶放入超声波清洗器中,设置超声温度为 65 °C,超声时间为 40 min,经超声处理后的溶液以 3500 r/min 离心 10 min,取上层液体进行抽滤。最后采用旋转蒸发仪将滤液浓缩至 10 mL,得到浸膏状的厚朴提取物。

1.2.2 厚朴提取物的成分分析

采用 HPLC 分析厚朴提取物的成分,将甲醇、和厚朴酚、厚朴酚的标准品依次进行 HPLC 进样,通过对比出峰时间确认厚朴提取物中含有厚朴酚及和厚朴酚。色谱条件如下:选用 C18 色谱柱,柱温设置为 35 °C;采用的流动相为甲醇-水-磷酸溶液(流动相各成分体积比为 66:34:0.05),流速为 1.0 mL/min;选用紫外检测器,在 294 nm 波长条件下进行检测,取 20 μL 进样。参照李巨秀^[8]的方法采用福林酚比色法测试厚朴提取物中的总酚含量,实验测得吸光度与没食子酸浓度的标准曲线,将采用福林酚比色法测出的厚朴提取物在 765 nm 下的吸光度值代入标准曲线,结合稀释浓度即可计算出厚朴提取物中的总酚含量。

1.2.3 抗菌纸的制备

1.2.3.1 包装原纸的抄造

参考张明志^[9]的方法并进行适当修改来抄造原纸。首先称取 360 g 浆板(包括针叶木和阔叶木浆板),经破碎后在蒸馏水中浸泡 8 h,然后用打浆机对其打浆,打浆度分别为 83.5°SR(阔叶木)和 90.5°SR(针叶木)。采用质量比为 2:3 的针叶木浆和阔叶木浆进行抄纸,等待纸浆完全疏解后,添加 15 g 质量分数为 0.10%的聚丙烯酰胺(PAM),1.69 g 质量分数为 8.86%的聚酰胺环氧氯丙烷树脂(PAE),采用蒸馏水稀释定容至 1 L,随后抄造纸页。

1.2.3.2 抗菌包装纸的制备

1)涂布抗菌纸。将 400 mL 蒸馏水(装在 1 L 烧杯中)放于 90 °C 的恒温水浴锅中,取 100 g 粉末状聚乙烯醇缓慢加入上述蒸馏水中,搅拌至完全溶解,随后按照比例加入厚朴提取物(使厚朴提取物在涂布液中的质量分数分别为 1%,2%,4%,8%,10%),搅拌至均匀。采用涂布刀将涂布液均匀涂布在抄造的包装原纸表面,自然风干,制得涂布抗菌纸。

2)浸渍抗菌纸。将厚朴提取物溶解在蒸馏水中,使厚朴提取物在溶解液中的质量分数分别为 1%,2%,4%,8%,10%,将包装原纸在该溶液中浸渍 1 min,随后自然风干。由于涂布抗菌纸使用了聚乙烯醇,为了与之对比,采用涂布抗菌纸中溶解聚乙烯醇的方法制备出质地均匀的聚乙烯醇溶液,然后给浸渍

后的纸张补充涂覆一层厚度约为 20 μm 的聚乙烯醇, 自然风干后得到浸渍抗菌纸。

1.2.4 抗菌包装纸物理性能测试

抗菌纸的平滑度、撕裂度、吸水性分别参照 GB/T 456—2002^[10], GB/T 455—2002^[11], GB/T 1540—2002^[12]进行测试, 抗张强度按照 GB/T 12914—2008^[13]中的恒速加荷法进行测试。

1.2.5 奶酪保鲜处理方法

在无菌操作台中将奶酪切成若干份, 每份质量约为 17 g, 分别采用原纸、涂布抗菌纸、浸渍抗菌纸(尺寸均为 105 mm×148 mm) 将其完全包裹, 贮藏在冷藏箱中(温度为 7 $^{\circ}\text{C}$, 相对湿度为 61%)。在第 1, 3, 6, 10, 16, 22, 30 天时分别对奶酪进行感官评价, 并对其菌落总数和过氧化值进行测试, 综合评价 3 种包装纸对奶酪货架寿命及品质的影响。

1.2.6 奶酪保鲜指标测试

1) 感官品质评价。参考 Mastromatteo^[14]的方法并进行适当修改, 挑选经过培训的 7 名研究生从颜色、气味、质地和硬度等方面对奶酪进行综合感官评价, 采用 7 分制进行评判, 7 分为满分(感官非常好), 随着感官品质的降低, 其分值逐渐降低, 4 分为感官可接受的最低分值, 1 分表示奶酪品质差(感官非常差)。

2) 奶酪菌落总数的测定。奶酪中菌落总数的测定按照 GB 4789.2—2010^[15]的方法进行。

3) 奶酪过氧化值的测定。奶酪中过氧化值的测

定参照 GB 5009.227—2016^[16]中的滴定法进行。

1.2.7 统计分析

使用 Excel 2007 作图, 采用 SPSS 24 进行显著性分析, 当 $P < 0.05$ 时存在显著性差异。

2 结果与讨论

2.1 厚朴提取物的成分分析

厚朴提取物主要成分有和厚朴酚、厚朴酚^[17], 它具有较强的抑菌和抗氧化性能。通过对比 HPLC 出峰时间, 确认厚朴提取物中含有厚朴酚及和厚朴酚。实验测得吸光度与没食子酸质量浓度($\mu\text{g}/\text{mL}$)的标准曲线为: 吸光度值=0.012×没食子酸质量浓度+0.098, 可计算出厚朴提取物中总酚含量为 47.4 mg/g。龙晓蕾测试出厚朴提取物中含有和厚朴酚、厚朴酚, 其总酚含量为 33.71 mg/g^[7], 与文中实验的结果相近, 但仍存在差异, 这主要是因为种源、树龄和产地对厚朴的品质有影响^[18]。

2.2 包装原纸与抗菌纸性能对比

由于抑菌预实验发现当厚朴提取物质量分数为 10%时, 涂布抗菌纸和浸渍抗菌纸对大肠杆菌等细菌具有较好的抑菌效果, 所以这里仅研究当厚朴提取物质量分数为 10%时 2 种抗菌纸的物理性能及其对奶酪的保鲜应用效果。为了评价抗菌纸的物理性能, 对包装原纸和 2 种抗菌纸的物理性能(如定量、平滑度、撕裂度、抗张强度、吸水性)进行测试, 结果见表 1。

表 1 原纸及抗菌纸物理性能
Tab.1 Physical properties of base paper and antimicrobial paper

纸张性能	定量/($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	平滑度/s	抗张强度/($\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$)		撕裂度/mN		Cobb ₆₀ 值/($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)
			纵向	横向	纵向	横向	
原纸	56.60	7.40	5.11	4.01	447.33	589.33	35.67
浸渍抗菌纸	70.10	9.30	3.01	2.19	487.67	613.33	19.30
涂布抗菌纸	84.20	12.60	6.36	5.43	645.00	776.67	18.37

可知浸渍抗菌纸和涂布抗菌纸的定量明显高于原纸的定量(56.6 g/m^2), 其中涂布抗菌纸的定量最高, 为 84.2 g/m^2 , 这说明涂布抗菌纸中涂层的质量高于浸渍抗菌纸。当对原纸进行浸渍或涂布处理时, 纸张的平滑度出现了上升的趋势。采用可勃法在测试时间为 60 s 的条件下测得每平方米抗菌纸吸水的质量, 即 Cobb₆₀ 值出现了下降的现象, 这是因为经过浸渍或涂布处理后, 纸张表面的纤维空隙被抗菌层充填, 从而提高了平滑度、降低了吸水性, 更适于奶酪的包装。与包装原纸相比, 涂布抗菌纸的撕裂度和抗张强度均得到提升, 而浸渍抗菌纸的横纵向抗张强度低于原纸, 这是因为原纸中纤维间的氢键在浸渍于精油水溶

液的过程中受到了破坏, 导致浸渍抗菌纸抗张强度下降。综合比较, 涂布抗菌纸的平滑度、定量、抗张强度、撕裂度均优于包装原纸, 仅吸水性出现降低现象。

2.3 抗菌包装纸对奶酪贮存期间品质的影响

2.3.1 感官评价

3 种包装纸对奶酪感官评价的影响见图 1。奶酪初始颜色为白色, 呈乳香味, 柔软, 质地细腻、致密、均一。采用原纸包装奶酪的感官评价分值下降最迅速, 在第 16 天时感官品质的分数为 4.0(感官可接受的最低分值), 主要是因为颜色开始发生变化, 出现了微微泛黄的情况。随着贮藏时间的进一步延长, 奶

酪在第 22 天出现了酸味，颜色进一步泛黄，质地不再细腻，呈现沙粒感，感官品质进一步降低。采用涂布抗菌纸和浸渍抗菌纸包装奶酪的感官评价分值优于采用原纸包装的奶酪 ($P<0.05$)，在第 30 天时才出现轻微的酸味，其中经涂布抗菌纸包装的奶酪的酸味比浸渍抗菌纸包装的奶酪要清淡一些。活性包装材料可以提升奶酪的感官品质，这在以往的研究中也有报道，如 Di^[19]发现壳聚糖/乳清蛋白涂膜处理可以较好地维持奶酪的质地，对奶酪具有保鲜作用。

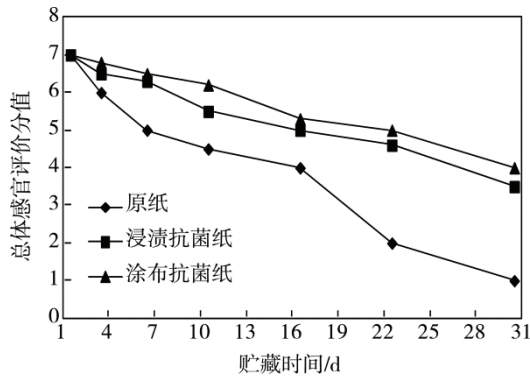


图 1 奶酪感官评价在贮藏期间的变化

Fig.1 Changes in sensory evaluation of cheese during storage

2.3.2 菌落总数

奶酪具有丰富的营养物质，因此会导致一些微生物的生长繁殖，在奶酪中常见的微生物有假单胞菌属、李斯特菌、枝孢菌、青霉菌、曲霉菌^[20-21]等。奶酪在贮藏期间菌落总数的变化见图 2，随着贮藏时间的增加，奶酪中微生物增多，菌落总数值增大。经原纸包装的奶酪的菌落总数上升速率最快，在第 1 天时菌落总数为 3.03 lg(CFU/g)，在 7 °C 条件下贮藏 22 d 后，菌落总数上升为 4.02 lg(CFU/g)，已经超过 GB 7099—2015^[22]的限值 4.0 lg(CFU/g)，在第 30 天菌落总数继续上升至 4.37 lg(CFU/g)。采用浸渍抗菌纸和涂布抗菌纸包装处理的奶酪菌落总数的上升速率低于原纸包装的奶酪，在第 30 天时菌落总数分别为 4.19 和 4.03 lg(CFU/g)。综合对比可知，涂布抗菌纸对于

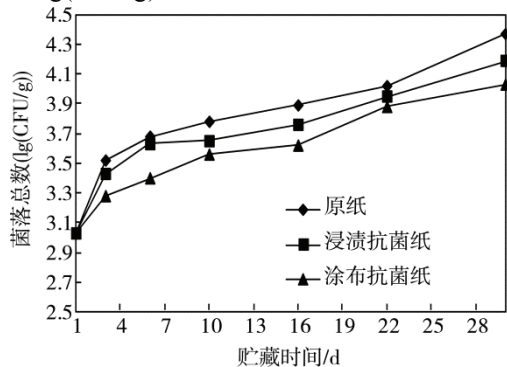


图 2 奶酪中菌落总数在贮藏期间的变化

Fig.2 Changes in the total number of bacterial colonies in cheese during storage

抑制奶酪在贮藏过程中菌落总数的增加显著优于原纸和浸渍抗菌纸 ($P<0.05$)。厚朴提取物抗菌包装纸能减缓奶酪在贮藏过程中菌落总数的上升，这主要是因为其主要成分厚朴酚具有明显的抗微生物作用^[23]，Youssef^[24]通过流延法利用壳聚糖、羧甲基纤维素和氧化锌纳米粒子制备了抗菌包装膜，将其用于奶酪保鲜时也发现了类似的现象，当纳米氧化锌的质量分数为 2%，4%，8%时，抗菌膜均可明显降低奶酪的菌落总数。Artiga-Artigas 发现含有牛至精油的可食性膜也可以降低奶酪的菌落总数^[25]，这说明抗菌包装材料可以抑制奶酪中微生物的繁殖。

2.3.3 过氧化值

由于奶酪中包含大量的脂肪酸，其中一些不饱和脂肪酸在贮藏过程中容易氧化，这就会导致奶酪的过氧化值发生变化。奶酪的过氧化值随时间的变化见图 3，可以看出，在贮藏初期，奶酪的过氧化值为 0.026 g/(100 g)，随着贮藏时间的增加，经 3 种包装纸包装的奶酪其过氧化值均出现不同程度的增长。原纸包装的奶酪过氧化值上升得最迅速，经过 30 d 的贮藏，其过氧化值增加为 0.083 g/(100 g)，而同期经浸渍抗菌纸和涂布抗菌纸包裹的奶酪过氧化值分别为 0.061 和 0.042 g/(100 g)，均明显低于原纸包装奶酪的过氧化值 ($P<0.05$)。这说明 2 种抗菌纸对于延缓奶酪过氧化值的上升均具有一定的效果，其中涂布抗菌纸的效果最佳。这是因为厚朴中的厚朴酚具有抗氧化作用，在以前的研究中已被证实^[26]。涂布抗菌纸的抗氧化效果略优于浸渍抗菌纸，这是因为涂布抗菌纸中抗菌涂层的使用量高于浸渍抗菌纸(涂布抗菌纸的定量大于浸渍抗菌纸)。

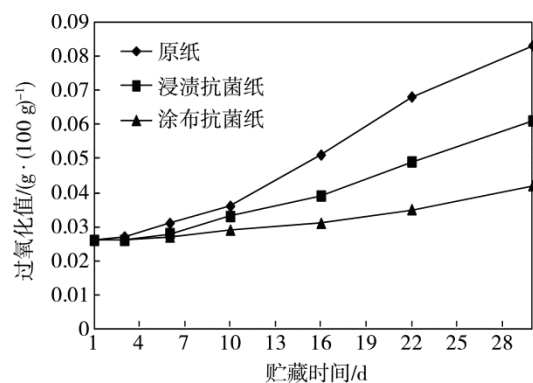


图 3 贮藏期间奶酪过氧化值的变化

Fig.3 Changes in the peroxide value of cheese during storage

2.3.4 货架寿命分析

参考 Mastromatteo^[14]的方法分析抗菌纸对奶酪货架寿命的影响，由于感官评价、微生物和脂肪氧化是影响糕点类食品货架寿命的主要因素，所以这里从感官评价、微生物和脂肪氧化方面分析抗菌包装纸对奶酪货架寿命的影响。

采用原纸、浸渍抗菌纸、涂布抗菌纸这3种材料包装奶酪的感官分值分别在第16、22和30天降低至4.0分左右。如果从消费者对奶酪的感官评价方面考虑,采用原纸、浸渍抗菌纸、涂布抗菌纸这3种材料包装奶酪的感官货架寿命分别为16、22和30 d。

采用原纸包装奶酪的菌落总数在第22天超过GB 7099—2015的限值,即 $4.0 \lg(\text{CFU/g})$,而涂布抗菌纸包装的奶酪菌落总数在第30天才达到该限值。如果以菌落总数为依据,采用涂布抗菌纸包装的奶酪基于菌落总数得出的货架寿命从对照组(原纸包装)的22 d提升至30 d。

通过对奶酪贮藏期间过氧化值的变化进行回归分析,可以得到奶酪脂肪氧化的回归方程。原纸包装奶酪的回归方程为 $P=0.0244e^{0.043t}$, $R^2=0.987$;浸渍抗菌纸的回归方程为 $P=0.0241e^{0.031t}$, $R^2=0.993$;涂布抗菌纸包装奶酪的回归方程为 $P=0.0247e^{0.017t}$, $R^2=0.978$ 。其中 P 为过氧化值, t 为贮藏时间。GB 7099—2015中关于过氧化值的限值为 0.25 g/(100 g) ,通过以上的过氧化值回归方程可以计算出采用原纸、浸渍抗菌纸、涂布抗菌纸包装奶酪的过氧化值达到该限值的时间分别为54、75、136 d。

综合比较,微生物先于过氧化值超出国标范围,而基于感官评价的货架寿命最短。虽然奶酪的微生物和过氧化值的指标符合国标要求,但奶酪的感官给消费者带来不好的感受时仍会失去其商品价值,因此综合考虑得出如下结论:原纸包装奶酪的货架寿命最短,为16 d;采用涂布抗菌纸包装的奶酪具有最长的货架寿命,为30 d。

3 结语

厚朴提取物的主要成分包括厚朴酚、和厚朴酚,总酚含量为 47.4 mg/g 。涂布抗菌纸的平滑度、定量、抗张强度、撕裂度均优于包装原纸,仅吸水性出现降低现象。奶酪的保鲜应用实验结果表明,浸渍抗菌纸和涂布抗菌纸对于保持奶酪的感官品质、延缓其菌落总数和过氧化值的上升均优于包装原纸,其中涂布抗菌纸的保鲜效果最明显,与包装原纸相比,涂布抗菌纸可提高奶酪货架寿命约14 d。

参考文献:

- [1] 黄巍,王建清,高康,等.丁香精油涂布纸箱对水蜜桃的保鲜效果[J].包装工程,2017,38(9):25—30.
HUANG Wei, WANG Jian-qing, GAO Kang, et al. Fresh-keeping Effect of Carton Coated with Clove Essential Oil on Juicy Peaches[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(9): 25—30.
- [2] WEN Yu-ling, YAN Li-pyng, CHEN Chin-shuh. Ef-

fects of Fermentation Treatment on Antioxidant and Antimicrobial Activities of Four Common Chinese Herbal Medicinal Residues by *Aspergillus Oryzae*[J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2013, 21: 219—226.

- [3] CHEN Yung-hsiang, HUANG Po-hsun, LIN Feng-yen, et al. Magnolol: A Multifunctional Compound Isolated from the Chinese Medicinal Plant *Magnolia officinalis*[J]. European Journal of Integrative Medicine, 2011, 3: 317—324.
- [4] PRASAD V, SHAIKH A J, KATHE A A, et al. Functional Behavior of Paper Coated with Zinc Oxide-soluble Starch Nanocomposites[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2010, 210: 1962—1967.
- [5] ECHEGOYEN Y, NERÍN C. Performance of an Active Paper Based on Cinnamon Essential Oil in Mushrooms Quality[J]. Food Chemistry, 2015, 170: 30—36.
- [6] 袁麟,钱学仁.国内外抗菌纸的研发现状与发展趋势[J].中国造纸,2013,32(2):56—60.
YUAN Lin, QIAN Xue-ren. Research & Development Situation and Trend of Antibacterial Paper at Home and Abroad[J]. China Pulp & Paper, 2013, 32(2): 56—60.
- [7] 龙晓蕾,刘高,陈曦,等.厚朴酚与和厚朴酚的超声提取工艺研究[J].湖南农业科学,2009(5):99—101.
LONG Xiao-lei, LIU Gao, CHEN Xi, et al. Ultrasound Extraction Technology of Magnolol and Honokiol[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2009(5): 99—101.
- [8] 李巨秀,王柏玉.福林酚-比色法测定桑椹中总多酚[J].食品科学,2009,30(18):292—295.
LI Ju-xiu, WANG Bai-yu. Folin-Ciocalteu Colorimetric Determination of Total Polyphenols in Mulberry Fruits[J]. Food Science, 2009, 30(18): 292—295.
- [9] 张明志,张正健,王满康,等.颜料协同作用对涂布装饰原纸性能的影响[J].包装工程,2016,37(23):151—158.
ZHANG Ming-zhi, ZHANG Zheng-jian, WANG Man-kang, et al. Effect of Pigment Synergy on Properties of Coated Decorative Base Paper[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(23): 151—158.
- [10] GB/T 456—2002 纸和纸板平滑度的测定(别克法)[S].
GB/T 456—2002, Paper and Board-Determination of Smoothness (Bekk Method)[S].
- [11] GB/T 455—2002, 纸和纸板撕裂度的测定[S].
GB/T 455—2002, Paper and Board Determination of Tearing Resistance[S].
- [12] GB/T 1540—2002, 纸和纸板吸水性的测定 可勃法[S].
GB/T 1540—2002, Paper and Board-Determination of Water Absorption-Cobb Method[S].
- [13] GB/T 12914—2008, 纸和纸板抗张强度的测定[S].
GB/T 12914—2008, Paper and Board-Determination of Tensile Properties[S].
- [14] MASTROMATTEO M, CONTE A, LUCERA A.

- Packaging Solutions to Prolong the Shelf Life of Fiordilatte Cheese: Bio-based Nanocomposite Coating and Modified Atmosphere Packaging[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2015, 60(1): 230—237.
- [15] GB 4789.2—2010, 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].
GB 4789.2—2010, National Food Safety Standard: Food Microbiological Examination: Aerobic Plate Count[S].
- [16] GB 5009.227—2016, 食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定[S].
GB 5009.227—2016, National Food Safety Standard: Determination of Peroxide Value in Food[S].
- [17] 任虹, 何瑶, 刘芳, 等. 厚朴酚与和厚朴酚 HPLC 含量测定方法及厚朴提取工艺研究[J]. *中药与临床*, 2014, 5(2): 32—34.
REN Hong, HE Yao, LIU Fang, et al. Study on the HPLC Determination of Magnolol and Honokiol and Extraction Technology of Houpo[J]. *Pharmacy and Clinics of Chinese Materia Medica*, 2014, 5(2): 32—34.
- [18] 张春霞, 杨立新, 余星, 等. 种源、产地及采收树龄对厚朴药材质量的影响[J]. *中国中药杂志*, 2009, 34(19): 2431—2437.
ZHANG Chun-xia, YANG Li-xin, YU Xing, et al. Effects of Tree Ages and Geographic Area on Quality of Bark of *Magnolia officinalis* and *M. officinalis* Var. *biloba*[J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2009, 34(19): 2431—2437.
- [19] DI P P, SORRENTINO A, MARINIELLO L, et al. Chitosan/Whey Protein Film as Active Coating to Extend Ricotta Cheese Shelf-life[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2011, 44: 2324—2327.
- [20] KALLINTERI L D, KOSTOULA O K, SAVVAIDIS I N. Efficacy of Nisin and/or Natamycin to Improve the Shelf-life of Galotyri Cheese[J]. *Food Microbiology*, 2013, 36: 176—181.
- [21] FERNANDEZ B, VIMONT A, EMILIE D F, et al. Antifungal Activity of Lactic and Propionic Acid Bacteria and their Potential as Protective Culture in Cottage Cheese[J]. *Food Control*, 2017, 78: 350—356.
- [22] GB 7099—2015, 食品安全国家标准 糕点 面包[S].
GB 7099—2015, National Food Safety Standard: Pastry, Bread[S].
- [23] JADA S, DOMA M R, SINGH P P, et al. Design and Synthesis of Novel Magnolol Derivatives as Potential Antimicrobial and Antiproliferative Compounds[J]. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2012, 51: 35—41.
- [24] YOUSSEF A M, SAMAH M E S, HODA S E S, et al. Enhancement of Egyptian Soft White Cheese Shelf Life Using a Novel Chitosan/Carboxymethyl Cellulose/Zinc Oxide Bionanocomposite Film[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2016, 151: 9—19.
- [25] ARTIGA-ARTIGAS M, ACEVEDO-FANI A, MARTÍN-BELLOSO O. Improving the Shelf Life of Low-fat Cut Cheese Using Nanoemulsion Based Edible Coatings Containing Oregano Essential Oil and Mandarin Fiber[J]. *Food Control*, 2017, 76: 1—12.
- [26] 冯雅琪, 吴国江, 郝庆红, 等. 厚朴酚抗脂质过氧化作用研究[J]. *河北大学学报(自然科学版)*, 2005(1): 52—54.
FENG Ya-qi, WU Guo-jiang, HAO Qing-hong, et al. Identity of Magnolol Antioxidant Activity for Lipid[J]. *Journal of Hebei University (Natural Science Edition)*, 2005(1): 52—54.