

银杏叶粗提物对荔枝的防腐保鲜效果

Effects of leaf crude extracts from *Ginkgo biloba* L. on the preservation of litchi

李玲^{1,2,3} 闫旭宇^{1,3} 陈铁壁¹ 何福林^{1,2}

LI Ling^{1,2,3} YAN Xu-yu^{1,3} CHEN Tie-bi¹ HE Fu-lin^{1,2}

(1. 湖南科技学院化学与生物工程学院, 湖南 永州 425199; 2. 湖南省银杏工程技术研究中心, 湖南 永州 425199; 3. 延安大学生命科学学院, 陕西 延安 716000)

(1. Department of Chemistry and Biological Engineering, Hunan University of Science and Engineering, Yongzhou, Hunan, 425199, China; 2. Hunan Provincial Engineering Research Center for *Ginkgo biloba*, Yongzhou, Hunan, 425199, China; 3. College of Life Science, Yanan University, Yan'an, Shaanxi 716000, China)

摘要:以银杏为研究对象,利用乙醇浸提法得到银杏叶粗提物,从色泽、V_C含量、质量损失率、菌落总数以及感官评定等方面评价银杏叶粗提物对荔枝的防腐保鲜效果。结果表明:随着处理时间的延长,银杏叶粗提物能减少荔枝水分损失,抑制褐变,延缓 V_C含量的下降,减少微生物对荔枝果肉的侵染以及降低腐烂率,较好地保持了荔枝的感官品质。在试验浓度范围内(0.2%~0.6%),银杏叶粗提物浓度与荔枝防腐保鲜效果呈正相关。银杏叶粗提物对荔枝具有较好的防腐保鲜效果。

关键词:银杏叶;粗提物;荔枝;防腐保鲜

Abstract: The leaf crude extracts were obtained from *Ginkgo biloba* L. using ethanol extraction method, and its preservation on litchi was studied on the aspects of color, V_C content, weight loss rate, the total number of bacteria and sensory evaluation. The results showed that leaf crude extract of *Ginkgo biloba* could reduce the loss of water, inhibit the browning, reduce the decrease of V_C content, the infection of litchi flesh and the decay rate of litchi, and keep the sensory quality of litchi. Its ability of antibacterial effects and preservation was followed by 0.6% leaf crude extract of *Ginkgo biloba*>0.4% leaf crude extract of *Ginkgo biloba*>0.2% leaf crude extract of *Ginkgo biloba*>control. It indicated that the positive correlation was found between the preservation effect on litchi and the concentration of crude extract of *Ginkgo biloba* leaves within a certain range. Therefore, it was found that the leaf crude extract of *Ginkgo biloba* had better preservation effect on litchi.

基金项目:湖南省教育厅科学研究项目(编号:17B108);国家自然科学基金应急管理项目(编号:31741109);湖南科技学院科学研究项目(编号:16XKY065)

作者简介:李玲,女,湖南科技学院副教授,博士。

通信作者:何福林(1968—),男,湖南科技学院教授,硕士。

E-mail:hefulin0012@163.com

收稿日期:2017-09-10

Keywords: *Ginkgo biloba* leaves; crude extracts; litchi; preservation

银杏叶为银杏科银杏属(*Ginkgo biloba* L.)植物的干叶,其活性成分主要是黄酮类化合物、萜内酯类化合物和银杏酸等^[1]。研究^[2-3]表明,银杏黄酮类化合物具有极强的抗氧化性,效果优于 V_C和人工合成抗氧化剂 BHT。银杏叶提取物中的银杏酸是起抑菌作用的主要成分,对柑橘青霉菌^[4]、细菌(金黄色葡萄球菌、大肠杆菌)以及引起农业中常见病害的真菌(禾谷镰刀菌、烟草赤星病菌)^[5]有明显的抑菌作用,对 G⁺ 菌的抑菌效果尤为显著^[6-7]。另外,银杏叶聚戊烯醇是从银杏叶中新发现的一类重要天然活性物质^[8],对枯草芽孢菌和沙门氏菌有抑制作用^[9]。可见,银杏叶粗提物具有良好的抗氧化性和抑菌作用。

低温处理是保存荔枝等易变质水果最普遍最有效的方法。为了进一步延长其贮藏期,采用保鲜剂是常用的手段。化学保鲜剂虽有较好的保鲜防腐效果,但对人体健康有毒副作用。天然食品防腐保鲜剂具有安全无毒、抗菌性强、热稳定性好和来源广泛等优势,因此,从植物中寻找提取天然防腐保鲜剂成为当前食品添加剂研究开发的热点^[10-12]。银杏叶粗提物富含黄酮类化合物,是天然的抗氧化剂和防腐剂。目前,银杏提取物的药理活性研究较多,但关于银杏提取物在食品防腐保鲜方面的研究报道比较少,仅有将其应用于苹果保鲜方面的报道^[13-14]。本试验拟采用银杏叶粗提物对荔枝进行防腐保鲜处理,研究银杏叶粗提物对荔枝品质及货架期的影响,以期为提高荔枝等水果的商品价值提供理论依据,并为从银杏叶提取物开发天然防腐保鲜剂的研究提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

银杏叶:采自湖南永州桐子坳,样品阴干备用;

荔枝:广东东莞的妃子笑,选用新鲜、无腐烂、无病虫害的成熟荔枝为材料;

无水乙醇、氢氧化钠:分析纯,杭州邦易化工有限公司;

无水硫酸钠、硫酸亚铁、碳酸氢钠、双氧水:分析纯,廊坊天科生物科技有限公司;

草酸、2,6-二氯酚靛酚、邻苯二酚:分析纯,鹏彩精细化工有限公司;

抗坏血酸、牛肉膏、琼脂、蛋白胨:分析纯,苏州亚科科技股份有限公司。

1.1.2 仪器与设备

循环水真空泵:SHZ-III型,上海皖宁精密科学仪器有限公司;

超净工作台:SW-CJ-2F型,苏净集团安泰公司;

电子分析天平:JA3003型,上海舜宇恒平科技仪器有限公司;

色差计:CR-400型,深圳市银飞电子科技有限公司;

中草药粉碎机:FW177型,天津市泰斯特仪器有限公司;

数显式果实硬度计:GY-4型,浙江托普仪器有限公司;

超声波清洗器:BL3-120型,昆山市超声仪器有限公司;

紫外可见分光光度计:UV2800型,上海舜宇恒平科技仪器有限公司;

不锈钢手提式高压蒸气灭菌锅:YXQ-LS-18SI型,上海博迅实业有限公司;

三用恒温水箱:HH型,江苏国胜实验仪器厂;

旋转蒸发器:YRE-2010-II型,郑州长城科工贸有限公司;

电热鼓风干燥箱:WG-71型,天津市泰斯特仪器有限公司;

恒温培养箱:HZQ-Q型,中国哈尔滨东联电子技术开发有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 银杏叶粗提物的制备 新鲜银杏叶洗净晾干,80℃干燥至恒重,粉碎后过60目筛,得银杏叶粉。在70%乙醇浓度、料液比1:20(g/mL)、超声功率400W、60℃条件下提取50min,获得银杏叶粗提液。将银杏叶粗提液真空抽滤,旋转蒸发减压浓缩(60℃、80r/min)得膏状物。将膏状物在60℃下烘干成粉,即得银杏叶粗提取物,备用。

1.2.2 银杏叶粗提物的防腐保鲜试验 用无菌蒸馏水将银杏叶粗提物分别稀释至0.2%,0.4%,0.6%,无菌蒸馏水作为对照(CK)。选取大小均匀,成熟度一致的荔枝,用自来水冲洗干净,沥干,备用。称取1kg荔枝,在0.2%,0.4%,0.6%银杏叶粗提液和无菌蒸馏水中分别浸泡3min,取出自然风干,用保鲜膜包装,置于4℃贮藏10d,期间每隔2d测定相关指标并进行感官评价。所有指标重复3次,取平均值。

1.2.3 测定指标及方法

(1) 失重率:采用称重法,按式(1)计算失重率。

$$L = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

L ——失重率,%;

W_0 ——龙眼处理前的重量,g;

W_1 ——龙眼处理后的重量,g。

(2) 色泽:采用色差计测定色泽的变换,根据色差计测色后显示的数据结果,按式(2)计算总色差。

$$\Delta E = \frac{\Delta L + \Delta a + \Delta b}{2} \quad (2)$$

式中:

ΔE ——总色差;

ΔL ——明度差异(L 样品- L 标准);

Δa ——红/绿差异(a 样品- a 标准);

Δb ——黄/蓝差异(b 样品- b 标准)。

$\Delta L+$ 表示偏白, $\Delta L-$ 表示偏黑; $\Delta a+$ 表示偏红, $\Delta a-$ 表示偏绿; $\Delta b+$ 表示偏黄, $\Delta b-$ 表示偏蓝。

(3) 腐败率:观察处理后荔枝外观上的变化,腐烂指数分为4级:无褐变、无腐烂记为0级;腐烂面积<10%,轻微腐烂,记为1级;10%<腐烂面积<30%,记为2级;30%<腐烂面积,记为3级。以荔枝的腐烂面积为基准,统计腐烂个数,按式(3)计算腐烂率。

$$D = \frac{\sum(r \times n)}{R \times N} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

D ——腐烂率,%;

r ——腐烂级别;

n ——所在腐烂级别的果数;

R ——腐烂最高级;

N ——总果数。

(4) V_c 含量的测定:采用2,6-二氯酚靛酚滴定法^[15]。 V_c 含量按式(4)计算。

$$m = \frac{V \times T \times V_0}{m_0} \times 100 \quad (4)$$

式中:

m —— V_c 含量,mg/100g;

V ——滴定时所用的染料体积,mL;

V_0 ——染料总体积,mL;

m_0 ——10mL样液中含样品的质量数,g;

T ——每毫升染料能氧化 V_c 质量数,mg/mL。

(5) 菌落总数的测定:按GB 4789.2—2008的平板稀释法执行。

(6) 感官评价:按照感官评定的要求,组成7人的荔枝感官评定小组,分别对4组样品的色泽、风味和质地进行感官评定,评定标准分优、中、劣3个等级。评价结束后,组织人员依各分值采用多层次综合评判法对荔枝的感官质量进行算分,并统计各等级人数。评分标准见表1。

2 结果与分析

2.1 对荔枝失重率的影响

由图1可知,随着处理时间的延长,4个处理荔枝的失重率逐渐增加。荔枝失重率的上升趋势为:CK>0.2%银杏叶粗提物>0.4%银杏叶粗提物>0.6%银杏叶粗提物。其中,

表 1 荔枝的感官质量鉴别标准

Table 1 Criteria for sensory evaluation of litchi

评定等级 及分值	评定项目及权重因子		
	色泽(权重 0.3)	风味(权重 0.4)	质地(权重 0.3)
优 (8~9 分)	新鲜,果皮鲜红,果肉 色白亮,无缺陷	特有的水果 味,甜爽	汁多,质脆
中 (4~7 分)	较新鲜,果皮色微暗, 肉白色,较浑浊	水果味较淡, 有异味	新鲜味不足, 质软
劣 (1~3 分)	有缺陷,果皮色暗,有 明显褐斑,果肉发黄	有明显异味	有腐烂,不可 食用

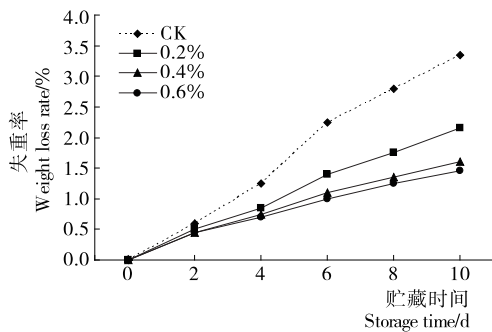


图 1 各试验组失重率的变化情况

Figure 1 The change of the weight loss rate in each treatment

0.4%与0.6%浓度的银杏叶粗提取物对荔枝的作用效果较接近,均高于0.2%的。说明银杏叶粗提取物在一定程度上能减缓荔枝水分的损失,从而延缓荔枝腐烂的速度。

2.2 对荔枝色泽的影响

由图 2 可知,处理后 2 d,4 个处理荔枝的 L 值迅速下降,表明荔枝颜色的变化很快;随着处理时间的延长,4 个处理荔枝的 L 值逐渐降低,表明荔枝的亮度越来越低,即褐变越来越严重。荔枝色泽变化的趋势为:CK>0.2%银杏叶粗提取物>0.4%银杏叶粗提取物>0.6%银杏叶粗提取物。其中,0.4%与0.6%浓度的银杏叶粗提取物对荔枝色泽保护的作用效果较接近,且均高于0.2%的。说明银杏叶粗提取物对荔枝褐变有一定的抑制作用,有利于荔枝的保鲜。这可能与银杏黄酮类化合物具有较强的抗氧化性^[16-17]和广谱抗菌特性^[4-5,18]有关。

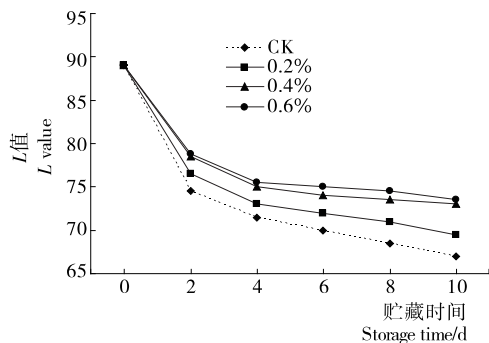


图 2 各试验组色泽的变化情况

Figure 2 The color change in each treatment

2.3 对荔枝腐败率的影响

由图 3 可知,随着处理时间的延长,4 个处理荔枝的腐败率逐渐增加。常温下,对照组荔枝在第 2 天左右出现水浸状斑块,在第 6 天腐败变质明显,腐烂率达到 90%,而此时银杏叶粗提取物处理组荔枝的腐烂率<30%;第 8~10 天时,对照组完全腐败变质,而银杏叶粗提取物处理组荔枝的腐烂率仍在 50%以下。防腐能力大小为:0.6%银杏叶粗提取物>0.4%银杏叶粗提取物>0.2%银杏叶粗提取物>CK。其中,银杏叶粗提取物对荔枝的防腐效果明显好于对照处理,但不同浓度的银杏叶粗提取物间差异不明显。说明银杏叶粗提取物能阻碍细菌呼吸作用,抑制外来微生物的入侵^[12,19-20],降低荔枝的腐烂率,具有一定的防腐效果。

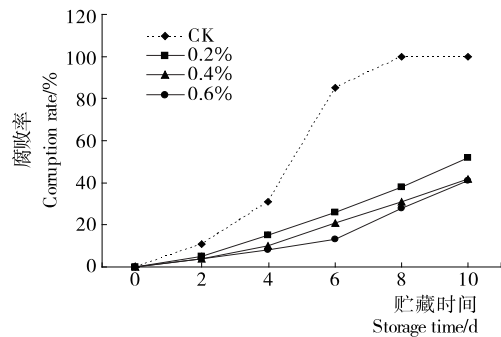


图 3 各试验组腐败率的变化情况

Figure 3 The change of the corruption rate in each treatment

2.4 对荔枝 V_C含量的影响

由图 4 可知,随着处理时间的延长,4 个处理荔枝的 V_C含量逐渐降低。处理 2 d 时对照组 V_C含量下降速度明显快于银杏叶粗提取物组,而处理 4 d 后处理组 V_C含量下降速度相似。抑制 V_C含量降低能力为:0.6%银杏叶粗提取物>0.4%银杏叶粗提取物>0.2%银杏叶粗提取物>CK。在贮藏期间,荔枝硬度下降,果实软化,导致渗入荔枝的空气更多,V_C逐渐被氧化,荔枝中 V_C含量越来越少,适当保持其含量尤为必要。银杏叶粗提取物中黄酮类化合物、内酯和多糖等具有较好的抗氧化作用,能抑制膜脂质过氧化反应,保护膜的正常结构^[21-23],有利于荔枝 V_C的保存。

2.5 对荔枝菌落总数的影响

由表 2 可知,3 个浓度银杏叶粗提取物处理组荔枝果肉

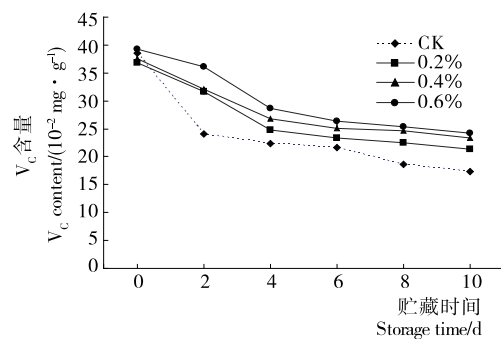


图 4 各试验组 V_C含量的变化情况

Figure 4 The change of V_C content in each treatment

表2 贮藏期间各试验组细菌总数的变化
Table 2 The total number of bacteria in each treatment during storage

处理时间/d	细菌总数/($\times 10^6$ CFU \cdot g $^{-1}$)			
	CK	0.2%银杏叶粗提物	0.4%银杏叶粗提物	0.6%银杏叶粗提物
0	0.20 \pm 0.01	0.20 \pm 0.01	0.20 \pm 0.01	0.20 \pm 0.01
2	1.12 \pm 0.02	0.94 \pm 0.01	0.41 \pm 0.01	0.33 \pm 0.01
4	61.35 \pm 2.70	1.82 \pm 0.32	0.90 \pm 0.11	0.44 \pm 0.03
6	1 627.20 \pm 36.00	12.40 \pm 1.21	2.53 \pm 0.20	1.01 \pm 0.03
8	1 847.40 \pm 42.00	53.70 \pm 1.62	6.63 \pm 0.50	4.11 \pm 0.30
10	5 237.00 \pm 108.00	83.60 \pm 3.41	11.32 \pm 1.40	8.62 \pm 0.73

的菌落总数均显著低于对照组的,且0.2%银杏叶粗提物处理组荔枝果肉的菌落总数明显多于0.4%和0.6%银杏叶粗提物处理组的。可见,银杏叶粗提物浓度越高,抑菌效果越好。当荔枝果肉微生物繁殖达到一定数目(1×10^6 CFU/g)后,荔枝失去商品价值,对照组在第4天时,菌落总数已失去食用价值,而0.6%银杏叶粗提物处理组在第8天时的菌落总数才超过 10^6 CFU/g,表明银杏叶粗提取物对于荔枝的腐败菌有很强的抑制作用。这可能与银杏黄酮类化合物对许多病原微生物都具有广谱抗菌特性^[4-5,18]有关。

2.6 对荔枝感官品质的影响

由图5可知,随着处理时间延长,荔枝的感官评分逐渐降低。在前4d,荔枝果肉质弹性好,有鲜荔枝气味,各组的感官评分差异较小;第4天之后,对照组的果肉颜色逐渐变暗,肉质开始失去弹性,与银杏叶粗提物处理组的差异逐渐增大;第10天时,对照组荔枝果肉颜色完全变色,果肉质地变得松软,有明显的水果腐败臭味,而银杏叶粗提物处理组荔枝的果肉颜色仅微微泛黄,果肉质地变软且出现异味。银杏叶粗提物处理组在保藏前期评分值较接近,在贮藏后期,0.4%和0.6%银杏叶粗提物处理组荔枝的感官评分明显高于0.2%银杏叶粗提物处理组的。结果表明,银杏叶粗提物表现出明显的抑制腐败变质的特性。

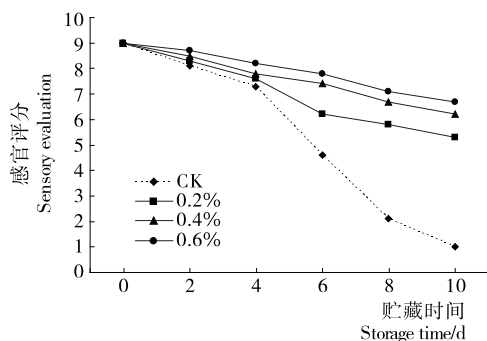


图5 各处理组感官品质的变化情况

Figure 5 Results of sensory evaluation on litchi chinensis Sonn

3 结论

本试验采用超声辅助乙醇浸提法获得银杏叶粗提物,防腐保鲜相关指标表明银杏叶粗提物能减少荔枝水分损失,抑制褐变发生,延缓V_C含量的下降,减少微生物对荔枝果肉的

侵袭以及降低腐烂率,较好地保持了荔枝的感官品质,对荔枝具有较好的防腐保鲜效果。银杏叶粗提物的活性成分主要是黄酮类化合物、内酯类物质以及多糖等,具有独特的生理作用和调节功能,可以作为天然的抗氧化剂和防腐保鲜剂。而且在试验范围内,银杏叶粗提物浓度与防腐保鲜效果呈正相关。

参考文献

[1] STROMGAARD K, NAKANISHI K. Chemistry and biology of terpene trilactones from *Ginkgo biloba*[J]. *Angewandte Chemie International Edition*, 2004, 43(13): 1 640-1 658.

[2] CHANG W C, SEI C K, SOON S. Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison[J]. *Plant Science*, 2002, 163: 1 161-1 166.

[3] 张鹏. 银杏叶黄酮的微波提取及其抗氧化性研究[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(12): 5 496-5 497.

[4] 喻林华, 李晓烈, 蓝华. 银杏叶提取物对柑橘青霉菌的抑菌效果[J]. *食品与机械*, 2010, 26(6): 60-62.

[5] 李虎, 徐奇, 李文静, 等. 银杏叶黄酮粗提物提取及其抑菌性质研究[J]. *中国酿造*, 2011, 30(10): 107-110.

[6] 杨小明, 叶允荣, 王萍, 等. 银杏叶提取物和银杏酸的抗菌活性研究[J]. *食品科学*, 2004, 25(4): 68-71.

[7] 杨小明, 朱伟, 陈钧, 等. 银杏酸单体的抗菌活性研究[J]. *中药材*, 2004, 27(9): 661-663.

[8] TAO Ran, WANG Cheng-zhang, KONG Zhen-wu. Antibacterial/antifungal activity and synergistic interactions between poly-prenols and other lipids isolated from *Ginkgo biloba* L. leaves [J]. *Molecules*, 2013, 18(2): 2 166-2 182.

[9] 周彦, 王成章, 李在均. 银杏叶聚戊烯醇及其衍生物的抑菌活性研究[J]. *林产化学与工业*, 2013, 33(4): 53-56.

[10] 徐宝才. 天然食品防腐剂的研究[J]. *食品与机械*, 2001, 17(3): 4-7.

[11] 李燕, 戴佳锐, 马赛箭, 等. 天然食品防腐剂及其在鲜切果蔬中的应用研究进展[J]. *食品与机械*, 2013, 29(5): 230-233.

[12] 闫旭宇, 李玲, 陈婷, 等. 灵香草精油的提取及其防腐保鲜效果[J]. *食品与机械*, 2016, 32(11): 111-115.

[13] 冯金霞, 何玲, 蒲雪梅. 银杏叶提取液对鲜切‘红富士’苹果品质的影响[J]. *食品科学*, 2013, 24(20): 302-306.

(下转第185页)

- [J]. 中国酿造, 2008(22): 65-67.
- [9] 袁周率. 糙米酵素产品的研发及其抗细胞凋亡作用的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2015.
- [10] 傅亮, 王丽丽, 田利春. 发酵型营养米乳的研制[J]. 食品与机械, 2006, 22(5): 103-105.
- [11] 胡渊, 刘成国, 黄茜, 等. 干酪乳杆菌增殖培养基的优化研究[J]. 食品与机械, 2014, 30(2): 21-22.
- [12] MILLE A, SITTER R. Using the folded-over 12-run plackett-burman design to consider interactions [J]. *Technometrics*, 2001, 43: 44-54.
- [13] 韩玉洁, 谢应根, 王永华, 等. 响应面分析法优化 *L*-乳酸发酵培养基的研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(4): 54-56.
- [14] 宋一恒, 谢定, 钟海雁. 响应面法优化酵母富硒发酵条件[J]. 食品与机械, 2009, 25(6): 125-129.
- [15] 刘丽莎, 陶国琴, 郭宏, 等. 响应面法优化豆乳链球菌增殖培养基[J]. 食品科学, 2014, 35(11): 124-128.
- [16] 梁宝东, 魏海香, 江均平. *L*-乳酸细菌发酵培养基的优化[J]. 食品与机械, 2008, 24(1): 41-45.
- [17] 魏敏, 张斌, 王宁宇, 等. 副干酪乳杆菌耐乳酸的驯化及增殖培养基的优化[J]. 食品与机械, 2014, 30(2): 25-30.
- [18] 杨椰. 发芽糙米研发进展[J]. 粮油食品科技, 2011(3): 19-23.
- [19] 金增辉. 糙米酵素及其产品开发[J]. 粮食与油脂, 2002(4): 14-16.
- [20] 王志坚. 糖化工艺主要技术参数的确定[J]. 山东食品发酵, 2002(2): 41-44.
- [21] 朱凤娇, 陈叶福, 王希彬, 等. 上面发酵高粱啤酒的工艺研究[J]. 现代食品科技, 2017, 33(9): 1-6.
- [22] 管敦仪, 唐是雯. 《啤酒工业手册(修订版)(精)》新版发行[J]. 食品与发酵工业, 2008(8): 17.
- [23] 唐建民, 王福泉, 陆培基, 等. 格瓦斯饮料的巴氏消毒效果的初步观察[J]. 食品科学, 1983(9): 38-39.
- [24] 周德庆. 微生物学教程[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2008: 151-152.
- [25] 滕国生, 刘勇, 武丽达, 等. 响应面优化 *L*-赖氨酸培养基[J]. 食品与机械, 2015, 31(5): 256-260.
- [26] TRUPKIN S, LEVIN L, FORCHIASSIN F. Optimization of a culture medium for ligninolytic enzyme production and synthetic dye decolorization using response surface methodology [J]. *J Ind Microbiol Biotechnol*, 2003, 30: 682-690.
- [27] AMBAT P, AYYANNA C. Optimizing medium constituents and fermentation conditions for citric acid production from palmyrajaggery using response surface method [J]. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 2001, 17: 331-335.
- [28] 鲁晶晶, 王远亮, 谢梦琴. 植物乳杆菌 LJ-3 产细菌素的响应面优化[J]. 食品与机械, 2014, 30(5): 242-246.
- [29] PURI S. Optimization of alkaline protease production from *Bacillus sp.* by Response Surface Methodology [J]. *Current Microbiology*, 2009, 4: 286-290.

(上接第 128 页)

- [14] 张美芳, 何玲, 冯金霞, 等. 银杏叶提取液复合涂膜对鲜切苹果品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(10): 263-267.
- [15] 王晶英, 敖红, 张杰, 等. 植物生理生化实验技术及原理[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2003: 8-10.
- [16] 凌关庭. 抗氧化食品与健康[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 191.
- [17] CROSSETTI R, STEFFEN F P. The antioxidant activity of standardized extract of *Ginkgo biloba* (EGb761) in rats [J]. *Phytother Res*, 2001, 15(5): 449-451.
- [18] 李凤梅, 周庆新, 李文香, 等. 丁香提取液与壳聚糖复合对草莓保鲜效果的影响[J]. 青岛农业大学学报: 自然科学版, 2008, 25(4): 298-300.
- [19] 程绍玲, 杨迎花. 银杏叶活性成分提取研究进展[J]. 林产化工通讯, 2005, 39(1): 34-37.
- [20] 丁东, 张展鹏, 权美平. 银杏叶提取物的化学成分、生物活性及应用研究进展[J]. 江苏调味副食品, 2015(3): 5-8.
- [21] GU Qiu-han, CHEN Chen, ZHANG Zheng-ping, et al. Ginkgo biloba extract promotes osteogenic differentiation of human bone marrow mesenchymal stem cells in a pathway involving Wnt/beta-catenin signaling [J]. *Pharmacol Res*, 2015, 97(7): 70-78.
- [22] 田青亚, 巩丽丽. 银杏内酯研究进展[J]. 中南药学, 2016, 14(8): 838-841.
- [23] 何钢, 刘嵬, 李会萍, 等. 银杏叶多糖分离纯化、结构鉴定及抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(22): 81-86.

(上接第 153 页)

- [7] 张新宇, 张笛, 王琳, 等. 绞股蓝皂苷提取纯化工艺研究进展[J]. 食品工业科技, 2014, 35(18): 378-382, 386.
- [8] 程铁群, 张帆, 周守标, 等. 超声-微波联合提取绞股蓝皂苷工艺优化及协同作用分析[J]. 食品与机械, 2016, 32(9): 135-140.
- [9] 陈铁壁, 肖乐, 杨盟盟, 等. 金桂花中总黄酮的微波辅助提取工艺优化[J]. 食品与机械, 2015, 31(3): 185-188.
- [10] 曾红亮, 黄灿灿, 常青, 等. 金柑多糖微波辅助提取工艺优化及抑菌效果[J]. 食品与机械, 2016, 32(9): 154-160.
- [11] 黄琦, 王启越, 李颖, 等. 石榴皮总多酚的微波辅助提取工艺及抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(12): 46-51, 61.
- [12] 师莹, 阎语, 梁旭明, 等. 银耳菌糠黑色素微波辅助提取工艺优化及其抗氧化活性[J]. 食品与机械, 2016, 32(12): 161-165, 174.
- [13] 赵文婷. 藜麦皮总皂苷的提取纯化及其抗氧化和免疫增强作用[D]. 太谷: 山西农业大学, 2015: 12.
- [14] 陈洪彬, 杨敏, 宋露露, 等. 龙须菜多酚提取工艺及其体外抗氧化活性[J]. 食品与机械, 2017, 33(4): 139-143, 194.
- [15] 白海娜, 王振宇, 刘瑞海, 等. 白藜芦醇与黑木耳多糖协同清除 ABTS 自由基活性的研究[J]. 现代食品科技, 2014, 30(3): 64-68.
- [16] 王晓波, 李金芳, 王梅, 等. 山竹壳总黄酮抗氧化及抑制亚硝化作用研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(6): 9-13.
- [17] 吴德智, 郑强, 李安, 等. 缙草总黄酮超声辅助双水相提取工艺优化及抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(5): 162-167.
- [18] 蒋玉蓉, 袁俊杰, 孙雪婷, 等. 藜麦叶片多糖最佳提取工艺及抗氧化性研究[J]. 中国食品学报, 2017, 17(2): 110-118.