

槟榔提取物不同部位的抗氧化性比较及成分研究

张 丹,李 丹,许启泰,康文艺*

(河南大学中药研究所,河南开封 475004)

摘 要:采用DPPH法、ABTS法和FRAP法3种测定法对槟榔提取物体外抗氧化活性进行综合评价,并分析其总多酚与总黄酮含量与抗氧化活性的关系。研究结果发现,槟榔提取物乙酸乙酯部位和正丁醇部位均有一定的抗氧化活性。其中乙酸乙酯部位清除DPPH自由基和ABTS⁺自由基的能力($IC_{50}=14.60、2.04\mu g/mL$)和还原Fe³⁺的能力(TEAC=4762.99 $\mu mol/g$)均强于阳性对照BHT(DPPH方法: $IC_{50}=24.49\mu g/mL$;ABTS方法: $IC_{50}=6.56\mu g/mL$;FRAP方法:TEAC=2503.17 $\mu mol/g$),正丁醇部位清除DPPH自由基和ABTS⁺自由基的能力($IC_{50}=44.32、7.62\mu g/mL$)和还原Fe³⁺的能力(TEAC=1587.42 $\mu mol/g$)均弱于阳性对照BHT,且乙酸乙酯部位总多酚和总黄酮含量均大于正丁醇部位。可见,乙酸乙酯部位清除DPPH自由基、ABTS⁺自由基及还原Fe³⁺的能力可能与其总多酚、总黄酮含量高有关。

关键词:槟榔,抗氧化活性,总多酚,总黄酮

Comparative study of antioxidant activity and ingredient in different parts of *Areca catechu* L. extract

ZHANG Dan, LI Dan, XU Qi-tai, KANG Wen-yi*

(Institute of Natural Medicines, Henan University, Kaifeng 475004, China)

Abstract: The antioxidant activity of *Areca catechu* L. was evaluated by three methods; DPPH radical scavenging assay, ABTS⁺ radical scavenging assay and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay. The relation of the antioxidant activity with the contents of total polyphenols and total flavonoids was studied. The results showed that ethyl acetate extract and n-butanol extract of *A. catechu* had certain antioxidant activity. The ethyl acetate extract had higher DPPH and ABTS⁺ radical scavenging activity (IC_{50} was 14.60 and 2.04 $\mu g/mL$), and ferric reducing antioxidant power (TEAC was 4762.99 $\mu mol/g$) than that of BHT (DPPH: IC_{50} was 24.49 $\mu g/mL$, ABTS: IC_{50} was 6.56 $\mu g/mL$ and FRAP: TEAC was 2503.17 $\mu mol/g$, respectively). The n-butanol extract had lower DPPH and ABTS⁺ radical scavenging activity (IC_{50} was 44.32 and 7.62 $\mu g/mL$), and ferric reducing antioxidant power (TEAC was 1587.42 $\mu mol/g$) than that of BHT. The contents of total polyphenols and total flavonoids of ethyl acetate extract were higher than that of n-butanol extract. Thus it could be seen that the DPPH and ABTS⁺ radical scavenging activity and ferric reducing antioxidant power of ethyl acetate extract might be related to its high total polyphenols and total flavonoids content.

Key words: *Areca catechu* L.; antioxidant activity; total polyphenols; total flavonoids

中图分类号: TS201.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)02-0102-04

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.02.013

槟榔 (*Areca catechu* L.) 为棕榈科槟榔属植物, 主要分布在海南、台湾、广东和广西等地, 是我国“四大南药”之首。有杀虫、消积、行气、利水、截疟的功效, 用于绦虫病、蛔虫病、虫积腹痛、积滞泻痢、水肿脚气、疟疾等的治疗^[1]。槟榔主要化学成分有生物碱、酚类、黄酮和皂苷等。药理研究表明, 槟榔具有驱虫、抗氧化、

抗病原微生物、抗过敏、抗抑郁、调血脂等作用^[2-5]。

目前, 国内外主要研究了槟榔不同提取物多酚含量及其抗氧化活性。Han L等^[6]利用70%乙醇超声辅助提取产于海南槟榔果种子多酚并测定其含量, 利用紫外可见分光光度法测定其清除DPPH、ABTS自由基能力及其还原能力, 考察其抗氧化活性; Chavan YV等^[7]利用丙酮水提取产于印度槟榔果实多酚、鞣酸并测定其含量, 利用紫外可见分光光度法测定了其清除羟基、ABTS自由基能力及其还原能力。目前, 未见对产于海南槟榔果实的多酚、黄酮含量及其抗氧化活性研究。本文利用微量法测定槟榔不同提取部位清除DPPH、ABTS自由基和铁离子还原/抗氧化 (FRAP) 能力, 评价其体外抗氧化活性, 并测定

收稿日期: 2014-02-24

作者简介: 张丹(1988-), 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 中药活性成分研究。

* 通讯作者: 康文艺(1971-), 男, 博士研究生, 教授, 研究方向: 中药活性成分及新药研究。

基金项目: 海南省科技厅(琼农科: 2013065)。

其不同部位总多酚和总黄酮的含量,分析其与抗氧化活性的关系,为科学合理开发槟榔资源,全面评价槟榔的抗氧化作用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

槟榔 于2013年9月采自海南,由河南大学中药研究所李昌勤教授鉴别为棕榈科槟榔属植物槟榔 *Areca catechu* L.的果实,标本存于河南大学中药研究所;1,1-二苯基-2-苦基苯肼(DPPH) 日本东京化成工业株式会社;Fe³⁺-三吡啶三哑嗪(TPTZ)、二丁基羟基甲苯(BHT) 比利时Acros organics公司;2,2'-连氮-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二氨盐(ABTS) 美国Fluka公司;Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) Aldrich公司;邻苯二酚 北京化学试剂公司;斐林酚试剂 Merck公司;芦丁标准品 由河南大学天然药物研究所提供,纯度98%;其他试剂 均为分析纯。

美国Fluka公司;Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) Aldrich公司;邻苯二酚 北京化学试剂公司;斐林酚试剂 Merck公司;芦丁标准品 由河南大学天然药物研究所提供,纯度98%;其他试剂 均为分析纯。

UV-2000型紫外可见分光光度计 尤尼可上海仪器有限公司;电子天平 梅特勒-托利多仪器有限公司;MultiskaMK3酶标仪 美国Thermo Electron公司;超声波清洗器 昆山市超声仪器有限公司;CS-H1型混合器 北京博励阳科技公司;旋转蒸发仪 德国Heidolph公司。

1.2 实验方法

1.2.1 活性成分的提取 新鲜槟榔150g,洗净切碎,用70%乙醇加热回流2次(V/W=2:1),每次1h,合并、过滤、浓缩得槟榔70%乙醇总浸膏。总浸膏分散于水中,依次用石油醚、乙酸乙酯和正丁醇萃取3~4次,每次各300mL,利用喷雾干燥得到石油醚部位(少量)、乙酸乙酯部位0.93g和正丁醇部位0.51g,乙酸乙酯部位和正丁醇部位的提取率分别为0.62%和0.34%。

1.2.2 抗氧化活性的筛选

1.2.2.1 DPPH方法 按照文献[8],将10μL样品溶液和175μL 200μmol/L的DPPH溶液先后加入到96微孔板中,阴暗处反应20min后,用酶标仪在492nm处测定吸光度。每份样品平行操作3次,取平均值。按照公式计算清除率:

$$\text{DPPH自由基清除率}(\%) = [(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100$$

式中: A_{control} 为DPPH本身在测定波长的吸收度, A_{sample} 为样品对DPPH作用后的吸收度数值(除去样品自身吸收)。

1.2.2.2 ABTS方法 参照文献[9],将ABTS用蒸馏水溶解,配制成7mmol/L的溶液,与2.45mmol/L的K₂S₂O₈溶液混合,暗处放置12h以上,使用时用甲醇稀释使吸光度在734nm处为0.78~0.82,待用。样品初始浓度为2.0mg/mL。取10μL样品加入200μL ABTS自由基工作液混匀测定吸光度。每份样品平行3次,取平均值。按照以下公式计算清除率:

$$\text{ABTS自由基清除率}(\%) = [(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100$$

式中: A_{control} 为ABTS自由基本身在测定波长的吸收度, A_{sample} 为样品对ABTS自由基作用后的吸收度数值(除去样品自身吸收)。

1.2.2.3 FRAP方法 参照文献[10],将样品用甲醇配

制成一系列浓度,取10μL样品加入到96微孔板中,随后加入200μL新鲜配制的TPTZ工作液,混匀,37℃反应30min后,用酶标仪在595nm测定吸光度。每份样品平行操作3次,取平均值。若所测定样品吸光度值超过线性范围,则需要进一步稀释样品。

1.2.2.4 数据处理 依据上述公式计算得到的清除率,用origin软件处理,得到样品清除DPPH自由基和ABTS自由基的半数抑制率IC₅₀值。

1.2.3 总多酚的含量测定 在文献[11]的基础上对反应时间和试剂体积稍做改变,准确量取配制好的供试品溶液0.1mL,依次加入0.5mL蒸馏水和0.7mL的斐林酚试剂,混匀后室温暗处放置3min,然后加入0.9mL 0.9%碳酸钠溶液,混合均匀,室温暗处放置90min,于765nm处测定吸光度。以吸光度(Y)对邻苯二酚浓度(X, mg/mL)作图,得邻苯二酚标准曲线,计算槟榔乙酸乙酯部位和正丁醇部位总多酚含量。

1.2.4 总黄酮的含量测定 参照文献[11],准确量取配制好的供试品溶液0.5mL,加入蒸馏水2.5mL,摇匀;加入5% NaNO₂溶液0.15mL,混匀后放置5min;加入10% AlCl₃溶液0.3mL,混匀后放置6min;然后依次加入1mol/L NaOH溶液1mL和蒸馏水0.55mL,混匀后于510nm处测定吸光度。以吸光度(Y)对芦丁浓度(X, mg/mL)作图,得芦丁标准曲线,计算槟榔乙酸乙酯部位和正丁醇部位总黄酮含量。

2 结果与分析

2.1 对DPPH自由基的清除作用

表1 槟榔不同提取部位的抗氧化活性

Table 1 Antioxidant activity of different extracts from

Areca catechu L.

提取部位	DPPH方法	ABTS方法	FRAP方法
	IC ₅₀ (μg/mL)	IC ₅₀ (μg/mL)	TEAC(μmol/g)
槟榔乙酸乙酯部位	14.60 ^a	2.04 ^a	4762.99±519.79 ^a
槟榔正丁醇部位	44.32 ^a	7.62 ^a	1587.42±3.17 ^a
BHT	24.49 ^b	6.56 ^a	2503.17±369.42 ^b

注: BHT为阳性对照药物; 同一列数值中不同字母表示在0.05水平上有显著性差异; 表2同。

由表1可以看出, 槟榔乙酸乙酯部位和正丁醇部位均有一定的清除DPPH自由基的能力, 其中乙酸乙酯部位清除DPPH自由基的能力(IC₅₀=14.6μg/mL) 强于阳性对照品BHT(IC₅₀=24.49μg/mL), 约为BHT作用的1倍, 且具有显著性差异($p < 0.05$); 正丁醇部位清除DPPH自由基的能力(IC₅₀=44.32μg/mL) 弱于阳性对照品BHT(IC₅₀=24.49μg/mL), 约为BHT作用的0.5倍, 且具有显著性差异($p < 0.05$)。

由图1可知, 在实验浓度范围内, 正丁醇部位和BHT对DPPH自由基的清除率均与质量浓度呈正量效关系, 即随着质量浓度增加, 对DPPH自由基的清除率也增大。当质量浓度低于27.03μg/mL时, 乙酸乙酯部位对DPPH自由基的清除率与质量浓度呈正量效关系, 随后继续增加质量浓度, 清除率几乎不变。在任意相同浓度下, 乙酸乙酯部位对DPPH自由基的

清除率均高于BHT,正丁醇部位对DPPH自由基的清除率均低于BHT。Han L等^[6]评价了产于海南槟榔果种子清除DPPH自由基能力,结果显示,当提取质量浓度为50 $\mu\text{g/mL}$ 时,对DPPH自由基的清除率为28.30%,而本文主要研究的是槟榔果实萃取后的各部位,当提取质量浓度为50 $\mu\text{g/mL}$ 时,乙酸乙酯部位和正丁醇部位对DPPH自由基的清除率为86.32%和56.62%,经比较分析可得出在相同提取质量浓度下,本研究测定的乙酸乙酯部位对DPPH自由基的清除率较好。

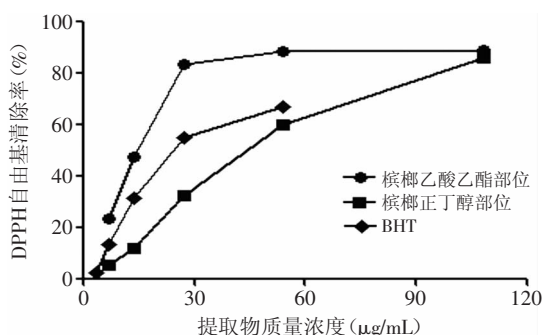


图1 提取物质量浓度对DPPH自由基的影响

Fig.1 Effect of mass concentration of extracts on DPPH free radical

2.2 对ABTS自由基的清除作用

由表1可以看出,与阳性对照BHT相比,乙酸乙酯部位清除ABTS⁺自由基的能力($\text{IC}_{50}=2.04\mu\text{g/mL}$)强于阳性对照品BHT($\text{IC}_{50}=6.56\mu\text{g/mL}$),约为BHT作用的3倍,且具有显著性差异($p<0.05$),而正丁醇部位清除ABTS⁺自由基的能力($\text{IC}_{50}=7.62\mu\text{g/mL}$)与阳性对照品BHT($\text{IC}_{50}=6.56\mu\text{g/mL}$)相当,无显著性差异($p>0.05$)。

由图2可以看出,当质量浓度为0.19 $\mu\text{g/mL}$ 时,乙酸乙酯部位对ABTS⁺自由基的清除率为2.79%,随着其质量浓度的增加,清除率也增大,当质量浓度为5.95 $\mu\text{g/mL}$ 时,清除率已达到94.41%,质量浓度再增加,清除率变化不大;当质量浓度为5.95 $\mu\text{g/mL}$ 时,正丁醇部位对ABTS⁺自由基的清除率为38.80%,质量浓度为23.81 $\mu\text{g/mL}$ 时,清除率增加到97.21%,再增加提取物的浓度,清除率变化不大。Han L等^[6]对产于海南槟榔果种子清除ABTS⁺自由基能力进行研究,结果发现当提取质量浓度为50 $\mu\text{g/mL}$ 时,对ABTS⁺自由基的

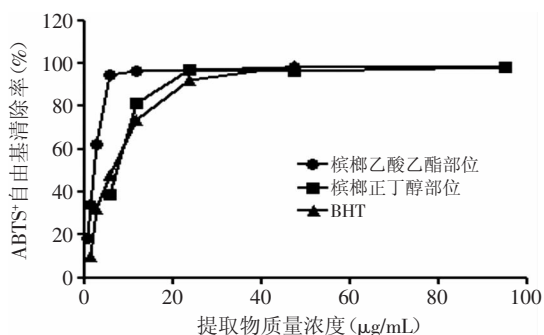


图2 提取物质量浓度对ABTS⁺自由基的影响

Fig.2 Effect of mass concentration of extracts on ABTS⁺ free radical

清除率为24.28%,本文测定了海南槟榔果实萃取后的各部位清除ABTS⁺自由基能力,当提取质量浓度为50 $\mu\text{g/mL}$ 时,乙酸乙酯部位和正丁醇部位对ABTS⁺自由基的清除率为96.58%和95.43%,由两次测定结果可得出乙酸乙酯部位和正丁醇部位对ABTS⁺自由基的清除率均较好。

2.3 还原Fe³⁺的能力

由表1可以看出,槟榔乙酸乙酯部位和正丁醇部位均有一定的还原Fe³⁺的能力,其中乙酸乙酯部位还原Fe³⁺的能力($\text{TEAC}=4762.99\mu\text{mol/g}$)强于阳性对照BHT($\text{TEAC}=2503.17\mu\text{mol/g}$),且具有显著性差异($p<0.05$),正丁醇部位还原Fe³⁺的能力($\text{TEAC}=1587.42\mu\text{mol/g}$)弱于BHT,且具有显著性差异($p<0.05$)。

2.4 总多酚和总黄酮的含量

按照上述实验方法,绘制总多酚和总黄酮含量测定的标准曲线,以吸光度(Y)对邻苯二酚浓度(X, mg/mL)作图,得邻苯二酚标准曲线, $Y=119X-0.049$ ($r=0.9985$);以吸光度(Y)对芦丁浓度(X, mg/mL)作图,得芦丁标准曲线, $Y=9.309X-0.004$ ($r=0.9995$),以此计算槟榔乙酸乙酯部位和正丁醇部位中总多酚和总黄酮的含量,结果见表2。

表2 槟榔不同提取部位总多酚与总黄酮的含量

Table 2 Contents of total phenols and total flavonoids of different extracts from *Areca catechu* L.

提取部位	总多酚含量(mg/g)	总黄酮含量(mg/g)
槟榔乙酸乙酯部位	7.47±0.047 ^a	121.25±1.25 ^a
槟榔正丁醇部位	4.91±0.034 ^b	34.07±0.88 ^b

由表2可以看出,槟榔乙酸乙酯部位和正丁醇部位具有一定量的多酚和黄酮成分,其中乙酸乙酯部位总多酚和总黄酮含量均大于正丁醇部位,且两个部位的总黄酮含量均大于总多酚,具有显著性差异($p<0.05$)。

综上所述,乙酸乙酯部位清除DPPH自由基和ABTS⁺自由基的能力以及还原Fe³⁺能力均强于正丁醇部位,且乙酸乙酯部位总多酚和总黄酮含量比正丁醇部位含量较高。可见,乙酸乙酯部位清除DPPH自由基、ABTS⁺自由基及还原Fe³⁺的能力可能与其总多酚、总黄酮含量高有关。随着总多酚和总黄酮含量的增加,抗氧化能力增强。

3 结论

槟榔乙酸乙酯部位清除DPPH自由基和ABTS⁺自由基的能力以及还原铁离子的能力($\text{IC}_{50}=14.60$ 、 $2.04\mu\text{g/mL}$, $\text{TEAC}=4762.99\mu\text{mol/g}$)均比正丁醇部位强($\text{IC}_{50}=44.32$ 、 $7.62\mu\text{g/mL}$, $\text{TEAC}=1587.42\mu\text{mol/g}$),且强于阳性对照BHT(DPPH方法: $\text{IC}_{50}=24.49\mu\text{g/mL}$; ABTS方法: $\text{IC}_{50}=6.56\mu\text{g/mL}$; FRAP方法: $\text{TEAC}=2503.17\mu\text{mol/g}$),其自由基清除能力及还原能力与其总多酚、总黄酮含量的相关性高。

槟榔乙酸乙酯部位有较强的抗氧化能力,具有开发天然抗氧化性物质的潜力,这为进一步开发利用槟榔资源、深入挖掘其在食品、医学领域的应用提

(下转第109页)

氧化活性物质与提取物的分离相关,他的研究表明粗提物中含有较多的多糖、乙酸乙酯相含有较多的多酚类物质,而且各分离相的抗氧化活性也明显不同^[2]。而本研究结果表明,四种活性物质含量与各抗氧化测定方法间相关系数低、相关性不显著,说明多酚类、黄酮类、三萜类以及粗多糖与抗氧化方法间相关性不大,由此表明灵芝的抗氧化能力贡献并不完全来自这四类物质,或者并不单独来自这四类物质。

参考文献

- [1] 聂凌鸿. 淮山活性多糖分离纯化、结构与生物活性的研究[D]. 广州:华南理工大学,2004.
- [2] 李凤英,李润丰,赵希艳,等. 60种花卉多酚、黄酮含量及其抗氧化活性[J]. 经济林研究,2011,29(3):59-63.
- [3] Ofodile L N, Uma N U, Kokubum T, et al. Antimicrobial activity of Some *Ganoderma* species from Nigeria[J]. Phytother Res,2005,19:310.
- [4] Wong KL, Chao H H, Chan P, et al. Antioxidant activity of *Ganoderma lucidum* in acute Ethanol-induced heart toxicity[J]. Phytother Res,2004,18:1024.
- [5] Min Zhu, Qi Chang, Leone K. Wong, et al. Triterpene antioxidants from *Ganoderma lucidum*[J]. Phytother Res,1999,13:529.
- [6] Lakshmi B, Ajith T A, Sheena N, et al. Antiperoxidative, anti-inflammatory, and antimutagenic activities of ethanol extract of the *Mycelium* of *Ganoderma lucidum* occurring in south india [J]. Teratogenesis, Carcinogenesis, and Mutagenesis,2003(S1):85.
- [7] Lee J M, Hoonjeong Kwon, Hoon Jeong, et al. Inhibition of lipid peroxidation and oxidative DNA damage by *Ganoderma lucidum*[J]. Phytother Res,2001,15:245.
- [8] Shiao M S. Natural products of the medicinal fungus *Ganoderma lucidum*: occurrence, biological activities and pharmacological functions[J]. The Chemical Record,2003(3):172.
- [9] 张惟杰. 糖复合物生化研究技术[M]. 2版. 浙江:浙江大学出版社,1999.
- [10] 何照范,张迪清. 保健食品化学及其检测技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,1998:107-122.
- [11] 张静,余加进,戴建辉,等. 中药提取物中总黄酮的分析研究[J]. 云南民族大学学报,2010,19(6):414-416.
- [12] 帕丽达,堵年生,丛媛媛,等. 比色法测定琐琐葡萄中总三萜类成分的含量[J]. 华西药学杂志,2002,17(6):475.
- [13] 谢丽源,张勇,彭卫红,等. 桑黄胞内多糖免疫及抗氧化活性研究[J]. 食品科学,2011,32(9):276-281.
- [14] 盛伟,方晓阳,吴萍. 白灵芝、杏鲍菇、阿魏菇多糖体外抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技,2008,29(5):103-109.
- [15] 张卉,李长彪,刘长江. 姬松茸胞外多糖体外抗氧化活性的研究[J]. 中国食用菌,2007,24(3):48-49.
- [16] 盖玉红. 灵芝多糖抗氧化活性研究[M]. 长春:吉林农业大学,2007.
- [17] 王君巧,聂少平,余强,等. 黑灵芝多糖对免疫抑制小鼠的免疫调节和抗氧化作用[J]. 食品科学,2012,33(23):274-277.
- [18] Turkoglu A, Duru M E, Mercan N, et al. Antioxidant and antimicrobial activities of *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrl[J]. Food Chemistry,2007,101:267-273.
- [19] Mau J L, Chang C N, Huang S J, et al. Antioxidant properties of methanolic extracts from *Grifola frondosa*, *Morchella esculenta* and *Termitomyces albuminosus* mycelia[J]. Food Chemistry,2004,87:111-118.
- [20] Lee Y L, Yen T, Mau J L, et al. Antioxidant properties of various extracts from *Hypsizygus marmoreus*[J]. Food Chemistry,2007,104:1-9.
- [21] Lee Y L, Jian S Y, Lian P Y, et al. Antioxidant properties of extracts from a white mutant of the mushroom *Hypsizygus marmoreus*[J]. Journal of Food Composition and Analysis,2008,(21):116-124.
- [22] 王宏雨. 食用菌抗氧化活性研究及竹荪抗氧化物质提取工艺优化[D]. 福州:福建农林大学,2010.

(上接第104页)

供了一定的参考价值。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京:中国医药科技出版社,2010:341-342.
- [2] 赵文爱,李泽民,王伯霞. 槟榔与白胡椒对猪囊尾蚴形态学改变的影响[J]. 现代中西医结合杂志,2003,12(3):237-238.
- [3] 张海德,黄玉林,范燕忠. 槟榔提取物对DPPH自由基的清除作用研究[J]. 食品科学,2008,29(8):74-77.
- [4] 黄玉林,袁腊梅,兰淑惠,等. 槟榔提取物抗菌活性的研究[J]. 食品科技,2009,34(1):202-204.
- [5] 李忠海,钟海雁,郑锦星,等. 槟榔提取物在小白鼠体内的抑菌作用[J]. 食品与机械,2007,23(5):81-83.
- [6] Han L, Zhang HD, Luo SS, et al. Optimization of ultrasound-assisted extraction of total phenol from betel (*Areca catechu* L.) nut seed and evaluation of antioxidant activity *in vitro*[J]. Afr J Biotechnol,2011,10(46):9289-9296.
- [7] Chavan YV, Singhal RS. Separation of polyphenols and arecoline from areca nut (*Areca catechu* L.) by solvent extraction, its antioxidant activity, and identification of polyphenols[J]. J Sci Food Agric,2013,93(10):2580-2589.
- [8] Wei JF, Yin ZH, Shang FD, et al. Antioxidant activities *in vitro* and hepatoprotective effects of *Lysimachia clethroides* Duby on CCl₄-induced acute liver injury in mice[J]. Afr J Pharm Pharmacol,2012,6(10):743-750.
- [9] Kang WY, Wang JM. *In vitro* antioxidant properties and *in vivo* lowering blood lipid of *Forsythia suspense* leaves[J]. Med Chem Res,2010,19:617-628.
- [10] Yin ZH, Wang JJ, Kang WY, et al. Antioxidant and α -glucosidase inhibitory activity of red raspberry (*Harrywaters*) fruits *in vitro*[J]. Afr J Pharm Pharmacol,2012,6(45):3118-3123.
- [11] Kang WY, Li CF, Liu YX. Antioxidant phenolic compounds and flavonoids of *Mitragyna rotundifolia* (Roxb.) Kuntze *in vitro* [J]. Med Chem Res,2010,19:1222-1232.