

番木瓜籽粕亚临界水提取物抗氧化活性研究

李幼梅, 白新鹏*, 陆腾达, 张云竹, 文杰

(海南大学食品学院, 海口 570228)

摘要: **目的** 评价亚临界水萃取条件对番木瓜籽粕抗氧化活性影响。**方法** 采用不同温度的亚临界水对番木瓜籽粕进行不同时间的提取, 通过测定番木瓜籽粕亚临界水提取液的 FRAP 值、对 DPPH、ABTS^{·+} 自由基的清除作用及还原能力评价其抗氧化能力。**结果** FRAP 法与还原能力评价番木瓜籽粕亚临界水提取液抗氧化活性呈相同趋势, 随反应时间延长呈现先增大、后降低的变化规律; 在温度上呈阶梯式分布, 随温度升高而增大, 低于 160 °C 时, FRAP 均值小于 200 μmol/L, 还原能力的均值小于 0.50; 温度高于 200 °C 时, FRAP 均值大于 280 μmol/L, 达 260 °C 开始降低。对 DPPH 自由基在 160 °C、220 °C 这两个温度具有较高清除能力, 清除 ABTS^{·+} 自由基则出现在 160 °C、240 °C。**结论** 亚临界水对番木瓜籽粕抗氧化活性的影响: 温度>时间, 对总抗氧化能力高温短时比低温长时间效果更佳, 从节能高效角度采用亚临界温度 240 °C, 反应 10 min 为最佳条件, 可高效、环保、无试剂污染萃取出番木瓜籽粕中的抗氧化成分。

关键词: 亚临界水; 番木瓜籽粕; 抗氧化活性

Study on antioxidant activities of extract by sub-critical water from papaya seed residues

LI You-Mei, BAI Xin-Peng*, LU Teng-Da, ZHANG Yun-Zhu, WEN Jie

(College of Food Science and Engineering, Hainan University, Haikou 570228, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the effects of antioxidant activities of extraction of papaya seed residues in sub-critical water. **Methods** The antioxidant activities of extraction of papaya seed residues made in sub-critical water by different temperature and time were assessed by the methods of FRAP value, the clearance rate of DPPH and ABTS^{·+} and the reducing power. **Results** It was found that the same trend of antioxidant activities of extraction by FRAP value and reducing capacity which changed with time. The FRAP value and reducing power of extraction were increased with the rising of temperature till 260 °C, which were revealed multistep distribution on temperature. When the temperature was lower than 160 °C, the average FRAP was less than 200 μmol/L, the average reducing capacity was lower than 0.50; when higher than 200 °C, the average FRAP was more than 280 μmol/L. The clearance rates of free radical of DPPH and ABTS^{·+} had the same trend, the maximal clearance of DPPH was indicated at the temperature of 160 °C and 220 °C, the ABTS^{·+} was emphasized at 160 °C and 240 °C. **Conclusion** The factor was impacted significantly on the antioxidant activity of extraction preferred temperature than time. The effect of total antioxidant activity of

基金项目: 2014 年海南省研究生创新科研项目(Hys2014-27)、海南大学研究生优秀学位论文培育计划第一批资助项目

Fund: Supported by the Postgraduate Student Innovation Scientific Research Project of Hainan Province in 2014 (Hys2014-27) and the First Funding Project of Excellent Dissertation of Postgraduate of Hainan University

*通讯作者: 白新鹏, 教授, 主要研究方向为粮油蛋白质工程。E-mail: xinpeng2001@126.com

*Corresponding author: BAI Xin-Peng, Professor, College of Food Science and Engineering, Hainan University, Haikou 570228, China. E-mail: xinpeng2001@126.com

extraction in sub-critical water of instantaneous high temperature was superior to that of low temperature for a long time. In consideration of energy-efficient, it was suggested that the extract of subcritical temperature 240 for 10 min could be as a preferable conditions.

KEY WORDS: sub-critical water; papaya seed residues; antioxidant activity

1 引言

番木瓜籽是番木瓜(*Carica papaya* L.)鲜食或加工后的副产物,作为废弃物丢弃,这样加重环境负担,同时浪费大量生物资源。番木瓜籽呈卵球形,约占番木瓜质量的 7%,据 FAO 统计,全球番木瓜年产量超 1000 万吨,累计废弃番木瓜籽可达 70 万吨/年。番木瓜籽营养成分丰富^[1,2],其中粗脂肪约 28.44%,粗蛋白约为 24.91%,必需氨基酸种类较齐全,含丰富的三萜类化合物^[3],具有一定的免疫活性;其中的甾醇可改善胆固醇异常、抑制动脉壁脂质沉淀^[4]。

氧化应激,即体内生成的过氧化物与抗氧化物之间的平衡关系,研究表明^[5-7]其与衰老、诸多慢性病(如癌症、动脉粥样硬化、老年痴呆等)密切相关。适当摄入具有抗氧化作用的物质(如维生素、多酚类等)起到抗氧化作用,延缓衰老及相关病变^[8,9]。因此,开发天然抗氧化成分成为国内外研究热点。目前,国内外关于番木瓜籽的抗氧化研究并不多见,Elisa Panzarini 等^[10]研究番木瓜籽水提取物对 Detroi 550 细胞作用,发现其可作为一种潜在自由基清除剂,具有清除 H_2O_2 的作用。

随现代科技迅猛发展,亚临界技术应运而生,并逐步用于活性成分提取,具有高效、环保等优点,且能够将生物质中的有效成分按极性由高到低进行连续萃取,无需使用酸、碱、催化剂。为充分利用生物资源,减轻环境压力,试验采用亚临界水装置对脱脂脱蛋白后的番木瓜籽粕进行水解,研究水提取物的抗氧化活性,旨在为番木瓜籽中价值成分的开发利用提供理论依据,以期实现最大化利用番木瓜籽资源,提高产业附加值。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

材料:番木瓜籽产自海南大学农学院种植园,番木瓜属番木瓜种红肉番木瓜,编号 HNsp5018。

试剂:石油醚、磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、无水

乙醇、盐酸、水杨酸、醋酸钠、冰醋酸、铁氰化钾、三氯乙酸、过氧化氢、高氯化铁、亚硫酸铁等均为分析纯(AR),购自广州化学试剂厂;1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)、2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐(ABTS)、2,4,6-三(2-吡啶)-1,3,5-三嗪(TPTZ)均为优级纯(GR),购自 Sigma。

2.2 原材料处理

自来水冲洗番木瓜籽,去除杂物,洗至干净,晾干至无水滴滴出,置于冻干机中-80℃,5 MPa 冷冻干燥,粉碎机粉碎,过 80 目筛。

脱脂处理:采用石油醚 1:30 (m:V)反复脱脂至脂类成分脱除干净,干燥。

脱蛋白处理:用磷酸盐缓冲液(pH8.0)1:50 (m:V)去除蛋白,重复 3 次,冷冻干燥后即番木瓜籽粕,2℃下贮藏。

活性成分提取:称取一定量的番木瓜籽粕在不同的亚临界温度下萃取一定时间,快速冷却室温,过滤,取滤液,定容,备用,即待测样品。

亚临界装置简图如图 1 所示:

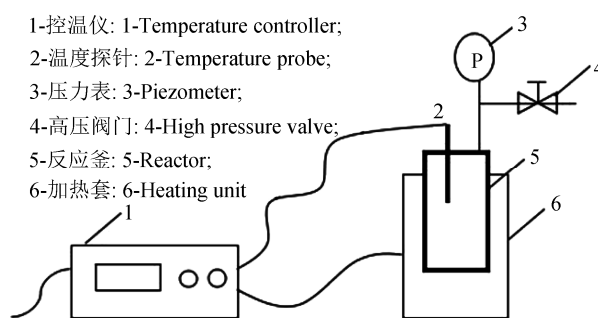


图 1 实验装置简图

Fig. 1 Diagram of experimental device

2.3 抗氧化活性测定方法

2.3.1 FRAP 法测定总抗氧化活性

参考 Benzie 和 Strain 等^[11]方法改进。取 40 mmol/L 的 HCl 溶液配制 10 mmol/L 的 TPTZ 溶液 2.5 mL、20 mmol/L 的 $FeCl_3$ 溶液 2.5 mL、0.3 mol/L pH

为 3.60 的 HAc-NaAc 缓冲液 25 mL, 混匀, 即为 TPTZ 工作液。

标准曲线建立: 配制 0、0.2、0.4、0.6、0.8、1 mmol/L 的 FeSO_4 溶液, 加入 3 mL TPTZ 工作液混匀, 37 °C 下水浴 30 min, 在波长 593 nm 下测吸光值, 以浓度为横坐标, 吸光值为纵坐标, 作出标准曲线, 如图 2 所示。根据工作曲线计算不同亚临界温度下的样液的抗氧化活性。抗氧化活性以 FRAP 值表示, 即每克番木瓜籽粕粉相当于 FeSO_4 物质的量($\mu\text{mol/L}$)。

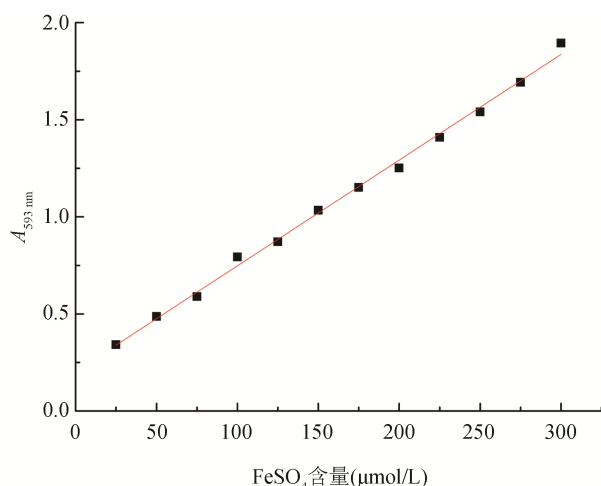


图 2 FRAP 标准曲线

Fig. 2 The standard curve for FRAP

样品测定: 取 3 mL 上述 TPTZ 工作液加入 1 mL 不同亚临界温度下的样液, 混匀, 37 °C 下水浴 30 min。以蒸馏水为空白对照, 在波长 593 nm 下测吸光值。每个样品做 3 个平行试验。

2.3.2 清除 DPPH 自由基能力

参考 Blois 方法^[12]改进, 用无水乙醇将 DPPH 配成浓度为 6.5×10^{-5} mol/L 的溶液。实验分为 3 组, 每组总体积为 4 mL, 第一组在试管中加入 3 mL 配制好的 DPPH 溶液和 1 mL 蒸馏水, 第二组在试管中加入 3 mL 配制好的 DPPH 溶液和 1 mL 待测样液, 第三组在试管中加入 3 mL 无水乙醇和 1 mL 待测样液, 摇匀, 在黑暗中反应 30 min, 取出, 在波长 517 nm 处测吸光值, 每个试样重复 3 次, 其中第一组记为 A_0 , 第二组记为 A_s , 第三组记为 B 。按公式(1)计算清除率。

$$D = [1 - (A_s - B) / A_0] \times 100\% \quad (1)$$

其中, D 为 DPPH 自由基清除率, A_0 为未加样的 DPPH 吸光值, A_s 为样品与 DPPH 反应后的吸光值, B

为样品空白吸光值。

2.3.3 清除 $\text{ABTS}^{\cdot+}$ 自由基能力

参考 Ozcan Erel 方法^[13]改进, 以 30 mmol/L 的 pH 为 3.60 的 HAc-NaAc 缓冲液为母液配制 2 mmol/L 的 H_2O_2 溶液, 以 2 mmol/L 的 H_2O_2 溶液为母液配制 10 mmol/L 的 $\text{ABTS}^{\cdot+}$ 溶液, 用 pH 为 3.60 的 HAc-NaAc 缓冲液稀释至波长 734 nm 下吸光值为 0.70 ± 0.02 。

取待测溶液 1 mL 加入 3 mL $\text{ABTS}^{\cdot+}$ 溶液, 混匀, 准确反应 3 min, 于 734 nm 处测吸光值, 每个试样做 3 次平行。计算不同亚临界温度下的样液的 $\text{ABTS}^{\cdot+}$ 清除率, 计算公式为(2)。

$$\text{ORSC}\% = 1 - (A_s - B) / A_0 \times 100\% \quad (2)$$

其中, A_0 为未加样的 $\text{ABTS}^{\cdot+}$ 的吸光值, A_s 为样品与 $\text{ABTS}^{\cdot+}$ 反应后的吸光值, B 为样品空白吸光值。

2.3.4 普鲁士蓝法测定还原能力

参考 Oyaizu 方法^[14]改进, 在 1 mL pH 为 6.6, 浓度 0.2 mmol/L 的磷酸盐缓冲液中加入待测样品, 再加入 1% 的铁氰化钾溶液 1 mL, 混匀, 在 50 °C 水浴反应 20 min 后, 再加入 1 mL 10% 的三氯乙酸溶液和 0.1% 的三氯化铁 0.2 mL, 反应 10 min 后, 在 700 nm 处测定吸光度。吸光度越高, 还原能力越强, 试验重复 3 次。以蒸馏水代替 FeCl_3 溶液作为空白调零。

3 结果与分析

3.1 FRAP 法测定总抗氧化活性

如图 3 所示, 在亚临界温度 140、160 °C 时, 番木瓜籽粕的 FRAP 值随时间延长而增大, 在 40 min 时出现最大 FRAP 值, 即 200.18、205.48 $\mu\text{mol/L}$; 反应 60 min 时, FRAP 值下降为 183.88、192.17 $\mu\text{mol/L}$ 。这可能是在低亚临界温度下, 反应釜中的水没有完全向亚临界水转变, 其极性、介电常数等性质没有发生很大变化, 番木瓜籽粕中的小部分强极性活性成分被萃取出。当温度为 180、200、220 °C 时, FRAP 值从 0 min 的 214.19、260.89、327.00 $\mu\text{mol/L}$ 升高至 180 °C 30 min 的最大值 313.26 $\mu\text{mol/L}$, 200、220 °C 20 min 的最大值 330.53、376.85 $\mu\text{mol/L}$, 此后, 反应时间延长 FRAP 值下降, 60 min 时, 下降为 286.71、254.84、270.23 $\mu\text{mol/L}$ 。当温度介于 180~220 °C, 最大 FRAP 提前出现在 20 至 30 min 处, 这可能是提高温度, 有利于亚临界水性质转变, 极性过渡为非极性, 介电常数减小, 番木瓜籽粕中的抗氧化活性有极性

到非极性连续溶出。当温度在 240 °C 时, 各反应时间的 FRAP 值均大于 400 $\mu\text{mol/L}$, 10 min 是整个体系的最大值 519.10 $\mu\text{mol/L}$ 。当温度为 260 °C 时, FRAP 值较 240 °C 开始下降。可见, 适当提高温度可加速萃取活性成分, 但温度过高, 抗氧化活性反而下降; 此外, 长时间高温会引起抗氧化活性降低。

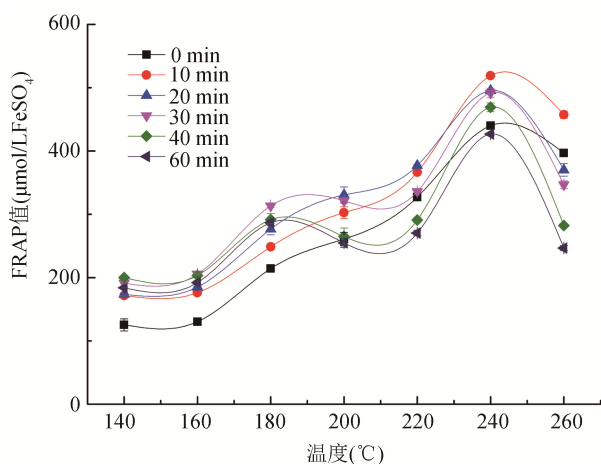


图 3 FRAP 值与亚临界温度及时间变化关系

Fig. 3 The FRAP value changes with sub-critical temperature and time

由图 3 可知, FRAP 值随反应时间延长呈现先增大、后降低的变化规律; 在反应温度上, FRAP 值出现阶梯式分布。FRAP 值在 140 °C 和 160 °C 下的均值分别为 174.34、182.15 $\mu\text{mol/L}$, 均小于 200 $\mu\text{mol/L}$; 当温度在 180、200、220 °C 时, FRAP 均值分别为 271.85、299.14、327.88 $\mu\text{mol/L}$, 梯度接近 30 $\mu\text{mol/L}$, 呈阶梯式增长; 当温度为 240 °C 时, FRAP 值出现最大值, 均值为 473.59 $\mu\text{mol/L}$; 当温度为 260 °C 后, FRAP 均值为 349.95 $\mu\text{mol/L}$ 。

3.2 清除 DPPH 自由基能力

从图 4 可知, 升温过程中番木瓜籽粕亚临界水提取液对 DPPH 自由基的平均清除率由 140 °C 的 53.03% 增大到 160 °C 的 74.62%, 当温度升高至 180、200 °C 时, 平均清除率为 68.76%、58.73%, 较 160 °C 降低, 当温度为 220 °C 时提高至 67.21%, 此后温度升高, 清除率下降。对 DPPH 自由基的清除率在 160 °C 达到最大, 当温度高于 160 °C 后, 清除率随温度升高呈现降低趋势, 但在 220 °C 出现升高的拐点。这可能是番木瓜籽粕中的多酚类成分在 160 °C 的亚临界水中可快速溶出, 多酚类是一种具有较高清除

DPPH 自由基能力的抗氧化物质, 当温度高于 160 °C 时, 可能引起多酚的降解反应, 导致清除 DPPH 自由基能力下降。研究表明^[15]利用亚临界水萃取红葡萄皮中的酚类物质, 发现酚酸在 100~160 °C 之间一直比较稳定, 提取物的氧自由基清除能力(ORAC)增加, 此温度下产生大量具有抗氧化性的低分子量酚类物质。当温度为 220 °C 时, 降解液对 DPPH 自由基的清除率为 67.21%, 这可能是番木瓜籽中的黄酮类成分溶出, 可一定程度上清除 DPPH 自由基, 提高抗氧化能力, 提高降解液对 DPPH 自由基的清除能力。有文献表明^[16], 在一定温度范围内, 一般升高温度会增大酚类物质的溶解度, 蒽醌在 220 °C 时的水中溶解度大约是其 125 °C 下的 6 倍, 可能提高温度, 使得水分子间作用力(偶极作用力和氢键作用)减弱, 从而增加样品的溶解性。当温度升至 260 °C, 由于体系温度过高, 抗氧化成分可能因高温失活或发生降解反应。

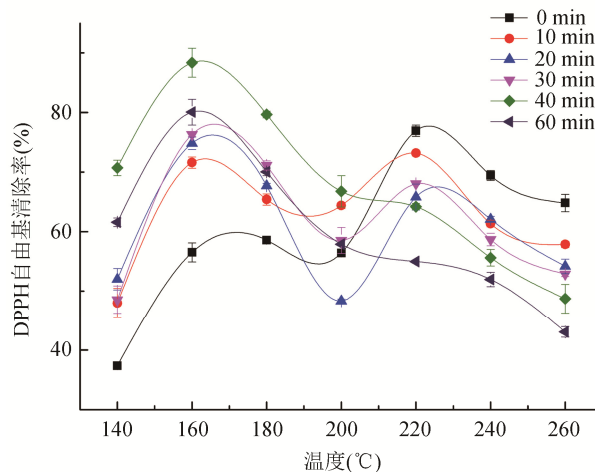


图 4 DPPH 自由基清除率与亚临界温度及时间变化关系

Fig. 4 The DPPH free radical clearance rate changes with sub-critical temperature and time

从反应时间可知, 当温度为 160 °C 时, 萃取液对 DPPH 自由基的清除率由 0 min 的 56.52% 增大至 40 min 的 88.37%, 但 60 min 降为 80.07%; 当温度为 220 °C 时, 保温反应 0 min, DPPH 自由基清除为 76.96%, 可见亚临界水实现高温瞬时提取。

3.3 清除 ABTS·⁺自由基能力

番木瓜籽粕亚临界水提取液对 ABTS·⁺自由基清除率随时间与温度变化如图 5 所示, 当温度为 140、160、180、200、220、240、260 °C 时, 对 ABTS·⁺自由基的平均清除率分别为 33.34%、65.25%、44.12%、

45.85%、60.77%、76.12%、65.05%。在 160 °C 具有较高的清除 $\text{ABTS}^{\cdot+}$ 自由基能力, 当温度为 180 °C 时, 下降至 44.12%, 这可能是温度升高使提取出来的多酚类物质失活。当温度为 200~240 °C 时, 新的抗氧化组分溶解出来, 提高清除 $\text{ABTS}^{\cdot+}$ 自由基能力。据文献^[17]报道, 海巴戟天中的蒽醌在高温时的溶解度较高。

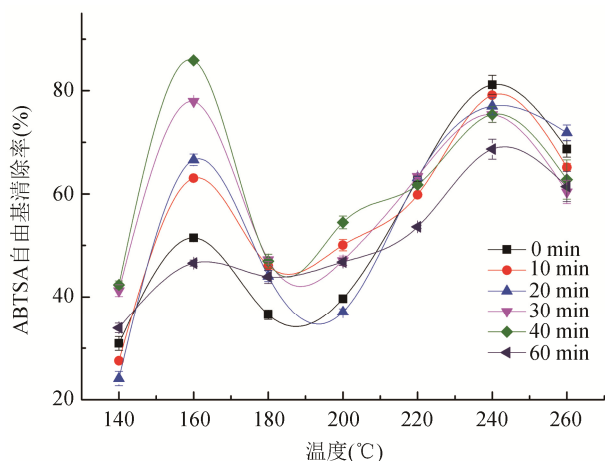


图5 $\text{ABTS}^{\cdot+}$ 自由基清除率与亚临界温度及时间变化关系
Fig. 5 The $\text{ABTS}^{\cdot+}$ free radical clearance rate changes with sub-critical temperature and time

3.4 普鲁士蓝法测定还原能力

番木瓜籽粕亚临界水提取液的还原能力随温度与时间的变化关系如图 6 所示, 温度为 140、160 °C 时, 番木瓜籽粕亚临界水提取液的还原能力均值低于 0.50。增加反应时间, 还原能力提高, 当反应 40 min 时出现最大值, 反应 60 min 时降为 0.485、0.536。可见, 当亚临界温度低于 160 °C 时, 反应釜中的水介于常态与亚临界状态, 番木瓜籽中的活性成分部分溶出, 此时, 适当延长反应时间有利于活性物质的溶出; 另一方面, 部分对温度敏感的成分可能因长时间处于高温高湿状态导致失活, 因此, 还原能力在 60 min 时降低。

温度在 160~240 °C, 随温度升高, 番木瓜籽粕的还原能力增大, 但在不同的温度下, 出现最大还原能力的时间不同, 温度越高, 反应时间越短, 反之, 温度低, 则需要长时间萃取。在 200 °C 之前, 特定温度下保温反应 40 min 出现最大还原能力; 当温度升高至 220 °C 时, 最大还原能力出现在反应 30 min 处; 当温度升高至 240 °C 后, 0 min 时还原能力最大。高温状态下, 反应釜中的水完成向亚临界水转变, 番木瓜籽

中的活性成分可被快速完成提取; 另一方面, 温度过高, 活性物质在高温高湿条件下可能降解成其他物质, 导致还原能力降低。260 °C 时, 还原能力较 240 °C 有所下降。

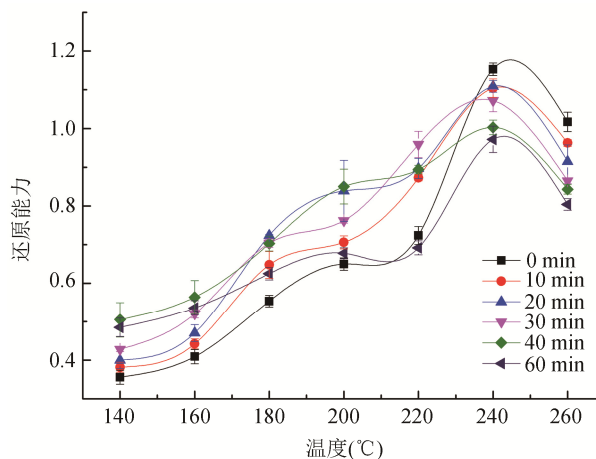


图6 还原能力与亚临界温度及时间变化关系
Fig. 6 Reducing power changes with sub-critical temperature and time

还原能力在反应温度上与 FRAP 值呈现相似趋势, 呈现阶梯式分布。当亚临界温度低于 160 °C 时, 还原能力的均值小于 0.50; 在亚临界温度为 180、200、220 °C 时, 还原能力均值分别为 0.66、0.75、0.84, 差值约为 0.09; 当温度为 240 °C 时, 还原能力为温度变化上的最大值, 为 1.07; 当温度为 260 °C 后, 还原能力下降至 0.90。

4 结 论

目前关于体外抗氧化活性的测定没有统一的标准, 现行的方法具有一定的局限性, 采用不同的体系评价天然产物的抗氧化活性表现出不同的结果。因此, 许多研究中均采用多种方法测定物质的抗氧化活性。本实验结合 FRAP、DPPH、 $\text{ABTS}^{\cdot+}$ 及还原能力 4 种抗氧化评定方法检测番木瓜籽粕亚临界水提取液的抗氧化活性, 结果显示, FRAP 法与还原能力评价番木瓜籽亚临界水抗氧化活性呈现相同趋势, 随反应时间延长呈现先增大、后降低的变化规律; 在温度上呈现阶梯式分布, 随温度变化, 波动较大。FRAP 法测总抗氧化能力中发现: FRAP 值在 140 °C 和 160 °C 的均值小于 200 $\mu\text{mol/L}$; 温度升高, FRAP 值增大, 当温度高于 200 °C 时, FRAP 均值大于 280 $\mu\text{mol/L}$, 当

温度为 260 °C, FRAP 均值为 349.95 $\mu\text{mol/L}$ 。当亚临界温度低于 160 °C 时,还原能力的均值小于 0.50; 亚临界温度为 180、200、220 °C 时,还原能力均值分别为 0.66、0.75、0.84,等梯度增大;当温度为 240 °C 时,是温度变化上的还原能力最大值,为 1.07;当温度为 260 °C 后,还原能力下降至 0.90。番木瓜籽亚临界水提取液清除 DPPH、ABTS $\cdot^+$ 自由基具有相似趋势,在 160 °C 具有较大的清除自由基能力,此后在温度升高过程中出现一个较高清除率的拐点。降解液清除 DPPH 自由基在 220 °C 出现升高的拐点,而清除 ABTS $\cdot^+$ 自由基则在 240 °C 出现上升拐点,这可能是对这两种不同自由基起清除作用的物质不同所致,即在清除机制上存在不同。

实验结果表明,不同体外抗氧化方法评定抗氧化结果不一,实验中应根据实际情况选取适合的抗氧化评定方法进行研究。根据抗氧化评定结果可知,番木瓜籽粕中含一定的抗氧化成分,可被亚临界水快速萃取,且亚临界水提取条件对其抗氧化的影响为:温度>时间,据总抗氧化能力结果,高温瞬时提取比低温长时间效果更佳,从高效节能角度考虑,确定亚临界温度 240 °C,反应 10 min 为番木瓜籽粕中的抗氧化成分提取条件。采用亚临界水技术提取番木瓜籽中的活性成分具有一定的可行性,且高效、快速、环保,这对于番木瓜产业废弃物的综合利用及绿色环保处理等方面具有长远的发展意义,可为进一步开发利用番木瓜籽粕中的有效成分提供理论依据。

参考文献

- [1] 邓楚津,钟益强,张良,等. 番木瓜籽基本成分及营养价值[J]. 营养保健, 2012, 33(6): 185-188.
Deng CJ, Zhong YQ, Zhang L, et al. Basic components and nutritional value of papaya seed [J]. Food Res Dev, 2012, 33(6): 185-188.
- [2] Li YM, Su N, Yang HQ, et al. The extraction and properties of carica papaya seed oil [J]. Adv J Food Sci Technol, 2015, 7(10): 773-779.
- [3] 王丽彬, 欧宁. 番木瓜中生物活性物质的提取及药理作用研究[J]. 现代中药研究与实践, 2008, 4: 15-18.
Wang LB, Ou N. Study on extraction of active component in carica papaya and its pharmacological action [J]. Res Prac Chin Med, 2008, 4: 15-18.
- [4] 李月, 陈锦屏, 段玉峰. 植物甾醇功能及开发前景展望[J]. 粮食与油脂, 2004, 5: 11-13.
Li Y, Chen JB, Duan YF. Prospect of development and functions of phytosterol [J]. J Cer Oils, 2004, 5: 11-13.
- [5] Li ZY, Wang Y, Shen WT, et al. Content determination of benzyl glucosinolate and anticancer activity of its hydrolysis product in *Carica papaya* L.[J]. Asi Pac J Tro Med, 2012, 5(3): 231-312.
- [6] Thao TT, Nguyen, Paul NS, et al. Anticancer activity of *Carica papaya* L.: A review [J]. Mol Nutr Food Res, 2012, 57(1): 153-164.
- [7] Neelam P, Saba K, Arpit B, et al. Cancer chemopreventive effects of the flavonoid-rich fraction isolated from papaya seeds [J]. Nutr Canc, 2014, 6 (5): 857-871.
- [8] Vijay K, Sriram S. Antioxidant activity of seed extracts of *Annona squamosa* and *Carica papaya* L. [J]. Nutr Food Sci, 2010, 40(4): 403-408.
- [9] Zhou KB, Wang H, Mei WL, et al. Antioxidant activity of papaya seed extracts [J]. Molecules, 2011, 16: 6179-6192.
- [10] Elisa P, Majdi D, Stefania M, et al. Administration dependent antioxidant effect of *Carica papaya* seed water extract [J]. Evi Com Alt Med, 2014, 2014: 1-13.
- [11] Benzie IFF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma as a measure of 'antioxidant power': the FRAP assay [J]. Anal Biochem, 1996, 239: 70-76.
- [12] Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical [J]. Natural, 1985, 181: 1199-1200.
- [13] Re R, Pellegrini R. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay [J]. Free Radcal Bio Med, 1999, 26(1): 1231-1237.
- [14] Oyaizu M. Studies on products of browning reaction: antioxidative activity of products of browning reaction [J]. Jap J Nutr, 1986, (40): 307-315.
- [15] 何李, 高彦祥. 亚临界水萃取植物酚类物质研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22: 722-727.
He L, Gao YX. Research and development of subcritical water extraction in plantphenolic compounds [J]. Nat Prod Res Dev, 2010, 22: 722-727.
- [16] Shot IA, Iatsongserm J, Pavasant P, et al. Sub-critical water extraction of anthraquinones from the roots of *Morinda citrifolia* [J]. Biotech Pro, 2004, 20: 1872-1876.
- [17] Pongnaravane B, Goto M, Sasaki M, et al. Extraction of anthraquinones from roots of *Morinda citrifolia* by pressurized hotwater: Antioxidant activity of extracts [J]. J of Supercritical Fluids, 2006, 37: 390-396.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



李幼梅, 在读硕士研究生, 主要研究方向为农产品加工及贮藏工程。
E-mail: 551907021@qq.com



白新鹏, 博士, 教授, 主要研究方向为农产品加工与贮藏。
E-mail: xinpeng2001@126.com

“食源性致病微生物”专题征稿

食源性致病微生物的危害一直是食品安全关注的焦点之一, 微生物污染造成的食源性疾病是世界食品安全中最突出的问题。常见的食源性致病微生物主要包括细菌、病毒、寄生虫等, 食源性病原体的种类仍在增加, 对食品安全以及人类自身健康已经构成了不容忽视的威胁。

鉴于此, 本刊特别策划了“食源性致病微生物”专题, 由南昌大学的许杨教授

担任专题主编。许教授为国务院特殊津贴专家, 国家重点学科食品科学学科带头人, 兼任中国营养学会第七届理事会理事, 中国微生物学会微生物毒素专业委员会委员, 国家自然科学基金评审委员会委员, 江西省营养学会理事长。

专题将围绕以下几个问题进行论述或您认为在“食源性致病微生物”方面有意义的研究方向, 计划在 2015 年 9 月出版。

- 1、食源性致病微生物的分离和检测新技术的研究;
- 2、主要食源性致病微生物控制的研究;
- 3、食源性致病菌的毒力特征与耐药性的研究;
- 4、低水分活度食品微生物安全的研究;
- 5、亚致死食源性致病菌的多重修复的研究;
- 6、食品生产过程中食源性致病微生物的防控研究;
- 7、食源性致病微生物的市场监控和溯源;
- 8、食源性致病微生物流行病学的调查与分析。

鉴于您在该领域的成就, 本刊编辑部及许杨教授特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请在 2015 年 8 月 20 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部