

doi:10.11937/bfyy.20172422

## 红枣可溶性膳食纤维的抗脂质过氧化作用

张丽芬, 韩娅婷, 邵佩兰, 谢惠, 郑安然

(宁夏大学农学院, 宁夏银川 750021)

**摘要:**以枣皮粉为试验材料,采用硫代巴比妥酸法(TBA法),探讨红枣可溶性膳食纤维对蛋黄卵磷脂、亚油酸、小鼠肝组织、红细胞膜脂质过氧化体系的影响,研究了红枣可溶性膳食纤维抗脂质过氧化的作用。结果表明:红枣可溶性膳食纤维对脂质过氧化、 $\text{Fe}^{2+}$ 诱发蛋黄卵磷脂脂质过氧化、亚油酸脂质过氧化具有一定的抑制作用,且随可溶性膳食纤维浓度增大,抑制作用逐渐增强;红枣可溶性膳食纤维能够抑制小鼠肝组织的脂质过氧化,对自发性脂质过氧化和  $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2$  诱导肝组织脂质过氧化的抑制作用较强,但对  $\text{H}_2\text{O}_2$  诱导的肝组织脂质过氧化抑制作用较弱;红枣可溶性膳食纤维对  $\text{H}_2\text{O}_2$  诱导的红细胞膜脂质过氧化和红细胞膜溶血有一定的保护作用,且呈一定的量效关系。红枣可溶性膳食纤维具有较好的体外抗脂质过氧化能力。

**关键词:**红枣;可溶性膳食纤维;脂质过氧化

**中图分类号:**S 665.101 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)21-0050-07

自由基是人体生命代谢活动过程中的产物。当机体处于正常状态时,自由基处于一种动态平衡;一旦机体发生病理情况,自由基的产生和清除就会失去平衡,自由基的数量会急剧增加<sup>[1]</sup>。自由基的氧化能力极强,在光热等条件下通过氧化作用于体内的蛋白质、脂肪、DNA等生物大分子损害组织器官<sup>[2]</sup>。如果长期处于这种氧化损伤状态会导致心血管疾病、慢性炎症、动脉粥样硬化、癌症等慢性疾病<sup>[3]</sup>。抗氧化剂常常被用于清除机体内产生的自由基,从而达到抑制或减少自由基导致的氧化应激损伤。目前使用的抗氧化剂多为化学合成抗氧化剂,其对人体健康有一定的潜在

毒性<sup>[4]</sup>。因此从天然动植物体内获得天然抗氧化剂引起了国内外学者的广泛关注。

红枣富含大量的维生素,且含有蛋白质、脂肪、糖类、纤维素和多种微量元素,经常食用可增加免疫力,抑制癌细胞,降低血清胆固醇,防治骨质疏松和贫血<sup>[5]</sup>。红枣大多以干果形式销售和消费,现已加工为枣汁、枣酒等产品<sup>[6]</sup>,但加工中会产生大量的枣渣,这些枣渣含有丰富的膳食纤维<sup>[7]</sup>,张华等<sup>[8]</sup>、张向前等<sup>[9]</sup>分别利用化学法、酶解法研究了红枣膳食纤维的提取工艺,邵佩兰等<sup>[10]</sup>对红枣膳食纤维脱色工艺进行了优化研究,赵梅等<sup>[11]</sup>采用纤维素酶-木聚糖酶对红枣渣膳食纤维进行酶法改性,杨艳艳等<sup>[12]</sup>采用纤维素酶通过响应面法优化了枣渣可溶性膳食纤维的提取工艺,前期研究表明红枣可溶性膳食纤维具有一定的抗氧化作用,但红枣可溶性膳食纤维抗脂质过氧化作用的研究尚鲜见报道。该试验通过研究红枣可溶性膳食纤维(soluble dietary fiber, SDF)体外抗脂质过氧化能力,以期为枣渣的综合利用、天然抗氧化剂的开发等提供参考依据。

**第一作者简介:**张丽芬(1992-),女,硕士研究生,研究方向为食品化学与营养。E-mail:445760926@qq.com.

**责任作者:**邵佩兰(1963-),女,本科,教授,研究方向为食品化学与营养和天然产物提取及应用。E-mail:nxshpl@163.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31260375);宁夏回族自治区食品科学与工程重点专业建设资助项目;宁夏回族自治区“十三五”优势特色学科建设资助项目。

**收稿日期:**2017-07-13

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

枣皮粉:提取红枣色素的枣渣经水洗、干燥、粉碎、过筛;纤维素酶(贮藏温度 30~80 °C, pH 2.5~7.5, 酶活 500 000 IU·g<sup>-1</sup>),宁夏夏盛实业集团有限公司;ICR 小鼠购自宁夏医科大学动物实验中心;无水乙醇、硫代巴比妥酸、三氯乙酸、三氯甲烷、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、氯化亚铁、氯化钠、亚油酸均为国产分析纯;大豆油、鸡蛋为食品级。

TDL-5-A 台式离心机(上海安亭科学仪器厂);101-3 型恒温干燥箱(上海东星建材试验设备有限公司);RE-52 系列旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂);SHB-III 循环水式多用真空泵(郑州长城科工贸有限公司);ST-02A 100 克多功能粉碎机(上海树立仪表有限公司);UV-2000 型紫外分光光度计(尤尼柯(上海)仪器有限公司)。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 红枣可溶性膳食纤维的制备

将枣皮粉按一定比例加水,于 120 °C 高温蒸煮 60 min,冷却,调 pH,加 0.5% 纤维素酶酶解,3 500 r·min<sup>-1</sup> 离心 5 min,取上清液浓缩至一定体积,冷却后加入 4 倍体积无水乙醇,沉淀 12 h 后离心收集沉淀、干燥,即得红枣可溶性膳食纤维(SDF)<sup>[13]</sup>。

#### 1.2.2 红枣 SDF 对脂质过氧化的影响

称取 10 mL 大豆油,加入适量红枣 SDF 于 48 °C 水浴中恒温 22 h,取样 1 mL 加入 0.67% 硫代巴比妥酸(TBA)溶液 2 mL,20% 三氯乙酸(TCA)2 mL,沸水浴 20 min 后,取出冷却至室温,加入三氯甲烷溶液 5 mL,充分摇匀,离心取上清液,于波长 532 nm 处比色测吸光,计算脂质过氧化抑制率。抑制率(%)=(A<sub>0</sub>-A<sub>1</sub>)/A<sub>0</sub>×100。式中:A<sub>0</sub> 为蒸馏水代替样品经过水浴处理的吸光值;A<sub>1</sub> 为加入红枣 SDF 的吸光值<sup>[14]</sup>。

#### 1.2.3 红枣 SDF 对蛋黄卵磷脂脂质过氧化的影响

新鲜鸡蛋去卵清,卵黄用等体积 pH 7.4, 0.1 mol·L<sup>-1</sup> 磷酸缓冲溶液(PBS)配制成 1:1 的悬液,磁力搅拌 10 min,再用 PBS 稀释成 1:25

的卵黄液。取卵黄悬液 0.2 mL,分别加入不同浓度红枣 SDF 溶液 1 mL,再分别加入 25 mmol·L<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 溶液 0.2 mL,用 PBS 补足 2 mL,对照管除不加样品溶液外其它试剂同前,并提前加入 50% 三氯乙酸溶液 0.5 mL,对照管与样品管同置于 37 °C 水浴温浴 4 h,取出后加入 50% 三氯乙酸溶液 0.5 mL,再加入 0.8% 硫代巴比妥酸(TBA)1 mL,混匀,置于 100 °C 水浴 20 min,冷却后 3 500 r·min<sup>-1</sup> 离心 15 min,取上清液在 532 nm 处测定吸光度。抑制率(%)=(A<sub>对照</sub>-A<sub>样品</sub>)/A<sub>对照</sub>×100<sup>[15]</sup>。

#### 1.2.4 红枣 SDF 对亚油酸脂质过氧化的影响

配制 2.5% 的亚油酸乙醇溶液作为底物溶液,加入 1 mL 不同浓度的红枣 SDF 溶液,混合均匀后置于培养箱中于 40 °C 下,培养 24 h 后取出 1 mL 待测样品,加入 1 mL 20% 三氯乙酸混匀,放置,终止反应。然后加入 1 mL 0.67% 的 TBA,于沸水浴中加热 10 min,冷却后 3 500 r·min<sup>-1</sup> 离心 15 min,取上清液在 532 nm 处测定吸光度。抑制率(%)=(A<sub>对照</sub>-A<sub>样品</sub>)/A<sub>对照</sub>×100<sup>[16]</sup>。

#### 1.2.5 红枣 SDF 对小鼠肝组织自发性脂质过氧化的影响

小鼠禁食 12 h 后,颈椎脱臼处死,迅速解剖取出肝脏,称重后在冰冷的生理盐水中进行研磨,制成 10% 的肝组织匀浆液,于冰箱中备用。取 10% 肝组织匀浆液 1 mL 和不同浓度的红枣 SDF 溶液 1 mL,对照管以 1 mL 蒸馏水代替样品溶液,置于试管中,37 °C 恒温水浴 4 h 后,加入 20% 三氯乙酸溶液 1 mL 终止反应,混匀后再加 0.67% 硫代巴比妥酸 1 mL,沸水浴加热 15 min,冷却后 3 500 r·min<sup>-1</sup> 离心 15 min,取上清液在 532 nm 处测定吸光度。抑制率(%)=(A<sub>对照</sub>-A<sub>样品</sub>)/A<sub>对照</sub>×100<sup>[17]</sup>。

#### 1.2.6 红枣 SDF 对 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 诱导小鼠肝组织脂质过氧化的影响

取上述 10% 肝组织匀浆液 1 mL,加入 1 mL 不同浓度的红枣 SDF 溶液,并加入 0.1 mL 100 mmol·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 启动反应,充分混匀于 37 °C 恒温水浴 4 h 后,加入 20% 三氯乙酸溶液 1 mL 终止反应,混匀后再加 0.67% 硫代巴比妥酸 1 mL,沸水浴加热 15 min,冷却后 3 500 r·min<sup>-1</sup> 离心 15 min,取上清液在 532 nm 处测定吸光度。

抑制率(%) =  $(A_{\text{对照}} - A_{\text{样品}}) / A_{\text{对照}} \times 100^{[17]}$ 。

### 1.2.7 红枣 SDF 对 $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2$ 联合诱导小鼠肝组织脂质过氧化的影响

取 1.2.5 所述 10% 肝组织匀浆液 1 mL 和不同浓度红枣 SDF 溶液 1 mL, 置于试管中, 再加入  $6 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{FeSO}_4$  溶液 0.1 mL 和  $40 \mu\text{L}$   $60 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{H}_2\text{O}_2$ , 在  $37^\circ\text{C}$  温浴 4 h 后, 加入 20% 三氯乙酸溶液 1 mL 终止反应, 混匀后再加 0.67% 硫代巴比妥酸 1 mL, 沸水浴加热 15 min, 冷却后  $3500 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$  离心 15 min, 取上清液在 532 nm 处测定吸光度。抑制率(%) =  $(A_{\text{对照}} - A_{\text{样品}}) / A_{\text{对照}} \times 100^{[17]}$ 。

### 1.2.8 红枣 SDF 对 $\text{H}_2\text{O}_2$ 诱导红细胞膜脂质过氧化的影响

小鼠眼球采血 1~2 mL 加入至含抗凝剂的离心管里, 用生理盐水 5~10 mL 洗涤 3 次 ( $3000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ), 每次 5 min, 除去上层液, 将红细胞配制成 0.5% 悬浮液。取 0.5% 红细胞悬液 0.5 mL 加入至对照管和样品管, 各管再加入生理盐水 1 mL, 加样管加入不同浓度的红枣 SDF 溶液 1 mL, 对照管和加样管分别加入  $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{H}_2\text{O}_2$  0.1 mL, 摇匀,  $37^\circ\text{C}$  恒温水浴 4 h, 加入 20% 三氯乙酸溶液 1 mL 终止反应, 混匀后再加 0.67% 硫代巴比妥酸 1 mL, 沸水浴加热 15 min, 冷却后  $3500 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$  离心 15 min, 取上清液在 532 nm 处测定吸光度。抑制率(%) =  $(A_{\text{对照}} - A_{\text{样品}}) / A_{\text{对照}} \times 100^{[18]}$ 。

### 1.2.9 红枣 SDF 对 $\text{H}_2\text{O}_2$ 诱导红细胞溶血的影响

取 0.5% 红细胞悬液 1 mL, 加入至各试管, 分为空白管、对照管、加样管, 加样管分别加入不同浓度红枣 SDF 溶液 1 mL, 摇匀, 对照管、加样管加入  $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{H}_2\text{O}_2$  0.05 mL, 空白管、对照管加生理盐水补足到同一体积, 摇匀  $37^\circ\text{C}$  水浴 4 h, 各管加生理盐水 4 mL,  $3000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$  离心 10 min, 取上清液于 415 nm 处测定吸光度 A, 以生理盐水标零。抑制率 =  $(A_{\text{对照}} - A_{\text{加样}}) / (A_{\text{对照}} - A_{\text{空白}}) \times 100^{[18]}$ 。

## 1.3 数据分析

所有试验进行 3 次重复测定, 测定结果以平均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 红枣 SDF 对脂质过氧化的影响

红枣 SDF 对脂质过氧化的影响结果(图 1)显示, 红枣 SDF 对脂质过氧化有较强的抑制作用, 且随 SDF 浓度增大, 抑制作用逐渐增强, 在  $0.4 \sim 0.8 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  范围内抑制脂质过氧化的作用增幅较缓,  $1.0 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  时抑制作用明显增强, 其抑制率达到 62.04%,  $\text{IC}_{50}$  为  $0.765 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ , 说明红枣 SDF 能有效的抑制脂质过氧化反应的发生, 延缓油脂中不和脂肪酸的氧化。

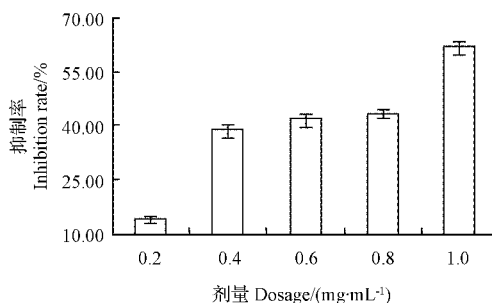


图 1 红枣 SDF 对脂质过氧化的影响

Fig. 1 Effect of soluble dietary fiber from jujube on lipid peroxidation

### 2.2 红枣 SDF 对蛋黄卵磷脂脂质过氧化的影响

红枣 SDF 对蛋黄卵磷脂脂质过氧化具有较好的抑制作用(图 2),  $\text{IC}_{50}$  为  $0.595 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ , 其抑制作用随 SDF 浓度增大而逐渐增强, 在  $0.2 \sim 0.6 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  范围内, 呈现一定的浓度依赖性, 但增幅较小, 超过  $0.6 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  时抑制作

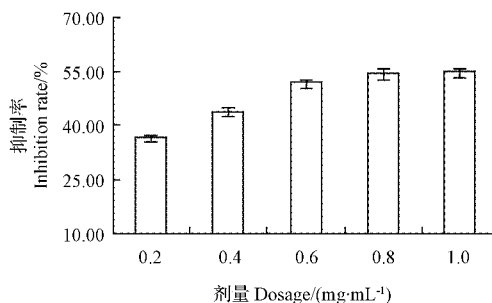


图 2 红枣 SDF 对蛋黄卵磷脂脂质过氧化的影响

Fig. 2 Effect of soluble dietary fiber from jujube on lipid peroxidation of egg lecithin

用逐渐趋于平缓,表明红枣 SDF 能够抑制卵磷脂的氧化,具有较好的抗脂质过氧化能力。

### 2.3 红枣 SDF 对亚油酸脂质过氧化的影响

由图 3 可知,红枣 SDF 对亚油酸脂质过氧化有抑制作用,但其抑制作用较弱,IC<sub>50</sub> 为 3.807 mg · mL<sup>-1</sup>。低浓度下,SDF 对亚油酸脂质过氧化的抑制作用很弱,0.4 mg · mL<sup>-1</sup>时的抑制率仅为 9.61%,但随 SDF 浓度增大,其抑制作用明显增强,呈现较明显的增幅趋势,2.0 mg · mL<sup>-1</sup>时的抑制率为 33.58%,较 0.4 mg · mL<sup>-1</sup>增加了 2.5 倍,表明红枣 SDF 能够减缓亚油酸脂质过氧化的速率,起到抑制作用但较弱。

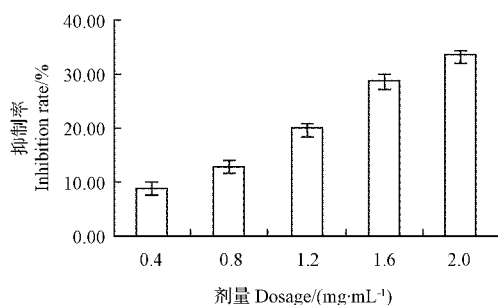


图 3 红枣 SDF 对亚油酸脂质过氧化的影响

Fig. 3 Effect of soluble dietary fiber from jujube on lipid peroxidation of linoleic acid

### 2.4 红枣 SDF 对小鼠肝组织自发性脂质过氧化的影响

红枣 SDF 能较好的抑制小鼠肝组织自发性脂质过氧化(图 4),且随 SDF 浓度的增大,抑制

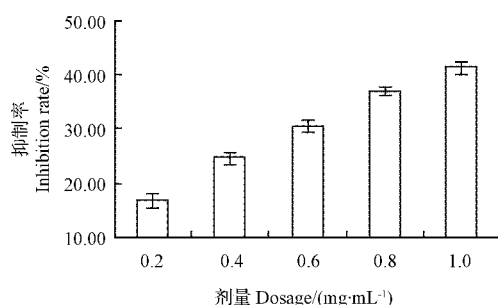


图 4 红枣 SDF 对小鼠肝组织自发性脂质过氧化的影响

Fig. 4 Effect of soluble dietary fiber from jujube on spontaneity liver lipid peroxidation in mice

作用逐渐增强,并呈现明显的浓度依赖性,其 IC<sub>50</sub> 为 1.584 mg · mL<sup>-1</sup>。肝脏是机体解毒和调节糖、脂代谢平衡的主要器官,含有丰富的线粒体。线粒体在呼吸链中利用电子传递产生大量的 ATP,是自由基的主要来源<sup>[19]</sup>,因此肝脏是自由基主要攻击的器官。自由基攻击肝组织细胞膜中多不饱和脂肪酸发生脂质过氧化反应,导致氧化损伤,试验结果表明,红枣 SDF 对小鼠肝组织自发性脂质过氧化有较好的抑制作用,对肝脏可起到一定保护作用。

### 2.5 红枣 SDF 对 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 诱导的小鼠肝组织脂质过氧化的影响

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 通过刺激肝脏使其产生过氧化物丙二醛(MDA),MDA 含量的多少表示组织伤害的程度,MDA 含量越多,表示对组织伤害程度越高<sup>[20]</sup>。因此,通过降低组织内 MDA 的含量是防止对组织细胞的损伤主要途径,从而起到延缓人体细胞衰老和预防某些疾病发生的作用<sup>[20]</sup>。红枣 SDF 对 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 诱导的小鼠肝组织脂质过氧化的影响结果(图 5)显示,红枣 SDF 对 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 诱导的小鼠肝组织脂质过氧化有抑制作用,能够抑制 MDA 的生成,但其 IC<sub>50</sub> 为 8.233 mg · mL<sup>-1</sup>,抑制作用较弱。在试验浓度范围内,红枣 SDF 的清除率呈平缓的增长趋势,1.0 mg · mL<sup>-1</sup>时,其抑制率仅达 21.29%。

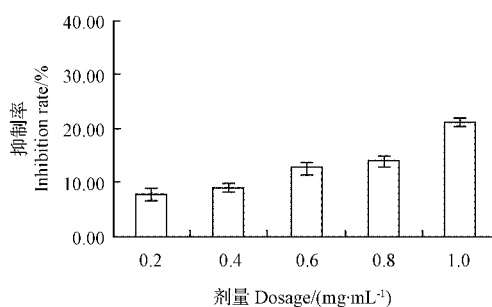


图 5 红枣 SDF 对 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 诱导的小鼠肝组织脂质过氧化的影响

Fig. 5 Effect of soluble dietary fiber from jujube on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced liver lipid peroxidation in mice

### 2.6 红枣 SDF 对 Fe<sup>2+</sup> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 联合诱导的小鼠肝组织脂质过氧化的影响

Fe<sup>2+</sup> 是一种常见的自由基链式反应促进剂,

当有  $\text{Fe}^{2+}$  存在时,  $\text{H}_2\text{O}_2$  可生成具有很强活性的  $\cdot\text{OH}$ , 促进多不饱和脂肪酸的氧化, 使得 MDA 含量增多, 导致细胞的结构和生理功能被破坏<sup>[21]</sup>。红枣 SDF 对  $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2$  联合诱导的小鼠肝组织脂质过氧化的影响结果(图 6)显示, 红枣 SDF 对  $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2$  联合诱导的小鼠肝组织损伤起到一定的保护作用, 且随 SDF 浓度的增大, 抑制作用逐渐增强,  $\text{IC}_{50}$  为  $2.135 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ , 说明红枣 SDF 能够减少  $\cdot\text{OH}$  的生成, 进而降低 MDA 含量, 对肝细胞起保护作用。

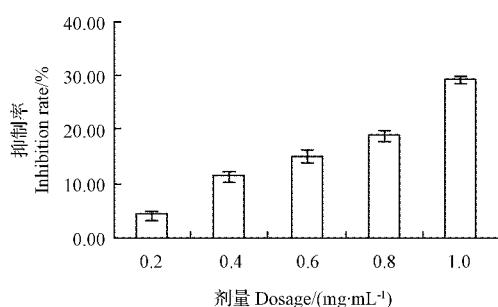


图 6 红枣 SDF 对  $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2$  联合诱导的小鼠肝组织脂质过氧化的影响

Fig. 6 Effect of soluble dietary fiber from jujube on  $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2$  induced liver lipid peroxidation in mouse

## 2.7 红枣 SDF 对 $\text{H}_2\text{O}_2$ 诱导的红细胞膜脂质过氧化的影响

脂质过氧化产物是造成细胞膜结构破坏和细胞损伤的重要原因之一<sup>[22]</sup>。红细胞膜在  $\text{H}_2\text{O}_2$  诱导下发生氧化反应, 从而造成细胞膜破损。因此降低红细胞膜脂质过氧化物的生成速率或加速过氧化物的清除<sup>[22]</sup>, 可有效防止红细胞发生氧化损伤。红枣 SDF 对  $\text{H}_2\text{O}_2$  诱导的红细胞膜脂质过氧化有较强的抑制作用(图 7), 其  $\text{IC}_{50}$  为  $0.766 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ , 抑制作用随 SDF 浓度的增大呈现明显的增强趋势。低浓度时, 红枣 SDF 对红细胞膜脂质过氧化的抑制能力较弱,  $1.0 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  时抑制率可达到 69.39%, 能显著抑制红细胞膜发生脂质过氧化反应。

## 2.8 红枣 SDF 对 $\text{H}_2\text{O}_2$ 诱导红细胞溶血的影响

自由基与红细胞膜上的多不饱和脂肪酸发生脂质过氧化, 导致红细胞畸形, 变形性降低, 脆性增加, 使得红细胞破溶<sup>[23]</sup>。向红细胞悬液中加入

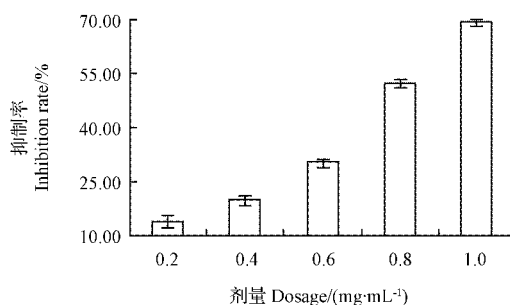


图 7 红枣 SDF 对  $\text{H}_2\text{O}_2$  诱导的红细胞膜脂质过氧化的影响

Fig. 7 Effect of soluble dietary fiber from jujube on  $\text{H}_2\text{O}_2$ -induced erythrocyte lipid peroxidation in mice

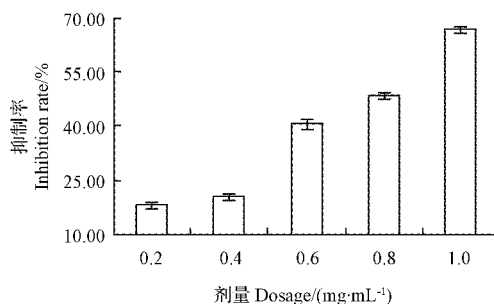


图 8 红枣 SDF 对  $\text{H}_2\text{O}_2$  诱导红细胞溶血的影响

Fig. 8 Effect of soluble dietary fiber from jujube on  $\text{H}_2\text{O}_2$ -induced erythrocytic hemolysis

红枣 SDF, 由图 8 可知, 其对  $\text{H}_2\text{O}_2$  诱导红细胞溶血有较强的抑制作用, 其  $\text{IC}_{50}$  为  $0.759 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。随 SDF 浓度增大, 红枣 SDF 对  $\text{H}_2\text{O}_2$  诱导红细胞溶血的抑制作用逐渐增强,  $0.4 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  以下抑制作用较弱, 其抑制率为 19.58%,  $1.0 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  时, 其抑制作用明显增强, 抑制率高达 66.67%, 表明红枣 SDF 能够有效抑制  $\text{H}_2\text{O}_2$  对红细胞的氧化作用, 阻止红细胞损伤破裂, 降低红细胞的溶血率。

## 3 结论

细胞膜上含有大量多不饱和脂肪酸, 其与自由基发生脂质过氧化反应。脂质过氧化严重破坏细胞膜结构, 生成对细胞具有毒性作用的过氧化物, 致使蛋白质氧化、DNA 突变甚至断裂、细胞膜起泡等, 使得人体代谢失衡, 易引起心脏病、脑缺血、癌症和衰老等疾病, 影响人们的身体健康<sup>[24]</sup>。

该试验通过多种方法全面考察了红枣可溶性

膳食纤维的抗脂质过氧化活性。结果表明,红枣 SDF 具有一定抑制脂质过氧化的能力,且随红枣 SDF 浓度的增大,抑制作用逐渐增强。同时对蛋黄卵磷脂也表现出较强的抗脂质过氧化能力。红枣 SDF 可抑制亚油酸发生脂质过氧化,其抑制作用具有量效关系。红枣可溶性膳食纤维不仅可以抑制小鼠肝组织自发性脂质过氧化产物 MDA 的生成,对由  $\text{H}_2\text{O}_2$ 、 $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2$  诱导的脂质过氧化也能够起到抑制作用。 $\text{H}_2\text{O}_2$  能与红细胞作用发生脂质过氧化产生 MDA,损伤红细胞膜,进而产生溶血现象。当加入红枣 SDF 后,对红细胞膜脂质过氧化和溶血现象有明显的抑制作用,其抑制作用随着 SDF 浓度的增大而增强。因此,红枣可溶性膳食纤维具有一定的抗脂质过氧化作用,为进一步开发红枣 SDF 作为抗氧化剂提供了理论依据。

## 参考文献

- [1] 肖彩虹. 岗梅功效成分及抗氧化、抑菌活性研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2014: 3-5.
- [2] 王丹. 核桃花粉化学和营养成分提取及抗氧化活性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015: 5-9.
- [3] 付明, 夏伟, 刘盛贵, 等. 藜蒿绿原酸的提取及抗脂质过氧化作用研究[J]. 怀化学院学报, 2011(5): 23-27.
- [4] 黄晓冬, 庄勋, 仇梁林, 等. BHT 亚急性毒性及致肺巨噬细胞凋亡作用[J]. 中国公共卫生, 2006, 22(10): 1216-1218.
- [5] 王军, 张宝善, 陈锦屏. 红枣营养成分及其功能的研究[J]. 食品研究与开发, 2003, 24(2): 68-72.
- [6] 韩立英, 张倩倩. 枣渣中可溶性膳食纤维的提取[J]. 食品工业, 2012, 33(4): 67-69.
- [7] 陶永霞, 周建中, 武运, 等. 酶碱法提取枣渣可溶性膳食纤维的工艺研究[J]. 食品科学, 2009, 30(20): 118-121.
- [8] 张华, 段倩, 张可, 等. 化学法提取红枣渣中不溶性膳食纤维工艺研究[J]. 北方园艺, 2013(14): 143-145.
- [9] 张向前, 任兰兰, 贺晓龙, 等. 酶解法提取红枣膳食纤维的工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(1): 113-115.
- [10] 邵佩兰, 郭晓丹, 马奇虎, 等. 红枣膳食纤维脱色工艺的优化[C]. 第十二届全国营养科学大会论文汇编, 2015.
- [11] 赵梅, 许学勤, 许艳顺, 等. 纤维素酶-木聚糖酶对红枣渣膳食纤维的酶法改性[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(5): 11-15.
- [12] 杨艳艳, 许牡丹, 杨雯, 等. 响应面法优化枣渣可溶性膳食纤维提取工艺的研究[J]. 陕西科技大学学报, 2012, 30(1): 8-11.
- [13] 姚文华, 胡玉宏, 邱承军, 等. 酶法制备枣膳食纤维与应用的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(1): 139-141.
- [14] MURZAKHMETOVA M, MOLDAKARIMOV S, TANCHEVA L, et al. Antioxidant and prooxidant properties of a polyphenol-rich extract from *Geranium sanguineum* L. *in vitro* and *in vivo*[J]. Phytother Res, 2008, 22(6): 746-751.
- [15] 张尔贤. 菊花提取物的抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2000, 21(1): 6-10.
- [16] 孟洁, 杭湖. 诃子抗氧化作用的研究[J]. 食品科学, 2000, 21(2): 9-10.
- [17] 展锐, 库尔班, 苟萍, 等. 火绒草提取物抗氧化活性的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(3): 153-159.
- [18] HE H B, QIN W, ZENG J H, et al. Studies on the effects of triterpenoid saponins from akebiae fructus in anti-liperoxidant and anti-erythrocyte haemolysis *in vitro*[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2016, 75(7): 24-36.
- [19] 吴娜, 蔡光明, 何群. 氧化应激与肝脏损伤[J]. 世界华人消化杂志, 2008, 16(29): 3310-3315.
- [20] 陈亚莉. 破壁灵芝孢子有效成分提取及活性研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2014: 18-22.
- [21] 贺海波, 秦文, 曾建红, 等. 预知子三萜皂苷体外抗脂质过氧化和红细胞溶血作用的研究[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(7): 1758-1761.
- [22] PI J H, HU C T, ZHENG Q, et al. Studies on the effects of polysaccharide from *Rosa laevigata* Michx in anti-liperoxidant and anti-erythrocyte haemolysis *in vitro*[J]. Journal of Huaihua University, 2012, 50(5): 156-162.
- [23] 张瑞莲. 左旋、右旋及外消旋虾青素抗脂质过氧化活性差异的研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2016: 3-5.
- [24] 蔡秀成, 郭英, 陈秋丽. 芦荟的体外抗脂质过氧化作用[J]. 食品科学, 2001, 22(7): 83-85.

## Effects of Soluble Dietary Fiber From Jujube in Anti-liperoxidant

ZHANG Lifan, HAN Yating, SHAO Peilan, XIE Hui, ZHENG Anran  
(College of Agriculture Science, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

**Abstract:** To study the anti-liperoxidant *in vitro* of soluble dietary fiber from jujube. With jujube powder as test materials, the effects of soluble dietary fiber on lipid peroxidation system of egg lecithin, linoleic acid, mice liver tissue and erythrocyte membrane was discussed by thiobarbituric acid

doi:10.11937/bfyy.20170676

## 山杏良种枝接繁殖技术体系优化

陈建华<sup>1</sup>, 董胜君<sup>1</sup>, 安国杰<sup>1</sup>, 刘明国<sup>1</sup>, 吴月亮<sup>1</sup>, 刘立新<sup>2</sup>

(1. 沈阳农业大学 林学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 辽宁省喀左县林业局, 辽宁 喀左 122300)

**摘要:**以山杏良种为试材,采用正交实验设计,优化了其枝接繁殖技术,以期提出低成本、高效率的枝接关键技术,为优化和完善山杏良种快繁技术体系提供技术支撑。结果表明:不同处理的枝接效果差异显著,母树年龄、采穗部位、接穗斜面长度对枝接效果均有显著影响。不同处理的枝接工效差异明显,采穗部位、接穗斜面长度对枝接工效影响显著。7号处理,即接穗斜面长度1.5 cm、母树年龄1年、采穗部位枝条下段,嫁接高度4 cm,枝接效果最好,其成活率、嫩枝粗度和嫩枝长度分别为98.67%、7.38 mm和94.32 cm;7号处理枝接工效用时为29.67 min,平均可节约生产成本31.7%。综合枝接效果和工效,7号处理成活率高,生长效果好,工效快,成本低,为最优组合,可以在山杏良种推广中加以应用。

**关键词:**山杏良种;枝接;技术优化

**中图分类号:**S 662.203.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)21-0056-06

山杏(*Armeniaca sibirica*)属蔷薇科李亚科杏属木本植物,是亚洲特有的生态经济型树种<sup>[1-2]</sup>,发展山杏产业,对加快我国三北防护林建

设,改善生态环境以及促进林农增收等方面均能起到积极作用<sup>[3]</sup>。但杏核产量低且不稳的现象成为制约山杏产业发展的主要“瓶颈”<sup>[4]</sup>,因此,选育山杏良种、建立快繁技术体系、加速良种化进程对山杏产业的发展至关重要<sup>[5]</sup>。为此,沈阳农业大学山杏课题组自1995年开始了山杏种质资源调查、良种选育等工作,并于2014年审定了“山杏1号”等4个山杏良种。目前,在生产上嫁接繁殖是山杏良种扩繁的重要途径,国内外也有较多关于山杏嫁接方法的研究,但对于嫁接成活率、生长量等嫁接效果以及嫁接工效的影响因素研究尚鲜见

**第一作者简介:**陈建华(1992-),女,硕士研究生,研究方向为林木种苗及经济林。E-mail:1280430678@qq.com.

**责任作者:**董胜君(1974-),男,硕士,副教授,现主要从事林木种苗及经济林等研究工作。E-mail:dsj928@163.com.

**基金项目:**中央财政林业科技推广示范资金资助项目(辽[2015]TG01)。

**收稿日期:**2017-07-14

(TBA) method. The results showed that, soluble dietary fiber from jujube had inhibition on lipid peroxidation, the yolk lipoprotein peroxidation induced by  $\text{Fe}^{2+}$  and linoleic acid peroxidation, and the inhibitory effect was increased with the increase of the concentration of soluble dietary fiber from jujube. Soluble dietary fiber from jujube could inhibit the mice liver lipid peroxidation. The inhibitory effect on spontaneity liver lipid peroxidation and liver lipid peroxidation induced by  $\text{H}_2\text{O}_2$  were stronger, but on liver lipid peroxidation inhibition induced by  $\text{H}_2\text{O}_2$  was weaker. The soluble dietary fiber from jujube had protective function on erythrocyte membrane lipid peroxidation and erythrocytic hemolysis induced by  $\text{H}_2\text{O}_2$ , and it showed a dose-effect relationship. From this experiment concluded that, the soluble dietary fiber from jujube had better ability of anti lipid peroxidation *in vitro*.

**Keywords:** jujube; soluble dietary fiber; lipid peroxidation