

油脂化学

不同工艺山茶油中生物活性物质含量的比较

谭传波¹, 田 华¹, 赖琼玮¹, 周刚平¹, 杨耀学¹, 陈劲松¹, 吴美芳², 谢妍祎²

(1. 湖南大三湘茶油股份有限公司, 湖南 衡阳 421141; 2. 长沙理工大学 化学与生物工程学院, 长沙 410114)

摘要:以不同工艺(冷榨法、热榨法、超临界 CO₂ 萃取法、水酶法、浸出法、鲜榨法)山茶油为研究对象,研究了其多酚、黄酮、原花青素、总三萜和木脂素含量。结果表明:冷榨毛油中多酚、黄酮、原花青素、木脂素和总三萜含量高于浸出毛油;超临界 CO₂ 萃取山茶油和水酶法山茶油中多酚、黄酮、总三萜和木脂素含量较高;鲜榨山茶油中多酚、黄酮、原花青素、木脂素和总三萜含量分别为 271.6、157.2、1 400.0、180.0 mg/kg 和 12.5 mg/g,均远高于其他工艺。鲜榨山茶油是一种高品质食用油,具有广阔的食用和药用价值。

关键词:山茶油;鲜榨山茶油;多酚;黄酮;原花青素;总三萜;木脂素

中图分类号:TS225.1;TQ646.4 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2018)12-0041-05

Comparison of contents of bioactive substances in oil – tea camellia seed oils from different processes

TAN Chuanbo¹, TIAN Hua¹, LAI Qiongwei¹, ZHOU Gangping¹, YANG Yaoyue¹, CHEN Jinsong¹, WU Meifang², XIE Yanyi²

(1. Hunan Great Sanxiang Camellia Oil Co., Ltd., Hengyang 421141, Hunan, China; 2. School of Chemistry and Bio-Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410114, China)

Abstract: With oil – tea camellia seed oils from different processes (cold pressing, hot pressing, solvent extraction, supercritical CO₂ extraction, fresh pressing and aqueous enzymatic extraction) as research objects, the contents of polyphenols, flavonoids, procyaninides, total triterpenoids and lignins were studied. The results showed that the contents of polyphenols, flavonoids, procyaninides, total triterpenoids and lignins in crude cold pressed oil were higher than those in crude solvent extracted oil. The contents of polyphenols, flavonoids, total triterpenoids and lignins in oil – tea camellia seed oils extracted by supercritical CO₂ and aqueous enzymatic method were higher. The contents of polyphenols, flavonoids, procyaninides, lignins and total triterpenoids in fresh pressed oil – tea camellia seed oil were 271.6, 157.2, 1 400.0, 180.0 mg/kg and 12.5 mg/g, which were far higher than those in the other five processes. The fresh pressed oil – tea camellia seed oil was a kind of high – quality edible oil, and had wide edible and medicinal value.

Key words: oil – tea camellia seed oil; fresh pressed oil – tea camellia seed oil; polyphenols; flavonoids; procyaninides; total triterpenoids; lignins

山茶油含有油酸、亚油酸、亚麻酸、生育酚、植物甾醇和角鲨烯等营养物质,长期食用,具有降低胆固醇、预防心血管疾病的作用^[1-3]。目前,山茶油提取

工艺有热榨法、浸出法、超临界流体萃取法、水酶法和冷榨法,这些工艺要求山茶籽水分含量低,因此山茶籽需要经过自然晾晒或机械干燥降低水分,在此期间山茶籽由于热效应和自身呼吸作用品质下降,热榨法和浸出法得到的山茶毛油必须经过精炼工艺才能达到食用要求,山茶油中营养物质也遭到严重破坏。

收稿日期:2018-03-15;修回日期:2018-08-15

基金项目:2018年度湖南省科技重大专项(2018NK1030)

作者简介:谭传波(1986),男,硕士,主要从事食用油脂副产物开发研究工作(E-mail)tcb315@163.com。

通信作者:田 华,工程师(E-mail)tianhua@dasanxiang.com。

天然生物活性物质如多酚具有抗氧化、抗炎、抗肿瘤、抗辐射、调节血脂、防治动脉粥样硬化、抗病毒等药理学活性^[4-6]；黄酮具有抗肿瘤、抗心血管疾病、抗炎、提高免疫力、抗病毒、抗氧化等药理学活性^[7-9]；原花青素具有调节免疫与抗炎、护肝降脂、保护肠道损伤、防治动脉粥样硬化、抗紫外线、保护视神经、抗氧化等药理学活性^[10-12]；三萜类化合物（以下简称总三萜）具有广泛的生理活性，即保肝、抗肿瘤、抗 HIV-1 及 HIV-1 蛋白酶活性、抗带状疱疹病毒及增加免疫力等诸多功效^[13-14]；木脂素具有抗氧化、抗肿瘤、护肝等药理学活性^[15-16]。本研究以不同工艺山茶油为研究对象，测定其天然活性物质多酚、黄酮、原花青素、总三萜和木脂素含量，以期获得鲜榨山茶油的全面价值提供指导。

1 材料与方法

1.1 实验材料

新鲜山茶果：水分 55%，取自湖南大三湘茶油股份有限公司；食品级提取液（以下简称提取液）：市购，无毒害，且不与浆液体系发生化学反应；多酚标准品（UV 级，纯度 $\geq 98\%$ ）； α -淀粉酶（枯草杆菌，BR, 4 000 U/g）；酸性蛋白酶（BR, 50 U/mg）；纤维素酶（绿色木霉，BR, 50 U/mg）；果胶酶（BR, 500 U/mg）；芦丁标准品（HPLC 级，纯度 $\geq 98\%$ ）；原花青素标准品（UV 级，纯度 $\geq 95\%$ ）；熊果酸标准品（HPLC 级，纯度 $\geq 98\%$ ）；亚麻木酚素标准品（HPLC 级，纯度 $\geq 98\%$ ）；福林酚溶液：上海源叶生物科技有限公司；蒸馏水；其他试剂均为分析纯。

MS205DU 型电子天平：梅特勒-托利多（常州）测量技术有限公司；T6 新世纪紫外分光光度计：北京普析通用仪器有限责任公司；WBS-11 恒温水浴锅；SHDL-DZF6020D 干燥箱；H-1850 高速离心机：上海利鑫离心机有限公司；YF-J503 家用榨油机：东莞市房太电器有限公司；多功能粉碎机：上海广沙工贸有限公司；HA120-50-01 型超临界萃取装置：江苏南通华安超临界萃取有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 山茶油的提取

浸出法制油：新鲜山茶果机械剥壳后得到新鲜山茶籽，在 60℃ 鼓风烘干 36 h 后水分达到 10%，脱除籽壳，粉碎，过 100 目分析筛，称取 100 g 过筛山茶籽仁粉加入 500 mL 石油醚（30~60℃）在 90℃ 下冷凝回流进行萃取 40 min，过滤收集清液，滤渣再加入 500 mL 石油醚重复前面操作步骤，合并清液，在温度 50℃、真空度 0.1 MPa 下旋蒸至无溶剂滴下，得到浸出毛油。

热榨法制油：新鲜山茶果机械剥壳后得到新鲜山茶籽，在 60℃ 鼓风烘干 36 h 后水分达到 10%，脱除籽壳，粉碎，过 100 目分析筛，将过筛山茶籽仁粉加入少量粉碎籽壳在轴芯温度 130℃ 下压榨得到热榨毛油。

水酶法制油：新鲜山茶果机械剥壳后得到新鲜山茶籽，在 60℃ 鼓风烘干 36 h 后水分达到 10%，脱除籽壳，粉碎，过 100 目分析筛，称取 100 g 过筛山茶籽仁粉，在料液比 1:5、pH 6.0、60℃ 下加入料液体系质量 1% α -淀粉酶、1% 纤维素酶和 1% 果胶酶，酶解 2 h 后再加入料液体系质量 2% 酸性蛋白酶酶解 2 h，离心，收集上清油相，得到水酶法山茶油。

冷榨法制油：新鲜山茶果机械剥壳后得到新鲜山茶籽，在 60℃ 鼓风烘干 36 h 后水分达到 10%，脱除籽壳，粉碎，过 100 目分析筛，将过筛山茶籽仁粉加入少量粉碎籽壳控制出饼温度 60℃ 下压榨得到冷榨毛油。

超临界 CO₂ 萃取制油：新鲜山茶果机械剥壳后得到新鲜山茶籽，在 60℃ 鼓风烘干 36 h 后水分达到 10%，脱除籽壳，粉碎，过 100 目分析筛，称取 1 kg 过筛山茶籽仁粉，在萃取压力 30 MPa、萃取温度 45℃ 条件下萃取 1.5 h，得到超临界 CO₂ 萃取山茶油。

鲜榨山茶油：新鲜茶果机械脱壳后得到新鲜山茶籽，水洗后直接进行压榨得到山茶籽浆液，将山茶籽浆液在 90℃ 下按照料液比 4:1（山茶籽浆液的质量与提取液的体积比）加入无毒害且不与浆液体系发生化学反应的食品级提取液提取 40 min，后进行油脂分离得到鲜榨山茶毛油，再经脱水和过滤得到鲜榨山茶油。

1.2.2 山茶油中多酚、黄酮和原花青素提取

称取 10 g 山茶油于烧瓶中（精确到 0.000 1 g），加入 20 mL 60% 乙醇溶液，在 70℃ 下搅拌萃取 1 h，离心，收集上清液，将山茶油再次用 20 mL 60% 乙醇溶液，在 70℃ 下搅拌萃取 1 h，离心，收集上清液，合并两次上清液并转移至 50 mL 容量瓶中，用 60% 乙醇溶液定容，待测。

1.2.3 山茶油中总三萜和木脂素提取

称取 3 g 山茶油于烧瓶中（精确到 0.000 1 g），加入 20 mL 无水乙醇，在 70℃ 下搅拌萃取 1 h，离心，收集上清液，将山茶油再次用 20 mL 无水乙醇，在 70℃ 下搅拌萃取 1 h，离心，收集上清液，合并两次上清液并转移至 50 mL 容量瓶中，用无水乙醇定容，待测。

1.2.4 多酚含量测定

标准曲线制作：将多酚标准品用 60% 乙醇溶液

溶解,并制备 20、40、60、80、100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的标准梯度溶液,吸取 1 mL 各标准梯度溶液分别置于 10 mL 容量瓶中,分别加入 1 mL 福林酚溶液和 2 mL 7.5% 碳酸钠溶液,摇匀,用蒸馏水定容至刻度,室温反应 1 h,在波长 760 nm 处测定吸光度,以吸光度(A)为纵坐标,多酚标准溶液质量浓度(X)为横坐标,绘制标准曲线,回归方程为: $A = 0.0085X - 0.1014$ ($R^2 = 0.9905$)。

样品检测:吸取 1 mL 待测溶液,按照标准曲线测定方法,测定其在波长 760 nm 处吸光度,根据吸光度在标准曲线上找出对应的质量浓度并计算多酚含量。

1.2.5 黄酮含量测定

标准曲线制作:将芦丁标准品用 60% 乙醇溶液溶解,并制备 20、40、80、120、160 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的标准梯度溶液,吸取 1 mL 各标准梯度溶液分别置于 25 mL 容量瓶中,分别用 60% 乙醇溶液加至 10 mL,加入 1 mL 5% 亚硝酸钠溶液,摇匀,放置 6 min,再加入 1 mL 10% 硝酸铝溶液,6 min 后加入 10 mL 4% 氢氧化钠溶液,混匀,再用 60% 乙醇溶液定容至刻度,摇匀,放置 15 min 后在波长 510 nm 处测定吸光度,以吸光度(A)为纵坐标,芦丁标准溶液质量浓度(X)为横坐标,绘制标准曲线,回归方程为: $A = 0.0005X + 0.0012$ ($R^2 = 0.9931$)。

样品检测:吸取 3 mL 待测溶液,按照标准曲线的测定方法,测定其在波长 510 nm 处吸光度,根据吸光度在标准曲线上找出对应的质量浓度并计算黄酮含量。

1.2.6 原花青素含量测定

标准曲线制作:将原花青素标准品用 50% 甲醇溶液溶解,并制备 10、20、40、60、80 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的标准梯度溶液,吸取 1 mL 各标准梯度溶液分别置于 10 mL 具塞锥形瓶中,分别加入 6 mL 正丁醇-盐酸(95:5)混合液,再加入 0.2 mL 2% 硫酸铁铵溶液(用 2 mmol/L 盐酸配成 2% 的溶液),混匀,置沸水浴回流加热 40 min 后,立即置于冰水浴冷却 2 min,取出后室温放置 10 min,于波长 546 nm 处测定吸光度,以吸光度(A)为纵坐标,原花青素标准溶液质量浓度(X)为横坐标,绘制标准曲线,回归方程为: $A = 0.0041X + 0.0269$ ($R^2 = 0.9984$)。

样品检测:吸取 1 mL 待测溶液稀释 10 倍,再取 1 mL 稀释 10 倍后的待测液,按照标准曲线测定方法,测定其在波长 546 nm 处的吸光度,根据吸光度在标准曲线上找出对应的质量浓度并计算原花青素含量。

1.2.7 总三萜含量测定

标准曲线制作:将熊果酸标准品用无水乙醇溶解,并制备 1、2、4、6、8 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的标准梯度溶液,吸取 1 mL 各标准梯度溶液分别置于 10 mL 具塞比色管中,再置于沸水浴中挥干溶剂,分别加入 0.4 mL 5% 香兰素溶液(5 g 香兰素溶于 100 mL 冰醋酸)和 1 mL 高氯酸,混匀,再置于 60 $^{\circ}\text{C}$ 水浴加热 15 min,取出置于冰水浴 2 min,加入 3.6 mL 冰醋酸,混匀,室温放置 10 min,于波长 545 nm 处测定吸光度,以吸光度(A)为纵坐标,熊果酸标准溶液质量浓度(X)为横坐标,绘制标准曲线,回归方程为: $A = 0.0615X + 0.1602$ ($R^2 = 0.9978$)。

样品检测:吸取 1 mL 待测溶液稀释 100 倍,再取 0.5 mL 稀释 100 倍后的待测液,按照标准曲线测定方法,测定其在波长 545 nm 处的吸光度,根据吸光度在标准曲线上找出对应的质量浓度并计算总三萜含量。

1.2.8 木脂素含量测定

标准曲线制作:将亚麻木酚素标准品用无水乙醇溶解,并制备 10、20、40、60、80 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的标准梯度溶液,于波长 280 nm 处测定吸光度,以吸光度(A)为纵坐标,亚麻木酚素标准溶液质量浓度(X)为横坐标,绘制标准曲线,回归方程为: $A = 0.0081X + 0.0308$ ($R^2 = 0.9948$)。

样品检测:将待测溶液于 280 nm 处测定吸光度,根据吸光度在标准曲线上找出对应的质量浓度并计算含量。

2 结果与分析

2.1 不同工艺山茶油多酚含量(见表 1)

表 1 不同工艺山茶油多酚含量

| 山茶油 | 多酚含量/(mg/kg) |
|-------------------------|--------------|
| 热榨毛油 | 5.5 |
| 浸出毛油 | 3.8 |
| 冷榨毛油 | 6.4 |
| 超临界 CO_2 萃取山茶油 | 10.6 |
| 水酶法山茶油 | 18.2 |
| 鲜榨山茶油 | 271.6 |

由表 1 可知,鲜榨山茶油中多酚含量为 271.6 mg/kg,远高于其他工艺;浸出毛油中多酚含量最低,可能因为多酚极性比石油醚大而没有大量溶出;热榨毛油多酚含量低于冷榨毛油,可能因为热榨温度高,多酚发生氧化;冷榨毛油因为压榨温度低,多酚含量高于热榨毛油和浸出毛油;超临界 CO_2 萃取山茶油和水酶法山茶油中多酚含量高于冷榨毛油、热榨毛油和浸出毛油。

2.2 不同工艺山茶油黄酮含量(见表2)

表2 不同工艺山茶油黄酮含量

| 山茶油 | 黄酮含量/(mg/kg) |
|---------------------------|--------------|
| 热榨毛油 | 12.7 |
| 浸出毛油 | 6.1 |
| 冷榨毛油 | 15.5 |
| 超临界 CO ₂ 萃取山茶油 | 27.8 |
| 水酶法山茶油 | 32.5 |
| 鲜榨山茶油 | 157.2 |

由表2可知,鲜榨山茶油中黄酮含量为157.2 mg/kg,远高于其他工艺;浸出毛油中黄酮含量最低,可能因为黄酮极性比石油醚大而没有大量溶出;热榨毛油黄酮含量低于冷榨毛油,可能因为热榨温度高,黄酮发生氧化;冷榨毛油因为压榨温度低,黄酮含量高于热榨毛油和浸出毛油;超临界 CO₂ 萃取山茶油和水酶法山茶油中黄酮含量高于冷榨毛油、热榨毛油和浸出毛油。

2.3 不同工艺山茶油原花青素含量(见表3)

表3 不同工艺山茶油原花青素含量

| 山茶油 | 原花青素含量/(mg/kg) |
|---------------------------|----------------|
| 热榨毛油 | 272.7 |
| 浸出毛油 | 98.8 |
| 冷榨毛油 | 252.5 |
| 超临界 CO ₂ 萃取山茶油 | 197.8 |
| 水酶法山茶油 | 152.5 |
| 鲜榨山茶油 | 1 400.0 |

由表3可知,鲜榨山茶油中原花青素含量为1 400.0 mg/kg,远高于其他工艺;冷榨毛油和热榨毛油中原花青素含量高于浸出毛油、水酶法山茶油和超临界 CO₂ 萃取山茶油,可能因为掺入少量粉碎籽壳所致,原花青素主要来源于籽壳;水酶法山茶油中原花青素含量较低,可能是茶籽完全脱除籽壳,另外原花青素在水中溶解度较小而没有大量提取出来;超临界 CO₂ 萃取山茶油中原花青素含量高于水酶法,说明相比水酶法,超临界 CO₂ 萃取有利于原花青素的溶出。

2.4 不同工艺山茶油总三萜含量(见表4)

表4 不同工艺山茶油总三萜含量

| 山茶油 | 总三萜含量/(mg/g) |
|---------------------------|--------------|
| 热榨毛油 | 4.5 |
| 浸出毛油 | 4.0 |
| 冷榨毛油 | 6.0 |
| 超临界 CO ₂ 萃取山茶油 | 9.9 |
| 水酶法山茶油 | 6.2 |
| 鲜榨山茶油 | 12.5 |

由表4可知,鲜榨山茶油中总三萜含量为12.5

mg/g,远高于其他工艺;浸出毛油和热榨毛油中总三萜含量低;水酶法山茶油中总三萜含量与冷榨毛油相近;超临界 CO₂ 萃取山茶油中总三萜含量较高,说明超临界 CO₂ 萃取有利于弱极性的总三萜和非极性的油脂一起溶出。

2.5 不同工艺山茶油木脂素含量(见表5)

表5 不同工艺山茶油木脂素含量

| 山茶油 | 木脂素含量/(mg/kg) |
|---------------------------|---------------|
| 热榨毛油 | 36.8 |
| 浸出毛油 | 25.7 |
| 冷榨毛油 | 60.5 |
| 超临界 CO ₂ 萃取山茶油 | 122.3 |
| 水酶法山茶油 | 65.4 |
| 鲜榨山茶油 | 180.0 |

由表5可知,鲜榨山茶油中木脂素含量为180.0 mg/kg,远高于其他工艺;浸出毛油和热榨毛油中木脂素含量低;冷榨毛油因为压榨温度低,所以木脂素含量较高;水酶法山茶油中木脂素含量与冷榨毛油相近;超临界 CO₂ 萃取山茶油中木脂素含量较高,说明超临界 CO₂ 萃取有利于弱极性的木脂素和非极性的油脂一起溶出。

3 结论

冷榨毛油中多酚、黄酮、原花青素、总三萜和木脂素含量高于浸出毛油,冷榨生产山茶油工艺具有广阔的市场应用前景。

超临界 CO₂ 萃取山茶油和水酶法山茶油中多酚、黄酮、总三萜和木脂素含量较高。

鲜榨山茶油中多酚、黄酮、原花青素、木脂素和总三萜含量分别为271.6、157.2、1 400.0、180.0 mg/kg和12.5 mg/g,均远高于其他工艺,说明鲜榨山茶油是一种高品质食用油,且食用和药用价值广阔。

参考文献:

- [1] SNYDER J M, FRANKEL E N, SELKE E. Capillary gas chromatographic analysis of headspace volatiles from vegetable oils[J]. J Am Oil Chem Soc, 1985, 62(12): 1657-1679.
- [2] 王萍,张银波,江木兰. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. 中国油脂, 2008, 33(12): 42-46.
- [3] 刘世鹏,周伯川. 油茶籽的开发利用[J]. 中国油脂, 1996, 21(4): 39-42.
- [4] HELIEH S, JEFFREY O, EBERSOLE L. Green tea polyphenols mediated apoptosis in intestinal epithelial cells by a FADD-dependent pathway[J]. J Cancer Ther, 2010, 1(3): 105-113.

(下转第49页)

棕榈油 < 高芥酸菜籽油 < 大豆油。结果表明:煎炸稳定性大小依次为高油酸菜籽油 > 棕榈油 > 高芥酸菜籽油 > 大豆油。

从图6可以看出,随着煎炸时间的延长,5种配方油的极性组分含量呈上升趋势,煎炸18 h均低于煎炸油废弃点极性组分含量小于等于27%的限定。

与高油酸菜籽油对鸡柳的煎炸结果相比,配方油的酸值、过氧化值、极性组分含量均好于高油酸菜籽油。5种配方油煎炸稳定性顺序为:配方油5 > 配方油1 > 配方油3 > 配方油2 > 配方油4。

3 结论

以高油酸菜籽油为基油,添加棉籽油、24度棕榈油研制适合于煎炸加工的煎炸油。获得符合油酸含量高于45%、亚麻酸含量低于4%、多不饱和脂肪酸含量低于30%的油品,通过计算机和预实验得到最佳配方为高油酸菜籽油、24度棕榈油、棉籽油质量比范围50%~64%:0%~36%:0%~24%。通过计算机筛选出5种配方油,其中高油酸菜籽油、棉籽油和24度棕榈油通过不同复配比例配得的配方油5(高油酸菜籽油与24度棕榈油质量比为64:36)较高油酸菜籽油和其他4种配方油劣变程度最小,色泽浅,脂肪酸组成合理,煎炸稳定性强,煎炸寿命长,油炸食品感官效果好,因而是煎炸配方油的最佳选择。

参考文献:

- [1] 黄凤洪. 双低油菜国外发展动向及国家“十五”产业化发展战略[J]. 西部粮油科技, 2002(5): 8-11.
 - [2] WU M C, YUAN J H, SHAO J H, et al. Studies of comprehensive processing and utilization of rapeseed [J]. J Huazhong Agric Univ, 1999, 18(6): 589-591.
 - [3] 冯国霞. 西式快餐用高油酸型煎炸油的研究与应用[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2015.
 - [4] MATTHÄUS B. Utilization of high-oleic rapeseed oil for deep-fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils[J]. Eur J Lipid Sci Technol, 2006, 108(3): 200-211.
 - [5] 王瑞元. 中国煎炸油发展现状与趋势[C]//第九届煎炸油与煎炸食品国际研讨会. 上海: 中国粮油学会油脂分会, 2017.
 - [6] 秦天苍, 于新华. 加快国内食品专用煎炸油开发应用[J]. 粮油加工, 2009(4): 55-58.
 - [7] 金青哲, 姜秋水, 沈华, 等. 双低菜籽营养调和油的研制[J]. 中国油脂, 2005, 30(12): 7-9.
 - [8] 陈宁, 陈文娜, 崔言峰, 等. 煎炸调和油的研究与开发[J]. 食品工业, 2017(5): 65-68.
 - [9] 程业笛, 刘配莲. 以双低菜籽油为基质研制的一种新型营养平衡调和油[J]. 中国油脂, 2005, 30(9): 17-18.
 - [10] 李云燕, 胡传荣. 试验设计与数据处理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
-
- (上接第44页)
- [5] 李淑红, 李堃, 王美. 茶多酚对 Lewis 肺癌的生长抑制、抗氧化及免疫调节作用的研究[J]. 中国肿瘤生物治疗杂志, 2003, 10(3): 206-209.
 - [6] PENG Z, XU Z W, WEN W S, et al. Tea polyphenols protect against irradiation-induced injury in submandibular glands' cells: a preliminary study [J]. Arch Oral Biol, 2011, 56: 738-743.
 - [7] 黄华艺, 查锡良. 黄酮类化合物抗肿瘤研究进展[J]. 中国新药与临床杂志, 2002, 21(7): 428-433.
 - [8] BROWNSON D M, AZIOS N G, FUQUA B K, et al. Flavonoid effects relevant to cancer [J]. J Nutr, 2002, 132(11 Suppl): 3482-3489.
 - [9] GASTRILLO J L, CARRASCO L. Action of 3-methylquercetin on poliovirus RNA replication [J]. J Virol, 1987, 61(1): 3319-3321.
 - [10] 王威. 原花青素抑制人结肠癌细胞增殖及分子机制研究[D]. 广州: 暨南大学, 2011.
 - [11] MUTHENNA P, RAGHU G, AKILESHWARI C, et al. Inhibition of protein glycation by procyanidin-B2 enriched fraction of cinnamon; delay of diabetic cataract in rats [J]. Iubmb Life, 2013, 65(11): 941-950.
 - [12] SONG C G, YANG X, MIN L Q, et al. The effect of procyanidin on expression of STAT1 in type 2 diabetes mellitus SD rats with focal cerebral ischemia [J]. Neuro Endocrinol Lett, 2014, 35(1): 68-72.
 - [13] 罗俊, 林志彬. 灵芝三萜类化合物药理作用研究进展 [J]. 药学学报, 2002, 37(7): 574-578.
 - [14] EL-MEKKAWY S, MESELHY M R, NAKAMURA N, et al. Anti-HIV-1 and anti-HIV-1-protease substances from *Ganoder malucidum* [J]. Phytochemistry, 1998, 49(6): 1651-1657.
 - [15] SERRAINO M, THOMPSON L U. The effect of flaxseed supplementation on early risk markers for mammary carcinogenesis [J]. Cancer Lett, 1991, 60(2): 135-142.
 - [16] MEAGHER L P, BEECHER G R. Assessment of data on the lignan content of foods [J]. J Food Com Anal, 2000, 13(6): 935-947.