

# 超高效液相色谱法测定山楂原料、提取物和相关食品中金丝桃苷和异槲皮苷的含量

周凌<sup>1</sup>, 朱吟吟<sup>1\*</sup>, 许生霞<sup>1</sup>, 廖勇诚<sup>2</sup>, 石欢<sup>2</sup>, 续斐<sup>2</sup>, FRIES Lennart<sup>2</sup>

[1. 上海凡测质量检测有限公司, 上海 200335; 2. 雀巢研发(中国)有限公司, 北京 100015]

**摘要: 目的** 建立超高效液相色谱法测定山楂原料、提取物和相关食品中金丝桃苷和异槲皮苷的分析方法。

**方法** 采用 ACQUITY UPLC BEH C<sub>18</sub> 柱(100 mm×2.1 mm, 1.7 μm), 以甲酸乙腈-甲酸水为流动相进行梯度洗脱分离金丝桃苷和异槲皮苷, 在紫外检测波长 360 nm 下进行检测, 外标法定量。**结果** 金丝桃苷和异槲皮苷的检出限(S/N=3)均为 2 mg/kg, 定量限(S/N=10)均为 5 mg/kg; 在 0.5~10.0 mg/L 的范围内线性关系良好, 相关系数均为 0.999; 在原料、提取物和相关食品中, 金丝桃苷和异槲皮苷的平均回收率分别为 85.0%~108.0%和 86.2%~105.0%, 相对标准偏差(relative standard deviations, RSDs)分别为 1.6%~5.7%和 1.1%~3.9%。**结论** 本方法操作简便、快速、分离度和准确度高, 可用于山楂原料、提取物和相关食品的质量控制。

**关键词:** 超高效液相色谱法; 山楂; 山楂提取物; 金丝桃苷; 异槲皮苷

## Determination of hyperoside and isoquercitrin in *Crataegus pinnatifida* Bge. raw materials, extracts and the related foods by ultra performance liquid chromatography

ZHOU Ling<sup>1</sup>, ZHU Yin-Yin<sup>1\*</sup>, XU Sheng-Xia<sup>1</sup>, LIAO Yong-Cheng<sup>2</sup>, SHI Huan<sup>2</sup>, XU Fei<sup>2</sup>, FRIES Lennart<sup>2</sup>

[1. Shanghai Faith Testing Technology Co., Ltd., Shanghai 200335, China;  
2. Nestle R & D (China) Co., Ltd., Beijing 100015, China]

**ABSTRACT: Objective** To establish a method for the determination of hyperoside and isoquercitrin in *Crataegus pinnatifida* Bge. raw materials, extracts and the related foods by ultra performance liquid chromatography. **Methods** Hyperoside and isoquercitrin were separated on an ACQUITY UPLC BEH C<sub>18</sub> column (100 mm×2.1 mm, 1.7 μm), eluted by formic acid-acetonitrile solution and formic acid-water solution, identified by ultraviolet detector at 360 nm and quantified by external standard method. **Results** As for hyperoside and isoquercitrin, the limits of detection (S/N=3) and the limits of quantification (S/N=10) were both 2 and 5 mg/kg respectively; the linear relationship was good in the ranges of 0.5–10.0 mg/L, and the correlation coefficients were 0.999, the average recoveries of hyperoside and isoquercitrin in *Crataegus pinnatifida* Bge. raw materials, extracts and the related foods were 85.0%–108.0% and 86.2%–105.0%, and the relative standard deviations (RSDs) were 1.6%–5.7% and 1.1%–3.9%, respectively. **Conclusion** This method is simple, rapid, high separation and accuracy, and can be used for the quality control of *Crataegus pinnatifida* Bge. raw materials, extracts and the related foods.

**KEY WORDS:** ultra performance liquid chromatography; *Crataegus pinnatifida* Bge.; *Crataegus pinnatifida* Bge.

\*通信作者: 朱吟吟, 工程师, 主要研究方向为食品检测。E-mail: maple.zhu@healthy-star.cn

\*Corresponding author: ZHU Yin-Yin, Engineer, Shanghai Faith Testing Technology Co., Ltd., Floor 1, Building 6, No.280, Linhong Road, Changning District, Shanghai 200335, China. E-mail: maple.zhu@healthy-star.cn

extracts; hyperoside; isoquercitrin

## 0 引言

山楂为蔷薇科植物山里红(*Crataegus pinnatifida* Bge. var. major N.E.Br.)或山楂(*Crataegus pinnatifida* Bge.)的干燥成熟果实,具有消食健胃、行气散瘀、化浊降脂的功效<sup>[1]</sup>。现代研究表明,山楂可以促进胃消化酶分泌与蛋白酶活性<sup>[2]</sup>、影响脑肠轴<sup>[3]</sup>、调节肠胃菌群<sup>[4]</sup>等发挥改善胃肠功能;基于食用山楂有助于心血管健康等临床应用,现代深入研究表明,山楂能够降低高血脂人群总胆固醇水平、低密度脂蛋白、甘油三酯,同时在降血压、抑制血栓素 A2 合成等方面也具有显著作用<sup>[5-7]</sup>;除此之外,山楂还具有抗氧化、降血糖等功效<sup>[7-8]</sup>。

黄酮类成分是山楂中重要的有效成分,目前山楂中发现的黄酮类物质达到 50 多种,研究表明牡荆素鼠李糖苷、牡荆素、芦丁、金丝桃苷、异槲皮素等为主要黄酮成分,其中金丝桃苷和异槲皮苷为山楂中降血脂的主要黄酮类成分<sup>[9-10]</sup>。山楂中另一类中重要的成分为三萜酸类<sup>[11]</sup>,研究表明,其中的熊果酸、齐墩果酸具有显著的降血脂作用<sup>[12-14]</sup>。但熊果酸和齐墩果酸都是脂溶性成分,在提取物中难以溶出,不宜作为指标。山楂中的抗氧化性成分原花青素 B<sub>2</sub> 稳定性较差<sup>[15-16]</sup>,加工过程容易发生氧化或者解离,也不宜作为指标。鉴于以上,确定以金丝桃苷和异槲皮素为质量控制指标。

有关金丝桃苷和异槲皮苷,目前未有权威机构发布其在山楂中的检测方法 & 标准,国内外已经发表的文献中,已经有不少相关的分析方法<sup>[17-20]</sup>,但还没有一个方法是同时适用于山楂原料、提取物和相关食品的。因此本研究对国内外文献报道中的金丝桃苷和异槲皮苷的检测方法进行了考察和验证,综合各自的优缺点,最终建立了超高效液相色谱法(ultra performance liquid chromatography, UPLC)检测山楂原料、提取物和相关食品中 2 种成分的分析方法,以期对山楂原料和相关食品的质量控制提供强有力的检测依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

山楂原料样品由安徽益生源药业有限公司提供;山楂提取物样品由黄山华绿园生物科技有限公司提供;相关配方食品为自行制备,具体方法为:取 10 g 山楂冻干提取物,加 90 g 燕麦片充分粉碎、混合,得到燕麦基质配方食品;取 16 g 山楂冻干提取物,加 84 g 奶粉充分混合,得到奶粉基质配方食品;取 16 g 山楂冻干提取物,加 84 g 速溶二合一咖啡粉充分混合,得到咖啡基质配方食品。

对照品金丝桃苷(CAS: 482-36-0, 含量 98%)、对照品异槲皮苷(CAS: 482-35-9, 含量 98%)(成都曼思特生物科技有限公司);乙腈、甲醇(色谱纯,德国默克公司);甲酸(色谱纯,美国天地公司)。

### 1.2 仪器与设备

超高效液相色谱仪 1290 系列(美国安捷伦公司); ACQUITY UPLC BEH C<sub>18</sub> 色谱柱(100 mm×2.1 mm, 1.7 μm, 美国沃特世公司); DV215CD 天平(上海奥豪斯仪器有限公司); AL204 天平、ME3002E 天平(瑞士梅特勒-托利多仪器有限公司); RUC-5200 超声波清洗机器(上海睿祺电子设备有限公司); 5804R 离心机(西安艾本德科技有限公司); MR1029 摩飞破壁机(广东新宝电器股份有限公司); SJ-J05S 匀浆机(东莞市瑟诺电器有限公司); Genius 3 涡旋混合器(广州艾卡仪器设备有限公司)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 样品前处理

称取 50 g 鲜山楂原料,加水 50 g,用破壁机匀浆后取 1 g(精确至 0.01 g)于 15 mL 离心管,加入 10 mL 甲醇,盖紧盖子后超声 40 min,冷却至室温,经 0.45 μm 的滤膜过滤后待测。

对于干山楂原料,粉碎过 50 目筛后,取 0.5 g(精确至 0.01 g)于 15 mL 离心管中,加入 25 mL 甲醇,盖紧盖子后超声 40 min,冷却至室温,经 0.45 μm 的滤膜过滤后待测。

对于山楂提取物,取 1 g(精确至 0.01 g)于 50 mL 离心管中,加入 25 mL 甲醇,盖紧盖子后超声 40 min,冷却至室温,经 0.45 μm 的滤膜过滤后待测。

对于相关配方食品,取 1 g(精确至 0.01 g)于 15 mL 离心管中,加入 10 mL 甲醇,盖紧盖子后超声 40 min,冷却至室温,经 0.45 μm 的滤膜过滤后待测。

#### 1.3.2 标准溶液的配制

准确称取金丝桃苷、异槲皮苷对照品适量(精确至 0.01 mg),置棕色小瓶中,用甲醇充分溶解,分别配制成 1000 mg/L 对照品储备液,避光 4 °C 保存,3 个月内有效。分别准确移取适量的上述对照品储备液,用甲醇定容,配制成系列浓度的标准工作溶液,需现用现配。

#### 1.3.3 色谱条件

色谱柱: ACQUITY UPLC BEH C<sub>18</sub> 柱(100 mm×2.1 mm, 1.7 μm); 柱温: 30 °C; 紫外检测器波长: 360 nm; 进样量: 1 μL; 流速: 0.3 mL/min; 流动相: 0.1%甲酸水溶液(A), 0.1%甲酸乙腈溶液(B), 洗脱程序为: 0~5.30 min, 86% A; 5.30~8.00 min, 86%~77% A; 8.00~8.01 min, 77%~10% A; 8.01~10.00 min, 10% A; 10.00~10.01 min, 10%~86% A; 10.01~15.00 min, 86% A。

2 结果与分析

2.1 前处理方法的优化

本研究对山楂原料的提取温度(室温超声、50 °C水浴回流、70 °C水浴回流)、提取时间(20、40、60 min)、提取溶剂(50%、70%、100%甲醇)和料液比(1:10、1:20、1:50) (*m*:*V*)进行了正交实验,结果发现最佳提取参数为:提取温度室温超声、提取时间 40 min、提取溶剂 70%甲醇、料液比 1:50 (*m*:*V*),对其含量影响因素主次为:料液比>提取时间>提取溶剂>提取温度,使用 70%甲醇和 100%甲醇对含量影响很小(表 1)。在进行后续提取物和相关配方食品分析时,发现使用甲醇提取时可以大大降低干扰峰的响应,所以最终

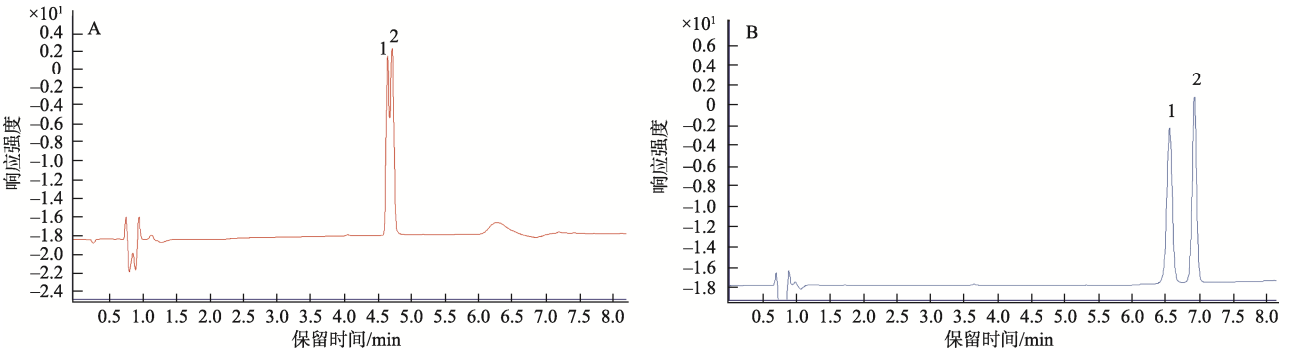
统一选择了甲醇提取。山楂提取物为山楂原料经过溶剂提取、浓缩、干燥后制得,配方食品为山楂提取物和普通食品基质混合制得,所以它们的提取方式可以参照原料来进行,在前处理时根据化合物含量来适当增加取样量,以免含量过低难以检出。

2.2 仪器条件的优化

金丝桃苷和异槲皮苷属于同分异构体,在色谱柱上的保留比较接近,本研究尝试了不同比例乙腈、甲醇浓度的等度和梯度洗脱(图 1),最终确定了 1.3.3 中的流动相条件,在优化后的仪器条件下,金丝桃苷和异槲皮苷可以较好地分离(如图 1B)。

表 1 正交实验结果  
Table 1 Results of the orthogonal experiment

| 因素   | 提取时间/min | 提取温度/°C   | 料液比( <i>m</i> : <i>V</i> ) | 提取溶剂   | 金丝桃苷含量/(mg/100 g) | 异槲皮苷含量/(mg/100 g) |
|------|----------|-----------|----------------------------|--------|-------------------|-------------------|
| 实验 1 | 20       | 室温超声      | 1:10                       | 50%甲醇  | 11.5              | 7.52              |
| 实验 2 | 20       | 50 °C水浴回流 | 1:20                       | 70%甲醇  | 14.0              | 9.19              |
| 实验 3 | 20       | 70°C水浴回流  | 1:50                       | 100%甲醇 | 17.6              | 11.8              |
| 实验 4 | 40       | 室温超声      | 1:20                       | 100%甲醇 | 14.7              | 9.89              |
| 实验 5 | 40       | 50 °C水浴回流 | 1:50                       | 50%甲醇  | 18.2              | 11.9              |
| 实验 6 | 40       | 70 °C水浴回流 | 1:10                       | 70%甲醇  | 12.2              | 8.21              |
| 实验 7 | 60       | 室温超声      | 1:50                       | 70%甲醇  | 18.1              | 12.1              |
| 实验 8 | 60       | 50 °C水浴回流 | 1:10                       | 100%甲醇 | 11.6              | 7.69              |
| 实验 9 | 60       | 70 °C水浴回流 | 1:20                       | 50%甲醇  | 13.8              | 9.29              |
| 金丝桃苷 | 均值 1     | 14.367    | 14.767                     | 11.767 | 14.500            |                   |
|      | 均值 2     | 15.033    | 14.600                     | 14.167 | 14.767            |                   |
|      | 均值 3     | 14.500    | 14.533                     | 17.967 | 14.633            |                   |
|      | 极差       | 0.666     | 0.234                      | 6.200  | 0.267             |                   |
| 异槲皮苷 | 均值 1     | 9.503     | 9.837                      | 7.807  | 9.570             |                   |
|      | 均值 2     | 10.000    | 9.593                      | 9.457  | 9.833             |                   |
|      | 均值 3     | 9.693     | 9.767                      | 11.933 | 9.793             |                   |
|      | 极差       | 0.497     | 0.244                      | 4.126  | 0.263             |                   |



注: 1. 金丝桃苷(hyperoside); 2. 异槲皮苷(isoquercitrin)。  
图 1 流动相优化之前的标准品色谱图(A)、流动相优化后的标准品色谱图(B)  
Fig.1 Chromatograms of standards before (A) and after (B) the mobile phase optimization

2.3 线性关系与检出限、定量限

在 1.3.3 的条件下,对标准工作溶液进行检测,以浓度(X, mg/L)为横坐标,以对应峰面积 Y 为纵坐标,绘制标准工作曲线。结果表明,在 0.5~10.0 mg/L 浓度范围内,金丝桃苷和异槲皮苷的线性关系良好,线性方程分别为:  $Y=8.7342X-0.4766$ 、 $Y=8.4916X-0.2089$ , 线性相关系数均为 0.999。检出限(limits of detection, LODs,  $S/N=3$ )均为 2 mg/kg, 定量限(limits of quantification, LOQs,  $S/N=10$ )均为 5 mg/kg, 完全可以满足 2 个物质的检测。

2.4 重复性

精密称取山楂原料、提取物和相关配方食品样品各 6 份,按 1.3.1 项下方法制备供试品溶液,按 1.3.3 项下色谱条件进行分析,结果样品中金丝桃苷和异槲皮苷含量的相对标准偏差(relative standard deviations, RSDs)在 2.6%~5.3%之间和 3.1%~4.9%之间,说明该方法的重复性良好。

2.5 回收率

精密称取山楂原料 6 份,分别加入 1.3.2 项下 1000 mg/L 金丝桃苷、异槲皮苷对照品储备液各 0.1 mL;精密称取山

楂提取物 6 份,分别加入 1.3.2 项下 1000 mg/L 金丝桃苷、异槲皮苷对照品储备液各 0.1 mL;精密称取配方食品 6 份,分别加入 1.3.2 项下 1000 mg/L 金丝桃苷、异槲皮苷对照品储备液各 0.01 mL。都按 1.3.1 项下方法制备供试品溶液。按照 1.3.3 项下色谱条件,进行标准加标回收实验,结果得到,金丝桃苷的平均加标回收率在 85.0%~108.0%之间, RSDs 在 1.6%~5.7%之间;异槲皮苷的平均回收率在 86.2%~105.0%之间, RSDs 在 1.1%~3.9%之间(表 2),符合检测的要求。

2.6 实际样品测定

采用此方法对安徽益生源药业有限公司提供的不同产地和品种的山楂原料、黄山华绿园生物科技有限公司提供的不同工艺和批次的提取物以及自行制备的不同基质的相关配方食品进行了金丝桃苷、异槲皮苷的含量测定。山楂原料的具体含量结果见表 3,由表 3 可以看出,山楂原料中金丝桃苷和异槲皮苷含量有一定差异,金丝桃苷的含量约为异槲皮苷的 1~2 倍,新鲜山楂和干制山楂的金丝桃苷和异槲皮苷的含量差异不明显,暂时没有发现这 2 种成分的含量和品种、产地之间有明确的关系。

表 2 金丝桃苷和异槲皮苷的平均回收率( $n=6$ )  
Table 2 Average recoveries of hyperoside and isoquercitrin ( $n=6$ )

| 样品名称   | 加标量<br>/ $\mu\text{g}$ | 金丝桃苷    |        | 异槲皮苷    |        |
|--------|------------------------|---------|--------|---------|--------|
|        |                        | 平均回收率/% | RSDs/% | 平均回收率/% | RSDs/% |
| 山楂原料   | 100                    | 108.0   | 1.6    | 105.0   | 1.1    |
| 山楂提取物  | 100                    | 90.8    | 2.6    | 86.2    | 2.9    |
| 燕麦配方食品 | 10                     | 92.7    | 3.1    | 97.4    | 1.6    |
| 奶粉配方食品 | 10                     | 85.0    | 2.7    | 90.2    | 3.1    |
| 咖啡配方食品 | 10                     | 86.4    | 5.7    | 98.1    | 3.9    |

表 3 不同山楂原料中金丝桃苷和异槲皮苷的含量  
Table 3 Hyperoside and isoquercitrin content in different hawthorn raw materials

| 品种  | 产地 | 新鲜/干制   | 金丝桃苷含量/(mg/100 g) | 异槲皮苷含量/(mg/100 g) |
|-----|----|---------|-------------------|-------------------|
| 大金星 | 山东 | 新鲜(干基计) | 29.9              | 17.5              |
| 大金星 | 山东 | 新鲜(干基计) | 43.4              | 25.7              |
| 大金星 | 河北 | 新鲜(干基计) | 4.72              | 3.00              |
| 铁山楂 | 河北 | 新鲜(干基计) | 17.4              | 12.3              |
| 铁山楂 | 河北 | 新鲜(干基计) | 18.7              | 12.5              |
| 铁山楂 | 河北 | 新鲜(干基计) | 13.3              | 9.21              |
| 铁山楂 | 河北 | 新鲜(干基计) | 20.2              | 10.4              |
| 大金星 | 山东 | 干制      | 28.8              | 15.0              |
| 大金星 | 山东 | 干制      | 20.2              | 11.2              |
| 大金星 | 河北 | 干制      | 25.6              | 14.9              |

提取物的具体含量结果见表 4,发现同一山楂原料(批次 1)用冻干工艺得到的山楂提取物,其金丝桃苷和异槲皮苷含量略高于喷干工艺得到的提取物,推测干燥温度对 2 种成分有一定的影响,但差异不明显。用不同种山楂原料(批次 2~9)得到的冻干粉,金丝桃苷和异槲皮苷差异较为明显,可知比起工艺,原料对 2 种成分的含量起到更大的作用。

配方产品的具体结果见表 5。从表 5 可以看出,实际检测的金丝桃苷、异槲皮苷含量和理论添加值十分接近,可以通过提取物和基质食品中 2 种物质的含量检测来计算出提取物在基质食品中的添加量,证明该检测方法可以对最终产品起到很好的质控作用,对起草企业标准、建立行业壁垒有着很重要的作用。生产企业也可以通过对最终配方食品中 2 种成分的含量宣称来增加产品的市场竞争力。

对照品和样品的色谱图见图 2。

表 4 不同山楂提取物中金丝桃苷和异槲皮苷的含量  
Table 4 Hyperoside and isoquercitrin content in different hawthorn extracts

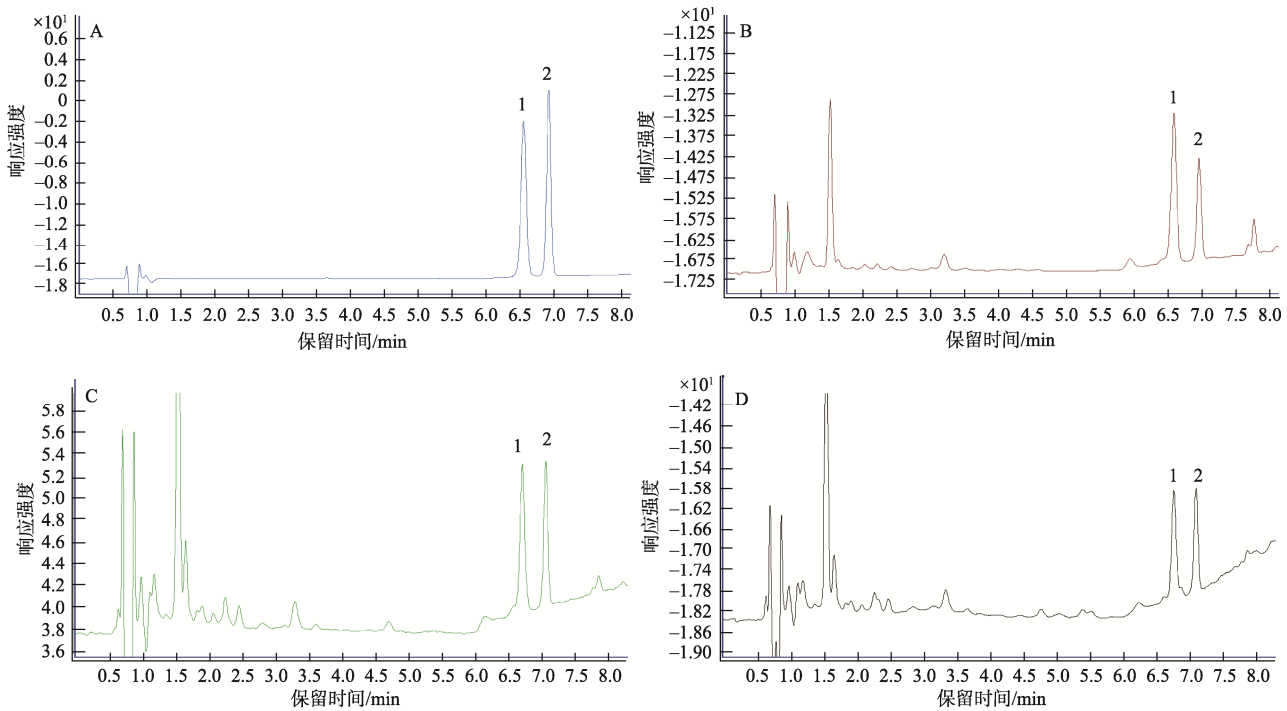
| 山楂提取物名称 | 批次 | 金丝桃苷含量/(mg/100 g) | 异槲皮苷含量/(mg/100 g) |
|---------|----|-------------------|-------------------|
| 喷干粉     | 1  | 5.33              | 4.59              |
| 冻干粉     | 1  | 6.34              | 5.10              |
| 冻干粉     | 2* | 8.04              | 6.57              |
| 冻干粉     | 3  | 4.97              | 4.28              |
| 冻干粉     | 4  | 8.41              | 9.08              |
| 冻干粉     | 5  | 8.22              | 8.97              |
| 冻干粉     | 6  | 9.02              | 9.96              |
| 冻干粉     | 7  | 6.81              | 9.50              |
| 冻干粉     | 8  | 6.82              | 9.69              |
| 冻干粉     | 9  | 7.18              | 11.1              |

注: \*表示该批次冻干粉用于配方样品的制备。

表 5 不同配方食品中金丝桃苷和异槲皮苷的含量  
Table 5 Hyperoside and isoquercitrin content in different formulated foods

| 配方基质     | 金丝桃苷含量/(mg/kg) |       |       | 异槲皮苷含量/(mg/kg) |       |       |
|----------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|          | 检测值            | 理论值** | 回收率/% | 检测值            | 理论值** | 回收率/% |
| 燕麦基质配方食品 | 7.39           | 8.04  | 91.9  | 6.26           | 6.57  | 95.3  |
| 奶粉基质配方食品 | 10.6           | 12.9  | 82.2  | 9.36           | 10.5  | 89.1  |
| 咖啡基质配方食品 | 10.8           | 12.9  | 83.7  | 10.5           | 10.5  | 100   |

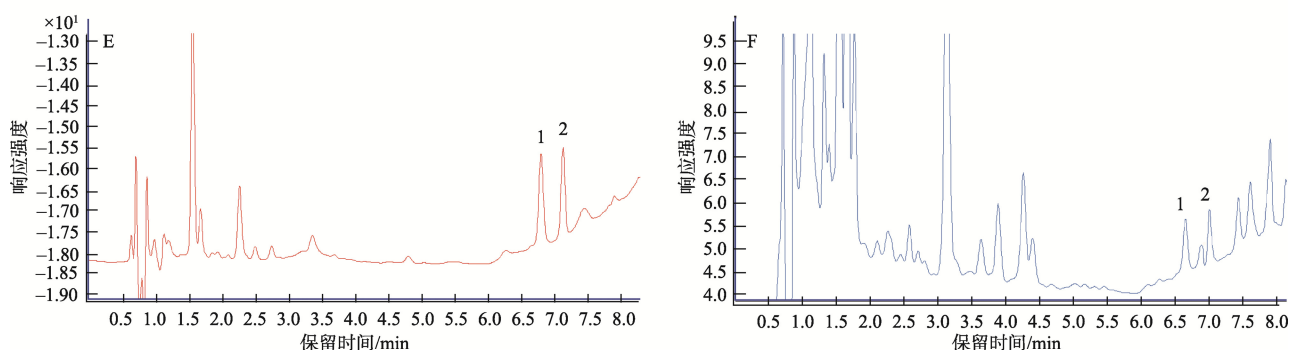
注: \*\*理论值含量=表 4 中用于配方样品制备的冻干粉的检测值×冻干粉在该基质中的添加百分比。



注: 1: 金丝桃苷; 2: 异槲皮苷; A: 标准品; B: 山楂原料; C: 山楂提取物; D: 谷物基质配方食品。

图 2 标准品和样品的色谱图

Fig.2 Chromatograms of standards and samples



注: 1: 金丝桃苷; 2: 异槲皮苷; E: 奶粉基质配方食品; F: 咖啡基质配方食品。

图 2(续) 标准品和样品的色谱图

Fig.2 Chromatograms of standards and samples

### 3 结论与讨论

本研究根据山楂成分和功效的相关信息,确定了山楂的降血脂功效指标金丝桃苷和异槲皮苷,通过实验优化了前处理方法和仪器参数等各项条件,确定了在山楂原料、提取物和相关配方食品中2种成分的检测方法。该方法准确性较高,可以通过最终产品的金丝桃苷和异槲皮苷含量还原出其配方中山楂提取物的添加量,且重复性好、成本可控、操作性强,将会对山楂原料的采收加工、提取物的工艺开发和最终产品的质量控制在到非常重要的作用,可以作为产品企业标准的建立依据,为山楂更好地应用到产品中提供技术支撑。

#### 参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 2020 年版,一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.  
Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China, 2020 Edition, Vol I [M]. Beijing: China Medical Science Press, 2020.
- [2] 封若雨, 朱新宇, 张苗苗. 近五年山楂药理作用研究进展[J]. 中国中医基础医学杂志, 2019, 25(5): 715-717.  
FENG RY, ZHU XY, ZHANG MM. Research progress on pharmacological function of hawthorn in the past five years [J]. J Basic Chin Med, 2019, 25(5): 715-717.
- [3] WANG Y, LV M, WANG T, et al. Research on mechanism of charred hawthorn on digestive through modulating "brain-gut" axis and gut flora [J]. J Ethnopharmacol, 2019, 245: 112166.
- [4] ZHANG SH, ZHANG CQ, LI MX, et al. Structural elucidation of a glucan from *Crataegus pinnatifida* and its bioactivity on intestinal bacteria strains [J]. Int J Biol Macromol, 2019, 128: 435-443.
- [5] CHANG Q, ZUO Z. Hawthorn [J]. J Clin Pharmacol, 2002, 42(6): 605-612.
- [6] ZHANG ZS, HO WKK, HUANG Y, et al. Hawthorn fruit is hypolipidemic in rabbits fed a high cholesterol diet [J]. J Nutr, 2002, 132(1): 5-10.
- [7] AIERKEN A, BUCHHOLZ T, CHEN C, et al. Hypoglycemic effect of

- hawthorn in type II diabetes mellitus rat model [J]. J Sci Food Agric, 2017, 97(13): 4557-4561.
- [8] NAZHAND A, LUCARINI M, DURAZZO A, et al. Hawthorn (*Crataegus* spp.): An updated overview on its beneficial properties [J]. Forests, 2020, 11(5): 564.
- [9] 尹丽丽. 山楂的质量评价研究[D]. 济南: 山东中医药大学, 2016.  
YIN LL. Quality evaluation of hawthorn [D]. Jinan: Shandong University of Traditional Chinese Medicine, 2016.
- [10] 温玲蓉. 北山楂和大果山楂的活性成分及其抗氧化与抗增殖活性研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2016.  
WEN LR. Study on the bioactive chemical constituents and their antioxidative and anti-proliferative activities of *Crataegus pinnatifida* and *Malus doumeri* fruits [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2016.
- [11] 高婷. 山楂的化学成分与质量标准研究[D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2009.  
GAO T. *Crataegus pinnatifida* Bge chemical composition and quality specification research [D]. Shenyang: Shenyang Pharmaceutical University, 2009.
- [12] LIN Y, VERMEER MA, TRAUTWEIN EA. Triterpenic acids present in hawthorn lower plasma cholesterol by inhibiting intestinal ACAT activity in hamsters [J]. J Evid Base Comp Alter Med, 2011, (1): 801272.
- [13] 张太平, 张鹤云. 山楂中熊果酸的提取及其对小鼠的降血脂作用[J]. 天然产物研究与开发, 2007, 19(6): 1052-1054.  
ZHANG TP, ZHANG HY. Separation and purification of ursolic acid (UA) from hawthorn fruits and hypolipidemic effect of UA on mice [J]. Nat Prod Res Dev, 2007, 19(6): 1052-1054.
- [14] 吴建华, 孙净云. 山楂有机酸部位对胃肠运动的影响[J]. 山西中医, 2009, 30(10): 1402-1403.  
WU JH, SUN JY. Effect of organic acid parts of hawthorn on gastrointestinal movement [J]. Shanxi Tradit Chin Med, 2009, 30(10): 1402-1403.
- [15] CHANG Q, ZUO Z, CHOW MSS, et al. Effect of storage temperature on phenolics stability in hawthorn (*Crataegus pinnatifida* var. *major*) fruits and a hawthorn drink [J]. Food Chem, 2006, 98: 426-430.
- [16] 吴利霞. 山楂原料中前花青素的分析方法及其稳定性研究[D]. 河北: 河北农业大学, 2008.

- WU LX. Methods for analysis of procyanidins in hawthorn and studies on their stability [D]. Hebei: Hebei Agricultural University, 2008.
- [17] CUI T, LI JZ, KAYAHARA H, *et al.* Quantification of the polyphenols and triterpene acids in Chinese hawthorn fruit by high performance liquid chromatography [J]. *Agric Food Chem*, 2006, 54(13): 4574–4581.
- [18] 章弘扬, 张弛, 王月荣, 等. 山楂中黄酮类成分的定性和定量分析[J]. *中国中药杂志*, 2012, 37(5): 601–605.
- ZHANG HY, ZHANG C, WANG YR, *et al.* Quantitative and qualitative analysis of flavonoids in Chinese hawthorn fruit [J]. *Chin J Tradit Chin Med*, 2012, 37(5): 601–605.
- [19] 吴仲, 张勋. HPLC 法同时测定山楂异槲皮苷和金丝桃苷含量[J]. *吉林中医药*, 2019, 39(7): 949–952.
- WU Z, ZHANG X. Simultaneous determination of isoquercetin and hyperoside in hawthorn by HPLC [J]. *Jilin Chin J Tradit Chin Med*, 2019, 39(7): 949–952.
- [20] 崔洁, 刘心悦, 杨相, 等. 不同采收期对不同产地山楂综合品质的影响[J]. *西北药学杂志*, 2020, 35(5): 633–638.
- CUI J, LIU XY, YANG X, *et al.* Effects of different harvest time on the

comprehensive quality of *Cralaegus pinnatifida*. Bge. var. *major* N.E.Br. fruits from different habitats [J]. *Northwest J Pharm*, 2020, 35(5): 633–638.

(责任编辑: 于梦娇 张晓寒)

## 作者简介



周 凌, 工程师, 主要研究方向为食品检测。

E-mail: laurel.zhou@healthy-star.cn



朱吟吟, 工程师, 主要研究方向为食品检测。

E-mail: maple.zhu@healthy-star.cn