

DOI:10.20283/j.cnki.1006-5687.2025.01.02

· 药品质量与检验 ·

基于 HPLC 图谱和一测多评法的沙棘颗粒质量评价研究

左玲燕¹, 张少杰²(¹ 广州市药品检验所一分所, 广东广州 510000; ² 广州中医药大学, 广东广州 510000)

摘要: **目的** 旨在构建沙棘颗粒的高效液相色谱 (HPLC) 指纹图谱, 并通过一测多评 (QAMS) 技术对其中的关键活性成分进行定量分析, 实现对沙棘颗粒质量的系统评价。 **方法** 采用 HPLC 法建立沙棘颗粒指纹图谱, 并通过相似度评价、主成分分析 (PCA) 对指纹图谱进行分析; 选取槲皮素为内参物, 构建山柰素、异鼠李素含量的 QAMS 模型, 并与外标法 (ESM) 进行结果对比。 **结果** 9 批沙棘颗粒的 HPLC 指纹图谱中有 13 个共有峰, 识别出槲皮素、山柰素、异鼠李素这三种成分, 相似度为 0.92 ~ 1.00。 PCA 分析显示, 沙棘颗粒供试品主要差异体现在峰 1 (槲皮素)、峰 2 (山柰素)、峰 3 (异鼠李素)。此外, 对于 3 种成分的分析结果, QAMS 法与 ESM 法测定值无显著差异。 **结论** 研究建立的 HPLC 指纹图谱及 QAMS 法操作简便、效率高、准确性好、耐用性强, 为沙棘颗粒的质量评价提供了可靠的参考依据。

关键词: 高效液相色谱; 指纹图谱; 沙棘颗粒; 一测多评法; 质量评价

中图分类号: O657.7; R286

Study on quality evaluation of Seabuckthorn granules based on HPLC chromatogram and one test and multiple evaluation method

ZUO Lingyan¹, ZHANG Shaojie²(¹ Guangzhou Institute for Drug Control, Guangzhou Guangdong 510000, China;² Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou Guangdong 510000, China)

ABSTRACT: Objective The aim of this study was to construct high performance liquid chromatography (HPLC) fingerprint of Seabuckthorn granules, and quantitatively analyze the key active components by one test and multiple evaluation (QAMS) technique, so as to achieve systematic evaluation of seabuckthorn granules quality. **Methods** The fingerprints of Seabuckthorn granules were established by HPLC, and analyzed by similarity evaluation and principal component analysis (PCA). Using quercetin as internal reference, the QAMS model of kaempferol and isorhamnetin content was constructed, and the results were compared with those of external standard method (ESM). **Results** There were 13 common peaks in the HPLC fingerprints of 9 batches of Seabuckthorn granules, and quercetin, kaempferol and isorhamnetin were identified with similarity ranging from 0.92 to 1.0. PCA analysis showed that the main differences of sea buckthorn granules were peak 1 (quercetin), peak 2 (kaempferol) and peak 3 (isorhamnetin). In addition, there was no significant difference between QAMS method and ESM method in the analysis results of the three components. **Conclusion** The HPLC fingerprint and QAMS method established in this study are simple, efficient, accurate and durable, and provide a reliable reference for the quality evaluation of Seabuckthorn granules.

Key words: High performance liquid chromatography; Fingerprints; Sea buckthorn granules; One test multiple evaluation method; Quality evaluation

沙棘颗粒是一种以沙棘果实为主要原材料通过简单提取混合干燥等加工过程制得的颗粒制剂, 具有消咳祛痰、缓食化滞、行血散结等多重功效^[1]。沙棘果实富含丰富的营养成分, 包括多糖类、黄酮类、氨基酸、维生素、微量元素等物质。其中, 槲皮素、山柰素、异鼠李素等黄酮类化合物尤为显著。现代药理学研究进一步揭示, 沙棘中的黄酮类化合物能有效地抑制血小板凝聚、改善微循环、提升血管的柔韧性可塑

性以及优化心肌舒张功能等多种效应^[2-3]。目前, 已有采用薄层色谱对沙棘颗粒总黄酮含量以及单一黄酮类成分的测定^[4-6]。然而, 鉴于沙棘颗粒中包含较多的生物活性组分, 采用单一组分检测方法进行检测可能会导致无法对药物质量作出准确而全面的评估。高效液相色谱法 (HPLC) 在中药材质量评价中应用广泛, 能够快速、准确、定量地分析中药材中的主要活性成分, 并通过建立中药材的 HPLC 指纹图谱, 全面评价中药材的整体质量^[7-9]。对于多组分活性物质检测, 一测多评法 (QAMS) 为一种高效检测方法, 其不仅能够同时对多种成分进行测定, 还能够有效降低成

本,而且操作便捷,具有快速实用的特点^[10-14]。因此,本文采用 HPLC 法建立沙棘颗粒的指纹图谱,同时采用 QAMS 法测定黄酮类成分,包括槲皮素、山柰素、异鼠李素的含量,以期对沙棘颗粒质量标准的优化提供有力的数据支撑。

1 仪器与材料

1.1 仪器 美国 Agilent 公司的 1260 型高效液相色谱仪;日本 Shimadzu 公司的岛津 Nexera XR 高效液相色谱仪;美国 Millipore 公司的纯水器;上海普睿斯特公司的 YP12001 型万分之一电子分析天平;瑞士 Mettler Toledo 公司的 XS105DU 型十万分之一电子天平;浙江华恒公司的 HH03 精密电子天平;深圳福洋科技公司的 F-010SD 型超声波清洗机;长沙 MKE 公司的 MK-21A 型台式高速小型离心机。

1.2 材料 甲醇、乙腈为色谱纯,纯净水为娃哈哈,其余试剂均为分析纯。本研究所用的对照品包括槲皮素(批号:100081-201610,纯度 $\geq 99.1\%$)、山柰素(批号:110861-201611,纯度 $\geq 99\%$)以及异鼠李素(批号:110860-201611,纯度 $\geq 99.8\%$),均购自北京普天同创生物科技有限公司;沙棘颗粒样品由三家生产企业提供,规格均为 15 g/袋。其中 A 企业共三批(批号:201905、201906、200907,编号:S1、S2、S3),B 企业共 3 批(批号:202006、202009、202012,编号:S4、S5、S6),C 企业共 3 批(批号:202001、202003、202005,编号:S7、S8、S9)。

2 方法与结果

2.1 色谱条件 本研究选用 Agilent C18 色谱柱(规格:250 mm $\times$ 4.6 mm,5 μ m)进行分离。流动相采用乙腈(A)与 0.1% 磷酸水溶液(B)的混合体系,通过梯度洗脱法实现组分的有效分离。具体梯度洗脱程序见表 1。

2.2 溶液的制备

2.2.1 对照品溶液的制备 分别选取适量槲皮素、山柰素和异鼠李素作为对照品,精确称量后,以 70% 甲醇为溶剂进行定容,制备 3 种混合对照品溶液,其质量浓度分别为 13.33、14.67、16.67 μ g/mL。

表 1 色谱柱梯度洗脱参数

洗脱时间(min)	乙腈(A)比例
0~1	5%~7%
1~5	7%~28%
5~23	28%~32%
23~33	32%~44%
33~37	44%~95%

流速设定为 1.0 mL/min,检测波长为 365 nm,柱温为 25℃,进样量为 10 μ L

2.2.2 供试品溶液的制备 精确称量 3.0 g 的研细沙棘颗粒,将其置于带有塞子的锥形瓶中。然后精确加入 70% 甲醇溶液 50 mL,再次精确称量记录总质量。并采用超声处理技术,以 40 kHz 和 400 W 的参数处理 30 min。处理完毕后,待溶液冷却至室温,并重新称量以确定质量变化。若质量有所下降,则用 70% 甲醇溶液加至原质量。充分摇匀后,通过微孔滤膜(0.45 μ m)进行滤过,所得滤液即为所需产品。

2.3 HPLC 指纹图谱分析

2.3.1 专属性考察 以“2.1”设定条件为基准,将以上所述得到的混合对照品溶液、供试品溶液和空白溶剂(70% 甲醇)分别进行定量进样(10 μ L),并记录其色谱图。图 1 结果显示,在所有对照品成分的出峰位置上,空白溶剂均未显示出任何吸收峰,证实溶剂无干扰。同时,供试品溶液与混合对照品溶液中各对照品成分的色谱峰分离度符合要求,色谱系统分离效能无问题。结果表明本实验方法具备较高的专属性,可用于沙棘颗粒中 3 个关键成分的含量测定。

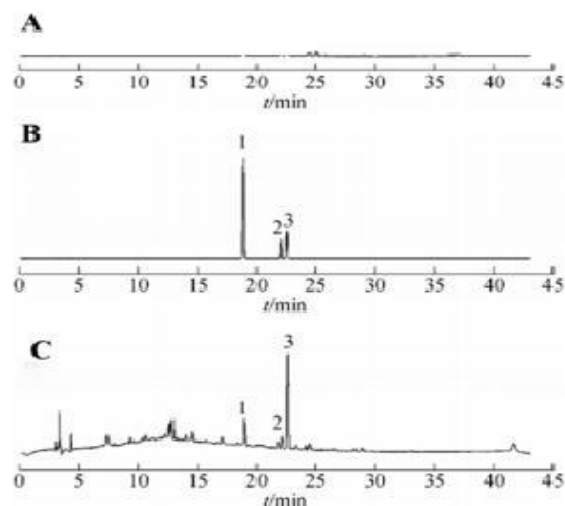


图 1 沙棘颗粒对照品和供试品溶液的 HPLC 色谱图。A: 阴性样品;B: 对照品;C: 供试品;1: 槲皮素;2: 山柰素;3: 异鼠李素。HPLC: 高效液相色谱法

2.3.2 精密度试验 对混合对照品溶液进行连续 6 次的精准进样,并对色谱图进行详尽的记录。经检测分析计算相对标准偏差(RSD)。其中 $RSD_{\text{槲皮素}} = 0.34\%$ 、 $RSD_{\text{山柰素}} = 0.78\%$ 、 $RSD_{\text{异鼠李素}} = 0.52\%$,均 $<1.0\%$ 。表明检测仪器精密度良好,可为实验结果的可靠性提供有力保障。

2.3.3 重复性试验 采用 S1 沙棘颗粒 6 份,依照“2.2.2”的方法制备供试品溶液。随后,采用“2.1”项下设置的色谱条件进行连续进样操作,并详细记录色谱图。结果显示,槲皮素、山柰素、异鼠李素含量的 RSD 分别

为1.82%、2.23%、2.09%。表明该方法重复性良好。

2.3.4 稳定性试验 用 S1 沙棘颗粒样品,依照“2.2.2”的方法制备供试品溶液。随后,采用“2.1”项下设置的色谱条件进行连续进样操作,将得到的制备品在 0、2、4、8、12、16、24 h 分别进行检测,对色谱图进行详尽的记录。结果显示,槲皮素、山柰素、异鼠李素峰面积的 RSD 分别为 0.97%、1.12%、1.33%,结果表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.3.5 指纹图谱研究 取 9 批沙棘颗粒,采用“2.2.2”的方法进行供试品溶液的制备,并依据“2.1”的色谱条件进样分析,并详细记录色谱图。随后,将得到的数据导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统(版本号:2012.130723)”进行匹配和共有峰标识,以 S1 号样品的色谱图为基础参照。利用中位数法以及共有峰匹配,最终生成了参照图谱(R)和叠加图谱,如图 2 所示。经过细致的对比分析,精准识别出 3 个关键共有峰。进一步结合对照品的保留时间以及紫外吸收图谱信息,成功鉴定出这 3 种成分,分别是槲皮素(对应峰 1)、山柰素(对应峰 2)和异鼠李素(对应峰 3)。

2.3.6 相关性分析 对于样品间的相关性分析,本研究使用 Origin 2022 工具进行分析,分析变量为 3 个不同企业生产的 9 个批次沙棘颗粒样品的 3 个共有峰的峰面积,用以评价不同企业生产的沙棘颗粒的相似度,结果如图 3 所示。其中,热图色调以红蓝为主,蓝色渐变至红色的过程映射其相关性强度由低到高,显著程度通过相关系数 P 表示。结果显示,各批次沙棘颗粒间存在明显正相关性,相关系数为 0.92~1.00 之间,说明不同企业生产的沙棘颗粒在质量上具有较强的稳定性。进一步比较发现,同一家生产企业不同批次之间的沙棘颗粒的相关性显著高于不同生产企业之间的相关性,提示不同生产企业生产的沙棘颗粒在质量上存在一定的差异。

2.3.7 主成分分析(PCA) 为了评价不同企业生产的沙棘颗粒的质量差异,进一步采用 SIMCA 14.1 软件进行 PCA 分析,分析变量为 9 批沙棘颗粒指纹图谱中 3 个共有峰的峰面积 S 。由图 4 可见,拟合参数 $R^2X = 0.924 > 0.5$,预测参数 $Q^2 = 0.612 > 0.5$,证明此模型具有较强预测能力。由图可知,3 种颜色分别代表沙棘颗粒的源头生产企业,相同颜色色块的聚合度表明各自不同批次产品无较大偏差,而不同颜色色块的离散度表明不同企业间存在较大成分差异。这一结果揭示了沙棘颗粒质量差异的内在原因,也为后续的质量控制和生产优化提供了科学依据。

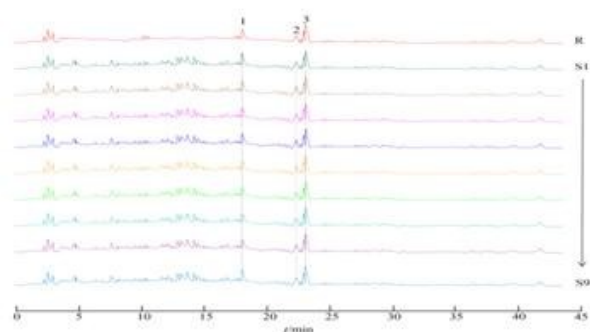


图 2 沙棘颗粒样品的 HPLC 指纹图谱

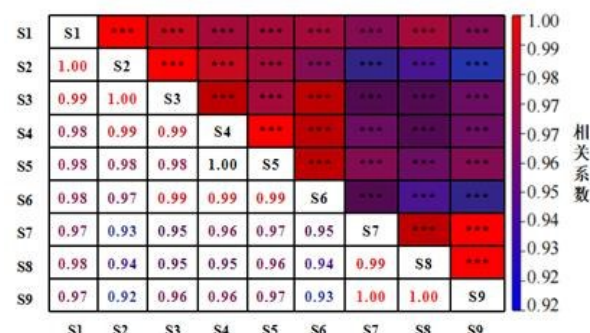


图 3 不同批次沙棘颗粒样品指纹图谱的相关性分析。*** $P \leq 0.001$

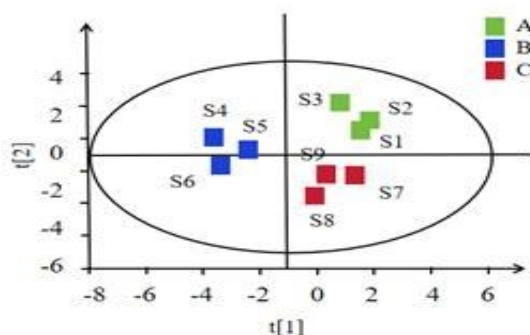


图 4 PCA 得分图。PCA:主成分分析

2.4 QAMS 含量测定

2.4.1 线性关系考察 取用“2.2.1”项制得的混合对照品溶液,取不同量分为 5 组(0.1、0.25、0.5、1.25、2.5 mL),再以 70% 的甲醇进行定容,精确至 5.0 mL,进行充分摇匀,最终得到 5 组不同浓度的混合对照品溶液。然后采用“2.1”项下的色谱条件,对 5 组对照品溶液进行分析,并详细记录色谱峰面积,并绘制标准曲线。据此,获得了沙棘颗粒中 3 个活性成分的线性回归方程及相应的浓度区间(表 2)。结果显示,在相应的浓度范围内,3 种活性成分的峰面积与其质量浓度之间存在良好线性相关。

表 2 沙棘颗粒中 3 种活性成分线性回归方程

成分	回归方程	R^2	线性范围($\mu\text{g/mL}$)
槲皮素	$Y=37.526X-5.609$	0.998	1.624~66.723
山柰素	$Y=44.617X-12.125$	0.999	1.147~43.658
异鼠李素	$Y=66.745X-14.922$	0.999	2.216~93.566

2.4.2 精密度试验 在精密度试验中,选取沙棘颗粒(S1)作为供试品,并依照“2.1”连续 6 次进样测定,最终得到槲皮素、山柰素和异鼠李素的峰面积。这 3 种活性成分的 $\text{RSD} \leq 2.5\%$,充分说明仪器的精密度较高,降低了实验误差。

2.4.3 重复性试验 选取沙棘颗粒粉末(S1)作为供试品,依照“2.2.2”的方法制备 6 份供试品溶液。然后,严格遵循“2.1”所述的色谱条件,连续进行多次进样,并准确记录槲皮素、山柰素和异鼠李素的峰面积。计算得到 3 个成分的 $\text{RSD} < 2.28\%$,表明该方法重复性良好。

2.4.4 稳定性试验 在稳定性试验中,选取沙棘颗粒粉末(S1)作为供试品,以“2.1”的色谱条件为参照,持续进行样品的进样测定(测定时间为制备后的 0、2、4、8、12、16、24 h),并记录槲皮素、山柰素和异鼠李素的峰面积。经精确计算,3 个成分的 $\text{RSD} < 3.10\%$,表明该方法稳定性良好。

2.4.5 加样回收率试验 取已知含量的 0.25 g 沙棘颗粒粉末(S1),精确称量 6 份,加入等量的对照品溶液,以“2.2.2”的方法进行供试品溶液制备,而后采用“2.1”的条件进行分析得到峰面积,进一步计算槲皮素、山柰素和异鼠李素的加样回收率和 RSD。结果如表 3 所示,表明该方法具有良好的准确度。

2.4.6 相对校正因子($f_{\text{c}/i}$)的测定 以槲皮素为内参物,依据“2.4.1”得到的线性关系,依据以下公式对槲皮素与山柰素、异鼠李素的 $f_{\text{c}/i}$ 值进行计算。表 4 结果表明测定结果具有较高的准确性和稳定性。

$$f_{\text{c}/i} = f_{\text{c}}/f_i = C_{\text{c}} \times A_i / (C_i \times A_{\text{c}})$$

A_{c} : 活性成分峰面积, C_{c} : 活性成分浓度, A_i : 待测成分 i 峰面积, C_i : 待测成分 i 浓度。

2.4.7 耐用性考察 选取上述混合对照品溶液,研究不同色谱仪以及不同色谱柱(尺寸均为 $250 \text{ mm} \times 4.6 \text{ mm}$,粒度为 $5 \mu\text{m}$)对各成分 f 的影响,见表 5。随后,采用 Waters e2695 色谱仪和 Welch Ultimate® XB-C18 色谱柱,分别研究不同柱温和流速对各成分的影响。表 6 结果表明,不同仪器、色谱柱、柱温和流速对的影响均较小,说明该方法耐用性良好。

2.4.8 QAMS 与外标法(ESM)比较 将 9 批沙棘颗粒样品,依照“2.2.2”项下的方法制成供试品溶液,并对样品中的 3 个关键成分进行含量测定。测定方法选用 QAMS 和 ESM 技术,最终得到的 2 组数据输入

至 SPSS 21 进行 Pearson 相关性分析。根据以下公式计算相对误差:

$$\text{相对误差} = (W_1 - W_2) / W_2 \times 100\%$$

(W_1 和 W_2 分别代表 QAMS 和 ESM 所测含量)

结果显示,这 2 种方法测得的成分含量差异不大,且相对误差 $\leq 2.5\%$ 。表 7 结果表明,QAMS 与 ESM 的结果无明显差异,QAMS 可用于沙棘颗粒含量的测定。

表 3 沙棘颗粒活性组分加样回收率与 RSD 结果

成分	加样回收率(%)	RSD(%)
槲皮素	99.30	2.25
山柰素	102.10	1.17
异鼠李素	100.90	1.36

RSD: 相对标准偏差

表 4 沙棘颗粒活性组分 $f_{\text{c}/i}$ 与 RSD 结果

成分	$f_{\text{c}/i}$ 均值	RSD(%)
槲皮素	1.524	2.26
山柰素、异鼠李素	0.767	2.10

表 5 不同色谱仪、色谱柱下沙棘颗粒的待测成分值

色谱仪	色谱柱	$f_{\text{槲皮素/山柰素}}$	$f_{\text{槲皮素/异鼠李素}}$
Agilent 1260	Agilent 5 TC-C18	1.586	0.868
	Welch Ultimate® XB-C18	1.592	0.877
Waters e2695	Agilent 5 TC-C18	1.583	0.866
	Welch Ultimate® XB-C18	1.594	0.873
均值		1.589	0.871
RSD(%)		1.56	1.17

表 6 不同柱温和流速对值的影响

柱温($^{\circ}\text{C}$)	$f_{\text{槲皮素/山柰素}}$	$f_{\text{槲皮素/异鼠李素}}$	流速(mL/min)	$f_{\text{槲皮素/山柰素}}$	$f_{\text{槲皮素/异鼠李素}}$
20	1.566	0.862	0.8	1.602	0.783
25	1.573	0.857	1.0	1.591	0.775
30	1.559	0.853	1.2	1.600	0.781
35	1.556	0.851			
均值	1.564	0.856	均值	1.598	0.780
RSD(%)	0.62	0.45	RSD(%)	0.36	0.42

表 7 QAMS 和 ESM 含量测定结果比较

编号	槲皮素(%)	山柰素(%)			异鼠李素(%)		
		QAMS	ESM	RSD	QAMS	ESM	RSD
S1	0.147	0.126	0.128	1.88	0.353	0.355	0.65
S2	0.149	0.124	0.129	1.92	0.357	0.359	0.72
S3	0.148	0.125	0.130	2.03	0.355	0.358	0.69
S4	0.135	0.117	0.119	1.74	0.347	0.349	0.56
S5	0.132	0.118	0.121	1.82	0.345	0.348	0.59
S6	0.129	0.115	0.119	1.85	0.344	0.346	0.62
S7	0.127	0.120	0.122	1.75	0.339	0.342	0.55
S8	0.127	0.119	0.121	1.83	0.336	0.338	0.53
S9	0.126	0.116	0.119	1.84	0.334	0.338	0.50

QAMS: 一测多评法; ESM: 外标法

3 讨论

3.1 指纹图谱分析 指纹图谱作为呈现中药整体化学成分的关键方式,不仅拥有特定的量化参数,还在国际上赢得了对中药质量评估的广泛认可。同时,化学计量学依靠样品多组分特征信息的精准计算特性,加上软件应用的便利推广,已然在中药材的道地性探究及多成分剖析中占据了举足轻重的地位。本研究聚焦于沙棘颗粒,构建的 9 批样品的 HPLC 指纹图谱相似度在 90% 以上,表明了样品之间的高度统一性,并且借助对照品明确了其中的 3 个共有峰,为沙棘颗粒的质量管控提供了有力的数值支撑。同时,在 PCA 的框架下,样品间的相似性分析显示,3 个不同企业生产的样品存在一定离散性,说明不同企业生产的样品在活性组分上具有一定的差异,究其原因可能是道地药材的来源差异性以及药品加工工艺的多样性。通过 PCA 分析结果可以发现,峰 1(槲皮素)、峰 2(山柰素)、峰 3(异鼠李素)在区分不同企业沙棘颗粒指纹图谱中扮演了关键角色。这 3 种成分有望成为沙棘颗粒含量的标志性指标。

3.2 QAMS 研究 QAMS 在指纹图谱及中药成分含量测定及中药质量标准分析中具有重要作用,能显著降低实验成本,提高检验效率。由于实验特殊性,本研究将市面上多家公司生产的高效液相色谱仪及相应的色谱柱进行了比对分析,通过结果数据可以发现,将槲皮素作为内参物,山柰素和异鼠李素的 RSD 值合规,且几乎无差异性。按照两种算法进行实验分析和对比,发现两种分析方法的测定结果无明显差异,印证了此方法具有一定的可依赖性。因此,建立的 QAMS 方法在沙棘颗粒含量测定方面具有显著的应用价值。这一成果不仅为沙棘颗粒的质量控制提供了科学依据,也为相关领域的深入研究奠定了基础。

综上,本研究将指纹图谱技术与定量分析多成分 QAMS 相融合,全面且深入地评估了沙棘颗粒的品质,并借助 PCA 等方法精准呈现不同批次样品,不同生产源头之间的细小差异。此方法具有易操作、省时高效及结果精确等显著优势,能够为沙棘颗粒质量标准的优化提供有力的参考依据。

参考文献

- 1 王颖,张智锋,任婧楠,等.沙棘活性成分及功能特性的研究进展[J/OL].现代食品科技,1-10[2024-12-27].
- 2 Lan Y, Sun Q, Ma Z, *et al.* Seabuckthorn polysaccharide a-

meliorates high-fat diet-induced obesity by gut microbiota-SCFAs-liver axis[J]. Food Funct, 2022, 13(5): 2925-2937.

- 3 Wang J, Ren C, Jin L, *et al.* Seabuckthorn Wuwei Pulvis attenuates chronic obstructive pulmonary disease in rat through gut microbiota-short chain fatty acids axis[J]. J Ethnopharmacol, 2023, 314: 116591-116599.
- 4 Singh S, Sharma PC. Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) profiling reveals substantial metabolome diversity in seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries originating from different geographical regions in the Indian Himalayas[J]. Phytochem Anal, 2022, 33(2): 214-225.
- 5 任李成城,刘振华,董琦,等.沙棘黄酮类成分及其药理作用的研究进展[J].中国药物化学杂志,2023,33(8): 598-617.
- 6 黄海华,胡辉,龚华梦,等.沙棘配方颗粒的色谱鉴定及含量测定[J].华西药学杂志,2020,35(2): 191-197.
- 7 安劫,牛辰瑾,曲佳,等. HPLC 法测定越鞠保和丸中苍术素、木香炔内酯和去氢木香内酯的含量[J].天津药学,2023,35(1): 17-21.
- 8 Zhang J, Yu X, Yang R, *et al.* Quality evaluation of Lonicerae Japonicae Flos from different origins based on high-performance liquid chromatography (HPLC) fingerprinting and multicomponent quantitative analysis combined with chemical pattern recognition[J]. Phytochem Anal, 2024, 35(4): 647-663.
- 9 Liu Q, Yu H, Dong Y, *et al.* Quality evaluation of Lonicerae flos produced in southwest China based on HPLC analysis and antioxidant activity[J]. Molecules, 2024, 29(11): 2560-2576.
- 10 樊修和,唐志书,宋忠兴,等.基于薄层色谱与一测多评法的沙棘颗粒质量评价方法研究[J].中国现代中药,2024,26(3): 494-498.
- 11 黄婷,柳贤福,陈汝旭,等.一测多评法同时测定不同配伍比例枳实-厚朴药对中 11 种成分的含量[J].中成药,2024,46(12): 3911-3917.
- 12 刘庆焕,张岩,傅予,等.一测多评法同时测定金花清感颗粒中 6 种成分的含量[J].天津药学,2021,33(3): 27-30,38.
- 13 Su Y, Peng Y, Ren J, *et al.* Quantitative analysis of Berberidis cortex via quantitative analysis of multicomponents by single marker (QAMS) combined with fingerprint and chemometrics methods[J]. J Anal Methods Chem, 2022, 2022: 8042631-8042639.
- 14 Chen Q, Wang Z, Yang B, *et al.* Determination of main alkylamides responsible for Zanthoxylum bungeanum pungency through quantitative analysis of multi-components by a single marker[J]. Food Chem, 2022, 396: 133645.