

Research on Identification of Adulteration Coffee by HPLC Fingerprints

Shiping Shao^{1,2*}, Xinglin Xi^{1,2}, Yuanhong Chen^{1,2}, Cuiwei Huang^{1,2}, Huiyi Wen^{1,2}

¹China Guangdong Inspection and Quarantine Technology Center, Guangzhou Guangdong

²Guangdong Key Laboratory of Import and Export Technical Measures of Animal, Plant and Food, Guangzhou Guangdong

Email: *shipingshao@163.com

Received: Oct. 12th, 2018; accepted: Oct. 24th, 2018; published: Nov. 8th, 2018

Abstract

A method had been developed for identification of true or false coffee based on high performance liquid chromatography (HPLC) fingerprint. 90 high performance liquid chromatography (HPLC) fingerprints of coffee were selected and analyzed, and all data were calculated by using A version of chromatographic fingerprint similarity evaluation system of Chinese traditional medicine and the chromatographic analysis and data management system of Chinese traditional medicine softwares. In the whole process, the stability of the method was good, the standard fingerprints of pure coffee owned 17 characteristic peaks of HPLC fingerprint, the similarity threshold of all 30 samples was no less than 0.9 and the similarity threshold of adulterated coffee was as low as 0.4 through analyzing peak area correlation coefficient (r), peak area cosine ratio ($\cos\alpha$), peak height correlation coefficient (r), peak height cosine ratio ($\cos\alpha$). The method can identify that the minimum adulterated amount of black barley flour, black corn flour and Brazilian berry powder was 1 wt%. Such method was convenient, high-precision and had strong discrimination ability, which was worthy of popularized application.

Keywords

Fingerprint, Coffee, Adulteration, High Performance Liquid Chromatography

高效液相色谱指纹图谱法鉴别咖啡掺假

邵仕萍^{1,2*}, 奚星林^{1,2}, 陈远鸿^{1,2}, 黄翠薇^{1,2}, 文慧依^{1,2}

¹广东检验检疫技术中心, 广东 广州

²广东省动植物与食品进出口技术措施研究重点实验室, 广东 广州

Email: *shipingshao@163.com

*通讯作者。

收稿日期：2018年10月12日；录用日期：2018年10月24日；发布日期：2018年11月8日

摘要

通过采集90个纯咖啡样品的高效液相色谱图建立起咖啡的标准指纹图谱，建立了一种基于高效液相色谱指纹图谱鉴别咖啡掺假的方法，利用中药色谱指纹图谱相似度评价系统A版和中药色谱图分析和数据管理系统软件分析待测样品色谱图与咖啡标准指纹图谱的相似度，并根据相似度的分析结果鉴别咖啡是否掺假。结果表明，该方法稳定性好，纯咖啡标准指纹图谱包括17个共有峰，其高效液相色谱指纹图谱峰面积相关系数法、峰面积夹角余弦法、峰高相关系数法、峰高夹角余弦法阈值均大于0.9，模拟掺入大麦粉、黑玉米粉和巴西莓果粉，得到掺假物的峰面积相关系数法、峰面积夹角余弦法、峰高相关系数法、峰高夹角余弦法阈值均小于0.4，且本方法对大麦粉、黑玉米粉和巴西莓果粉可鉴别最小掺假量为1 wt%，具有方便快捷，精密度好，鉴别能力强等特点。

关键词

指纹图谱，咖啡，掺假，高效液相色谱

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

咖啡作为饮料有着悠久的历史，适当饮用能起到消除疲劳、振奋精神、促进血液循环、提高劳动效率和思维活动能力等多种有益的功效。因此，它已成为当今人们饮食生活中的重要组成部分。另外，咖啡还有其独特的医疗疗效，如能醒脑提神、抗忧郁、抗氧化，降低发生糖尿病、肝硬化、消化道肿瘤等风险。

近年来，由于干旱和农作物疾病的影响，巴西等咖啡主要产地的咖啡产量显著下降，咖啡豆的短缺问题越来越突出。到2080年，全球咖啡产量估计将减少七成。咖啡生产大国巴西通常每年生产5500万包咖啡，而根据报告显示，2014年巴西咖啡的全年产量预计只有4500万包。在供不应求的情况下，不少不法商贩往咖啡中掺入便宜的玉米、大麦、巴西莓果粉等物质[1][2][3][4][5]。尽管这些成分不会造成身体伤害，但它们会让咖啡商获得更高的利润，会影响产品质量和口感，损害消费者利益。根据国际咖啡组织(ICO)，掺假咖啡若进入咖啡市场，将给予最严重的处罚。

咖啡因其独特的风味口感及生理活性成为世界范围内最重要的食品类商品之一。咖啡的生理活性主要来自于咖啡中的咖啡因、绿原酸以及类黑精等功能性成分，目前，针对咖啡中某种成分的检测已有诸多报道[6]-[15]。但是因为产地、品种、生长周期等因素咖啡中具体成分会有很大范围的差异，只检测特定成分无法辨识咖啡是否掺假，只有对咖啡进行整体评价，才能准确、科学地鉴别咖啡是否掺假。目前，针对复杂样品的鉴别，国内外研究采用更多的是指纹图谱技术[6]-[23]，该技术可以呈现出复杂样品的“整体形态”。本文采用高效液相色谱(HPLC)技术与指纹图谱软件联用对咖啡进行掺假鉴别，建立起咖啡的标准指纹图谱，利用中药色谱指纹图谱相似度评价系统A版软件分析待测样品色谱图与咖啡标准指纹图谱的相似度，并根据相似度的计算结果鉴别咖啡是否掺假。本方法方便快捷，精密度好，鉴别能力强。

2. 材料与方法

2.1. 材料与仪器

试剂：去离子水由 Milli-Q 净化系统(美国 Millipore 公司)制得，甲醇(纯度 ≥ 99.5 ，分析纯)，乙醇(纯度 ≥ 99.7 ，分析纯)，正丁醇(纯度 ≥ 99.5 ，分析纯)和绿元酸标准品(纯度 99.7%，CAS 327-97-9)等均为市购。

仪器：液相色谱仪 - 配制 DAD 检测器，Agilent 1200，美国 Agilent 公司；粉碎机(瑞典 Foss KN195KnifetecTM)；离心机(德国 SIGMA 公司)；振荡器(德国 IKA 公司)。

软件：Agilent Chemstation 工作站，中药色谱图分析和数据管理系统，中药色谱指纹图谱相似度评价系统 A 版。

纯咖啡样品：由市场购置 90 种咖啡豆，粉碎制成纯咖啡样品。

掺假咖啡样品：将咖啡豆制作成粉，然后按不同比例加入黑大麦粉(黑大麦 250℃炒制 30 min，粉碎后得到)、巴西莓果粉、黑玉米粉(黑玉米烘干，粉碎后得到)制成掺假咖啡样品。

2.2. 实验方法

2.2.1. 样品前处理

精密称取 1.0 克纯咖啡样品或掺假咖啡样品，准确加入 10 mL 甲醇，剧烈震荡 5 min，离心 10 min，取上清液，过 0.45 μm 滤膜得高效液相色谱上机测试样液。

2.2.2. 色谱条件

色谱柱：Ultimate® XB-C18 (4.6 \times 250 mm, 5 μm)。

流动相：A 相为甲醇，B 相为体积分数 0.1%的甲酸水溶液；流速 1.0 mL/min；柱温：30℃；紫外检测波长：254 nm；流动相的梯度洗脱程序为：0~10 min，体积分数 10%~15%的甲醇；10~40 min，体积分数 15%~50%的甲醇；40~50 min，体积分数 50%~100%的甲醇；50~55 min，体积分数 100%~10%的甲醇；55~60 min，体积分数 10%的甲醇。

2.3. 数据分析

采集步骤(1.2)检测所得纯咖啡样品和掺假咖啡样品的液相色谱图，用中药色谱图分析和数据管理系统和中药色谱指纹图谱相似度评价系统 A 版进行数据分析，建立咖啡标准指纹图谱，进行峰面积相关系数法相似度、峰高相关系数法相似度、峰面积夹角余弦法相似度、峰高夹角余弦法相似度、全图谱相关系数法相似度和全图谱夹角余弦法相似度的计算。

3. 结果与讨论

3.1. 提取剂的选择

在选择样品前处理方法时，既希望尽可能多地提取咖啡的组分，又要考虑后续液相色谱测定的需要。考虑到通常饮用方法，首先尝试用水提取，但提取物十分复杂，呈棕色混悬液，离心 10 min 之后亦无改善，很难通过滤膜过滤，无法上机检测；水饱和的正丁醇提取成分由于糖类物质过多，导致色谱图基线显著提高，难以落平，色谱峰分离效果差，且液相色谱系统压力持续增大，多次测试会对液相色谱系统造成不利影响；考虑到糖类物质难溶于醇，所以尝试用乙醇提取咖啡组分，所得组分相对简单，也没有大量的糖类物质，但所得色谱图中除了氯原酸色谱峰比较突出外，基本无其它色谱峰，信息量太少，难以全面精确的表达咖啡的整体特征；采用甲醇提取咖啡组分，结果表明，提取物组分比较丰富，且无大

量糖类物质, 所得色谱图中氯原酸色谱峰突出, 还有其它的不少的指纹峰, 且分离度较好, 信息量丰富, 能够全面准确的表征咖啡本质特征, 符合指纹图谱的要求, 因此确定用甲醇作为咖啡指纹图谱前处理提取剂。

3.2. 流动相的选择

为了尽可能多地得到分离度较好的色谱峰, 首先在很宽范围内 120 min 内有机流动相从 5% 增加到 95% 进行梯度洗脱尝试, 结果发现, 流动相的组成对色谱洗脱效果有显著影响。甲醇 - 水体系色谱峰响应较低, 且基线不稳定, 难以得到良好的色谱图; 甲醇 - 乙酸铵体系, 色谱峰的响应有所改善, 但分离度不佳, 众多小峰呈粘连状态; 甲醇-0.1% 甲酸水溶液体系, 色谱峰响应高, 约为甲醇 - 乙酸铵体系响应的两倍, 且分离度较好, 以绿原酸为主峰, 左右各有数量不等的小峰, 符合指纹图谱的要求, 所以最终确定使用甲醇-0.1% 甲酸水溶液体系作为流动相。在确定上述流动相体系后, 在不显著降低色谱峰分离度的前提下进一步优化色谱条件, 最终得到 1.2.2 节所述的色谱条件。

3.3. 咖啡标准色谱峰的建立

按照 1.2 节所述方法, 采集 90 个纯咖啡样品的色谱图, 经中药色谱图分析和数据管理系统分析处理获得咖啡标准图谱, 作为对照指纹图谱, 详见图 1。

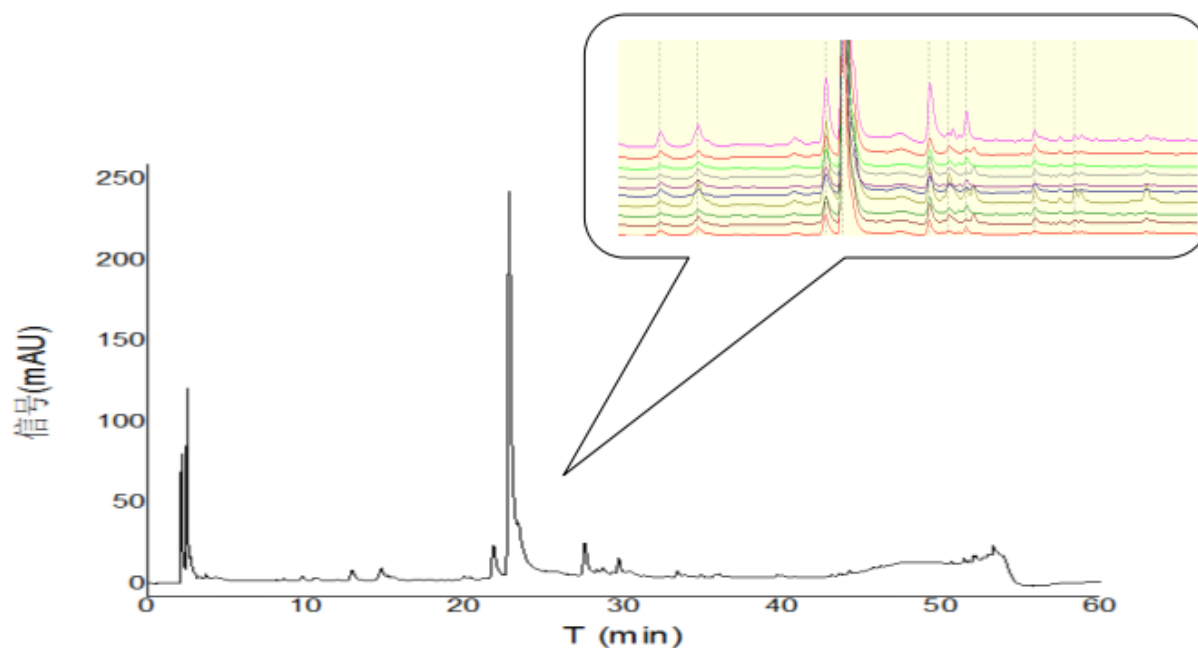


Figure 1. Standard fingerprint of coffee based on HPLC (the enlarge figure was the overlapping chromatograms of 1-10# coffees)

图 1. 咖啡高效液相色谱标准指纹图谱(放大图为 1-10# 咖啡色谱图重叠结果)

3.4. 精密度实验

通过考察多次测定同一咖啡样品中主要成分绿原酸含量的结果, 评价测定样品色谱图方法的精密度。首先配置绿原酸系列标准溶液, 并按照 1.2 节所述色谱条件, 建立起绿原酸的标准曲线, 具体为 $Y = 8.56X + 0.94$, $R = 1.000$ 。然后随机抽取 90 个纯咖啡样品中的 1 个样品, 称取 10 个平行样品, 并按照 1.2 节所述条件进行色谱测试, 结合前述绿原酸标准曲线, 计算出样品中绿原酸的含量。结果表明, 10 次平行测

试结果的相对标准偏差(RSD)为 3.4%，测定样品色谱图方法的精密度良好，具体数据如表 1 所示。

Table 1. Results of 10 times parallel measurements of chlorogenic acid content

表 1. 同一样品绿原酸含量 10 次平行测定的结果

N	保留时间	峰面积	峰高	称样量(g)	定容体积(mL)	浓度($\mu\text{g/mL}$)	测定结果(%)
1	24.052	6458.6	307.8	0.9980	10	754.7	0.76
2	24.094	6876.4	320.3	1.0010	10	803.6	0.80
3	24.037	7085.6	329.7	1.0090	10	828	0.82
4	23.996	7043.7	328.9	1.0080	10	823.1	0.82
5	24.018	6941.5	321.4	1.0030	10	811.2	0.81
6	24.09	6611.5	307.7	1.0000	10	772.6	0.77
7	24.067	6926.5	321	1.0040	10	809.4	0.81
8	24.079	6642.5	308.6	1.0020	10	776.2	0.77
9	24.093	7225.8	336	1.0030	10	844.4	0.84
10	24.061	7081.5	330.6	1.0000	10	827.6	0.83
平均值	24.0587	6889.36	321.2	--	--	805.1	0.8
RSD (%)	0.14	3.6	3.2	--	--	3.6	3.4

通过考察多次测定同一咖啡样品相似度的结果，评价测定样品相似度方法的精密度。随机抽取 90 个纯咖啡样品中的 1 个样品，称取 6 个平行样品，按照 1.2 节所述的测定样品色谱图，结合咖啡标准指纹图谱，利用中药色谱指纹图谱相似度评价系统 A 版计算出样品峰面积相关系数法的相似度，结果如表 2 和表 3 所示。

Table 2. Results of 17 characteristic peaks by 6 times parallel measurements HPLC fingerprint

表 2. 同一咖啡样品 6 次平行测试液相色谱指纹图谱 17 个共有峰结果

编号	保留时间	S1	S2	S3	S4	S5	S6	对照指纹图谱	保留时间	RSD (%)	峰面积	RSD (%)	匹配数目
1	9.791	21.043	22.232	22.788	24.266	21.741	21.909	22.33		0.1	4.97		6
2	12.945	58.143	63.101	64.246	67.814	71.345	69.969	65.77		0.07	7.46		6
3	14.691	208.302	216.115	207.783	184.42	215.289	190.14	203.675		0.22	6.52		6
4	21.784	503.079	534.785	525.774	541.48	549.485	564.411	536.502		0.08	3.92		6
5	22.801	4073.729	4318.098	4336.369	4582.117	4466.375	4578.054	4392.457		0.05	4.39		6
6	23.324	1037.368	1085.278	1049.599	1104.312	1073.476	1068.55	1069.764		0.15	2.25		6
7	27.53	258.218	269.798	267.238	289.506	277.41	283.988	274.36		0.06	4.2		6
8	28.291	28.071	27.773	28.244	35.493	30.111	30.522	30.036		0.07	9.67		6
9	28.644	119.876	128.727	127.741	149.617	137.055	134.987	133		0.04	7.63		6
10	33.374	54.826	59.996	57.802	59.131	63.083	59.261	59.016		0.02	4.58		6
11	34.887	20.631	23.198	23.233	25.035	24.393	21.941	23.072		0.03	6.96		6
12	35.717	38.97	42.398	41.443	45.591	44.208	45.44	43.008		0.05	5.99		6
13	36.028	45.347	49.372	50.364	52.752	52.822	60.696	51.892		0.03	9.85		6
14	39.671	51.744	53.181	59.943	60.168	62.585	64.493	58.686		0.03	8.73		6
15	43.119	60.898	63.561	62.581	67.131	67.703	70.457	65.389		0.05	5.53		6
16	43.593	39.586	43.211	43.62	49.302	49.688	46.604	45.335		0.04	8.64		6
17	44.216	37.08	35.514	39.475	40.148	43.082	40.068	39.228		0.03	6.73		6

Table 3. Results of similarity calculation by 6 times parallel measurements HPLC fingerprint**表 3.** 同一咖啡样品 6 次平行测试液相色谱指纹图谱相似度计算结果

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	对照指纹图谱
S1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.993	1.000
S2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.993	1.000
S3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.994	1.000
S4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.994	1.000
S5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.994	1.000
S6	0.993	0.993	0.994	0.994	0.994	1.000	0.996
对照指纹图谱	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.996	1.000

由表 2 和表 3 可知, 该样品的液相色谱图中 17 个共有色谱峰, 其保留时间的相对标准偏差(RSD)均小于 0.2%; 峰面积的相对标准偏差(RSD)在 10%以内。且液相色谱指纹图谱相似度皆大于 0.99, 测定样品相似度方法的精密度良好。

3.5. 相似度计算方法的选择

通过考察不同计算方法所得纯咖啡样品与标准指纹图谱相似度和掺假咖啡样品与标准指纹图谱相似度的差异, 评价相似度计算方法的适用性。将黑大麦粉、巴西莓果粉、黑玉米粉按不同比例掺入咖啡样品中, 得到咖啡掺假样品, 按照 1.2 节所述的测定样品色谱图, 结合咖啡标准指纹图谱, 利用中药色谱图分析和数据管理系统计算出样品 6 种相似度。结果表明: 峰面积相关系数法、峰高相关系数法、峰面积夹角余弦法、峰高夹角余弦法可以显著地反映出咖啡掺假结果。但是全图谱相关系数法和全图谱夹角余弦法效果不明显。在添加到 10 wt%掺假物的情况下, 全图谱相关系数法和全图谱夹角余弦法所得的相似度结果仍然居高不下, 不利于结果的甄别。因此, 本试验增加 30 wt%和 50 wt%的黑大麦粉掺假咖啡样品进行试验, 结果如表 4 所示。

Table 4. Results of similarity calculation by using 6 methods of adulterated coffee from black barley flour**表 4.** 黑大麦粉掺假咖啡样品 6 种方法计算相似度结果

N	峰面积相关系数法	峰面积夹角余弦法	峰高相关系数法	峰高夹角余弦法	全图谱相关系数法	全图谱夹角余弦法
1#	0.987810	0.978716	0.988183	0.985092	0.992887	0.991189
2#	0.970725	0.958788	0.991925	0.989346	0.996650	0.995763
3#	0.125629	0.005302	0.230029	0.073929	0.314785	0.376331
4#	0.229387	0.201627	0.212878	0.114877	0.290602	0.311343
5#	0.226341	0.123238	0.242357	0.119393	0.755483	0.802145
6#	0.222161	0.116166	0.234256	0.113483	0.802284	0.839435
7#	0.915157	0.908189	0.985407	0.975559	0.984982	0.986786
8#	0.984535	0.975745	0.995197	0.990122	0.997379	0.997529
9#	0.939517	0.917930	0.994112	0.980947	0.996017	0.996603
10#	0.970765	0.959108	0.990650	0.982033	0.996356	0.996824
11#	0.951665	0.941302	0.996285	0.989901	0.996946	0.997246
12#	0.941271	0.920100	0.974156	0.963130	0.989772	0.990642
13#	0.983077	0.961842	0.975984	0.966702	0.977252	0.977557

该试验中 3#、4#、5#和 6#为黑大麦粉掺假咖啡样品,其中 5#和 6#分别为 50 wt%和 30 wt%的大麦掺假咖啡样品,相对于其他 4 方法相似度在 0.25 以下,全图谱相关系数法相似度和全图谱夹角余弦法相似度均在 0.75 以上。很显然全图谱相关系数法和全图谱夹角余弦法相似度计算结果不符合纯咖啡样品相似度大于 0.9,而掺假咖啡样品相似度小于 0.4 的标准,不适合用于鉴别咖啡方法中相似度的计算,而峰面积相关系数法、峰高相关系数法、峰面积夹角余弦法和峰高夹角余弦法适用于鉴别咖啡方法中相似度计算,且均由良好效果。

3.6. 可鉴别最小掺假量

通过考察本方法的可鉴别最小掺假量,评价本方法的鉴别能力。抽取纯咖啡样品和掺假咖啡样品组成测试组,按照 1.2 节所述的测定样品色谱图,结合咖啡标准指纹图谱,利用中药色谱图分析和数据管理系统计算出样品峰面积相关系数法相似度、峰高相关系数法相似度、峰面积夹角余弦法相似度和峰高夹角余弦法相似度,以纯咖啡样品相似度大于 0.9,而掺假咖啡样品小于 0.4 为标准,确定本方法对各种掺假物的可鉴别最小掺假量,结果如表 5、表 6 和表 7 所示。结果表明,本方法对黑大麦粉、巴西莓果粉和黑玉米粉可鉴别最小掺假量均低至 1 wt%,具有很强的鉴别能力。

Table 5. Inspection results of minimum adulteration amount of black barley flour

表 5. 黑大麦粉可鉴别最小掺假量的考察结果

N	峰面积相关系数法	峰面积夹角余弦法	峰高相关系数法	峰高夹角余弦法
1#	0.987810	0.978716	0.988183	0.985092
2#	0.970725	0.958788	0.991925	0.989346
3#	0.934867	0.930454	0.975295	0.966533
4#	0.973779	0.962235	0.994417	0.987005
5#	0.951987	0.916571	0.948415	0.938012
6#	0.932940	0.904161	0.957854	0.947072
7#	0.958898	0.948407	0.980428	0.967344
8#	0.215534	0.099108	0.231860	0.111468
9#	0.222161	0.116166	0.234256	0.113483
10#	0.226341	0.123238	0.242357	0.119393
11#	0.222608	0.112736	0.234244	0.112395
12#	0.229387	0.201627	0.212878	0.114877
13#	0.310854	0.121357	0.278201	0.054283

表 5 中 8#, 9#, 10#, 11#, 12#, 13#样品为掺假咖啡样品,分别是含 1 wt%、2 wt%、5 wt%、8 wt%、10 wt%黑大麦粉的掺假咖啡样品。测试结果满足纯咖啡样品相似度大于 0.9,而掺假咖啡样品小于 0.4 的标准,可以确定本方法对黑大麦粉的可鉴别最小掺假量为 1 wt%。

Table 6. Inspection results of minimum adulteration amount of Brazilian berry powder
表 6. 巴西莓果粉可鉴别最小掺假量的考察结果

N	峰面积相关系数法	峰面积夹角余旋法	峰高相关系数法	峰高夹角余旋法
1#	0.253683	0.219390	0.202287	0.058474
2#	0.144190	0.060544	0.225249	0.141741
3#	0.143973	0.058387	0.221356	0.139467
4#	0.153879	0.067944	0.226606	0.143470
5#	0.136390	0.021145	0.231257	0.137735
6#	0.144601	0.022861	0.240862	0.142486
7#	0.947617	0.932628	0.942241	0.920048
8#	0.971091	0.967345	0.979105	0.965162
9#	0.940528	0.941124	0.963589	0.960850
10#	0.949318	0.900086	0.959273	0.946665

表 6 中 1#、2#、3#、4#、5#、6# 样品为掺假咖啡样品，分别是含 1 wt%、2 wt%、5 wt%、8 wt%、10 wt% 巴西莓果粉的掺假咖啡样品。测试结果满足纯咖啡样品相似度大于 0.9，而掺假咖啡样品小于 0.4 的标准，可以确定本方法对巴西莓果粉的可鉴别最小掺假量为 1 wt%。

Table 7. Inspection results of minimum adulteration amount of black corn flour
表 7. 黑玉米粉可鉴别最小掺假量的考察结果

N	峰面积相关系数法	峰面积夹角余旋法	峰高相关系数法	峰高夹角余旋法
1#	0.947617	0.932628	0.942241	0.920048
2#	0.940528	0.941124	0.963589	0.960850
3#	0.971091	0.967345	0.979105	0.965162
4#	0.949318	0.900086	0.959273	0.946665
5#	0.124083	0.015755	0.192189	0.056430
6#	0.163529	0.067663	0.240126	0.147115
7#	0.143973	0.058387	0.221356	0.139467
8#	0.173336	0.069592	0.248600	0.149735
9#	0.157593	0.065442	0.230494	0.143466
10#	0.164584	0.071107	0.232381	0.143518

表 7 中 5#、6#、7#、8#、9#、10# 样品为掺假咖啡样品，分别是含 1 wt%、2 wt%、5 wt%、8 wt%、10 wt% 黑玉米粉的掺假咖啡样品。测试结果满足纯咖啡样品相似度大于 0.9，而掺假咖啡样品小于 0.4 的标准，可以确定本方法对巴西莓果粉的可鉴别最小掺假量为 1 wt%。

4. 结论

选择合理的提取试剂和流动相体系建立起科学可靠的测定咖啡样品高效液相色谱图的方法，利用 90

个纯咖啡样品建立起咖啡的标准指纹图谱, 选择合理的相似度计算方法, 建立起对黑大麦粉、巴西莓果粉和黑玉米粉可鉴别最小掺假量为 1 wt% 的一种基于高效液相色谱指纹图谱鉴别咖啡掺假的方法。本方法方便快捷, 精密度好, 鉴别能力强, 既解决了实际检测中咖啡掺假鉴别的问题, 也为高效液相色谱指纹图谱技术用于其他物种掺假鉴别提供了参考。

基金项目

国家质量监督检验检疫总局科技计划项目(2016IK054); 广东检验检疫局科技计划项目(2016GDK17)。

参考文献

- [1] Toledo, B.R., Hantao, L.W., Ho, T.D., *et al.* (2014) A Chemometric Approach toward the Detection and Quantification of Coffee Adulteration by Solid-Phase Microextraction Using Polymeric Ionic Liquid Sorbent Coatings. *Journal of Chromatography A*, **1346**, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2014.04.035>
- [2] Pauli, E.D., Barbieri, F., Garcia, P.S., *et al.* (2014) Detection of Ground Roasted Coffee Adulteration with Roasted Soybean and Wheat. *Food Research International*, **61**, 112-119. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.032>
- [3] Oliveira, R.C.S., Oliveira, L.S., Franca, A.S., *et al.* (2009) Evaluation of the Potential of SPME-GC-MS and Chemometrics to Detect Adulteration of Ground Roasted Coffee with Roasted Barley. *Journal of Food Composition and Analysis*, **22**, 257-261. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.015>
- [4] Cai, T., Hu, T. and Zhang, J.-L. (2016) Novel Identification Strategy for Ground Coffee Adulteration Based on UPLC-HRMS Oligosaccharide Profiling. *Food Chemistry*, **190**, 1046-1049. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.084>
- [5] Reis, N., Franca, A.S. and Oliveira, L.S. (2013) Quantitative Evaluation of Multiple Adulterants in Roasted Coffee by Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy (DRIFTS) and Chemometrics. *Talanta*, **115**, 563-568. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.06.004>
- [6] Barbin, D.F., Felicio, A.L. de S.M. and Sun, D.-W., *et al.* (2014) Application of Infrared Spectral Techniques on Quality and Compositional Attributes of Coffee: An Overview. *Food Research International*, **61**, 23-32. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.005>
- [7] 王冬, 闵顺耕, 段佳, 等. 漫反射近红外光谱法同时测定液体咖啡中的速溶咖啡、植脂末、糖含量[J]. 光谱学与光谱分析, 2012, 32(4): 982-984.
- [8] 王艳艳, 何勇, 邵咏妮, 等. 基于可见 - 近红外光谱的咖啡品牌鉴别研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2007, 27(4): 702-706.
- [9] 蔡荣华, 张晓芳, 杜精, 等. 超高效液相色谱 - 紫外检测法同时测定绿咖啡豆提取物中的绿原酸和咖啡因含量[J]. 中国食品添加剂, 2014(2): 225-228.
- [10] 龙文静, 张盛, 袁玲, 等. 反相高效液相色谱法同时测定咖啡豆中的 6 种酚酸类化合物[J]. 色谱, 2011, 29(5): 439-442.
- [11] 许善伟. 高效液相法测定咖啡豆提取物中绿原酸的含量[J]. 广西医学, 2009, 31(11): 1702-1703.
- [12] 杨剡舟, 翟晓娜, 杜秉健, 等. 咖啡中功能性成分分离检测技术及安全性评价[J]. 食品科学, 2014, 35(3): 243-252.
- [13] 胡倩倩, 王洪新. 速溶咖啡的挥发性成分分析[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(10): 3054 -3055.
- [14] Domingues, D.S., Pauli, E.D., De Abreu, J.E.M., *et al.* (2014) Detection of Roasted and Ground Coffee Adulteration by HPLC by Amperometric and by Post-Column Derivatization UV-Vis Detection. *Food Chemistry*, **146**, 353-362. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.066>
- [15] Alcantara-Licudine, J.P., Bui, N.L., Kawate, M.K., *et al.* (1998) Analysis of Phloxine B Uranine in Coffee by High-Performance Liquid Chromatography and Capillary Zone Electrophoresis after Solid Phase Extraction Cleanup. *Food Chemistry*, **46**, 105-1011.
- [16] 胡明华, 王琴, 戴军, 等. 多糖组分色谱指纹图谱聚类分析可可粉的掺假鉴别[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(8): 173-177.
- [17] 王世鹏, 董文宾, 樊成, 等. 非线性化学指纹图谱技术在食品掺假检测中的应用[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(1): 204-207.
- [18] 马永杰, 董文宾, 樊成, 等. 基于非线性化学指纹图谱技术测定婴幼儿羊奶粉中掺假牛奶粉含量[J]. 分析科学学

报, 2016, 32(1): 43-47.

- [19] 谢建军, 陈小帆, 相大鹏, 等. 气相色谱指纹图谱法快速鉴别红葡萄酒真假[J]. 酿酒科技, 2012, 219(9): 107-111.
- [20] 翟为民, 袁永生, 周玉新, 等. 人参、西洋参及三七指纹图谱鉴别[J]. 中国中药杂志, 2001, 26(7): 481-482.
- [21] 薛健, 张丽萍. 人参、西洋参气味的色谱指纹鉴别[J]. 中草药, 2001, 32(4): 364.
- [22] 董文宾, 马永杰, 王世鹏, 等. 一种检测乳品掺假的指纹图谱方法. 201610471290[P]. 中国, 72016-10-12.
- [23] 董文江, 王凯丽, 谷凤林, 等. 紫外可见光谱指纹图谱结合化学计量学在鉴别咖啡不同焙炒度中的应用[J]. 热带作物学报, 2015, 36(2): 404-410.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-1557, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: aac@hanspub.org