

平欧榛子甾醇和 VE 指纹图谱构建与分析

吕春茂, 李 潇, 孟宪军, 张 璇, 孙也婷, 李其昌

(沈阳农业大学 食品学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘要: 为了榛子资源品种改良、榛子油品质评价及质量控制,采用 GC-MS 技术和 HPLC 技术结合系统聚类、相似度分析法,构建不同平欧榛子活性物质甾醇和 VE 的标准指纹图谱,并就各样品甾醇及 VE 的指纹图谱进行分析。结果表明,14 个样品甾醇和 VE 的含量有一定差异;根据相似度分析,分别建立了平欧榛子甾醇和 VE 的标准指纹图谱,且样品间甾醇色谱图相似度均在 0.98 以上,整体相似性较高,而样品间 VE 色谱图相似度存在较大差异,比较发现同一地区不同品种间 VE 相似度高于同一品种不同地区样品间相似度;聚类分析显示,平欧榛子甾醇根据品种划分为 4 个类别,而 VE 则根据种植区域也划分为 4 个类别,品种和种植区域分别是影响平欧榛子甾醇和 VE 组成的重要因素。

关键词: 气相色谱-质谱法(GC-MS);高效液相色谱法(HPLC);指纹图谱技术;平欧榛子;甾醇;VE;聚类分析

中图分类号:F 407.82 文献标志码:A DOI:10.3969/j.issn. 1673-1689.2019.01.018

Establishment and Analysis of Flat-European Hybrid Hazelut Sterol and VE Fingerprints

LV Chunmao, LI Xiao, MENG Xianjun, ZHANG Xuan, SUN Yeting, LI Qichang

(College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: For the hazelnut varieties breeding, hazelnut oil quality evaluation and control, the Flat-European hybrid hazelnut sterol standard fingerprints were established by GC-MS technology, and the Flat-European hybrid hazelnut VE standard fingerprints were established by HPLC technology, meanwhile, the similar degree were analyzed combination with system clustering and similarity analysis. The results indicated that the sterol and the VE contents of 14 kinds of samples have certain differences; The similarities showed that the sterol and VE in samples were all similar; In addition, sterol and VE in the 14 kinds of Flat-European hybrid hazelnut samples could be respectively according to cultivar and region clustering 4 categories, that varieties and planting area were important factors for affecting sterol and VE Flat-European hybrid hazelnut.

Keywords: gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), high performance liquid chromatography (HPLC), fingerprint, Flat-European hazelnut, sterol, VE, cluster analysis

收稿日期: 2016-08-27

基金项目: 辽宁省自然科学基金项目(2014027011)。

作者简介: 吕春茂(1970—),男,博士,副教授,主要从事食品生物技术及食品质量安全控制研究。E-mail:bt_lcm@126.com

引用本文: 吕春茂,李潇,孟宪军,等. 平欧榛子甾醇和 VE 指纹图谱构建与分析[J]. 食品与生物技术学报,2019,38(01):119-126.

近年来,随着药膳两用功能食品的发展,中药指纹图谱技术已逐渐拓展到功能食品原料的品质评价及产品加工工艺控制等方面,显示出良好的应用前景^[1-2]。色谱指纹图谱技术,是国际公认的检测控制物质质量的最有效手段之一^[3],因此通过建立色谱指纹图谱同样可全面反映食用油所含内在成分的种类和含量,进而反映其质量,是当前评价食用油质量真实性、稳定性和一致性的质量控制模式^[4-6]。杨春英等^[7]采用气相色谱-质谱法(GC-MS)测定了14种植物油中的植物甾醇,并通过聚类分析证明同一品种植物甾醇的一致性;黄宏南等^[8]对几种植物油中生育酚的含量进行测定,同时对其高效液相色谱(HPLC)指纹图谱进行了研究,对植物油鉴定提供了依据;姚云平等^[9]详细介绍了植物油中植物甾醇和维生素E的指纹图谱在植物油品种鉴定和掺假方面的应用。

甾醇广泛存在于自然植物之中,具有降低血液中胆固醇的作用^[10-14],而VE是生物体内主要的抗氧化剂之一,两者都是评价植物油脂营养功能的重要活性物质^[15-17],因此以这两种活性物质作为榛子油特征成分构建指纹图谱将为榛子油样品的识别和质量控制提供有效手段。目前尚未见到有关榛子油特征成分指纹图谱研究的相关报道,开展榛子油活性物质甾醇和VE指纹图谱研究,不仅可以有效评价待测榛子油样品与合格样品偏离程度,为榛子油的品质评价、质量控制及鉴别提供科学依据,而且对阐明榛子油活性物质的功效具有十分重要的科学意义。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

选择平欧榛子主要栽培区域的主栽品种作为研究材料,具体包括北部栽培区(本溪)的辽榛3号、辽榛7号和达维;中部栽培区(锦州)的辽榛3号、辽榛7号和达维;中部栽培区(山西)的辽榛3号、辽榛7号和达维;干旱地带栽培区(新疆)的辽榛7号和达维;中部栽培区(营口)的辽榛3号、辽榛7号和达维。

试剂: α -生育酚标准品、 γ -生育酚标准品、 δ -生育酚标准品:阿拉丁试剂公司产品。

1.2 样品的制备

1.2.1 正己烷浸提榛子油 将不同地区不同品种

的平欧榛子破壳、剥皮、粉碎,用料液质量体积比为1 g:5 mL的正己烷浸泡榛子粉,真空旋转蒸发脱出溶剂,得金黄透明榛子油。

1.2.2 甾醇样品预处理 根据彭丽霞等^[18]的处理方法,称取榛油9.00 g,至250 mL三角瓶中,加入60 mL 2.5 mol/L KOH-乙醇溶液,于80℃恒温水浴上皂化80 min,待皂化完全后取出加入200 mL蒸馏水稀释。将皂化液转移至500 mL分液漏斗中,用100 mL乙醚和50 mL石油醚混合萃取不皂化物,移出上层萃取液,用80 mL乙醚和40 mL石油醚混合进行二次萃取,移出并合并萃取液,用水洗至中性。真空旋转蒸发脱除溶剂,用3 mL正己烷(色谱纯)溶出剩余物,过0.45 μ m有机滤膜,待测。

1.2.3 VE样品预处理 称取榛油6.00 g,至250 mL三角瓶中,加入60 mL甲醇溶液和10 mL质量分数10%的抗坏血酸溶液摇匀,再加入20 mL KOH水溶液(质量比1:2)混匀,于沸水浴上皂化50~60 min,待皂化完全取出立即冷却。将皂化液转移至500 mL分液漏斗中,用100 mL蒸馏水分两次冲洗三角瓶,洗液倒入分液漏斗,再用80 mL乙醚和80 mL石油醚混合萃取皂化液,移出上层萃取液,用50 mL乙醚和50 mL石油醚混合进行二次萃取,移出并合并萃取液,用水洗至中性。真空旋转蒸发脱除溶剂,用3 mL正己烷(色谱纯)溶出剩余物,过0.22 μ m有机滤膜,倒入小瓶待测。

1.3 仪器

7980A-5975C 气质联用仪、1100 高效液相色谱仪:美国安捷伦公司产品。

甾醇 GC-MS 条件:色谱柱为 DB-17MS(30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μ m),载气为 He,进样口温度 250℃,初始柱温 180℃,直接以 15℃/min 升到 280℃,保持 22 min,柱流量 1 mL/min,分流比 20:1,进样量 1 μ L。离子源温度 230℃,四级杆温度 150℃,接口温度 280℃,质量扫描范围 30~550 amu,溶剂延迟 3 min^[7]。

VE HPLC 条件:色谱柱为 Dikma Diamonsil C18(250 mm $\times$ 4.6 mm $\times$ 5 μ m),流动相 V(甲醇):V(水)=98:2,检测波长 292 nm,流量为 1.0 mL/min,柱温 40℃,进样 20 μ L^[19]。

1.4 平欧榛子 VE 和甾醇指纹图谱的建立

以各色谱峰的相对保留时间和相对峰面积为依据来进行共有峰的标定,利用“中药色谱指纹图

谱相似度评价系统 2004A 版”(国家药典委员会,A 版为研究版,主要用于科学研究工作,具有生成对照图谱功能)进行共有峰的匹配,选取参照谱,匹配共有峰并生成对照图谱。

1.5 数据分析

参照《中药注射液指纹图谱研究的技术要求(暂行)》对 14 种平欧榛子样品活性物质甾醇和 VE 分别进行 GC-MS 和 HPLC 分析。利用“中药色谱指纹图谱相似度评价系统 2004A 版”,生成对照图谱,进行相似度分析。利用“SPSS19.0”软件进行聚类分析,以相对峰面积为依据做树状图,进行分类。

2 结果与分析

2.1 指纹图谱分析方法评价

取样品预处理后的待测液,按照 1.3 节条件连续进样 3 次,记录甾醇和 VE 主要色谱峰保留时间

和峰面积,并计算相对标准偏差(RSD)值,用于考察精密度。按照 1.3 节条件在 0、2、4、6、8 h 不同的时间进样,用于考察稳定性。按照 1.2.2 和 1.2.3 节方法,平行制备 3 组样品待测液,分别按照 1.3 节条件进样,用于考察重复性。

选取辽榛 7 号(新疆)进行甾醇的分析方法评价;选取辽榛 3 号(山西)进行 VE 的分析方法评价。从表 1 可以看出,各保留时间的 RSD 值均小于 2%,峰面积的 RSD 值均小于 5%,根据国家药品监督管理局颁布的《中药注射液指纹图谱研究的技术要求(暂行)》,采用的分析方法符合指纹图谱的建立要求^[20]。

2.2 平欧榛子样品甾醇和 VE 组成分析

配制 VE 标准溶液,按 1.3 节条件进样,以确定各单体的出峰时间。从图 1 可以看出,该方法可以较好地将 VE 的 3 种单体进行分离。

表 1 保留时间和峰面积的精密度、稳定性和重现性实验结果

Table 1 Precision, stability and reproducibility results of according to the retention time and peak area

样品	组成	精密度		稳定性		重现性		备注
		保留时间 RSD/%	峰面积 RSD/%	保留时间 RSD/%	峰面积 RSD/%	保留时间 RSD/%	峰面积 RSD/%	
甾醇	菜油甾醇	0.02	1.20	0.05	2.79	0.09	0.73	参照《中药注射液指纹图谱研究的技术要求(暂行)》中指纹图谱及技术参数,共有峰峰面积比值的相对标准偏差 RSD 不得大于 5%
	豆甾醇	0.02	3.87	0.05	3.77	0.07	0.44	
	β-谷甾醇	0.02	0.65	0.16	2.27	0.15	0.60	
	岩藻甾醇	0.04	2.28	0.08	3.50	0.11	3.16	
	蒲公英甾醇	0.05	4.39	0.07	4.84	0.09	2.12	
	α ₁ -谷甾醇	0.03	1.43	0.07	3.19	0.13	1.93	
VE	δ-VE	1.71	3.38	0.51	2.28	0.68	2.92	
	α-VE	1.54	3.47	0.36	2.77	0.53	2.75	

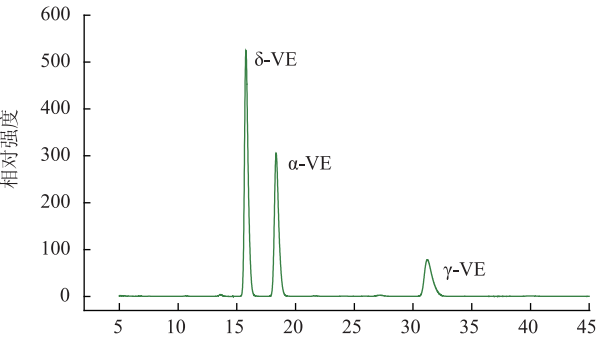


图 1 VE 标准品单体的 HPLC 色谱图

Fig. 1 HPLC chromatogram of VE standards

从图 2 和表 2 可以看出,14 种样品中均含有甾

醇单体菜油甾醇、豆甾醇、β-谷甾醇、岩藻甾醇、蒲公英甾醇、α₁-谷甾醇和 VE 的单体 α-VE 和 δ-VE,但含量略有差别。

2.3 平欧榛子甾醇 GC-MS 标准指纹图谱的建立及分析

2.3.1 平欧榛子甾醇 GC-MS 标准指纹图谱的建立 如图 3 所示,将 14 种样品榛子甾醇指纹图谱同时导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统 A 版”软件,以本溪地区达维品种的甾醇色谱图为参照谱,β-谷甾醇色谱峰为参照峰,匹配共有峰,并生成标准指纹图谱,14 个样品色谱图中匹配并标定出 6 个共有峰。

2.3.2 平欧榛子甾醇 GC-MS 指纹图谱的分析 如

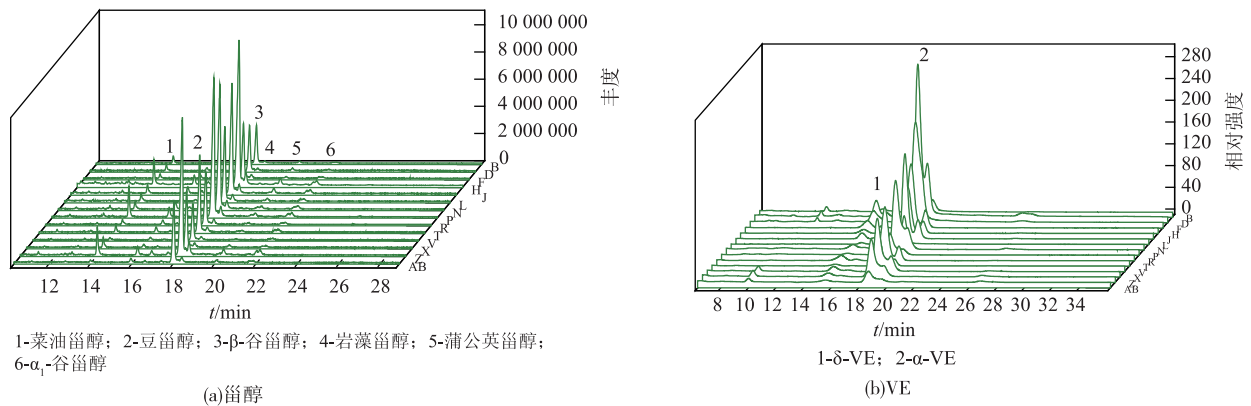


图2 平欧榛子14个样品甾醇GC-MS色谱叠加图和VE的HPIC色谱叠加图

Fig. 2 GC-MS and HPLC superimposed of sterol and vitamin E of 14 kinds of Flat-European hybrid hazelnut samples

表2 平欧榛子14个样品甾醇和VE单体组成

Table 2 Sterol and vitamin E monomer composition in 14 kinds of Flat-European hybrid hazelnut samples

相对含量	本溪			锦州			山西			新疆		营口		
	辽榛3号	辽榛7号	达维	辽榛3号	辽榛7号	达维	辽榛3号	辽榛7号	达维	辽榛7号	达维	辽榛3号	辽榛7号	达维
菜油甾醇	3.77	4.29	4.52	3.77	4.50	4.66	3.50	3.53	5.05	3.95	4.49	3.35	4.33	4.80
豆甾醇	0.91	1.42	1.02	1.72	2.12	2.47	1.10	1.23	1.51	1.24	1.52	1.33	2.03	1.49
β -谷甾醇	68.25	69.42	70.03	46.97	56.50	49.82	69.88	65.60	65.28	69.47	71.09	65.99	55.67	70.32
岩藻甾醇	4.92	4.49	6.06	4.40	5.33	5.96	5.22	5.01	7.61	5.79	7.09	5.51	5.95	6.95
蒲公英甾醇	4.34	4.49	3.34	2.15	4.38	3.47	1.87	1.87	2.52	1.56	2.52	3.82	3.78	3.57
α_1 -谷甾醇	3.73	2.52	2.41	2.33	2.56	2.33	2.50	2.14	3.41	2.76	3.69	2.96	3.85	2.32
α -VE	85.81	65.87	89.24	73.38	77.25	76.77	94.14	77.29	79.56	75.35	79.36	73.35	72.93	81.02
δ -VE	8.04	6.89	9.0134	9.07	6.90	5.59	5.86	4.66	3.84	8.22	4.68	5.70	5.94	8.08

注:甾醇和VE的质量分数采用面积归一化法分别计算。

表3所示,14种平欧榛子甾醇色谱图与标准指纹图谱的相似度均高于为0.99,根据《中药注射液指纹图谱研究的技术要求(暂行)》,符合指纹图谱的建立要求^[21-22],可以建立平欧榛子甾醇的共有模式。通过比较不同样品间的相似度发现,不同样品间的相似度均达0.98以上,整体相似性较高。

如图4所示,14种平欧榛子样品中甾醇根据聚类分析聚为4类:山西辽榛7号、新疆辽榛7号和山西辽榛3号聚为一类;本溪辽榛3号、营口辽榛3号和本溪辽榛7号聚为一类;本溪达维、营口达维、山西达维、新疆达维和锦州辽榛3号聚为一类;锦州辽榛7号、营口辽榛7号和锦州达维聚为一类。由此可见,同一品种平欧榛子基本聚为一类,虽然有不同品种混合聚为一类,但在类内,同一品种更为接近,根据品种的不同而聚出类别,说明平欧榛

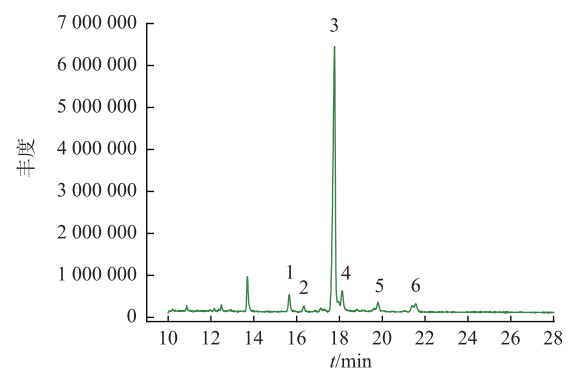


图3 平欧榛子甾醇的标准指纹图谱

Fig. 3 Standard fingerprint of sterol in Flat-European hybrid hazelnut

表 3 14 种平欧榛子甾醇色谱图与标准指纹图谱间的相似度

Table 3 Similarities between sterol fingerprints of 14 kinds of Flat-European hybrid hazelnut and standard fingerprint

	本溪辽 榛 3 号	锦州辽 榛 3 号	山西辽 榛 3 号	营口辽 榛 3 号	本溪辽 榛 7 号	锦州辽 榛 7 号	山西辽 榛 7 号	新疆辽 榛 7 号	营口辽 榛 7 号	本溪 达维	锦州 达维	山西 达维	新疆 达维	营口 达维	标准指 纹图谱
本溪辽 榛 3 号	1	0.99	0.994	0.999	0.999	0.994	0.998	0.996	0.996	0.996	0.989	0.996	0.995	0.993	0.998
锦州辽 榛 3 号	0.99	1	0.988	0.991	0.99	0.994	0.992	0.989	0.993	0.988	0.995	0.99	0.987	0.986	0.995
山西辽 榛 3 号	0.994	0.988	1	0.995	0.997	0.995	0.996	0.999	0.987	0.999	0.987	0.997	0.999	0.998	0.997
营口辽 榛 3 号	0.999	0.991	0.995	1	0.999	0.995	0.999	0.997	0.996	0.997	0.99	0.997	0.996	0.994	0.999
本溪辽 榛 7 号	0.999	0.99	0.997	0.999	1	0.996	0.998	0.998	0.993	0.999	0.989	0.998	0.997	0.997	0.998
锦州辽 榛 7 号	0.994	0.994	0.995	0.995	0.996	1	0.995	0.995	0.994	0.996	0.995	0.996	0.995	0.995	0.998
山西辽 榛 7 号	0.998	0.992	0.996	0.999	0.998	0.995	1	0.998	0.995	0.997	0.99	0.997	0.996	0.994	0.999
新疆辽 榛 7 号	0.996	0.989	0.999	0.997	0.998	0.995	0.998	1	0.99	0.999	0.988	0.999	0.999	0.998	0.998
营口辽 榛 7 号	0.996	0.993	0.987	0.996	0.993	0.994	0.995	0.99	1	0.99	0.993	0.992	0.989	0.986	0.996
本溪 达维	0.996	0.988	0.999	0.997	0.999	0.996	0.997	0.999	0.99	1	0.989	0.999	0.999	0.999	0.998
锦州 达维	0.989	0.995	0.987	0.99	0.989	0.995	0.99	0.988	0.993	0.989	1	0.99	0.988	0.987	0.994
山西 达维	0.996	0.99	0.997	0.997	0.998	0.996	0.997	0.999	0.992	0.999	0.99	1	0.999	0.998	0.998
新疆 达维	0.995	0.987	0.999	0.996	0.997	0.995	0.996	0.999	0.989	0.999	0.988	0.999	1	0.999	0.997
营口 达维	0.993	0.986	0.998	0.994	0.997	0.995	0.994	0.998	0.986	0.999	0.987	0.998	0.999	1	0.996
标准指 纹图谱	0.998	0.995	0.997	0.999	0.998	0.998	0.999	0.998	0.996	0.998	0.994	0.998	0.997	0.996	1

子中的甾醇组成受品种的影响更大。

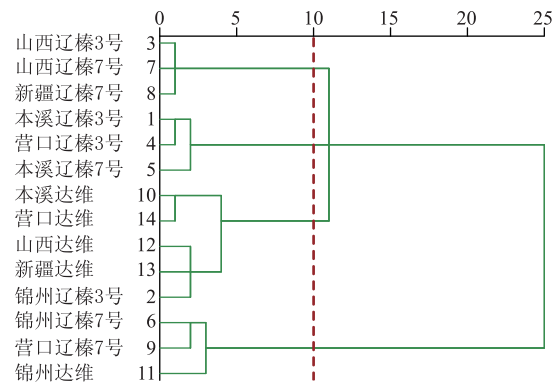


图 4 平欧榛子 14 个样品中甾醇的聚类树状图

Fig. 4 Clustering dendrogram of sterol in 14 kinds of Flat-European hybrid hazelnut samples

2.4 平欧榛子 VE HPLC 标准指纹图谱的建立及分析

2.4.1 平欧榛子 VE HPLC 标准指纹图谱的建立 如图 5 所示,将 14 种样品榛子 VE 指纹图谱分别导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统 A 版”软件,以本溪地区达维榛子 VE 图谱为参照谱, α -VE 色谱峰为参照峰,匹配共有峰,并生成标准指纹图谱,与标准品 HPLC 色谱图相对比后,匹配并标定出 2 个共有峰。

2.4.2 平欧榛子 VE HPLC 指纹图谱的分析 如表 4 所示,平欧榛子 14 个样品 VE HPLC 指纹图谱与标准指纹图谱的相似度均为 0.8 左右,也符合指纹图谱的建立要求。比较不同样品间的相似度,整体信息较为离散,存在着较大的个体差异。进一步比

较同一品种在不同地区样品间和同一地区不同品种样品间 VE 色谱图的相似度后发现,同一品种各地区之间相似度具有较大差异,而对于同一地区各品种样品,除锦州地区外,本溪、山西和营口的各个品种间的相似度均在 0.9 以上,显示了较好的相似性,这说明不同品种间的相似性要高于不同地区间的相似性,平欧榛子 VE 的相似性更大程度上取决于种植地区。

如图 6 所示,14 种平欧榛子样品中 VE 根据聚类分析聚为 4 类:本溪辽榛 3 号、本溪辽榛 7 号、本溪达维、锦州辽榛 7 号、新疆辽榛 7 号、营口达维聚为一类(类 1);锦州辽榛 3 号自成一类(类 2);营口

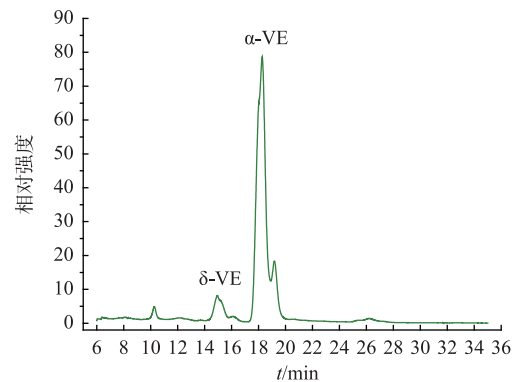


图 5 平欧榛子 VE 的标准指纹图谱

Fig. 5 Standard fingerprint of VE in Flat-European hybrid hazelnut

表 4 14 种平欧榛子 VE 色谱图与标准指纹图谱间的相似度

Table 4 Similarities between VE fingerprints of 14 kinds of Flat-European hybrid hazelnut and standard fingerprint

	本溪辽榛 3 号	锦州辽榛 3 号	山西辽榛 3 号	营口辽榛 3 号	本溪辽榛 7 号	锦州辽榛 7 号	山西辽榛 7 号	新疆辽榛 7 号	营口辽榛 7 号	本溪达维	锦州达维	山西达维	新疆达维	营口达维	标准指纹图谱
本溪辽榛 3 号	1	0.975	0	0.003	0.952	0.008	0	0.01	0.006	0.998	0	0	0.005	0.009	0.585
锦州辽榛 3 号	0.975	1	0	0.047	0.932	0.052	0.047	0.053	0.042	0.978	0.044	0.042	0.048	0	0.607
山西辽榛 3 号	0	0	1	0.972	0.299	0.974	0.974	0.973	0.976	0	0.978	0.979	0.977	0.99	0.793
营口辽榛 3 号	0.003	0.047	0.972	1	0.292	0.992	0.999	0.989	0.999	0	0.999	0.998	0.994	0.97	0.81
本溪辽榛 7 号	0.952	0.932	0.299	0.292	1	0.3	0.291	0.301	0.293	0.953	0.292	0.293	0.297	0.299	0.795
锦州辽榛 7 号	0.008	0.052	0.974	0.992	0.3	1	0.994	1	0.99	0.009	0.994	0.995	1	0.962	0.814
山西辽榛 7 号	0	0.047	0.974	0.999	0.291	0.994	1	0.992	0.996	0	1	1	0.996	0.965	0.81
新疆辽榛 7 号	0.01	0.053	0.973	0.989	0.301	1	0.992	1	0.988	0.011	0.992	0.993	0.999	0.962	0.813
营口辽榛 7 号	0.006	0.042	0.976	0.999	0.293	0.99	0.996	0.988	1	0.001	0.997	0.996	0.992	0.977	0.809
本溪达维	0.998	0.978	0	0	0.953	0.009	0	0.011	0.001	1	0	0	0.006	0.001	0.585
锦州达维	0	0.044	0.978	0.999	0.292	0.994	1	0.992	0.997	0	1	1	0.996	0.969	0.81
山西达维	0	0.042	0.979	0.998	0.293	0.995	1	0.993	0.996	0	1	1	0.997	0.969	0.811
新疆达维	0.005	0.048	0.977	0.994	0.297	1	0.996	0.999	0.992	0.006	0.996	0.997	1	0.965	0.813
营口达维	0.009	0	0.99	0.97	0.299	0.962	0.965	0.962	0.977	0.001	0.969	0.969	0.965	1	0.788
标准指纹图谱	0.585	0.607	0.793	0.81	0.795	0.814	0.81	0.813	0.809	0.585	0.81	0.811	0.813	0.788	1

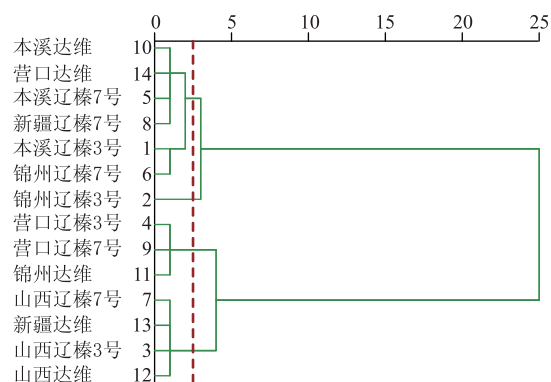


图6 平欧榛子14种样品中VE的聚类树状图

Fig. 6 Standard dendrogram of VE in 14 kinds of Flat-European hybrid hazelnut samples

辽榛3号、营口辽榛7号和锦州达维聚为一类(类3);山西辽榛3号、山西辽榛7号、辽榛达维和新疆达维聚为一类(类4)。由此可以看出,相同地区的样品基本聚为一类,类3和类4尤为明显,这种根据地区的不同而聚出类别,说明种植地区对平欧榛子中的VE有更大的影响,这与相似度分析的结果一致。虽然有不同地区样品归为一类,是由于部分种植地区的地理、气候条件较为接近,以及品种本身

的个体差异致使样品中VE的整体较为接近。

3 结语

通过测定14种平欧榛子样品甾醇和VE的组成,进行聚类分析的同时,建立了上述两种活性物质的标准指纹图谱,并进行了不同样品指纹图谱与标准指纹图谱的相似度分析,14个样品中甾醇整体相似度较高,而VE整体相似度较低,存在着个体差异,进一步比较发现不同地区样品间VE的相似度同样较低,而不同品种样品中VE整体的相似度更为接近,且高于不同地区间的相似度,说明平欧榛子中活性物质VE组成受种植地区的影响较大;聚类分析结果表明,14种平欧榛子样品中甾醇可根据品种的不同聚类,而VE可根据地区的不同聚类,两种活性物质显示出了不同的聚类依据,这也反映出同样一种平欧榛子中活性成分的差异。

总之,采用指纹图谱相似度评价与聚类分析相结合的方式,能更加准确地确定平欧榛子甾醇及VE等活性物质组成的关系,可为平欧榛子的品种繁育、质量评价与控制提供一定理论依据。

参考文献:

- [1] BORSE B B, JAGAN L, RAO M, et al. Fringerprint of black teas from India: identification of the regio-specific characteristics[J]. *Food Chemistry*, 2002, 79: 419-424.
- [2] ZHENG Y, XIN Y, GUO Y. Study on the fingerprint profile of Monascus products with HPLC-FD, PAD and MS [J]. *Food Chemistry*, 2009, 113: 705-711.
- [3] SAENZ-NAVAJAS M P, FERREIRA V, DIZYA M, et al. Characterization of taste-active fractions in red wine combining HPLC fractionation, sensory analysis and ultra performance liquid chromatography coupled with mass spectrometry detection [J]. *Analytica Chimica Acta*, 2010, 673: 151-159.
- [4] SEO H Y, HA J, SHIN D B, et al. Detection of corn oil in adulterated sesame oil by chromatography and carbon isotope analysis [J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2010, 87(6): 621-626.
- [5] AL-DABBAS M, AL-LSMAIL K M, ALSAED A K, et al. Detection of olive oil adulteration with some plant oils by GLC analysis of sterols using polar column[J]. *Food Chemistry*, 2010, 121(4): 1255-1259.
- [6] VAN RUTH S M, VILLEGAS B, AKKERMANS W, et al. Prediction of the identity of fats and oils by their fatty acid, triacylglycerol and volatile compositions using PLS-DA[J]. *Food Chemistry*, 2010, 118(4): 948-955.
- [7] YANG Chunying, LIU Xueming, CHEN Zhiyi, et al. Determination of phytosterols of fourteen edible vegetable oils by gas chromatography-mass spectrometry [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2013, 28 (2): 123-128. (in Chinese)
- [8] HUANG Hongnan, LIU Wei, ZHANG Wenzhou. Application study on stripe picture of natural vitamin E in vegetable oil by HPLC[J]. *Strait Journal of Preventive Medicine*, 2001(3): 10-13. (in Chinese)
- [9] YAO Yunping, LI Changmo, LIU Huilin, et al. Application of fingerprint technique in identification and adulteration of vegetable oil[J]. *China Oils and Fats*, 2012, 37(7): 51-54. (in Chinese)

- [10] MICALLEF M A, GARG M L. Beyond blood lipids: phytosterols, statins and omega-3 polyunsaturated fatty acid therapy for hyperlipidemia[J]. **Journal of Nutritional Biochemistry**, 2009, 20(12): 927-939.
- [11] MARANGONI F, POLI A. Phytosterols and cardiovascular health[J]. **Pharmacological Research**, 2010, 61(3): 193-199.
- [12] FERRETTI G, BACCHETTI T, MASCIANGELO S, et al. Effect of phytosterols on copper lipid peroxidation of human low-density lipoproteins[J]. **Nutrition**, 2010, 26(3): 296-304.
- [13] LEADLEY C, TUCKER G, FRYER P. A comparative study of high pressure sterilisation and conventional thermal sterilisation: quality effects in green beans[J]. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2008, 9(1): 70-79.
- [14] SERGEY M, JACK W M. Effect of cholesterol by dietary mixed micelles; an in vitro study [J]. **Chemistry and Physics of Lipids**, 2004, 127: 121-141.
- [15] PATRAS A, TIWARI B K, BRUNTON N P, et al. Modelling the effect of different sterilisation treatments on antioxidant activity and colour of carrot slices during storage[J]. **Food Chemistry**, 2009, 114(2): 484-491.
- [16] CHEN Maobin, HUANG Qin, HAO Moucheng. Comparison of three phytosterol esters on preventing diet-induced hyperlipidemia in mice[J]. **Journal of the Chinese Cereals and Oils Association**, 2005, 20(2): 50-82. (in Chinese)
- [17] LV Chunman, LU Changying, MENG Xianjun, et al. Effect of flat-european hybrid hazelnut oil on hyperlipemia of rats induced by high fat diet[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2014, 33(3): 330-335. (in Chinese)
- [18] PENG Lixia, ZHU Yizhu, WEI Yangji, et al. The extraction and identification of phytosterols in the grape seed oil [J]. **Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology**, 2012, 12(3): 158-190. (in Chinese)
- [19] CUI Yajuan, XU Xiang, GAO Yanxiang. Determination of VE in sea buckthorn seed oil by high performance liquid chromatography[J]. **Food Science and Technology**, 2007(7): 208-212. (in Chinese)
- [20] WANG Jiaming, WANG Zhimin, GAO Huimin, et al. Studies on fingerprint of fructusakebiae by RP-HPLC [J]. **Chinese Pharmaceutical Journal**, 2007, 429(13): 978-980. (in Chinese)
- [21] WU Weiguo, PENG Simin, TANG Fang, et al. Study on fatty acids standard fingerprints of five kinds of vegetable oils and their similarity[J]. **Journal of the Chinese Cereals and Oils Association**, 2013, 28(6): 101-105. (in Chinese)
- [22] ZHONG Jinghua, HOU Xiaorong, FAN Xiaohui. Sort similarity based on computational method for chemical fingerprinting[J]. **China Journal of Chinese Materia Medica**, 2010, 35(4): 477-480. (in Chinese)

会 议 消 息

会议名称: 第五届蛋白质与蛋白质组学国际研讨会(CPP 2019)

The 5th Int'l Conference on Protein and Proteomics (CPP 2019)

大会官网: <http://www.maymeeting.org/conference/CPP2019>

大会时间: 2019年5月29-31日

大会地点: 中国昆明

在线投稿: <http://www.maymeeting.org>

邮箱投稿: ic_vicky@163.com

会议简介: 第五届蛋白质与蛋白质组学国际研讨会(CPP 2019)将于2019年5月29-31日在中国昆明举行。本届大会将继续遵循学术性、国际性的原则,特邀国内外蛋白质与蛋白质组学相关领域内的学者专家前来参会,并做出精彩的报告。

所有被会议录用的稿件将会发表在开源期刊"Journal of Biosciences and Medicines" (ISSN:2327- 5081), 被知网学术、谷歌学术等收录。