

中华人民共和国粮食行业标准

**粮油检验 植物油挥发性风味成分的
测定 气相色谱-离子迁移谱法**

(征求意见稿)

编制说明

标准起草组

2023年12月

《粮油检验 植物油挥发性风味成分的测定

气相色谱-离子迁移谱法》编制说明

1. 工作简况（包括任务来源、协作单位、主要工作过程、标准主要起草人及其所做的工作等）

1.1 任务来源（包括标准下达计划、标准计划项目调整、标准制修订的背景、必要性和重要意义等）

1.1.1 标准下达计划（包括标准下达计划文件、标准名称、第一起草单位等）

根据《国家粮食和物资储备局办公室关于下达粮食行业标准制修订和标准样品计划的通知》（国粮办标〔2021〕370号）文件要求，山东省粮油检测中心作为第一起草单位，承担《粮油检验 植物油挥发性风味成分的测定 气相色谱-离子迁移谱法》标准制修订任务，负责组织开展与标准制修订相关的所有工作。

1.1.2 标准计划项目调整（如有，请写明申请调整的具体内容、理由和依据等）

无

1.1.3 标准制修订的背景、必要性和重要意义

我国植物食用油市场体量巨大，植物食用油含有人体必需脂肪酸和丰富的油溶维生素，是人体营养物质和能量的重要来源之一。随着经济水平的提高和饮食观念的改变，食用油的品质安全和挥发性风味营养也越来越受到人们的重视。油脂挥发性风味是植物油中的次生特异性标志物，其很大程度上决定了植物油的品质、用途和市场的可接受程度，是评价植物油质量的重要指标。相关研究表明，油脂风味并不是由一种或几种化合物来体现，而是由多种成分协同作用的结果。挥发性风味物质相互间通过的累加、协同、抑制等途径，导致植物油呈现风味特征的差异化和特异性。油脂的风味受原料的品种、成熟度、环境条件、生长区域、储存和加工工艺的影响，其中，加工工艺的影响最大，不同工艺将直接影响油脂挥发性有机物(volatile organic compounds, VOCs)的种类、含量和感官阈值。

目前，植物油脂挥发性风味成分检测方法中，感官检验法、理化指标检验法、色谱法、光谱法等较为普遍，但感官检验法因个体差异使得方法准确性存在局限；

常规理化检验只能测定油脂中物质的总量，不能用于物质组成的定性和定量分析；光谱法检测过程尽管简单快速，却很难实现对样品质量的完整表征；因此，如何对油脂风味进行科学、快速、准确的品质判定，受到科研人员的广泛关注。

气相色谱-离子迁移谱(gas chromatography-ion mobility spectrometry, GC-IMS)最早应用于检测爆炸物和化学试剂，是具有高分离能力的气相色谱和快速响应能力的离子迁移谱的有机结合。现已广泛应用于农业食品安全、质量控制、风味分析等领域，在食用植物油的质量判定中，GC-IMS 结合化学分析检测大量应用于橄榄油、棕榈油、菜籽油等油脂的掺假测定，为油脂的掺假、掺杂辨别鉴定提供了新的解决方式。但在油脂风味品质判定、油脂产品风味稳定性监测等方面的研究较少。

本标准依托 GC-IMS 技术，探究食用植物油脂风味品质判定的检测方法,对于进一步推测产品调配比例，保证产品品质一致性和稳定性、优化产品生产工艺、实现油脂风味品质判定方法的标准化和适用性具有重要意义。

1.2 协作单位（除第一起草单位外的其他起草单位）

本标准的协作单位为：海能未来技术集团股份有限公司、南京财经大学、浙江省粮油产品质量检验中心、北京市食品检验研究院、广西壮族自治区粮油质量检验中心、黑龙江省粮食质量安全监测和技术中心、中粮营养健康研究院有限公司、中粮福临门食品营销有限公司。

1.3 主要工作过程（应包括标准起草阶段、征求意见阶段、审查阶段、报批阶段等）

2022 年 1 月，成立标准起草组，起草组在查阅相关标准、文献资料，进行前期实验数据的基础上，确定了制定本标准的工作方案；编制组根据粮食行业标准制修订工作要求，依据 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》和 GB/T 20001.4-2001《标准编写与规则第四部分：化学分析方法》的规定进行编制。

2022 年 2 月—2022 年 7 月，完成资料收集、试验可行性论证、实验技术整理等工作，购置项目所需的标准品、耗材及化学试剂，并通过讨论、调研形成标准制订的意见，以确定研究方法与技术路线，并对《植物油挥发性风味成分的测定--气相色谱-离子迁移谱法》相关内容进行优化。

2022年10月—2023年3月主要开展试验方法仪器参数、方法适用性、定量方式选择等技术内容的确定研究；

2023年4月底完成检验方法的实验摸索研究，起草出标准文本和编制说明初稿；

2023年5月—2023年11月主要开展检验方法的标准验证和相关数据处理等工作；

2023年12月，汇总相关试验数据和意见建议，完成标准征求意见稿。

2024年1月，申请通过国家粮食和物资储备局政府网站面向社会公开征求意见。

1.4 标准主要起草人及其所做的工作等

山东省粮油检测中心依据项目研究要求，成立标准起草小组，标准起草小组成员分别对制定本标准的意义、必要性、预期社会和经济效益进行调研和论证，并对编写工作进行分工。

标准主要起草人任凌云长期从事粮油检验相关的检验与标准制修订活动，在本标准的修定过程中为主要负责人。

标准起草人董斌、赵立强、江媛媛、杨琳琳、刘文哲主要负责标准研究过程中的数据收集和处理。

标准起草人王刚、季澜洋、邵亮亮、任芳、王翔宇主要负责标准文本的修改，研究内容和实验方案的指导。

标准起草人邢常瑞、胡蓉、徐春峰、杨宏伟、农子明、许诺、李晓龙、李海梅主要负责标准中研究内容的实施和开展相关实验。

标准起草组资料查询、确定工作方案、开展标准研究、编写标准草案及编制说明。依据拟研究内容，对国内外的标准情况进行了查询，通过收集国内外有关气相色谱-离子迁移谱法测定油脂挥发性风味成分的相关资料，确立标准研究内容和方法，开展标准制定研究工作。依据 GB/T 27417—2017《合格评定化学分析方法确认和验证指南》和 GB/T 27404-2008《实验室质量控制规范、食品理化检测》，对《粮油检验 植物油挥发性风味成分的测定 气相色谱-离子迁移谱法》进行方法确认，方法确认的内容包括：最佳试验参数优化、内标定量物质选择、挥发性风味物质定量、风味相似度计算、精密度。

组织开展不同实验室间的方法验证。对不同实验室间的验证结果进行处理和统计，并形成本标准征求意见稿。

2. 标准编制原则和确定标准主要内容（如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等）**的论据**（包括试验、统计数据）。修订标准时，应列出与原标准的主要差异和水平对比

2.1 标准编制原则

本标准是根据 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》、GB/T 20001.4—2015《标准编写规则第 4 部分：试验方法标准》的规定进行编制，本标准在制定的过程中遵循“科学性、适用性、规范性”原则。

2.2 确定标准主要内容

本标准规定了适用于气相色谱-离子迁移谱法测定植物油中挥发性风味成分的原理、试剂、仪器、试样制备、操作步骤、结果表示和精密度等。

本标准适用于植物油中挥发性风味成分的测定。

原理：样品中存在的挥发性有机物在密闭容器中会扩散到气相中，经过一定时间孵化后，达到气相/液相间浓度的动态平衡，用气相色谱-离子迁移谱（GC-IMS）联用技术检测上层气相中挥发性有机物的含量，以保留指数与迁移时间定性，根据挥发性有机物与内标物信号峰体积比进行定量分析。

本标准规定了测定植物油挥发性风味成分所需试剂，相关仪器用具的规格和型号。

操作步骤包括了样品的前处理方法、顶空进样参考条件、气相色谱参考条件、离子迁移谱参考条件、样品测定等内容。

结果表示确定了计算公式和结果保留位数等要求。

2.3 气相色谱法测定粮食中氯化苦残留量的方法优化

2.3.1 正交法 GC-IMS 检测条件研究

为了更好区分植物油挥发性风味成分，尽可能准确定量，对现有实验参数进行优化，选取浓香花生油作为样品，设计正交试验（四因素三水平），其中参数设置孵化温度：60℃、70℃、80℃；孵化时间：10min、15min、20min；取样量：1.0g、2.0g、3.0g；进样量：200μL、500μL、800μL。具体数据如表 1 所示。

表 1 正交试验参数设置表

序号	温度/°C	时间/min	取样量/g	进样量/μL
1	60	10	1	200
2	60	15	2	500
3	60	20	3	800
4	70	10	2	800
5	70	15	3	200
6	70	20	1	500
7	80	10	3	500
8	80	15	1	800
9	80	20	2	200

2.3.2 分析条件

迁移管温度 T1: 45°C, 柱温 T2: 60°C, 进样口 T3: 80°C, 进样针温度: 85°C, 色谱柱: MXT-5, 15m L, 0.53mm ID, 1um FT

2.3.3 载气梯度

实验过程中, 仪器载气流速按照表 2 所示。

表 2 仪器载气流速表

Time	EPC1 (漂移气流量)	EPC2 (载气流量)	Record (记录谱图)
00:00,000	150mL/min	2ml/min	-Rec (开始采集记录)
02:00,000	150mL/min	2ml/min	
10:00,000	150mL/min	10ml/min	
20:00,000	150mL/min	100ml/min	-Stop (该样本分析结束)

2.4 数据分析和条件选择

2.4.1 数据分析

首先采用极差法, 选择相对最优的实验条件, 确定各因素对实验影响的重要程度。在任意实验条件下, 我们希望得到的 GC-IMS 数据可以得到更多的信号, 信号之间具有较大的分离度, 即可以检测和定性更多的物质, 另外各物质的信号也需要尽可能明显, 可以被准确识别和定量; 同时, RIP 保持一定的完整性, 以保证最够的电离能力, 提高定量的准确性。我们先以总峰强度作为极差法的评价指标。

表 3 不同条件下极差数据和评价指标

	温度/°C	时间/min	取样量/mL	进样量/μL	评价指标 I
1	60	10	1	200	44377.37
2	60	15	2	500	67153.92
3	60	20	3	800	75754.20
4	70	10	2	800	79603.65

5	70	15	3	200	50743.40
6	70	20	1	500	72943.76
7	80	10	3	500	77579.27
8	80	15	1	800	82415.99
9	80	20	2	200	54924.75
K1	187285.49	201560.30	199737.12	150045.52	
K2	203290.82	200313.31	201682.32	217676.95	
K3	214920.02	203622.71	204076.87	237773.84	
k1	62428.50	67186.76	66579.04	50015.17	
k2	67763.60	66771.10	67227.44	72558.98	
k3	71640.01	67874.24	68025.62	79257.95	
极差	9211.51	1103.13	1446.58	29242.77	
影响能力	2	4	3	1	

其中 K1=各因素 1 水平对应指标的总和，K2 和 K3 同理；k1=K1/3，k2 和 k3 同理；极差为各因素 k 值的极差，极差越大，证明该因素对实验结果影响更大。

结合 k 值和极差数据可知，在以总体积为指标的评价中，80°C、20min、3mL、800 μ L 得到的数据信号强度最大，其中对实验结果影响最大的因素为进样量，同时结合谱图，进样量对 RIP 完整性的影响也是最大的，即不管其它条件如何变化，进样量为 200 μ L 时，RIP 均会保持基本的完整，随着进样量的升高，RIP 间断时间明显增加。其次为孵化温度，孵化时间和取样量影响较小，在研究水平内，k 值没有相对明显的变化，从实验操作角度看，孵化时间可以选择 10min，取样量选择 1mL 也可以达到相同的实验结果。

2.4.2 条件选择

综上，结合极差法和对谱图的直观比较，最终确定的实验条件为：

顶空进样参考条件：

- a) 平衡时间：10min；
- b) 平衡温度：80°C；
- c) 平衡时振荡器转速：500r/min；
- d) 进样体积：500 μ L。

气相色谱参考条件：

- a) 色谱柱：含 5% 苯基的二甲基聚硅氧烷的毛细管柱，柱长 15m，内径 0.53mm，膜厚 1.0 μ m，或相当者；

- b) 进样口温度：80°C；
- c) 进样模式：不分流模式；
- d) 柱温：60°C；
- e) 载气：氮气（N₂）；
- f) 载气流量：2.0mL/min，保持 2min；2.0mL/min 线性上升至 100mL/min。

离子迁移谱参考条件：

- a) 迁移管：长 98mm，温度 45°C；
- b) 迁移电压：500V/cm；
- c) 漂移气：高纯氮气（N₂）；
- d) 漂移气流量：150mL/min。

2.5 内标的选择与添加实验

2.5.1 内标选择

根据酯类物质在植物油脂中不存在且与其它物质信号峰有较大的分离度的特性，内标选择乙酸异丁酯（C₆H₁₂O₂，CAS110-19-0）和己酸乙酯（C₈H₁₆O₂，CAS123-66-0）。其中，保留指数 900 以内的物质可以通过乙酸异丁酯进行计算；保留指数在 900 以上的物质可以通过己酸乙酯计算。

2.5.2 内标物质添加实验

以浓香花生油为例，配制内标浓度 100μL/L，加入量为 10μL。如图 1 所示，两种内标物质在油脂中响应良好，可实现精准、快速定性，与油脂中其它 VOCs 具有明显的界限区分，没有明显的物质干扰，表明这两种物质可以作为内标进行油脂挥发性风味成分的定量分析。

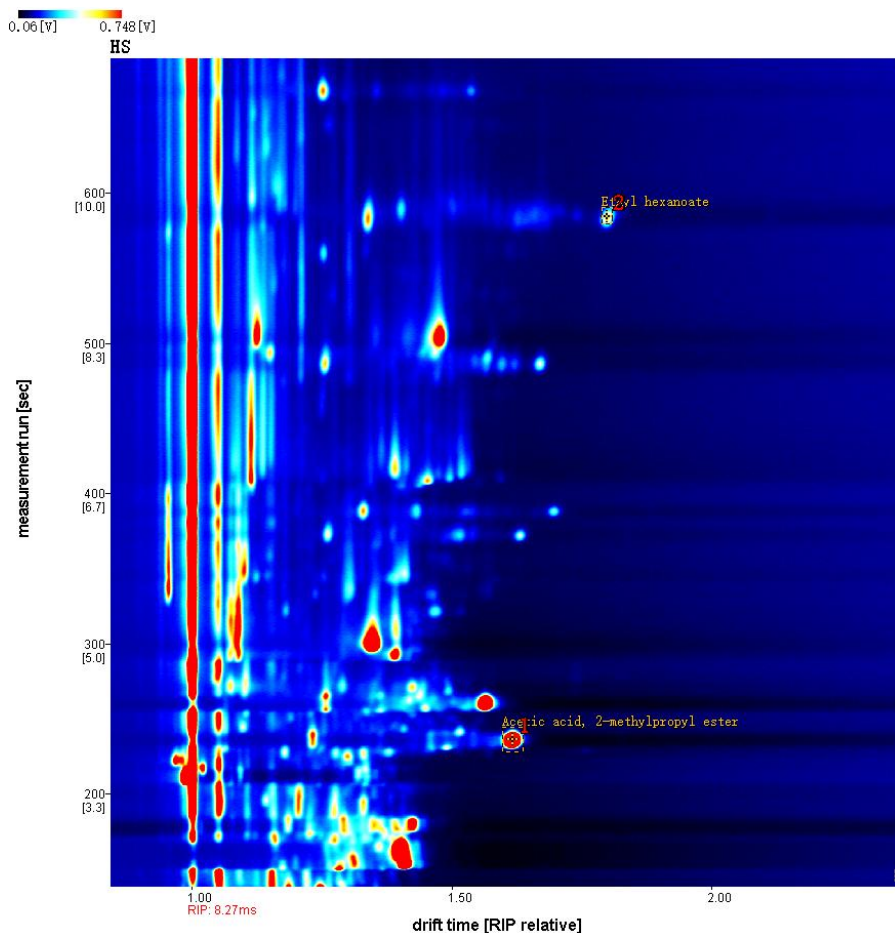


图 1 花生油中两种内标物质的位置图

2.6 不同实验室间联合验证

标准起草组组织开展联合方法验证，分别在不同的实验室进行 5 种不同油脂基质（浓香花生油、浓香玉米油、浓香葵花籽油、浓香菜籽油、浓香山茶油）中方法适用性、VOCs 内标定量、挥发性成分相似度验证。每个基质样品做 6 次重复。参加联合方法验证的 6 家实验室单位信息见表 4。

表 4 参加联合方法验证的实验室信息

单位编号	单位名称
单位 1	海能未来技术集团股份有限公司
单位 2	南京财经大学粮油食品质量检测中心
单位 3	浙江省粮油产品质量检验中心
单位 4	北京市食品检验研究院
单位 5	广西壮族自治区粮油质量检验中心
单位 6	黑龙江省粮食质量安全监测和技术中心

2.6.1 实验室间验证方法适用性

参与联合验证的实验室按照《植物油挥发性风味成分的测定--气相色谱-离子

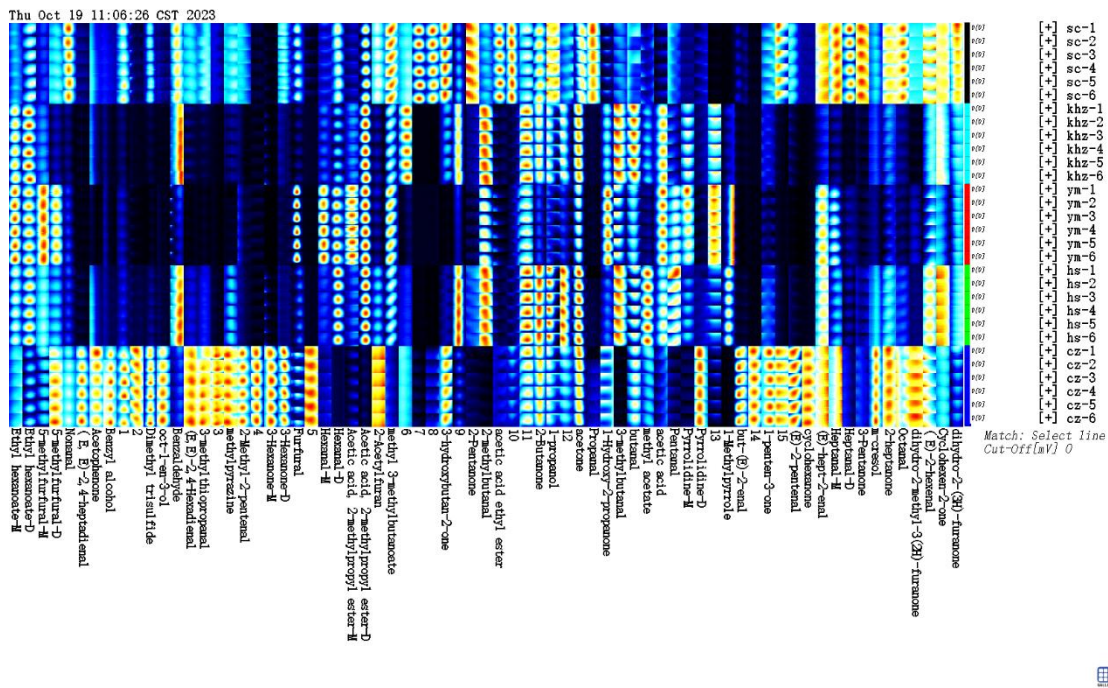


图 4 单位 3 验证 30 个样品挥发性有机物 Gallery Plot 指纹图谱

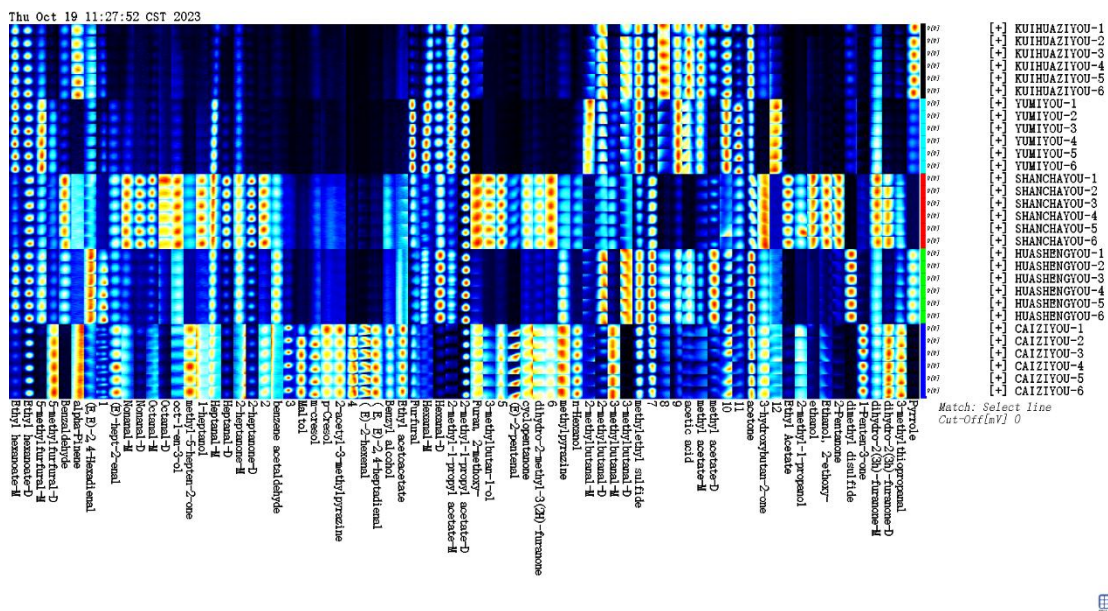


图 5 单位 4 验证 30 个样品挥发性有机物 Gallery Plot 指纹图谱

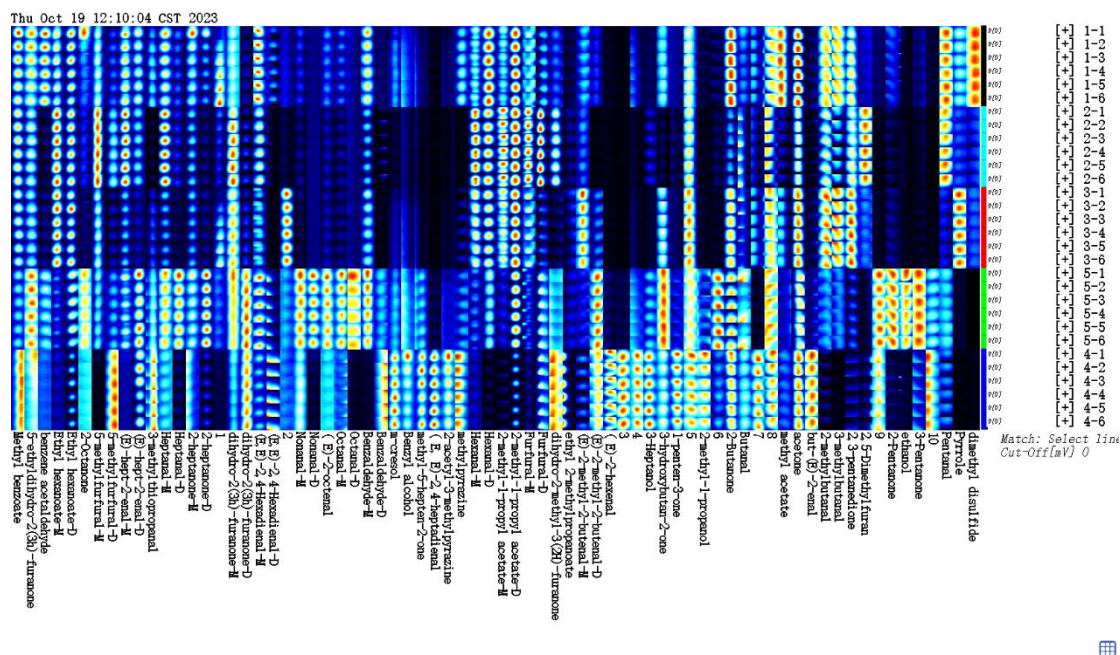


图 6 单位 5 验证 30 个样品挥发性有机物 Gallery Plot 指纹图谱

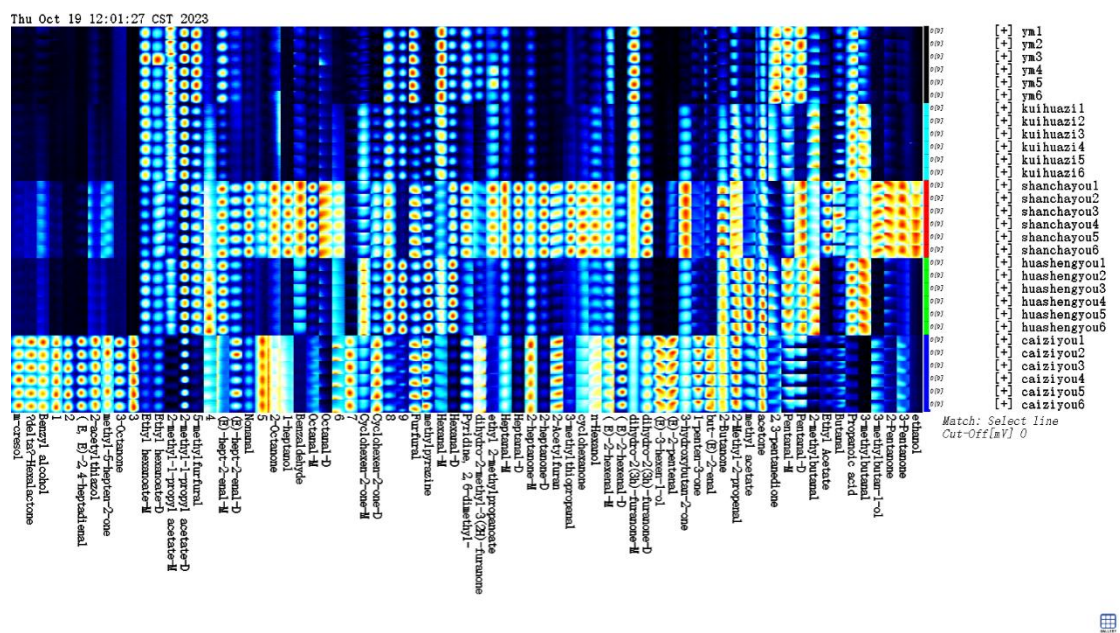


图 7 单位 6 验证 30 个样品挥发性有机物 Gallery Plot 指纹图谱

由图 2-7 可知,在挥发性风味成分种类上,经过分析,单位 1 得到 77 种 VOCs,单位 2 得到 68 种 VOCs,单位 3 得到 71 种 VOCs,单位 4 得到 73 种 VOCs,单位 5 得到 72 种 VOCs,单位 6 得到 71 种 VOCs,表明本方法能够实现不同油脂 VOCs 科学快速的分离测定,并且分析结果的精确度高,稳定性好。

2.6.2 实验室间验证方法重复性

2.6.2.1 油脂样品代表性 VOCs 选择

根据油脂化合物分析总表中 VOCs 的峰强度和相关文献中的数据作为参考，选取每种油脂中各自具有代表性的 VOCs 进行内标定量验证。每种油脂所选 VOCs 如下表所示。其中，内标选择乙酸异丁酯（C₆H₁₂O₂，CAS110-19-0）和己酸乙酯（C₈H₁₆O₂，CAS123-66-0）。保留指数 900 以内的物质可以通过乙酸异丁酯进行计算，保留指数在 900 以上的物质可以通过己酸乙酯计算。

对于不同食用植物油脂，所选择的代表性 VOCs 有所不同，均为了更好的直观反映油脂挥发性有机物的组成特性和作用机理。花生油选择己醛、2-甲基丁醛、3-甲基丁醛、E-2-庚烯醛、乙酸甲酯、丙酮、2-庚酮、庚醛、5-甲基糠醛、苯甲醛、3-甲硫基丙醛、3-羟基-2-丁酮等 12 种 VOCs；葵花籽油选择己醛、2-甲基丁醛、3-甲基丁醛、乙酸甲酯、丙酮、5-甲基糠醛、苯甲醛、3-羟基-2-丁酮等 8 种 VOCs；山茶油选择乙酸乙酯、3-羟基-2-丁酮、2-庚酮、庚醛、辛醛、壬醛、2-戊酮、E-2-庚烯醛、γ-丁内酯、环己烯-2-酮等 10 种 VOCs；玉米油中选择 2-甲基四氢呋喃-3-酮、己醛、糠醛、5-甲基糠醛、E-2-庚烯醛、庚醛、2-甲基丁醛、3-甲基丁醛、丙酮等 9 种 VOCs；菜籽油选择间甲酚、苯甲醇、E,E-2,4-庚二烯醛、3-甲硫基丙醛、E-2-庚烯醛、E-2-己烯醛、1-戊烯-3-酮、γ-丁内酯、壬醛、糠醛、丙酮等 11 种 VOCs。

2.6.2.2 油脂样品代表性 VOCs 含量检测结果

2.6.2.2.1 单位 1 不同油脂重复性验证结果

表 5 花生油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量 (mg/kg)	RSD%
1	己醛	0.22	4.49
2	2-甲基丁醛	0.25	1.04
3	3-甲基丁醛	0.13	5.32
4	E-2-庚烯醛	0.21	7.20
5	乙酸甲酯	0.30	3.90
6	丙酮	0.92	3.90
7	2-庚酮	0.03	7.12
8	庚醛	0.20	7.00
9	5-甲基糠醛	0.92	5.05
10	苯甲醛	0.12	7.37

11	3-甲硫基丙醛	1.41	4.94
12	3-羟基-2-丁酮	0.10	3.26

表 6 葵花籽油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	己醛	0.12	6.12
2	2-甲基丁醛	0.40	2.91
3	3-甲基丁醛	0.23	3.80
4	乙酸甲酯	0.12	2.34
5	丙酮	0.90	1.54
6	5-甲基糠醛	0.75	3.59
7	苯甲醛	0.09	3.67
8	3-羟基-2-丁酮	0.10	1.56

表 7 山茶油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	乙酸乙酯	0.37	1.82
2	3-羟基-2-丁酮	0.27	1.86
3	2-庚酮	0.05	2.16
4	庚醛	0.25	3.24
5	辛醛	0.34	4.12
6	壬醛	1.00	4.33
7	2-戊酮	0.13	1.69
8	E-2-庚烯醛	0.30	5.80
9	γ-丁内酯	2.48	3.29
10	环己烯-2-酮	0.47	4.38

表 8 玉米油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	2-甲基四氢呋喃-3-酮	0.08	1.62
2	己醛	0.14	2.53
3	糠醛	0.69	1.37
4	5-甲基糠醛	1.41	3.33
5	E-2-庚烯醛	0.32	4.85
6	庚醛	0.24	3.73
7	2-甲基丁醛	0.26	2.43
8	3-甲基丁醛	0.08	2.15

9	丙酮	0.56	2.37
---	----	------	------

表 9 菜籽油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量 (mg/kg)	RSD%
1	间甲酚	0.73	6.15
2	苯甲醇	0.52	5.28
3	E,E-2,4-庚二烯醛	1.12	5.23
4	3-甲硫基丙醛	4.43	5.28
5	E-2-庚烯醛	0.38	3.48
6	E-2-己烯醛	0.10	3.73
7	1-戊烯-3-酮	0.80	5.28
8	γ-丁内酯	0.46	8.03
9	壬醛	0.58	4.84
10	糠醛	2.18	4.24
11	丙酮	2.42	4.88

由表 5-9 可知，单位 1 验证的 5 种油脂中，代表性 VOCs 的含量处于 0.03-4.43mg/kg 之间，每种风味成分的相对标准偏差均符合国标中重复性验证要求。

2.6.2.2.2 单位 2 验证结果

表 10 花生油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	己醛	0.21	3.73
2	2-甲基丁醛	0.19	3.31
3	3-甲基丁醛	0.13	2.92
4	E-2-庚烯醛	0.20	4.67
5	乙酸甲酯	0.24	2.43
6	丙酮	0.84	2.16
7	2-庚酮	0.02	2.94
8	庚醛	0.19	4.57
9	5-甲基糠醛	0.99	5.14
10	苯甲醛	0.21	3.65
11	3-甲硫基丙醛	1.23	4.74
12	3-羟基-2-丁酮	0.10	4.18

表 11 葵花籽油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	己醛	0.12	4.08
2	2-甲基丁醛	0.38	5.18
3	3-甲基丁醛	0.19	5.57
4	乙酸甲酯	0.09	4.05
5	丙酮	0.79	3.73
6	5-甲基糠醛	0.62	4.43
7	苯甲醛	0.05	7.34
8	3-羟基-2-丁酮	0.11	3.24

表 12 山茶油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	乙酸乙酯	0.57	2.40
2	3-羟基-2-丁酮	0.30	3.48
3	2-庚酮	0.06	2.85
4	庚醛	0.18	3.91
5	辛醛	0.29	4.73
6	壬醛	0.81	3.99
7	2-戊酮	0.12	4.54
8	E-2-庚烯醛	0.20	3.37
9	γ-丁内酯	2.38	6.20
10	环己烯-2-酮	0.49	4.85

表 13 玉米油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	2-甲基四氢呋喃-3-酮	0.05	4.20
2	己醛	0.16	2.69
3	糠醛	0.83	2.32
4	5-甲基糠醛	0.87	4.96
5	E-2-庚烯醛	0.24	1.96
6	庚醛	0.22	2.13
7	2-甲基丁醛	0.23	4.43
8	3-甲基丁醛	0.10	3.09
9	丙酮	0.44	5.50

表 14 菜籽油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	间甲酚	0.72	5.14
2	苯甲醇	0.68	4.90
3	E,E-2,4-庚二烯醛	1.21	4.25
4	3-甲硫基丙醛	4.70	3.68
5	E-2-庚烯醛	0.30	5.48
6	E-2-己烯醛	0.12	3.98
7	1-戊烯-3-酮	0.75	6.49
8	γ-丁内酯	0.38	5.28
9	壬醛	0.57	5.45
10	糠醛	3.30	3.28
11	丙酮	2.41	4.47

由表 10-14 可知，单位 2 验证的 5 种油脂中，代表性 VOCs 的含量处于 0.02-4.70mg/kg 之间，每种风味成分的相对标准偏差均符合国标中重复性验证要求。

2.6.2.2.3 单位 3 验证结果

表 15 花生油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	己醛	0.18	4.34
2	2-甲基丁醛	0.26	1.04
3	3-甲基丁醛	0.13	1.62
4	E-2-庚烯醛	0.20	5.83
5	乙酸甲酯	0.22	1.74
6	丙酮	0.86	1.60
7	2-庚酮	0.02	5.51
8	庚醛	0.21	2.80
9	5-甲基糠醛	1.06	4.96
10	苯甲醛	0.19	5.26
11	3-甲硫基丙醛	1.11	2.74
12	3-羟基-2-丁酮	0.11	3.24

表 16 葵花籽油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
----	----	---------------	------

1	己醛	0.09	1.13
2	2-甲基丁醛	0.43	1.61
3	3-甲基丁醛	0.26	1.41
4	乙酸甲酯	0.11	3.54
5	丙酮	0.75	1.40
6	5-甲基糠醛	0.59	1.83
7	苯甲醛	0.09	5.15
8	3-羟基-2-丁酮	0.09	3.99

表 17 山茶油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	乙酸乙酯	0.42	5.02
2	3-羟基-2-丁酮	0.31	2.05
3	2-庚酮	0.04	4.15
4	庚醛	0.25	5.26
5	辛醛	0.31	3.83
6	壬醛	1.02	2.35
7	2-戊酮	0.08	7.62
8	E-2-庚烯醛	0.22	4.41
9	γ-丁内酯	2.08	4.83
10	环己烯-2-酮	0.54	4.92

表 18 玉米油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	2-甲基四氢呋喃-3-酮	0.07	3.59
2	己醛	0.16	1.98
3	糠醛	0.72	0.92
4	5-甲基糠醛	0.75	2.63
5	E-2-庚烯醛	0.29	5.05
6	庚醛	0.20	3.58
7	2-甲基丁醛	0.28	1.61
8	3-甲基丁醛	0.08	2.78
9	丙酮	0.47	0.59

表 19 菜籽油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
----	----	-------------	------

1	间甲酚	0.96	3.77
2	苯甲醇	0.63	4.51
3	E,E-2,4-庚二烯醛	1.48	5.01
4	3-甲硫基丙醛	4.01	4.17
5	E-2-庚烯醛	0.33	6.80
6	E-2-己烯醛	0.12	2.46
7	1-戊烯-3-酮	0.74	4.66
8	γ -丁内酯	0.50	7.21
9	壬醛	0.47	2.77
10	糠醛	2.66	2.70
11	丙酮	2.30	3.95

由表 15-19 可知，单位 3 验证的 5 种油脂中，代表性 VOCs 的含量处于 0.02-4.01mg/kg 之间，每种风味成分的相对标准偏差均符合国标中重复性验证要求。

2.6.2.2.4 单位 4 验证结果

表 20 花生油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	己醛	0.25	3.74
2	2-甲基丁醛	0.28	3.99
3	3-甲基丁醛	0.13	2.14
4	E-2-庚烯醛	0.16	4.76
5	乙酸甲酯	0.26	1.10
6	丙酮	1.00	1.56
7	2-庚酮	0.03	7.41
8	庚醛	0.20	5.13
9	5-甲基糠醛	0.99	2.23
10	苯甲醛	0.26	3.75
11	3-甲硫基丙醛	1.30	2.95
12	3-羟基-2-丁酮	0.12	6.38

表 21 葵花籽油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	己醛	0.12	3.76
2	2-甲基丁醛	0.25	2.88

3	3-甲基丁醛	0.22	5.29
4	乙酸甲酯	0.17	3.35
5	丙酮	0.82	2.53
6	5-甲基糠醛	0.63	3.16
7	苯甲醛	0.08	2.45
8	3-羟基-2-丁酮	0.10	6.17

表 22 山茶油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	乙酸乙酯	0.47	4.33
2	3-羟基-2-丁酮	0.29	6.47
3	2-庚酮	0.03	3.04
4	庚醛	0.27	3.22
5	辛醛	0.34	3.91
6	壬醛	0.74	1.80
7	2-戊酮	0.14	2.69
8	E-2-庚烯醛	0.20	4.27
9	γ-丁内酯	2.08	2.37
10	环己烯-2-酮	0.46	3.21

表 23 玉米油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	2-甲基四氢呋喃-3-酮	0.06	3.09
2	己醛	0.13	5.65
3	糠醛	0.67	4.49
4	5-甲基糠醛	1.11	2.96
5	E-2-庚烯醛	0.27	7.05
6	庚醛	0.24	5.47
7	2-甲基丁醛	0.17	2.19
8	3-甲基丁醛	0.07	5.19
9	丙酮	0.55	3.30

表 24 菜籽油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	间甲酚	0.80	3.61
2	苯甲醇	0.55	6.09
3	E,E-2,4-庚二烯醛	1.09	3.30

4	3-甲硫基丙醛	4.39	3.64
5	E-2-庚烯醛	0.43	5.98
6	E-2-己烯醛	0.10	1.08
7	1-戊烯-3-酮	0.74	3.62
8	γ -丁内酯	0.48	2.87
9	壬醛	0.48	3.74
10	糠醛	2.79	4.58
11	丙酮	1.67	4.43

由表 20-24 可知，单位 4 验证的 5 种油脂中，代表性 VOCs 的含量处于 0.03-4.39mg/kg 之间，每种风味成分的相对标准偏差均符合国标中重复性验证要求。

2.6.2.2.5 单位 5 验证结果

表 25 花生油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	己醛	0.22	1.39
2	2-甲基丁醛	0.27	5.69
3	3-甲基丁醛	0.10	7.16
4	E-2-庚烯醛	0.20	2.27
5	乙酸甲酯	0.27	5.69
6	丙酮	1.15	3.18
7	2-庚酮	0.03	6.44
8	庚醛	0.17	4.44
9	5-甲基糠醛	0.91	0.70
10	苯甲醛	0.23	2.08
11	3-甲硫基丙醛	1.06	0.59
12	3-羟基-2-丁酮	0.10	7.16

表 26 葵花籽油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	己醛	0.12	1.72
2	2-甲基丁醛	0.33	4.63
3	3-甲基丁醛	0.25	5.26
4	乙酸甲酯	0.12	5.42
5	丙酮	0.98	3.95

6	5-甲基糠醛	0.73	3.35
7	苯甲醛	0.08	3.70
8	3-羟基-2-丁酮	0.12	5.02

表 27 山茶油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	乙酸乙酯	0.43	5.43
2	3-羟基-2-丁酮	0.20	3.87
3	2-庚酮	0.05	5.22
4	庚醛	0.17	4.55
5	辛醛	0.31	5.93
6	壬醛	0.81	0.63
7	2-戊酮	0.14	4.97
8	E-2-庚烯醛	0.23	4.76
9	γ-丁内酯	2.43	2.76
10	环己烯-2-酮	0.51	6.76

表 28 玉米油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	2-甲基四氢呋喃-3-酮	0.07	4.34
2	己醛	0.16	2.88
3	糠醛	0.94	2.08
4	5-甲基糠醛	1.15	3.59
5	E-2-庚烯醛	0.34	4.32
6	庚醛	0.22	4.58
7	2-甲基丁醛	0.20	3.01
8	3-甲基丁醛	0.09	5.53
9	丙酮	0.55	1.41

表 29 菜籽油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	间甲酚	0.67	6.04
2	苯甲醇	0.54	4.08
3	E,E-2,4-庚二烯醛	1.09	3.98
4	3-甲硫基丙醛	4.46	3.06
5	E-2-庚烯醛	0.29	7.41
6	E-2-己烯醛	0.13	3.68

7	1-戊烯-3-酮	0.98	4.80
8	γ-丁内酯	0.46	5.15
9	壬醛	0.52	6.20
10	糠醛	2.81	4.04
11	丙酮	2.63	3.65

由表 25-29 可知，单位 5 验证的 5 种油脂中，代表性 VOCs 的含量处于 0.03-4.46mg/kg 之间，每种风味成分的相对标准偏差均符合国标中重复性验证要求。

2.6.2.2.6 单位 6 验证结果

表 30 花生油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	己醛	0.23	1.80
2	2-甲基丁醛	0.22	2.50
3	3-甲基丁醛	0.13	3.41
4	E-2-庚烯醛	0.14	4.53
5	乙酸甲酯	0.26	4.41
6	丙酮	1.41	4.34
7	2-庚酮	0.03	2.88
8	庚醛	0.31	3.37
9	5-甲基糠醛	1.11	4.42
10	苯甲醛	0.19	4.99
11	3-甲硫基丙醛	1.00	8.04
12	3-羟基-2-丁酮	0.15	3.70

表 31 葵花籽油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	己醛	0.16	2.21
2	2-甲基丁醛	0.35	5.74
3	3-甲基丁醛	0.23	7.04
4	乙酸甲酯	0.16	5.77
5	丙酮	1.17	5.01
6	5-甲基糠醛	0.62	5.42
7	苯甲醛	0.07	7.32
8	3-羟基-2-丁酮	0.13	6.55

表 32 山茶油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	乙酸乙酯	0.45	4.72
2	3-羟基-2-丁酮	0.32	1.23
3	2-庚酮	0.05	7.99
4	庚醛	0.22	3.97
5	辛醛	0.33	3.30
6	壬醛	0.88	2.32
7	2-戊酮	0.09	3.79
8	E-2-庚烯醛	0.25	4.51
9	γ-丁内酯	2.62	3.21
10	环己烯-2-酮	0.62	3.51

表 33 玉米油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量 (mg/kg)	RSD%
1	2-甲基四氢呋喃-3-酮	0.06	3.56
2	己醛	0.18	3.28
3	糠醛	0.64	3.80
4	5-甲基糠醛	1.18	2.42
5	E-2-庚烯醛	0.31	4.86
6	庚醛	0.23	2.71
7	2-甲基丁醛	0.22	4.62
8	3-甲基丁醛	0.10	4.73
9	丙酮	0.81	4.51

表 34 菜籽油中 VOCs 含量及相对标准偏差

序号	名称	平均含量(mg/kg)	RSD%
1	间甲酚	0.93	6.33
2	苯甲醇	0.69	4.78
3	E,E-2,4-庚二烯醛	1.23	2.86
4	3-甲硫基丙醛	4.44	7.41
5	E-2-庚烯醛	0.40	6.06
6	E-2-己烯醛	0.10	5.13
7	1-戊烯-3-酮	0.56	1.81
8	γ-丁内酯	0.49	4.13

9	壬醛	0.58	3.96
10	糠醛	2.43	2.80
11	丙酮	2.45	2.40

由表 30-34 可知，单位 6 验证的 5 种油脂中，代表性 VOCs 的含量处于 0.03-4.44mg/kg 之间，每种风味成分的相对标准偏差均符合国标中重复性验证要求。

2.6.3 实验室间验证方法再现性结果

2.6.3.1 实验室间不同油脂验证信息

实验室间验证过程中，每种油脂的 VOCs 选择信息如下表所示。

表 35 不同油脂中代表性 VOCs 信息

序号	花生油	葵花籽油	山茶油	玉米油	菜籽油
1	己醛	己醛	乙酸乙酯	2-甲基四氢呋喃-3-酮	间甲酚
2	2-甲基丁醛	2-甲基丁醛	3-羟基-2-丁酮	己醛	苯甲醇
3	3-甲基丁醛	3-甲基丁醛	2-庚酮	糠醛	E,E-2,4-庚二烯醛
4	E-2-庚烯醛	乙酸甲酯	庚醛	5-甲基糠醛	3-甲硫基丙醛
5	乙酸甲酯	丙酮	辛醛	E-2-庚烯醛	E-2-庚烯醛
6	丙酮	5-甲基糠醛	壬醛	庚醛	E-2-己烯醛
7	2-庚酮	苯甲醛	2-戊酮	2-甲基丁醛	1-戊烯-3-酮
8	庚醛	3-羟基-2-丁酮	E-2-庚烯醛	3-甲基丁醛	γ -丁内酯
9	5-甲基糠醛	-----	γ -丁内酯	丙酮	壬醛
10	苯甲醛	-----	环己烯-2-酮	-----	E-2-庚烯醛
11	3-甲硫基丙醛	-----	-----	-----	糠醛
12	3-羟基-2-丁酮	-----	-----	-----	丙酮

2.6.3.2 实验室间不同油脂 VOCs 验证结果

表 36 不同实验室间浓香花生油中代表性 VOCs 含量

名称	挥发性风味成分含量 (mg/kg)						RSD%
	单位 1	单位 2	单位 3	单位 4	单位 5	单位 6	
己醛	0.22	0.21	0.18	0.25	0.22	0.23	10.61
2-甲基丁醛	0.25	0.19	0.26	0.28	0.27	0.22	13.84
3-甲基丁醛	0.13	0.13	0.13	0.13	0.10	0.13	9.80
E-2-庚烯醛	0.21	0.20	0.20	0.16	0.20	0.14	15.19
乙酸甲酯	0.30	0.24	0.22	0.26	0.27	0.26	10.51
丙酮	0.92	0.84	0.86	1.00	1.15	1.05	12.30
2-庚酮	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	19.36
庚醛	0.20	0.19	0.21	0.20	0.17	0.31	23.09
5-甲基糠醛	0.92	0.99	1.06	0.99	0.91	1.11	7.81
苯甲醛	0.12	0.21	0.19	0.26	0.23	0.19	23.66

3-甲硫基丙醛	1.41	1.23	1.11	1.30	1.06	1.00	13.15
3-羟基-2-丁酮	0.10	0.10	0.11	0.12	0.10	0.15	17.35

表 37 不同实验室间浓香葵花籽油中代表性 VOCs 含量

名称	挥发性风味成分含量 (mg/kg)						RSD%
	单位 1	单位 2	单位 3	单位 4	单位 5	单位 6	
己醛	0.12	0.12	0.09	0.12	0.12	0.16	18.32
2-甲基丁醛	0.40	0.38	0.43	0.25	0.33	0.35	17.70
3-甲基丁醛	0.23	0.19	0.26	0.22	0.25	0.23	10.65
乙酸甲酯	0.12	0.09	0.11	0.17	0.12	0.16	23.85
丙酮	0.90	0.79	0.75	0.82	0.98	1.17	17.20
5-甲基糠醛	0.75	0.62	0.59	0.63	0.73	0.62	10.09
苯甲醛	0.09	0.05	0.09	0.08	0.08	0.07	19.64
3-羟基-2-丁酮	0.10	0.11	0.09	0.10	0.12	0.13	13.59

表 38 不同实验室间浓香山茶油中代表性 VOCs 含量

名称	挥发性风味成分含量 (mg/kg)						RSD%
	单位 1	单位 2	单位 3	单位 4	单位 5	单位 6	
乙酸乙酯	0.37	0.57	0.42	0.47	0.43	0.45	14.85
3-羟基-2-丁酮	0.27	0.30	0.31	0.29	0.20	0.32	15.46
2-庚酮	0.05	0.06	0.04	0.03	0.05	0.05	22.13
庚醛	0.25	0.18	0.25	0.27	0.17	0.22	18.28
辛醛	0.34	0.29	0.31	0.34	0.31	0.33	6.25
壬醛	1.00	0.81	1.02	0.74	0.81	0.88	12.84
2-戊酮	0.13	0.12	0.08	0.14	0.14	0.09	22.13
E-2-庚烯醛	0.30	0.20	0.22	0.20	0.23	0.25	16.19
γ-丁内酯	2.48	2.38	2.08	2.08	2.43	2.62	9.40
环己烯-2-酮	0.47	0.49	0.54	0.46	0.51	0.62	11.44

表 39 不同实验室间浓香玉米油中代表性 VOCs 含量

名称	挥发性风味成分含量 (mg/kg)						RSD%
	单位 1	单位 2	单位 3	单位 4	单位 5	单位 6	
2-甲基四氢呋喃-3-酮	0.08	0.05	0.07	0.06	0.07	0.06	16.14
己醛	0.14	0.16	0.16	0.13	0.16	0.18	11.36
糠醛	0.69	0.83	0.72	0.67	0.94	0.64	15.29
5-甲基糠醛	1.41	0.87	0.75	1.11	1.15	1.18	21.85
E-2-庚烯醛	0.32	0.24	0.29	0.27	0.34	0.31	12.27
庚醛	0.24	0.22	0.20	0.24	0.22	0.23	6.74
2-甲基丁醛	0.26	0.23	0.28	0.17	0.20	0.22	17.57
3-甲基丁醛	0.08	0.10	0.08	0.07	0.09	0.10	13.97
丙酮	0.56	0.44	0.47	0.55	0.55	0.81	23.16

表 40 不同实验室间浓香菜籽油中代表性 VOCs 含量

挥发性风味成分含量 (mg/kg)							
名称	单位 1	单位 2	单位 3	单位 4	单位 5	单位 6	RSD%
间甲酚	0.73	0.72	0.96	0.80	0.67	0.93	14.83
苯甲醇	0.52	0.68	0.63	0.55	0.54	0.69	12.41
E,E-2,4-庚二烯醛	1.12	1.21	1.48	1.09	1.09	1.23	12.32
3-甲硫基丙醛	4.43	4.70	4.01	4.39	4.46	4.44	5.06
E-2-庚烯醛	0.38	0.30	0.33	0.43	0.29	0.40	16.01
E-2-己烯醛	0.10	0.12	0.12	0.10	0.13	0.10	11.90
1-戊烯-3-酮	0.80	0.75	0.74	0.74	0.98	0.56	17.70
γ-丁内酯	0.46	0.38	0.50	0.48	0.46	0.49	9.33
壬醛	0.58	0.57	0.47	0.48	0.52	0.58	9.46
糠醛	2.18	3.30	2.66	2.79	2.81	2.43	14.13
丙酮	2.42	2.41	2.30	1.67	2.63	2.45	14.39

由表 36-40 所示, 实验室间对花生油、玉米油、山茶油、葵花籽油、菜籽油中所选的 VOCs 验证分析中, 实验室间结果差异不大, 当待测物浓度 < 1mg/kg 时, 相对标准偏差处于 6.25%-23.85% 之间, 均 < 26%; 当待测物浓度 ≥ 1mg/kg 时, 相对标准偏差除玉米油中 5-甲基糠醛外, 相对标准偏差均小于 16%。结果表明, 该方法满足实验室间的验证和检测需求。

2.6.4 方法检出限

不同实验室方法检出限数据如表 41 所示, 对两种内标物质进行测定, 经过分析, 最终将方法检出限定为: 己酸乙酯 0.025mg/kg; 乙酸异丁酯 0.01mg/kg。

表 41 验证单位方法检出限汇总表

序号	单位名称	仪器型号	检出限 (mg/kg)	
			己酸乙酯	乙酸异丁酯
1	海能未来技术集团股份有限公司	Flavour Spec®	0.023	0.0085
2	南京财经大学粮油食品质量检测中心	Flavour Spec®	0.024	0.0100
3	浙江省粮油产品质量检验中心	Flavour Spec®	0.020	0.0090
4	北京市食品检验研究院	Flavour Spec®	0.022	0.0075
5	广西壮族自治区粮油质量检验中心	Flavour Spec®	0.019	0.0080
6	黑龙江省粮食质量安全监测和技术中心	Flavour Spec®	0.021	0.0095

2.6.5 油脂样品挥发性风味成分相似度聚类分析

不同实验室油脂样品 VOCs 相似度聚类分析的结果如下图所示。

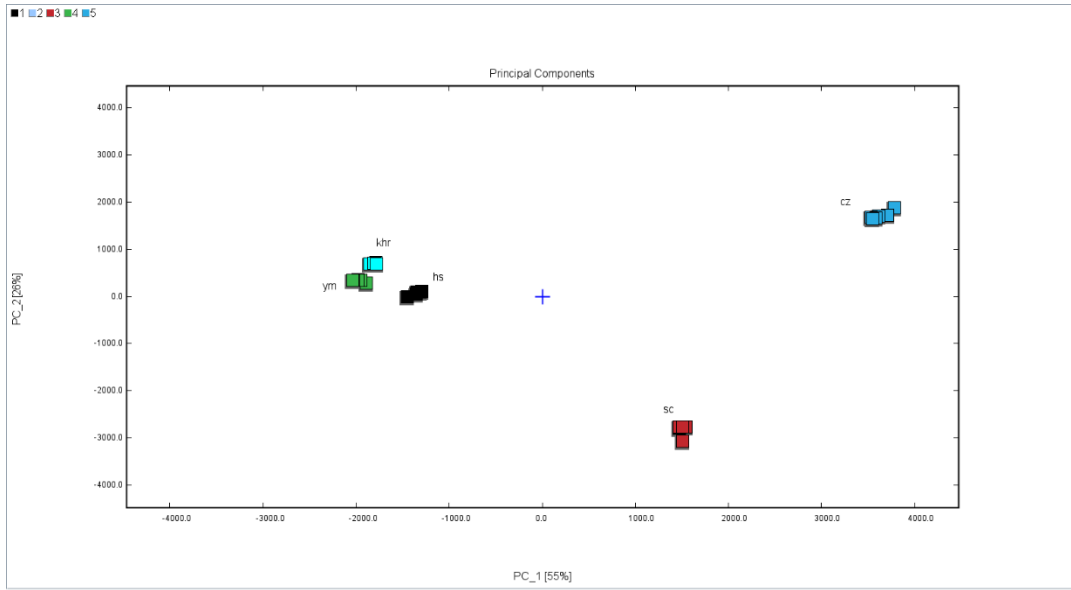


图 8 单位 1 验证 30 个油脂样品聚类分析图 (PCA)

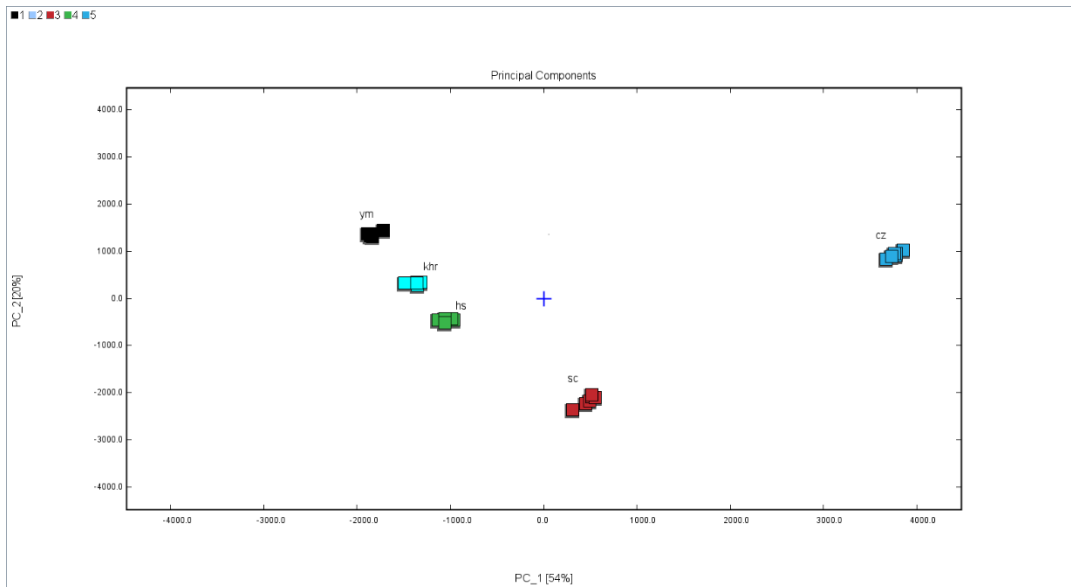


图 9 单位 2 验证 30 个油脂样品聚类分析图 (PCA)

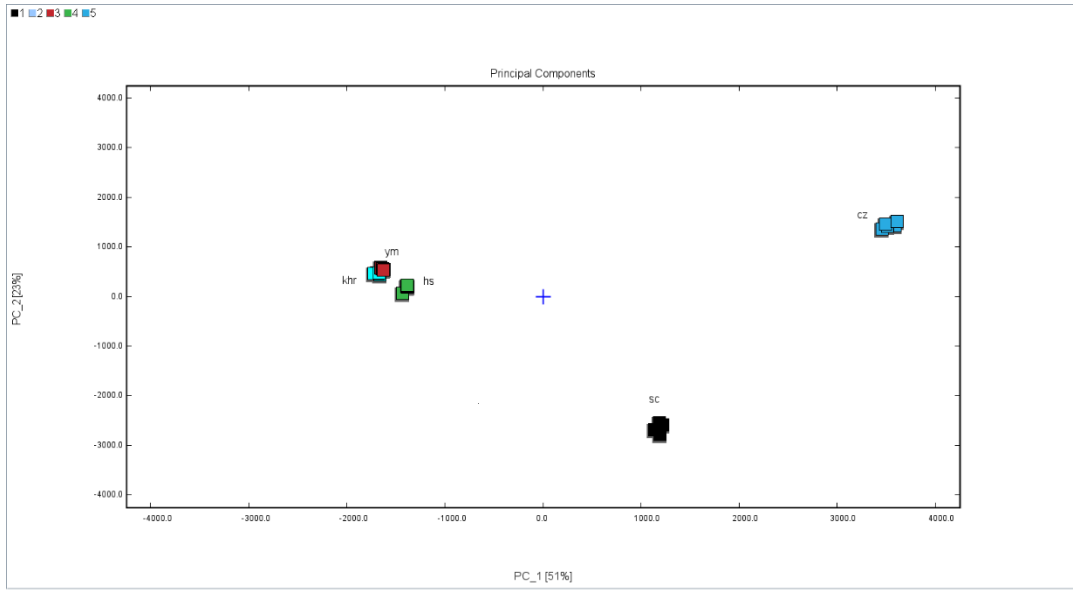


图 10 单位 3 验证 30 个油脂样品聚类分析图 (PCA)

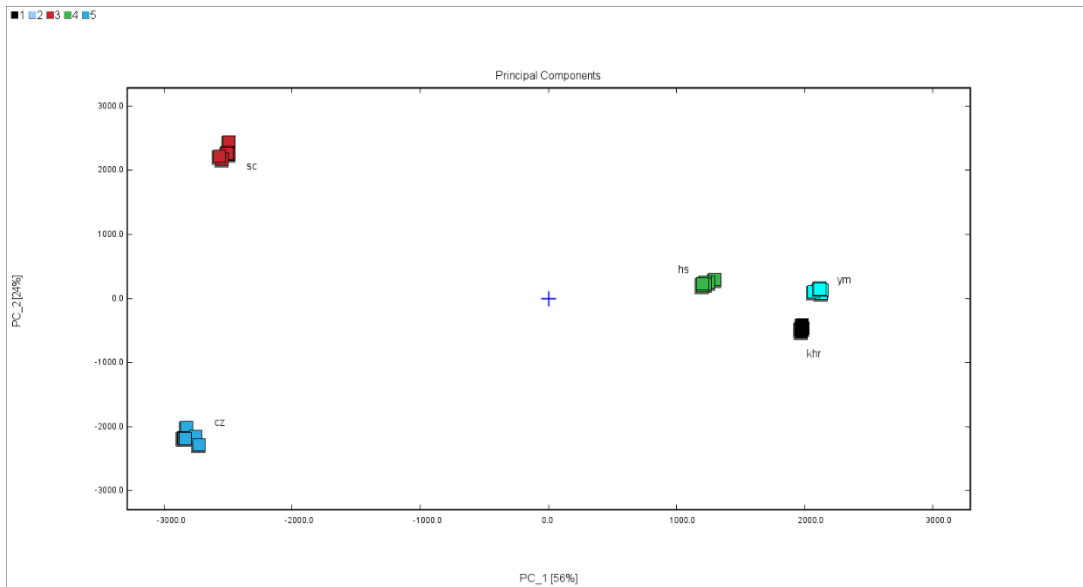


图 11 单位 4 验证 30 个油脂样品聚类分析图 (PCA)

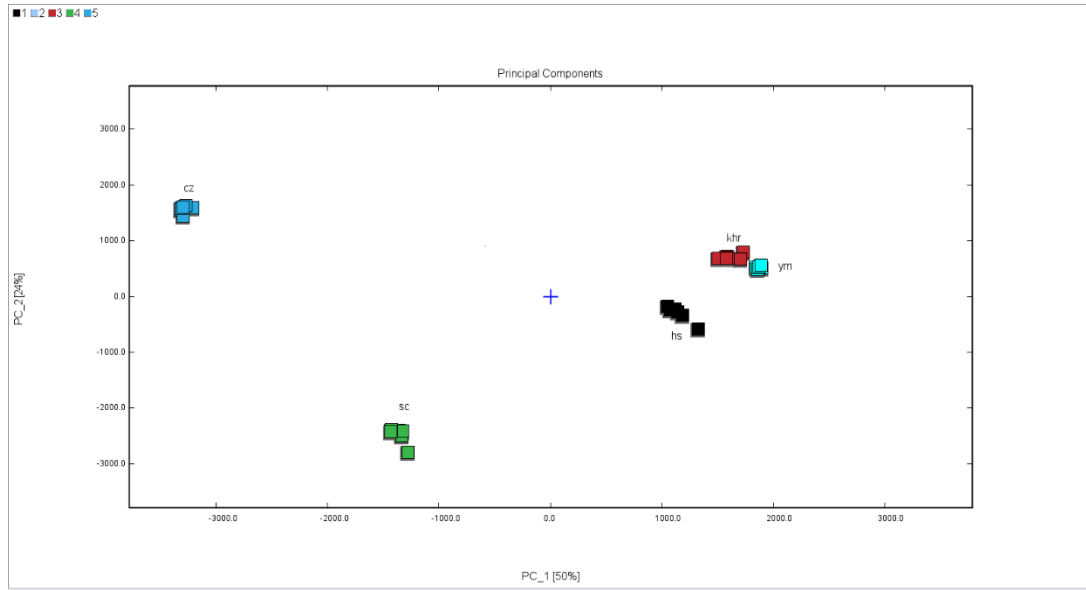


图 12 单位 5 验证 30 个油脂样品聚类分析图 (PCA)

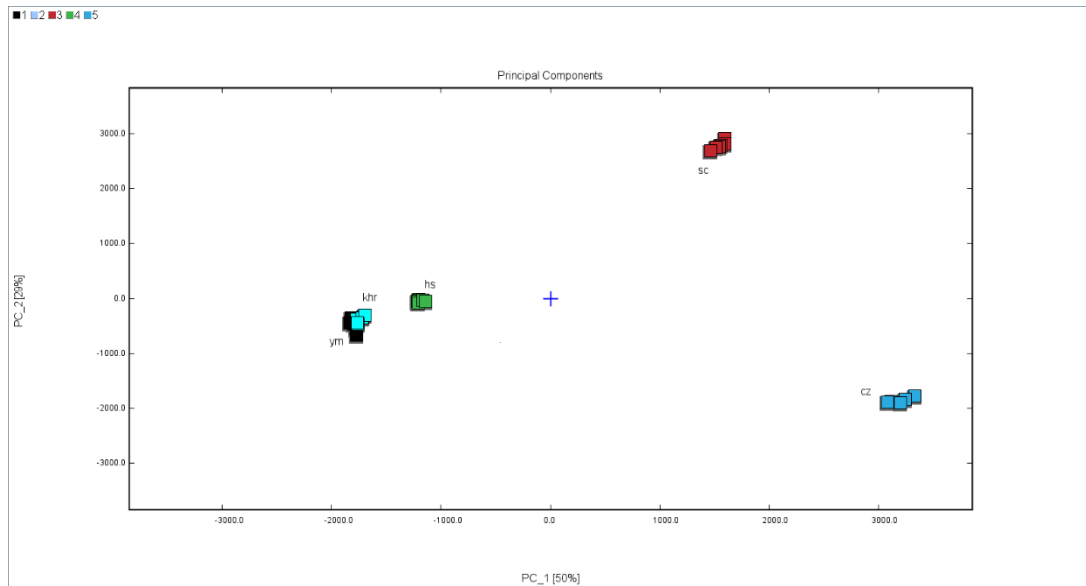


图 13 单位 6 验证 30 个油脂样品聚类分析图 (PCA)

在不同油脂 VOCs 聚类分析中，将每种油脂样品分析所得到的选择性 VOCs 进行主成分分析，选取前 2 个主成分得分绘制样本数据的散点图。PCA 的结果可以用于将样品聚类分析，图中不同类型的油脂样品距离越近，说明样品间相似度越高。其中，图 8 中，第一、第二主成分的贡献率分别为 55%、和 26%；图 9 中，第一、第二主成分的贡献率分别为 54%、和 20%；图 10 中，第一、第二主成分的贡献率分别为 51%、和 23%；图 11 中，第一、第二主成分的贡献率分别为 56%、和 24%；图 12 中，第一、第二主成分的贡献率分别为 50%、和 24%；

图 13 中, 第一、第二主成分的贡献率分别为 50%、和 29%; 总贡献率均大于 74%, 表明经 PCA 变换后的数据能够反映原始数据的大部分信息。每种油脂间均有对应的聚类簇, 且组内数据点较为集中, 根据聚集程度可对产品的一致性进行评价, 并快速确定位置未知样品的种类。相关数据结果表明该方法使 GC-IMS 能够对不同类型油脂进行科学良好区分。

2.6.6 不同实验室挥发性风味成分相似度结果

不同油脂间挥发性风味成分相似度的结果, 验证 GC-IMS 使用该方法对挥发性风味成分检测的精准度和区分性。各表中横纵坐标为样品名称, 横纵坐标交叉处的数据为两个油脂产品的挥发性风味成分相似度, 数据越大相似度越高, 每家单位的验证结果见下表。

表 42 单位 1 不同油脂 VOCs 相似度数据

挥发性成分相似度 (%)																															
100	100	99	99	99	99	86	85	85	85	85	85	44	47	46	47	45	46	79	78	78	77	77	77	14	18	21	22	22	22	葵花籽油-1	
100	100	100	100	100	100	87	87	87	87	87	86	45	48	48	48	47	48	78	77	77	77	76	76	17	22	25	25	25	25	25	葵花籽油-2
99	100	100	100	100	100	87	87	87	87	87	87	45	48	48	48	47	48	78	78	77	77	77	77	17	22	25	25	25	25	25	葵花籽油-3
99	100	100	100	100	100	87	87	87	87	87	87	46	49	49	50	48	49	78	78	77	77	77	77	19	23	26	27	26	27	27	葵花籽油-4
99	100	100	100	100	100	87	87	87	87	87	87	46	49	49	49	48	48	78	77	77	77	76	76	18	23	26	26	26	26	26	葵花籽油-5
99	100	100	100	100	100	87	87	87	87	87	87	47	49	49	50	48	49	78	77	77	77	76	76	18	23	26	26	26	26	26	葵花籽油-6
86	87	87	87	87	87	100	100	100	100	100	100	34	38	38	38	36	37	83	84	83	83	83	83	9	15	19	19	19	19	19	玉米油-1
85	87	87	87	87	87	100	100	100	100	100	100	34	39	38	39	37	38	82	83	83	82	82	82	10	16	20	20	20	20	20	玉米油-2
85	87	87	87	87	87	100	100	100	100	100	100	34	39	38	39	37	38	82	82	82	82	82	81	10	15	20	20	20	20	20	玉米油-3
85	87	87	87	87	87	100	100	100	100	100	100	34	39	38	39	37	38	81	82	82	82	82	81	9	15	20	20	20	20	20	玉米油-4
85	87	87	87	87	87	100	100	100	100	100	100	34	39	38	39	37	38	82	82	82	82	82	81	9	15	19	20	20	20	20	玉米油-5
85	86	87	87	87	87	100	100	100	100	100	100	35	39	39	39	37	38	81	82	82	82	82	81	10	16	20	20	20	20	20	玉米油-6
44	45	45	46	46	47	34	34	34	34	34	35	100	100	100	99	99	99	34	32	32	31	31	30	36	41	43	44	43	44	44	山茶油-1
47	48	48	49	49	49	38	39	39	39	39	39	100	100	100	100	100	100	36	35	34	34	33	33	38	44	46	46	46	47	47	山茶油-2
46	48	48	49	49	49	38	38	38	38	38	39	100	100	100	100	100	100	36	35	34	34	33	33	39	44	46	47	47	47	47	山茶油-3
47	48	48	50	49	50	38	39	39	39	39	39	99	100	100	100	100	100	36	35	34	34	33	33	39	44	46	47	47	47	47	山茶油-4

45	47	47	48	48	48	36	37	37	37	37	37	99	100	100	100	100	100	35	34	33	32	32	31	40	45	47	47	47	48	山茶油-5
46	48	48	49	48	49	37	38	38	38	38	38	99	100	100	100	100	100	35	34	34	33	32	32	39	45	47	47	47	47	山茶油-6
79	78	78	78	78	78	83	82	82	81	82	81	34	36	36	36	35	35	100	100	100	100	100	99	3	9	12	12	12	12	花生油-1
78	77	78	78	77	77	84	83	82	82	82	82	32	35	35	35	34	34	100	100	100	100	100	100	3	8	11	11	12	11	花生油-2
78	77	77	77	77	77	83	83	82	82	82	82	32	34	34	34	33	34	100	100	100	100	100	100	2	7	10	11	11	11	花生油-3
77	77	77	77	77	77	83	82	82	82	82	82	31	34	34	34	32	33	100	100	100	100	100	100	1	6	10	10	10	10	花生油-4
77	76	77	77	76	76	83	82	82	81	82	81	31	33	33	33	32	32	100	100	100	100	100	100	0	5	9	9	9	9	花生油-5
77	76	77	77	76	76	83	82	81	81	81	81	30	33	33	33	31	32	99	100	100	100	100	100	0	5	8	9	9	9	花生油-6
14	17	17	19	18	18	9	10	10	9	9	10	36	38	39	39	40	39	3	3	2	1	0	0	100	99	97	97	97	97	菜籽油-1
18	22	22	23	23	23	15	16	15	15	15	16	41	44	44	44	45	45	9	8	7	6	5	5	99	100	99	99	99	99	菜籽油-2
21	25	25	26	26	26	19	20	20	20	19	20	43	46	46	46	47	47	12	11	10	10	9	8	97	99	100	100	100	100	菜籽油-3
22	25	25	27	26	26	19	20	20	20	20	20	44	46	47	47	47	47	12	11	11	10	9	9	97	99	100	100	100	100	菜籽油-4
22	25	25	26	26	26	19	20	20	20	20	20	43	46	47	47	47	47	12	12	11	10	9	9	97	99	100	100	100	100	菜籽油-5
22	25	25	27	26	26	19	20	20	20	20	20	44	47	47	47	48	47	12	11	11	10	9	9	97	99	100	100	100	100	菜籽油-6
葵花籽油-1	葵花籽油-2	葵花籽油-3	葵花籽油-4	葵花籽油-5	葵花籽油-6	玉米油-1	玉米油-2	玉米油-3	玉米油-4	玉米油-5	玉米油-6	山茶油-1	山茶油-2	山茶油-3	山茶油-4	山茶油-5	山茶油-6	花生油-1	花生油-2	花生油-3	花生油-4	花生油-5	花生油-6	菜籽油-1	菜籽油-2	菜籽油-3	菜籽油-4	菜籽油-5	菜籽油-6	试样名称

表 43 单位 2 不同油脂 VOCs 相似度数据

挥发性成分相似度 (%)																														
100	98	98	98	98	98	74	74	74	73	73	73	49	50	50	51	51	52	70	69	68	69	69	70	7	6	3	6	5	6	葵花籽油-1
98	100	100	100	100	100	73	73	73	72	73	73	50	51	51	52	52	53	72	70	70	71	71	71	6	4	1	4	4	5	葵花籽油-2
98	100	100	100	100	100	75	75	75	74	74	75	50	51	51	52	52	53	72	71	70	71	71	72	6	4	1	5	4	5	葵花籽油-3
98	100	100	100	100	100	73	73	73	73	73	74	49	50	50	51	51	52	71	70	70	70	70	71	5	4	1	4	4	4	葵花籽油-4
98	100	100	100	100	100	74	74	74	73	74	74	49	50	50	51	51	51	72	70	70	71	71	71	6	4	1	4	4	4	葵花籽油-5
98	100	100	100	100	100	74	74	74	73	74	74	48	49	49	50	50	51	72	70	70	71	71	71	5	3	0	3	3	3	葵花籽油-6
74	73	75	73	74	74	100	100	99	99	99	99	58	59	59	60	59	60	88	87	87	87	88	87	16	14	11	14	14	13	玉米油-1
74	73	75	73	74	74	100	100	100	100	100	99	59	61	61	62	61	62	88	88	88	88	88	87	21	19	16	19	19	18	玉米油-2
74	73	75	73	74	74	99	100	100	100	100	100	59	61	61	62	61	62	88	88	88	88	88	87	20	19	15	18	18	18	玉米油-3
73	72	74	73	73	73	99	100	100	100	100	100	59	61	61	62	61	62	88	88	88	88	88	87	21	19	16	19	19	18	玉米油-4
73	73	74	73	74	74	99	100	100	100	100	100	58	61	61	62	61	62	87	87	88	88	88	86	21	20	16	19	19	18	玉米油-5
73	73	75	74	74	74	99	99	100	100	100	100	59	61	61	62	61	62	88	88	88	88	88	87	21	19	16	19	19	18	玉米油-6
49	50	50	49	49	48	58	59	59	59	58	59	100	99	99	98	98	98	66	65	65	66	65	67	40	38	34	37	37	38	山茶油-1
50	51	51	50	50	49	59	61	61	61	61	61	99	100	100	100	100	100	68	68	68	68	67	68	46	44	40	43	43	44	山茶油-2
50	51	51	50	50	49	59	61	61	61	61	61	99	100	100	100	100	100	68	68	68	68	68	69	47	45	42	44	44	45	山茶油-3
51	52	52	51	51	50	60	62	62	62	62	62	98	100	100	100	100	100	69	69	69	69	69	69	48	47	43	46	46	46	山茶油-4

51	52	52	51	51	50	59	61	61	61	61	61	98	100	100	100	100	100	68	68	69	69	68	69	49	47	44	46	46	47	山茶油-5
52	53	53	52	51	51	60	62	62	62	62	62	98	100	100	100	100	100	69	69	69	69	69	70	48	47	43	46	45	46	山茶油-6
70	72	72	71	72	72	88	88	88	88	87	88	66	68	68	69	68	69	100	100	100	100	100	99	24	22	18	21	20	20	花生油-1
69	70	71	70	70	70	87	88	88	88	87	88	65	68	68	69	68	69	100	100	100	100	100	100	26	24	20	23	23	23	花生油-2
68	70	70	70	70	70	87	88	88	88	88	88	65	68	68	69	69	69	100	100	100	100	100	99	27	25	22	24	24	24	花生油-3
69	71	71	70	71	71	87	88	88	88	88	88	66	68	68	69	69	69	100	100	100	100	100	99	27	25	21	24	24	24	花生油-4
69	71	71	70	71	71	88	88	88	88	88	88	65	67	68	69	68	69	100	100	100	100	100	100	26	23	20	22	22	22	花生油-5
70	71	72	71	71	71	87	87	87	87	86	87	67	68	69	69	69	70	99	100	99	99	100	100	26	24	20	23	22	23	花生油-6
7	6	6	5	6	5	16	21	20	21	21	21	40	46	47	48	49	48	24	26	27	27	26	26	100	99	95	96	96	96	菜籽油-1
6	4	4	4	4	3	14	19	19	19	20	19	38	44	45	47	47	47	22	24	25	25	23	24	99	100	98	99	99	98	菜籽油-2
3	1	1	1	1	0	11	16	15	16	16	16	34	40	42	43	44	43	18	20	22	21	20	20	95	98	100	99	99	98	菜籽油-3
6	4	5	4	4	3	14	19	18	19	19	19	37	43	44	46	46	46	21	23	24	24	22	23	96	99	99	100	100	99	菜籽油-4
5	4	4	4	4	3	14	19	18	19	19	19	37	43	44	46	46	45	20	23	24	24	22	22	96	99	99	100	100	99	菜籽油-5
6	5	5	4	4	3	13	18	18	18	18	18	38	44	45	46	47	46	20	23	24	24	22	23	96	98	98	99	99	100	菜籽油-6
葵花籽油-1	葵花籽油-2	葵花籽油-3	葵花籽油-4	葵花籽油-5	葵花籽油-6	玉米油-1	玉米油-2	玉米油-3	玉米油-4	玉米油-5	玉米油-6	山茶油-1	山茶油-2	山茶油-3	山茶油-4	山茶油-5	山茶油-6	花生油-1	花生油-2	花生油-3	花生油-4	花生油-5	花生油-6	菜籽油-1	菜籽油-2	菜籽油-3	菜籽油-4	菜籽油-5	菜籽油-6	试样名称

表 44 单位 3 不同油脂 VOCs 相似度数据

挥发性成分相似度 (%)																														
100	99	99	99	99	99	38	37	37	37	37	37	24	25	25	26	26	26	36	36	36	36	36	36	28	32	31	32	32	30	葵花籽油-1
99	100	99	100	99	100	41	40	40	40	39	40	25	26	26	26	26	39	40	40	40	40	40	40	30	33	32	32	33	31	葵花籽油-2
99	99	100	99	99	99	43	42	42	42	42	42	28	29	29	29	29	39	40	40	40	40	40	40	32	36	35	36	36	34	葵花籽油-3
99	100	99	100	100	100	43	42	42	42	41	42	26	26	26	27	27	27	40	41	41	42	41	41	32	35	33	34	34	33	葵花籽油-4
99	99	99	100	100	100	43	42	42	42	42	42	26	27	27	27	27	41	41	42	42	41	41	33	36	35	36	36	34	葵花籽油-5	
99	100	99	100	100	100	42	41	41	41	40	41	25	26	26	26	26	39	40	41	41	40	40	31	35	33	34	34	32	葵花籽油-6	
38	41	43	43	43	42	100	100	100	100	100	100	72	72	71	71	70	70	87	89	90	90	89	90	18	20	18	20	21	18	玉米油-1
37	40	42	42	42	41	100	100	100	100	100	100	72	71	70	70	69	69	86	89	90	90	89	90	18	20	18	19	21	18	玉米油-2
37	40	42	42	42	41	100	100	100	100	100	100	71	71	70	69	69	69	86	89	90	90	89	90	18	20	17	19	20	17	玉米油-3
37	40	42	42	42	41	100	100	100	100	100	100	72	71	70	70	69	69	86	89	90	90	90	90	18	20	18	19	20	17	玉米油-4
37	39	42	41	42	40	100	100	100	100	100	100	72	71	70	69	69	69	86	89	90	90	90	90	17	19	17	18	20	17	玉米油-5
37	40	42	42	42	41	100	100	100	100	100	100	71	70	70	69	69	68	86	89	90	90	89	90	19	21	19	20	22	19	玉米油-6
24	25	28	26	26	25	72	72	71	72	72	71	100	100	99	99	99	99	63	66	66	66	66	66	1	3	1	3	4	1	山茶油-1
25	26	29	26	27	26	72	71	71	71	71	70	100	100	100	100	100	100	63	66	66	66	66	66	1	3	1	3	4	1	山茶油-2
25	26	29	26	27	26	71	70	70	70	70	70	99	100	100	100	100	100	63	65	66	66	65	66	0	2	1	2	4	0	山茶油-3
26	26	29	27	27	26	71	70	69	70	69	69	99	100	100	100	100	100	64	65	66	65	65	65	0	3	1	3	4	1	山茶油-4

26	26	29	27	27	26	70	69	69	69	69	69	99	100	100	100	100	100	64	65	65	65	65	65	0	3	1	3	4	1	山茶油-5
26	26	29	27	27	26	70	69	69	69	69	68	99	100	100	100	100	100	64	65	65	65	65	65	0	2	1	2	4	0	山茶油-6
36	39	39	40	41	39	87	86	86	86	86	86	63	63	63	64	64	64	100	99	99	99	98	98	10	11	8	9	10	7	花生油-1
36	40	40	41	41	40	89	89	89	89	89	89	66	66	65	65	65	65	99	100	100	100	100	100	15	16	13	14	15	13	花生油-2
36	40	40	41	42	41	90	90	90	90	90	90	66	66	66	66	65	65	99	100	100	100	100	100	16	16	14	15	16	13	花生油-3
36	40	40	42	42	41	90	90	90	90	90	90	66	66	66	65	65	65	99	100	100	100	100	100	16	17	14	15	16	13	花生油-4
36	40	40	41	41	40	89	89	89	90	90	89	66	66	65	65	65	65	98	100	100	100	100	100	16	16	13	15	16	13	花生油-5
36	40	40	41	41	40	90	90	90	90	90	90	66	66	66	65	65	65	98	100	100	100	100	100	16	16	13	15	16	13	花生油-6
28	30	32	32	33	31	18	18	18	18	17	19	1	1	0	0	0	0	10	15	16	16	16	16	100	99	98	98	98	98	菜籽油-1
32	33	36	35	36	35	20	20	20	20	19	21	3	3	2	3	3	2	11	16	16	17	16	16	99	100	100	100	100	99	菜籽油-2
31	32	35	33	35	33	18	18	17	18	17	19	1	1	1	1	1	1	8	13	14	14	13	13	98	100	100	100	100	100	菜籽油-3
32	32	36	34	36	34	20	19	19	19	18	20	3	3	2	3	3	2	9	14	15	15	15	15	98	100	100	100	100	100	菜籽油-4
32	33	36	34	36	34	21	21	20	20	20	22	4	4	4	4	4	4	10	15	16	16	16	16	98	100	100	100	100	100	菜籽油-5
30	31	34	33	34	32	18	18	17	17	17	19	1	1	0	1	1	0	7	13	13	13	13	13	98	99	100	100	100	100	菜籽油-6
葵花籽油-1	葵花籽油-2	葵花籽油-3	葵花籽油-4	葵花籽油-5	葵花籽油-6	玉米油-1	玉米油-2	玉米油-3	玉米油-4	玉米油-5	玉米油-6	山茶油-1	山茶油-2	山茶油-3	山茶油-4	山茶油-5	山茶油-6	花生油-1	花生油-2	花生油-3	花生油-4	花生油-5	花生油-6	菜籽油-1	菜籽油-2	菜籽油-3	菜籽油-4	菜籽油-5	菜籽油-6	试样名称

表 45 单位 4 不同油脂 VOCs 相似度数据

挥发性成分相似度 (%)																														
100	100	99	99	99	99	81	81	81	80	80	79	20	21	21	20	19	19	85	82	82	81	80	79	18	13	9	9	8	7	葵花籽油-1
100	100	100	100	100	99	82	82	82	81	81	80	21	22	23	22	21	21	85	83	82	81	81	80	19	14	10	10	9	9	葵花籽油-2
99	100	100	100	100	100	82	82	82	81	81	81	21	23	23	22	21	21	86	84	83	82	82	81	19	14	10	11	9	9	葵花籽油-3
99	100	100	100	100	100	82	82	82	82	82	81	22	23	23	22	21	21	86	84	83	83	82	82	20	15	11	11	10	10	葵花籽油-4
99	100	100	100	100	100	82	82	82	82	82	81	21	22	23	22	20	21	86	84	84	83	83	82	20	15	11	11	10	9	葵花籽油-5
99	99	100	100	100	100	82	82	82	82	82	81	22	24	24	23	22	22	86	85	84	84	83	83	20	16	11	12	11	10	葵花籽油-6
81	82	82	82	82	82	100	100	99	99	99	99	17	18	18	17	16	16	74	71	70	69	68	68	10	5	5	2	0	0	玉米油-1
81	82	82	82	82	82	100	100	100	100	100	100	19	20	20	19	19	18	75	72	71	70	70	69	12	7	7	4	2	2	玉米油-2
81	82	82	82	82	82	99	100	100	100	100	100	19	19	19	18	18	17	75	72	72	71	71	70	11	7	6	4	2	2	玉米油-3
80	81	81	82	82	82	99	100	100	100	100	100	18	19	19	18	17	16	75	73	72	71	71	70	11	7	6	4	2	2	玉米油-4
80	81	81	82	82	82	99	100	100	100	100	100	18	19	19	18	18	17	74	72	72	71	71	70	12	7	6	3	2	2	玉米油-5
79	80	81	81	81	81	99	100	100	100	100	100	18	18	18	17	17	16	74	72	72	71	71	70	11	7	6	3	2	2	玉米油-6
20	21	21	22	21	22	17	19	19	18	18	18	100	100	99	99	97	99	38	37	37	37	36	36	40	33	28	31	30	30	山茶油-1
21	22	23	23	22	24	18	20	19	19	19	18	100	100	100	100	98	100	38	38	38	38	37	37	44	38	33	36	35	35	山茶油-2
21	23	23	23	23	24	18	20	19	19	19	18	99	100	100	100	98	100	38	38	38	38	37	37	45	39	34	37	36	36	山茶油-3
20	22	22	22	22	23	17	19	18	18	18	17	99	100	100	100	99	100	37	37	37	37	36	36	45	38	33	37	36	35	山茶油-4

19	21	21	21	20	22	16	19	18	17	18	17	97	98	98	99	100	98	35	34	34	34	33	33	47	39	34	37	37	36	山茶油-5
19	21	21	21	21	22	16	18	17	16	17	16	99	100	100	100	98	100	37	37	37	37	36	36	45	39	34	38	37	37	山茶油-6
85	85	86	86	86	86	74	75	75	75	74	74	38	38	38	37	35	37	100	99	99	99	98	98	25	20	15	17	16	16	花生油-1
82	83	84	84	84	85	71	72	72	73	72	72	37	38	38	37	34	37	99	100	100	100	100	100	26	23	17	19	19	18	花生油-2
82	82	83	83	84	84	70	71	72	72	72	72	37	38	38	37	34	37	99	100	100	100	100	100	27	23	17	20	19	19	花生油-3
81	81	82	83	83	84	69	70	71	71	71	71	37	38	38	37	34	37	99	100	100	100	100	100	27	23	17	20	20	19	花生油-4
80	81	82	82	83	83	68	70	71	71	71	71	36	37	37	36	33	36	98	100	100	100	100	100	27	23	18	20	20	19	花生油-5
79	80	81	82	82	83	68	69	70	70	70	70	36	37	37	36	33	36	98	100	100	100	100	100	27	23	17	20	19	19	花生油-6
18	19	19	20	20	20	10	12	11	11	12	11	40	44	45	45	47	45	25	26	27	27	27	27	100	98	95	96	96	96	菜籽油-1
13	14	14	15	15	16	5	7	7	7	7	7	33	38	39	38	39	39	20	23	23	23	23	23	98	100	98	99	99	99	菜籽油-2
9	10	10	11	11	11	5	7	6	6	6	6	28	33	34	33	34	34	15	17	17	17	18	17	95	98	100	97	97	97	菜籽油-3
9	10	11	11	11	12	2	4	4	4	3	3	31	36	37	37	37	38	17	19	20	20	20	20	96	99	97	100	100	100	菜籽油-4
8	9	9	10	10	11	0	2	2	2	2	2	30	35	36	36	37	37	16	19	19	20	20	19	96	99	97	100	100	100	菜籽油-5
7	9	9	10	9	10	0	2	2	2	2	2	30	35	36	35	36	37	16	18	19	19	19	19	96	99	97	100	100	100	菜籽油-6
葵花籽油-1	葵花籽油-2	葵花籽油-3	葵花籽油-4	葵花籽油-5	葵花籽油-6	玉米油-1	玉米油-2	玉米油-3	玉米油-4	玉米油-5	玉米油-6	山茶油-1	山茶油-2	山茶油-3	山茶油-4	山茶油-5	山茶油-6	花生油-1	花生油-2	花生油-3	花生油-4	花生油-5	花生油-6	菜籽油-1	菜籽油-2	菜籽油-3	菜籽油-4	菜籽油-5	菜籽油-6	试样名称

单位 46 不同油脂 VOCs 相似度数据

挥发性成分相似度 (%)																														
100	99	97	96	96	95	76	76	76	75	76	75	80	81	80	80	79	79	54	57	57	57	56	54	14	16	16	14	15	14	葵花籽油-1
99	100	100	99	99	98	76	76	75	75	75	74	81	82	83	83	83	82	54	58	58	58	57	55	20	21	22	20	20	19	葵花籽油-2
97	100	100	100	100	99	75	75	74	74	74	73	80	82	83	83	84	83	53	58	58	57	57	55	20	22	23	21	21	20	葵花籽油-3
96	99	100	100	100	99	74	73	73	72	73	72	80	82	83	83	84	83	53	58	58	57	57	55	21	23	24	21	22	21	葵花籽油-4
96	99	100	100	100	100	74	74	73	73	73	72	80	82	83	83	84	84	52	57	57	56	56	54	20	22	22	20	21	20	葵花籽油-5
95	98	99	99	100	100	74	73	72	72	73	71	80	81	83	83	84	84	51	56	56	56	55	53	20	23	22	20	21	20	葵花籽油-6
76	76	75	74	74	74	100	100	100	100	100	99	80	80	78	78	77	77	38	40	40	42	39	40	0	5	2	2	3	3	玉米油-1
76	76	75	73	74	73	100	100	100	100	100	100	80	80	79	78	77	77	39	41	41	43	40	41	2	8	5	5	6	6	玉米油-2
76	75	74	73	73	72	100	100	100	100	100	100	79	79	78	77	75	76	40	41	41	44	41	41	2	7	4	4	5	5	玉米油-3
75	75	74	72	73	72	100	100	100	100	100	100	79	79	77	77	75	76	38	40	40	42	39	40	2	7	3	3	5	4	玉米油-4
76	75	74	73	73	73	100	100	100	100	100	100	79	79	77	77	75	76	38	40	40	42	39	40	2	7	3	4	5	4	玉米油-5
75	74	73	72	72	71	99	100	100	100	100	100	78	78	77	76	74	75	37	39	39	41	38	39	1	6	2	3	4	3	玉米油-6
80	81	80	80	80	80	80	80	79	79	79	78	100	99	98	97	96	97	37	42	41	43	40	41	7	11	8	9	10	9	山茶油-1
81	82	82	82	82	81	80	80	79	79	79	78	99	100	99	99	97	98	39	44	44	46	42	43	9	14	11	11	13	12	山茶油-2
80	83	83	83	83	83	78	79	78	77	77	77	98	99	100	100	99	100	39	45	45	46	43	43	11	16	13	13	15	14	山茶油-3
80	83	83	83	83	83	78	78	77	77	77	76	97	99	100	100	100	100	39	45	45	46	44	43	11	15	12	13	14	13	山茶油-4

79	83	84	84	84	84	77	77	75	75	75	74	96	97	99	100	100	100	39	47	46	47	45	44	12	16	14	14	15	14	山茶油-5
79	82	83	83	84	84	77	77	76	76	76	75	97	98	100	100	100	100	38	45	45	46	44	43	11	15	12	13	14	13	山茶油-6
54	54	53	53	52	51	38	39	40	38	38	37	37	39	39	39	39	38	100	97	97	99	97	99	37	38	40	37	37	36	花生油-1
57	58	58	58	57	56	40	41	41	40	40	39	42	44	45	45	47	45	97	100	100	99	99	98	43	44	46	44	44	43	花生油-2
57	58	58	58	57	56	40	41	41	40	40	39	41	44	45	45	46	45	97	100	100	99	99	98	44	45	47	45	45	44	花生油-3
57	58	57	57	56	56	42	43	44	42	42	41	43	46	46	46	47	46	99	99	99	100	99	100	44	45	47	45	45	44	花生油-4
56	57	57	57	56	55	39	40	41	39	39	38	40	42	43	44	45	44	97	99	99	99	100	98	45	47	48	46	46	46	花生油-5
54	55	55	55	54	53	40	41	41	40	40	39	41	43	43	43	44	43	99	98	98	100	98	100	44	46	47	45	45	44	花生油-6
14	20	20	21	20	20	0	2	2	2	2	1	7	9	11	11	12	11	37	43	44	44	45	44	100	98	98	98	98	98	菜籽油-1
16	21	22	23	22	23	5	8	7	7	7	6	11	14	16	15	16	15	38	44	45	45	47	46	98	100	98	98	99	99	菜籽油-2
16	22	23	24	22	22	2	5	4	3	3	2	8	11	13	12	14	12	40	46	47	47	48	47	98	98	100	99	99	98	菜籽油-3
14	20	21	21	20	20	2	5	4	3	4	3	9	11	13	13	14	13	37	44	45	45	46	45	98	98	99	100	100	99	菜籽油-4
15	20	21	22	21	21	3	6	5	5	5	4	10	13	15	14	15	14	37	44	45	45	46	45	98	99	99	100	100	100	菜籽油-5
14	19	20	21	20	20	3	6	5	4	4	3	9	12	14	13	14	13	36	43	44	44	46	44	98	99	98	99	100	100	菜籽油-6
葵花籽油-1	葵花籽油-2	葵花籽油-3	葵花籽油-4	葵花籽油-5	葵花籽油-6	玉米油-1	玉米油-2	玉米油-3	玉米油-4	玉米油-5	玉米油-6	山茶油-1	山茶油-2	山茶油-3	山茶油-4	山茶油-5	山茶油-6	花生油-1	花生油-2	花生油-3	花生油-4	花生油-5	花生油-6	菜籽油-1	菜籽油-2	菜籽油-3	菜籽油-4	菜籽油-5	菜籽油-6	试样名称

表 47 单位 6 不同油脂 VOCs 相似度数据

挥发性成分相似度 (%)																														
100	99	97	97	97	99	81	79	79	78	78	78	18	19	20	20	20	22	70	69	69	68	67	67	4	5	7	7	4	7	葵花籽油-1
99	100	98	98	98	100	78	77	77	76	76	76	21	21	22	22	22	24	70	69	69	68	68	67	4	4	6	6	3	6	葵花籽油-2
97	98	100	97	97	98	78	77	77	76	77	77	21	21	22	22	22	24	68	67	66	66	65	64	0	1	4	3	0	3	葵花籽油-3
97	98	97	100	100	99	78	76	76	74	75	76	24	23	23	24	23	25	68	67	66	66	65	65	1	1	4	3	0	3	葵花籽油-4
97	98	97	100	100	98	79	77	77	76	76	77	23	22	23	23	23	24	67	66	65	65	64	64	1	1	3	3	0	3	葵花籽油-5
99	100	98	99	98	100	79	77	77	76	77	77	22	22	22	23	23	24	70	69	69	68	68	67	3	3	6	5	2	5	葵花籽油-6
81	78	78	78	79	79	100	99	99	98	99	99	22	24	26	26	26	28	80	79	78	78	77	77	6	7	10	9	7	10	玉米油-1
79	77	77	76	77	77	99	100	100	98	99	99	22	24	26	26	26	28	81	80	79	79	79	79	7	8	11	11	8	11	玉米油-2
79	77	77	76	77	77	99	100	100	98	100	100	22	25	27	27	27	29	82	81	80	81	80	80	7	9	12	11	9	12	玉米油-3
78	76	76	74	76	76	98	98	98	100	98	98	25	28	30	30	30	32	81	81	80	80	80	80	8	9	12	11	10	12	玉米油-4
78	76	77	75	76	77	99	99	100	98	100	100	21	23	25	25	25	27	82	82	81	81	80	80	7	9	12	12	9	12	玉米油-5
78	76	77	76	77	77	99	99	100	98	100	100	22	24	26	26	26	28	83	82	81	82	81	81	8	9	12	12	10	13	玉米油-6
18	21	21	24	23	22	22	22	22	25	21	22	100	99	99	99	98	98	36	35	34	34	35	35	19	17	17	17	15	16	山茶油-1
19	21	21	23	22	22	24	24	25	28	23	24	99	100	100	100	100	99	39	38	37	37	38	38	22	20	20	20	18	19	山茶油-2
20	22	22	23	23	22	26	26	27	30	25	26	99	100	100	100	99	99	39	37	36	36	38	38	22	20	20	20	19	19	山茶油-3
20	22	22	24	23	23	26	26	27	30	25	26	99	100	100	100	100	100	39	38	37	37	38	38	23	20	20	20	19	20	山茶油-4

20	22	22	23	23	23	26	26	27	30	25	26	98	100	99	100	100	100	41	40	39	39	40	40	23	20	20	20	19	20	山茶油-5
22	24	24	25	24	24	28	28	29	32	27	28	98	99	99	100	100	100	42	41	40	40	41	41	24	21	21	21	20	21	山茶油-6
70	70	68	68	67	70	80	81	82	81	82	83	36	39	39	39	41	42	100	100	100	100	100	99	16	16	18	18	15	18	花生油-1
69	69	67	67	66	69	79	80	81	81	82	82	35	38	37	38	40	41	100	100	100	100	100	100	16	16	18	18	15	18	花生油-2
69	69	66	66	65	69	78	79	80	80	81	81	34	37	36	37	39	40	100	100	100	100	100	100	15	15	17	18	15	18	花生油-3
68	68	66	66	65	68	78	79	81	80	81	82	34	37	36	37	39	40	100	100	100	100	100	100	15	15	18	18	15	18	花生油-4
67	68	65	65	64	68	77	79	80	80	80	81	35	38	38	38	40	41	100	100	100	100	100	100	16	16	18	18	16	18	花生油-5
67	67	64	65	64	67	77	79	80	79	80	81	35	38	38	38	40	41	99	100	100	100	100	100	16	16	19	19	16	19	花生油-6
4	4	0	1	1	3	6	7	7	8	7	8	19	22	22	23	23	24	16	16	15	15	16	16	100	99	99	99	99	99	菜籽油-1
5	4	1	1	1	3	7	8	9	9	9	9	17	20	20	20	20	21	16	16	15	15	16	16	99	100	99	99	100	99	菜籽油-2
7	6	4	4	3	6	10	11	12	12	12	12	17	20	20	20	20	21	18	18	17	18	18	19	99	99	100	100	100	100	菜籽油-3
7	6	3	3	3	5	9	11	11	11	12	12	17	20	20	20	20	21	18	18	18	18	18	19	99	99	100	100	100	100	菜籽油-4
4	3	0	0	0	2	7	8	9	10	9	10	15	18	19	19	19	20	15	15	15	15	16	16	99	100	100	100	100	100	菜籽油-5
7	6	3	3	3	5	10	11	12	12	12	13	16	19	19	20	20	21	18	18	18	18	18	19	99	99	100	100	100	100	菜籽油-6
葵花籽油-1	葵花籽油-2	葵花籽油-3	葵花籽油-4	葵花籽油-5	葵花籽油-6	玉米油-1	玉米油-2	玉米油-3	玉米油-4	玉米油-5	玉米油-6	山茶油-1	山茶油-2	山茶油-3	山茶油-4	山茶油-5	山茶油-6	花生油-1	花生油-2	花生油-3	花生油-4	花生油-5	花生油-6	菜籽油-1	菜籽油-2	菜籽油-3	菜籽油-4	菜籽油-5	菜籽油-6	试样名称

由表 41-46 的结果可知,同种类型油脂样品间挥发性风味成分的相似度极高,相似度大多在 95% 以上,表明 GC-IMS 具有较好的灵敏度,挥发性风味成分相似度的结果与 PCA 的结果相似,进一步说明该方法检测的稳定性和准确性。

3. 主要试验(或验证)情况的分析、综述报告,技术经济论证,预期的经济效果

食用植物油的种类众多、加工工艺多样、产地广泛,这些差异造成了食用植物油的脂肪酸组成、风味特征、营养成分含量以及商业价值的巨大差异。随着大众消费水平和健康意识的提升,油脂感官品质判定中,油脂风味物质成为重要评判依据。油脂中 VOCs 的种类和含量受多方面的影响,加工原料、生产工艺、贮存环境的差异,都会导致油脂挥发性物质的变化。在油脂的选择上,不同油脂 VOCs 差异性较为显著,同种类的不同工艺,挥发性物质保留度也不尽相同。因此,研究食用油自身的挥发性物质成分组成,对调控加工食品的风味、提高人民生活品质具有重要意义。

植物油脂风味检测中,感官检测法、常规理化指标检测法、色谱法、光谱法等方法是国内常用的检测方法。油脂生产企业感官检测中,标准大多由技术员凭经验和感官掌握,受自身局限性的影响,工作效率低、精准性差、产品一致性差异大。如何快速实现植物油脂种类风味的科学鉴别、精准识别油脂掺假及含量的检测、确保食用植物油风味品质一致性和稳定性,将成为质检技术人员与生产企业品控人员共同面临的问题,也是众多大型油脂企业转向现代化产业升级的重要一环。

气相色谱-离子迁移谱(Gas chromatography-ion mobility spectrometry, GC-IMS),是气相色谱与离子迁移谱的完美结合。其中,气相色谱(GC)能够实现样品的高效分离,离子迁移光谱(IMS)作为痕量快速分析检测技术,可以通过气相中不同的气相离子在电场中迁移速度的差异对化学物质进行表征,具有灵敏度高、操作简单、分析时间短、检测成本低特性,使得 GC-IMS 成为食用植物油的风味分析以及掺假测定、分类等问题新的解决方式。简易快捷、分辨率高、准确性好的特点使其已广泛应用于农业食品安全和质量控制领域。

目前,依托相关科技的发展和检测技术的提升,食用植物油品质检测技术正朝着更快、更简、更准、更低(检测限)、在线、动态、原位的方向发展。基于 GC-IMS 的应用研究正是为解决此类问题提供一种新的快速可靠的分析方法。

4. 与国际、国外对比情况（采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据的对比情况等）

无。

5. 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系（简要说明标准与法律、法规、标准的协调性）

本标准为检测方法标准，与现行的法律、法规及强制性国家标准没有矛盾。

6. 重大分歧意见的处理经过和依据（主要适用于矛盾、分歧较大的意见，处理结果与处理依据的说明；如没有，写“无”）

无。

7. 标准作为推荐性标准的建议

建议将本标准列为推荐性行业标准。

8. 贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等）

本标准发布后实施前，面向标准的各相关方开展标准宣贯、培训工作。

建议该标准自发布之日起6个月内开始实施。

9. 废止现行有关标准的建议（修订时，应说明新旧标准的替代关系；如制定，写“无”）

无。

10. 其他应予说明的事项（陈述是否涉及专利及有关说明、本标准编制阶段与原计划有差异情况说明及原因等）

无。

11. 附录（如没有，写“无”）

无。

《植物油挥发性风味成分的测定--气相色谱-离子迁移谱法》

粮食行业标准起草组

2023年12月30日