

证券简称：海能仪器 证券代码：430476
咨询热线：400 618 6188
官方网站：www.hanon.cc
服务监督电话：400 006 5188



官方微信



官方网站



海能控股

电话 :010 84742310
传真 :010 84742310
网址: <http://www.gas-dortmund.de/>
北京市朝阳区惠新东街甲 2 号
住总地产大厦 803 室



本册制作材料为环保纸

“看得见” 的畜禽产品风味
---FlavourSpec®风味分析仪在畜禽产品领域的应用

“看得见”的畜禽产品风味

---FlavourSpec®风味分析仪在畜禽产品领域的应用

风味是消费者选购畜产品尤其是肉制品的决定性因素之一，它取决于多种风味成分在顶空中的浓度、阈值等，与温度、风味成分蒸气压及其他食品组分之间的相互作用有关。

肉制品中挥发性气味物质浓度通常较低，大多数风味物质在ppb级别，目前的检测技术如GC、GC-MS需要固相微萃取的方式进行样品前处理，某些热敏性样品加热后风味成分发生变化，检测的结果并非样品原有真实的气味。由于食品的香气是动态的，在加工、贮藏、保鲜、提取分离过程中的变化也是风味分析亟待解决的问题；从食品的香气角度来看，不是所有仪器检测出来的挥发性有机物都是同等重要的，有时我们只需找出有差异的成分进行分析即可；感官评价虽然直观，但因主观因素影响较大，亦需要与仪器分析相结合。

FlavourSpec®风味分析仪结合了气相色谱的高分离度和离子迁移谱的高灵敏度，无需固相微萃取直接顶空进样分析固体或液体样品的顶空成分，检出限可达ppbv级别，可对单一化合物/标记物进行定性定量分析，也可对样品的挥发性有机物进行快速与结果导向的分析。原理如图1所示。

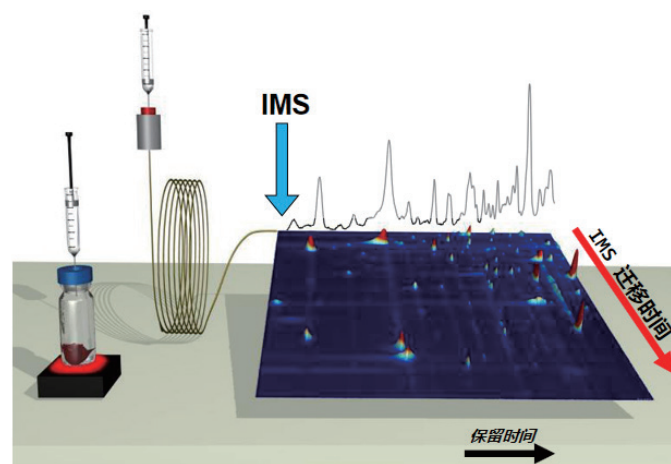


图1. FlavourSpec®风味分析仪原理图



FlavourSpec®气相离子迁移谱仪

FlavourSpec®在畜禽产品风味分析中的优势：

- 超高灵敏度，样品中痕量挥发性有机物“尽在掌握”；
- 无需富集浓缩，样品检测速度快，典型分析时间在5-15分钟；
- 数据处理省时省力，20个样品一天便可得到报告；
- 无需真空系统，开机稳定时间短，20分钟便可工作；
- 强大的软件功能可得到丰富的数据结果，风味成分一目了然：
 - 1) Reporter插件在得到数据后可快速查看样品间风味物质的差异；
 - 2) GalleryPlot插件可得到产品/原材料指纹图谱，数据直观可视化，风味差异“看得见”，适用于加工工艺的优化选择；
 - 3) PCA插件，用于聚类分析，帮助产品品控或分级，建立分类模型后可用于品种的区分、原产地的保护等。

软件功能示例如下：

M1-M5为不同浓度梯度戊酮、己酮、庚酮、辛酮、壬酮、癸醛混标溶液，浓度分别为5ppb、20ppb、50ppb、75ppb、100ppb，各浓度混标测试顶空挥发性有机物图谱如下图：

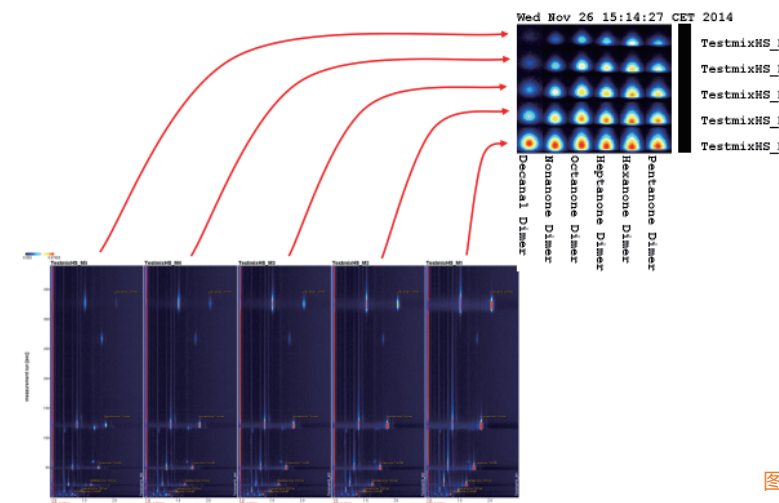


图2. 混标样品的气相离子迁移谱图和指纹谱图

图2中左下图为混标样品挥发性有机物的气相离子迁移谱图；

右上图为M1-M5混标中选取的6种醛酮的指纹谱图，其中：

- 图中每一行代表一个混标中选取6种醛/酮的信号峰；
- 图中每一列代表同一醛/酮在不同混标中的信号峰；
- 图中每一个点代表一种醛/酮，点颜色的深浅表示物质含量的多少；
- 定性出的醛酮物质名称标注在图谱下方；

上图中可直观看出M5混标中6种醛/酮含量最低，M1混标中醛/酮含量最高，从M5至M1，各种醛/酮含量逐渐升高，建立标准曲线后可对其中任一醛酮物质进行定量分析。

4) 软件内置NIST气相保留指数（RI）数据库和G.A.S.迁移时间（Dt）数据库,二维定性，数据更精准，且两个数据库均可扩展，用户可建立本行业专有数据库。

例如：宁夏羊肉中定性出的部分物质如下表：

Count	Compound	CAS#	Formula	MW	RI	Rt [sec]	Dt [RIPrel]
1	Heptanal	C111717	C7H14O	114.2	899.7	401.927	1.3417
2	hexanal	C66251	C6H12O	100.2	799.6	271.66	1.257
3	1-Pentanol	C71410	C5H12O	88.1	773.1	245.913	1.2514
4	Acetoin	C513860	C4H8O2	88.1	718.8	201.714	1.061
5	Pentanal	C110623	C5H10O	86.1	699.7	188.15	1.1837
6	1-Hexanol	C111273	C6H14O	102.2	873.0	361.897	1.3261
7	3-methylbutanal	C590863	C5H10O	86.1	654.8	162.604	1.1761
8	octanal	C124130	C8H16O	128.2	1006.5	602.003	1.8215
9	Benzaldehyde	C100527	C7H6O	106.1	953.9	497.687	1.1506
10	2-Heptanone	C110430	C7H14O	114.2	888.7	384.948	1.2624
11	Acetone	C67641	C3H6O	58.1	513.0	104.174	1.1217
12	1-Octen-3-ol	C3391864	C8H16O	128.2	980.4	552.446	1.1545
13	2-Pentylfuran	C3777693	C9H14O	138.2	989.8	573.25	1.2498
14	n-Nonanal	C124196	C9H18O	142.2	1103.1	783.247	1.484
15	(E)-2-octenal	C2548870	C8H14O	126.2	1062.5	702.606	1.331
16	Butyl methyl ketone	C591786	C6H12O	100.2	789.7	261.287	1.1866
17	ethanol	C64175	C2H6O	46.1	490.7	97.101	1.039
18	Butanal	C123728	C4H8O	72.1	579.5	128.352	1.2805
19	2,3-butanedione	C431038	C4H6O2	86.1	596.8	135.538	1.1754
20	2-Hexen-1-ol	C2305217	C6H12O	100.2	851.7	332.966	1.1804
21	pentan-2,3-dione	C600146	C5H8O2	100.1	694.6	184.673	1.222
22	Ethyl methyl ketone	C78933	C4H8O	72.1	606.6	139.742	1.0582

羊肉中挥发性物质主要是醇、醛、酮类成分，它们是羊肉风味的主要贡献物质。

FlavourSpec®在畜禽产品领域的应用：

- 肉品种类的区分判别
- 肉品冻储时间快速判断
- 伊比利亚黑猪饲养方式的区分
- 畜产品加工工艺的优化选择
- 鸡蛋新鲜度的快速识别
- 加工过程中腥味形成机理研究

1.基于样品风味差异，进行肉类品种判别区分

摘要：建立了一种快速、无损分析食用肉中挥发性有机成分的顶空进样气相色谱-离子迁移谱联用方法，实现了食用肉种类的快速判别分析。

实验：以猪肉、牛肉、鸡肉和羊肉共77个样品为研究对象，称取约1 g待测样品于标准顶空进样瓶中，直接进行GC-IMS检测，依据谱图差异选取42个特征区域的峰高作为表征变量，进行主成分分析，并采用k近邻算法建立食用肉种类的判别模型。

结论：GC-IMS三维图谱可以直观地观察不同肉类之间挥发性有机成分的差异，提取的前2个主成分能够表征94.80%的原始信息，校正集识别率为100%，预测集中仅有1个牛肉样品被误判为猪肉样品，预测集识别率达到95.65%。GC-IMS结合化学计量学方法可实现对不同种类肉的准确判别，方法快速、无损、准确，在肉制品的品质控制及评价方面具有很大的应用潜力。

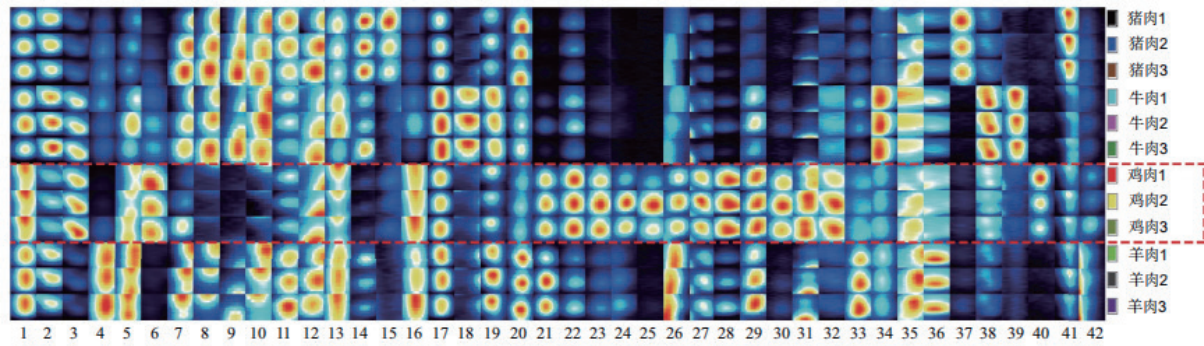


图3. 不同肉类的挥发性有机物指纹图谱

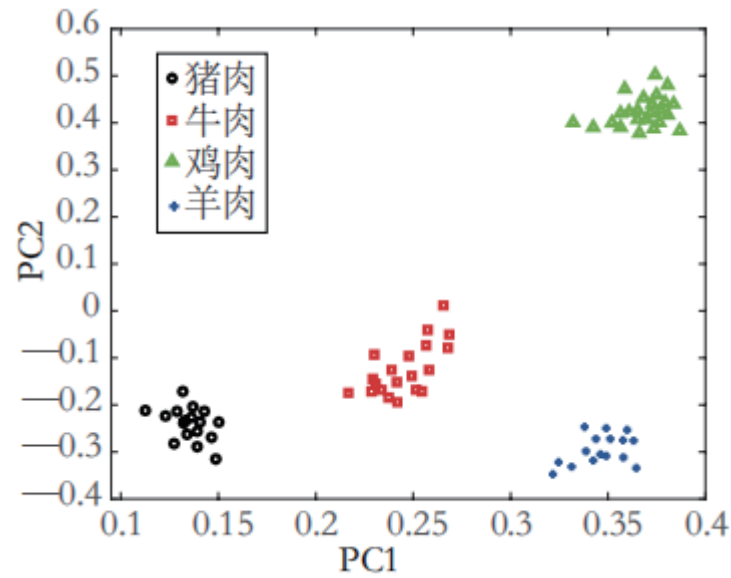


图4. 不同肉类的主成分分析图

采用GC-IMS联用仪测定4种不同肉类的挥发性有机成分的差异，构建了反映其归属信息的GC-IMS指纹图谱，对不同肉类的类别运用主成分分析和kNN模式识别方法进行了鉴别和分类。结果表明，GC-IMS技术结合化学计量学方法可以获得较好的分类效果，预测集识别率可达95.65%，为肉类的掺假、掺杂提供了一种新的检测方法，具有一定的前景和应用价值。

Reference: GC-IMS技术结合化学计量学方法在食用肉种类判别中的应用[J].食品科技.2019,44(08):311-321.

2.基于风味成分的变化，用于冷冻猪肉贮藏时间快速判别

摘要: 通过分析冷冻猪肉在贮藏过程中发生劣变的主因、位置、产生的物质及检测方法的繁简程度，选择顶空气相色谱-离子迁移谱（headspace-gas chromatography-ion mobility spectroscopy, HS-GC-IMS）技术作为冷冻猪肉气味劣变的检测手段。

实验: 采集和分析冷冻猪IV号肉表层或浅表层脂肪氧化所产生的挥发性有机物（volatile organic compounds, VOCs），并采用主成分分析对不同贮藏时间冷冻猪肉的VOCs数据进行维度压缩，利用K均值聚类分析算法建立判别模型，以此作为判别冷冻猪肉贮藏时间的方法。

结论: 研究表明，HS-GC-IMS可有效分离冷冻猪肉中极性相近的VOCs，对VOCs组分的数据采集及分析可在600s内完成，并筛选出29种离子峰强度变化明显的VOCs，通过二维数据可视化方式显示各VOCs离子峰的差异。经数据降维处理后所构建的聚类判别模型，可将冷冻猪肉检验样品根据贮藏时间的不同归类到对应的时间簇。

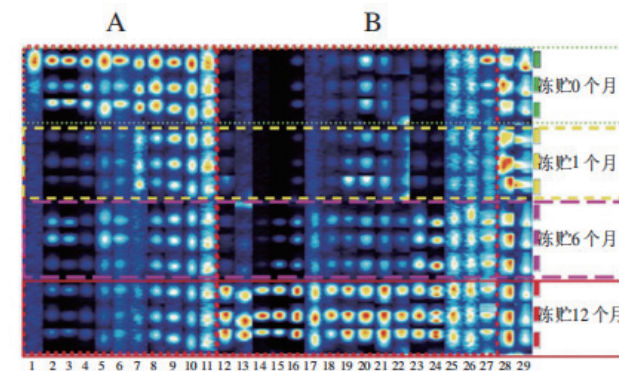


图5. 不同贮藏时间冷冻猪肉HS-GC-IMS谱图中VOCs的图库

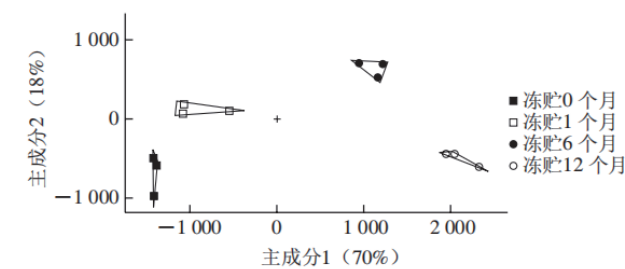


图6. 不同贮藏时间冷冻猪肉的PCA

从图5中VOCs的离子峰排列可明显看出，相同贮藏时间的冷冻猪肉含有共有VOCs，仅区别于浓度，样品组内具有明显的相似性，不同贮藏时间的冷冻猪肉含有对应时间内所特有的VOCs，样品组间则呈现出明显的差异性。

该方法通过获取不同贮藏时间内冷冻猪肉表层脂肪氧化产生的VOCs组成特征，并利用PCA降维处理后的数据进行K均值聚类分析，以判别样品是否符合已知贮藏时间冷冻猪肉所特有的数据特征，结果表明不同贮藏时间的样品归类效果良好。

Reference: 基于顶空气相色谱-离子迁移谱技术的冷冻猪肉贮藏时间快速判别方法[J].食品科学.2019,40(2):269-274.

3.基于风味物质的差异，用于伊比利亚黑猪饲养方式的精准识别

摘要：本文采用极性和非极性气相色谱（GC）与离子迁移谱联用技术检测橡实牧草和饲料育肥的伊比利亚干腌火腿，获得了三维数据后进行化学计量学的处理。

实验：第一种方式基于样品中全部挥发性有机物信息进行饲养方式的区分，分类准确率可达90%；第二种方式采用特征挥发性有机物进行分析，饲养方式准确率判别达到100%。

结论：在伊比利亚黑猪饲养方式判别方面，色谱柱的极性未发现显著性差异。

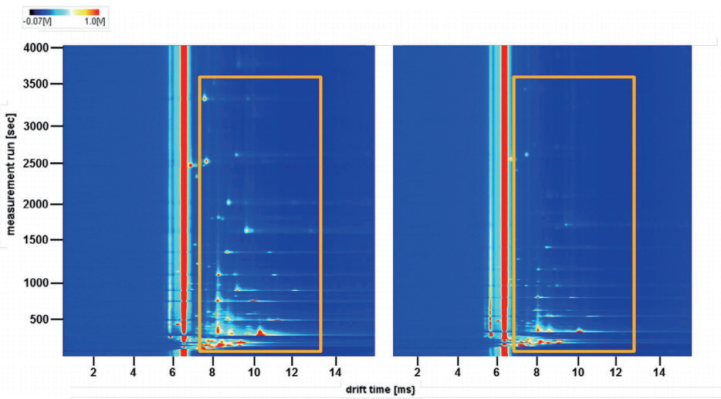


图7. 不同饲养方式伊比利亚火腿的气相离子迁移谱图（极性色谱柱）

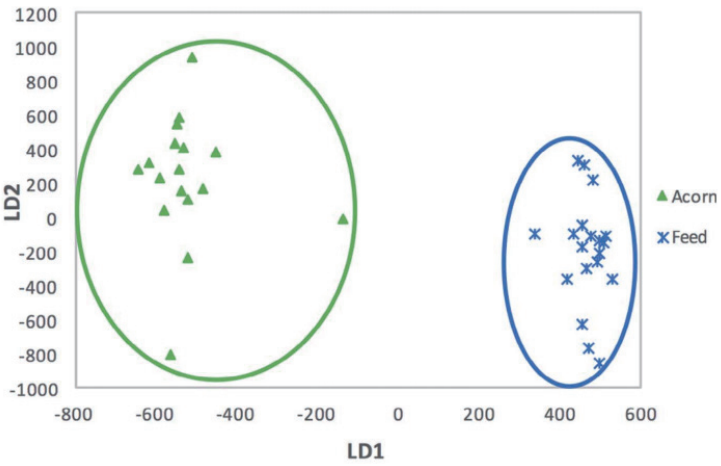


图8. 不同饲养方式伊比利亚黑猪区分PCA（极性色谱柱）

本文探索了两种不同极性色谱柱（极性和非极性）对伊比利亚火腿分类的方法，尽管它们之间在黑猪饲养方式判别上没有显著差异，但非极性色谱柱需要较短的分析时间，75分钟即可，而极性柱每次分析需要115分钟以获得类似的结果。

GC-IMS是一种非常有用的分析工具，可确保伊比利亚干腌火腿的真实性，并检测其标签中可能存在的欺诈行为。此外，与在常压下工作的其他方法和便携性相比，其相对较低的使用成本使其更易于植入农业食品实验室中使用。

Reference: Target vs spectral fingerprint data analysis of Iberian ham samples for avoiding labelling fraud using headspace-gas chromatography-ion mobility spectrometry. Food Chemistry. 246 (2018) 65-73.

4.基于加工工艺风味差异，用于优化选择最佳加工工艺

摘要：冬虫夏草鸡汤因其营养价值高、风味独特，一直是中国人最受欢迎的汤类之一。本文用酶解预处理后炖煮虫草鸡汤，采用GC-MS、GC × GC-TOF-MS和GC -IMS等几种先进技术研究了虫草鸡汤的挥发性有机物：

- 1) GC-MS和GC × GC-TOF -MS分析表明：酶解过程后，虫草鸡汤中主要化合物（特别是）醛和酯的含量和种类均有所增加。
- 2) GC-IMS结果表明：添加虫草后鸡汤中的一些挥发性物质消失，酶解过程后一些挥发性物质的浓度增加。

结论：酶解预处理的方法是提高虫草鸡汤可溶性蛋白质溶出率和挥发性风味物质的有效方法。

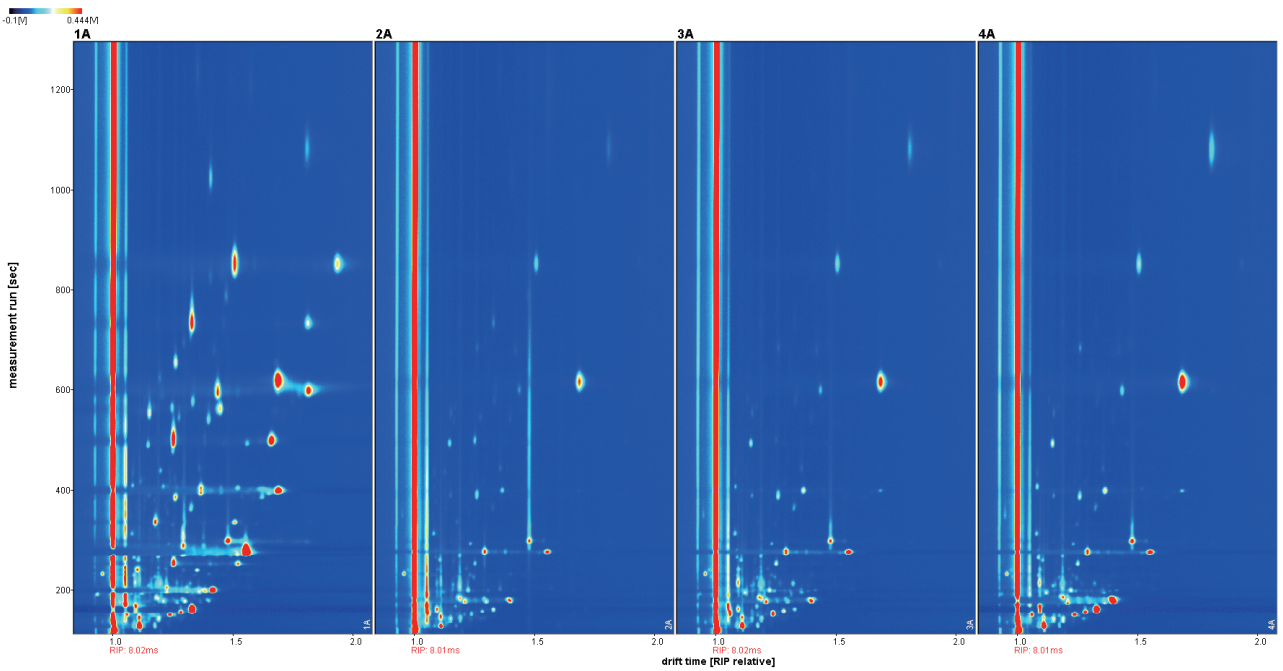
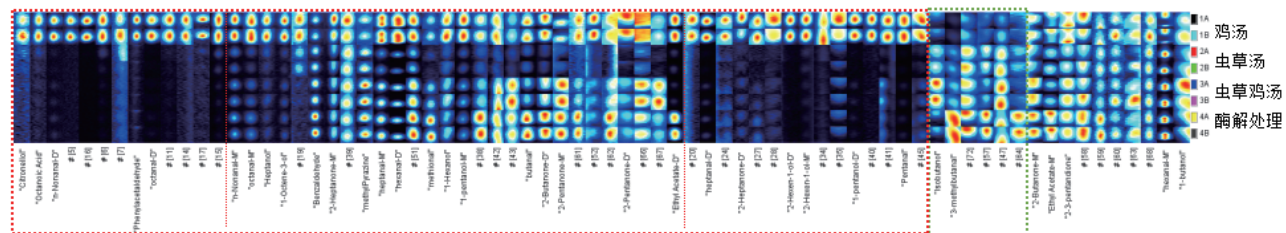


图9. 鸡汤、虫草汤、虫草鸡汤和酶解虫草鸡汤的气相离子迁移谱图



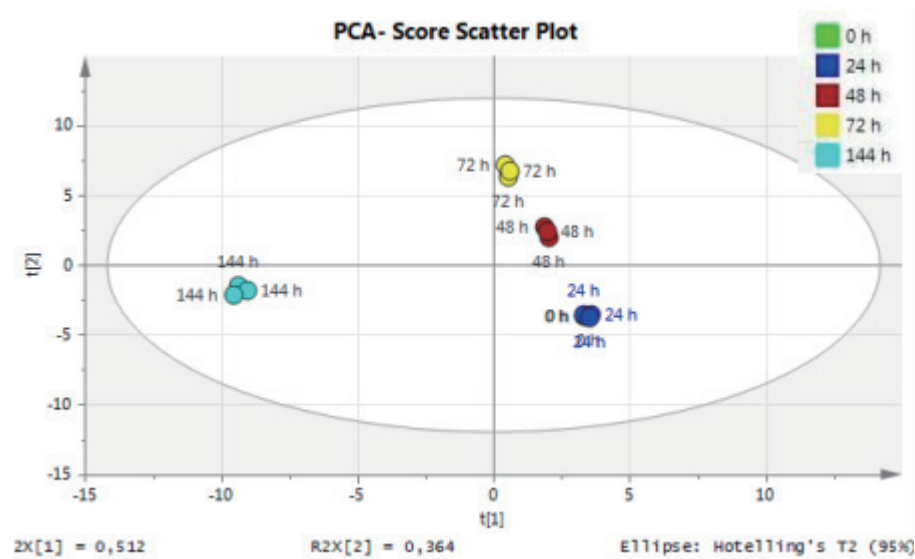


图13. 放置不同时间鸡蛋样品PCA分析图

与官方控制方法相比，GC-IMS技术在常规实验室中的应用可以在更短的时间内有效地支持非新鲜批次的快速识别，从而避免不合格产品进入生产链，进而确保蛋制品食品的生产安全和品质。此外这种指纹图谱方法也可用于检测与新鲜问题相关的其他欺诈行为，如非法使用孵化的蛋。

Reference: Ion mobility spectrometry coupled to gas chromatography: A rapid tool to assess eggs freshness. Food Chemistry. 271 (2019) 691-696.

6.基于加工过程风味变化，研究样品腥味形成的机理

摘要：本研究以腥味较重的鸭蛋为研究对象，采用感官评价、气相色谱-质谱联用、气相色谱-离子迁移谱联用、气相色谱-嗅闻-质谱联用等技术，深入分析热处理过程中鸭蛋产生的腥味来源及形成规律，对鸭蛋黄中关键性风味物质进行定性、定量，并探究可以降低蛋腥味的有效方法，从而为禽蛋腥味的调控提供基础。

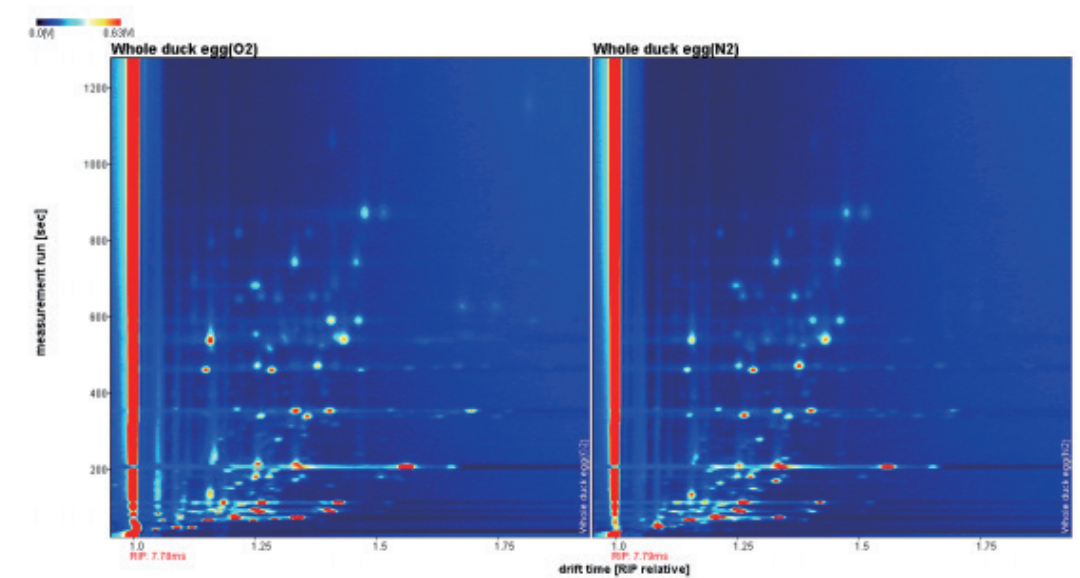


图14. 有氧全蛋、无氧全蛋气相离子迁移谱图

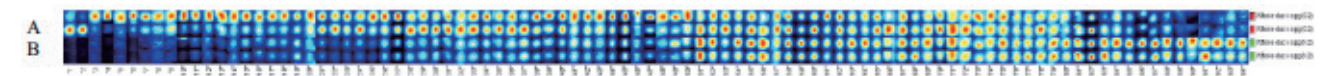


图15. 有氧全蛋、无氧全蛋的挥发性有机物的指纹图谱

由图14和图15知：样品间差异显著，无氧全蛋的挥发性成分的数量和强度小于有氧全蛋。有氧全蛋、无氧全蛋中有醛、酯、醇、酮类等24种挥发性成分，分别占全蛋中挥发性成分总峰高的55.08%、22.26%、18.29%、3.31%；占无氧全蛋中挥发性成分总峰高的51.38%、22.36%、19.64%、4.06%。无氧全蛋与全蛋相比，醛类化合物的占比降低，这与GC-MS结果一致。无氧全蛋的挥发性成分与有氧全蛋相比，峰高降低的化合物有醛、醇、酮和酯类。

结论：鸭蛋中腥味主要来自于蛋黄，且氧化是产生腥味的关键。蛋黄在热处理过程生成醛、醇、酯等物质，蛋清主要生成烃和酯类物质。

Reference: 热处理过程中鸭蛋腥味形成规律的研究及调控【D】北京农学院. 2019.

FlavourSpec®风味分析仪在畜禽产品风味检测时，无需固相微萃取，在低温条件下快速捕捉样品真实风味的成分，检出限可达ppbv级别，软件可给出直观可视的挥发性有机物指纹图谱，用户一眼便可看出产品风味成分的差异，结合感官评价及其他理化指标的分析，对产品产地的区分、产品新鲜度的识别、保鲜方式的选择、加工工艺的优化等方面提供科学的指导数据。

气相色谱-离子迁移谱在风味分析领域的中文文献

1.基于顶空气相色谱-离子迁移谱技术的冷冻猪肉储藏时间快速判别方法[J]. 食品科学, 2019, 40 (2) : 269-274.

2.GC-IMS 联用技术在香水质量快速检测中的应用[J]. 中国食品药品监管, 2019, 2. 57-61.

3.粤式柱候酱的特征风味成分分析[J]. 现代食品科技, 2019, 35 (8) .

4.离子迁移谱技术在食品风味分析中应用的研究进展[J/OL]. 食品工业科技, 2019.

5.基于气相离子迁移谱黄酒产地识别的研究[J]. 食品工业科技, 2019.

6.气相离子迁移谱对山茶油掺假的检测研究[J]. 食品科学, 2019,40 (8) : 275-279.

7.基于气相离子迁移谱技术的葵花籽油精炼程度的研究[J]. 食品科学, 2019.

8.基于气相离子迁移谱检测静电场处理的大菱鲆品质[J]. 食品科学, 2019.

9.气相色谱-离子迁移谱应用于橄榄油的掺假鉴别[J]. 食品研究与开发, 2018,39 (15) :109-116.

10.我国东北稻米溯源技术的研究[D]. 农业部环境保护科研检测所, 2018.

11.噻苯隆对薄皮甜瓜风味品质的影响[D]. 中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 2018.

12.气相色谱离子迁移谱联用技术在食用植物油品质检测中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9 (2) : 396-401.

13.香菇挥发性风味成分的气相色谱 - 离子迁移谱分析[J]. 福建农业学报, 2018, 33 (3) : 309-312.

14.离子迁移谱及其联用技术在食品检测中的应用[J]. 现代食品, 2018, 6 (34) : 99-106.

15.微生物挥发性有机化合物在农产品中的分析及应用研究进展[J]. 食品科学, 2018, 39 (9) : 326-332.

16.薄荷滤棒固香期评价方法研究[J]. 食品与机械, 2018, 9. 58-61.

17.雁北嗜蓝孢杆菌固态发酵对大豆风味成分的影响[D]. 中国食品科学技术学会第十五届年会论文摘要集, 2018.

18.食用植物油的品质检测和掺伪鉴别研究[J]. 现代食品, 2018, (4) : 109-111.

19.GC-IMS 技术结合化学计量学方法在食用植物油分类中的应用[J]. 分析测试学报, 2017,36 (10) : 1235-1239.

20.基于 GC-IMS 技术的绿茶风味鉴别方法可行性的研究[J]. 广东化工, 2017,23 (44) : 19-21.

21.气相离子迁移谱 (GC-IMS) : 基于挥发性化合物指纹信息的茶叶质量评估新技术[D]. 第八届食品质量安全技术论坛论文集, 2017.

22.离子迁移谱法检测蒸馏酒中 4 种风味成分[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7 (2) : 834-838.

23.离子迁移谱技术及其在食品检测中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2015,6 (2) : 391-398.

24.气相离子迁移谱在食品风味分析中的应用[J]. 化学工程与装备, 2015, (10) : 204-205.

25.离子迁移谱快速测定食品中熏蒸剂溴甲烷[J]. 食品研究与开发, 2014, 37 (14) : 116-119.

26.气相色谱离子迁移谱仪在香水领域的应用[J]. 北京日化, 2014, 2. 32-37.

27.不同发育期忍冬花颜色与气味变化[J]. 中成药, 2019, 41 (6) 1349-1353.

28.基于气相离子迁移谱检测的轮南白杏气调包装果实采后风味物质变化[J]. 现代食品科技, 2019,35 (8) .

29.热处理过程中鸭蛋腥味形成规律的研究及调控[D]. 北京农学院, 2019.

30.采用气相色谱-离子迁移谱技术检测黄酒风味物质[J/OL]. 现代食品科技, 2019.

31.基于气相离子迁移谱和化学计量学方法判别肉的种类[J]. 中国食品学报, 2019.

32.不同采收期坛紫菜(Porphyrarahaitanensis)的风味比较[J/OL]. 上海海洋大学学报, 2019.

33.GC-IMS技术监测加速破坏条件下苦杏仁挥发性物质变化研究[J]. 广州中医药大学学报, 2019, 38 (8) :1247-1251.

34.基于电子鼻和气相-离子迁移谱对美人椒酱的风味分析[J]. 食品工业科技, 2019.

35. GC-IMS联用技术在大米霉变早期监测中的研究应用[D]. 江苏大学, 2019.

36.气相离子迁移谱联用技术评定大米霉变程度的研究应用[J]. 中国粮油学报, 2019.

37.气相色谱-离子迁移谱对不同储存时间松针挥发性化合物的分析[J]. 第十二届全国生物医药色谱及相关技术学术交流会. 2018.

38. 基于气相离子迁移谱分析不同贮藏条件下番荔枝的风味变化[J]. 食品工业科技.40 (18) 2019.

气相色谱-离子迁移谱在风味分析领域的英文文献

1.A green triple-locked strategy based on volatile-compound imaging,chemometrics, and markers to discriminate winter honey and sapium honey using headspace gas chromatography-ion mobility spectrometry[J]. **Food Research International**, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.004>.

2.Development of a flavor fingerprint by HS-GC–IMS with PCA for volatilecompounds of Tricholoma matsutake Singer. **Food Chemistry**, **290 (2019) 32-39**.

3.Characterization of the aroma release and perception of white bread duringoral processing by gas chromatography-ion mobility spectrometry and temporal dominance of sensations analysis. **Food Research International**, **123 (2019) 612-622**.

4.Robustness study of calibration models for olive oil classification: Targeted and non-targeted fingerprint approaches based on GC-IMS. **Food Chemistry**, **288 (2019) 315-324**.

5.Direct authentication of three Chinese materia medica species of the Lili Bulbus family in terms of volatile components by headspace-gaschromatography-ion mobility spectrometry. **Analytical Methods**, 2019. DOI: 10.1039/c8ay02338g.

6.Content variations in compositions and volatile component in jujube fruits during the blacking process. **Food Sci Nutr.** **2019.** **1–9.**

7.Identification of terpenes and essential oils by means of static headspace gas chromatography-ion mobility spectrometry. **Anal Bioanal Chem,** **(2017)409 6595–6603.**

8.Detection of Adulteration in Canola Oil by Using GC-IMS and Chemometric Analysis. **International Journal of Analytical Chemistry,** **2018, Article ID 3160265.**

9.Characteristic volatiles fingerprints and changes of volatile compounds infresh and dried Tricholoma matsutake Singer by HS-GC-IMS and HS-SPME GC–MS. **Journal of Chromatography B,** **1099 (2018) 46-55.**

10.Ion mobility spectrometry coupled to gas chromatography: A rapid tool to assess eggs freshness. **Food Chemistry,** **271 (2019) 691-696.**

11.Volatile-Compound Fingerprinting by Headspace-Gas Chromatography Ion-Mobility Spectrometry (HS-GC-IMS) as a Benchtop Alternative to ¹H NMR Profiling for Assessment of the Authenticity of Honey. **Analytical Chemistry,** DOI: **10.1021/acs.analchem.7b03748.** **2018.**

12.Coupling Gas Chromatography with Ion Mobility Spectrometry. **LC*GC Europe,** **2016. 294-303.**

13.Target identification of volatile metabolites to allow the differentiation of lactic acid bacteria by gas chromatography-ion mobility spectrometry. **Food Chemistry,** **220 (2017) 362-370.**

14.Ion mobility spectrometry of volatile compounds from Iberian pig fat for fast feeding regime authentication. **Talanta,** **76 (2008) 591–596.**

15.A review of recent, unconventional applications of ion mobility spectrometry (IMS). **Analytica Chimica Acta,** **703 (2011) 114–123.**

16.Using ion mobility spectrometry for screening the autoxidation of peanuts. **Food Control,** **64 (2016) 17-21.**

17.Ion mobility spectrometry fingerprints: A rapid detection technology for adulteration of sesame oil. **Food Chemistry,** **192 (2016) 60-66.**

18.Molecular Analysis for Determining Differences and Similarities of Perfume Dupes. **GLOBAL INGREDIENTS & FORMULATIONS GUIDE 2016.**

19.Ion Mobility Spectrometry versus Classical Physico-chemical Analysis for Assessing the Shelf Life of Extra Virgin Olive Oil According to Container Type and Storage Conditions. **J. Agric. Food Chem,** **63 (2015) 2179–2188.**

20.Gas chromatography and associated techniques in the analysis of laundry malodour. **H&PC Today - Household and Personal Care Today, Vol. 9 nr. 2014.**

21.Evaluation and application of static headspace–multicapillary column-gas chromatography–ion mobility spectrometry for complex sample analysis. **Journal of Chromatography A,** **1338 (2014) 136–148.**

22.Direct determination of 2,4,6-trichloroanisole in wines by single-drop ionic liquid microextraction coupled with multicapillary column separation and ion mobility spectrometry detection. **Journal of Chromatography A,** DOI:**10.1016/j.chroma.2011.06.032.** **2011.**

23.Volatile Metabolites of Goat Cheeses Determined by Ion Mobility Spectrometry. Potential Applications in Quality Control. **Food Anal Methods,** DOI: **10.1007/s12161-014-0050-1.** **2014.**

24.Multi-capillary column-ion mobility spectrometry: a potential screening system to differentiate virgin olive oils. **Anal Bioanal Chem,** **402 (2012) 489–498.**

25.Ion Mobility Spectrometry a Versatile Analytical Tool for Metabolomics Applications in Food Science. **Current Metabolomics,** **2 (2014) 264-271.**

26.Direct coupling of a gas–liquid separator to an ion mobility spectrometer for the classification of different white wines using chemometrics tools. **Talanta,** **84 (2011) 471–479.**

27.Determination of volatile compounds by GC–IMS to assign the quality of virgin olive oil. **Food Chemistry,** **187 (2015) 572-579.**

28.Resolution-optimized headspace gas chromatography-ion mobility spectrometry (HS-GC-IMS) for non-targeted olive oil profiling. **Anal Bioanal Chem,** DOI: **10.1007/s00216-017-0338-2.** **2017.**

29.Direct classification of olive oils by using two types of ion mobility spectrometers. **Analytica Chimica Acta,** DOI:**10.1016/j.aca.2011.03.007.**

30.Target vs spectral fingerprint data analysis of Iberian ham samples for avoiding labelling fraud using headspace – gas chromatography–ion mobility spectrometry. **Food Chemistry,** **246 (2018) 65-73.**

31.Direct differentiation of herbal medicine for volatile components by a multicapillary column with ion mobility spectrometry method. **J. Sep. Sci,** **38 (2015) 3205–3208.**

32.Use of a non-destructive sampling method for characterization of Iberian cured ham breed and feeding regime using GC-IMS. **Meat Science,** <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.018>. **2019.**

33.Biochemical changes induced by dominant bacteria in chill-stored silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and GC-IMS identification of volatile organic compounds. **Food Microbiology,** **84 (2019) 103248.**

34.HS-GC-IMS and chemometric data treatment for food authenticity assessment: Olive oil mapping and classification through two different devices as an example. **Food Control,** DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.11.001>. **2018.**

35.Quality assessment of olive oils based on temperature-ramped HS-GC-IMS and sensory evaluation: Comparison of different processing approaches by LDA, kNN, and SVM. **Food Chemistry,** DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.095>. **2018.**

36.Data fusion of GC-IMS data and FT-MIR spectra for the authentication of olive oils and honeys—is it worth to go the extra mile?

Analytical and Bioanalytical Chemistry , <https://doi.org/10.1007/s00216-019-01978-w> , 2019.

37. Microbial volatile organic compounds and their application in microorganism identification in foodstuff. **Trends in Analytical Chemistry**.

DOI: <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.trac.2015.08.010> 2015.

38.Modification of gelatin hydrolysates from grass carp (Ctenopharyngodonidellus) scales by Maillard reaction: Antioxidant activity and volatile compounds. **Food Chemistry**, 295 (2019) 569-578.

39.Ion Mobility Spectrometry in Food Analysis: Principles, Current Applications and Future Trends. **Molecules** , 2019, 24, 2706; DOI :10.3390/molecules24152706.

40.Gas chromatography-ion mobility spectrometric classification of vegetable oils based on digital image processing. **Journal of Food Measurement and Characterization**, <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00116-5>.

41.Evaluation of fast volatile analysis for detection of Botrytis cinerea infections in strawberry. **Food Microbiology**, 32 (2012) 406-414.

42.Rapid detection of hydrogen sulfide produced by pathogenic bacteria in focused growth media using SHS-MCC-GC-IMS. **Microchemical Journal**, 140 (2018) 232-240.

43.Variations of volatile flavour compounds in Cordyceps militaris chicken soup after enzymolysis pretreatment by SPME combined with GC-MS, GC ×GC-TOF -MS and GC-IMS. **International Journal of Food Science and Technology**. DOI:10.1111/ijfs.14294.

44.Coupling laser desorption with gas chromatography and ion mobility spectrometry for improved olive oil characterisation. **Food Chemistry**. 255 (2018) 323-331.

45.Changes in the Volatile Components of Candied Kumquats in Different Processing Methodologies with Headspace–Gas Chromatography–Ion Mobility Spectrometry. **Molecules** 2019, 24, 3053;DOI:10.3390/molecules24173053.

46.Gas Chromatography-Ion Mobility Spectrometry Detection of Odor Fingerprint as Markers of Rapeseed Oil Refined Grade. **Journal of Analytical Methods in Chemistry**. <https://doi.org/10.1155/2019/3163204>.

部分客户名单

