

植物基人造肉质量评价

■ 引言

随着人们对可持续发展和健康饮食生活方式兴趣的日益增加，植物基人造肉如今越来越受到关注。随着对植物基人造肉新产品的需求增加，产品的风味质量也相应受到关注。然而，有时很难精确评估包括味道和香味在内的风味，因为风味可能由许多化合物的高度复杂组合而决定。代谢物和芳香族化合物的广泛靶向分析是完成这项评估的一个好方法。

LC-MS 和 GC-MS 分别适用于亲水性代谢物与与味道相关的挥发性化合物的分析。

众所周知，决定食物品质的不仅仅是味道和香味。质地评估是评估食品质量的重要参数，尤其是在讨论仿肉产品时。装有适当夹具的材料测试仪可以研究与质地相关的特性，例如硬度。味道、香味和质地是相互独立的因素，因此应单独讨论。但是，我们有时想对食品的“整体质量”进行评分。多变量分析可以将每个样品在所有这些因素方面的“差异”可视化。因此，在我们的评估中，可以从食品固有的影响因素的角度，具体而全面地固化“质量”这个模糊的术语。

本文中，我们介绍了采用这种质量评估方法对四种不同植物基人造肉产品进行评估的结果。



■ 样品制备

我们制备了四种不同的市售植物基人造肉产品（产品 1 至 4）。它们都是碎牛肉的替代品。在分析前将它们煮熟。

代谢物的 LCMS 分析

LC-MS 是研究食品样品中与味道相关的亲水化合物的最合适的仪器之一。

- 样品制备

根据材料测试仪的分析要求（参见材料测试仪分析）烹制各产品，称取 100 mg 样品，置于微量离心管中。取 0.75 mL 甲醇，置于管中，用直径为 5 mm 的氧化锆球在振动球磨机研磨样品。离心后取上清液，用孔径为 0.45mm 的滤器过滤。将过滤后的溶液储存在 -20°C 下，作为原始储备样品溶液。用水将储备样品溶液稀释 5000 倍，制备代谢物分析样品溶液，以尽量减少基质效应。

- LC-MS 分析

使用初级代谢物的 LC/MS/MS 方法来开发分析方法。该方法可监测 97 种亲水性代谢物，只需极少步骤的标准品制备。

仪器	LCMS-8050
色谱柱	Discovery® HS F5-3 15 cm x 2.1 mm, 3 μm
流动相 A	0.1% 甲酸水溶液
流动相 B	乙腈
分析模式	MRM

大多数化合物在稀释的样品溶剂中的回收率在 80-120% 范围内。将每个样品中所有 55 种化合物的峰面积值确定为其相对浓度。产品 1 谷氨酸和肌苷的峰形见图 1。

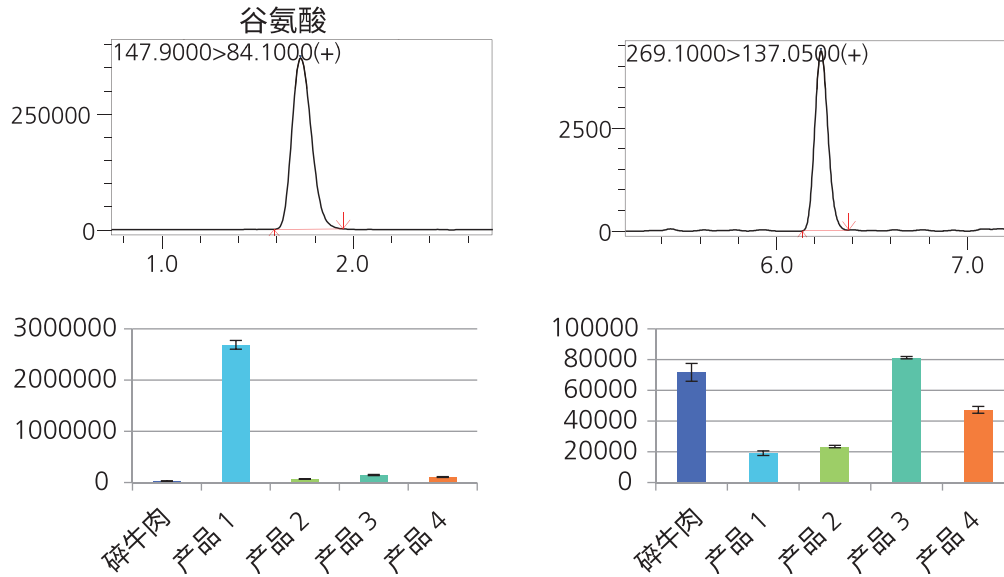


图 1：产品 1 中谷氨酸和肌苷的峰形（分别为左上和右上），各产品之间谷氨酸和肌苷的比较（分别为左下和右下）。

糖的 LC-MS 分析

我们还进行了一次 LC-MS 分析来评估糖。

- 样品制备

大多数操作流程与代谢物分析相同。用乙腈将储备样品溶液稀释 500 倍，制备成糖分析样品溶液。

- LC-MS 分析：

该方法的开发条件如下所示。

仪器	LCMS-8050
色谱柱	Asahipak NH2P-50 2D, 100 Å, 5 μm, 2 x 150 mm
流动相 A	水
流动相 B	乙腈
分析模式	MRM

成功检测到六种糖。但由于稀释程度，不能完全排除分析中的基质效应。因此，采用了标准添加法来评估它们的浓度。一些糖在样品之间表现出了有趣的差异。例如，蔗糖和葡萄糖的结果如图 2 所示。

挥发性化合物的 GC-MS 分析

GC-MS 最适合用于检测食品样品中的总挥发性化合物。采用固相微萃取 (SPME) 捕获分析物。

- 样品制备

取 20 mg 样品，放入 20 mL 螺旋盖小瓶中。

- GC-MS 分析

使用配备 AOC-6000 自动进样器的三重四极杆 GCMS-TQ8050。将样品加热至 200° C，保持 15 分钟，用 SPME 纤维萃取挥发性化合物 10 分钟。预处理（包括 SPME 纤维调节、萃取、解吸和后调节）由 AOC-6000 自动完成。

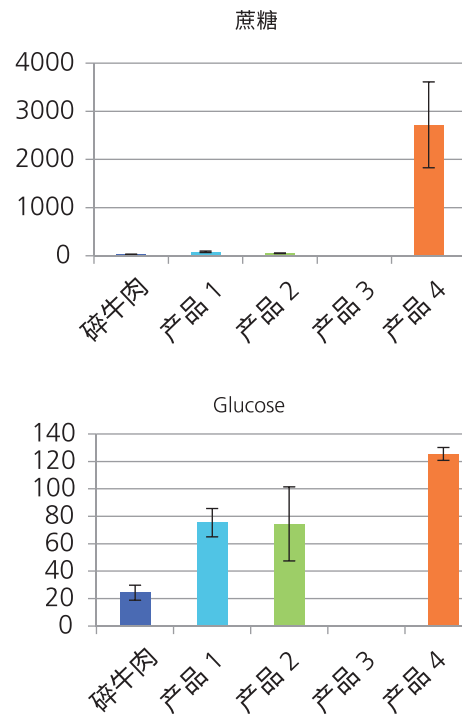
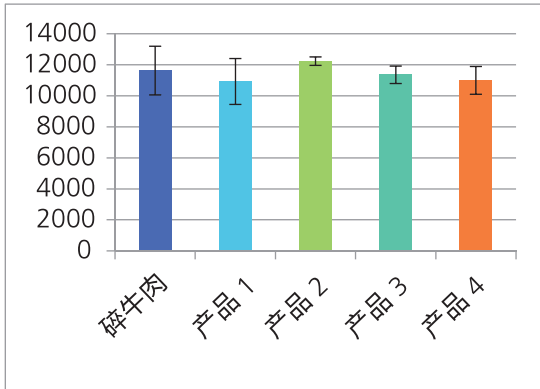
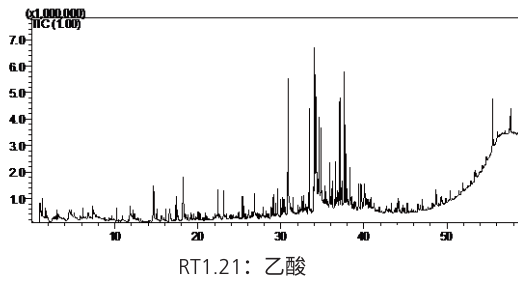


图 2：样品间的蔗糖和葡萄糖比较（分别为上和下）。

仪器	GCMS-TQ8050 + AOC-6000
SPME 纤维	二乙烯基苯/Carboxen/聚二甲基硅氧烷 (DVB/CAR/PDMS)
色谱柱	SH-Rxi-5MS, 30 m x 0.25 mm, 0.25 μm
载气	氦气
模式	扫描 (m/z: 35-500)

如图 3 所示，每个样品中均检测到许多峰，而在某些样品中检测到了相同的峰。我们仔细选择了在重复检测中峰高和峰面积保持稳定的峰。并在市售的图谱库中搜索了这些稳定峰的图谱。我们还在各样品间评估了这些峰的峰面积。可将峰面积值视为分析物的相对浓度，因为 GC-MS 分析中的基质效应较小。图 3 显示了各样品的数值示例。



RT35.44 十六烷酸甲酰胺

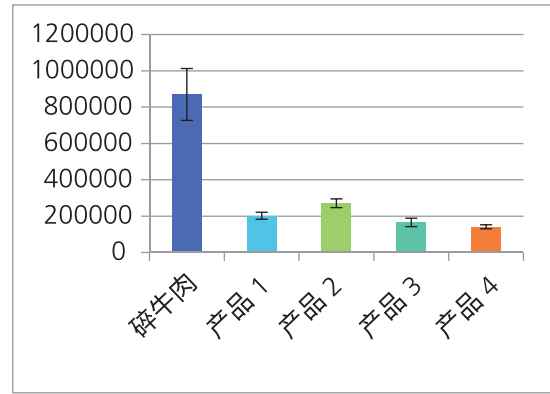


图3: (上) 碎牛肉样品的总离子色谱。(中和下) RT1.21 和 RT35.44 峰 (根据图库搜索, 分别为乙酸和十六烷酸甲酰胺) 在样品之间具有显著差异。

如图 4 所示, 每个样品的曲线分别在某个点到达顶峰。该点、该点处的最大力、波形可以作为硬度、粘结性等的评价指标。据此, 我们就可以量化食物的质地。

材料测试仪分析质地

材料测试仪可不带任何主观色彩地评估食品样品的质地。

- 样品制备

将各产品的 25 g 样品压缩至相同形状的模具中。模具呈截锥形, 上下直径分别为 2.5 厘米和 4 厘米。将模制样品放入 200° C 烘箱中烘烤 20 分钟。待样品内部温度降至约 65° C 时进行测试。

- 材料测试仪分析

使用食品质地分析仪 EZ Test。

仪器	EZ Test
软件	TRAPEZIUMX

记录夹具开始按压样品时的力曲线。直径为 10 mm 的圆柱形夹具以恒定速度向下移动, 直至完全穿透样品。本实验记录的曲线如图 4 所示。这几条力曲线基本相似, 但形状略有不同。这种差异反映了每个样品的质地属性。试验力表示硬度。试验力越大, 硬度越高。达到最大力的时间越长或达到最大力的行程越长, 表明粘结性越大。

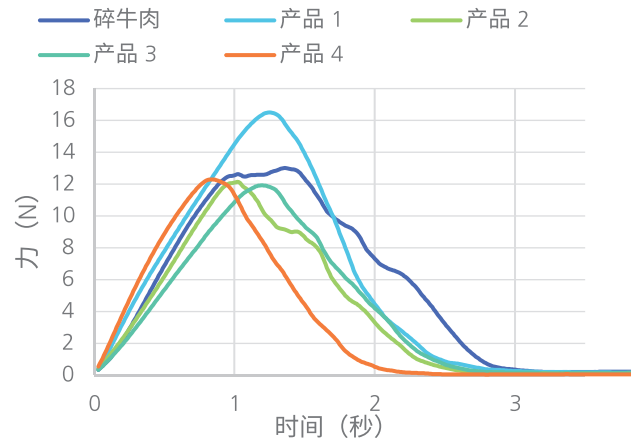


图 4: 碎牛肉和四种植物基人造肉的力曲线。夹具缓慢向样品移动, 0 秒时接触样品表面。力逐渐变大, 当样品破裂并解体时达到峰值。当夹具完全穿透样品时, 力逐渐减小并几乎达到 0。

多元分析

我们对所有数据（包括 LC-MS、GC-MS 和材料测试仪分析）进行了汇总，然后进行主成分分析。数据汇总表见图 5。表中的值分别是 LC-MS/GC-MS 分析中的峰面积和材料测试仪中的力强度。然后将这些值标准化为平均值和标准偏差，以免在绝对值顺序不同的行中出现偏差。

主成分分析得到的得分图如图 6 所示。得分图可以解读为每个样品的“总相似度”，与味道、香味和质地有关。数据的模式越相似，样品点之间的距离就越近。这使得我们能够在没有任何主观因素的情况下审查每个样品的相似性。

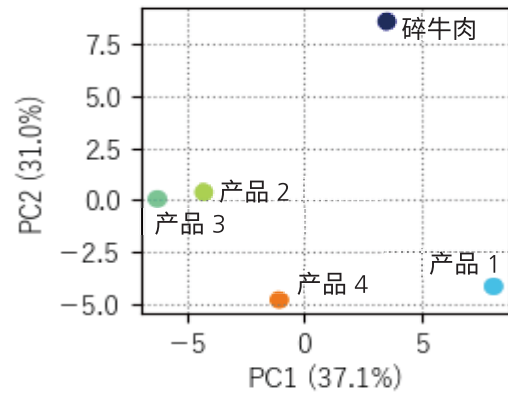


图 6：主成分分析结果的得分图

实验	名称	碎牛肉	产品 1	产品 2	产品 3	产品 4
LC-MS (代谢物)	胱氨酸	0.00	5133.67	0.00	0.00	0.00
	天冬酰胺	3233.33	4662.67	5600.67	8911.00	5485.00
	天冬氨酸	8942.67	25824.67	11168.33	26395.33	12748.00
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
LC-MS (糖)	蔗糖	24.16	82.57	51.60	1.91	2718.60
	麦芽糖	7.15	18.74	5.77	1.20	161.06
	乳糖	8.35	25.02	18.52	0.99	67.78
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
GC-MS	l-丙氨酸乙酰胺	3800125.00	3194828.67	3535825.67	3851375.67	3674014.00
	乙酸	11625.00	10922.33	12232.00	11354.33	10993.33
	顺-4,5-环氧-(E)-2-癸醛	28785.00	28580.33	39956.67	48981.33	39483.33
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
材料测试仪	最大力	16.37	16.76	12.71	13.11	12.55
	最大力时的时间	1.42	1.28	1.04	1.21	0.87
	最大力时的行程	14.17	12.83	10.40	12.10	8.67

图 5：将每个实验的所有数据汇总在同一个表中，以进行多元分析。这些值为标准化之前的值。我们同时分析了 94 组（行）数据。

结论

我们的 LC-MS、GC-MS 和材料测试仪可以分别评估植物基人造肉制品的整体质量，包括味道、香味和质地。然后结合这些数据，我们可以评估产品的整体质量。该策略不仅适用于植物基人造肉，也适用于所有食品的质量。

岛津应用云



岛津企业管理（中国）有限公司
岛津（香港）有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话： 800-810-0439
400-650-0439

免责声明：

* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售；
* 本资料中的所有信息仅供参考，不予任何保证。
如有变动，恕不另行通知。

第一版发行日：2021 年 3 月