

应用 UHPLC-ESI 精确质量数 Q-TOF MS/MS 方法表征槲皮素在人体内的代谢和生物利用度

应用简报

食品质量和药理学

作者

Jihyun Lee 及 Alyson E. Mitchell
食品科学与技术系,
加州大学戴维斯分校
One Shields Avenue
Davis, CA 95616

Susan Ebeler
葡萄栽培和酿酒系, 加州大学戴维斯分校
One Shields Avenue
Davis, CA 95616

Jerry Zweigenbaum
安捷伦科技公司
2850 Centerville Road
Wilmington, DE 19808

摘要

生物类黄酮槲皮素在食品中以一系列糖苷形式存在, 而这些糖苷的组成具有物种及栽培品种特异性。在人体内, 槲皮素经过广泛的 II 相生物转化, 最终形成一系列代谢物的复杂混合物, 其中每种代谢物的生物活性取决于生物转化过程中所形成偶联物的类型和位置。本文应用 Agilent 1290 UHPLC 联合 Agilent 6530 精确质量 Q-TOF LC/MS, 对食用添加微粒化苹果皮 (AP) 或洋葱粉 (OP) 的苹果酱后人血浆中的各槲皮素代谢物进行鉴定并测定相对含量, AP 及 OP 标准化后相当于 100 mg 总槲皮素糖苷。然后利用包含 II 相生物转化反应中槲皮素相关产物的定制安捷伦个人化合物数据库和谱库 (PCDL) 以及 Agilent MassHunter 定性分析软件对代谢物进行鉴定。最后通过 Q-TOF MS/MS 碎片数据和 Agilent MassHunter 分子结构关联 (MSC) 软件确认所鉴定代谢物的结构。



Agilent Technologies

前言

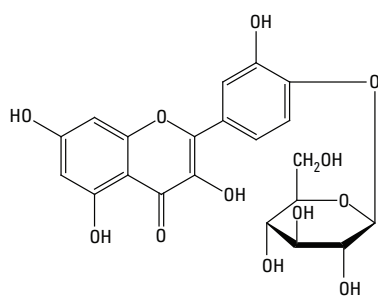
本研究中槲皮素代谢的补充报告发表在《农业与食品化学杂志》(*Journal of Agriculture and Food Chemistry*) 上 [1]。之所以选择槲皮素进行研究, 是因为流行病学研究表明高黄酮类的饮食结构可能会降低发生心血管疾病、癌症及其它年龄相关疾病的风险 [2,3,4]。如图 1 所示, 槲皮素在食品中以糖苷形式存在, 其糖苷形式决定了它的生物利用度(吸收)。食品中这类糖苷的组成具有物种及栽培品种特异性。洋葱中的主要糖苷为槲皮素 4'-*O*-葡萄糖苷, 苹果中的主要糖苷形式为槲皮素 3-*O*-半乳糖苷。

槲皮素糖苷在肠中吸收。糖苷由小肠刷状缘膜中的 β -葡萄糖苷酶及乳糖酶根皮苷水解酶进行裂解, 得到的糖苷配基被人体吸收。糖苷配基经由肠上皮细胞内的 II 相生物转化酶进行广泛代谢, 这会产生一系列的硫酸化、葡萄糖醛酸化及甲基化代谢物。这些代谢物通过肝门静脉转运至肝脏, 发生进一步的 II 相代谢, 然后进入体循环。

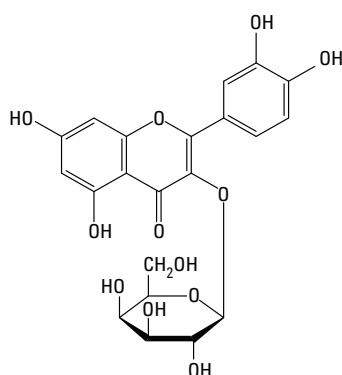
体外研究表明槲皮素代谢物的活性取决于它们结构中偶联基团的类型和位置。例如, Jansich 等人报道: 相比于槲皮素糖苷配基, 槲皮素-7-葡萄糖苷更能增加体外 LDL 氧化的滞后时间, 而相同浓

度的槲皮素-3'-硫酸酯或异鼠李素-3-葡萄糖苷则不会影响该滞后时间 [5]。鉴定血浆中每种代谢物的动力学谱对了解它们的作用机理和生物活性非常关键 [6]。

全扫描四极杆电喷雾电离液质联用 (ESI LC/MS) 方法已成功用于鉴定血浆中的代谢物, 但这些方法的灵敏度较低, 无法用于监测血浆中每种代谢物在六小时后的含量变化 [7,8,9]。ESI LC/MS/MS 对槲皮素代谢物的定量主要依靠葡萄糖苷酸或硫酸结合物的酶裂解, 以及槲皮素糖苷配基及异鼠李素(甲基槲皮素糖苷配基)的共存物测定。虽然该方法可用于建立药代动力学曲线, 但是损失了循环代谢物的相关信息。精确质量数串联质谱可有效促进复杂混合物中的代谢物结构解析, 特别是对于黄酮类代谢物的复杂混合物(例如, 槲皮素)非常有用, 目前这类混合物尚缺乏商业标样。精确质量数四极杆飞行时间 (Q-TOF) 质谱方法具有较高的灵敏度和选择性, 能有效分辨同重离子, 提供更准确的分子式信息, 从而促进非靶向未知化合物的鉴定。对 Q-TOF LC/MS 模式下生成的子离子进行精确质量数分析可简化结构解析, 进一步促进化合物的鉴定。



Q 4'-*O*-葡萄糖苷: 洋葱中的主要形式



Q 3-*O*-半乳糖苷: 苹果中的主要形式

图 1. 洋葱和苹果中的主要槲皮素 (Q) 糖苷

本应用简报将介绍用于解释槲皮素生物利用度差异的工具：UHPLC-ESI 精确质量数 Q-TOF LC/MS 分析，结合安捷伦个人化合物数据库和谱库 (PCDL) 管理软件和 Agilent MassHunter 定性分析软件。作者特别对食用两种不同食物（苹果皮和洋葱粉）后血浆中存在的槲皮素代谢物进行了研究，这两种食物中的总槲皮素量相同，但槲皮素糖苷组成不同。研究的目的是要了解糖苷形式是否会影响药代动力学参数（例如，吸收和代谢）。由于缺乏标样，本研究通过比较代谢物和参比标样的响应进行半定量分析。

实验部分

具体的实验设计及流程说明可参考《农业与食品化学杂志》中发表的补充报告 [1]。

研究设计

本研究通过一个随机交叉试食试验方案对强化苹果酱中槲皮素糖苷的吸收和代谢进行研究，该方案由加州大学戴维斯分校的伦理审查委员会批准。试验招募了 16 名志愿者：8 名女性，8 名男性。受试者完成了所有的研究试验，以自身作为对照，采用随机顺序进入研究。受试者在开始试验前两天和试验期间，食用低黄酮类（无槲皮素）食物。空腹过夜后，食用含有苹果皮粉 (AP) 或洋葱粉 (OP) 的强化苹果酱作为早餐。两种试验方案均食用 100 mg 的总槲皮素。

强化苹果酱中槲皮素糖苷的成分如表 1 所示，事先由三重四极杆液质 (LC/MS/MS) 联用仪进行鉴定，再由高压液相色谱法 (HPLC) 进行定量 [6]。在含有 AP 的强化苹果酱中，主要的槲皮素形式包括 3-半乳糖苷，3-葡萄糖苷，及 3-鼠李糖苷。在含有 OP 的强化苹果酱中，槲皮素 3,4'-二葡萄糖苷及槲皮素 4'-葡萄糖苷为主要成分。

食用强化苹果酱后的 0、0.5、1、2、4、6、8 及 24 小时采集受试者血样。样品经离心处理，使血浆与血细胞分离。

样品前处理：提取槲皮素代谢物

本实验采用的提取方法由 Mullen 等人 [8,10] 发表的方法修改而得。采用槲皮素 4'-O-葡萄糖苷作为参比标样 (RS)，加入基础血浆中（终浓度为 10 和 1000 ng/mL 血浆），进行回收率测定。之前的研究发现，食用槲皮素糖苷或富含槲皮素糖苷的食物后，血浆中未发现槲皮素 4'-O-葡萄糖苷 [11,12]。

表 1. 强化苹果酱中槲皮素糖苷成分及含量 (mg)

槲皮素糖苷	100 g 苹果酱中添加：	
	苹果皮粉	洋葱粉
槲皮素 3,4'-O-二葡萄糖苷	0 mg	44.9 mg
槲皮素 3-O-芸香糖苷（芸香苷）	6.5	0
槲皮素 3-O-半乳糖苷	16.8	0
槲皮素 3-O-葡萄糖苷	16.1	4.9
槲皮素-O-木糖苷	9.3	0
槲皮素-O-阿拉伯呋喃糖	3.0	0
槲皮素-O-阿拉伯呋喃糖	17.6	0
槲皮素 3-O-鼠李糖苷	30.6	0
槲皮素 4'-O-葡萄糖苷	0	48.7
总计	99.9 ± 2.3 mg	98.5 ± 2.1 mg

仪器

所提取的槲皮素代谢物由 Agilent 1290 Infinity 二元液相系统联用配有安捷伦喷射流技术（用于电喷雾离子化）的 Agilent 6530 精确质量 Q-TOF LC/MS 系统进行分析。UHPLC 配有带内置真空脱气机 (G4220A) 的二元泵，带有温控模块 (G1330B) 的自动进样器 (G4226A)，以及柱温箱 (G1316C)。UHPLC 参数见表 2。

为鉴定所有可能的槲皮素代谢物，试验对血浆提取样品进行了 Q-TOF MS¹ 分析。在 m/z 100-1000 的质量数范围内，以负离子和正离子模式采集总离子谱图。Q-TOF MS 参数见表 3。

为获得所需的质量数准确度，分析中一直采用内标校正。

在 Q-TOF MS¹ 模式下，采用槲皮素 4'-O-葡萄糖苷作为 RS 对每种槲皮素代谢物进行相对定量。通过标准加入法，在混合血浆中添加已知含量的标样储备液，获取校正曲线。RS 的检测限为 1 ng/mL 血浆，线性动态范围跨越三个数量级。采用 Q-TOF (MS/MS 负 ESI 模式) 检测可能槲皮素代谢物的相应洗脱峰。

表 2. UHPLC 参数

仪器	Agilent 1290 Infinity 二元液相色谱	
流动相	A) 0.1% 甲酸水溶液 B) 0.1% 甲酸乙腈溶液 初始 5% B	
梯度	线性	
	时间 (min)	%B
	0–5	5–10
	5–8	10–12
	8–10	12–15
	10–15	15
	15–18	15–55
	18–20	55–90
流速	0.4 mL/min	
色谱柱	Agilent Poroshell EC18 UHPLC 色谱柱 2.1 × 100 mm, 2.7 μm (部件号 695775-902)，配有安捷伦 2.1 mm × 5 mm, 保护柱 (部件号 821725-911)	
后运行时间	以初始流动相运行 4 分钟	
温度	30 °C	
进样量	5 μL	

表 3. Q-TOF LC/MS 参数

仪器	Agilent 6530 精确质量 Q-TOF LC/MS
电离模式	采用安捷伦喷射流技术的正离子和负离子电喷雾
采集速率	1.0 谱图/秒
质量数范围	100–1,000 m/z
干燥气温度	225 °C
干燥气流速	8.0 L/min
鞘气温度	300 °C
鞘气流速	10.0 L/min
雾化器压力	45 psi
锥孔电压	65 V
八极杆射频电压	750 V
碎裂电压	125 V
毛细管电压	2.5 kV (负离子模式) 或 3.5 kV (正离子模式)

数据分析

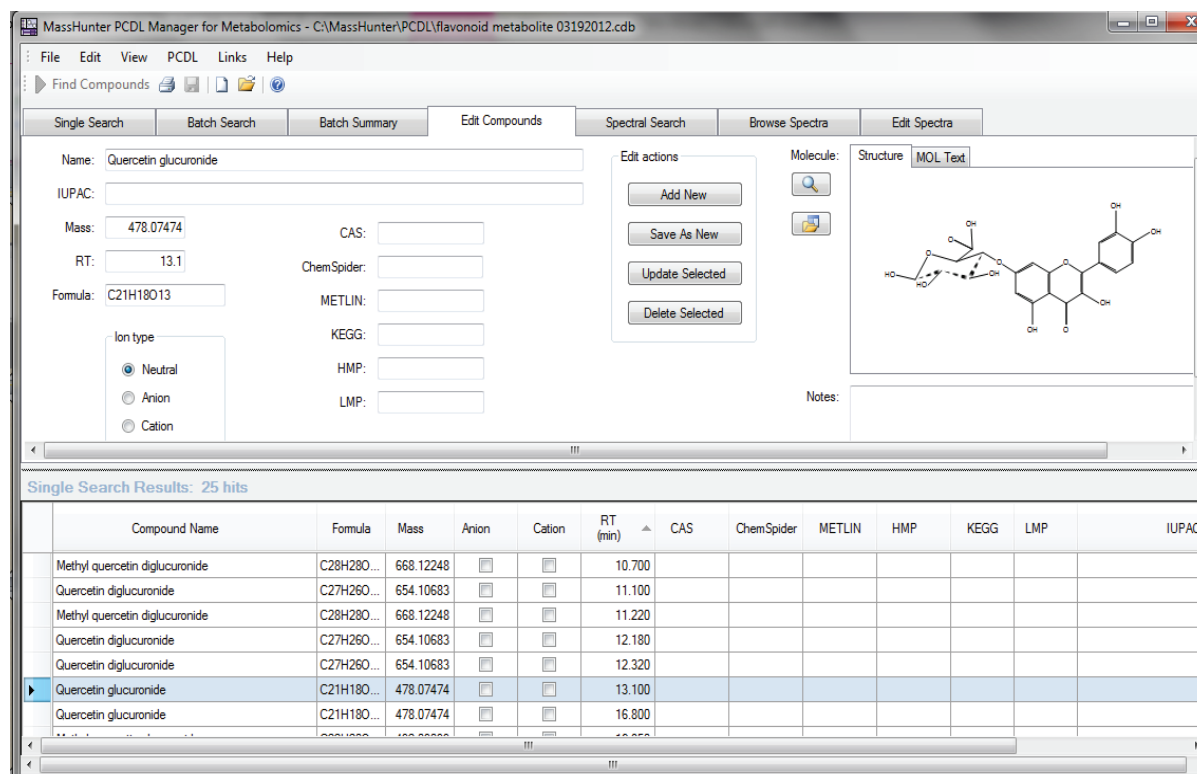
槲皮素代谢物按以下步骤进行鉴定：

1. 利用之前报道的代谢物，以及基于已知 II 相生物转化通路计算所得的质量数，建立一个代谢物数据库。在 PCDL 管理软件中编入这些潜在槲皮素代谢物的精确质量数（图 2），然后将该数据库导入 MassHunter 定性分析软件
2. 利用 MassHunter 定性分析软件在步骤 1 中描述的 PCDL 数据库中搜索 Q-TOF MS1 分析获取的数据，然后根据精确质量数、同位素丰度和同位素分布对搜索获得的潜在槲皮素相关代谢物列表进行鉴定。这一步会获得可能化合物的列表

3. 将 Q-TOF MS/MS 碎片数据与 MassHunter MSC 软件中的分子式进行匹配，进一步确认步骤 2 中所鉴定槲皮素代谢物的结构

药代动力学

要测定的药代动力学变量包括血浆槲皮素浓度峰值 (C_{max})，达峰时间 (t_{max})，以及 0 到 24 小时 (AUC_{0-24 小时}) 内的血浆浓度-时间曲线下面积。采用配对 t-检验测定不同食物受试者的血浆药代动力学参数变化，结果为 $P < 0.05$ ，确定存在显著差异。另外通过独立样本 t-检验评价血浆药代动力学中的性别差异，结果 $P < 0.05$ ，认为存在性别差异。



The screenshot displays the MassHunter PCDL Manager interface. The top section contains search and edit fields for 'Quercetin glucuronide', including IUPAC, Mass (478.07474), RT (13.1), and Formula (C21H18O13). A chemical structure of Quercetin glucuronide is shown on the right. Below the search fields, a table titled 'Single Search Results: 25 hits' lists various quercetin metabolites. The entry for 'Quercetin glucuronide' with a mass of 478.07474 and RT of 13.100 is highlighted.

Compound Name	Formula	Mass	Anion	Cation	RT (min)	CAS	ChemSpider	METLIN	HMP	KEGG	LMP	IUPAC
Methyl quercetin diglucuronide	C28H28O...	668.12248	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.700							
Quercetin diglucuronide	C27H26O...	654.10683	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.100							
Methyl quercetin diglucuronide	C28H28O...	668.12248	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.220							
Quercetin diglucuronide	C27H26O...	654.10683	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12.180							
Quercetin diglucuronide	C27H26O...	654.10683	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12.320							
Quercetin glucuronide	C21H18O...	478.07474	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13.100							
Quercetin glucuronide	C21H18O...	478.07474	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16.800							

图 2. MassHunter PCDL 管理软件用于建立和管理黄酮类代谢物的精确质量数谱库。输入化合物的结构和名称时，软件会自动计算其质量数和分子式

结果与讨论

槲皮素代谢物鉴定与确认

图 3 中展示了食用强化苹果酱 2 小时后，志愿者血浆样品中所鉴定槲皮素代谢物的代表性提取离子色谱图。实验利用 MassHunter 定性分析软件针对导入自己已知代谢物 PCDL 数据库的值进行数据搜索，对代谢物进行鉴定。代谢物的鉴定建立在精确质量数和同位素保真性的基础上而完成。

表 4 列出了可能槲皮素代谢物的峰号、保留时间、分子离子类型、实测及预测的质量数，以及质量数误差。实测及预测 m/z 间的误差均小于 2.5 ppm。

为进行结构确认，试验还对这 15 个鉴定的可能槲皮素代谢物进行了 Q-TOF MS/MS 分析。槲皮素的计算单一同位素质量数为 302.0427 Da。由于槲皮素糖苷配基（无偶联物的槲皮素）的存

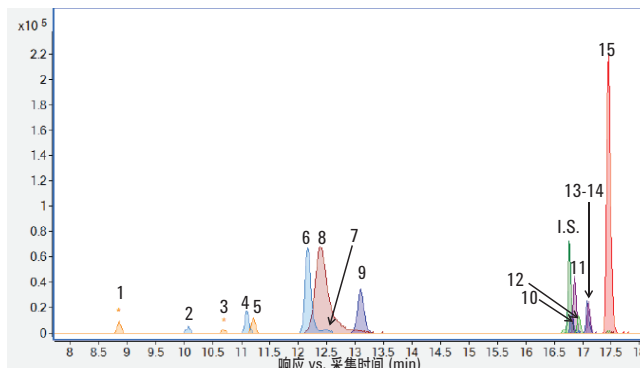


图 3. 血浆中槲皮素代谢物的提取离子色谱图，食用强化苹果酱 2 小时之后测得。采用 MassHunter 软件和定制的 PCDL 数据库进行鉴定

在，所有槲皮素相关的代谢物均会产生一个负离子碎片离子， m/z 为 301.0354。唯一例外的是甲基化槲皮素相关代谢物，它们产生的碎片离子为 m/z 315.0510，即无偶联物的甲基化槲皮素离子。

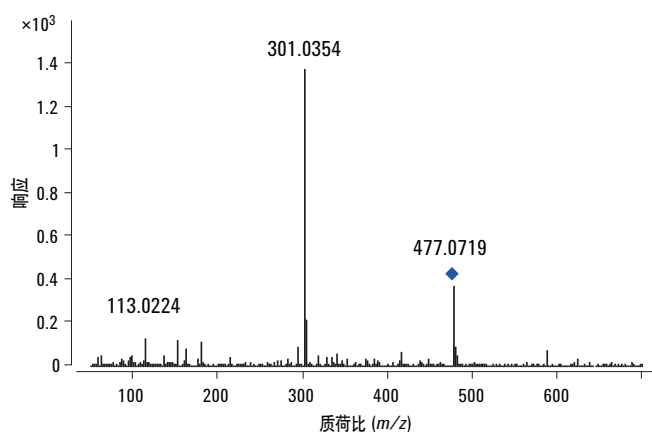
表 4. 按峰号排列的可能槲皮素代谢物，同时列有保留时间、分子离子类型、实测及预测的质量数和质量数误差

色谱峰	RT (min)	可能化合物	分子离子类型	预测 m/z	实测 m/z	质量数误差 (ppm)
1	8.86	甲基 Q 二葡萄糖苷酸	[M-H] ⁻	667.1152	667.1146	0.9
2	10.07	Q 二葡萄糖苷酸	[M-H] ⁻	653.0996	653.0987	1.4
3	10.70	甲基 Q 二葡萄糖苷酸	[M-H] ⁻	667.1152	667.1136	2.4
4	11.10	Q 二葡萄糖苷酸	[M-H] ⁻	653.0996	653.0986	1.5
5	11.22	甲基 Q 二葡萄糖苷酸	[M-H] ⁻	667.1152	667.1147	0.6
6	12.18	Q 二葡萄糖苷酸	[M-H] ⁻	653.0996	653.0989	1.1
7	12.32	Q 二葡萄糖苷酸	[M-H] ⁻	653.0996	653.0989	1.1
8	13.38	Q 二葡萄糖苷硫酸酯	[M-H] ⁻	557.0243	557.0240	0.5
9	13.10	Q-3-葡萄糖苷酸	[M-H] ⁻	477.0675	477.0671	0.8
10	16.80	Q-3'-葡萄糖苷酸	[M-H] ⁻	477.0675	477.0673	0.4
11	16.85	甲基 Q 3 葡萄糖苷酸	[M-H] ⁻	491.0831	491.0832	-0.2
12	16.90	Q 谷胱甘肽	[M+HCOO] ⁻	651.1012	651.0998	2.2
13	17.07	Q 葡萄糖苷酸	[M-H] ⁻	477.0675	477.0672	0.6
14	17.10	甲基 Q 葡萄糖苷酸	[M-H] ⁻	491.0831	491.0831	0.0
15	17.45	Q-3-硫酸酯	[M-H] ⁻	380.9922	380.9925	-0.8

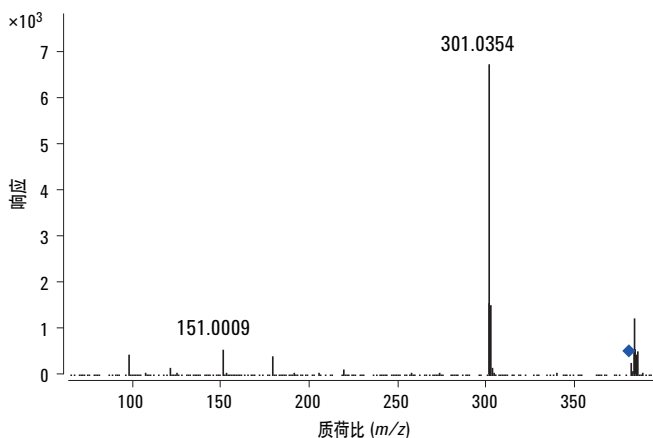
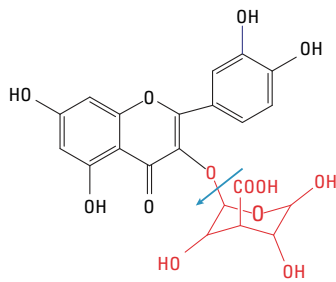
图 4 展示了槲皮素葡萄糖苷酸与槲皮素硫酸酯的 Q-TOF MS/MS 谱图, m/z 301.0354 是从分子离子 477.0713 中丢失一个葡萄糖苷酸后所得的特征碎片离子, 或是从分子离子 380.9925 中丢失一个硫酸基团。 m/z 113.0244 代表葡萄糖苷酸基团。

将所得的 MS/MS 碎片与可能的结构进行匹配, 其碎片可对之前的鉴定进行进一步确证。MassHunter MSC 软件通过匹配分

子式, 可确认所鉴定代谢物的结构。MassHunter MSC 软件利用系统性键断裂方法将所得的 MS/MS 碎片离子与可能的结构进行关联。图 5 给出了一个实例, 其中利用 MS/MS 确认了槲皮素葡萄糖苷酸的碎片离子 m/z 301.0354。图 6 展示了 MassHunter MSC 软件提供的槲皮素葡萄糖苷酸预测碎片。



槲皮素葡萄糖苷酸



槲皮素硫酸酯

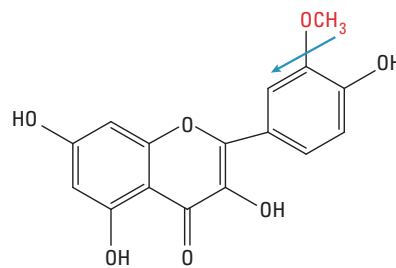


图 4. 槲皮素葡萄糖苷酸及槲皮素硫酸酯的 Q-TOF MS/MS 谱图, 其中包括二者的特征碎片离子

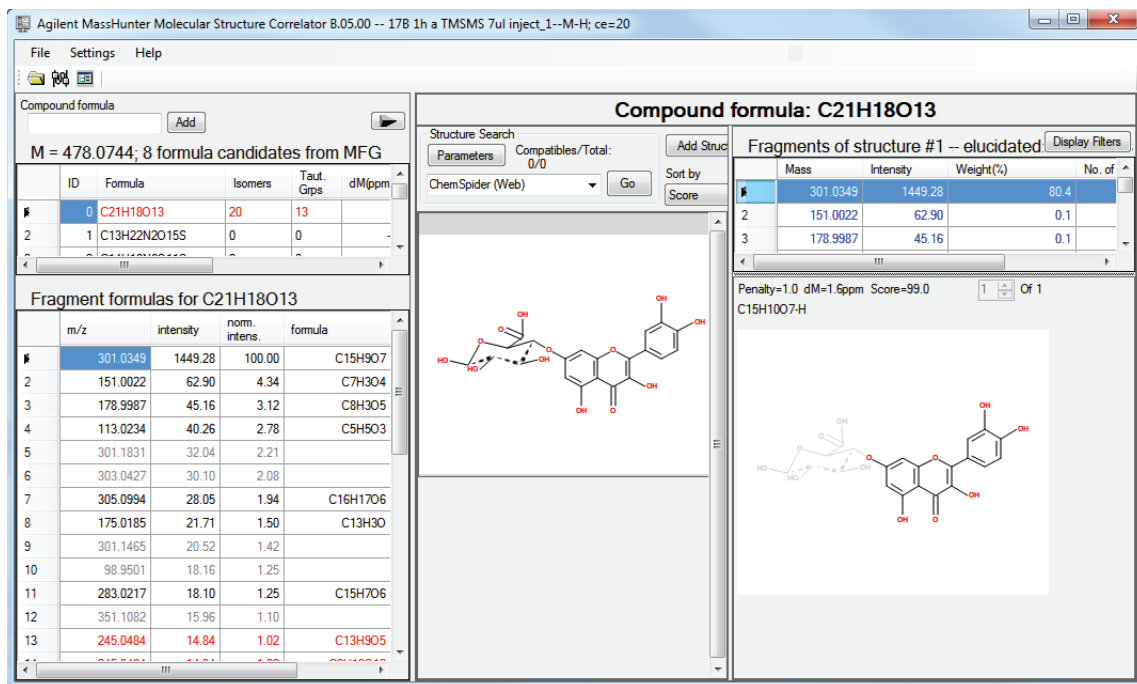


图 5. 利用 MassHunter MSC 软件对槲皮素葡萄糖苷的碎片离子 m/z 301.0354 进行 MS/MS 确认。软件会同时显示母离子和碎片离子的分子式，当用户选中一个分子式时，软件会相应显示其结构

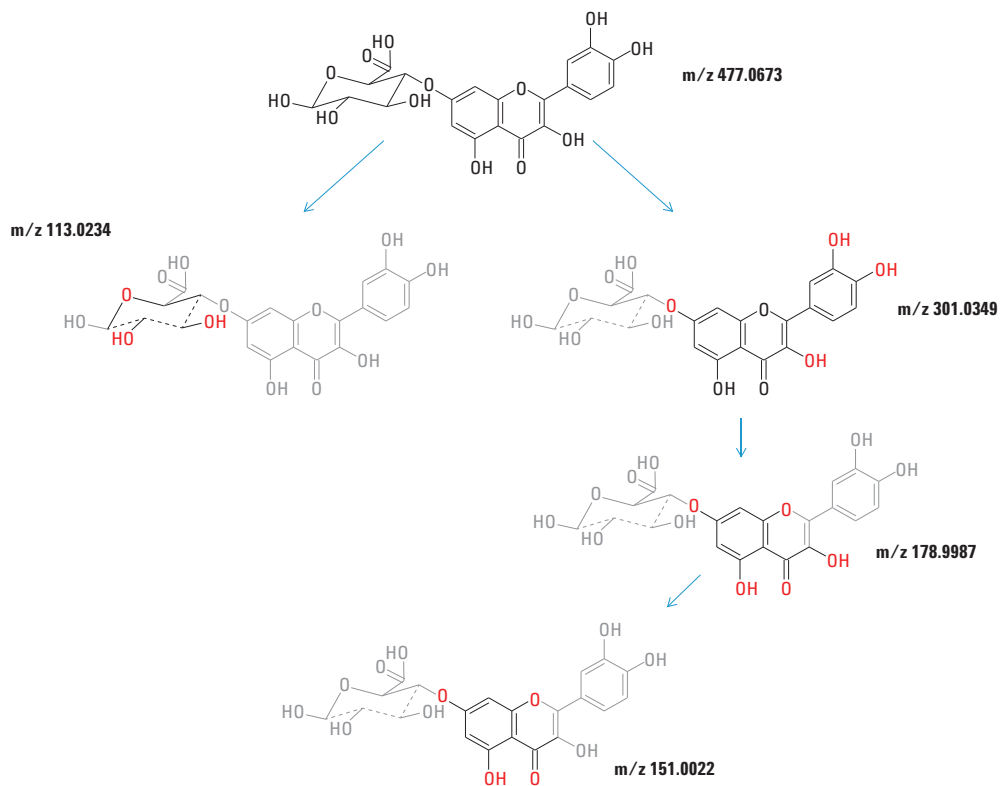


图 6. MassHunter MSC 软件提供的槲皮素葡萄糖苷预测碎片

药代动力学

由于 Q-TOF LC/MS 具有灵敏的检测性能，我们得以在较长的时间段（24 小时）内对每种代谢物进行监测，轻松计算出各自的药代动力学参数。在本应用研究中，我们发现槲皮素的血浆代谢物谱在食用两种不同食品时基本相同；但是，它们的生物利用度不同（图 7）。相比于食用含有 AP 的强化苹果酱，食用含有 OP 的强化苹果酱后，各槲皮素代谢物的血浆浓度显著升高。由于没有使用真正的标样，图 7 中显示的定量结果仅为相对定量（而非绝对定量）值。

结论

精确质量数 Q-TOF LC/MS 可对人血浆中的槲皮素代谢物进行高灵敏度、高选择性的检测、鉴定、相对定量和动态监测。在 8 名女性和 8 名男性受试者食用富含微粒化苹果皮或洋葱粉的苹果酱（其中含总槲皮素 100 mg）后的 24 小时内，可在他/她们的血浆内鉴定到类似的槲皮素代谢物。

将定制的黄酮类代谢物 PCDL 导入 MassHunter 定性分析软件后，可快速进行代谢物筛选和鉴定。Q-TOF MS/MS 碎片数据和 MassHunter MSC 软件可用于确认所鉴定代谢物的结构。ESI 的极性会影响槲皮素代谢物的离子化效率。例如，槲皮素谷胱甘肽可在负 ESI 模式下鉴定，但在正 ESI 模式下无法鉴定。

鉴定出的主要代谢物包括：槲皮素硫酸酯，槲皮素葡萄糖苷酸，以及槲皮素二葡萄糖苷酸，且在两种试验方案中结果相同。但是，两种试验方案的药代动力学参数 AUC_{0-24 h} 和 C_{max} 存在差异。食用洋葱粉后，槲皮素代谢物的血浆浓度显著增高。此外，槲皮素硫酸酯和槲皮素硫酸葡萄糖苷酸代谢物的 AUC_{0-24 h} 还存在性别差异。

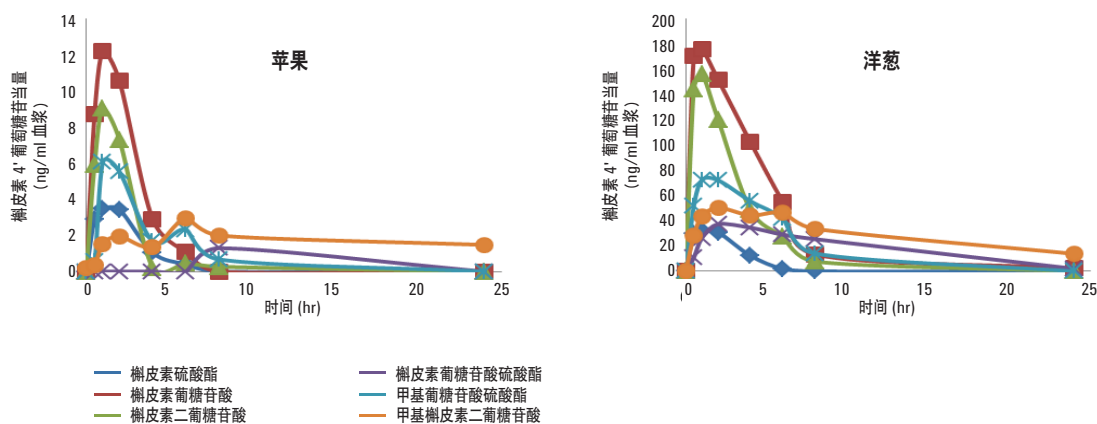


图 7. 正离子电喷雾离子化模式下测得的血浆中的槲皮素代谢物

致谢

衷心感谢 Patrick Dunn 博士及先进加工和包装研究中心 (Center for Advanced Processing and Packaging Studies, CAPPS) 发起该项目并提供经费资助; 感谢食品, 营养和健康学讲座教授 John E. Kinsella, 西方人类营养研究中心 (Western Human Nutrition Research Center, WHNRC) 的 Ellen Bonnel 及 Leslie Woodhouse 博士, 以及 Danielle Robertson 帮助开展临床试验; 感谢 Henry A. Jastro & Peter J. Shields 研究奖金 (加州大学戴维斯分校), Kwanjeong 教育基金奖学金 (韩国); 感谢 Oregon Freeze Dry 公司、Gills Onions 公司, 以及 Cadbury Schweppes 公司。

参考文献

1. J. Lee, S.E. Ebeler, J.A. Zweigenbaum, A. E. Mitchell, "UHPLC-(ESI)QTOF MS/MS Profiling of Quercetin Metabolites in Human Plasma Postconsumption of Applesauce Enriched with Apple Peel and Onion," *J. Agric. Food Chem.* 60, 8510-8520, **2012**
2. L. Hooper, P.A. Kroon, E.B. Rimm, J.S. Cohn, I. Harvey, K.A. Le Cornu, J.J. Ryder, W.L. Hall, A. Cassidy, "Flavonoids, flavonoid-rich foods, and cardiovascular risk: a meta-analysis of randomized controlled trials," *The American Journal of Clinical Nutrition.* 88, 38-50, **2008**
3. H. Yao, W. Xu, X. Shi, Z. Zhang, "Dietary flavonoids as cancer prevention agents", *Journal of environmental science and health. Part C, Environmental carcinogenesis & ecotoxicology reviews.* 29, 1-31, **2011**
4. C. Hui, X. Qi, Z. Qianrong, P. Xiaoli, Z. Jundong, *et al.* Flavonoids, Flavonoid Subclasses and Breast Cancer Risk: A Meta-Analysis of Epidemiologic Studies. *PLoS ONE* 8(1): e54318. doi:10.1371/journal.pone.0054318, **2013**
5. Janisch, *et al.*, "Properties of quercetin conjugates: modulation of LDL oxidation and binding to human serum albumin," *Free Radical. Res.* 38(8): 877-884, **2004**
6. J. Lee, A.E Mitchell, "Pharmacokinetics of quercetin absorption from apples and onions in healthy humans," *J. Agric. Food Chem.* 60, 3874-3881, **2012**
7. Y.J. Hong, A.E. Mitchell, "Metabolic profiling of flavonol metabolites in human urine by liquid chromatography and tandem mass spectrometry," *J. Agric. Food Chem.* 52, 6794-6801, **2004**
8. W. Mullen, C.A. Edwards, A. Crozier, "Absorption, excretion and metabolite profiling of methyl-, glucuronyl-, glucosyl- and sulphoconjugates of quercetin in human plasma and urine after ingestion of onions," *Br. J. Nutr.* 96, 107-116, **2006**
9. L. Wang, M.E. Morris, "Liquid chromatography-tandem mass spectroscopy assay for quercetin and conjugated quercetin metabolites in human plasma and urine," *J. Chromatogr., B: Anal. Technol. Biomed. Life Sci.* 821, 194-201, **2005**
10. W. Mullen, A. Boitier, A.J. Stewart, A. Crozier, "Flavonoid metabolites in human plasma and urine after the consumption of red onions: analysis by liquid chromatography with photodiode array and full scan tandem mass spectrometric detection," *J. Chromatogr., A* 1058, 163-168, **2004**
11. J. Wittig, M. Herderich, E.U. Graefe, M. Veit, "Identification of quercetin glucuronides in human plasma by high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry," *J. Chromatogr., B: Biomed. Sci. Appl.* 753, 237-243, **2001**
12. A.L. Sesink, K.A. O'Leary, P.C. Hollman, "Quercetin glucuronides but not glucosides are present in human plasma after consumption of quercetin-3-glucoside or quercetin-4'-glucoside," *J. Nutr.* 131, 1938-1941, **2001**

更多信息

这些数据代表典型结果。有关我们的产品和服务的详细信息, 请访问我们的网站: www.agilent.com/chem/cn。

www.agilent.com/chem/cn

安捷伦对本资料可能存在的错误或由于提供、展示或使用本资料所造成的间接损失不承担任何责任。

本资料中的信息、说明和性能指标如有变更, 恕不另行通知。

© 安捷伦科技 (中国) 有限公司, 2013
2013 年 9 月 5 日, 中国印刷
5991-3076CHCN



Agilent Technologies