



**中国科学院水生生物研究所**  
INSTITUTE OF HYDROBIOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

**分 析 测 试 中 心**

# **液相色谱仪与四级杆飞行时间质谱仪 ( LC-QTOF ) 的原理及应用**

**门 君**

**2020年7月10日**



**中国科学院水生生物研究所**  
INSTITUTE OF HYDROBIOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

# 主要内容

- 一、负责平台介绍**
- 二、高效液相色谱仪的原理及应用**
- 三、LC-QTOF的原理及应用**
- 四、平台成员及服务内容**



**中国科学院水生生物研究所**  
INSTITUTE OF HYDROBIOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

## 一、负责平台介绍



# 分析测试中心的介绍

成立于2010年

中国科学院水生生物研究所文件

科水所字〔2010〕 28号

关于成立中国科学院水生生物研究所分析  
测试中心的通知

260台套仪器



仪器价值1.6亿



宏观

微观

生态

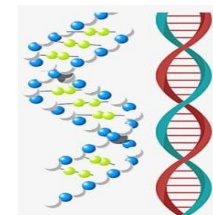
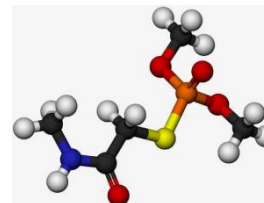
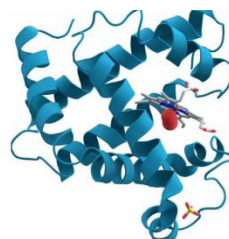
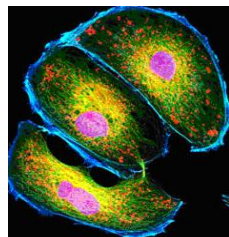
细胞

组织

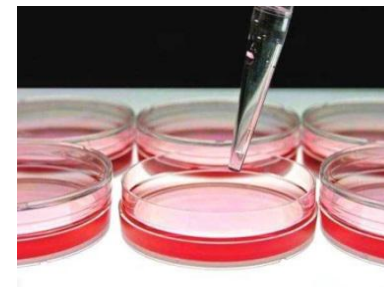
蛋白

小分子化合物

基因



# 环境化学技术平台----无机物及元素分析



**多功能离子色谱仪**

**无机阴、阳离子**



**ICP-OES**

**Na K Ca Mg Fe Al P  
等**



**ICP-MS**

**Pb Mn Cu Se As Cr  
Cd等**

## 代谢组学技术平台----小分子有机物分析



高效液相色谱仪

核苷酸、氨基酸、抗生素、激素、神经递质、  
农残等多组分的定量和定性



全自动氨基酸分析仪



UPLC-MS/MS

- 靶向化合物筛查、定性：精确质量数  $< 5\text{ppm}$
- 非靶向代谢组学



LC-QTOF

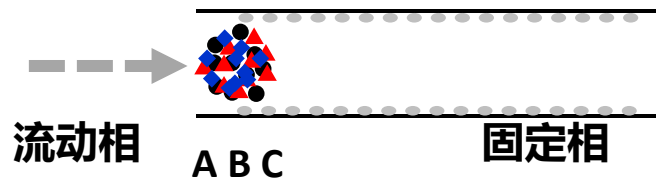


**中国科学院水生生物研究所**  
INSTITUTE OF HYDROBIOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

## 二、液相色谱仪的原理及应用

# 色谱法的原理——多组分的分离

- 是利用混合物中各组份在**两相**中溶解、分配、吸附等性能的差异，当两相作相对运动时，使各组分在两相中反复多次受到上述各作用力而达到相互分离。
- 两相中有一相是固定的，叫作**固定相(Stationary Phase)**，有一相是流动的，称为**流动相(Mobile Phase)**。





# 色谱法的原理——色谱的分类

## ➤ 按流动相的物态分:

### – 气相色谱 (Gas Chromatography, GC)

用气体作为流动相(又叫载气)

适合分离分析**易汽化、热稳定、不易分解**的样品，特别适合**同系物、同分异构体**的分离。

### – 液相色谱 (Liquid Chromatography, LC)

用液体作为流动相(又叫洗脱剂)

适合分离分析**高沸点、热不稳定、离子型**样品。



# 高效液相色谱仪的原理——结构组成

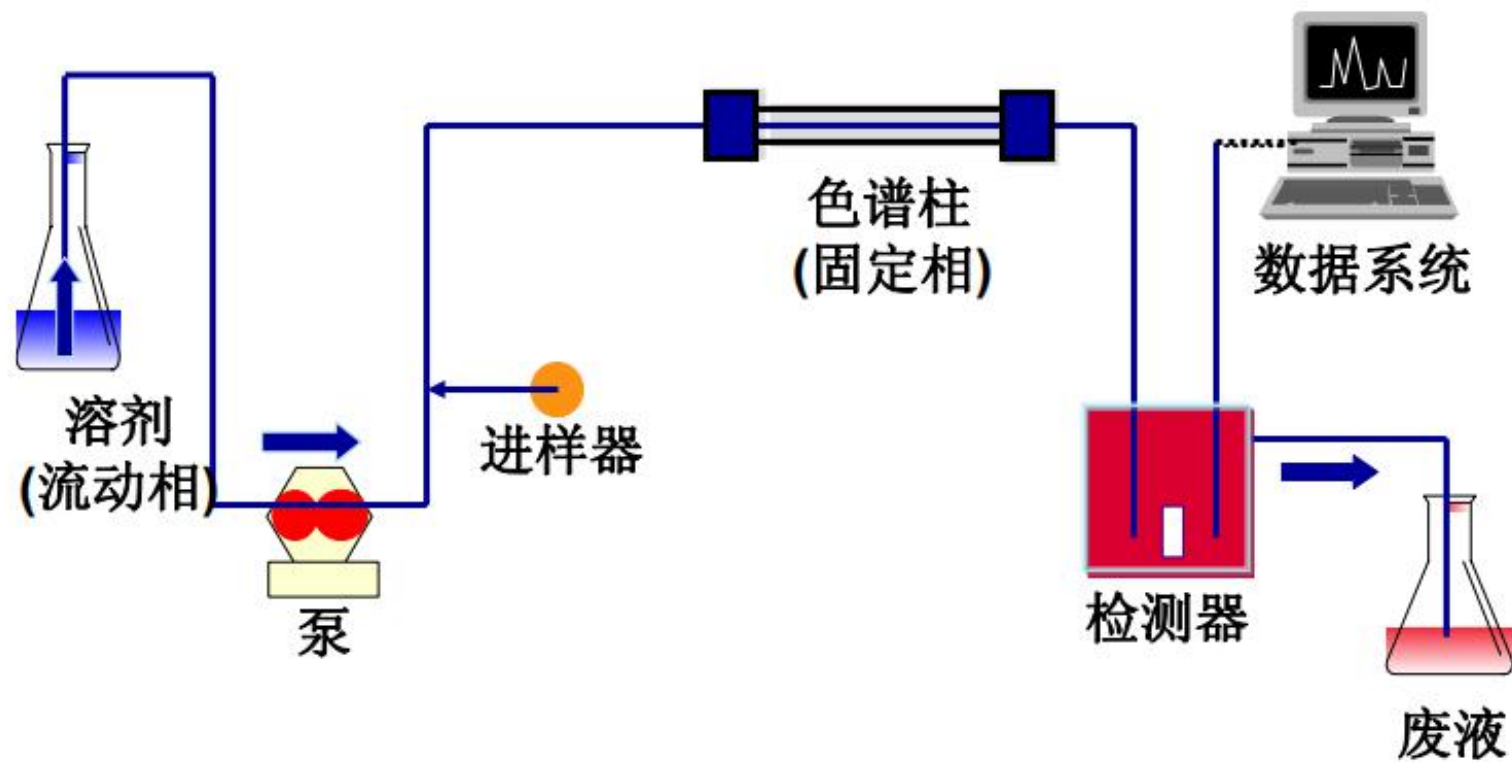
Waters 2695



- 高性能色谱柱、高精度输液泵、高灵敏度检测器...

- 广泛应用于各个领域：  
环保、石化、生命科学、  
食品工业、农业...

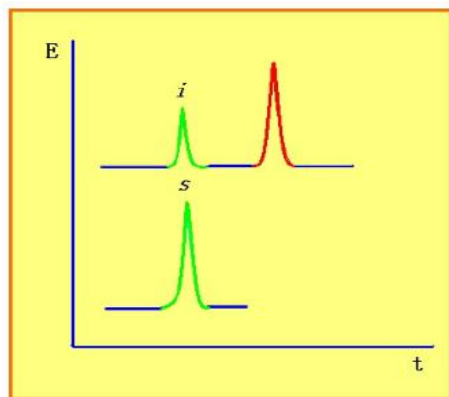
## 高效液相色谱仪的原理——**工作流程**



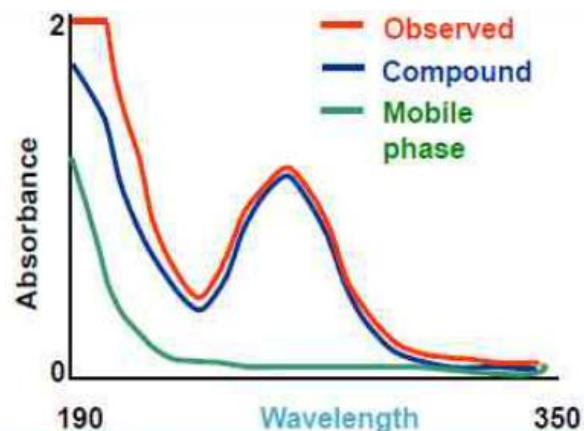
# 高效液相色谱仪的原理——定性与定量分析

## 定性分析

### (一) 保留时间对照定性



### (二) 吸收光谱对照定性



## 定量分析

### (一) 外标法

应用范围：常用于常规分析；

优点：操作简单、计算方便；

### (二) 内标法

应用范围：基质干扰大，回收率低；

优点：提高回收率和测量准确性；



# 高效液相色谱仪的原理——色谱柱及流动性的选择



- 明确方法的目的（分析？制备？）
- 明确分离目的（单一含量分析？多组分分离？）
- 了解样品性质（极性？酸碱性？分子量大小？）
- 查阅相关文献（相同目标物？相同官能团？）

# 液相检测方法的建立流程



## ➤ 案例一：鱼肌肉组织中多种呈味核苷酸的测定

### 检测目的



腺嘌呤核苷酸(腺苷酸, AMP)  
鸟嘌呤核苷酸(鸟苷酸, GMP)  
胞嘧啶核苷酸(胞苷酸, CMP)  
尿嘧啶核苷酸(尿苷酸, UMP)  
次黄嘌呤核苷酸(肌苷酸, IMP)

### 检测物特点

在水溶液和碱溶液中稳定；  
酸性( $\text{pH} < 4$ )溶液中稳定性较差；  
加热易发生降解；  
极性较强；  
有254nm下有较强紫外吸收

## ➤ 案例一：鱼肌肉组织中多种呈味核苷酸的测定

### 色谱柱及流动相选择

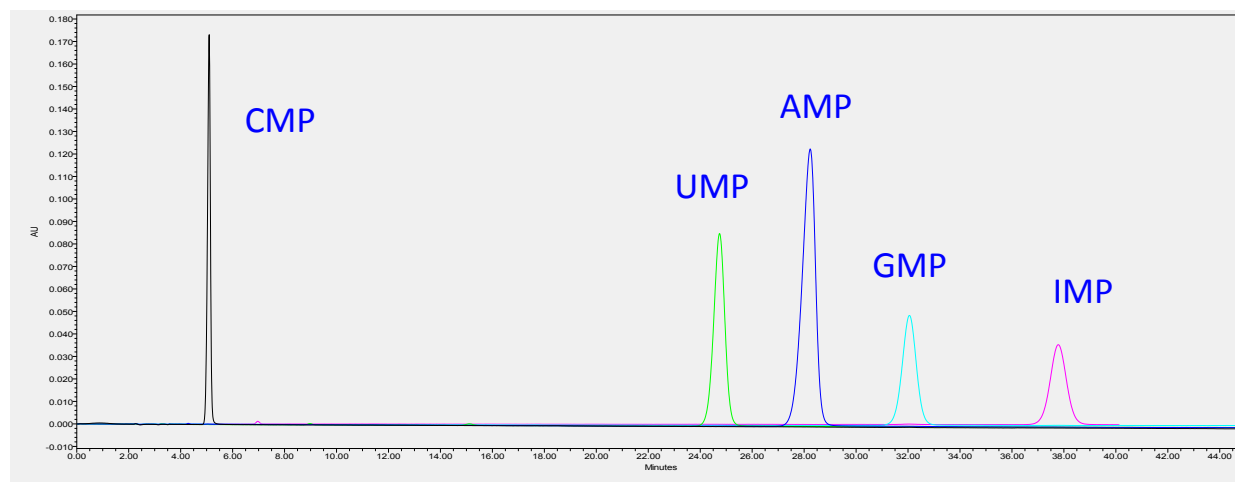


条件： 色谱柱型号： CNW C18-WP 4.6\*250mm

流动相： 甲醇：磷酸盐缓冲液（四丁基硫酸氢铵）PH=3.3

流动相比例： 40：1000

检测波长： 254nm



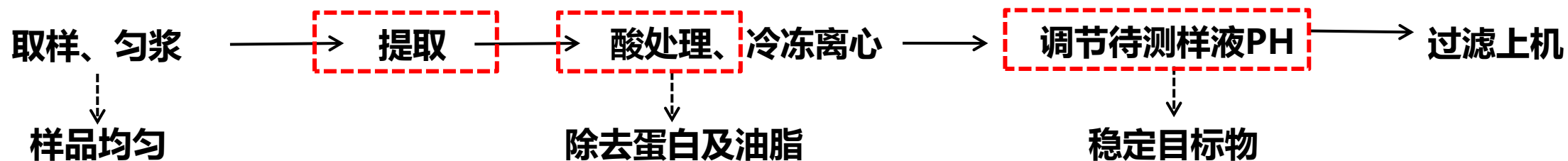
标液浓度50mg/L



## ➤ 案例一：鱼肌肉组织中多种呈味核苷酸的测定

### 预实验的测定

#### ①样品前处理：

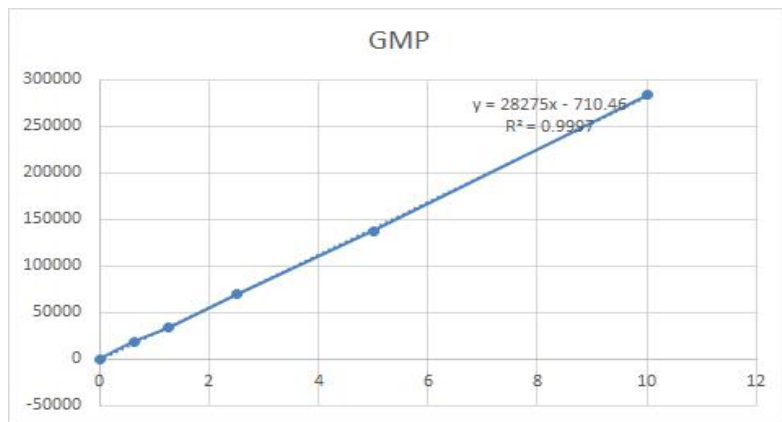


#### ②确定样品中待测物浓度范围、加标回收：

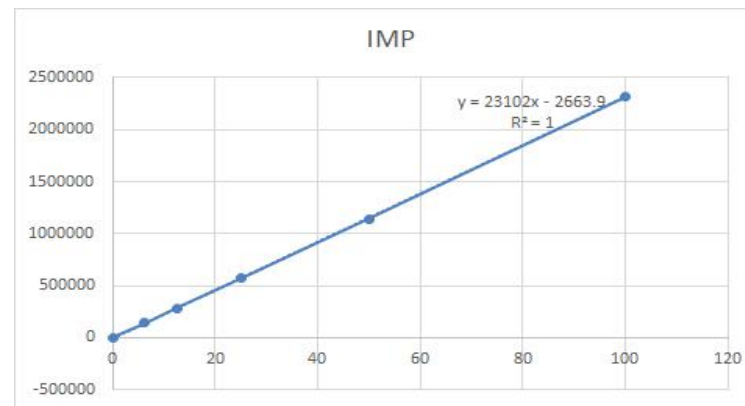


## ➤ 案例一：鱼肌肉组织中多种呈味核苷酸的测定

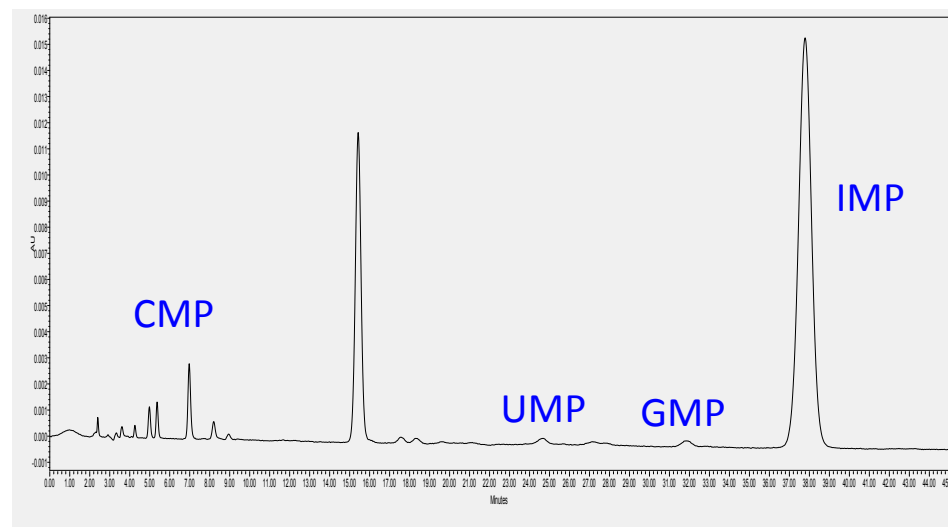
### 样品的定量检测



GMP线性范围 0-10mg/L



IMP线性范围 0-100mg/L



## ➤ 案例二：红豆杉中五种紫杉烷类化合物的检测

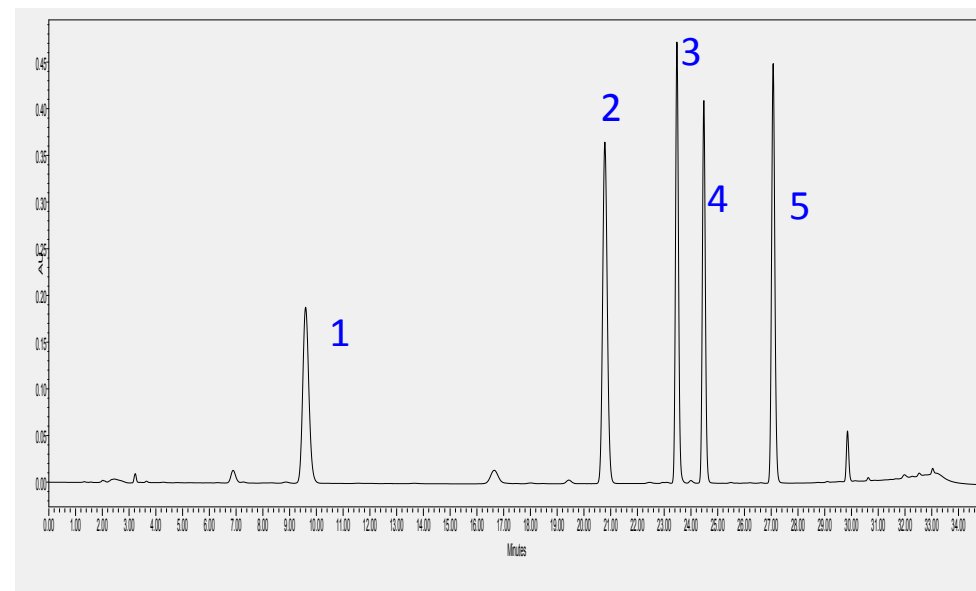
### 液相检测条件：

流动相： A：水 B：乙腈

检测波长： 230nm

流速： 1.0 ml/min

色谱柱型号： Zorbax Eclipse C18 4.6\*250mm



序号	化合物
1	10-DABⅢ
2	巴卡亭Ⅲ
3	7-木糖-10-脱乙酰紫杉醇
4	7-表-10-脱乙酰基三尖杉宁碱
5	7-表-10-脱乙酰基紫杉醇

### 流动相梯度：

Time(min)	0	12	20	30	35	35.1	37	38	40
A(%)	70	70	46	46	10	0	0	70	70
B(%)	30	30	54	54	90	100	100	30	30

## ➤ 案例三：红球藻中虾青素含量的测定

液相检测条件：

流动相： A：二氯甲烷：甲醇：乙腈：超纯水  
5：85：5.5：4.5 (v/v)  
B：二氯甲烷：甲醇：乙腈：超纯水  
25：28：42.5：4.5 (v/v)

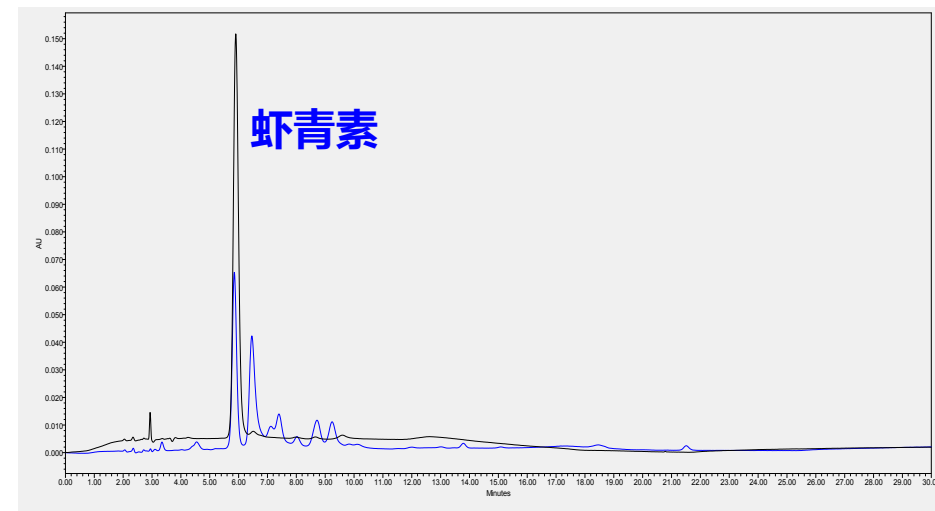
检测波长： 474nm

流速： 1.0ml/min

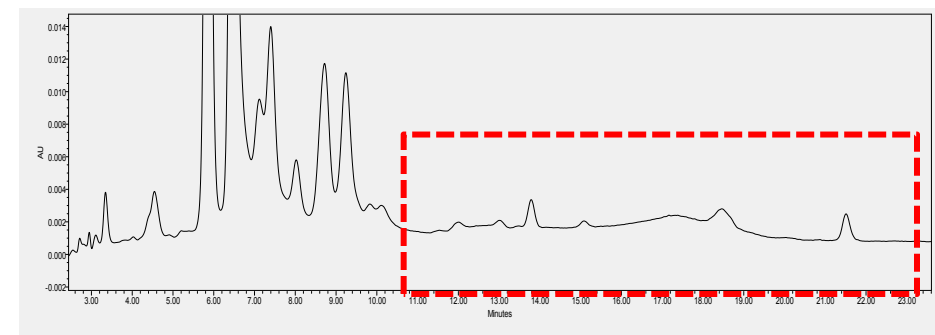
色谱柱型号： Waters C18 4.6\*250mm

流动相梯度：

Time(min)	0	8	14	27	28	30
A(%)	100	100	0	0	100	100
B(%)	80	80	100	100	0	0



标液与样品检测图谱比对



样品局部放大图



## ➤ 案例四：鱼组织中视黄醇等五种化合物的检测

### 液相检测条件：

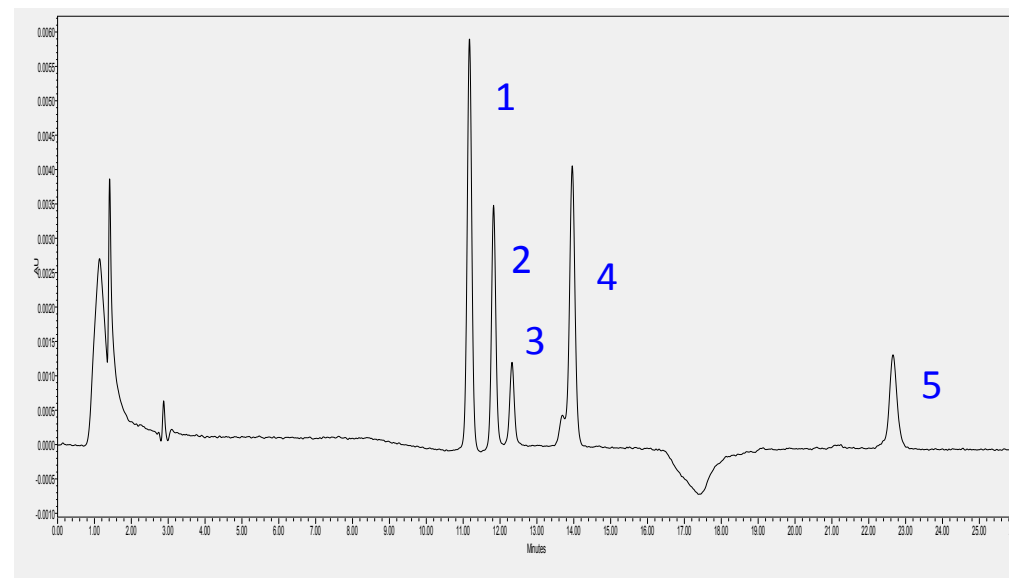
流动相： A：0.1%乙酸水 B：甲醇

检测波长： 325nm

流速： 1.0 ml/min

色谱柱型号： Zorbax SB-AqC18 4.6\*250mm

序号	化合物
1	视黄醇
2	视黄酸
3	全反式视黄醛
4	乙酸视黄酯
5	视黄醇棕榈酸酯



### 流动相梯度：

Time(min)	0	5	8	13	14	24	24.5	26
A(%)	20	20	10	10	0	0	20	20
B(%)	80	80	90	90	100	100	80	80



### 三、LC-QTOF的原理及应用

# LC-QTOF的原理——常用术语

## 分辨率

质谱仪对相近**质量数**的分辨能力，以 $m/\Delta m$ 表示； $m$ 为质谱峰的 $m/z$ 值、 $\Delta m$ 为该质谱峰的半峰宽。

## 质量准确度

质量分析器测定得到的离子质量与其质量真实值（准确质量）的接近程度。通常质量准确度用ppm表示。离子 $m/z$ 需至少测定至第4位小数。

**ppm = parts per million =  $m/m \times 10^6$**

例如：

真实质量= 400.0000

测定质量= 400.0020

误差 = 0.0020

$$\text{error} = \frac{0.002}{400} \times 10^6 = 5 \text{ ppm}$$

# LC-QTOF的原理——常用术语

## 精确质量的重要性

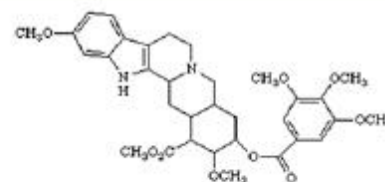
$^{12}\text{C}$	12.0000
$^1\text{H}$	1.0078
$^{14}\text{N}$	14.0031
$^{16}\text{O}$	15.9949

Reserpine ( $\text{C}_{33}\text{H}_{40}\text{N}_2\text{O}_9$ ) has  $\text{MH}^+$  at 609.28066 Da

Single quad gives mass to  $\pm 0.1$  Da = 165 ppm

Number of possible elemental formulae using only C, H, O & N:

- |           |     |
|-----------|-----|
| • 165 ppm | 209 |
| • 10 ppm  | 13  |
| • 5 ppm   | 7   |
| • 3 ppm   | 4   |
| • 2 ppm   | 2   |



Reserpine

*Accurate mass reduces number of candidates and risk of investing effort with the wrong molecule*

准确质量测定增加了分子式确定的可信度



# LC-QTOF的原理——结构组成

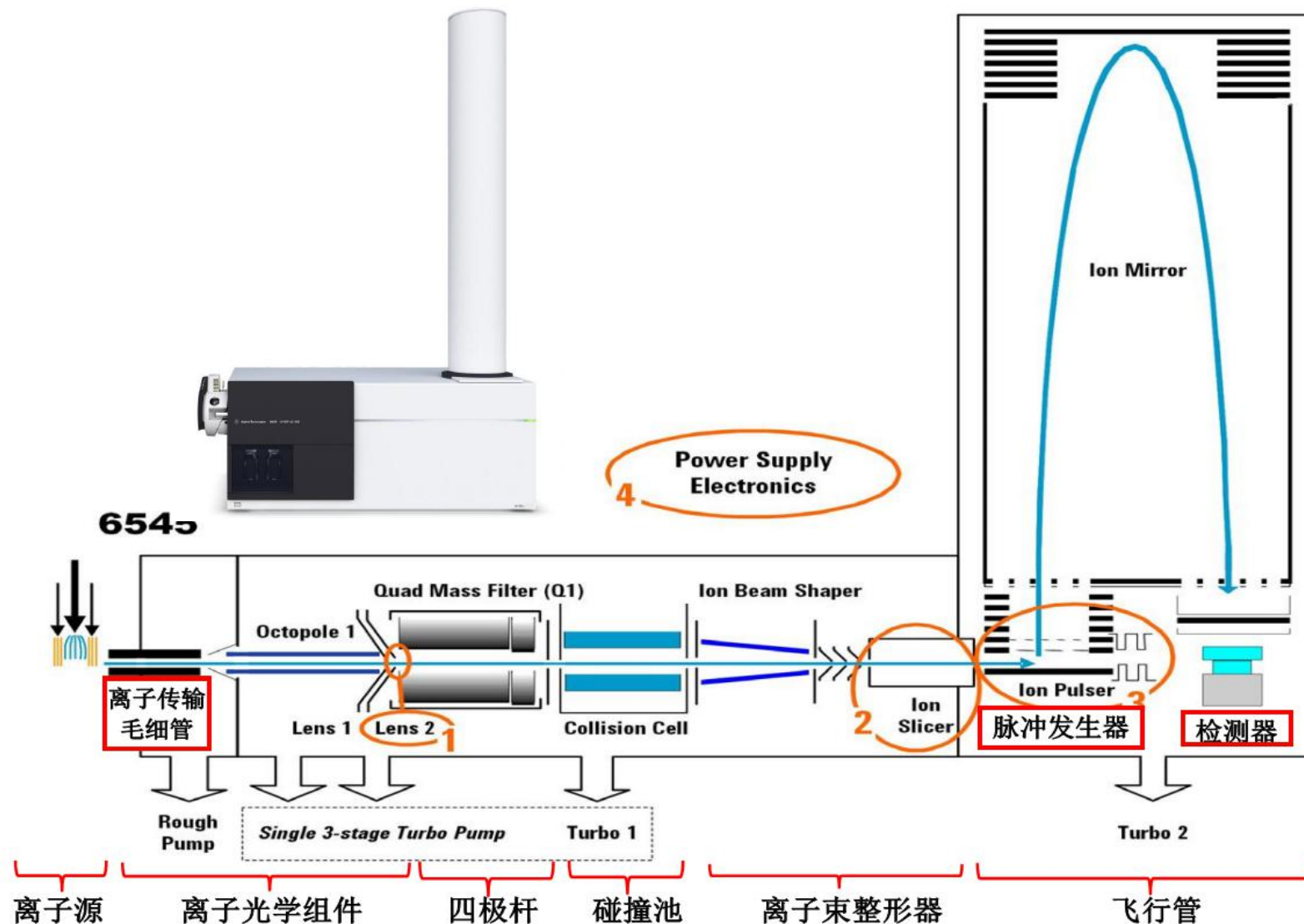


超高效液相色谱



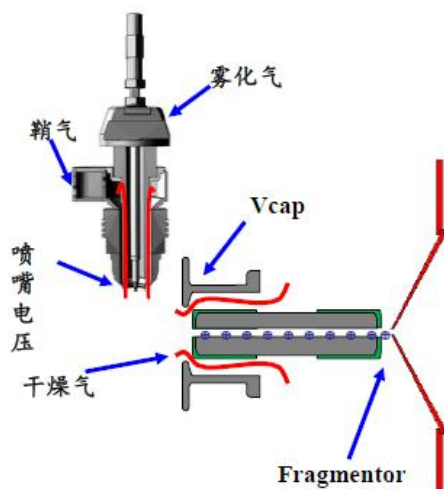
四级杆-飞行时间质谱仪

# LC-QTOF的原理——结构组成

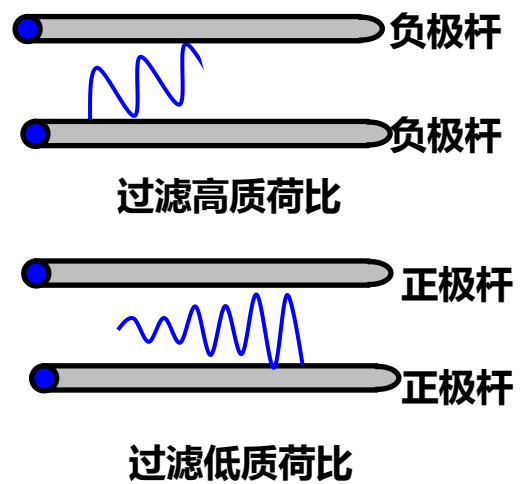
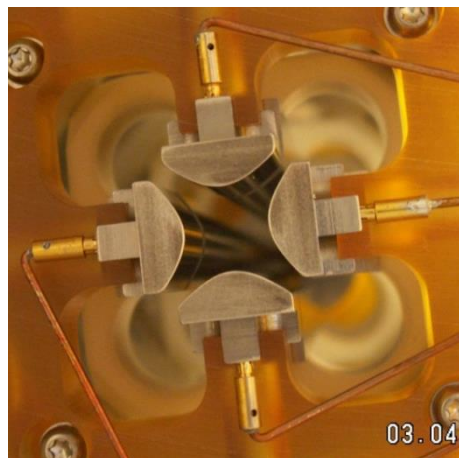


# LC-QTOF的原理——核心部件

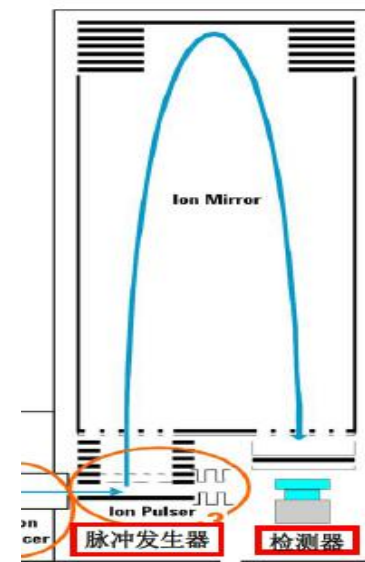
离子源



四级杆

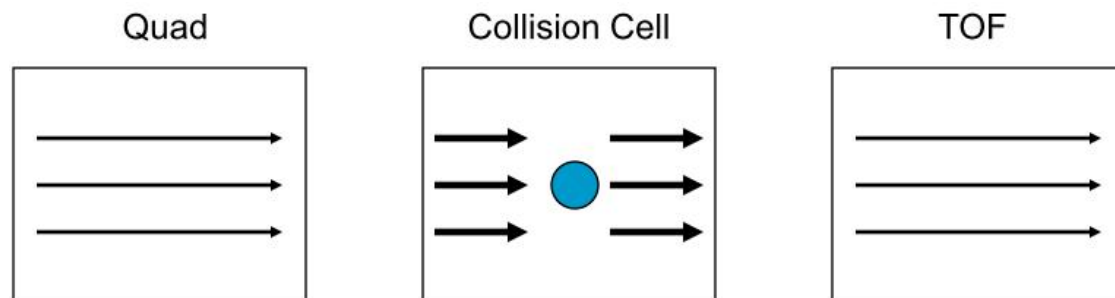


飞行管

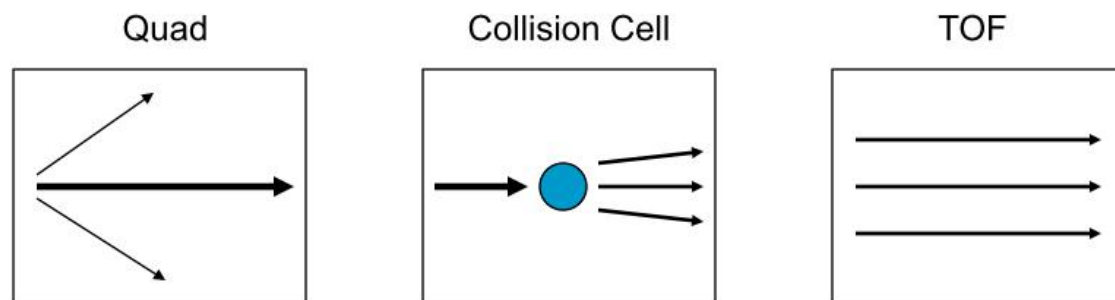


# LC-QTOF的原理——工作模式

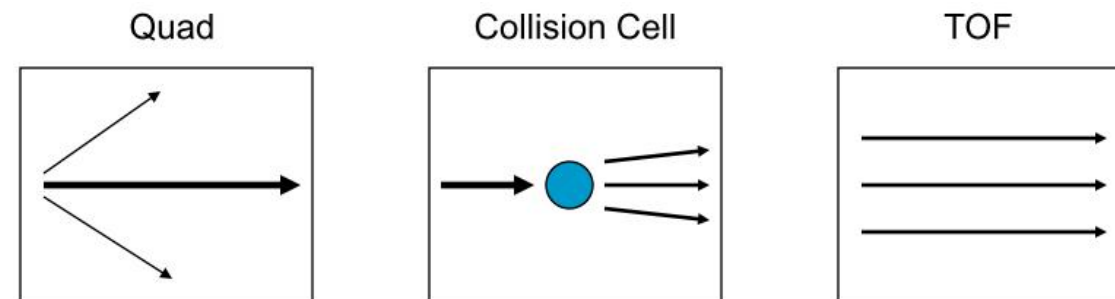
MS 模式



Auto MS/MS 模式



Targeted MS/MS 模式



# LC-QTOF的应用

## 基础与临床研究

对与疾病相关的代谢生物标记物进行鉴定与验证，同时可有助于对生物学的基本了解

## 农业

确定并了解代谢途径以优化农作物开发，提高产量及杀虫剂/除草剂抗性

## 系统毒理学

寻找血浆和尿液中可作为药物和环境污染接触水平替代评估指标的毒性预测性标记

## 食品与营养

鉴定与食品质量、真伪、风味和营养价值等主要特性相关的代谢物是否存在，并辅助保健品的开发

## 生物燃料与合成生物学

鉴定代谢物图谱以优化发酵过程和生物燃料生产

## 环境

鉴定与影响生物系统的化学物质和环境中其他刺激因子相关的代谢物



# LC-QTOF的应用——化合物的筛查及定性

## 确定目标

了解目标物的化学性质、化学分子式、CAS号等

## 建数据库

利用化学分子式或标准物质谱图建立数据库

## 建立方法

建立合适的液相，质谱分析条件

## 样品筛查

检测样品，导入数据库筛查，定性或定量

# LC-QTOF的应用——化合物的筛查及定性

## 案例一：水溶性麻痹性贝毒素的筛查

确定目标

建立PCDL数据库

毒素	成分	CAS注册号	分子式
麻痹性贝毒素 (水溶性)	STX	35554-08-6	$C_{10}H_{19}N_7O_4Cl_2$
	NEO-STX	64296-20-4	$C_{10}H_{17}N_7O_5$
	GTX1	60748-39-2	$C_{10}H_{17}N_7O_9S_1$
	GTX4	64296-26-0	$C_{10}H_{17}N_7O_9S_1$
	GTX2	60508-89-6	$C_{10}H_{17}N_7O_8S_1$
	GTX4	60537-65-7	$C_{10}H_{17}N_7O_8S_1$
	GTX5	64296-25-9	$C_{10}H_{17}N_7O_7S_1$

MassHunter PCDL Manager D:\MassHunter\PCDL\TX.cdb

File View PCDL Configuration Links Help

Find Compounds

Compounds Spectra Ion Mobility Import

Compounds search criteria

Enter one attribute per line.  
Examples:  
140-87-4  
Glycine  
200.01

Note: Formula must be exact for searching.

Must also contain

Must not contain

Ion search mode

☒ Include neutrals  
☒ Include anions  
☒ Include cations

Tolerances

Mass: 10.0 ppm mDa  
RT: 0.1 min  
RI: 10.00

Search only visible columns Search all columns With spectra With CCS

Add Compound Results: 14 hits

	Name	Formula	Mass	Retention Time	Retention Index	Cation	Anion	CAS	ChemSpider	PubChem
▶	New Compound	C10H17N7O4	299.1342			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35554-08-6		
	New Compound	C10H17N7O5	315.12912			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	64296-20-4		
	New Compound	C10H17N7O9S1	411.08085			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	60748-39-2		
	New Compound	C10H17N7O9S1	411.08085			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	64296-26-0		
	New Compound	C10H17N7O8S1	395.08593			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	60508-89-6		
	New Compound	C10H17N7O8S1	395.08593			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	60537-65-7		
	New Compound	C10H17N7O7S1	379.09102			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	64296-25-9		
	New Compound	C55H82O21S2	1142.4790			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	New Compound	C56H84O21S2	1156.49465			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	New Compound	C45H86O10	786.6221			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	New Compound	C51H96O15	948.67492			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	New Compound	C45H70O13	818.48164			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	New Compound	C50H70O14	894.47656			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	New Compound	C50H72O14	896.49221			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			



# LC-QTOF的应用——化合物的筛查及定性

## 液相检测条件：

**流动相：** A : 0.1% Formic Acid Water  
B : 0.1% Formic Acid ACN

**流速：** 0.3 ml/min

**色谱柱型号：** Waters BEH amide, 2.1X100 mm; 1.7  $\mu$ m

<b>流动相梯度：</b>	Time(min)	0	2	6	8	8.5	10.5
	A(%)	10	10	43	43	10	10
	B(%)	90	90	57	57	90	90

## 6545 QTOF质谱条件：

**Ion Source:** AJS

**Polarity :** Positive

**Gas temp :** 320 °C

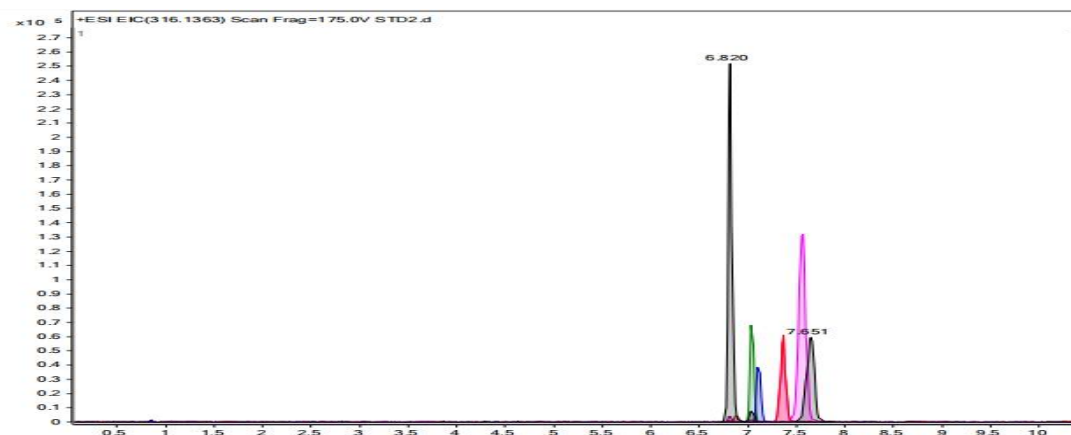
**Drying Gas:** 8 L/min

**Nebulizer:** 35 psig

**VCap:** 3500 V

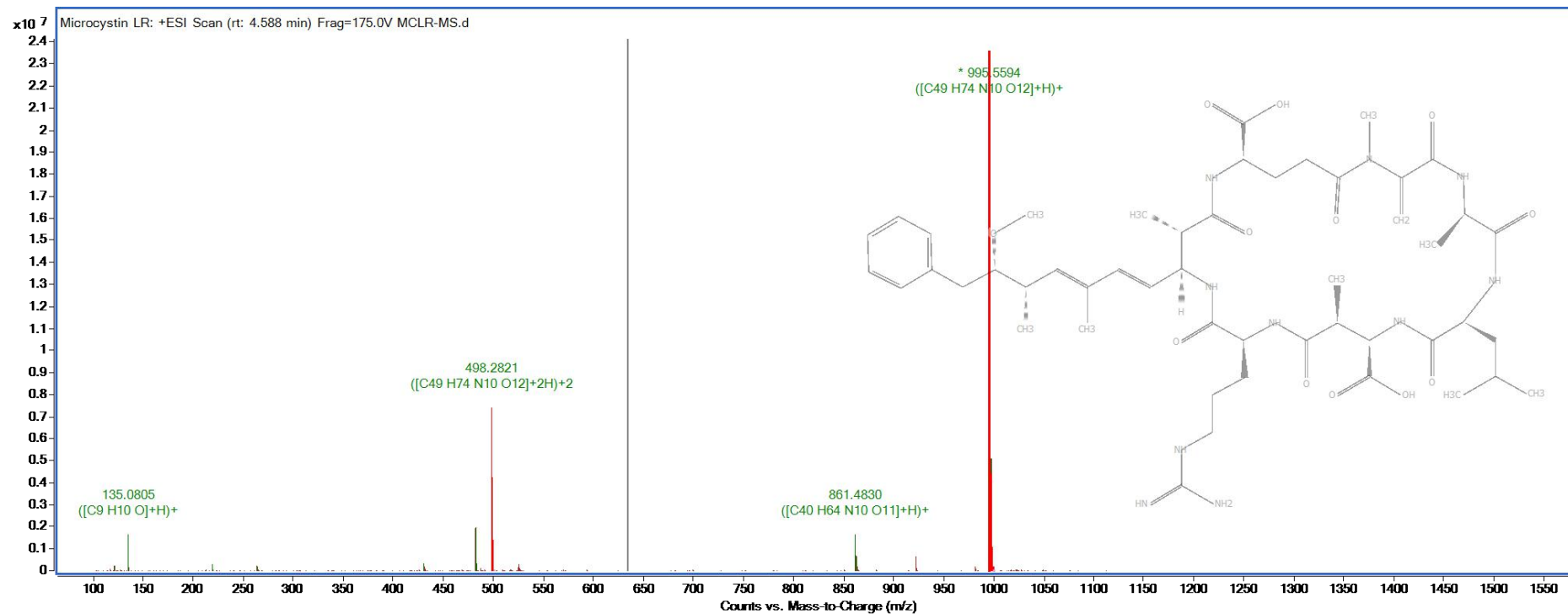
**Sheath gas temp :** 350 °C

**Sheath gas flow:** 11 L/min



# LC-QTOF的应用——化合物的筛查及定性

## 案例二: 合成MC-LR的定性



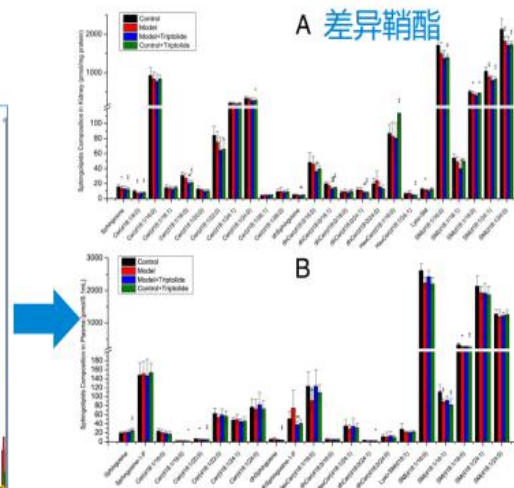
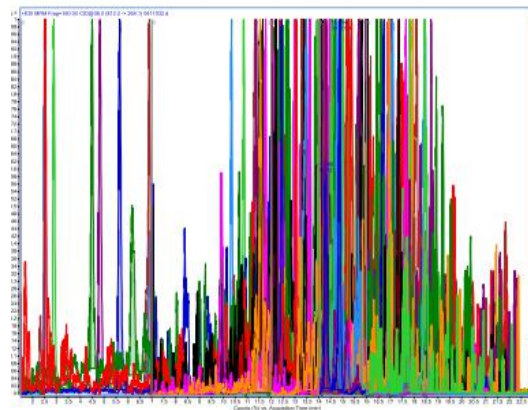
# LC-QTOF的应用——靶向代谢组学的研究

脂质组学 - 了解疾病发病机理，寻找生物标识物，开发治疗途径

- 医科院药物所 6410/6490 QQQ & 6550 QTOF
- 靶向脂质组学 - 迟发型超敏反应生物标识物/儿童皮炎

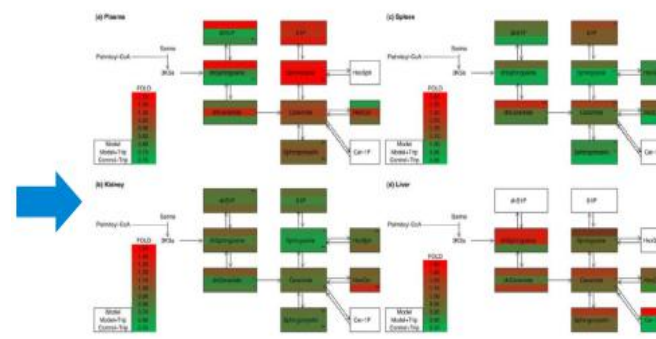


43种主要鞘酯靶向检测



**Figure 4. Sphingolipid composition of mice kidney or plasma measured by triple quadrupole MS/MS.** Four groups including control, model, model+triptolide and control+triptolide, each of which contains 8 samples. Sphingolipids were isolated from kidney homogenate corresponding to 1 mg protein or from 0.1 ml plasma. Bars are represented as mean  $\pm$  SD; values for each sample are the average of 8 samples separately (excluding protein, 0.1 ml plasma). Statistical difference from control or model group is indicated with an asterisk or a "B", respectively. \* or B,  $p < 0.05$  and \*\* or BB,  $p < 0.01$ .

鞘酯生物合成通路



**Figure 4. Visualization of sphingolipid metabolites in the plasma, kidney, spleen and liver.** The figure depicts sphingolipid metabolites that participate in the early steps of sphingolipid biosynthesis. The pathway maps are overlaid by the fold changes in subclasses of sphingolipid metabolites between the control group and other groups by asterisks indicating the statistical significance on the right side (\* =  $P < 0.05$ , \*\* =  $P < 0.01$ ;  $n = 8$ ). The content of each sphingolipid metabolite was determined as the mean of eight independent parallel samples.

# LC-QTOF的应用——靶向代谢组学的研究

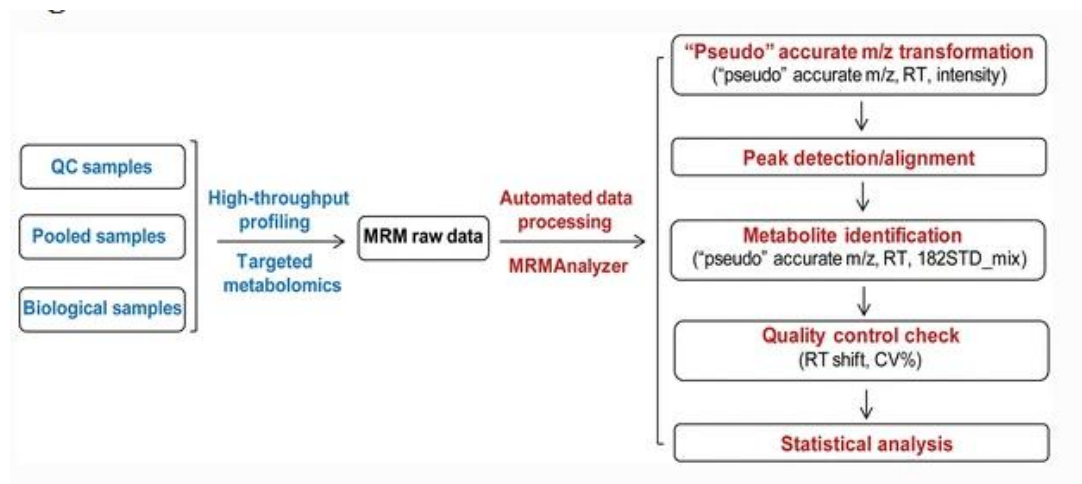
➤ 上海有机所生物与化学交叉研究中心6460QTOF

➤ 代谢组学/脂质组学检测平台

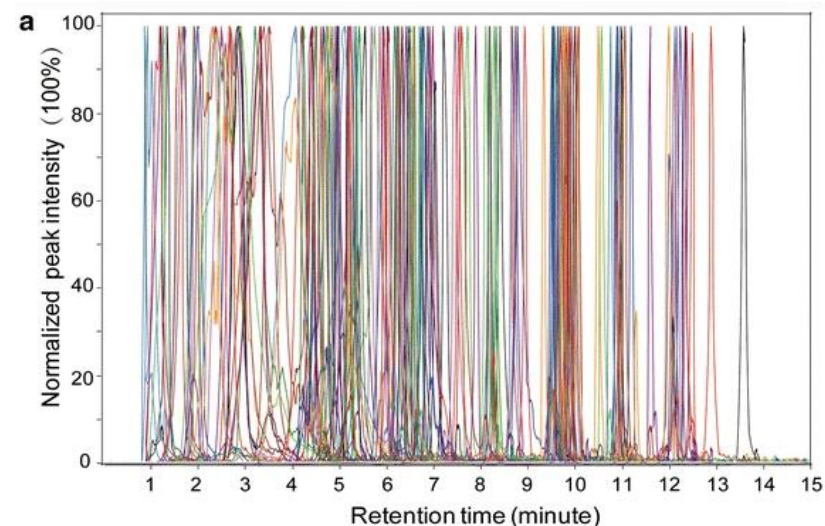
An integrated targeted metabolomic platform for high-throughput metabolite profiling and automated data processing

[Yuping Cai](#), [Kai Weng](#), [Yuan Guo](#), [Jie Peng](#) & [Zheng-Jiang Zhu](#) 

[Metabolomics](#) **11**, 1575–1586(2015) | [Cite this article](#)

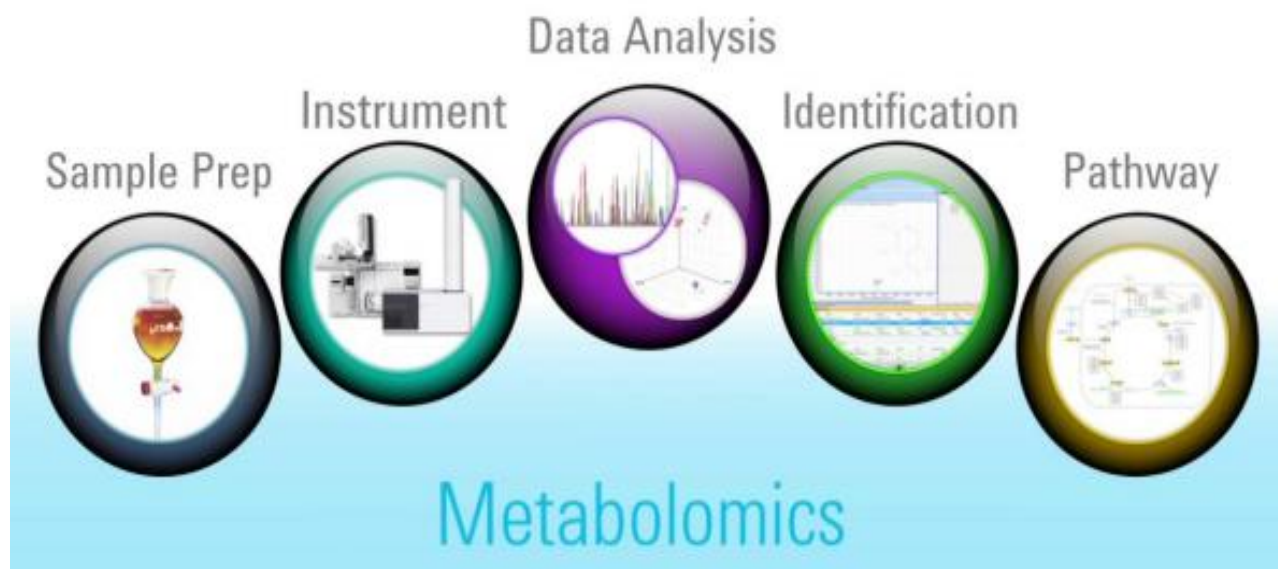


182种主要代谢产物同时检测



# LC-QTOF的应用——非靶向代谢组学的研究

## 非靶向代谢组学分析流程



# LC-QTOF的应用——非靶向代谢组学的研究

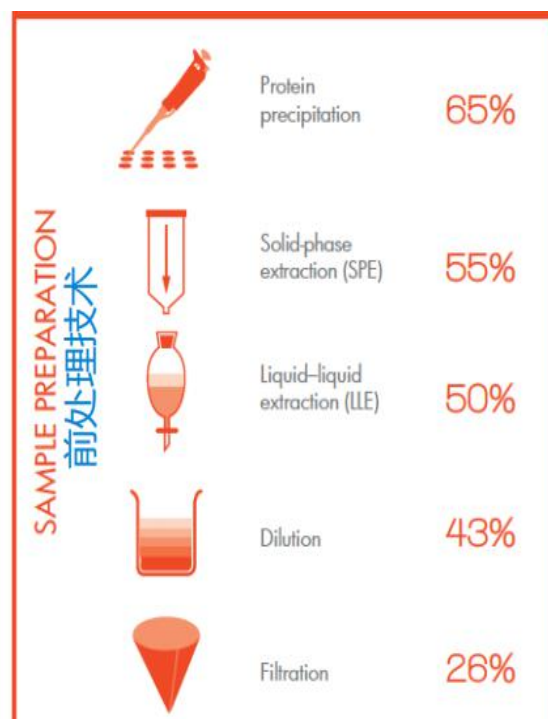
## 实验设计

- 1.明确要解决的问题；
- 2.选择合适的生物模型系统（例如人类、大鼠等）；
- 3.选择正确的生物体液、组织、细胞；
- 4.足够的生物性重复样本，以消除内在变量的影响；
- 5.选择合适的分析仪器，如LC-MS/GC-MS/LC-QTOF MS;
- 6.充足合适的实验耗材，如色谱柱、样品管、试剂。



# LC-QTOF的应用——非靶向代谢组学的研究

## 样品制备



### 1. 血浆/血清

取 100 $\mu$ L 血清/血浆样品置于 1.5mL 离心管中，加入 400 $\mu$ L 甲醇/乙腈混合溶剂(1:1,v/v)，涡旋 30 秒，4 $^{\circ}$ C水浴中超声 10 分钟后，在-20 $^{\circ}$ C冰箱中静置 1 小时；取出离心管在 4 $^{\circ}$ C下12000rpm 离心 15 分钟，取上清液，真空离心旋干；旋干后样品用 100 $\mu$ L 水/乙腈混合溶剂(1:1, v/v)复溶，4 $^{\circ}$ C水浴中超声 10 分钟，4 $^{\circ}$ C下 12000rpm 离心 15 分钟，取上清液-80 $^{\circ}$ C保存至检测。

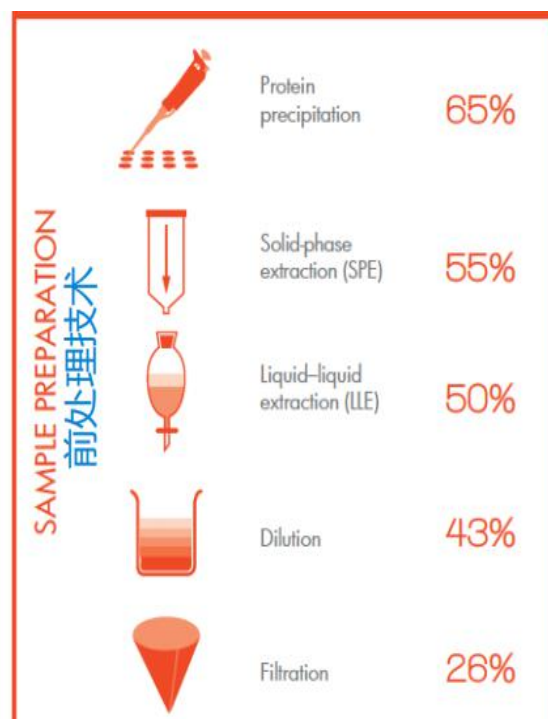
### 2. 动物组织

取液氮淬灭后组织样品(大于 10mg)，加入 1mL 甲醇/乙腈/水混合溶剂(2: 2: 1, v/v)匀浆，在液氮、37 $^{\circ}$ C水浴中反复冻融 3 次；将样品在-20 $^{\circ}$ C下静置 1 小时后，在 4 $^{\circ}$ C下 13000rpm 离心 15 分钟，取上清液，真空离心旋干；旋干后样品用 100 $\mu$ L 水/乙腈混合溶剂(1:1, v/v)复溶，4 $^{\circ}$ C水浴中超声 10 分钟，4 $^{\circ}$ C下 13000rpm 离心 15 分钟，取上清液-80 $^{\circ}$ C保存至检测。



# LC-QTOF的应用——非靶向代谢组学的研究

## 样品制备



### 3.细胞/细菌

取一盒细胞 (约  $10^6$ - $10^7$  个), 倒掉培养基, 用 10mL 冰磷酸盐缓冲液 (PBS) 清洗两遍, 液氮淬灭; 加入 1mL 甲醇/乙腈/水混合溶剂(2: 2: 1, v/v), 用细胞刮刀刮下细胞, 置于 1.5mL 离心管中; 涡旋 30 秒后, 在液氮、37 °C 水浴中反复冻融 3 次; 将样品在 -20°C 下静置 1 小时后, 在 4°C 下 13000rpm 离心 15 分钟, 取上清液, 真空离心旋干; 旋干后样品用 100 $\mu$ L 水/乙腈混合溶剂(1 : 1, v/v)复溶, 4°C 水浴中超声 10 分钟, 4°C 下 13000rpm 离心 15 分钟, 取上清液 -80°C 保存。

### 4.植物组织

植物组织经液氮速冻后均匀研碎成粉末, 称取 100mg 粉末样品置于 1.5mL 离心管中, 加入预先冷冻的含 0.125% 甲酸的甲醇溶液 300 $\mu$ L, 涡旋 10 秒, 在 20°C 水浴下超声 15 分钟, 13000rpm 离心 15 分钟, 取上清液 -80°C 保存至检测。

# LC-QTOF的应用——非靶向代谢组学的研究

## 仪器分析

### 代谢组学分析常用仪器特点:

#### ➤ GC-MS

- 易挥发，低极性，热稳定的小分子化合物
- 需衍生化

#### ➤ LC-MS

- 具有一定极性的有机化合物
- 无需衍生化

#### ➤ CE-MS

- 高极性化合物，如核酸，蛋白等

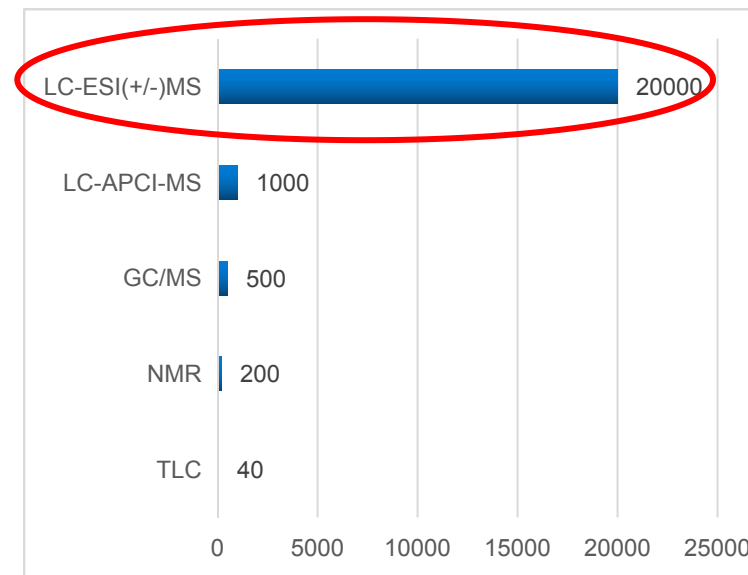
#### ➤ ICP-MS

- 无机化合物

#### ➤ NMR

- 无偏性，无损检测
- 无需繁琐前处理，便于活体、原位的动态检测

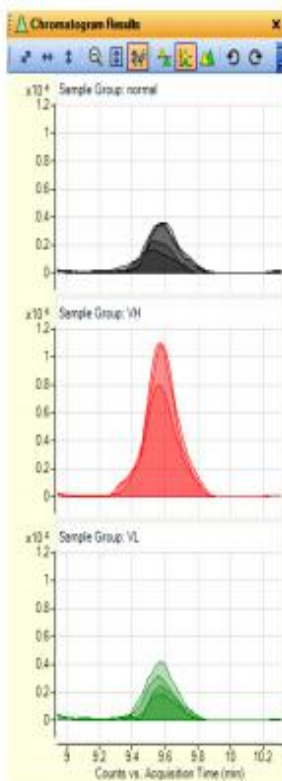
代谢组学分析技术及各技术可以检测到化合物数量



## 数据处理

## 化合物列表

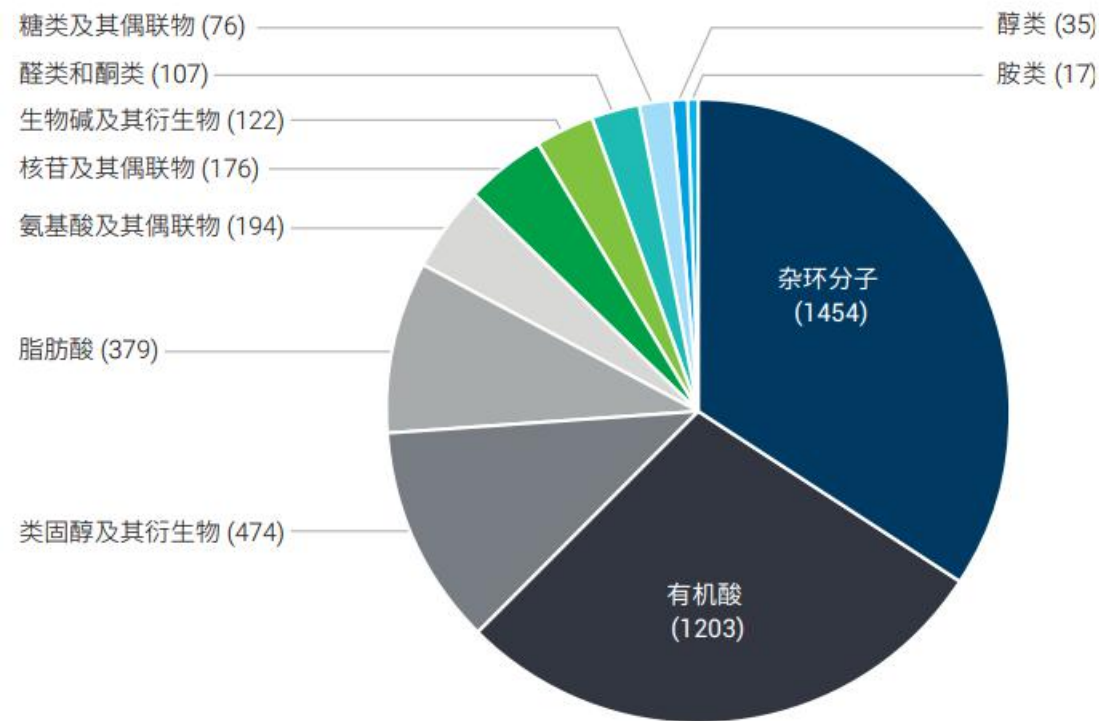
### 化合物详细信息



# LC-QTOF的应用——非靶向代谢组学的研究

数据处理

## Agilent METLIN代谢组学数据库



收录80000+生物分子的数据库，其中10000+生物分子有使用标品采集得到的谱图。

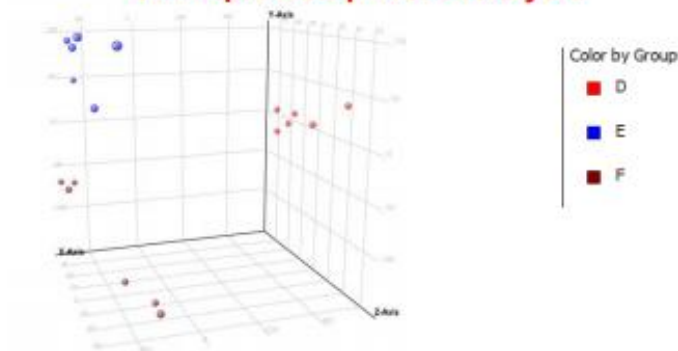
# LC-QTOF的应用——非靶向代谢组学的研究

## 数据处理

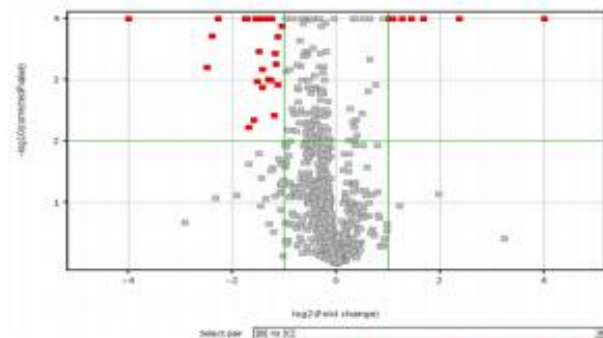
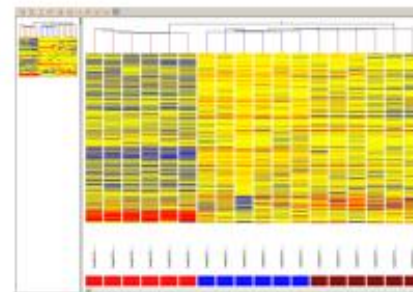
### MPP: 丰富的统计学算法

(ANOVA, Student t-test, Clustering, PCA, PLS-DA, Correlation, Class prediction tools, etc)

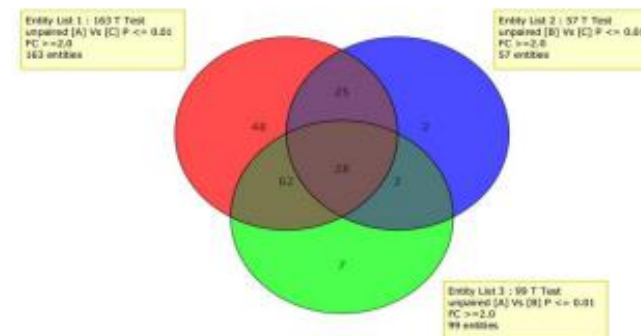
#### Principle Component Analysis



#### Unsupervised Hierarchical Clustering



1-way Anova, FC > 2, P < 0.05



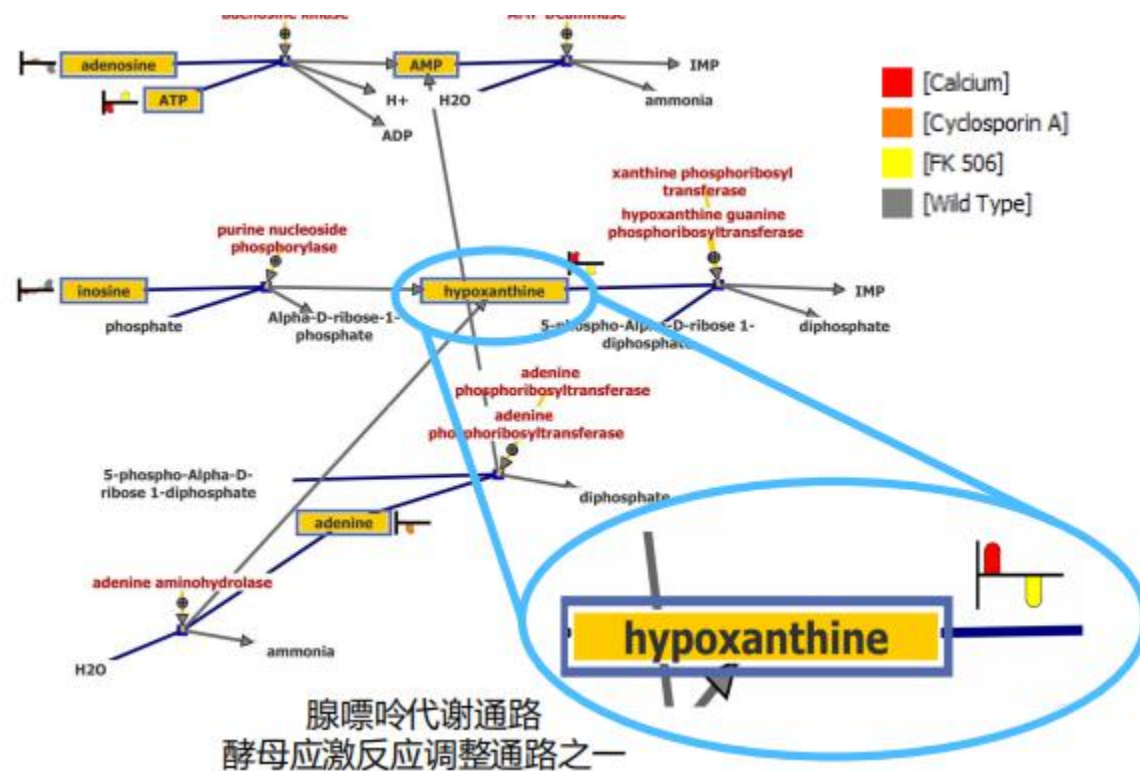
Venn Diagram of Fold Changes > 2

# LC-QTOF的应用——非靶向代谢组学的研究

## 数据处理

### 通路分析

- 在本地实现生物通路的检索，浏览和过滤。
- 可视化通路结果
- 支持单组学和多组学通路分析
- 通路来源于主流的通路数据库
  - WikiPathways
  - BioCyc
  - KEGG
  - 用户自定义通路
- 支持通路中化合物导出

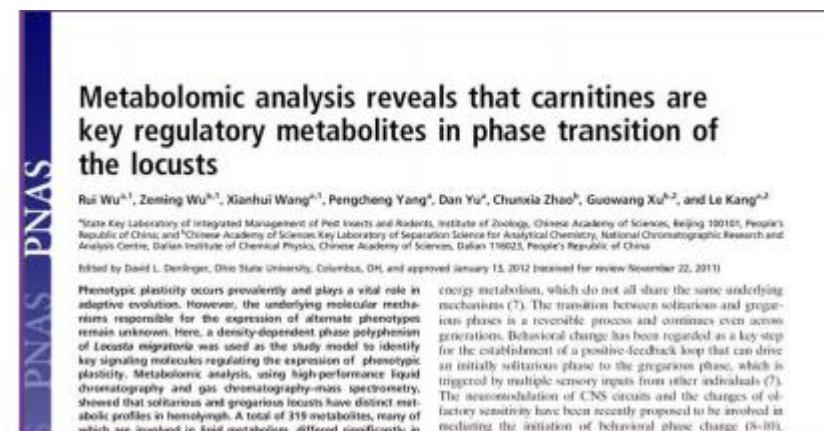
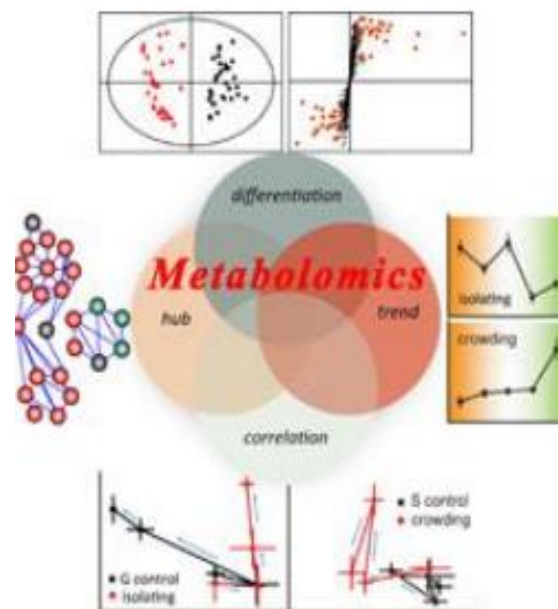
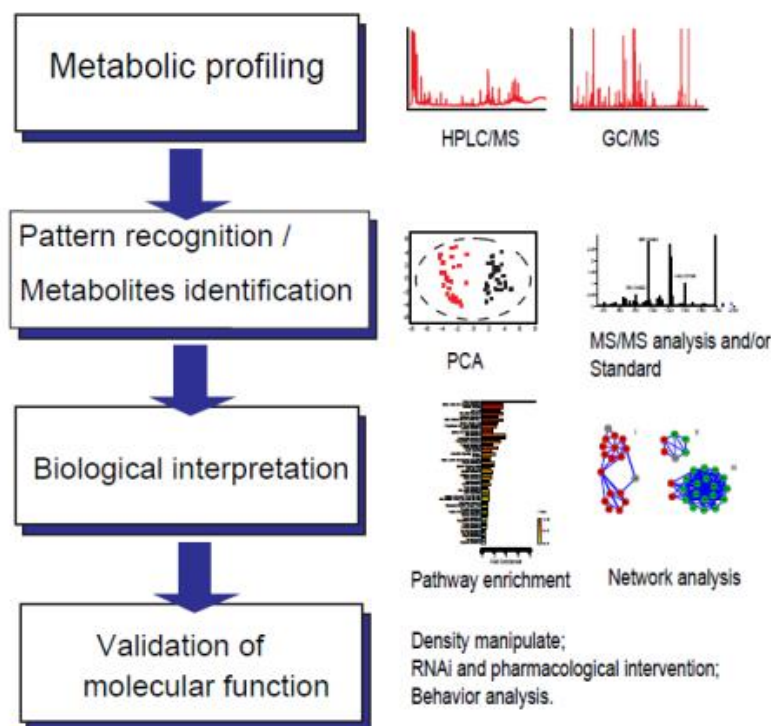




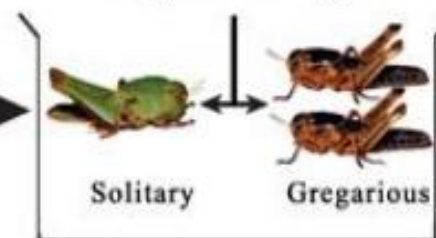
# LC-QTOF的应用——非靶向代谢组学的研究

## 基础研究 - 了解生命过程

- 中科院动物所与大连化物所 6510 QTOF & MPP
- 首次发现了肉碱类代谢物在飞蝗两型转变过程中的关键调控作用



**Carnitines are key regulators of phase change!**



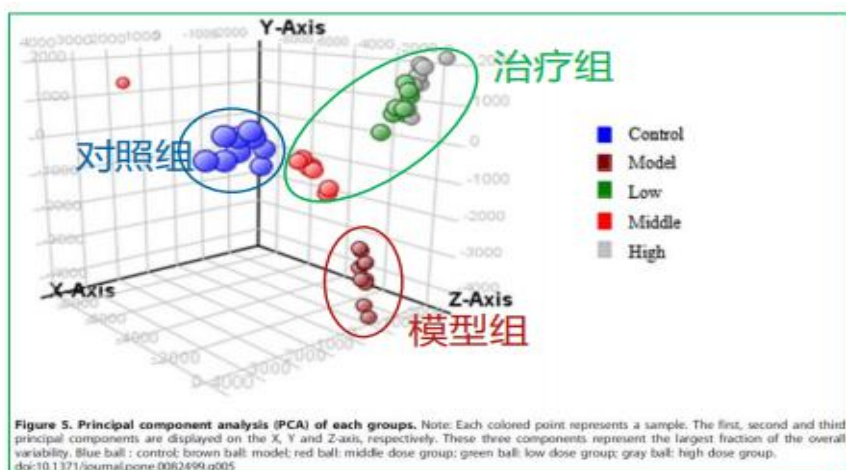


# LC-QTOF的应用——非靶向代谢组学的研究

## 临床研究/药物研发

➤ 6220 TOF-MS & MPP

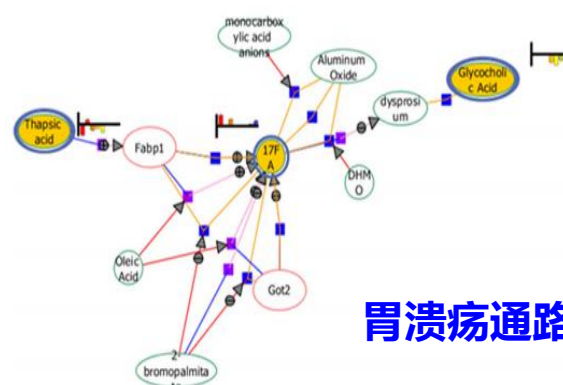
➤ 胃溃疡的生物标识物及延胡索生物碱的治疗机理研究



## 胃溃疡的生物标识物

Table 1. The identified potential biomarkers and metabolic pathway between groups.

	RT	m/z	Molecular formula	metabolites	Metabolic pathway
1	1.018	336.3200	$C_6H_{12}O_6$	D-glucose	glucuronidation
2	1.021	146.1051	$C_6H_{11}N_2O_2$	L-lysine	Biotin metabolism
3	1.063	168.0284	$C_5H_4N_2O_3$	Uric acid	Folic acid network
4	1.128	88.0623	$C_3H_4O_3$	Pyruvic acid	Glycolysis and gluconeogenesis
5	1.441	204.0904	$C_{11}H_{11}N_2O_2$	D-Tryptophan	Folic acid network
6	3.588	487.6012	$C_{27}H_{47}NO_6$	Glycocholate	Fatty acid biosynthesis
7	4.964	346.2142	$C_{21}H_{32}O_4$	corticosterone	Biosynthesis of aldosterone and cortisol
8	5.188	381.2643	$C_{18}H_{33}NO_5P$	sphingosine-1-phosphate	Sphingolipid metabolism
9	6.132	286.4157	$C_{18}H_{33}O_4$	hexadecanedioic acid	Fatty acid biosynthesis
10	9.363	284.2712	$C_{18}H_{33}O_2$	stearic acid	Fatty acid biosynthesis



## 胃溃疡通路构建

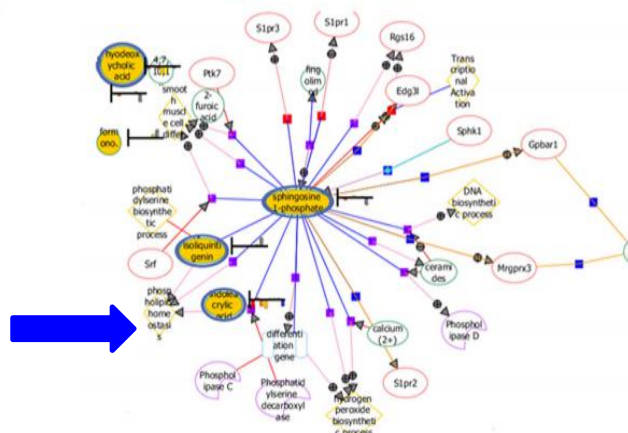
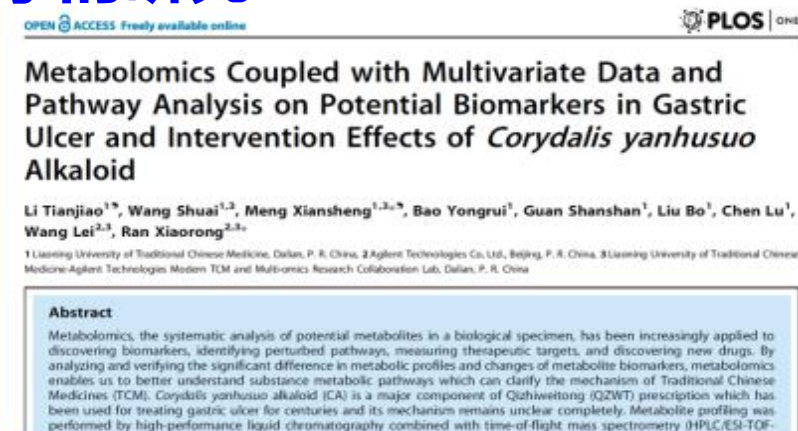


Figure 8. The network of gastric ulcer. Note: Yellow points in the fig represent biomarkers that have significant difference between the metabolites. The multi-point and multi-pathway involve in combined effect to the formation and healing of gastric ulcer.



## 转录组实验验证

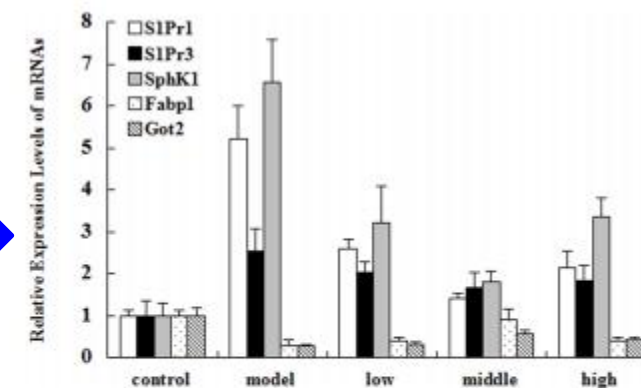


Figure 9. The expression level of mRNAs. Note: Abscissa represents the mRNAs of sphingolipid metabolism (including S1Pr1, S1Pr3 and SphK1) and fatty acid metabolism (including fabp1 and got2). The method of relative quantitative analysis was used to compare the gene expression in each group. The ordinate represents the relative expression levels of mRNAs in the basis of control group. Quantitative PCR results represent mean  $\pm$  SEM of three independent experiments.



**中国科学院水生生物研究所**  
INSTITUTE OF HYDROBIOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

中科院水生所

中科院水生所

## 四、平台成员及服务内容

## 平台成员及服务内容



**左艳霞**

**027-68780321**

**yxzuo@ihb.ac.cn**



**门君**

**027-68780783**

**menjun@ihb.ac.cn**

### 服务一：化合物的测试

**有机化合物**

**无机化合物**

**元素**

### 服务二：实验操作培训

**GCMS  
HPLC-MS  
ICPMS  
ICPOES  
IRMS**

### 服务三：实验方案规划

**实验前：采样/样品准备**

**实验中：仪器的选择**

**实验后：数据处理**





**谢 谢**

**欢迎来中心技术交流！**