

天然产物化学

第11章 生物碱 (Alkaloids)

- 概 述
- 生物碱的分类
- 生物碱的理化性质
- 提取分离
- 结构鉴定与测定

第一节 概述

- 生物碱指天然生成的一类含氮的有机化合物；
- 多数具有碱性且能和酸结合生成盐；
- 大部分为杂环化合物且氮原子在杂环内；
- 多数有较强的生理活性。

■ 下列含氮有机化合物除外：

低分子胺类：甲胺、乙胺；

氨基酸、氨基糖、肽类、蛋白质、核酸、核苷酸、卟啉类、维生素。

二 生物碱在生物界的分布

生物界

植物界

1. 在系统发育较低级的类群中
生物碱分布较少或无

藻类、水生植物、异养植物中未发现生物碱

菌类植物如麦角菌等少数植物含有生物碱

地衣、苔藓类中仅发现少数简单的吲哚类生物碱

蕨类中除简单类型的生物碱如烟碱外，结构复杂的生物碱集中分布在小叶型的真蕨如木贼科、卷柏科石松科等植物中

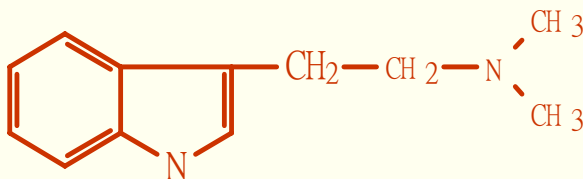
2. 生物碱集中分布在系统发育较高级的类群中

裸子植物中，仅红豆杉属、松属、云杉属、油杉属、麻黄属、三尖杉属等植物中含生物碱
(很少)

单子叶植物中，主要分布在百合科、石蒜科、百部科
(较少)

双子叶植物中，主要分布在防己科、毛茛科、茄科、

动物界：极少



三、生物碱的存在形式

1. **游离碱**：碱性极弱，以游离的形式存在。
 2. **盐 类**：与其成盐的有机酸有：柠檬酸、酒石酸等；特殊的酸类：乌头酸、绿原酸等；无机酸：硫酸、盐酸等。
 3. **苷 类**：以苷的形式存在于植物中。
 4. **酰胺**：如秋水仙碱、喜树碱等。
 5. **N-氧化物**：植物体中的氮氧化物约一百余种。
- 此外，还有氮杂缩醛类、烯胺、亚胺等。

第二节 生物碱的分类

- 有三种分类方法（1）按来源分类，（2）按化学骨架分类，（3）按生源结合化学分类。
- 我们按（3）法对生物碱进行分类。

生物碱

来源于氨基酸

来源于鸟氨酸：吡咯 吡咯里西丁 托品类



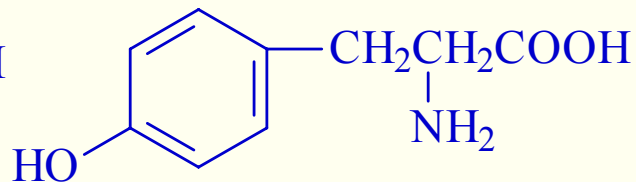
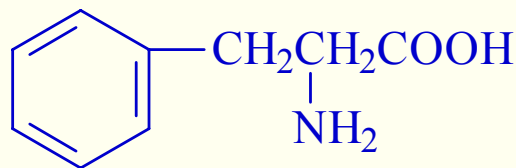
来源于赖氨酸：哌啶类 吲哚里西丁 喹诺里西丁



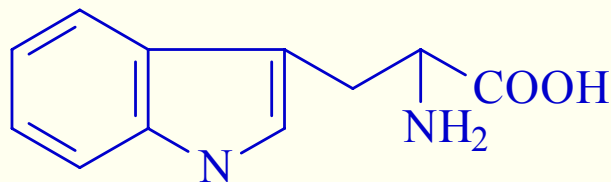
来源于邻氨基苯甲酸：喹啉类 吡啶酮类

来源于邻氨基苯丙氨酸/酪氨酸：苯丙胺类 异喹啉类

苄基异喹啉类 苯乙基异喹啉类 苄基苯乙胺类 吐根碱类



来源于色氨酸：吲哚碱类 半萜吲哚类 单萜吲哚类



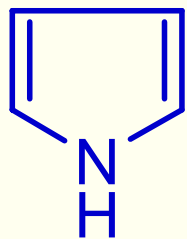
来源于异戊烯

来源于萜类：单萜类 倍半萜类 二萜类 三萜类

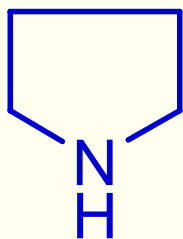
来源于甾体：孕甾烷 (C21) 环孕甾烷 (C24) 胆甾烷 (C27)

一、来源于鸟氨酸的生物碱

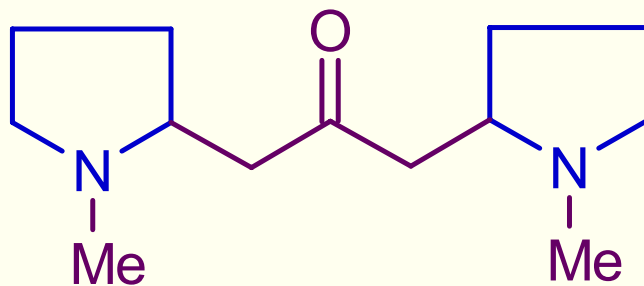
(一) 吡咯类生物碱



吡咯

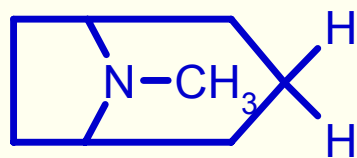


四氢吡咯

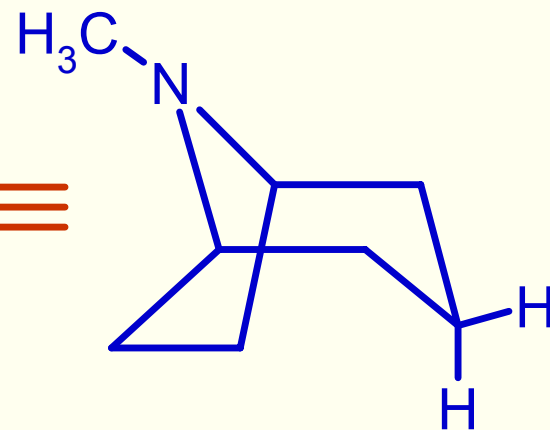
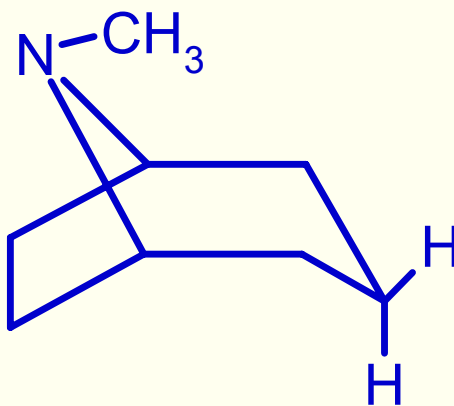


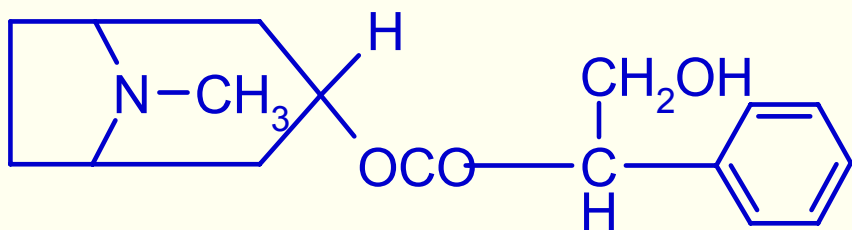
红古豆碱
cuscohygrine

(二) 托品类生物碱 (莨菪烷类)

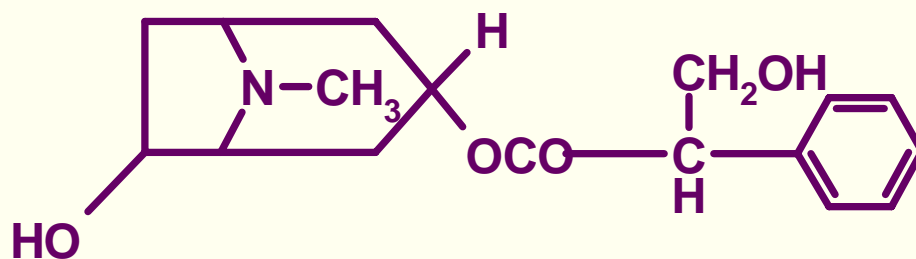


莨菪烷

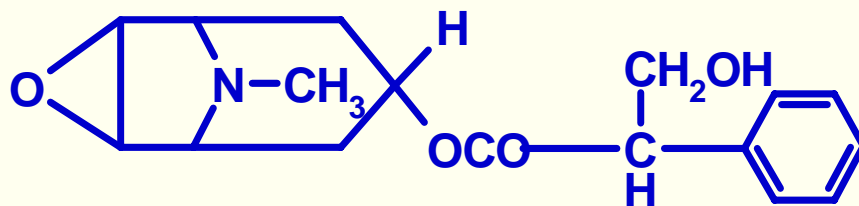




莨菪碱 (阿托品)

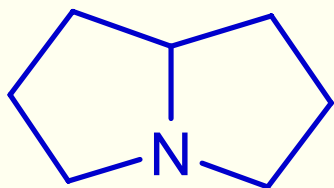


山莨菪碱
anisodamine

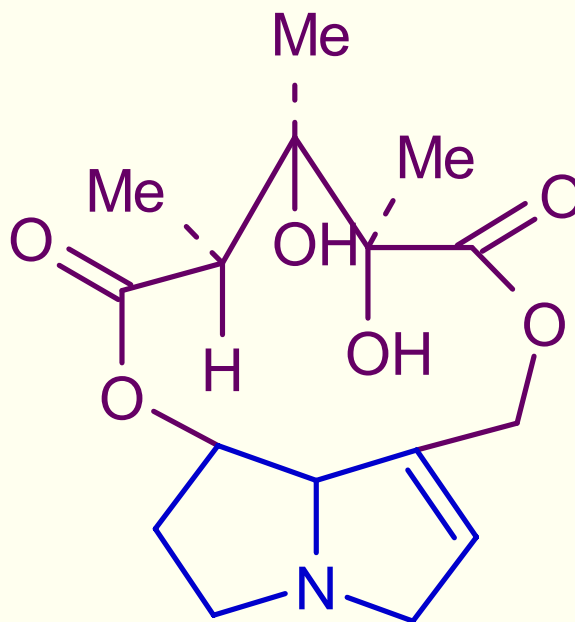


东莨菪碱
scopolamine

(三) 吡咯里西丁类生物碱



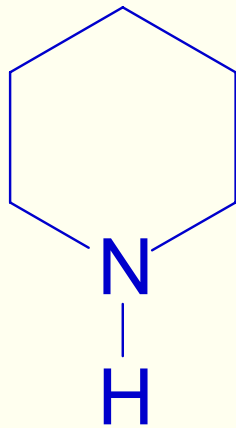
吡咯里西丁



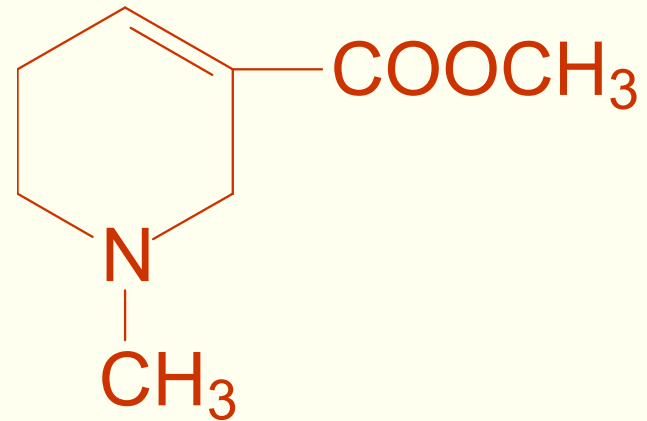
野百合碱
monocrotaline

二、来源于赖氨酸的生物碱

(一) 哌啶类生物碱

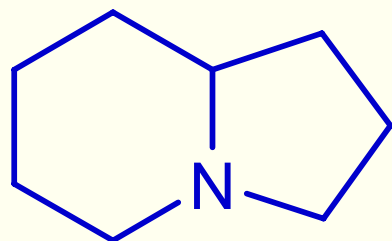


哌啶

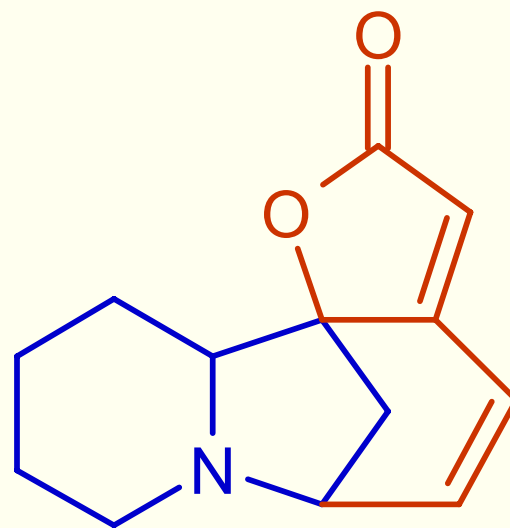


槟榔碱

(二) 吲哚里西丁类生物碱

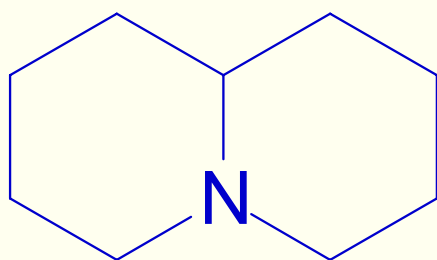


吲哚里西丁
indolizidine

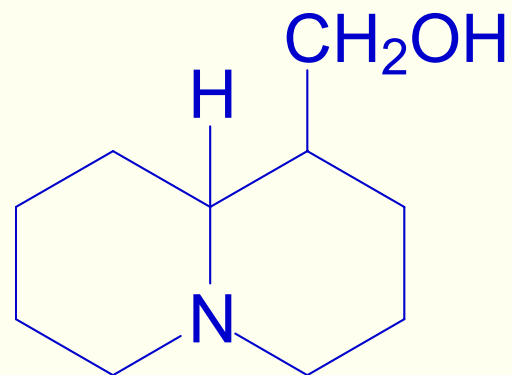


一叶萩碱
securinine

(三) 喹诺里西丁类生物碱



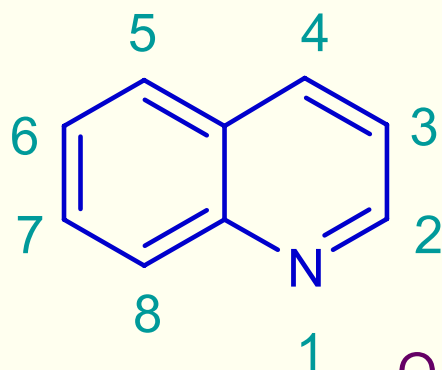
喹诺里西丁



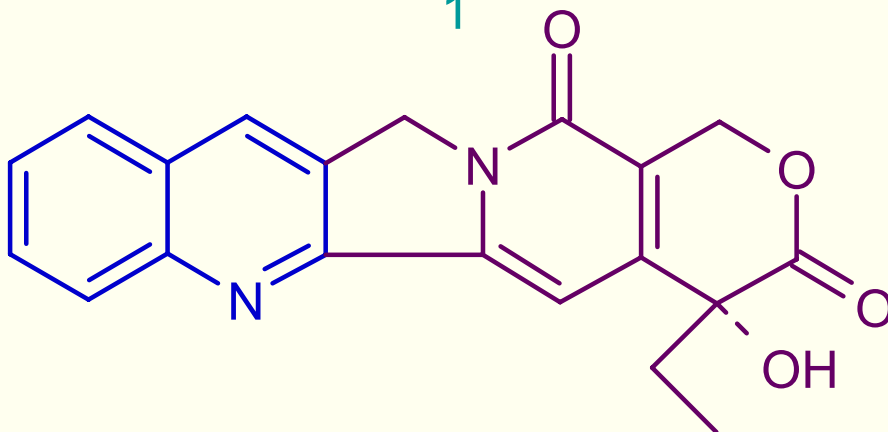
羽扇豆碱

三、来源于邻氨基苯甲酸的生物碱

(一) 喹啉类生物碱

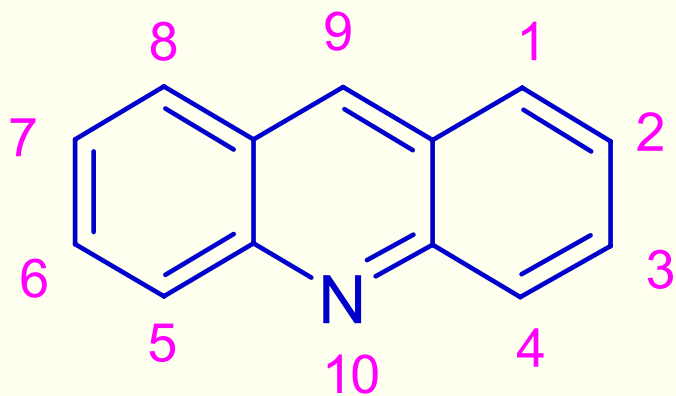


喹 啉

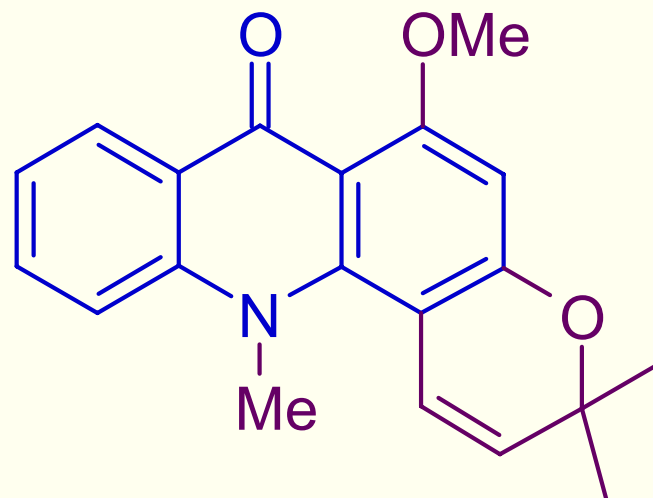


喜树碱
camptothecine

(二) 吡啶酮类生物碱



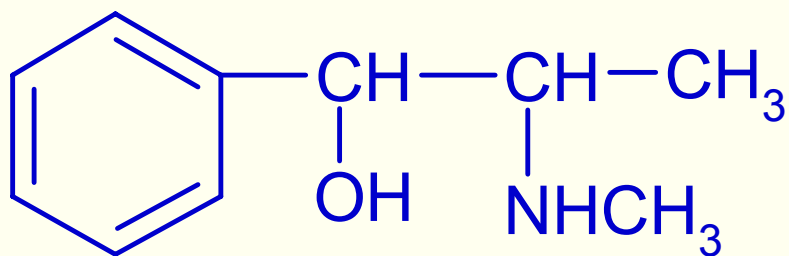
吡啶



山油柑碱
acronycine

四、来源于苯丙胺酸和酪氨酸的生物碱

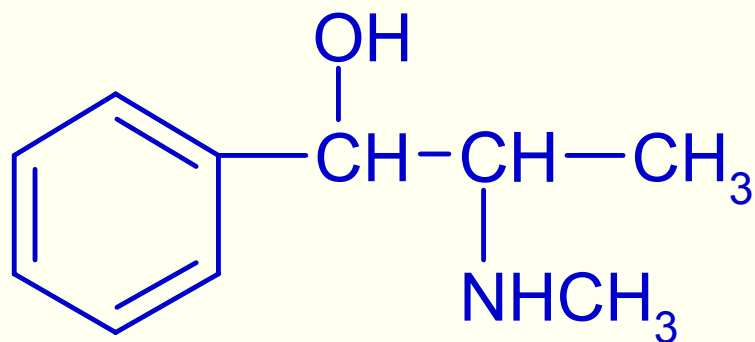
(一) 苯丙胺类生物碱



麻黄碱

(1R,2S)

ephedrine

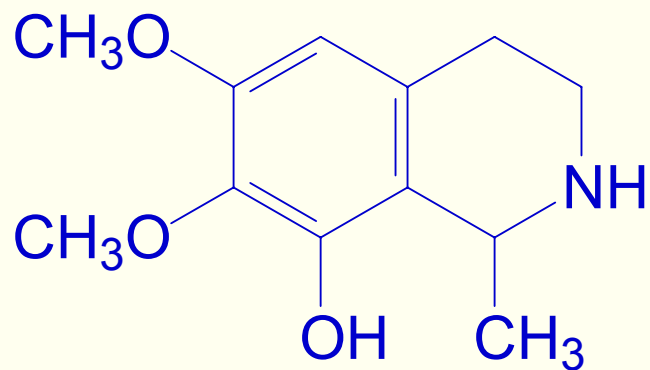


伪麻黄碱

(1S,2S)

pseudoephedrine

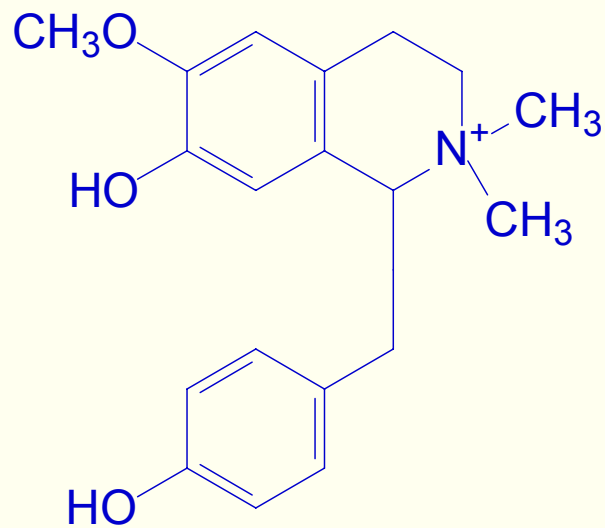
(二) 四氢异喹啉类生物碱



哌劳亭

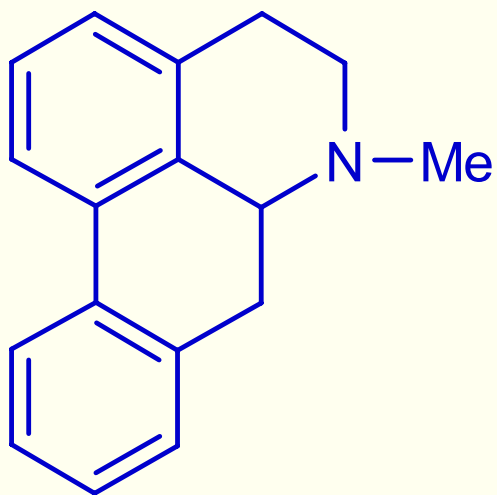
(三) 苄基四氢异喹啉类生物碱

1. 苄基异喹啉类

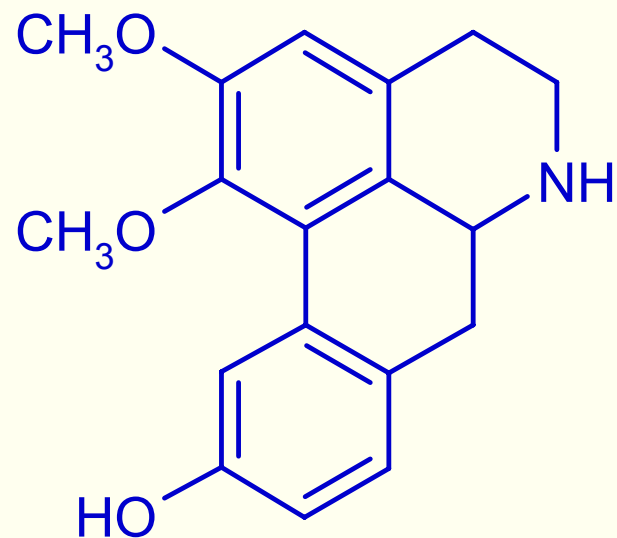


厚朴碱

2.阿朴菲类生物碱

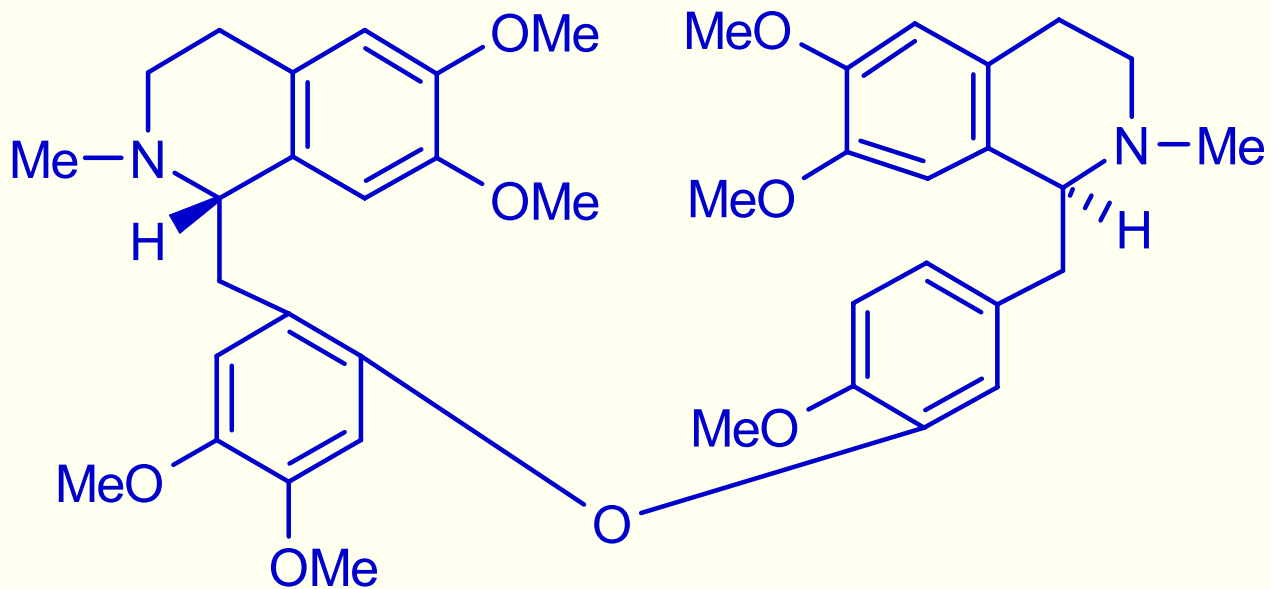


阿朴菲
aporphine



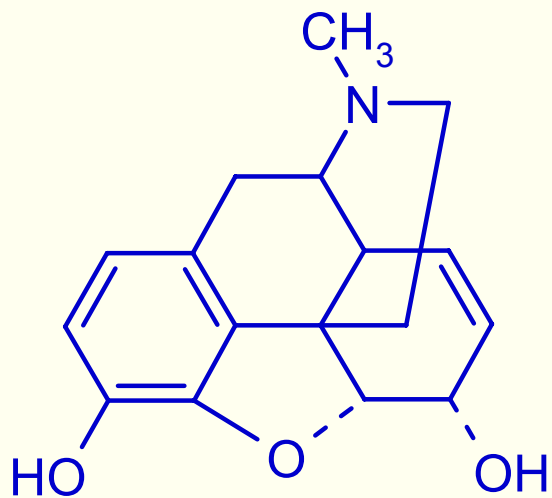
土藤碱
tuduranine

3.双苄基四氢异喹啉类生物碱

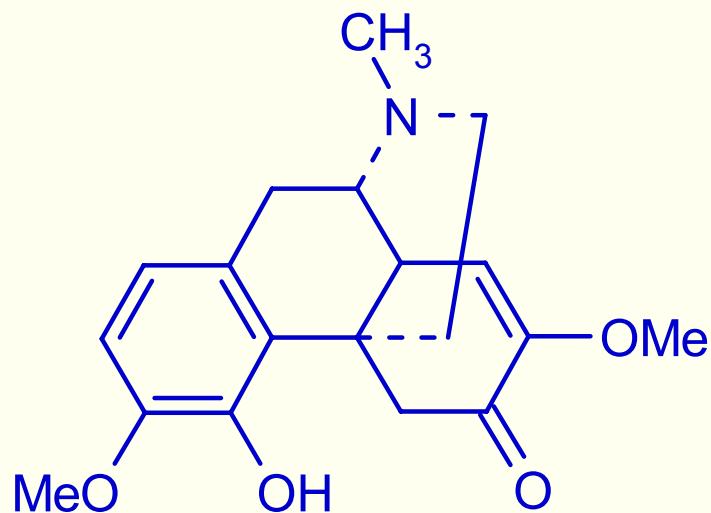


厚果唐松草碱
thalicarpine

4. 吗啡烷类生物碱

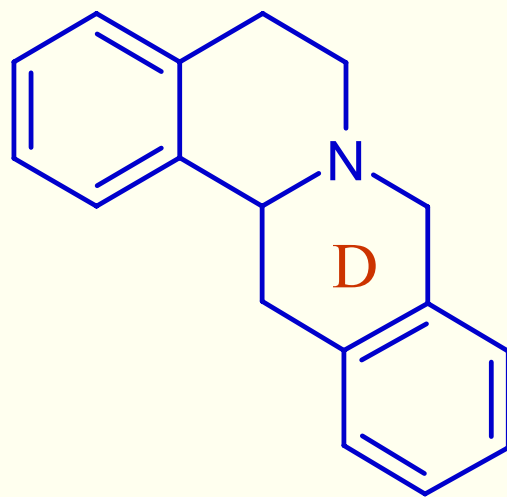


吗啡碱
morphine

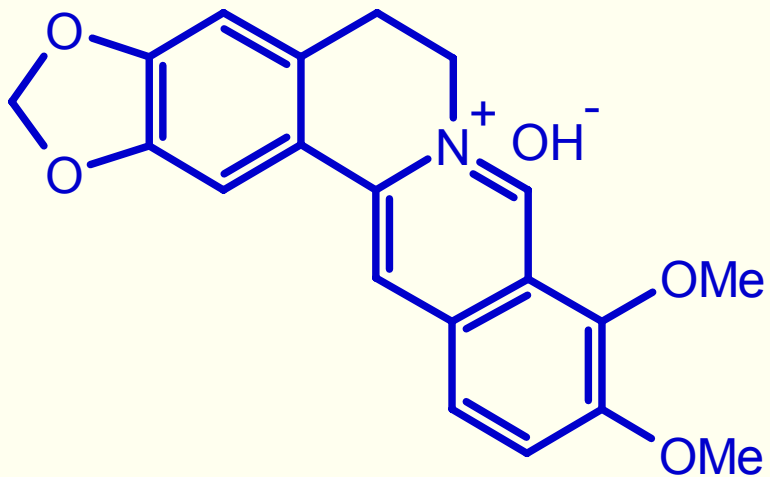


青藤碱
sinomenine

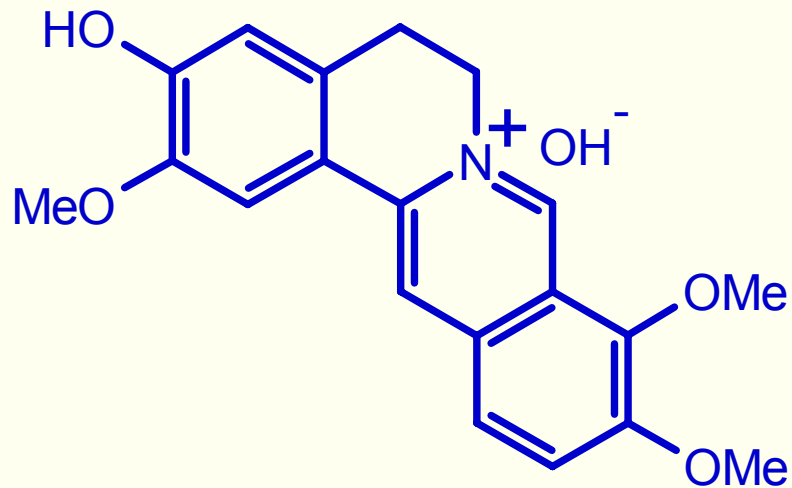
5.原小檗碱和小檗碱类生物碱：二者区别在于D环氢化程度。



原小檗碱

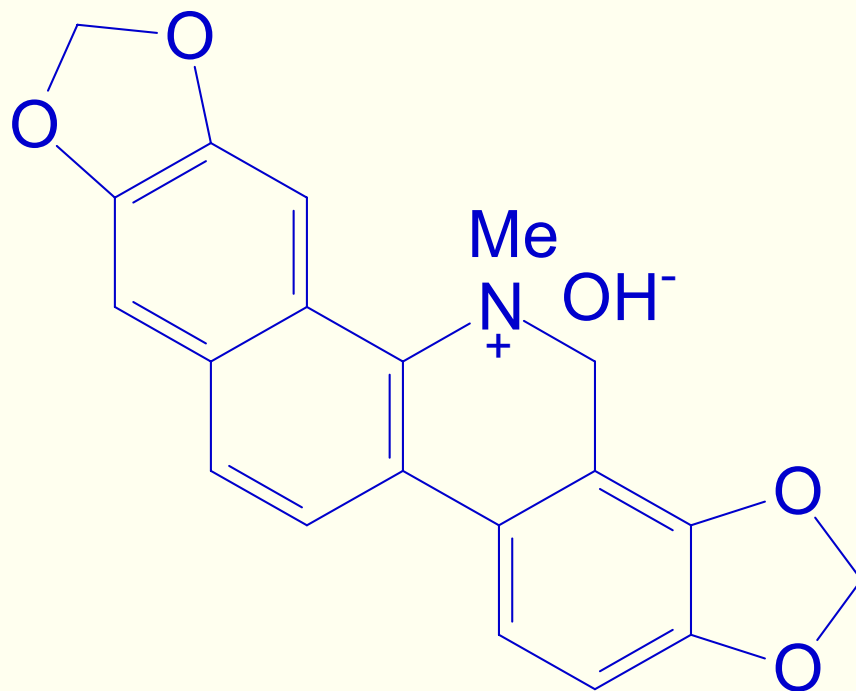


小檗碱 (黄连素)
berberine



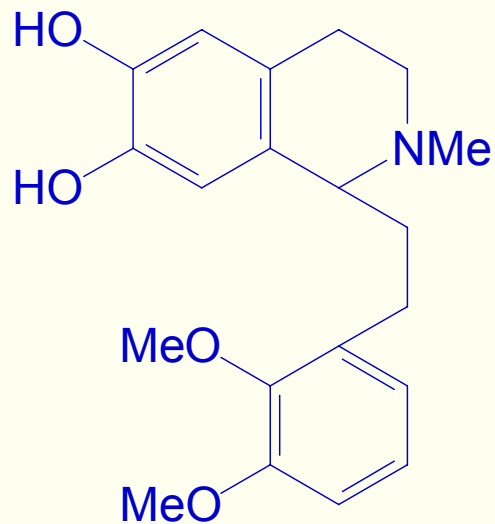
药根碱
jatrorrhizine

6. 苯菲啶类生物碱



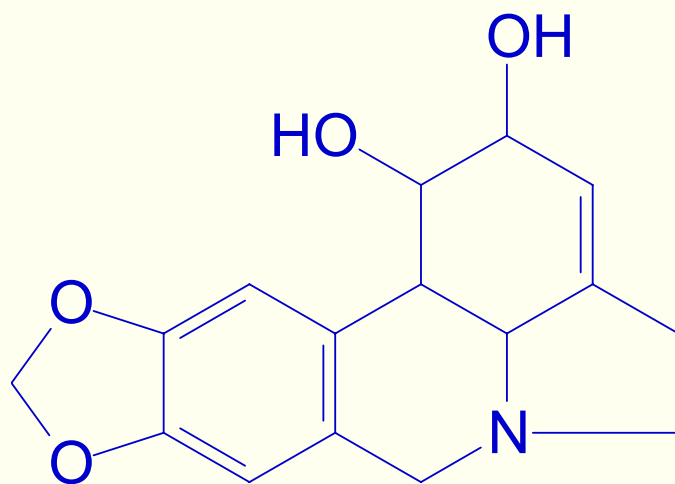
血根碱

(四) 苯乙基四氢异喹啉类生物碱



奥特那明

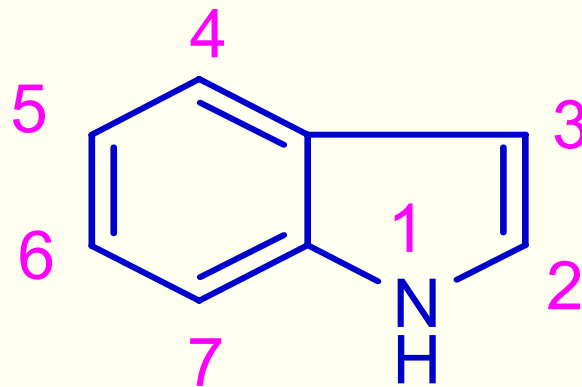
(五) 苄基苯乙胺类生物碱



石蒜碱

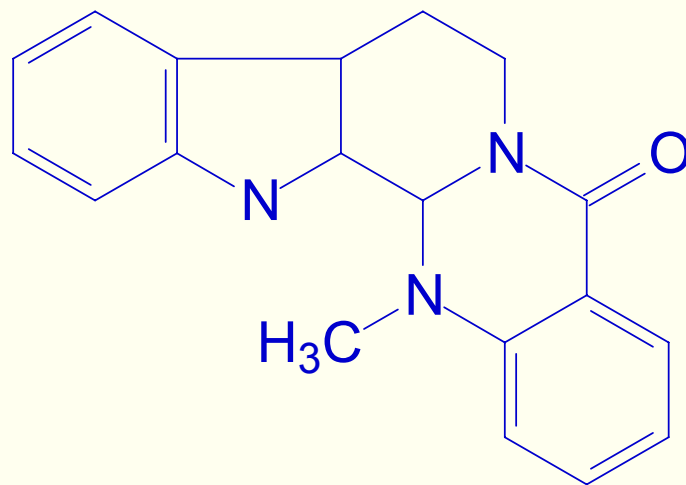
五、来源于色氨酸的生物碱

(一) 简单吲哚类生物碱



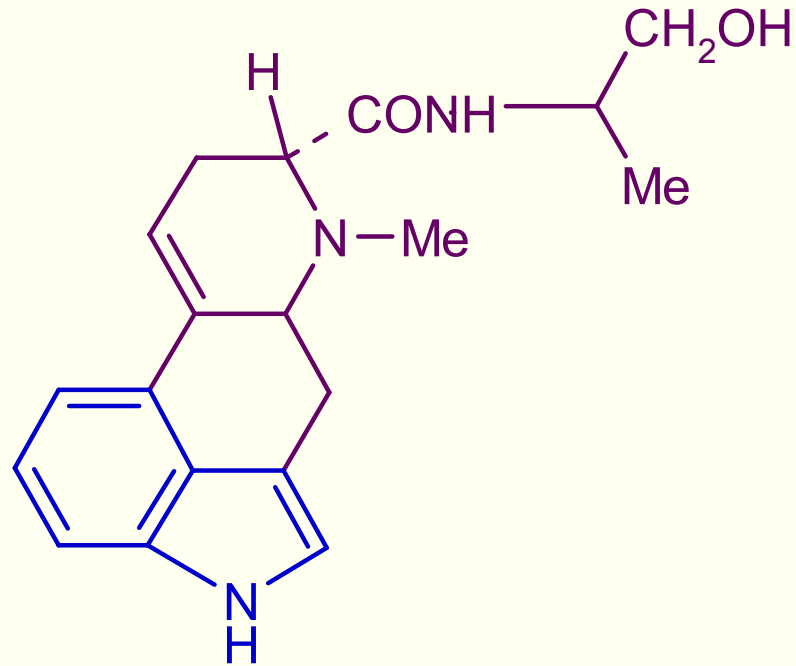
吲哚

(二) 色胺吲哚类



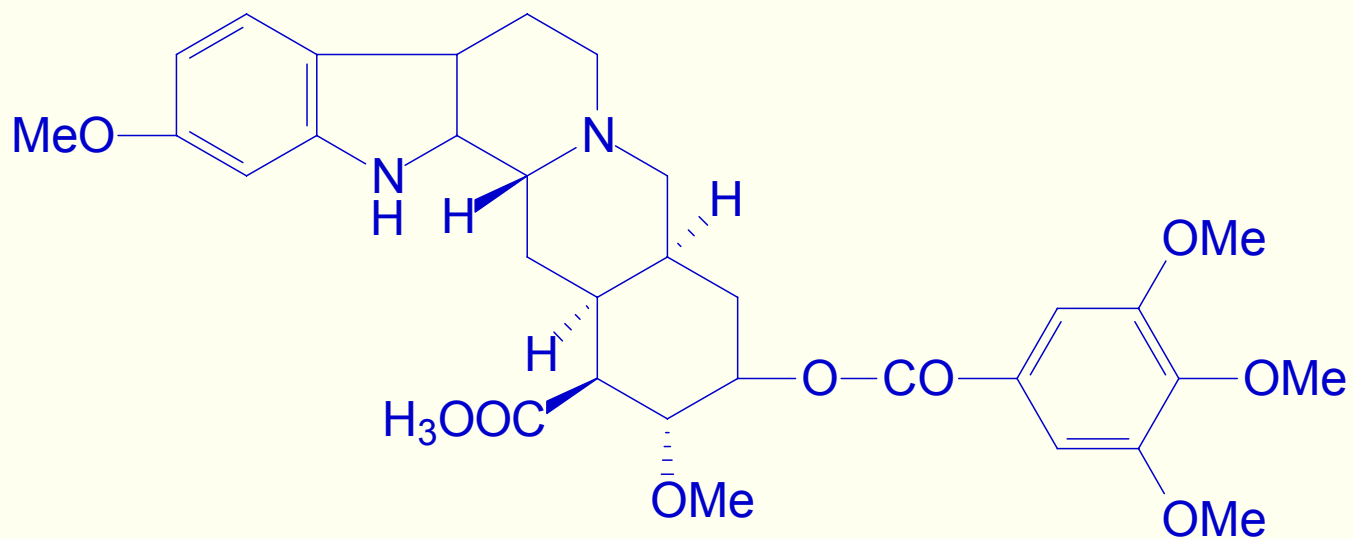
吴茱萸碱

(三) 半萜吲哚类



麦角新碱
ergonovine
ergometrine

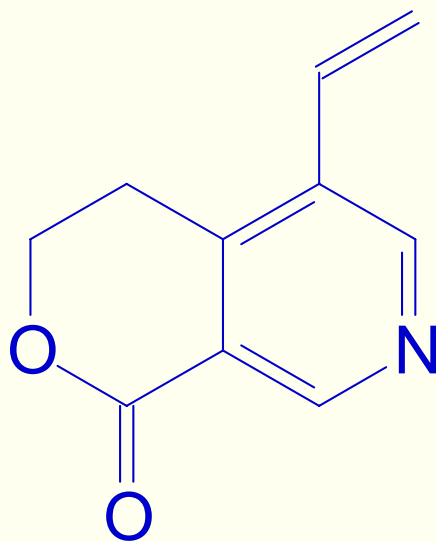
(四) 单萜吲哚类



利血平

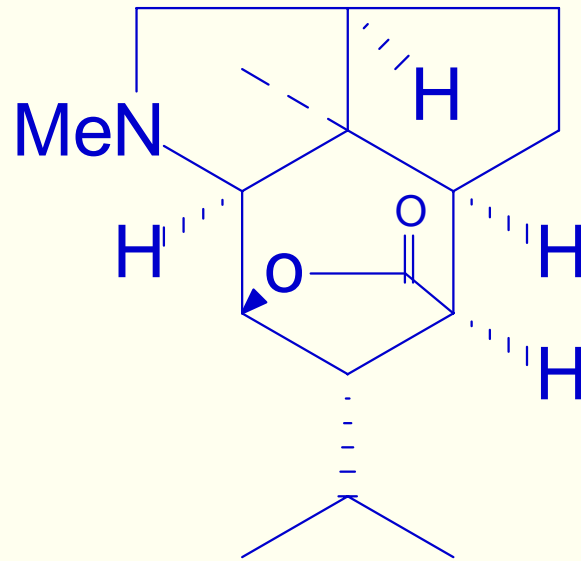
六、来源于萜类的生物碱

(一) 单萜类生物碱



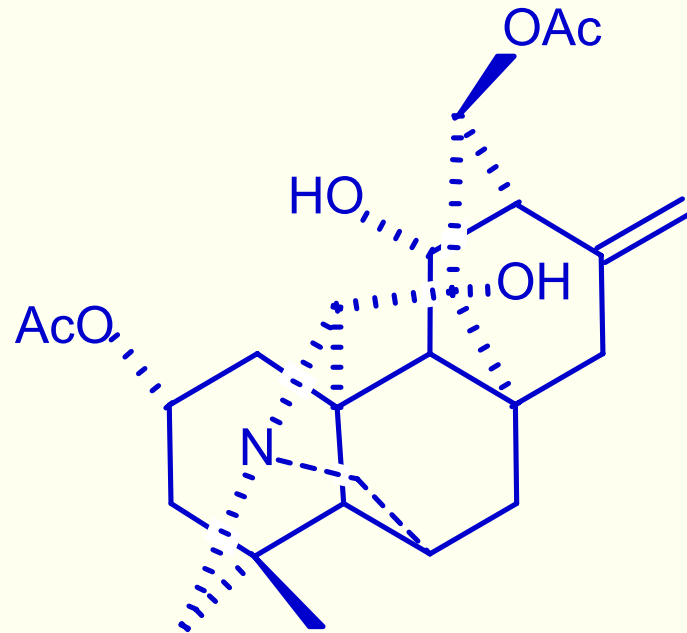
秦艽碱甲

(二) 倍半萜类生物碱



石斛碱

(三) 二萜生物碱



关附甲素 (guanfu base A)

(四) 三萜生物碱：如交让木碱

七、来源于甾体的生物碱

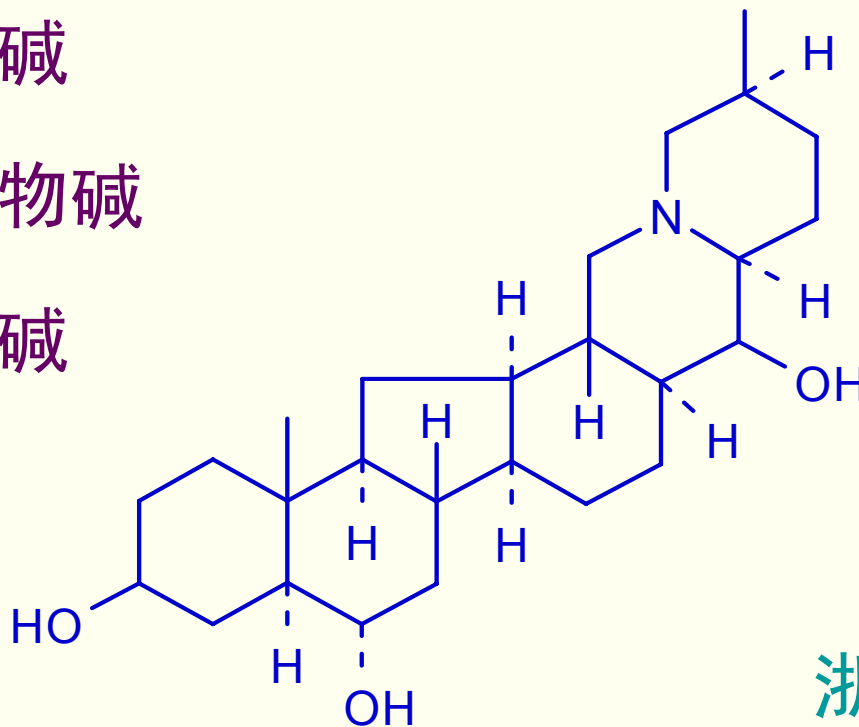
(一) 孕甾烷生物碱

(二) 环孕甾烷生物碱

(三) 胆甾烷生物碱

1.胆甾烷碱类

2.异胆甾烷碱类



浙贝甲素
verticine

第三节 生物碱的理化性质

一、性状

- 1.形态——多为结晶固体，少为粉末。少数常温下——液体（多不含氧，若含氧则多成酯键）
- 2.颜色——多为无色或白色，少数有色。
- 3.味 觉——多具苦味。
- 4.挥发性——多无挥发性，少数具挥发性。

二.旋光性——多为左旋光性。

条件改变有的产生变旋现象。

如：菸碱 中性溶液——左旋光性

 酸性溶液——右旋光性

多数左旋体呈显著生理活性。

三.溶解度

- (1) 绝大多数仲胺和叔胺生物碱的游离碱具亲脂性；
- (2) 绝大多数生物碱盐具亲水性；
- (3) 季铵生物碱具亲水性；
- (4) 具酚羟基、羧基等酸性基团的生物碱具酸碱两性；
- (5) 具内酯基的生物碱，遇碱水开环成盐而溶解，遇酸又闭环而析出；

(6)生物碱成盐后多易溶于水，不溶或难溶有机溶剂。

含氧酸盐的水溶性往往较大。

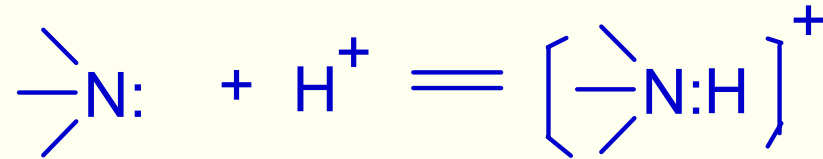
与大分子有机酸所形成的盐水溶性差。

与小分子有机酸或无机酸成盐水溶性较好。

生物碱盐具有特殊的溶解性质，如高石蒜碱的盐酸盐不溶于水，而溶于氯仿，盐酸小檗碱难溶于水；

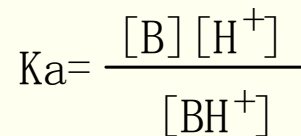
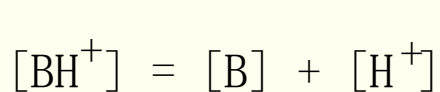
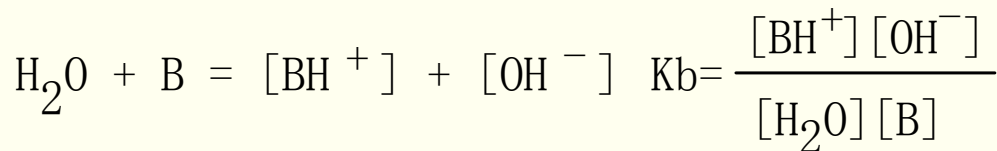
四、碱性

1.碱性的来源及强度表示



生物碱

生物碱盐



$$K_a \cdot K_b = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{\text{H}_2\text{O}} = 10^{-14}$$

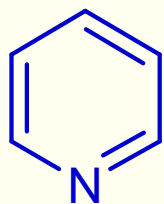
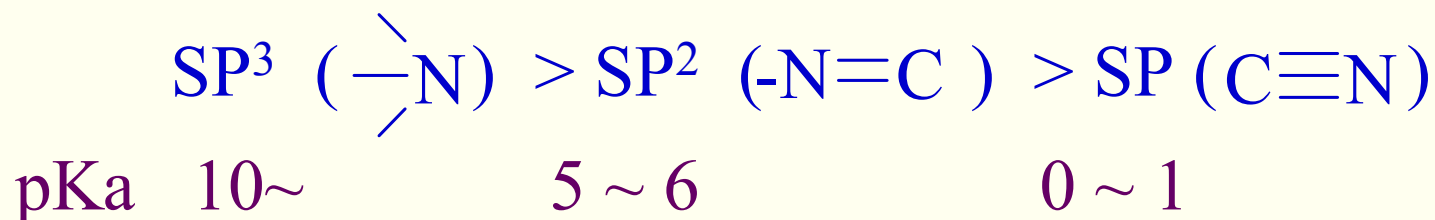
$$pK_a + pK_b = -\lg K_a + -\lg K_b = 14$$

碱性越强，其 K_b 越大， PK_b 越小，其共轭酸
 Pka 越大；即 Pka 越大，碱性越强；

- $Pka < 2$ 极弱碱；
- $Pka = 2 \sim 7$ 弱碱；
- $Pka = 7 \sim 12$ 中强碱；
- $Pka > 12$ 强碱；
- 胍基 $[-NH(C=NH)NH_2]$ > 季胺碱 > 脂肪胺基 > 缺电子芳杂环(吡啶) > 酰胺基 > 富电子芳杂环(吡咯)

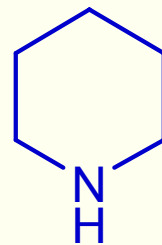
3. 影响碱性强弱的因素

(1) N的杂化方式



吡啶

pka= 5.2 (SP²)



胡椒啶

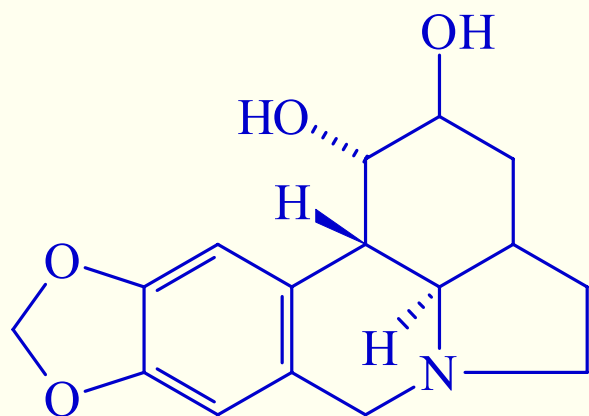
pka = 11.2 (SP³)

(2)诱导效应（通过碳链传递）

(a) 供电性基团取代，碱性增强；

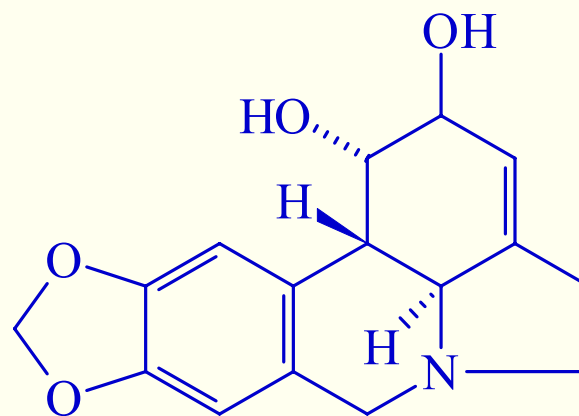
如：二甲胺(Pka10.70)>甲胺(Pka10.64)>氨
(Pka9.75)

氮原子附近有吸电性基团，碱性减弱；



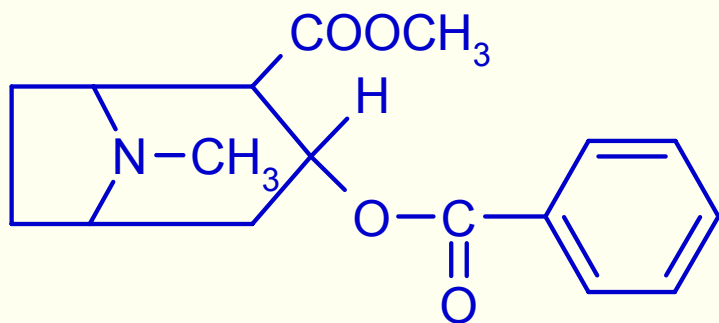
二氢石蒜碱

$\text{PKa}=8.4$



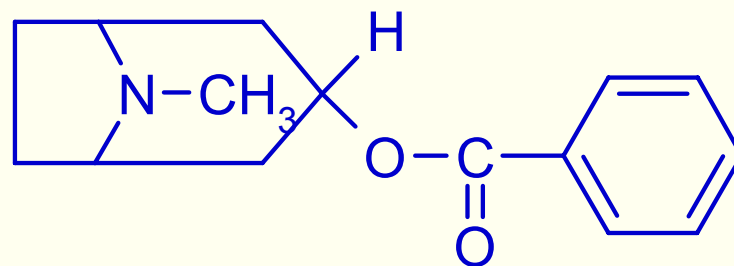
石蒜碱

$\text{PKa}=6.4$



可卡因

$\text{pKa} = 8.31$



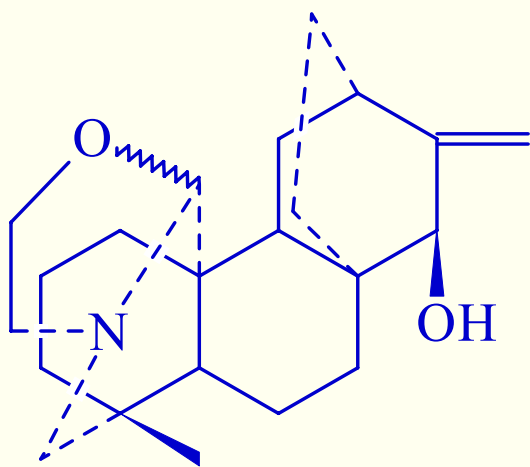
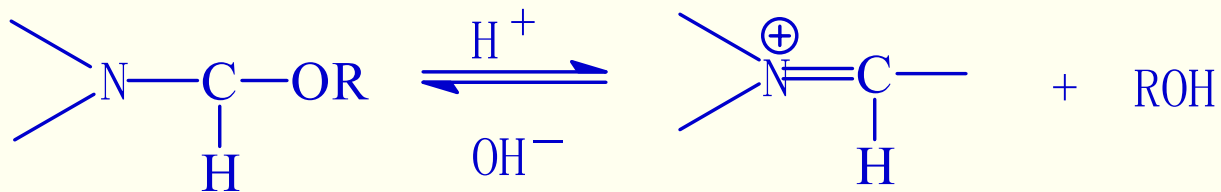
托派可卡因

$\text{pKa} = 9.88$

(b) 氮杂缩醛(酮)生物碱的碱性:

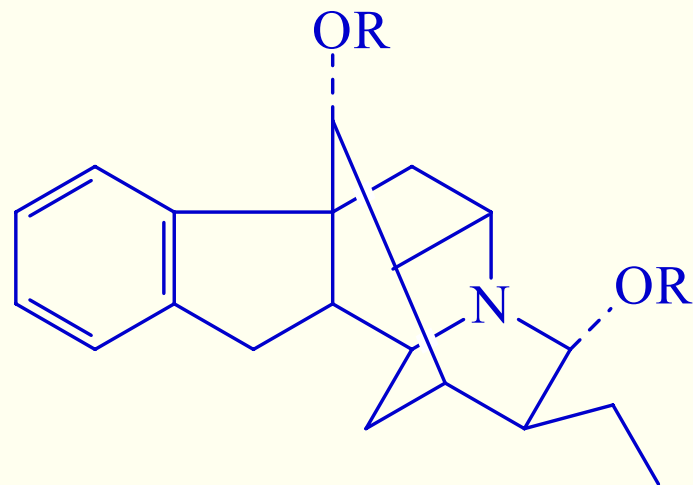
氮原子不处在桥头, 强碱性;

氮原子处在桥头, 碱性相对较弱;



阿替生

PKa=12.9



阿马林

PKa=8.15

二乙酰阿马林

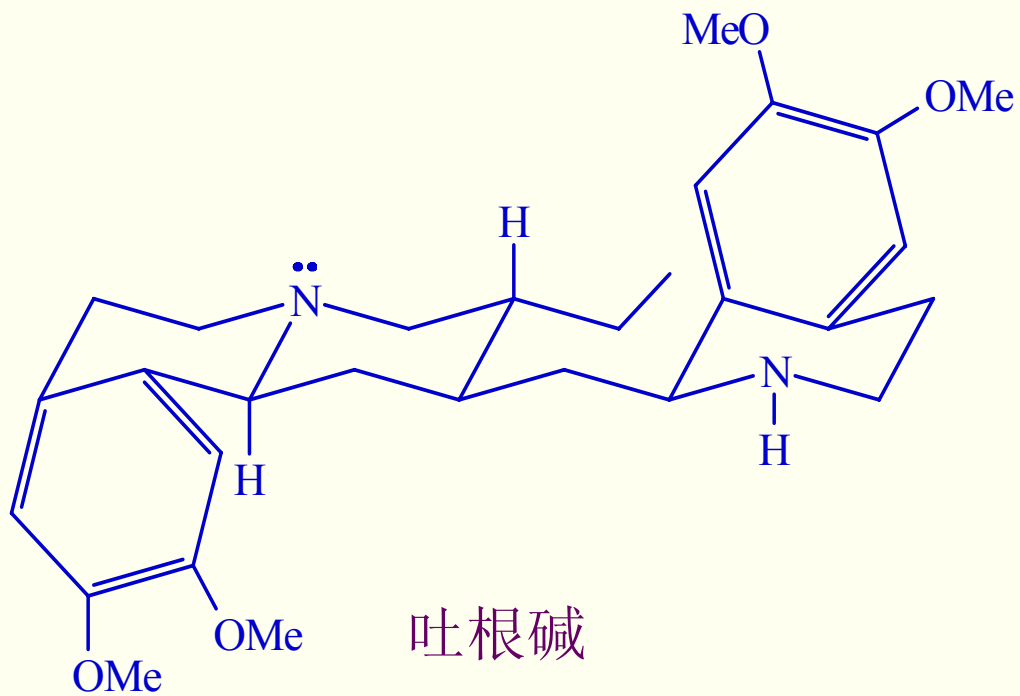
PKa=4.9

(3)诱导-场效应:

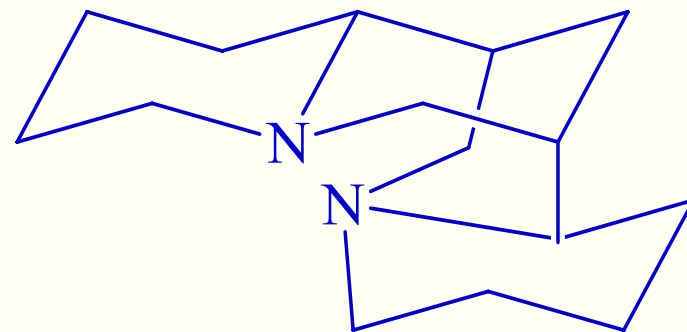
生物碱分子中同时含有两个氮原子时，第一个氮原子质子化后产生一个强的吸电基团 $^+\text{NHR}_2$ ，此时对第二个氮原子产生两种降低其碱性的作用：诱导和场效应。

诱导效应通过碳链传递。

场效应通过空间直接作用，又称为直接效应。



$\Delta \text{PKa}=0.89$



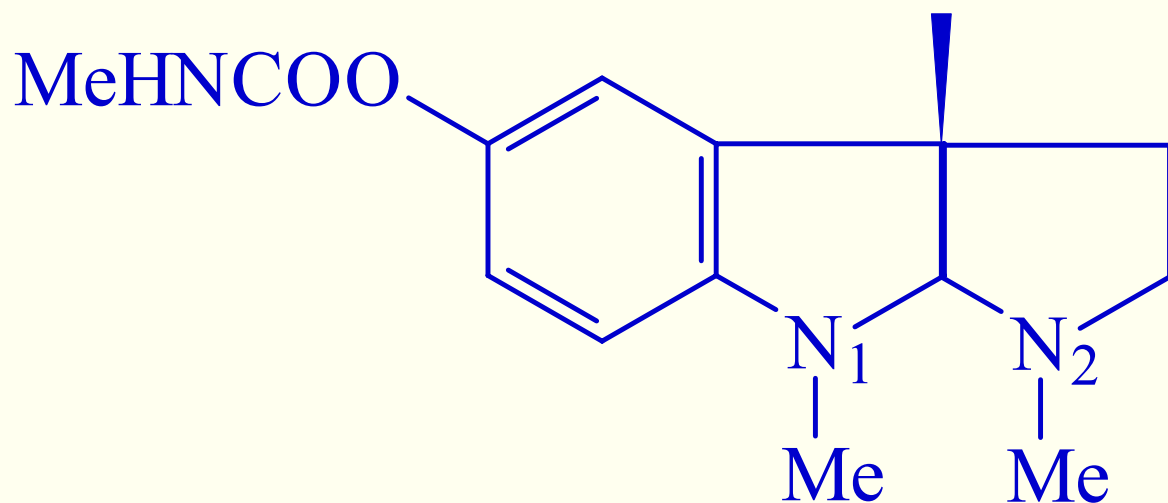
$\Delta \text{PKa}=8.1$

(4)共轭效应:

形成p- π 共轭，通常碱性较弱。

苯胺型、酰胺型、烯胺型

①苯胺型

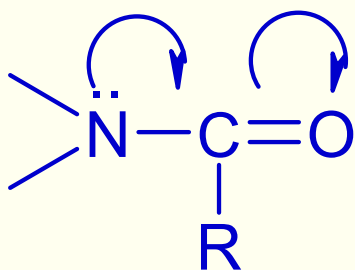


$\text{PKa1}=1.76$

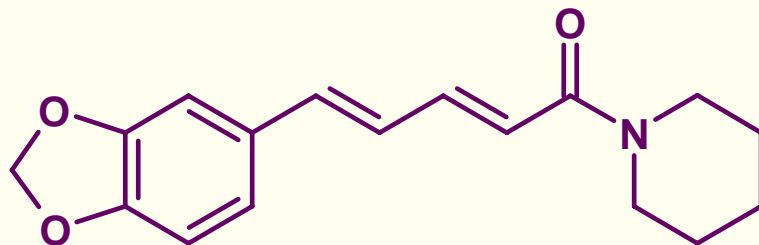
$\text{PKa2}=7.88$

毒扁豆碱

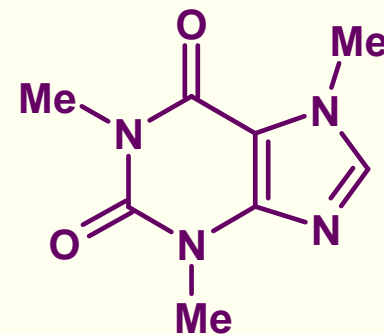
②酰胺型



酰胺结构



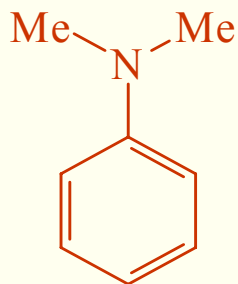
胡椒碱
(pKa=1.42)



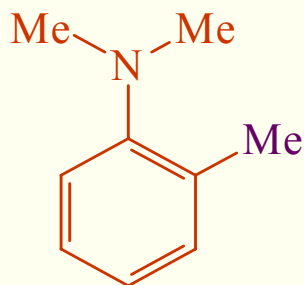
咖啡因
(pKa=1.22)

(5)空间效应

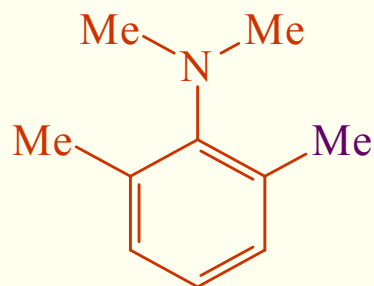
氮原子由于附近取代基的空间立体障碍或分子构象因素，而使质子难于接近氮原子，碱性减弱。



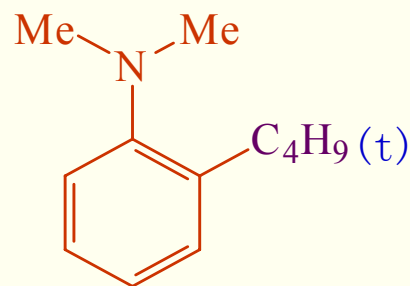
PKa=4.39



PKa=5.15



PKa=4.81

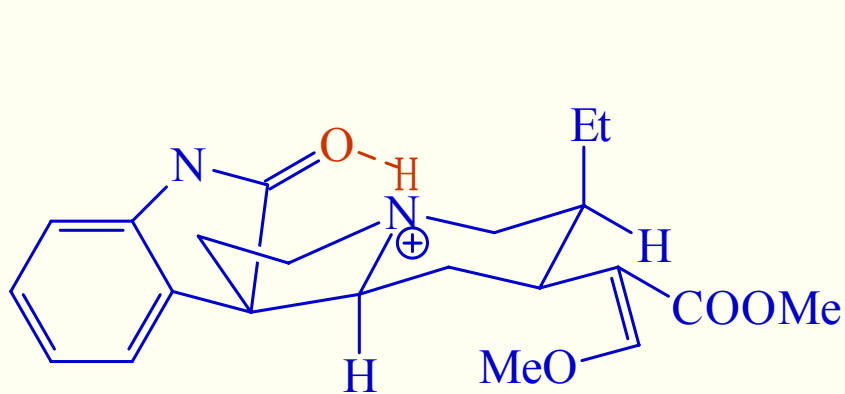


PKa=2.93

(6)分子内氢键

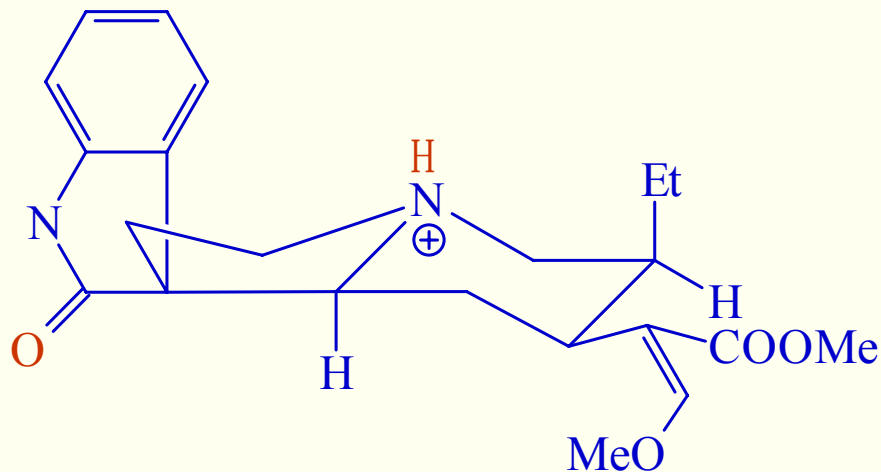
- 若能形成稳定的分子内氢键，可使碱性增强。

(指成盐时接受的质子能形成稳定的分子内氢键)



和钩藤碱

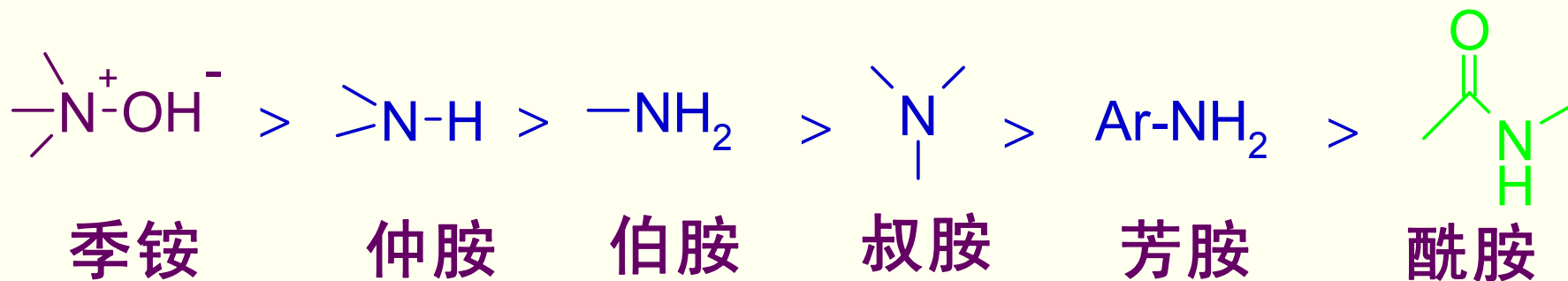
$\text{PKa}=6.32$



异和钩藤碱

$\text{PKa}=5.20$

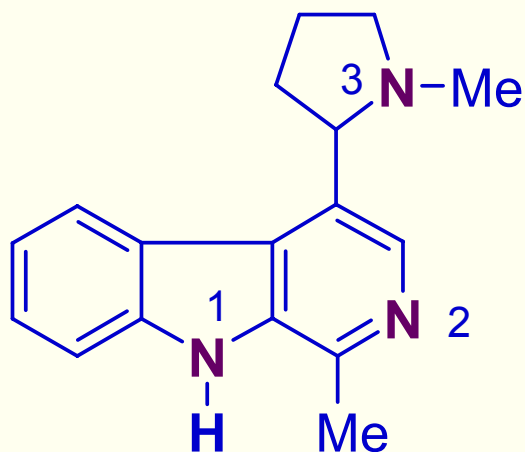
碱性强弱:



供电—碱性 ↑

共轭、诱导吸电—碱性 ↓

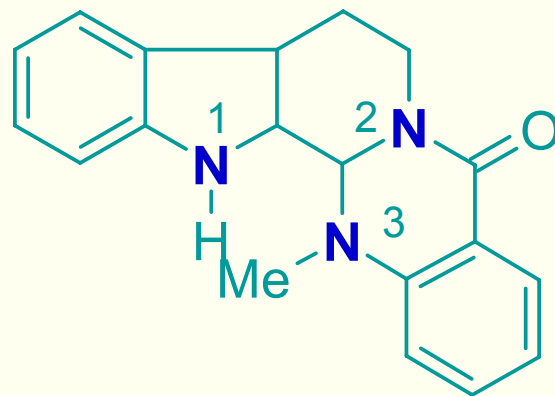
比较碱性强弱:



brevicolline

A

$3 > 2 > 1$

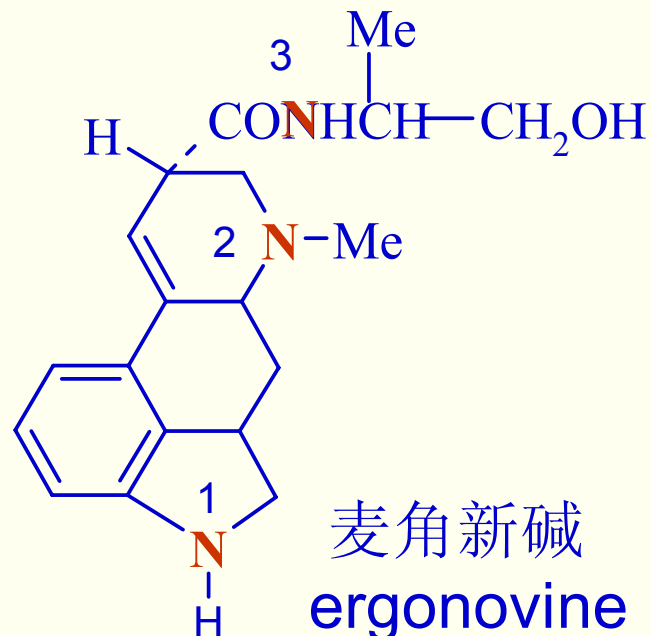


吴茱萸碱

evodiamine

B

$1 > 3 > 2$



麦角新碱

ergonovine

C

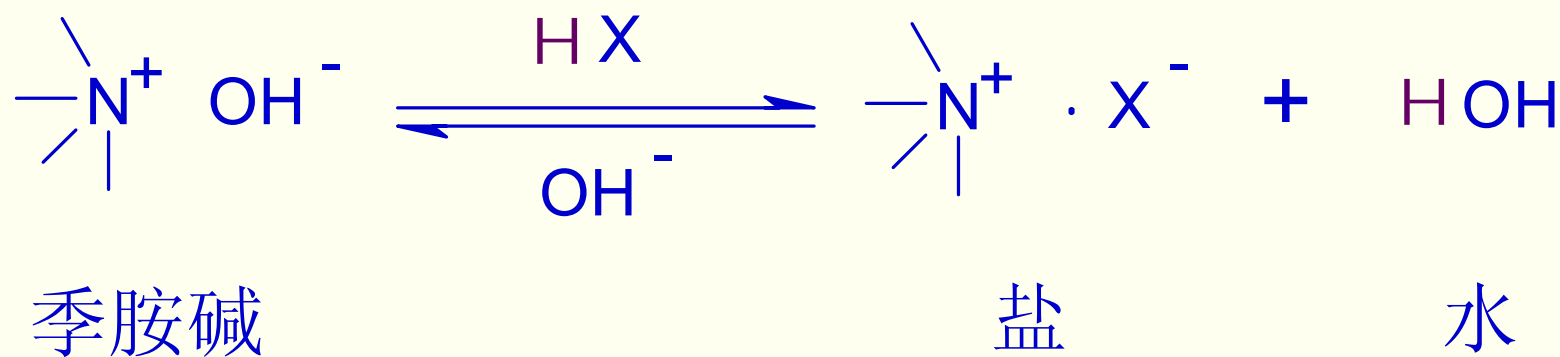
$2 > 1 > 3$

（三）成盐（Alk成盐的机理）

生物碱与酸成盐，对质子化来说，仲胺、叔胺生物碱成盐时，质子多结合于氮原子。

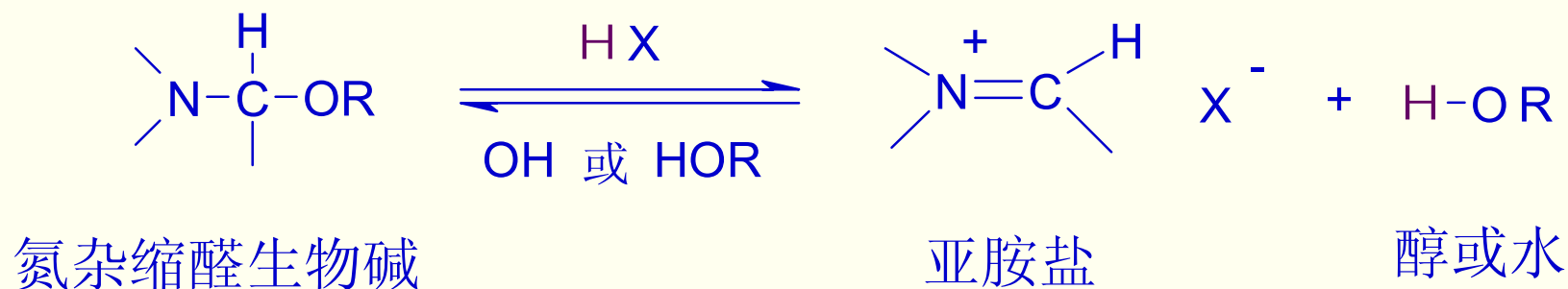
季胺碱、氮杂缩醛、烯胺以及具有涉及氮原子的跨环效应形式存在的生物碱，质子化则往往并非发生在氮原子上。

1.季胺碱的成盐

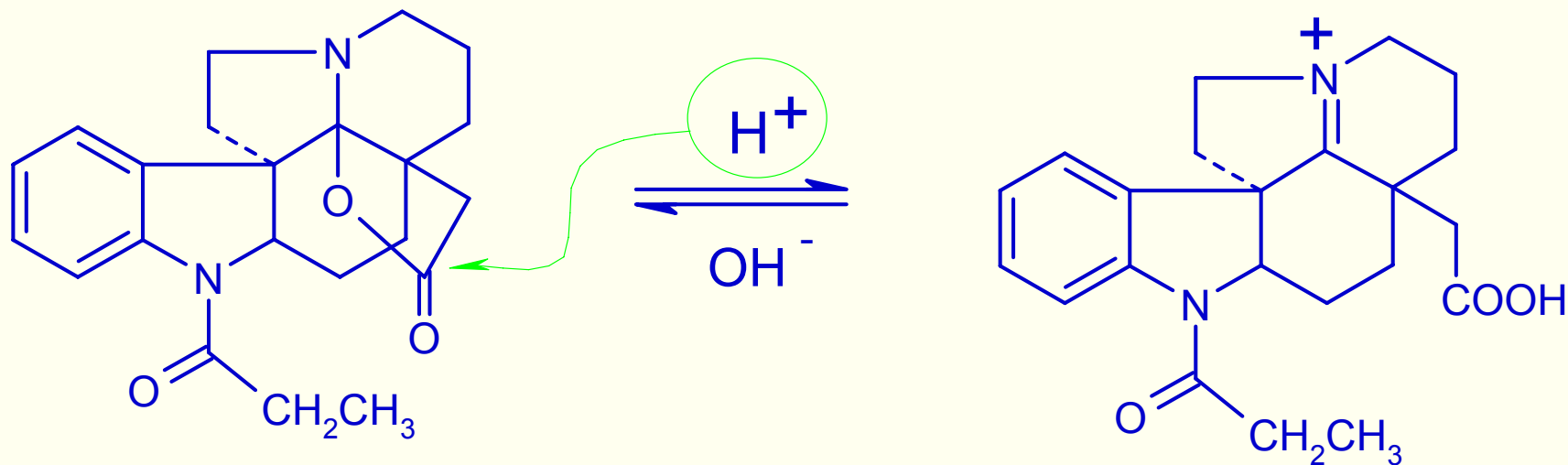


质子与OH⁻结合成水

2.含氮杂缩醛Alk的成盐



质子与RO⁻结合成H-OR(醇或水)

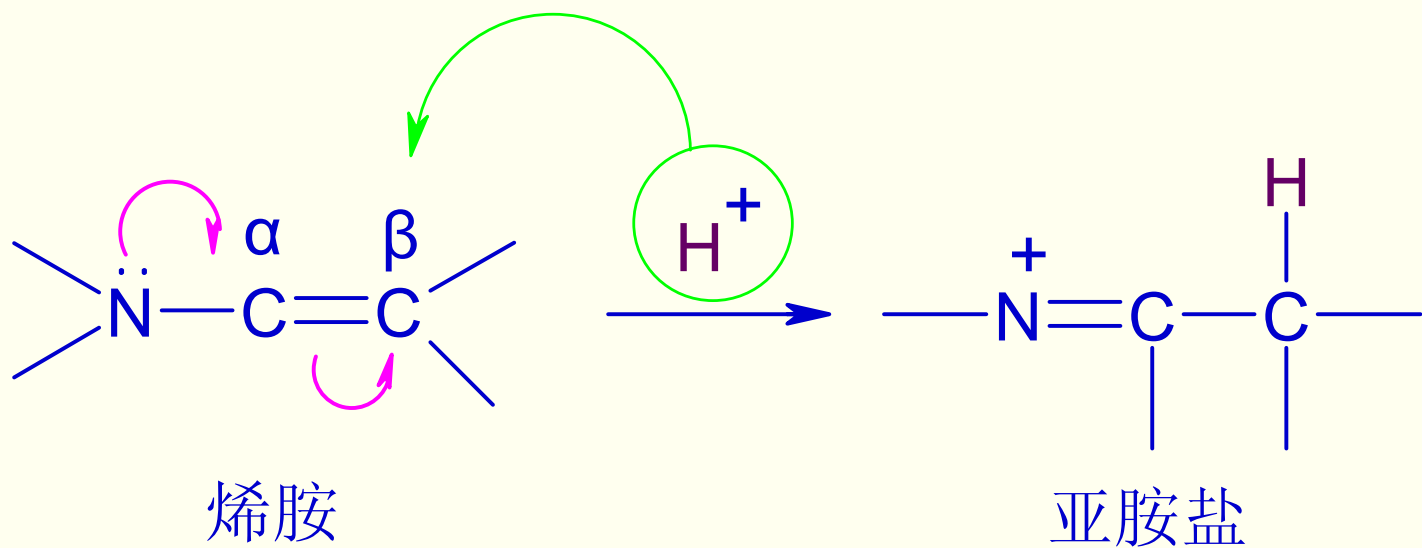


斯米生

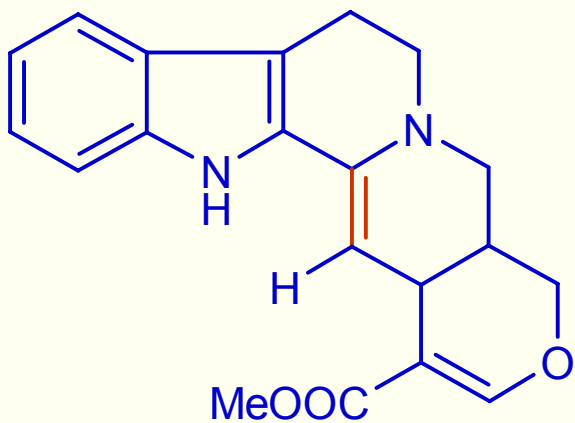
(亚胺盐)

(内脂环开裂，质子与 COO^- 结合)

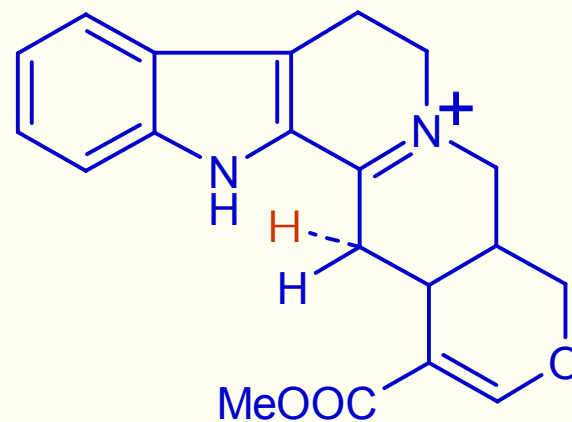
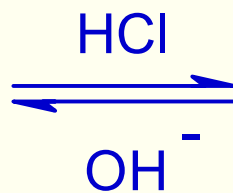
3.具有烯胺结构Alk的成盐



Alk质子化多在 β 碳上，而非氮原子

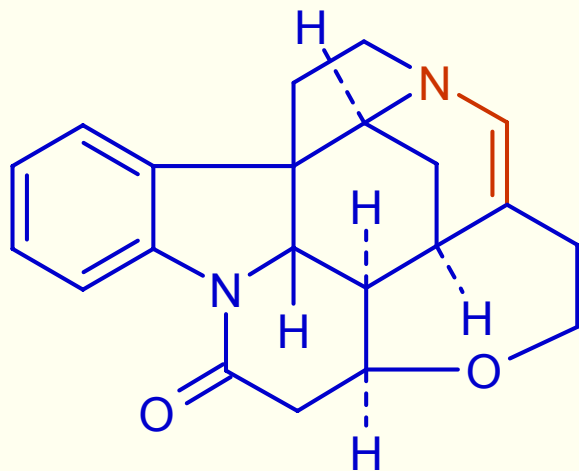


二氢奥斯冬宁



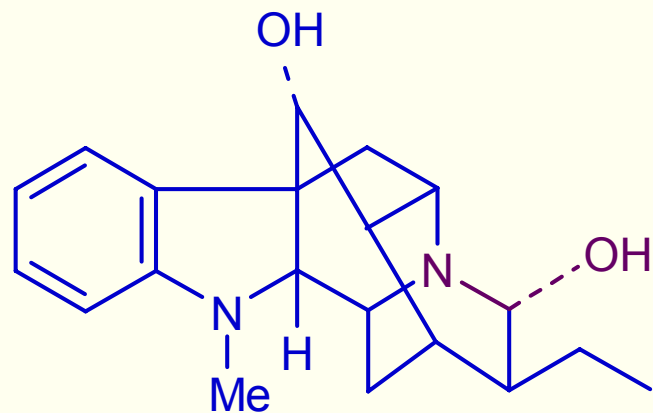
亚胺盐

*稠环桥头N原子不能形成亚胺形式的盐。



新士的宁

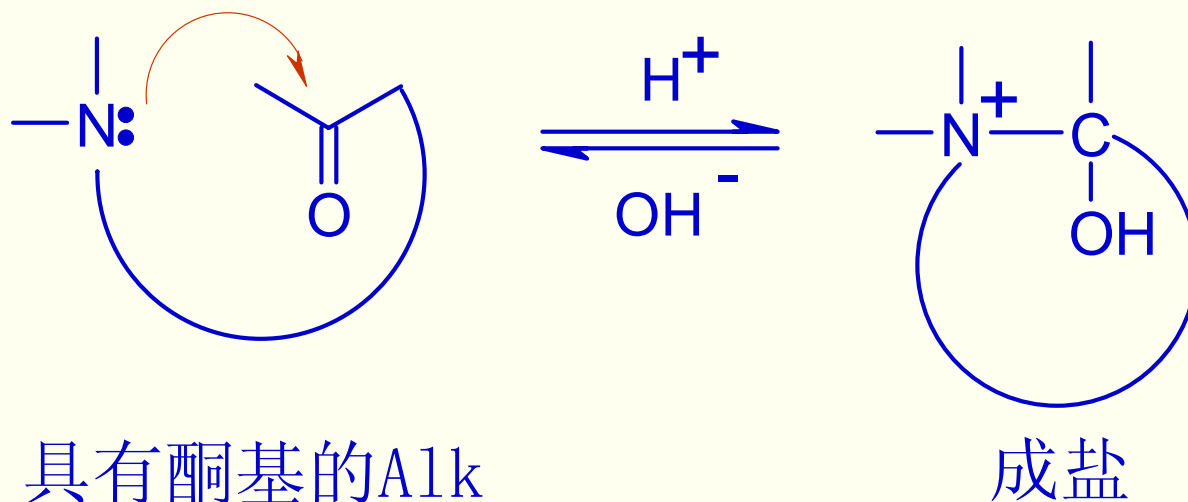
有烯胺结构



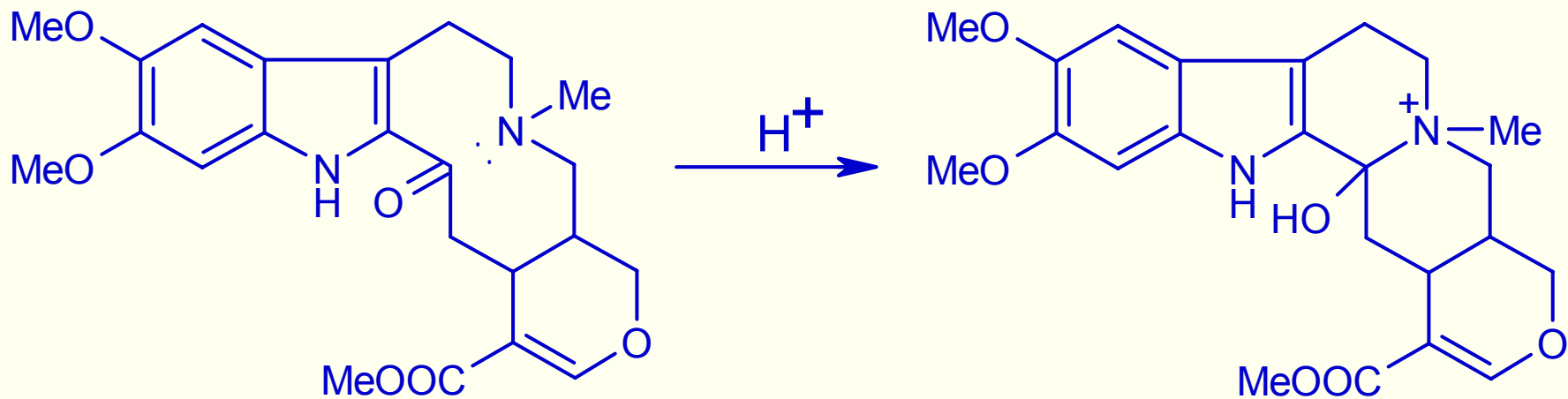
阿马林碱

含氮杂缩醛结构

4. 涉及氮原子跨环效应Alk的成盐



N原子孤电子对空间上靠近酮基时，则产生跨环效应



二甲氧基皮拉菲林
dimethoxy picraphylline

产生跨环效应生成的盐

（五）沉淀反应

用途：

鉴别——试管法、TLC或PPC显色剂；

提取分离——检查是否提取完全。

主要内容：

- 1.沉淀试剂
- 2.反应原理
- 3.反应条件
- 4.结果判断

1、沉淀试剂

金属盐类

碘-碘化钾 (Wagner) KI-I_2 棕褐色沉淀

碘化铋钾 (Dragendoff) $\text{BiI}_3\cdot\text{KI}$ 红棕色沉淀

碘化汞钾 (Mayer试剂) $\text{HgI}_2\cdot 2\text{KI}$ 类白色沉淀

若加过量试剂，沉淀又被溶解

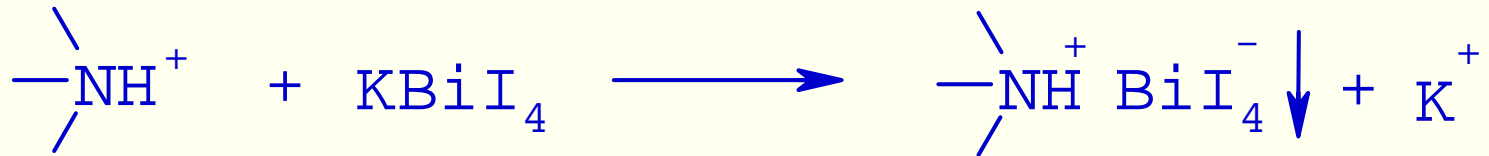
酸类——**硅钨酸**(Bertrand试剂) $\text{SiO}_2 \cdot 12\text{WO}_3$ 乳白色

酚酸类——**苦味酸**(Hager试剂) 2,4,6-三硝基苯酚 黄色

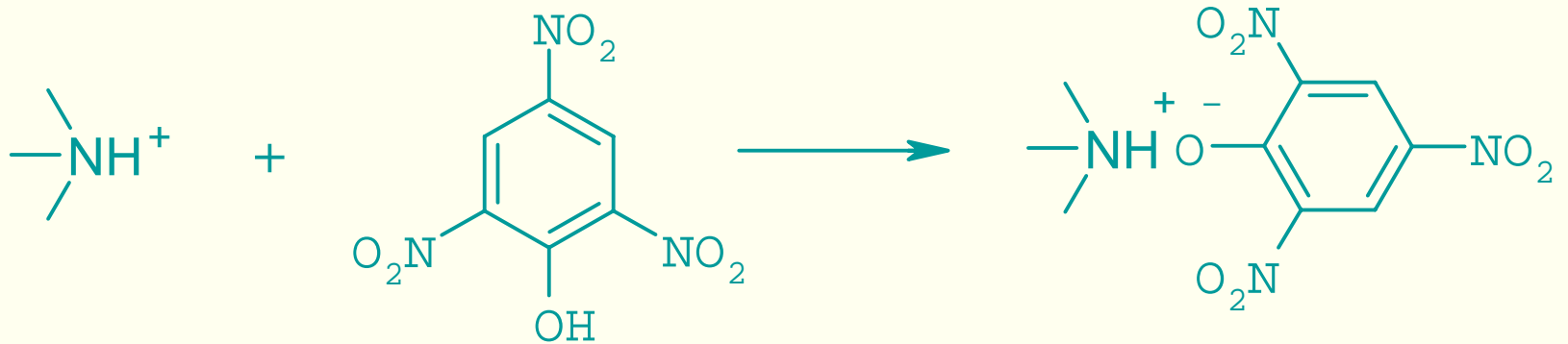
复盐——**雷氏铵盐**(Ammoniumreineckate) 硫氰酸铬铵

试剂生成难溶性复盐 紫红色

2.反应原理：生成复盐和络盐



生物碱盐 碘化铋钾



生物碱盐 苦味酸

3.沉淀反应条件

- (1) 通常在酸性水溶液中生物碱成盐状态下进行；
(若在碱性条件下则试剂本身将产生沉淀)
- (2) 在稀醇或脂溶性溶液中时，含水量>50%；
(当醇含量>50%时可使沉淀溶解)
- (3) 沉淀试剂不易加入多量。
(如：过量的碘化汞钾可使产生的沉淀溶解)

4.结果的判断

(1) 鉴别时每种Alk需采用三种以上沉淀试剂；

(沉淀试剂对各种Alk的灵敏度不同)

(2) 直接对中药酸提液进行沉淀反应，则

阳性结果——不能判定Alk的存在

阴性结果可判断无Alk存在

氨基酸、蛋白质、多糖、鞣质等 + 沉淀试剂——

沉淀

(六) 显色反应

◆ Labat反应

5%没食子酸的醇溶液

具有亚甲二氧基结构呈翠绿色

◆ Vitali反应

发烟硝酸和苛性碱醇溶液

结构中有苄氢存在则呈阳性反应

深紫—暗红—最后颜色消失

（七）C-N键的裂解反应（基本骨架的测定）

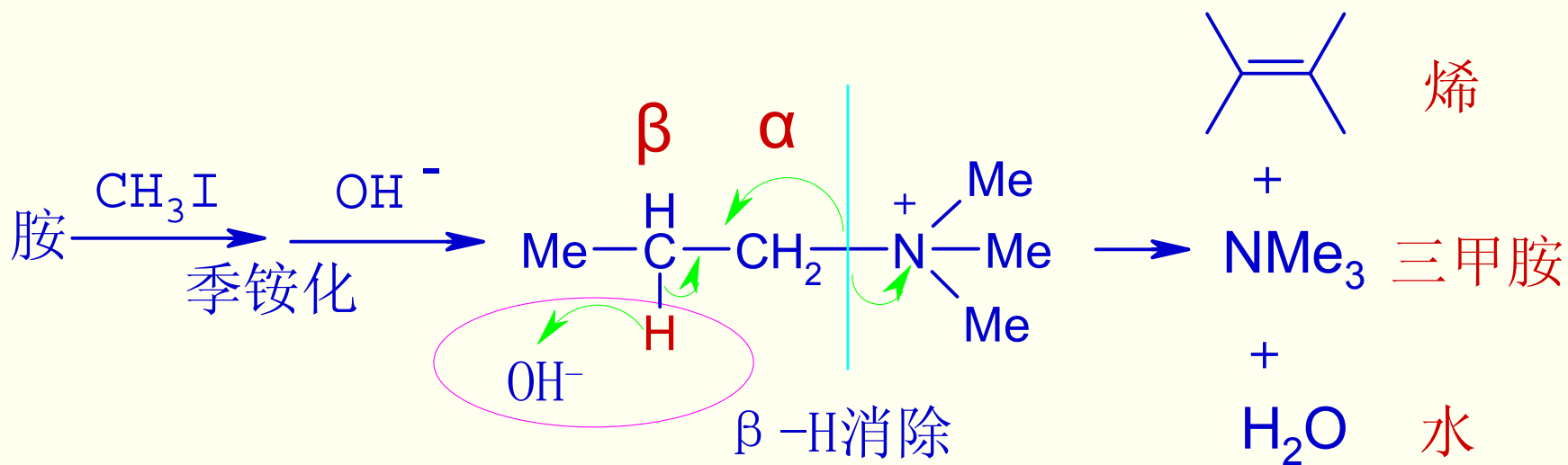
1.霍夫曼降解（Hofmann degradation）

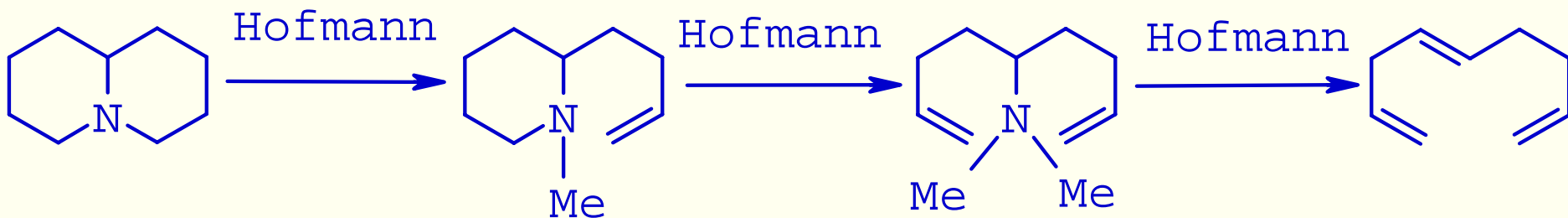
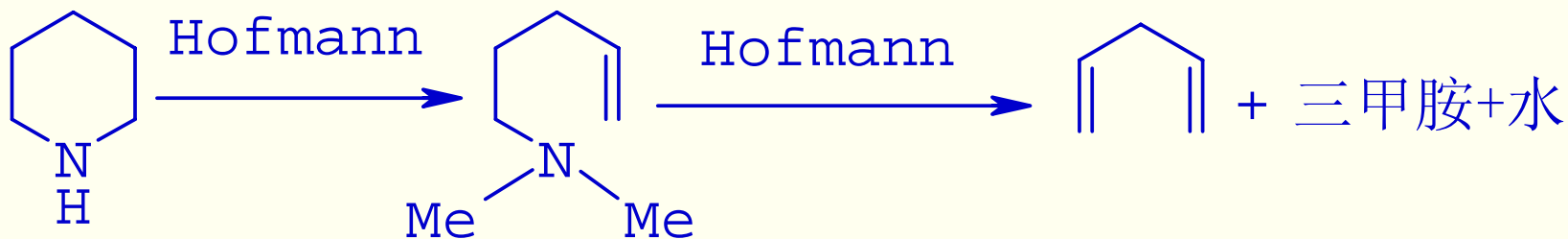
2.Emde降解反应（Emde degradation）

3.von Braun三级胺降解

（von Braun ternary amine degradation）

1. 霍夫曼降解 (Hofmann degradation)





根据生成物烯的双键数目，可推测生物碱中氮原子的结合状态。

反应条件:

N原子的 β 位具有H;

β 位连电负性基团（苯），Hofmann不

脱去三甲胺。

第四节 提取分离

(一) 提取

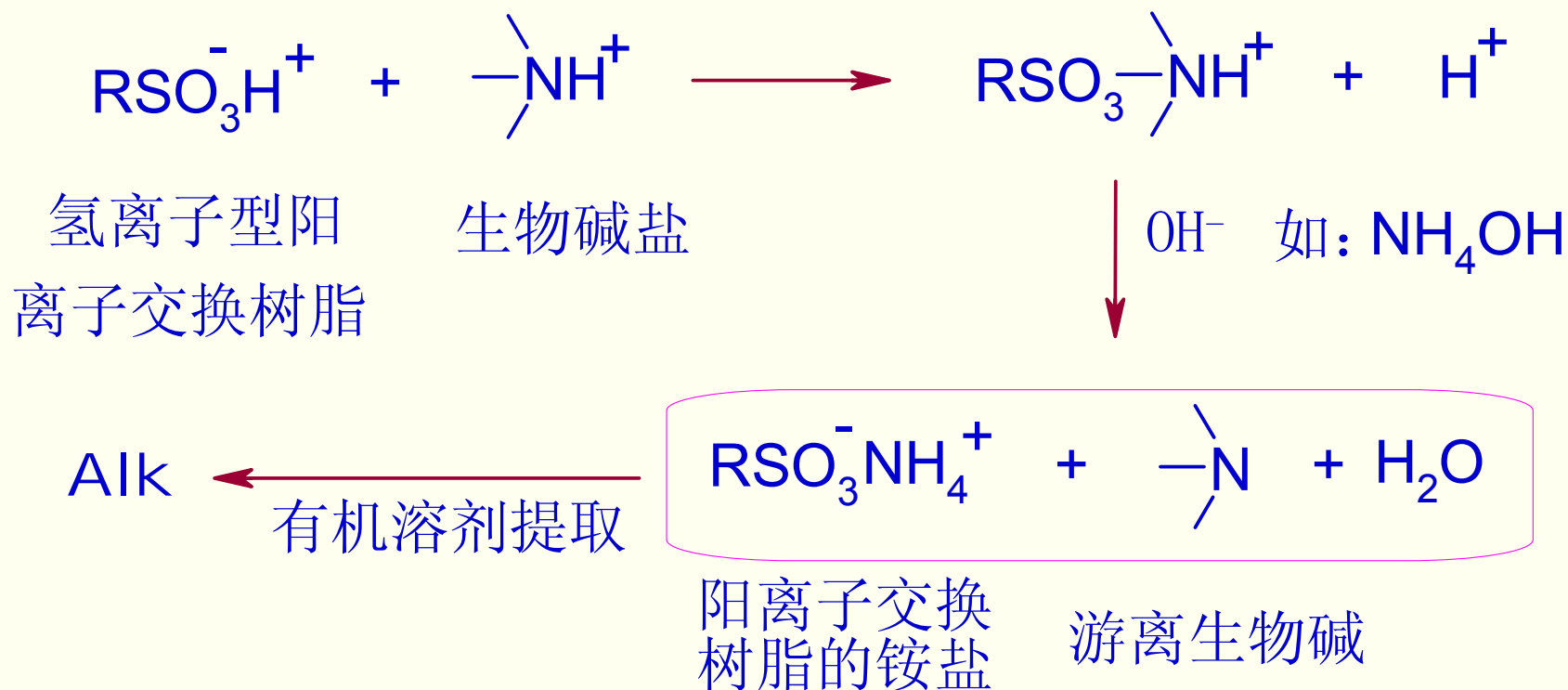
1. 酸水提取法

2. 醇类溶剂提取法

3. 与水不相混溶的有机溶剂提取法

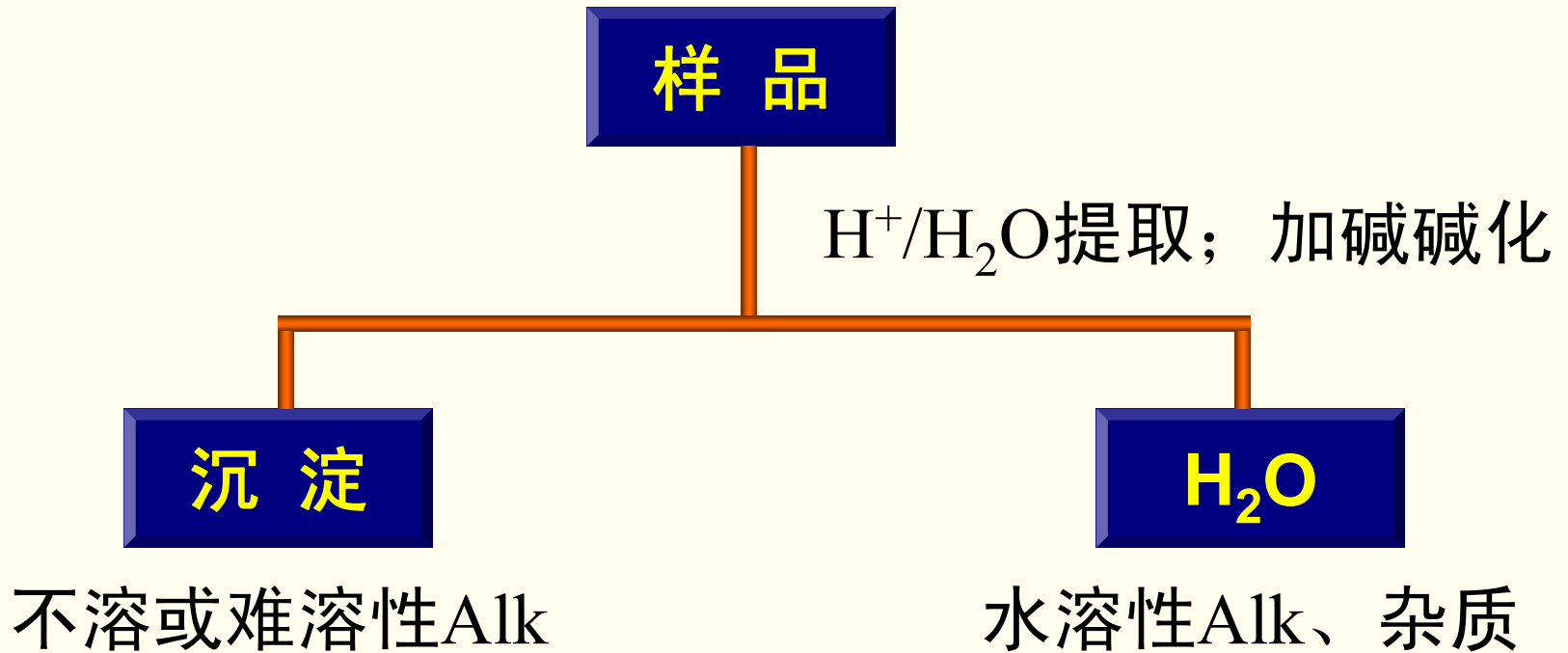
1. 酸水提取法

(1) 离子交换树脂法：酸水提取液通过离子交换树脂



(2) 沉淀法

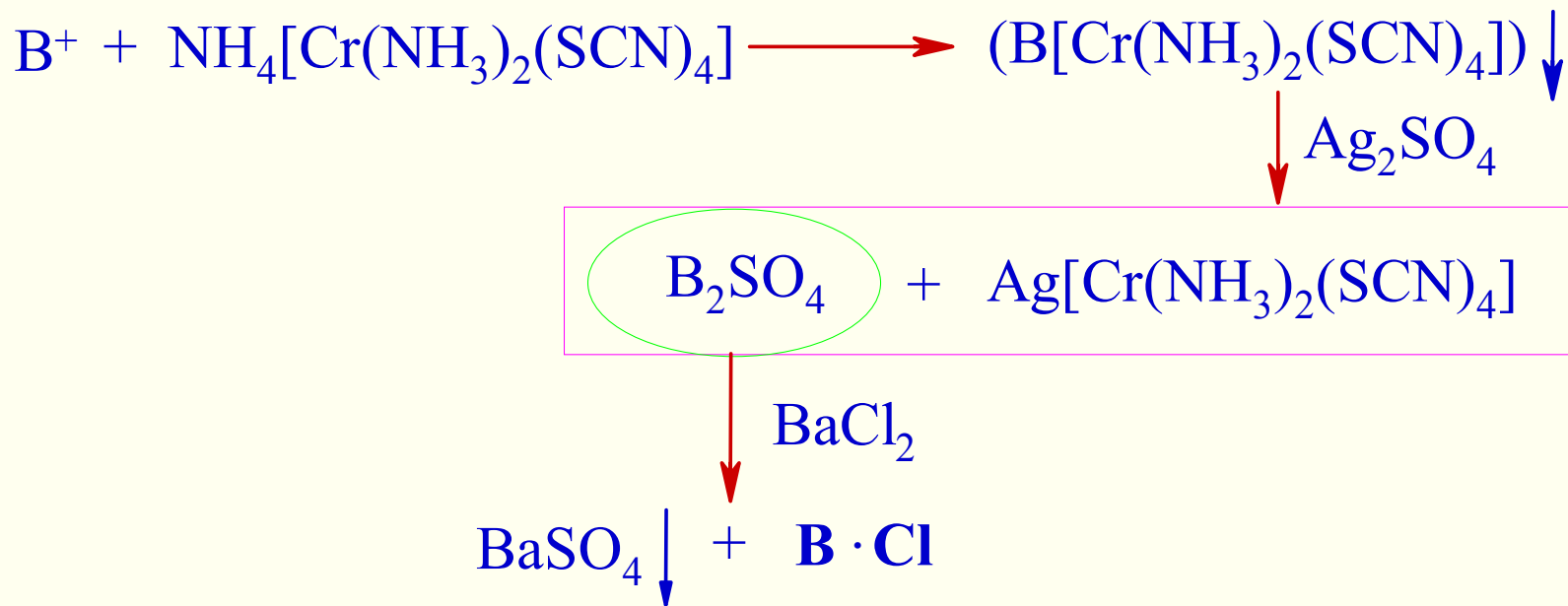
①酸提碱沉法：适用于碱性弱的生物碱



②盐析法：适用中等弱碱。



③雷氏铵盐沉淀法：适用于季铵碱



季铵碱的水溶液

加酸水调至弱酸性
加新配制的雷氏铵盐饱和/ H_2O

沉淀 (雷氏复盐)

水溶液

溶丙酮 (乙醇) 中
加 Ag_2SO_4 饱和水溶液

雷氏铵盐沉淀

滤液 (B_2SO_4)

加入氯化钡 ($BaCl_2$)

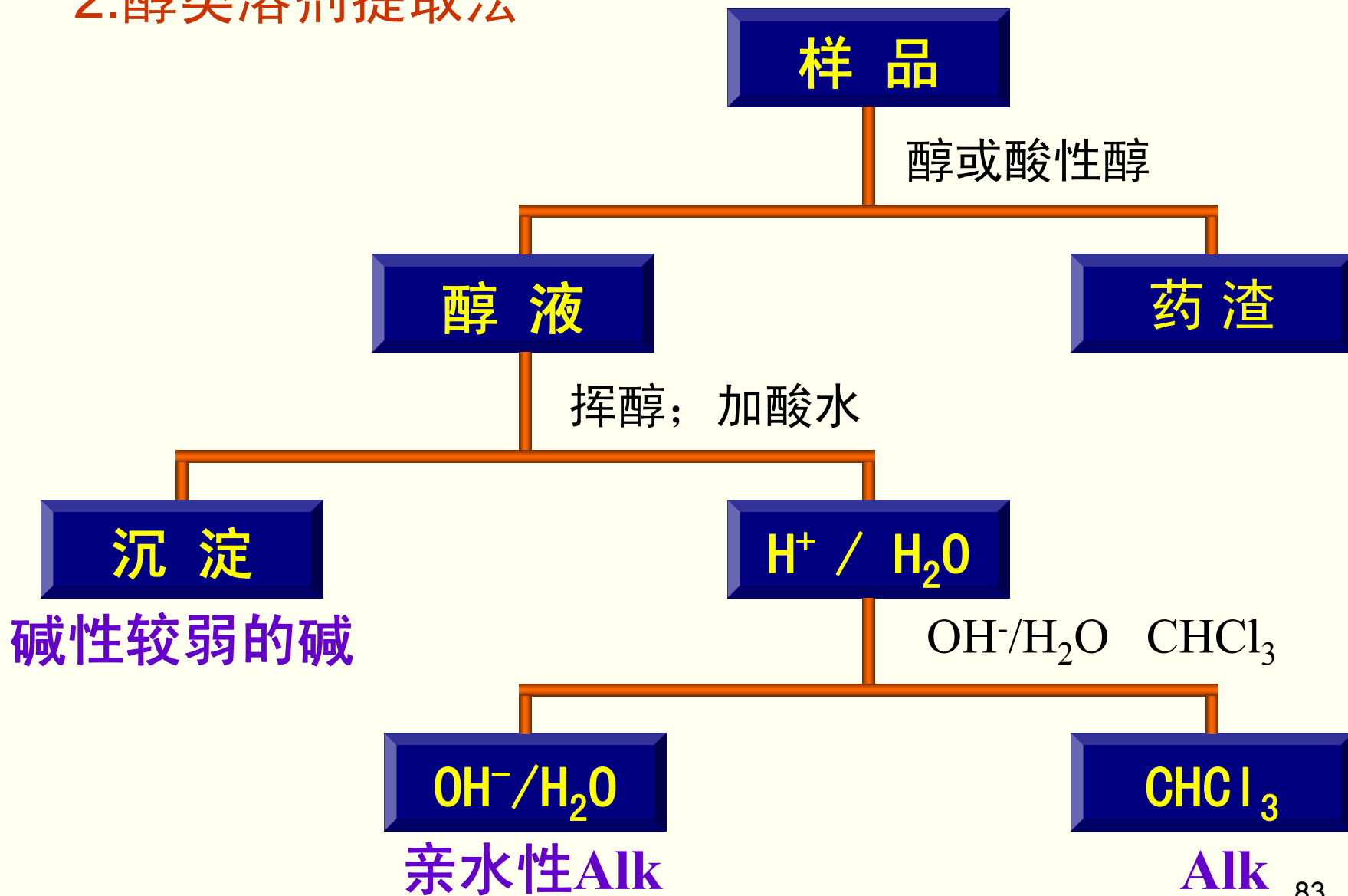
沉 淀

滤 液

硫酸钡沉淀

季铵碱的盐酸盐

2.醇类溶剂提取法



3. 与水不相混溶的有机溶剂提取法



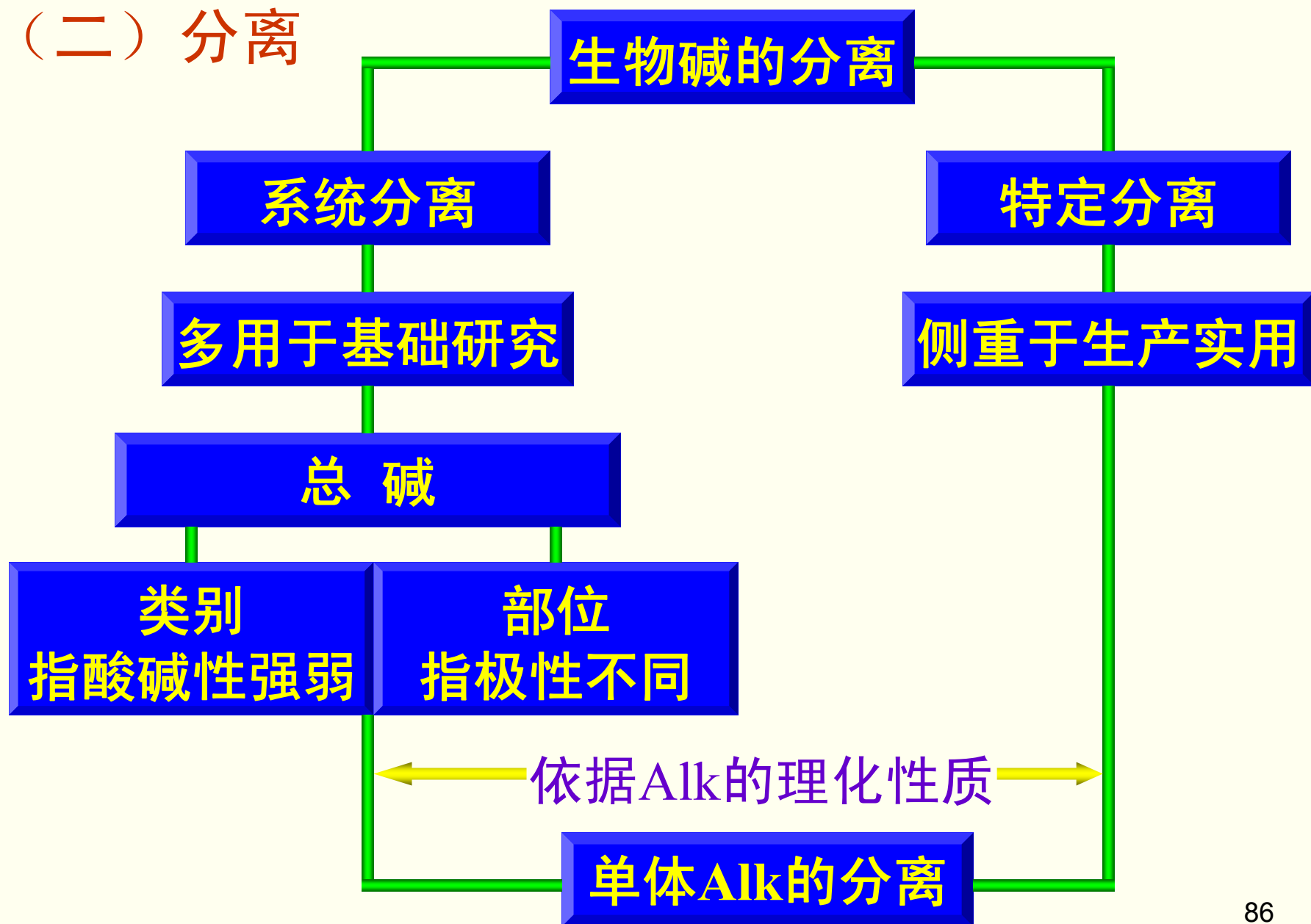
(二) 分离

溶解性——重结晶法

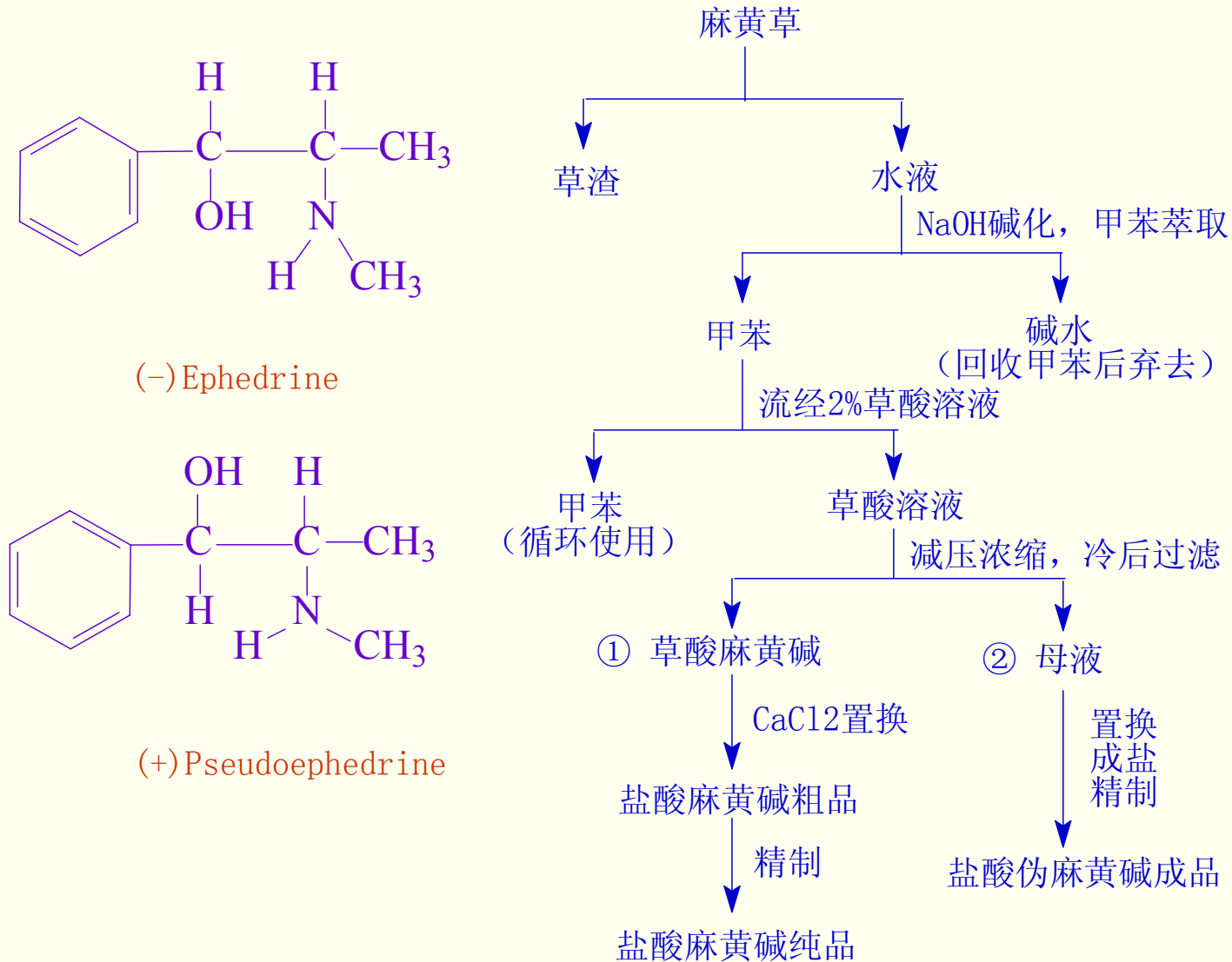
碱性强弱——pH梯度萃取

色谱法

(二) 分离



(1)利用生物碱及其盐类的溶解度不同进行分离



(2)利用生物碱碱性强弱不同进行分离

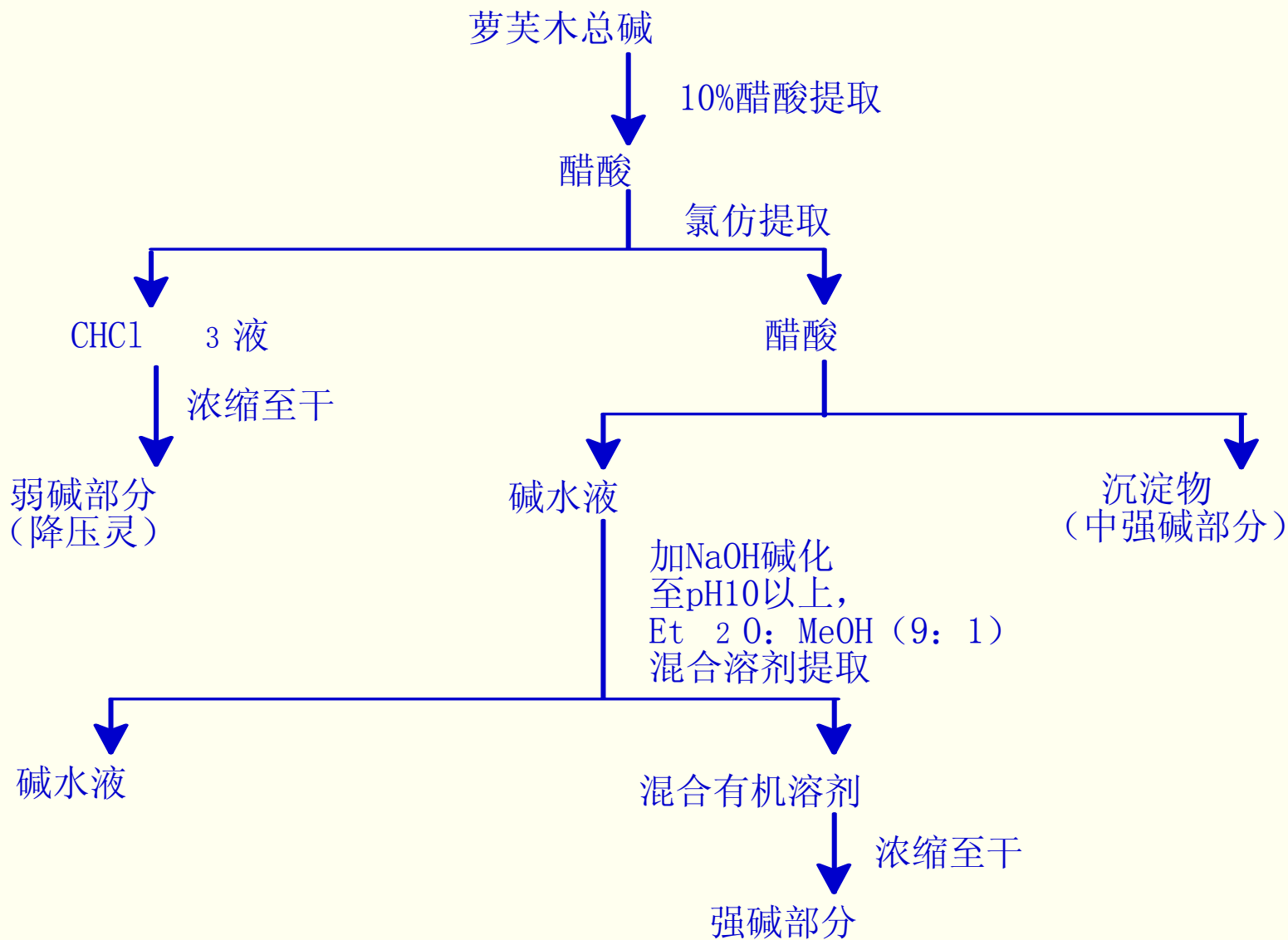
PH梯度分离法

- ①混合物溶于稀酸水，逐渐调碱性，分别用 CHCl_3 萃取

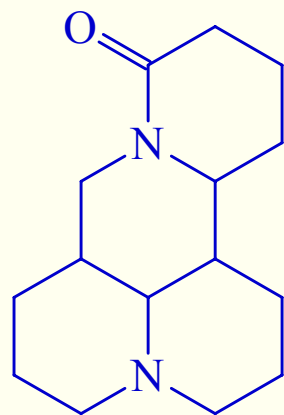
PH由低到高，生物碱碱性由弱到强

- ②混合物溶于 CHCl_3 中，用缓冲液依次萃取

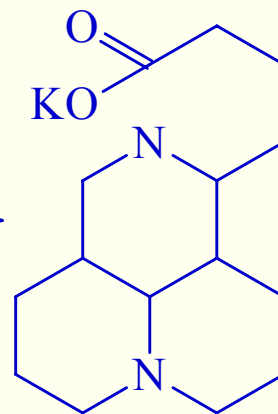
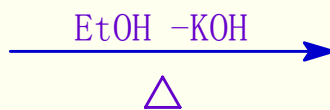
PH由高到低，生物碱碱性由强到弱



(3)利用生物碱的特殊功能团性质进行分离:



苦参碱

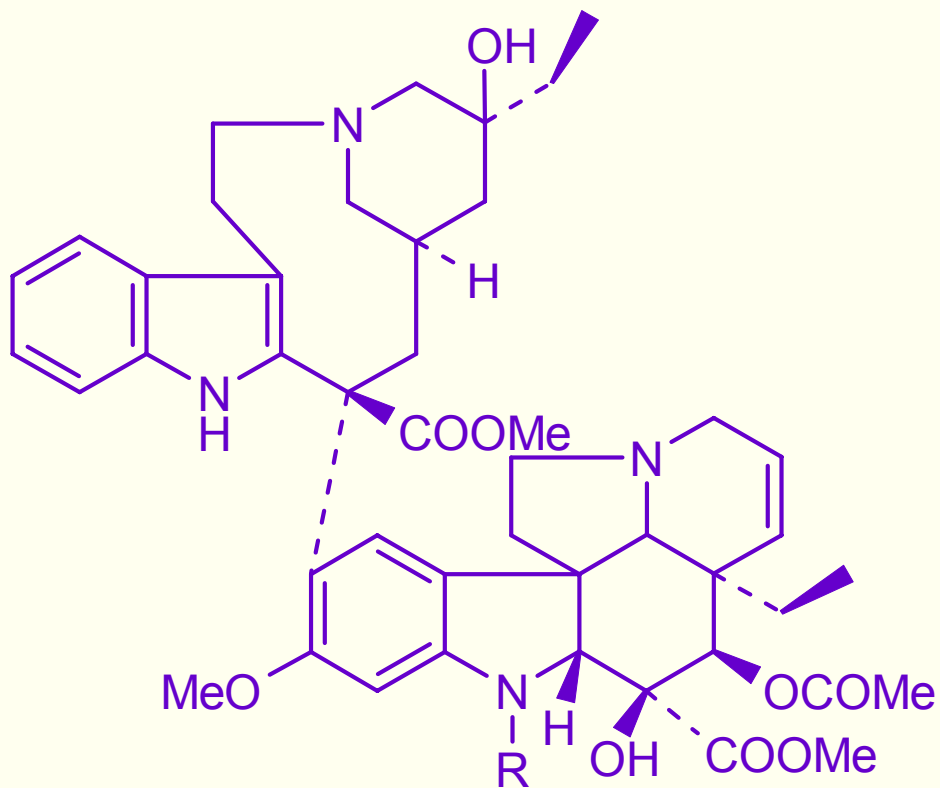


苦参碱酸钾 (溶于水中)

(5) 色谱法

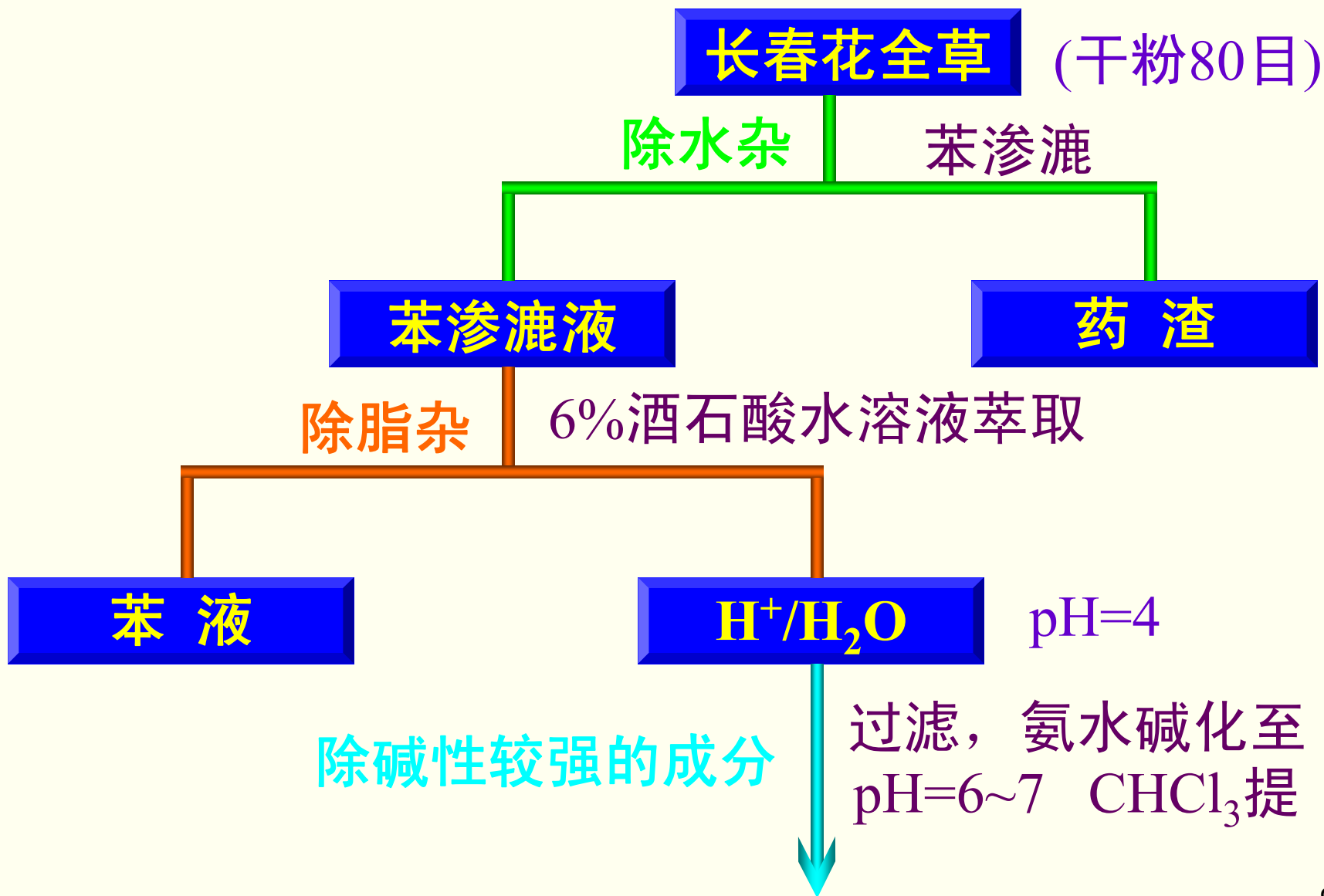
- » 常用氧化铝作吸附剂
- » 硅胶柱：展开剂中一般加少量二乙胺等碱性试剂；
- » 大孔树脂
- » Sephdex-LH20
- » 各种加压柱：低压柱、中压柱、制备性HPLC等；

提取分离实例——长春碱与长春新碱

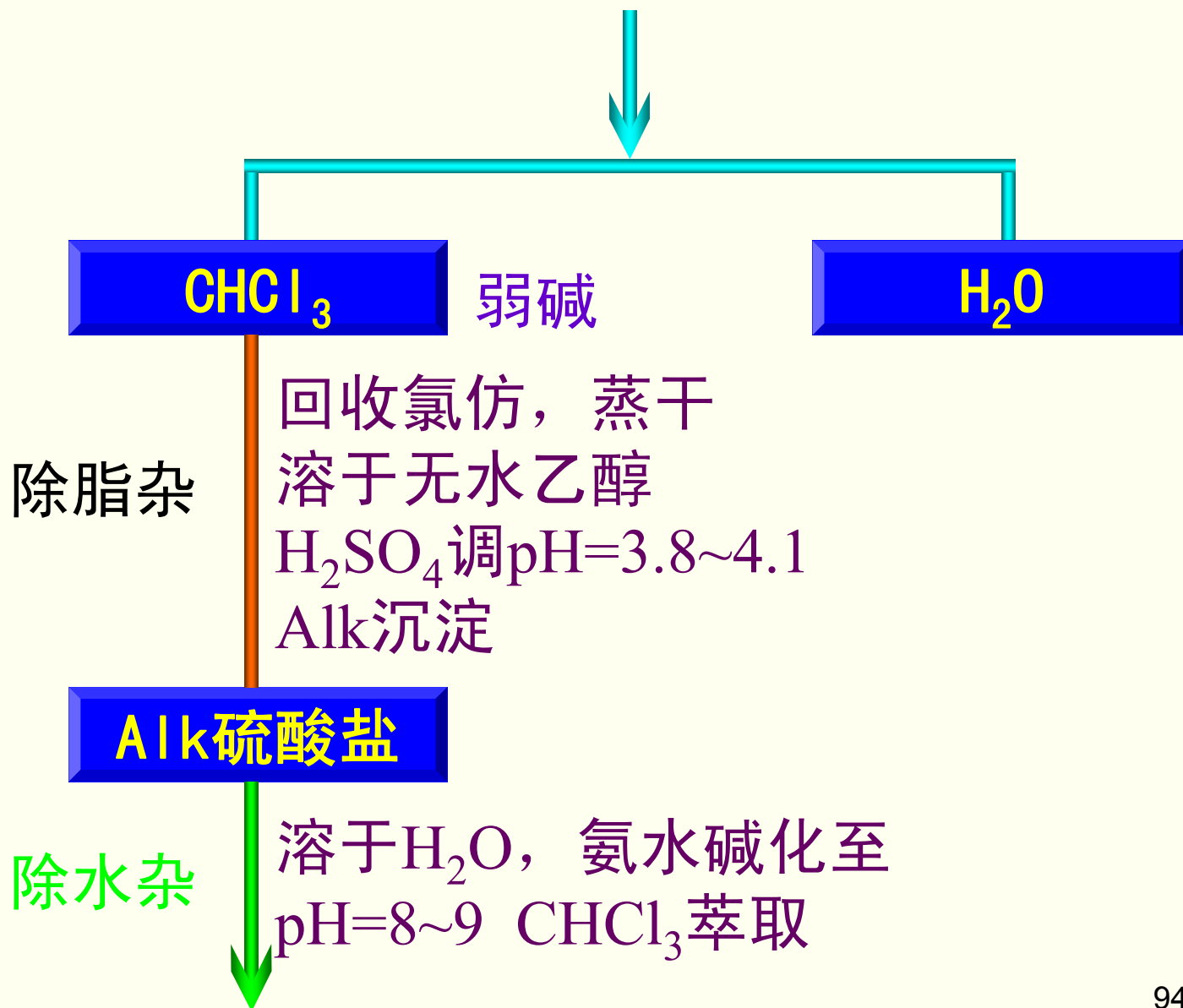


长春碱 $R = -CH_3$

醛基长春碱 $R = -CHO$



精制





CHCl₃

H₂O

回收氯仿

游离Alk

色谱分离

溶于苯:氯仿(1:2)液中
通过Al₂O₃吸附柱
用苯:氯仿(1:2)洗脱

长春碱

醛基长春碱

第五节 生物碱的结构鉴定与测定

(一) 色谱法

1. 薄层色谱法

2. 纸色谱法

与对照品共薄层，与文献报道的数据进行对照。

测定理化常数（如：熔点），测定其衍生物的理化数据等来鉴定生物碱。

(二) 谱学法

紫外光谱、红外光谱、质谱、核磁共振

UV——反映分子中所含共轭系统情况；

IR——利用特征吸收峰，鉴定结构中主要官能团；

NMR——各种技术图谱测定结构；

MS——依据文献，结合主要生物碱类型的质谱特征进行解析。

一、光谱法在生物碱的结构鉴定与测定中的应用

(一) 紫外光谱

- 当生色团（羰基、双键、苯基和硝基等）在生物碱的**整体结构中**时，UV可以反映其骨架类型特征，对其骨架类型的判断和推定有重要作用。如：吡啶、喹啉、氧化阿朴菲等。

- 若生色团仅是连接在生物碱的母核上或侧链上时，其UV对判断其母核类型的作用十分有限。不同类型的生物碱具有相同或相似的UV谱，不能由UV谱推断生物碱的骨架类型。如托品类、苄基四氢异喹啉类、二氢吲哚类等。

(二) 红外光谱

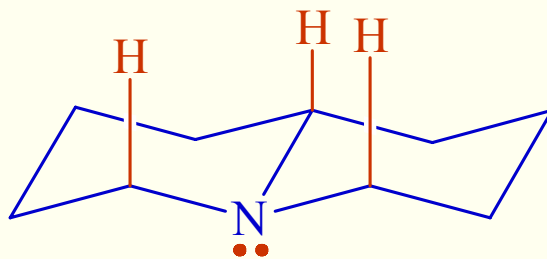
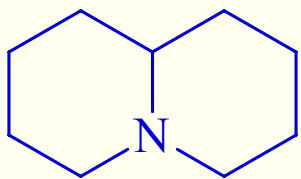
1. 酮基的吸收

有跨环效应时，酮基吸收在 $1660-1690\text{cm}^{-1}$

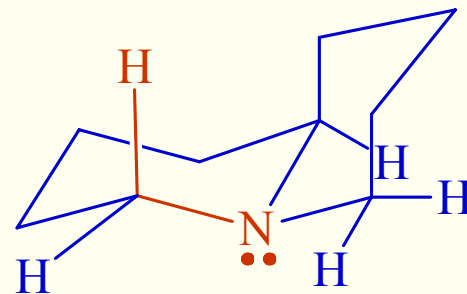
2. Bohlmann吸收带

在反式喹诺里西丁环中，凡氮原子邻碳上的氢有二个以上与氮孤电子对呈反式双直立关系者，且氮孤电子不参与共轭时，则在 $2800-2700\text{cm}^{-1}$ 区域有2个以上明显的吸收峰，而顺式异构体则此峰极弱。

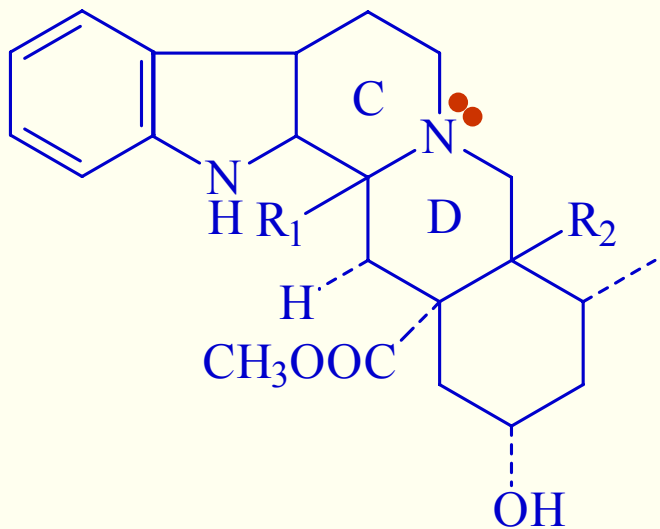
(1)二个以上与氮孤电子对呈反式双直立氢



顺式



反式



$R_1=R_2=\alpha H$

C/D环反式，有三个反式氢

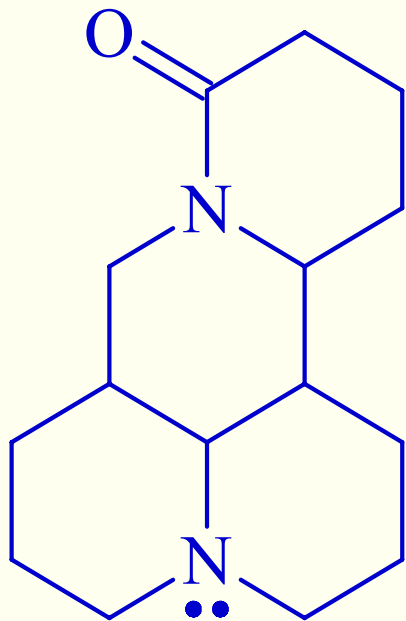
有Bohmann带

$R_1=R_2=\beta H$

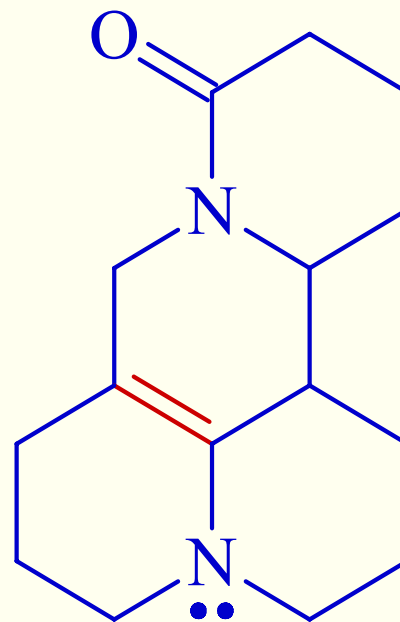
C/D环顺式，只有一个反式氢

无Bohmann带

(2) 氮孤电子不参与共轭



有Bohmann带



无Bohmann带

注意点:

(1)在氯仿溶液中测定时，多为二个峰；用KBr压片时，多为一簇峰；

(2)含有喹诺里西丁环的生物碱结构类型：

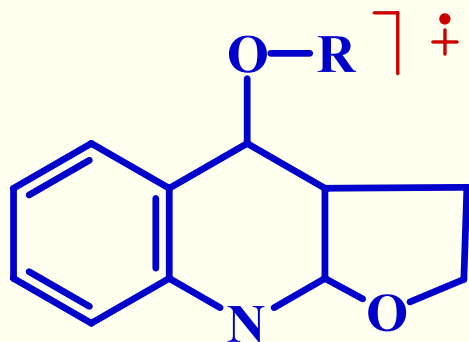
喹诺里西丁类、吐根碱类、吲哚碱类中的柯南因-阿马利新类和育亨宾类、异甾碱中原介藜芦碱类和西藜芦碱类；

(三)质谱

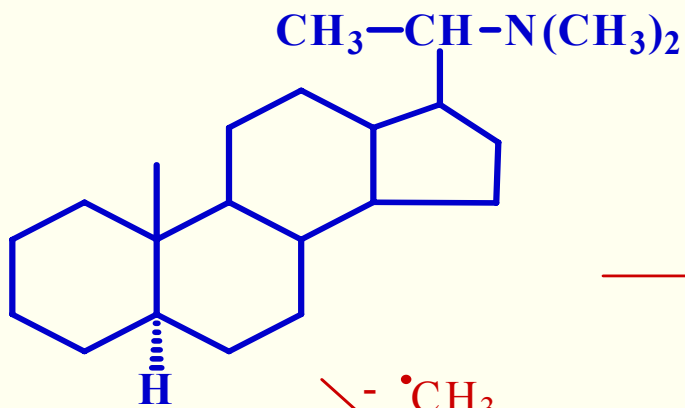
1.难于裂解或由取代基或侧链的裂解产生特征离子。

包括：a.由芳香体系组成分子的整体或主体结构生物碱，如：喹啉类、4-奎酮类等。

b.具有环系多、分子结构紧密的生物碱。如吗啡碱、秋水仙碱、取代氨基甾体生物碱类。



4-奎酮类



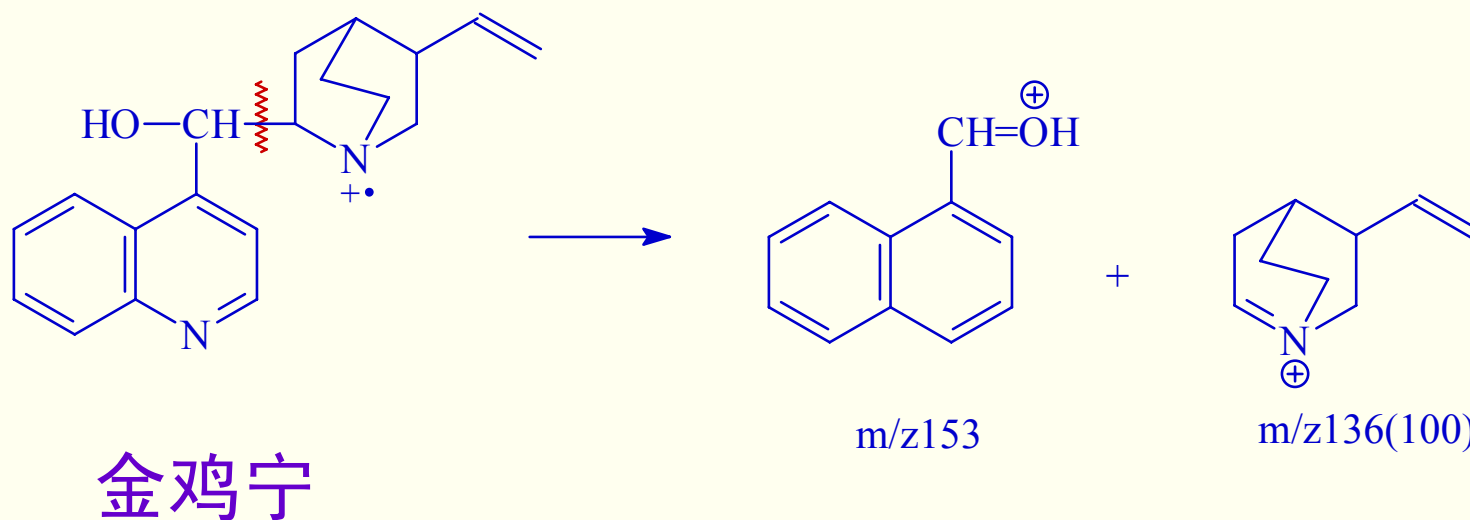
m/e 72 (100%)

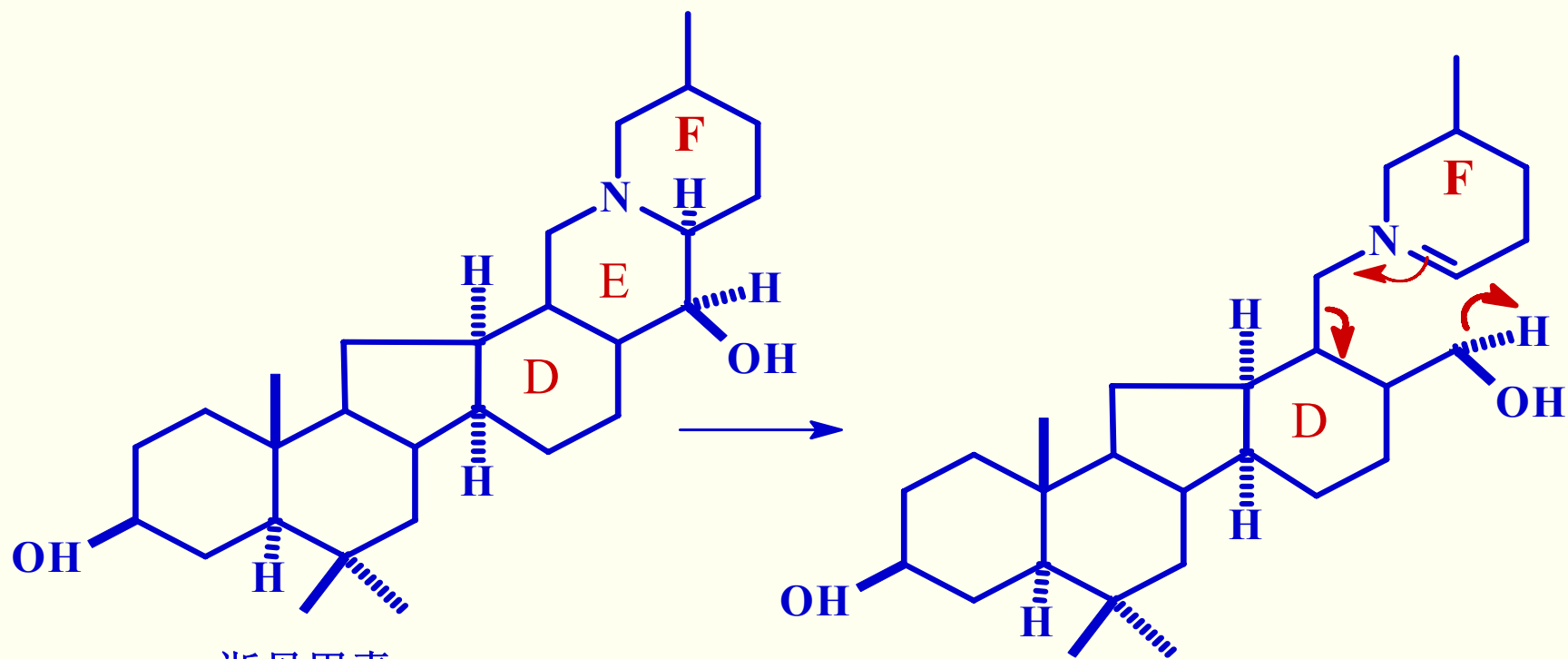
m/e 332 (M-15)

丰土那明丙素

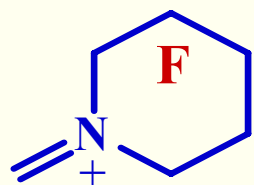
2. 主要裂解受氮原子支配

以N原子为中心的 α 裂解（涉及骨架裂解）—生成的含N部分多为基峰或强峰，该裂解方式对生物碱基本骨架的测定有重要意义
如金鸡宁类、甾体生物碱类等。





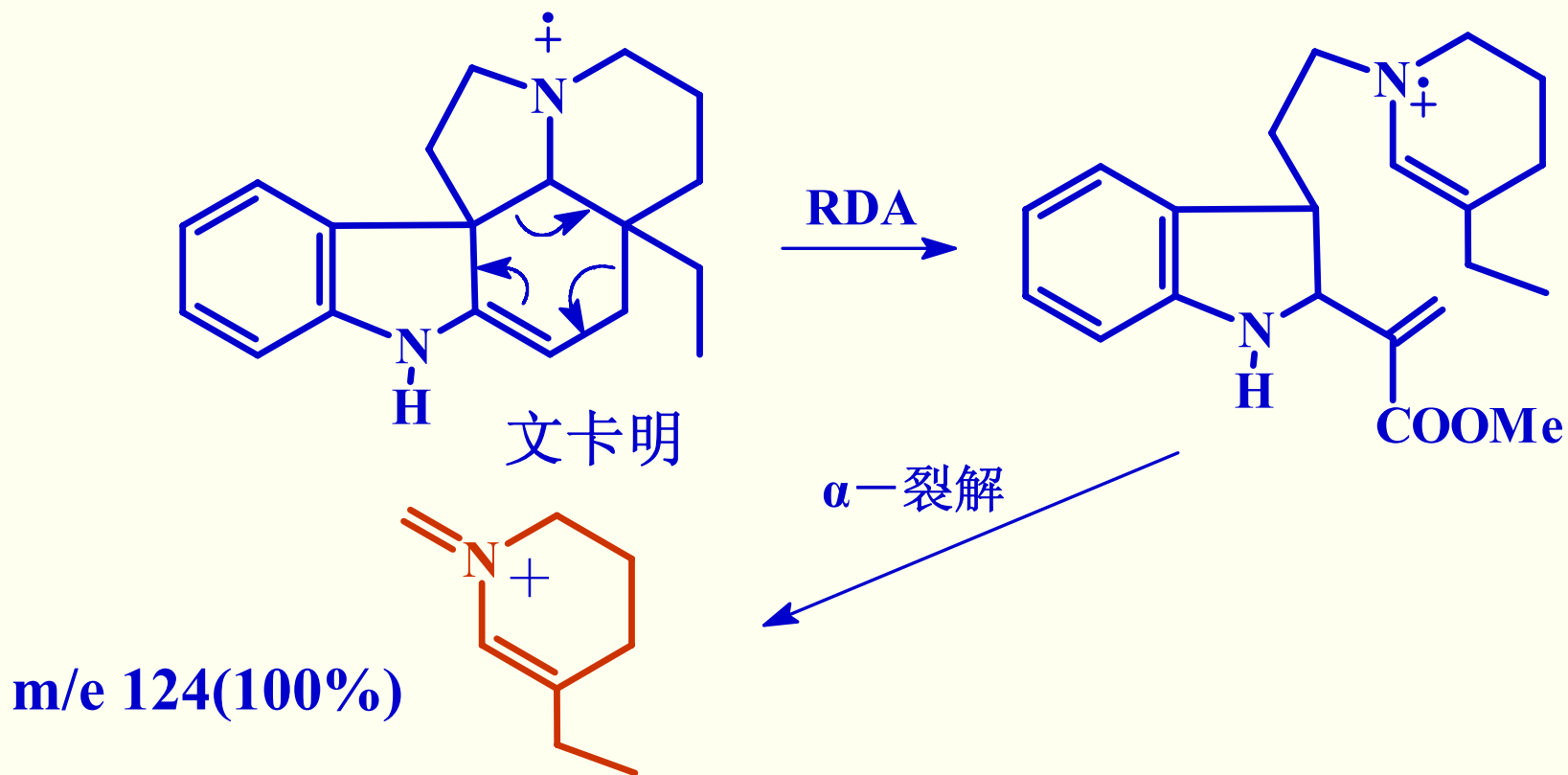
浙贝甲素



m/e 112(100%)

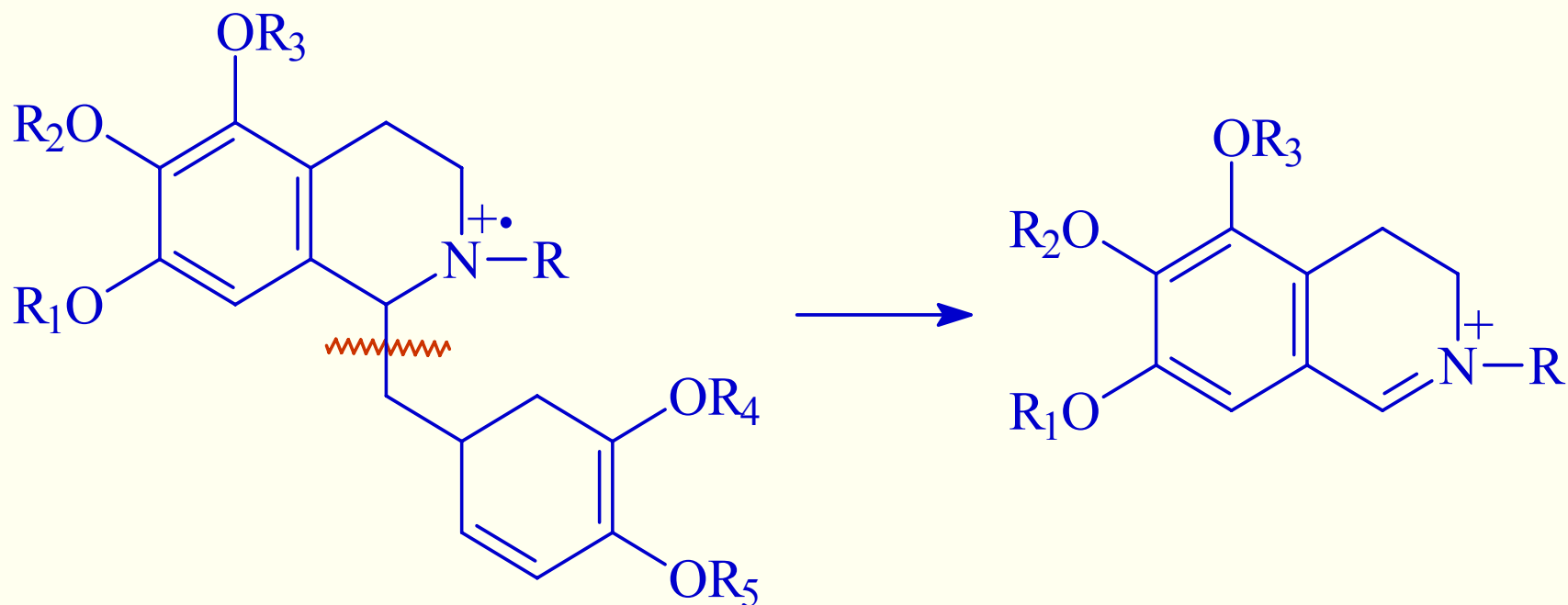
3. 主要由RDA裂解产生特征离子

主要包括含四氢β-卡波林结构的生物碱及无N-烷基取代的阿朴菲类等。



4. 主要由苄基裂解产生特征离子

代表化合物：苄基四氢异喹啉类、双苄基四氢异喹啉等。



(四) 核磁共振谱

• 1、 $^1\text{H-NMR}$

- 通过分析 δ 、J值、裂分情况等多种参数，来确定H的化学环境、个数以及空间位置等。

生物碱品种繁多，但同类型的生物碱的 $^1\text{H-NMR}$ 谱有规律可循；因此要深刻了解其结构的规律，方能进行 $^1\text{H-NMR}$ 解析。

$^{13}\text{C-NMR}$ 在生物碱结构测定中也十分重要，可以通过C的个数和类型等信息来确定化合物分子的骨架类型和立体构型。

小结

- 第一节 概述

掌握生物碱的定义和存在形式

- 第二节 生物碱的分类

掌握生物碱的主要结构类型

- 第三节 生物碱的理化性质
- 1.掌握生物碱的形态、颜色、旋光性及生物碱和生物碱盐的溶解性及其应用
- 2.掌握生物碱常用的沉淀反应和显色反应及其在鉴定当中的应用。
- 3.掌握生物碱的碱性，碱性强弱与生物碱分子结构的关系及其在提取分离中的应用。

- 第四节 生物碱的提取分离
- 掌握生物碱提取的一般原理和方法
- 第五节 生物碱结构鉴定与测定
- 了解生物碱的结构鉴定方法

The End