• 综述 •

药用蛋白水解酶在天然药物研究和生产中的应用进展

李婷菲, 于荣敏*

(暨南大学药学院, 广东 广州 510632)

摘要:蛋白水解酶作为一种生物催化剂,是应用最早、效益最显著、研究十分活跃的领域之一。尤其近年来,蛋白水解酶在中药及天然药物提取分离和生物活性肽生产方面,由于其作用条件温和、收率高等优点而被广泛研究和应用。详述药用蛋白水解酶的类型、专一性及其在天然药物和新药开发研究中的应用和进展,并提出了探索性展望。

关键词:蛋白水解酶;天然药物;生物活性肽

中图分类号:R282. S816

文献标识码:A

文章编号:0253-2670(2006)06-0944-04

Pharmaceutical proteolytic enzymes and their perspective of application to research and production in natural medicines

LI Ting-fei, YU Rong-min

(College of Pharmacy, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Key words: proteolytic enzymes; natural medicines; bioactive peptides

蛋白水解酶(proteolytic enzyme)有时也称为蛋白酶(protease 或 proteinase),是指用于切断蛋白质分子内部肽键,使蛋白质分子变成小分子多肽或氨基酸的内切(肽)酶,是目前医药行业中应用最广的一类酶。蛋白水解酶在工农业和医药生产上有着广泛的应用。在临床上常用作消化酶、消炎酶,如用胰蛋白酶、胰凝乳蛋白酶、菠萝蛋白酶等治疗炎症和浮肿疾患,以清除坏死组织;还可用于加工业,如用相应的蛋白酶生产氨基酸,用无色杆菌来源的蛋白酶或胰蛋白酶水解、更换猪型胰岛素 B 链羧基端的 Ala 为 Thr,使之改造为人型胰岛素。

此外,近年来对活性肽的独特生理功能的研究与发现使得人们对蛋白水解酶的研究和应用更加关注。本文综述了药用蛋白水解酶的类型、专一性及其在天然药物和新药开发研究中的应用和进展。

1 蛋白水解酶的类型

1.1 来自微生物的蛋白水解酶:主要分为细菌产生的蛋白酶、霉菌产生的蛋白酶、酵母产生的蛋白酶和放线菌产生的蛋白酶。细菌类蛋白酶主要由枯草杆菌等芽孢杆菌产生,一般是中性或碱性蛋白酶。如由地衣芽孢杆菌 *Bacillus licheniformis* (Weigmann) Chester emend. Gibson 发酵产生的碱性蛋白酶 Alcalase,芽孢杆菌 *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn 发酵产生的内肽蛋白酶 Corolase 7089^[1]等。霉菌可产生 3 种蛋白酶,如米曲产生的蛋白酶以中性和碱性为主,黑曲则主要产生酸性蛋白酶。酵母菌产生的一般是胞内蛋白

酶,放线菌产生的是中性和碱性蛋白酶。

1.2 来自动物的蛋白水解酶:来自动物消化道的蛋白酶包括胰蛋白酶(trypsin)、胃蛋白酶(pepsin)、胰凝乳蛋白酶(糜蛋白酶, chymotrypsin);来自血液的蛋白酶有凝血酶(thrombin)。此外,还有透明质酸酶等。

1.3 来自植物的蛋白水解酶:来自植物的蛋白酶主要有木瓜蛋白酶(papain)、菠萝蛋白酶(bromelin)、无花果蛋白酶(ficin)、木瓜凝乳蛋白酶(chymopapain)等。

根据蛋白酶作用的最适 pH,可将其可分为中性、碱性和酸性蛋白酶;根据其活性部位的特点又可分为巯基蛋白酶、丝氨酸蛋白酶等;也有的蛋白酶含有金属离子,称为金属蛋白酶。

2 蛋白水解酶的专一性^[2]

蛋白水解酶对其水解的肽键相邻的基团有一定的专一性要求。例如,胰蛋白酶要求它的水解肽键的羧基端为碱性氨基酸,如赖氨酸-、精氨酸-;而胰凝乳蛋白酶则要求是芳香族氨基酸,如酪氨酸-、色氨酸-等。表 1 列举了一些蛋白水解酶的专一性要求。

3 蛋白水解酶在中药及天然药物研究和生产中的应用

3.1 蛋白水解酶在中药及天然药物提取分离中的应用:大部分中药材有效成分往往包裹在细胞壁内,在药用植物有效成分提取过程中,当存在于细胞原生质体中的有效成分向提取介质扩散时,必须克服细胞壁及细胞间质的双重阻力。选

收稿日期:2005-12-22

基金项目:广东省科技计划重大专项课题(2004A30505003);广州市科技计划重点课题(2005Z2-E4031)

作者简介:李婷菲(1982-),广东人,硕士在读,研究方向为天然药物活性成分的分离纯化及活性研究。

* 通讯作者 于荣敏 Tel: (020)85223784 E-mail: tyrm@jnu.edu.cn

表 1 常见蛋白水解酶的专一性

Table 1 Specificity of general proteolytic enzymes

酶	来源	作用位点
胰凝乳蛋白酶	胰脏	Tyr-, Trp-, Phe-, Leu-, Met-, Asn-, Gln-
胰蛋白酶	胰脏	Arg-, Lys-
凝血酶	血浆	Arg-
溶血纤蛋白酶	血浆	Lys->Arg-
葡萄球菌蛋白酶(V8)	葡萄球菌	Asp-
枯草杆菌蛋白酶	枯草杆菌	各种肽链
尿激酶	肾	Arg-Val
木瓜蛋白酶	木瓜	Arg-, Lys-, Phe-X-
菠萝蛋白酶	菠萝	Lys-, Ala-, Tyr-, Gly-
胃蛋白酶	胃黏膜	Phe-, Leu-
链霉菌中性蛋白酶	链霉菌	疏水氨基酸构成的肽链

用适当的酶作用于药用植物材料,有利于有效成分的溶出。此外,中药及天然药物中的杂质大多为淀粉、果胶、蛋白质等,针对杂质可选用合适的酶法予以分解除去。各种蛋白酶反应可较温和地将植物组织分解,除去蛋白质杂质,且可大幅度提高收率。曹惠芳等^[3]将木瓜蛋白酶用于补骨脂煎煮前的预处理,由于破坏了补骨脂种子的蛋白质,防止了蛋白质遇热凝固,故有利于其有效成分的提取。

此外,酶法还可应用于中药花粉多糖、药用菌胞内多糖及动物药多糖的提取。杨云等^[4]在提取大枣渣多糖时用蛋白酶-水提取法和其他常规的提取方法进行比较。实验选用木瓜蛋白酶,加入酶后在 50℃ 的温水中浸没 1h,再用 80℃ 热水提取。酶-水法提取可分为 2 个过程,第一阶段为酶促细胞破壁过程,主要作用是酶解细胞表面结构及胞间连接物,并伴有部分糖类物质的溶出;第二阶段是胞内物浸出过程,通过提高温度,既达到灭酶的目的,同时也可使溶于热水的胞内物浸出率增加。研究结果发现,酶加水提法的多糖得率和量最高,且提取时间缩短。同样,陈超哲^[5]采用复合酶和热水浸提法综合分离纯化香菇中多糖蛋白,与单纯热水提取相比,总氨基酸与必需氨基酸的量均提高了 2 倍以上,香菇多糖量提高了 4 倍,且酶解后大大改善了糖类的分布,其中具有抗病毒活性的较高相对分子质量的多糖量明显提高。范秀萍等^[6]在研究珠母贝氨基多糖时,确定了蛋白酶水解的最佳条件:先加入胰酶 1.5%,50℃,pH 8.0 水解 4h 后,再加入枯草杆菌中性蛋白酶 0.8%,50℃,pH 7.0 水解 4h,水解率达 89.2%,且证明水解产物能增强抗肿瘤药物 5-Fu 对肿瘤的抑制作用。肖凯军等^[7]在提取鳖软骨黏多糖时也同样采用了双酶法,水解率和多糖得率都比单酶法要高得多,获得了较好的提取效果。这主要是因为蛋白酶水解的特异性,单独的蛋白酶只能有限地水解底物,而采用双酶水解体系则能广泛水解蛋白质,尽可能多地提取多糖组分。

中药及天然药物用酶法提取,收率明显提高,具有很大的应用潜力,但该技术也存在着一定的局限性。如酶法提取对实验条件要求较高,为使酶发挥更大作用,需先通过实验

确定最适温度、pH 及最适时间等。因此,要拓宽其应用领域,还需要进一步深入探讨酶的浓度、底物的浓度、温度、pH、抑制剂和激动剂等对提取物的影响。相信随着该领域研究的不断深入,必将为中药及天然药物的提取提供一条新的途径。

3.2 蛋白水解酶在生产活性肽中的应用:生物活性肽(bioactive peptides)是具有特殊生理功能的肽类成分。以前人们认为氨基酸是人体吸收蛋白质的主要途径。近年来,科学家研究发现,蛋白质经消化道酶促水解后主要以小肽的形式吸收,比完全游离氨基酸更易、更快被机体吸收利用。天然存在的活性肽包括肽类抗生素、激素等生物体的次级代谢产物以及各种组织、骨骼、肌肉、免疫系统、消化系统、中枢神经系统中存在的活性肽,这些活性肽大部分量较少,或提取困难,不足以大量生产供给所需。因此,越来越多的人把目光投向了开发蛋白酶解产物上。

3.2.1 生产具有免疫刺激活性的多肽:张东送等^[8]在研究牛乳铁蛋白(BLF)对小鼠脾淋巴细胞增殖的影响时采用了胃蛋白酶对 BLF 进行酶解的方法,酶解产物为 LFPH(lacto-ferrin pepsin hydrolysate)。结果发现 BLF 对小鼠的脾淋巴细胞的增殖具有显著的抑制作用,而 LFPH 则具有显著的促进作用。其原因可能是 BLF 经胃蛋白酶酶解成短肽后,破坏了其长链上对脾淋巴细胞增殖的抑制成分,显露了具有免疫促进作用的短肽,从而促进脾淋巴细胞增殖和抗体、细胞因子的生成,从而起到提高机体免疫力的作用。

3.2.2 生产抗高血压活性肽:血管紧张素转换酶(ACE)在人体血压调节过程中起重要作用,它催化血管紧张素 I 从 2' 端裂解二肽形成血管紧张素 II(肾素-血管紧张素系统中已知活性最强的血管收缩剂);同时,它能钝化血管舒张剂-舒缓激肽。ACE 抑制肽通过抑制 ACE 的活性,可使血管紧张素 II 的生成和激肽的破坏均减少,从而达到治疗高血压的目的^[9]。

李朝慧等^[10]分别用碱性蛋白酶、中性蛋白酶、胃蛋白酶、胰蛋白酶和木瓜蛋白酶酶解乳清蛋白 ACE 抑制剂。结果显示:碱性蛋白酶酶解产物的抑制率最高,达 90% 以上;实验还确定了碱性蛋白酶水解的最佳条件:温度为 50℃,底物质量浓度为 0.05 kg/L,质量比为 5.5%,时间为 6h。

在对中国毛虾 ACE 抑制肽的过程中,章超桦^[11]和许萍^[12]分别用胃蛋白酶和 3942 中性蛋白酶对中国毛虾进行酶解。胃蛋白酶的最佳工艺条件:pH 2.4,温度 41℃,酶解时间 3h,酶量 900 U/g 底物,底物质量分数 8%,酶解产物对 ACE 抑制率达到 91.41%;3942 中性蛋白酶的最佳工艺条件:料水比 1:3,酶量 0.5%,温度 45℃,时间 8h,酶解产物的 ACE 抑制率为 92.86%,在经过分离纯化后得到一新型的 ACE 抑制肽 Ser-Pro,IC₅₀ 值为 272 μmol/L。欧成坤等^[13]用酸性蛋白酶和 Alcalase 碱性蛋白酶酶解牡蛎,并对两者的酶解产物在 ACE 抑制活性、清除羟自由基、超氧阴离子自由基和 DPPH· 自由基方面进行比较,发现了酸性蛋白酶酶解产物在各方面都要优于后者。

具有抗高血压作用的还有来自植物蛋白的肽类。如来自

玉米的多肽, α 、 γ 玉米醇溶蛋白的酶产物都具有抗高血压作用; 来自大豆的多肽, 大豆蛋白酶限制性内切蛋白酶水解可以得到以相对分子质量低于 1 000 为主的低聚肽^[14]。

3.2.3 生产促进微量元素运输的多肽: β -酪蛋白及全酪蛋白可以用多种蛋白酶消化, 释放出酪蛋白磷酸(CPPs)^[15]。分布于 α 、 β -酪蛋白等牛乳蛋白的不同区域。CPPs 能促进钙和铁的吸收。

3.2.4 生产抗氧化作用的多肽: 胡文琴等^[16]以羟自由基清除率为衡量指标, 筛选木瓜蛋白酶、枯草杆菌蛋白酶、胃蛋白酶这 3 种蛋白酶水解酪蛋白的最佳条件。试验发现, 酪蛋白酶解物比酪蛋白具有更强的羟自由基清除能力, 推测可能是酪蛋白的高度结构可能不利于与自由基产生作用, 而在酶解过程中, 释放出具有抗氧化活性的小分子肽和游离氨基酸, 暴露能参加反应的氨基酸侧链基团, 因此水解物的清除能力远大于母本蛋白。

3.2.5 生产肿瘤抑制多肽: 据报道, 有通过用动物体内固有的胰蛋白酶酶解牛乳酪蛋白, 筛选并获得了一种具有促进免疫和抗菌功能的生物活性肽。因其富含酪氨酸, 将其命名为富含酪氨酸免疫活性肽(Trpi)^[17]。

近年来, 海洋蛋白资源利用越来越受到人们的更多关注。海洋生物体内的各种活性物质是开发研究海洋生化药物与功能性保健食品的原料宝库, 21 世纪将是人类研究、开发、利用海洋生物资源的黄金时代^[18]。将陆地酶工程技术应用于海洋蛋白酶解活性肽的研究, 在此基础上, 加强用于海洋蛋白源酶解的专用蛋白酶制剂的开发。在这方面, 蛋白水解酶将有更加广阔的发展前景。

3.3 其他方面的应用: 除以上所提及的应用之外, 蛋白水解酶还作为其他治疗酶出现在医药领域。国外有关研究表明, 胰蛋白酶及蛋白酶激活受体-2(PAR-2)在胃癌、大肠癌、胰腺癌、食道癌、卵巢癌等恶性肿瘤中表达, 且与其恶性行为密切相关。胰蛋白酶不仅对细胞外基质的降解发挥重要作用, 还能作为一种生长刺激因子, 活化蛋白酶激活受体-2, 促进细胞增殖。该研究为抗肿瘤转换治疗提供了一个重要靶点, 为相应的抗肿瘤药物的开发提供了一定的理论基础, 为无细胞毒性的肿瘤治疗方法开辟新的途径^[19]。

将菠萝蛋白酶与各种抗生素(如四环素、阿莫西林等)联用, 能提高其疗效。相关研究结果表明, 它能促进抗生素在感染部位的传输, 从而减少抗生素的用量^[20]。庞然等^[21]的研究结果表明, 使用抗生素加用菠萝蛋白酶肠溶片治疗慢性前列腺炎疗效明显优于单独使用抗生素, 动物试验结果表明菠萝蛋白酶能促进不同药物渗透到组织和器官中, 增加血和尿中抗生素水平, 它对抗生素药物的增强效应主要归功于菠萝蛋白酶促进吸收, 并增强病变组织的通透性, 从而使抗生素易于达到感染部位。

4 展望

药用蛋白水解酶制剂作为一种生物催化剂, 是应用最早、效益最显著、研究也十分活跃的一个领域。蛋白水解酶在中药提取和生产活性肽方面, 都有作用条件温和、收率高等

诸多优点。但同时, 该技术也存在着一定的局限性: 酶的最佳温度及最佳 pH 值往往在一个很小的范围内, 故要使酶的活性提高到最大值, 必须严格控制酶反应的温度及 pH 值, 反应条件的微小波动, 都可能使酶的活性大大降低, 因此对实验设备有较高的要求。酶法提取中药的过程中, 有可能改变中药中某些成分, 产生新的化学物质, 从而影响产物的纯度及得率。此外, 作为药物酶, 还存在着容易被降解、被代谢、药效期短、酶制剂纯度不高、杂质可能导致副作用等弊端。但这些问题同时又是促进蛋白水解酶制剂发展的潜力和动力, 不论从基础理论研究角度考虑, 还是从工业应用方面着想, 不断完善并大力研发新型的工程酶和将药物酶微型胶囊化及制成衍生物等都是药用蛋白水解酶未来发展的主要方向。

References:

- [1] Kristinsson H G, Rasco B A. Kinetics of the hydrolysis of Atlantic salmon muscle proteins by alkaline proteases and a bisacetyl serine protease mixture [J]. *Process Biochem*, 2000, 36: 131-139.
- [2] Chen S G, Zhou R Q. *Enzymology (酶学)* [M]. Shanghai: Fudan University Publishing House, 2001.
- [3] Zang H F, Su Z R, Xiao S E, et al. Study on the influence of papain to the extraction of effective component of *Fructus Psoraleae* [J]. *Lishizhen Med Mater Med Res (时珍国医国药)*, 1998, 9(4): 312-313.
- [4] Yang Y, Meng J, Feng W S, et al. Study on the comparison of two different extraction of polysaccharides from Jujube residue [J]. *Chin Tradit Pat Med (中成药)*, 2004, 26(10): 860.
- [5] Chen Z C, Lin Y Y, Xie B F, et al. Study on the extraction of polysaccharide and protein in *Lentinus edodes* with combined enzymolysis [J]. *China Biotechnol (中国生物工程杂志)*, 1995, 15(1): 47-50.
- [6] Fang X P, Wu H M, Lei X L, et al. Isolation, purification and its antitumor activity of glycosaminoglycan from *Pinctada martensii* [J]. *Chin J Mar Drugs (中国海洋药物杂志)*, 2005, 24(2): 32-36.
- [7] Xiao K J, Cai M Y, Guo S Y. Extraction of shark cartilage mucopolysaccharides by enzymolysis and their composition analysis [J]. *J South China Univ Technol (华南理工大学学报)*, 2005, 33(5): 74-77.
- [8] Zhang D S, Pang G C, Liu P, et al. Effects of bovine lactoferrin and its hydrolysate on proliferation of murine spleen lymphocytes [J]. *Acta Nutr Sin (营养学报)*, 2005, 27(3): 258-260.
- [9] Cao W H, Zhang C H. Antihypertensive peptides derived from food proteins and enzymatic approaches to their production (1) [J]. *Food Sci Technol (食品科技)*, 2002(4): 9-10.
- [10] Li C H, Luo Y K, Wang Q Y. Preparation of angiotensin I. Converting enzyme inhibition from whey protein [J]. *Whey Prod Ind China (中国乳品工业)*, 2005, 33(2): 8-11.
- [11] Zhang C H, Cao W H, Ji H W, et al. Preliminary study on enzymatic hydrolysis of *Acetes chinensis* to produce angiotensin I—Converting enzyme inhibitory peptides [J]. *J Fisher China (水产学报)*, 2005, 29(1): 97-101.
- [12] Xu P, Xue C H, Zhang X Z. Angiotensin I converting enzyme inhibitory peptide from 3 942 neutral proteinase digests of *Acetes chinensis* proteins [J]. *J Fisher Sci China (中国水产科学)*, 2005, 12(4): 501-504.
- [13] Ou C K, Yang R J. The study on the ACE inhibiting activity and radical scavenging effects of oyster hydrolysates [J]. *Sci Technol Food Ind (食品工业科技)*, 2005, 26(3): 59-62.
- [14] Zheng J X. *Functional Food (功能性食品)* [M]. Beijing: China Light Industry Press, 1995.
- [15] Aldo C, Ombretta M. Production of caseinophosphopeptides from Na-caseinates prepared from the milk of several species by a proteinase of *Lactobacillus helveticus* PR4 [J]. *Food Biotechnol*, 2003, 17(3): 183-192.
- [16] Hu W Q, Wang T, Huo Y J, et al. Study on antioxidant activities of hydrolysed casein *in vitro* [J]. *Food Sci (食品科*

- 学), 2004, 25(4): 158-162.
- [17] Pang G C. Success in production of active peptide derived from bovine casein by enzymolysis [J]. *Tianjin Sci* (天津科技), 2004, 2: 21.
- [18] Miao H N, Fang X D. Outline and perspective of research and development of marine biological resources [J]. *Amino Acids Biotic Resour* (氨基酸和生物资源), 1999, 21(4): 12-18.
- [19] Zhang Y X. Development of expression of trypsinogen and proteinase-activated receptor-2 in gastric and colon cancer [J]. *Foreign Med Sci: Cancer* (国外医学: 肿瘤学分册), 2004, 31: 68-71.
- [20] Li C, Li N, Han Q. The medical function of bromelin and the perspective in stockbreeding [J]. *Stockbreed Veter China* (中国畜牧兽医), 2005, 32(1): 14-16.
- [21] Pang R. Treatment of chronic prostate inflammation by combination of bromelin enteric dissolved tablets and antibiotic [J]. *Mod Med Sanit* (现代医药卫生), 2004, 20(9): 753.

桃叶珊瑚苷的研究进展

朱媛, 王亚琴*

(华南理工大学生物科学与工程学院, 广东 广州 510640)

摘要: 综述了桃叶珊瑚苷在杜仲、车前草等植物中的分布, 介绍了桃叶珊瑚苷的生物合成、理化性质及抗氧化、延缓衰老、抗病毒等生物活性, 概括了冷浸提取法、醇提铅盐沉淀法、超声波提取法、大孔树脂吸附法等提取纯化方法, 比较了硫酸铜-分光光度法、薄层色谱分离-分光光度法、对二甲氨基苯甲醛法、高效液相色谱法等测定方法, 展望了桃叶珊瑚苷的应用前景, 以期对桃叶珊瑚苷的研究和含桃叶珊瑚苷类药品的生产及开发提供参考。

关键词: 桃叶珊瑚苷; 生物活性; 提取; 应用

中图分类号: R282 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-2670(2006)06-0947-03

Advances in research on aucubin

ZHU Yuan, WANG Ya-qin

(1. College of Biological Science and Bioengineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Key words: aucubin; bioactivity; extraction; application

桃叶珊瑚苷(aucubin), 又名珊瑚木苷, 化学名 β -D-吡喃葡萄糖苷, 分子式 $C_9H_{22}O_8$, 相对分子质量 346.33, 是一种环烯醚萜苷化合物。桃叶珊瑚苷是一种重要的生物活性物质, 具有清湿热、利小便、镇痛、降压、保肝护肝、抗肿瘤等作用。它能促进干细胞再生, 明显抑制乙型肝炎病毒 DNA 的复制, 其苷元及有效多聚体是一种抗菌素^[1,2]。它是杜仲、车前草、地黄等中药材的有效成分之一, 又是某些成药的质量指标。桃叶珊瑚苷主要为医药、日用化工和饲料等行业所应用。本文综述了桃叶珊瑚苷的分布、理化性质、生物活性、提取纯化、测定方法和应用前景, 以期对桃叶珊瑚苷的研究和含桃叶珊瑚苷类药品的生产及开发提供参考。

1 植物中的分布与生物合成

1.1 植物中的分布: 桃叶珊瑚苷主要存在于忍冬科、车前科、杜仲科植物中。含有桃叶珊瑚苷的中药有杜仲、车前草、地黄、黄荆、玄参、太白参等, 其中杜仲叶、皮、种子中均含有桃叶珊瑚苷, 而车前草全草含有桃叶珊瑚苷, 其余几种在根部含有桃叶珊瑚苷。

桃叶珊瑚苷不仅存在于中草药中, 也存在于一些花卉及水果中。如原产我国台湾和日本的桃叶珊瑚苷, 是一种优良

的室内观叶植物, 它的化学成分中就含有桃叶珊瑚苷。茉莉的花及茎叶中含有环烯醚萜, 桃叶珊瑚苷就是其中之一。另外, 有着“果实营养库”美称的第 3 代绿色水果蓝靛果也含有桃叶珊瑚苷。

1.2 生物合成: 桃叶珊瑚苷属于环烯醚型的环烯醚萜苷, 此类化合物在植物体中是由焦磷酸槐牛儿醇磷酸酯经水解脱去焦磷酸后, 经过氧化形成柠檬醛, 后者经环合、双键位移、水合和氧化, 形成伊蚊二醛, 然后伊蚊二醛经烯醇化后, 发生分子内缩合形成环烯醚萜醇, 进而形成环烯醚萜苷^[3]。桃叶珊瑚苷的主要来源为天然植物中提取, 也有人运用细胞工程方法, 在杜仲的愈伤组织培养出桃叶珊瑚苷^[4]。从经济角度看, 由于可供提取桃叶珊瑚苷的植物大多廉价易得, 所以从植物中提取桃叶珊瑚苷比其他方法更具有研究开发前景。

2 理化性质

桃叶珊瑚苷为白色粉末或结晶, 熔点为 181 °C, 比旋光度 $[\alpha]_D^{22} -163.1^\circ (C=1.6, \text{乙醇-乙醚})$, 味苦。桃叶珊瑚苷易溶于水、甲醇, 溶于乙醇, 不溶于乙醚、氯仿、苯及石油醚。

桃叶珊瑚苷的分子结构中存在双缩醛结构(图 1), 具有不稳定因素, 在提取过程中容易受外界影响而发生一些变