

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_密级\_\_\_\_

学 号: 20620101151492

UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

泡沫分离技术在分离柴胡总皂苷及重金属离子中的  
应用研究

**Study on the foam fractionation in the recovery of total  
saikosaponins and heavy metal ions**

李现荣

指导教师姓名: 肖宗源 副教授

专 业 名 称: 化 学 工 艺

论文提交日期: 2013 年 6 月

论文答辩时间: 2013 年 6 月

学位授予日期: 2013 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2013 年 6 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（）课题（组）的研究成果，获得（）课题（组）经费或实验室的资助，在（）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

# 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

## 摘要

泡沫分离技术是一种利用表面吸附原理进行分离的新型分离技术,在废水处理、医药工业、食品、电镀、化工等领域均有广泛的应用前景。本文针对泡沫分离法在中药领域中柴胡总皂苷的分离及废水处理领域中重金属离子  $Zn^{2+}$  和  $Ni^{2+}$  的去除分别进行了研究。重点考察了气速、pH 值、溶质初始浓度、表面活性剂种类、表面活性剂浓度、载液量和分离时间等因素对分离效果的影响。主要结论如下:

(1) 在泡沫分离柴胡总皂苷的实验中,首先对比了用水和乙醇做溶剂所得料液的分离效果,确定乙醇为最佳提取溶剂;其次采用对二甲氨基苯甲醛-磷酸显色法测量柴胡总皂苷的浓度,并用分光光度计进行全波长扫描,确定柴胡皂苷 a 的最大显色波长为 536 nm;最后通过一系列单因素泡沫分离实验确定了柴胡总皂苷的最佳分离条件为初始皂苷浓度 0.18 mg/mL,气速 50 mL/min,载液量 200 mL, pH 值 5.46,分离时间 2 h,最终得到柴胡皂苷的回收率为 77.2%,富集比为 3.68。经二级泡沫分离塔分离后回收率达到 83.2%。

(2) 在泡沫分离水中  $Zn^{2+}$  和  $Ni^{2+}$  的实验中,通过一系列单因素泡沫分离实验确定了  $Zn^{2+}$  的最佳分离条件为 SDS 做表面活性剂,载液量 200 mL, pH 值 6.40,气速 70 mL/min,最终富集比可达 3.68,回收率 100%,残留离子浓度为 0;镍离子的最佳分离条件为初始金属离子浓度 5 mg/L,载液量 200 mL,气速 70 mL/min,自然 pH,温度 30 °C,该条件下富集比为 12,回收率为 98%。

文中结合泡沫分离的机理和理论,讨论了各个因素的影响,为完善泡沫分离方法在天然产物提取和废水处理中的应用提供参考条件,为有效分离皂苷类成分和工业废水中的金属离子提供实验依据。

关键词: 泡沫分离; 富集比; 回收率; 柴胡皂苷; 锌; 镍

## Abstract

Foam fractionation, an ecological and economical method belonging to the adsorptive bubble separation techniques, exhibits wider application in wastewater treatment, pharmaceutical industry, galvanization, chemical industry and food industry. This paper studied the technology of foam separation for separating saikosaponins from Bupleuri Chinese DC and removing metal ions ( $Zn^{2+}$  and  $Ni^{2+}$ ) in aqueous solution. Performance indicators used for the foaming process are the enrichment ratio ( $E$ ) and recovery percentage ( $R$ ). In this study, the effects of the air flow rate, initial pH, initial solute concentration, the type of surfactant, initial liquid volume and operation time on foam fractionation performances will be investigated. The results were showed as follows.

In the study of foam separation for separating saikosaponins from Bupleuri Chinese DC, the extracts of Radix Bupleuri were prepared by two different solvent extraction methods and the ethyl alcohol is a better extract solvent. Its concentration in the leaching liquor was determined by colorimetric method. 0.1% of p-dimethyl-aminobenzal-dehyde is used as the chromogenic reagent. The results showed that the operating conditions were optimized at initial concentration of 0.18 mg/mL, air flow rate of 50 mL/min, liquid loading volume of 200 mL, pH 5.46 and an operating time of 2 h, providing a total saikosaponins recovery of 77.2% and an enrichment ratio of 3.68. Total recovery percentage of saikosaponins reached to 83.2% with the two-stage foam fractionation.

In the study of foam separation for removing metal ions ( $Zn^{2+}$  and  $Ni^{2+}$ ) in aqueous solution, various influential operating conditions were selected by a series of single-factor test. The optimum separation conditions of  $Zn^{2+}$  were liquid loading volume of 200 mL, pH 6.40, air flow rate of 70 mL/min, SDS as surfactant, providing an enrichment ratio of 3.68, the recovery percentage of 100% and the residual concentration of 0; The optimum separation conditions for  $Ni^{2+}$  were initial  $Ni^{2+}$  concentration of 5 mg/L, liquid loading volume of 200 mL, air flow rate of 70

mL/min, the natural pH and temperature of 30 °C, providing an enrichment ratio of 12, and a recovery percentage of 98%.

The effects of various factors of foam fractionation were discussed based on the mechanism and theories of foam separation, which may improve the foam separation method in the extraction of natural products and provide reference for the application of wastewater treatment. Experimental basis was provided for the effective separation of saponin compounds and metal ions in industrial wastewater.

Keywords: Foam fractionation; Enrichment; Recovery percentage; Saikosaponin; Zinc; Nickel

## 目录

摘要 .....	I
Abstract .....	II
<b>第一章 引言 .....</b>	<b>1</b>
1.1 泡沫分离技术概述 .....	1
1.2 泡沫分离方法的原理 .....	1
1.3 泡沫分离方法的应用研究 .....	2
1.4 研究内容、目的及意义 .....	2
1.4.1 研究目的及意义 .....	2
1.4.2 研究内容 .....	3
<b>第二章 文献综述 .....</b>	<b>4</b>
2.1 柴胡皂苷及其分离技术概述 .....	4
2.1.1 柴胡概述 .....	4
2.1.2 柴胡的有效成分 .....	4
2.1.3 柴胡皂苷的结构 .....	6
2.1.4 柴胡皂苷的药理作用 .....	8
2.1.5 柴胡皂苷提取、分离方法 .....	9
2.2 重金属污染及其治理技术 .....	13
2.2.1 重金属污染现状及危害概述 .....	13
2.2.2 镍污染 .....	14
2.2.3 锌污染 .....	15
2.2.4 含重金属废水治理方法 .....	16
<b>第三章 泡沫分离技术分离柴胡总皂苷的研究 .....</b>	<b>22</b>
3.1 实验材料与方法 .....	22
3.1.1 试剂和仪器 .....	22
3.1.2 实验装置及其工作流程 .....	24
3.1.3 实验方法 .....	25
3.2 结果与讨论 .....	27
3.2.1 进料初始浓度的影响 .....	27

3.2.2 提取溶剂的影响 .....	29
3.2.3 气速的影响 .....	29
3.2.4 载液量的影响 .....	30
3.2.5 pH 的影响 .....	32
3.2.6 离子强度的影响 .....	34
3.2.7 发泡时间的影响 .....	35
3.2.8 二级泡沫塔的设计 .....	35
<b>3.3 本章小结 .....</b>	<b>37</b>
<b>第四章 泡沫分离技术分离锌/镍离子的研究 .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 实验材料与方法 .....</b>	<b>38</b>
4.1.1 试剂和仪器 .....	38
4.1.2 实验装置及操作流程 .....	40
4.1.3 实验方法 .....	40
<b>4.2 结果分析与讨论 .....</b>	<b>40</b>
4.2.1 锌离子的分离 .....	40
4.2.2 镍离子的分离 .....	48
<b>4.3 本章小结 .....</b>	<b>54</b>
<b>第五章 结论与展望 .....</b>	<b>55</b>
5.1 结论 .....	55
5.2 展望 .....	56
<b>参考文献 .....</b>	<b>57</b>
<b>学术成果 .....</b>	<b>64</b>
<b>致谢 .....</b>	<b>65</b>



# Content

<b>Abstract in Chinese</b> .....	<b>I</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>II</b>
<b>Chapter 1 Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Summary of Foam Fractionation</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Principle of Foam Fractionation</b> .....	<b>1</b>
<b>1.3 Applied Research of Foam Fractionation</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 Significance and Content of This Thesis</b> .....	<b>2</b>
1.4.1 Significance of This Thesis .....	2
1.4.2 Content of This Thesis .....	3
<b>Chapter 2 Literature Review</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Saikosaponin and Separation Technology</b> .....	<b>4</b>
2.1.1 Summary of Bupleurum Chinese DC .....	4
2.1.2 Active Ingredients of Bupleurum Chinese DC .....	4
2.1.3 Structures of Saikosaponins .....	6
2.1.4 Pharmacological Effects of Bupleurum Saikosaponins .....	8
2.1.5 Extraction and Separation Methods of Saikosaponins.....	9
<b>2.2 Heavy metal pollution and its management technology</b> .....	<b>13</b>
2.2.1 Summary of the Heavy Metal's Current Situation and Danger .....	13
2.2.2 Nickel Pollution .....	14
2.2.3 Zinc Pollution.....	15
2.2.4 Treatment of Heavy Metal Pollution .....	16
<b>Chapter 3 Separation of Saikosaponins by Foam Fractionation</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1 Experimental Materials and Method</b> .....	<b>22</b>
3.1.1 Reagents and Instruments .....	22
3.1.2 Experimental Apparatus and its Operational Process .....	24
3.1.3 Experimental Methods .....	25
<b>3.2 Results and Discussions</b> .....	<b>27</b>
3.2.1 Effect of Concentration of Saikosaponin .....	27
3.2.2 Effect of Different Extraction Solvent .....	29

3.2.3 Effect of Air Flow Rate .....	29
3.2.4 Effect of Loading Liquid Volume .....	30
3.2.5 Effect of Initial pH .....	32
3.2.6 Effect of Ionic Strength .....	34
3.2.7 Effect of Operation Time .....	35
3.2.8 Design of Two-stage Foam Fractionation Technology .....	35
<b>3.3 Summery .....</b>	<b>37</b>
<b>Chapter 4 Separation of Zn<sup>2+</sup>/Ni<sup>2+</sup> by Foam Fractionation .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 Experimental Materials and Method .....</b>	<b>38</b>
4.1.1 Reagents and Instruments .....	38
4.1.2 Experimental Apparatus and its Operational Process .....	40
4.1.3 Experimental Methods .....	40
<b>4.2 Results and Discussions .....</b>	<b>40</b>
4.2.1 Separation of Zn <sup>2+</sup> .....	40
4.2.2 Separation of Ni <sup>2+</sup> .....	48
<b>4.3 Summery .....</b>	<b>54</b>
<b>Chapter 5 Conclusions and Recommendations .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1 Conclusions .....</b>	<b>55</b>
<b>5.2 Recommendations .....</b>	<b>56</b>
<b>References .....</b>	<b>57</b>
<b>Publications .....</b>	<b>64</b>
<b>Acknowledge .....</b>	<b>65</b>

## 第一章 引言

### 1.1 泡沫分离技术概述

人们通常把利用气体在溶液中鼓泡,以达到分离或浓缩目的的这类技术总称为泡沫吸附分离技术,简称泡沫分离技术。该技术是近几十年发展起来的一种以气泡为介质,依据各组分的表面活性差异来分离混合物的新型分离技术。这种技术最初应用于矿物浮选,在 20 世纪 50 年代末开始用于对离子、分子、胶体及沉淀的分离,并逐渐作为一种单元操作加以研究。从 20 世纪 60 年代起,泡沫分离技术对洗涤厂废水中表面活性剂的脱除, DNA、蛋白质等生物活性物质的分离,天然产物的分离等已有了初步的成果。近几年来,泡沫分离方法开始用于对天然产物中活性物质的分离。泡沫分离技术因其具有低成本、高效率且对环境友好的优势,随着工业的发展,特别是对环境保护的普遍重视和资源综合利用的要求,其研究工作将不断扩大范围,其工业应用将越来越广泛。

### 1.2 泡沫分离方法的原理

泡沫分离技术是根据表面吸附原理,基于溶液中溶质(或颗粒)间表面活性的差异,进行分离的一种方法,表面活性强的物质优先吸附于分散相(气相)与连续相(液相)的界面处,通过鼓泡使溶质选择性地聚集在气-液界面并借助浮力上升至溶液主体上方形成泡沫层,然后收集这些泡沫,进行消泡处理后就可以得到溶质的含量比原料液高的溶液,从而分离、浓缩溶质或净化液相主体<sup>[1-3]</sup>。被浓缩的物质可以是表面活性物质,也可以是能与表面活性物质相络合的物质,但它们必须具备和某一类型的表面活性物质能够络合或螯合的能力。

当溶液中需要分离的溶质本身具有表面活性时,通过鼓入与分离物质不发生反应的气体,生成气泡,形成大量气液界面。表面活性剂具有亲水的极性基团和疏水的非极性基团,在溶液中可以选择性地吸附在气-液界面(气泡表面)上,使表面活性物质在表面相中的浓度高于主体相,疏水基团伸向至气泡内部,而亲水基团保留在液相中,并使该溶液的表面张力急剧下降,而气泡的稳定性增强<sup>[4]</sup>。稳定气泡借助浮力上升至溶液主体上方形成泡沫层,富集到泡沫上,然后收集这

些泡沫，进行消泡处理后可以得到溶质含量比原料液溶质含量高的溶液。对于非表面活性物质，可以在溶液中添加一种合适的表面活性物质，并且这种物质可以与溶液中原有的溶质结合在一起形成一种新的具有表面活性的溶质，吸附在气泡表面上，从而使原有的溶质从溶液中分离出来<sup>[5]</sup>。

用泡沫分离技术进行分离需要两个条件：首先，目标物质是表面活性物质，或者是可以和某些活性物质相络合的物质，它们都可以吸附在气-液界面上；其次，目标物质在分离过程中借助气泡与液相主体分离，并在塔顶富集。它的传质过程在鼓泡区中是在液相主体和气泡表面之间进行，而在泡沫区中是在气泡表面和间隙液之间进行<sup>[6]</sup>。

### 1.3 泡沫分离方法的应用研究

泡沫分离技术是近几十年兴起的一种新型分离技术，其应用主要有如下几个方面：

(1) 固体颗粒，如矿物浮选；

(2) 离子、分子的分离，如从工业污水如电镀废水、纺织废水、鞣革废水中分离和回收金属离子。最有价值的是从照相、电镀和宝石生产的废水中回收有价值的金属成分；

(3) 去除废水中的活性物质，如氨基苯磺酸、胺类、脂肪酸类、醇类和去污剂等；

(4) 回收蛋白质和酶以及细菌、病毒等生物和医药工程产品，如发酵液中的酶和蛋白质等；

(5) 分离细胞、天然活性物质，如富集海洋微藻类生物细胞、提取皂苷类等。

### 1.4 研究内容、目的及意义

#### 1.4.1 研究目的及意义

泡沫分离技术温和、高效、操作简单的优势顺应了先进绿色化生产的呼声，使其在分离各种表面活性物质及具有生物活性的物质中具有很大的发展潜力。实验室采用塔式泡沫分离装置研究出柴胡总皂苷和锌镍两种金属离子的最佳分离方案，为泡沫分离技术在各个领域的工业应用提供参考。

泡沫分离技术适用于分离低浓度物质，与其他分离方法相比，其能耗低、污染小、可连续生产的优势使其在废水处理、贵金属分离等领域的应用更具潜力，对于工业生产过程中改善环境、降低生产成本等具有重要意义。

### 1.4.2 研究内容

泡沫分离技术的应用非常广泛，本实验选择该分离方法在中药有效成分的提取及金属离子的分离两个方向中的应用，通过研究泡沫分离方法对柴胡总皂苷和锌/镍离子的分离条件，并采用单因素比较法考察影响分离效果的几个因素，筛选最佳分离条件。柴胡总皂苷的分离以富集比和回收率为评价指标，锌/镍离子的回收采用富集比、回收率和金属离子残留浓度为评价指标。

$$\text{富集比: } E = \frac{C_f}{C_0}$$

$$\text{回收率: } R = \frac{C_f V_f}{C_0 V_0} \times 100\%$$

其中， $C_f$ : 泡沫液中待分离物质的浓度       $V_f$ : 泡沫液体积

$C_0$ : 初始溶液中待分离物质的浓度       $V_0$ : 初始液体积

具体流程如下:

(1) 采用溶剂法制备柴胡提取液，选择最佳提取溶剂，采用分光光度法测定柴胡总皂苷的浓度，采用泡沫分离技术对柴胡总皂苷的分离进行工艺优化，考察 pH、表面活性剂浓度、离子强度、风速、载液量、分离时间等对泡沫分离效果的影响并确定最佳分离条件。

(2) 采用火焰原子吸收分光光度法测定离子浓度，采用泡沫分离技术对锌/镍离子的分离进行工艺优化，考察 pH、表面活性剂浓度、风速、载液量、分离时间等对泡沫分离效果的影响并确定最佳分离条件。

## 第二章 文献综述

### 2.1 柴胡皂苷及其分离技术概述

#### 2.1.1 柴胡概述

柴胡(Radix Bupleuri), 伞形科, 柴胡属, 别名地熏、山菜、茹草、柴草、芸篙等, 为柴胡(又称北柴胡)或狭叶柴胡(又称南柴胡)的干燥根。

根据柴胡的形态特征, 柴胡包括北柴胡、南柴胡(狭叶柴胡)、大叶柴胡、醋柴胡和鳖血柴胡等。北柴胡多年生草本, 生于向阳旱荒山坡、路边、林旁灌木丛或草丛中。主产于辽宁、陕西、河北、河南等地; 狭叶柴胡多年生草本, 生于干燥草原、向阳山坡及灌木林缘等处。主产于湖北、安徽、四川等地<sup>[7]</sup>。柴胡属植物全世界共有 120 种, 我国分布 37 种, 17 变种, 7 变型, 我国药典收录了北柴胡和狭叶柴胡, 并将其规定为药用柴胡<sup>[8]</sup>。

柴胡始载于《神农本草经》, 被列为上品, 在应用临床最早的医学著作中见于《伤寒论》。史料记载, 柴胡具有解表退热, 舒肝解郁, 升举阳气等功效。主治外感发热, 寒热往来, 疟疾, 肝郁胁痛, 乳胀, 头痛头晕, 月经不调, 气虚下陷之脱肛、子宫脱垂、胃下垂等。经药理与临床试验证实, 柴胡有保肝, 解热, 抗癌, 抗病毒, 消炎, 镇咳等作用。临床证明柴胡注射液对感冒, 流感及病毒感染等引起的发热有较好的退热作用。现代研究还发现, 柴胡提取物具有抗氧化、抑制粘多糖的作用, 可以作为抗衰老化妆品的重要成分; 此外, 还能抑制黑色素形成和去除黑斑, 开始用于制备亮肤化妆品。目前, 柴胡作为主要配方成分常用于食疗中, 以柴胡皂苷类成分为主的单味及多种复方制剂已在临床使用, 皆具有较好的疗效。

#### 2.1.2 柴胡的有效成分

研究证明柴胡属植物含有柴胡皂苷、挥发油、甾醇类、萜类、生物碱、黄酮、木脂素、香豆素、有机酸、多糖、氨基酸、多肽、多元炔、香豆精、抗坏血酸以及多种酶和胡萝卜素等成分<sup>[9]</sup>。

##### 2.1.2.1 柴胡皂苷

柴胡皂苷为存在于柴胡中的一种三萜苷类、香豆素类物质，是柴胡属植物主要活性成分之一。迄今为止，从柴胡根、种子、果实等不同部位已经分离出约 100 多种单体皂苷元成分。至今由柴胡属植物中已经分离出近 100 个三萜皂苷。近年来已从北柴胡中分离鉴定出 40 个化合物，其中 18 个为柴胡皂苷、7 个为黄酮类化合物，3 个为色原酮，2 个为神经鞘氨醇类衍生物。在这些化合物中有 8 个为新化合物，1 个新天然产物，其余化合物  $\alpha$ -菠甾醇外均为首次从北柴胡获得。从南柴胡中分离并鉴定了 24 个化合物：16 个皂苷、1 个异黄酮苷、4 个木脂素苷及 3 个其它类型化合物。其中 10 个为新化合物，其余均为首次从南柴胡中获得<sup>[10]</sup>。

柴胡皂苷为中性，纯的柴胡皂苷为白色粉末，性寒，味苦而辛辣，其粉末对人体各部位的黏膜有较强的刺激性，尤以鼻黏膜最为敏感。柴胡皂苷易溶于水、热甲醇和乙醇，难溶于丙酮、乙醚等有机溶剂。柴胡皂苷水溶液加入硫酸铵、醋酸铝等中性盐类可产生沉淀物。柴胡皂苷与浓硫酸-醋酐试剂反应呈颜色变化，由黄色转化成红、紫、蓝色。柴胡皂苷 Molish 反应阳性，也可在盐酸存在条件下加热与苔黑酚反应呈蓝绿色，应用这些性质可以检测食物或药品中的柴胡皂苷含量<sup>[11]</sup>。

### 2.1.2.2 柴胡多糖

多糖也是柴胡中重要的活性成分之一。从北柴胡已分离鉴定出多种多糖成分，研究表明北柴胡多糖主要由 L-阿拉伯糖、核糖、D-木糖、L-鼠李糖、D-葡萄糖、D-半乳糖等组成。南柴胡多糖主要由阿拉伯糖、核糖、木糖、甘露糖、葡萄糖、半乳糖组成。多糖具有促进免疫的功能，主要作用是可使吞噬功能增强、自然杀伤细胞功能增强，提高病毒特异性抗体滴度，提高淋巴细胞转核率，提高皮肤迟发性过敏反应等。

### 2.1.2.3 黄酮

黄酮是近年来研究比较活跃的天然活性成分之一，广泛存在于植物界。柴胡的黄酮类成分主要为黄酮醇类，又分为山奈酚、槲皮素、异鼠李素三个主要苷元。据报道，从柴胡属植物中共提取鉴定得到十五个黄酮类化合物：山奈酚、山奈酚-7-O-A-L-鼠李糖苷、山奈苷(山奈酚-3, 7-双鼠李糖苷)、山奈酚-3-O-A-L-呋喃阿拉伯糖-7-O-A-L-呋喃鼠李糖、槲皮素、芸香苷(槲皮素-3-O-B-D-芸香糖苷)、槲

皮素-3-O-B-D-葡萄糖苷、槲皮素(槲皮素-3-O-A-L-鼠李糖苷)、广寄生苷(槲皮素-3-O-A-L-呋喃阿拉伯糖)、异鼠李素、异鼠李素-3-O-B-D-葡萄糖苷、水仙苷(异鼠李素-3-O-B-D-芸香糖苷)、仙人掌苷(异鼠李素-3-O-B-半乳糖)、大豆苷(7, 4-二羟基-异黄酮-7-O-B-D-葡萄糖苷)、葛根苷(7, 4-二羟基-8-葡萄糖基异黄酮)<sup>[12-14]</sup>。

#### 2.1.2.4 挥发油

北柴胡的挥发油含己醛、月桂烯、柠檬烯、2-甲基环戊酮、长叶薄荷酮、反式石竹烯、十五烷、十六(烷)酸、姚金娘烯醇、里哪醇、 $\alpha$ -萜品醇、 $\beta$ -蒎烯、百里酚等 80 多种成分<sup>[15]</sup>。南柴胡含有  $\beta$ -萜品烯、柠檬烯、蒎烯、长直薄荷酮、里哪醇、 $\gamma$ -衣兰油烯、异冰片、 $\alpha$ -胡椒烯等 60 多种成分。

两种柴胡挥发油成分有较大差异, 药理作用也不同。其中丁香酚、己酸、 $\gamma$ -十一酸内酯和对甲氧基苯二酮等对伤寒、副伤寒疫苗、大肠杆菌液、发酵牛奶、酵母等所致发热有明显解热作用, 且能使动物正常体温下降。

#### 2.1.3 柴胡皂苷的结构

皂苷是苷元为三萜或螺旋甾烷类化合物的一类糖苷, 由皂苷元与糖构成, 主要分布于陆地高等植物中。组成皂苷的糖常见的有葡萄糖、半乳糖、鼠李糖、阿拉伯糖、木糖、葡萄糖醛酸和半乳糖醛酸等。许多中草药如人参、远志、桔梗、甘草、重楼和柴胡等的主要有效成分都含有皂苷。皂苷的化学结构中, 由于苷元具有不同程度的亲脂性, 糖链具有较强的亲水性, 这种结构使皂苷成为一种天然的表面活性剂, 水溶液振摇后能产生持久性的肥皂样泡沫。由于皂苷的结构特征, 使其在分离提取及工业应用中都有其独特性。

柴胡皂苷是柴胡属植物中研究的最多的一类成分, 具有皂苷的普遍特征, 如起泡作用等。迄今为止, 从柴胡属 20 多种植物中已分离出的皂苷类成分有 100 多种。柴胡皂苷结构均为五环三萜类齐墩果烷型衍生物, 其苷元分为 7 种不同类型: 环氧醚 (I), 异环双烯 (II), 1 烯 (III), 同环双烯 (IV), 12 烯 28 羧酸 (V), 异环双烯 30 羧酸 (VI), 18 烯型 (VII)。这类皂苷含的糖是葡萄糖、鼠李糖、夫糖和木糖。具国内外报道柴胡皂苷具有下列 5 种结构类型 (图 2.1)。



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库