

分类号：  
学号：20232215007

密级：公开  
单位代码：10759

# 石河子大学

## 硕士学位论文



### 不同品种来源梨清膏化学成分分析及止咳祛痰 作用研究

|        |                  |
|--------|------------------|
| 学位申请人  | 冉俊               |
| 指导教师   | 唐辉 教授<br>王立萍 副教授 |
| 申请学位类别 | 专业硕士（非全）         |
| 专业名称   | 药学               |
| 研究领域   | 药物分析             |
| 所在学院   | 药学院              |

中国·新疆·石河子  
2026年5月



分类号：  
学号：20232215007

密级：公开  
单位代码：10759

# 石河子大学

## 硕士学位论文



### 不同品种来源梨清膏化学成分分析及止咳祛痰 作用研究

|        |                  |
|--------|------------------|
| 学位申请人  | 冉俊               |
| 指导教师   | 唐辉 教授<br>王立萍 副教授 |
| 申请学位类别 | 专业硕士（非全）         |
| 专业名称   | 药学               |
| 研究领域   | 药物分析             |
| 所在学院   | 药学院              |

中国·新疆·石河子  
2026年5月



**Analysis of Chemical Constituents and Antitussive and Expectorant  
Effects of Pear syrup from Different Varieties**

A Dissertation Submitted to

**Shihezi University**

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

**Professional Master of Pharmacy**

By

**Ran Jun**

**(Pharmacy)**

Dissertation Supervisor: Prof. Tang Hui, Assoc.Prof. Wang Liping


May, 2026



# 石河子大学学位论文独创性声明及使用授权声明

## 学位论文独创性声明


本人所提交的学位论文是在我导师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含其他个人已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明并表示谢意。

研究生签名：

时间：2026年5月20日

## 使用授权声明

本人完全了解石河子大学有关保留、使用学位论文的规定，学校有权保留学位论文并向国家主管部门或指定机构送交论文的电子版和纸质版。有权将学位论文在学校图书馆保存并允许被查阅。有权自行或许可他人将学位论文编入有关数据库提供检索服务。有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

研究生签名：

时间：2026年5月20日

导师签名：

 王立萍

时间：2026年5月20日

## 摘要

目的：梨膏作为传统润肺止咳的经典制剂，质量与功效受原料品种差异影响显著，导致产品化学成分与药效参差不齐。梨清膏作为梨膏生产的关键原料提取物，往往为制成复方梨膏制剂提供基础药效成分，其化学物质基础直接决定了最终产品的品质，然而现有研究缺乏对不同品种梨清膏化学物质基础差异及其与功效关联性的系统阐释。本研究选取经鉴定确认的四种兼具我国梨主产区代表性和市场常用性的梨品种（河北雪梨、库尔勒香梨、山东莱阳梨和安徽砀山梨），通过系统比较各梨清膏在感官品质、化学组成及止咳祛痰作用方面的差异，为梨清膏的质量评价体系建立、品种优选及功能性产品定向开发提供科学依据。

方法：选取以上四种代表性梨为原料，参照《中华人民共和国药典》（2025版）制备梨清膏，融合传统感官评价与电子舌、电子鼻智能感官技术，结合水分、总酸、可溶性固形物等理化指标，构建“感官-智能-理化”多维质量评价体系。采用UHPLC-QE-MS和HS-SPME-GC-MS技术分别解析非挥发性及挥发性化学成分，建立HPLC指纹图谱并通过主成分分析（PCA）、正交偏最小二乘法判别分析（OPLS-DA）等化学计量学方法筛选品种特异性标质物。运用氨水引咳法和酚红排泌法评价止咳祛痰活性，采用灰色关联分析法研究谱效关系。

结果：（1）库尔勒香梨的出汁率和清膏得率分别为 $(80.09 \pm 1.86)\%$ 和 $(17.64 \pm 0.60)\%$ ，电子舌分析显示其甜味 $(13.79 \pm 0.47)$ 与鲜味 $(10.35 \pm 0.33)$ 响应值最高，苦味 $(-0.50 \pm 0.01)$ 最低，呈现“高甜低苦”的滋味和“淡雅”的香气特征，总三萜含量 $(27.03 \text{ mg/g})$ 显著高于其他品种；莱阳梨清膏总酸含量为 $(0.51 \pm 0.02)\%$ 、可溶性固形物含量 $(67.2 \pm 0.26)\%$ 及透光率 $(65.8 \pm 1.15)\%$ 最高，但酸涩味突出；砀山梨清膏总酚酸含量 $(47.19 \pm 0.14 \text{ mg/g})$ 与总黄酮 $(2.74 \pm 0.027 \text{ mg/g})$ 含量最高，电子鼻显示其硫化物传感器响应值 $(9.28 \pm 0.51)$ 显著高于其他品种；河北雪梨清膏果糖含量 $(32.23 \pm 0.25 \text{ g}/100 \text{ g})$ 最高，但黄酮、三萜等活性成分含量相对较低。（2）在所有梨清膏中，UHPLC-QE-MS共鉴定出68个非挥发性化合物，HS-SPME-GC-MS鉴定出100个挥发性化合物。库尔勒香梨清膏呈现“高芦丁、高三萜、高醇类”特征；莱阳梨清膏绿原酸含量 $(0.12 \text{ mg/g})$ 最高，且呋喃类衍生物及萜烯醇类含量丰富；砀山梨清膏原儿茶酸与熊果苷含量最高；河北雪梨清膏奎尼酸的含量最高。（3）建立的梨清膏HPLC指纹图谱包含26个共有峰，相似度大于0.92，筛选出9个VIP值 $>1$ 的差异性色谱峰作为品种鉴别标志物。（4）药效学实验结果表明，四种梨清膏均具有显著止咳祛痰活性，但存在品种偏向性。库尔勒香梨与砀山梨镇咳效果最佳，咳嗽抑制率均为63.1%；莱阳梨祛痰效果最强，酚红增加率31.0%，祛痰指数1.30。谱效关联分析显示，总黄酮是关联止咳与祛痰双重活性的核心药效物质（灰色关联度 $>0.93$ ），芦丁、原儿茶酸和总三萜是镇咳活性的重要关联物质，绿原酸（酚酸类）是祛痰活性的关键贡献成分。

结论：原料品种是决定梨清膏品质与功效的重要因素。库尔勒香梨清膏具有“高芦丁、高三萜、高

醇类”的化学组成，兼具最优镇咳活性、良好祛痰效果及“高甜低苦”的优异口感，适宜开发为高端镇咳-祛痰均衡型产品；莱阳梨清膏“高绿原酸、高氨基酸”的特征表现出最强祛痰活性，但有一定酸涩味，在开发产品时可考虑风味改良；砀山梨清膏因其“高总酚酸、高总黄酮”的特点，显示出显著镇咳效果，但含有若干含硫化合物，需关注该类成分的潜在安全性；河北雪梨清膏具有“高果糖、低活性成分”特征，感官均衡但止咳祛痰活性相对较弱，更适合作为风味型产品的基础原料。

**关键词：**梨清膏；化学成分；止咳祛痰；谱效关系

## Abstract

**Objective:** As a traditional classical preparation for moistening the lungs and relieving cough, the quality and efficacy of Pear paste are significantly influenced by differences in raw material varieties, leading to inconsistent chemical compositions and pharmacological effects across products. Pear syrup, as a key raw material extract for Pear paste production, often provides the fundamental pharmacodynamic components for compound Pear paste formulations, with its chemical substance basis directly determining the quality of the final product. However, existing studies lack systematic elucidation of the differences in chemical substance bases among pear syrups derived from different varieties and their correlations with efficacy. This study selected four authenticated pear varieties representing China's major pear-producing regions and commonly used in the market (Hebei snow pear, Korla fragrant pear, Shandong Laiyang pear, and Anhui Dangshan pear), systematically comparing the differences among these pear syrups in terms of sensory quality, chemical composition, and antitussive-expectorant effects, thereby providing scientific foundations for establishing quality evaluation systems, variety optimization, and functional product-oriented development of pear syrup.

**Methods:** The aforementioned four representative pear varieties were selected as raw materials, and pear syrups were prepared according to the Pharmacopoeia of the People's Republic of China (2025 Edition). A multi-dimensional quality evaluation system integrating "sensory-intelligent-physicochemical" approaches was constructed by combining traditional sensory evaluation with electronic tongue and electronic nose intelligent sensory technologies, alongside physicochemical indices including moisture content, total acidity, and soluble solids. Non-volatile and volatile chemical components were analyzed using UHPLC-QE-MS and HS-SPME-GC-MS techniques, respectively. HPLC fingerprints were established, and chemometric methods including Principal Component Analysis (PCA) and Orthogonal Partial Least Squares Discriminant Analysis (OPLS-DA) were employed to screen variety-specific markers. Antitussive and expectorant activities were evaluated using ammonia-induced cough and phenol red excretion methods, while grey correlation analysis was applied to investigate the spectrum-effect relationships.

**Results:** (1) Korla fragrant pear exhibited juice yield and syrup yield of  $(80.09 \pm 1.86)\%$  and  $(17.64 \pm 0.60)\%$ , respectively. Electronic tongue analysis revealed the highest sweetness (13.79) and umami (10.35) response values with the lowest bitterness (-0.50), presenting a "high-sweetness, low-bitterness" taste profile and "subtle and elegant" aroma characteristics. Its total triterpene content (27.03 mg/g) was significantly higher than other varieties. Laiyang pear syrup demonstrated the highest total acidity (0.51%), soluble solids content (67.2%), and light transmittance (65.8%), but with prominent astringency. Dangshan

pear syrup exhibited the highest total phenolic acid content (47.19 mg/g) and total flavonoid content (2.74 mg/g), with electronic nose indicating significantly higher sulfide sensor response values (9.28) than other varieties. Hebei snow pear syrup showed the highest fructose content (32.23 g/100 g), but relatively lower contents of active components such as flavonoids and triterpenes. (2) Across all pear syrups, UHPLC-QE-MS identified 68 non-volatile compounds, while HS-SPME-GC-MS identified 100 volatile compounds. Korla fragrant pear syrup displayed characteristics of "high-rutin, high-triterpenes, high-alcohols"; Laiyang pear syrup showed the highest chlorogenic acid content (0.12 mg/g) with abundant furan derivatives and terpene alcohols; Dangshan pear syrup exhibited the highest protocatechuic acid and arbutin contents; Hebei snow pear syrup demonstrated the highest quinic acid content. (3) The established HPLC fingerprint contained 26 common peaks with similarity greater than 0.92, and 9 differential chromatographic peaks with VIP values > 1 were screened as variety identification markers. (4) Pharmacodynamic experiments demonstrated that all four pear syrups possessed significant antitussive and expectorant activities, but with variety-specific biases: Korla fragrant pear and Dangshan pear showed optimal antitussive effects with cough inhibition rates of 63.1% each; Laiyang pear exhibited the strongest expectorant effect with a 31.0% phenol red increase rate and expectorant index of 1.30. Spectrum-effect correlation analysis revealed that total flavonoids served as the core pharmacodynamic substance correlating with both antitussive and expectorant activities (grey correlation degree > 0.93), while rutin, protocatechuic acid, and total triterpenes were important associated substances for antitussive activity, and chlorogenic acid (phenolic acid class) represented the key contributing component for expectorant activity.

**Conclusion:** Raw material variety constitutes a crucial factor determining the quality and efficacy of pear syrup. Korla fragrant pear syrup, characterized by a chemical composition of "high-rutin, high-triterpenes, high-alcohols," combines optimal antitussive activity, favorable expectorant effects, and excellent taste profile of "high-sweetness, low-bitterness," making it suitable for development as a high-end balanced antitussive-expectorant product. Laiyang pear syrup, featuring "high-chlorogenic acid, high-amino acids," demonstrates the strongest expectorant activity but with prominent astringency, necessitating flavor optimization during product development. Dangshan pear syrup, due to its "high-total phenolic acids, high-total flavonoids" characteristics, shows significant antitussive effects, but contains certain sulfur-containing compounds requiring attention regarding their potential safety implications. Hebei snow pear syrup, characterized by "high-fructose, low-active components," presents balanced sensory properties but relatively weaker pharmacological effects, making it more appropriate as a basic raw material for flavor-oriented products.

**Key words:** pear syrup; chemical composition; antitussive and expectorant effects; spectrum-efficacy relationship

# 目 录

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 摘 要.....                       | I   |
| Abstract.....                  | III |
| 第 1 章 绪论.....                  | 1   |
| 1.1 梨与梨膏产品简介.....              | 1   |
| 1.2 梨及相关产品标准.....              | 5   |
| 1.3 梨的化学成分.....                | 5   |
| 1.4 梨的药理活性.....                | 6   |
| 1.4.1 镇咳祛痰与呼吸保护作用.....         | 6   |
| 1.4.2 抗氧化作用.....               | 7   |
| 1.4.3 抗炎作用.....                | 7   |
| 1.4.4 抑菌作用.....                | 7   |
| 1.4.5 抗肿瘤作用.....               | 8   |
| 1.4.6 降血糖与代谢调节作用.....          | 8   |
| 1.5 本课题研究内容.....               | 8   |
| 第 2 章 梨清膏的制备及质量评价.....         | 10  |
| 2.1 实验材料.....                  | 10  |
| 2.1.1 实验仪器.....                | 10  |
| 2.1.2 实验试剂.....                | 11  |
| 2.1.3 梨果原料信息.....              | 11  |
| 2.2 实验方法.....                  | 12  |
| 2.2.1 梨清膏的制备与保存.....           | 12  |
| 2.2.2 传统感官指标评价.....            | 13  |
| 2.2.3 电子舌分析.....               | 14  |
| 2.2.4 电子鼻分析.....               | 14  |
| 2.2.5 理化指标分析.....              | 15  |
| 2.2.6 果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定..... | 16  |
| 2.2.7 总黄酮、总酚酸和总三萜的含量测定.....    | 17  |
| 2.3 实验结果.....                  | 19  |
| 2.3.1 不同品种梨清膏得率比较.....         | 19  |
| 2.3.2 传统感官指标评价.....            | 19  |

|       |                             |    |
|-------|-----------------------------|----|
| 2.3.3 | 电子舌分析结果 .....               | 20 |
| 2.3.4 | 电子鼻分析结果 .....               | 24 |
| 2.3.5 | 理化指标分析 .....                | 27 |
| 2.3.6 | 果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定结果 ..... | 27 |
| 2.3.7 | 总黄酮、总酚酸和总三萜的含量测定 .....      | 29 |
| 2.3.8 | 相关性分析 .....                 | 30 |
| 2.4   | 讨论 .....                    | 31 |
| 2.5   | 本章小结 .....                  | 32 |
| 第 3 章 | 梨清膏的化学成分分析 .....            | 33 |
| 3.1   | 实验材料 .....                  | 33 |
| 3.1.1 | 实验仪器 .....                  | 33 |
| 3.1.2 | 实验试剂 .....                  | 34 |
| 3.2   | 实验方法 .....                  | 34 |
| 3.2.1 | UHPLC-QE-MS 分析 .....        | 34 |
| 3.2.2 | HS-SPME-GC-MS 分析 .....      | 35 |
| 3.2.3 | HPLC 指纹图谱的构建 .....          | 35 |
| 3.2.4 | 特征化学成分的含量测定 .....           | 36 |
| 3.3   | 实验结果 .....                  | 37 |
| 3.3.1 | UHPLC-QE-MS 分析结果 .....      | 37 |
| 3.3.2 | HS-SPME-GC-MS 分析结果 .....    | 45 |
| 3.3.3 | HPLC 指纹图谱分析 .....           | 51 |
| 3.3.4 | 特征成分的含量测定 .....             | 56 |
| 3.4   | 讨论 .....                    | 61 |
| 3.5   | 本章小结 .....                  | 63 |
| 第 4 章 | 梨清膏的止咳祛痰活性评价 .....          | 64 |
| 4.1   | 实验材料 .....                  | 64 |
| 4.1.1 | 实验仪器 .....                  | 64 |
| 4.1.2 | 实验试剂 .....                  | 65 |
| 4.1.3 | 试验动物 .....                  | 65 |
| 4.2   | 实验方法 .....                  | 65 |
| 4.2.1 | 实验动物分组与给药方案 .....           | 65 |
| 4.2.2 | 止咳模型的建立与指标评价 .....          | 66 |
| 4.2.3 | 祛痰模型的建立与指标评价 .....          | 66 |
| 4.3   | 实验结果 .....                  | 67 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 4.3.1 不同品种梨清膏的止咳活性评价 .....  | 67 |
| 4.3.2 不同品种梨清膏的祛痰作用评价 .....  | 68 |
| 4.3.3 谱效灰色关联度分析 .....       | 69 |
| 4.3.5 “成分-感官-功效” 关联分析 ..... | 71 |
| 4.4 讨论 .....                | 72 |
| 4.5 本章小结 .....              | 72 |
| 主要结论与展望 .....               | 74 |
| 参考文献 .....                  | 75 |
| 致谢 .....                    | 84 |
| 作者简介 .....                  | 85 |

## 第 1 章 绪论

呼吸道疾病是当前威胁人类健康的重要疾病之一，尤其是在全球气候变化与环境污染加剧的背景下，咳嗽、痰多等症状的发病率呈现持续上升态势<sup>[1-4]</sup>。世界卫生组织最新统计数据显示<sup>[5, 6]</sup>，慢性呼吸系统疾病已成为全球第三大死亡原因。我国该病患病率逐年上升，严重影响患者的生活质量及社会生产力<sup>[7-11]</sup>。

中医药在呼吸道疾病的防治方面历史悠久，积累了丰富的临床实践经验。其中，梨膏作为传统的润肺止咳类制剂，已在民间应用数百年。现代研究表明，梨膏具有润燥清热、止咳化痰、生津止渴等功效，尤其对于燥热咳嗽、痰粘难咯等临床症状，表现出确切的疗效<sup>[12-17]</sup>。近年来，随着人们对天然药物及功能性食品需求的日益增长，梨膏产业进入了快速发展阶段。据中国食品工业协会统计，2019 年至 2023 年间，我国梨膏及相关产品的市场规模由 15.2 亿元增长至 28.6 亿元，年均增长率达 17.3%<sup>[18-20]</sup>。

梨清膏作为梨膏生产关键原料提取物，其原料品种来源广泛，导致当前市售梨膏产品的质量参差不齐。然而，针对不同品种梨在化学成分构成及其与药效关联性方面的系统研究尚较为缺乏<sup>[21-26]</sup>。我国梨品种资源丰富，河北雪梨、库尔勒香梨、砀山梨和莱阳梨等主要商业品种制备梨清膏的适用性及其药效差异尚未得到科学评价<sup>[27, 28]</sup>。

传统的梨清膏制备与质量控制体主要依赖于感官经验判断，缺乏系统的质量评价标准及对化学成分的深入解析。近年来，随着 UHPLC-QE-MS 与 GC-MS 等现代分析技术的广泛应用，为解析不同品种梨清膏的化学差异与止咳祛痰活性的关联机制提供了可靠手段<sup>[29-31]</sup>。本研究旨在阐明不同品种来源的药食两用梨清膏的化学特异特征与功效的内在机制，为梨清膏优质原料筛选、质量标准化控制及下游功能性产品定向开发提供科学依据，促进药食同源梨资源的高值化利用。

### 1.1 梨与梨膏产品简介

梨作为典型的药食两用植物，在我国已有逾两千年的应用历史，素有“百果之宗”、“天然矿泉水”之美誉<sup>[32]</sup>。梨属 (*Pyrus*) 植物因种间杂交频繁、形态性状趋同，分类体系较为复杂，全属公认物种约 30 个，我国作为起源中心之一分布有 10 余个原生种，现代栽培体系以白梨、砂梨、秋子梨、新疆梨四大系统为主<sup>[33-36]</sup>，但这些系统之间存在广泛的杂交现象，导致品种遗传背景复杂、分类困难。2024 年全国梨产量达 2098.79 万吨，占世界总产量过半，其中，华北产区 720.6 万吨 (34.3%) 为最大产区，前三大产

区涵盖了河北、山东、新疆、安徽等省级区域。国家统计局年度产量核算数据统计了2024年中国梨产量排名前6位的省份（见表1-1），河北产量占据榜首，新疆、安徽和山东侧重于产区品种特色。

表 1-1 2024 年中国梨产量排名前 6 位的省份

Table 1-1 The top 6 pear-producing provinces in China in 2024

| 排名 | 省份 | 产量 (万吨) | 占比 (%) | 主要品种        |
|----|----|---------|--------|-------------|
| 1  | 河北 | 413.59  | 19.71  | 雪花梨、鸭梨、皇冠梨  |
| 2  | 新疆 | 189.51  | 9.03   | 库尔勒香梨       |
| 3  | 山西 | 170.45  | 8.12   | 酥梨          |
| 4  | 河南 | 150.3   | 7.16   | 皇冠梨         |
| 5  | 安徽 | 141.72  | 6.75   | 砀山酥梨        |
| 6  | 山东 | 136.56  | 6.51   | 莱阳梨、秋月梨、皇冠梨 |

注：数据来源于国家统计局《2024年国民经济和社会发展统计公报》及各省农业农村主管部门产业报告

梨膏是以梨清膏为核心原料的传统梨深加工制品，历史悠久，具有清肺热、润燥止渴、镇咳化痰的明确功效，传统熬制工艺常与川贝、枇杷、桔梗等药材配伍，通过协同作用增强疗效。当前市售梨膏产品主要采用雪梨、库尔勒香梨、莱阳梨、砀山梨等道地品种为原料，配方各异<sup>[18-20]</sup>。截至2024年12月，国家市场监督管理总局和国家药品监督管理局已分别批准12个含梨保健食品（如摩音®雪梨川贝枇杷含片、力菲牌雪梨枇杷膏等，见表1-2）和86个含梨药品（图1-1）。据报道，含梨产品成分中，黄酮和多糖类为主要功效成分，其次为绿原酸、皂苷和生物碱类<sup>[40-44]</sup>。然而，目前对不同品种梨清膏的化学物质基础差异及其与功效的关联性缺乏系统性研究，产品标准化与质量均一性有待提升<sup>[17, 37-42]</sup>。深入开展不同品种梨清膏的化学成分及其止咳祛痰作用研究，阐明“品种-成分-功效”的关联机制，对推动梨资源高值化利用、提升梨膏产品科技含量、促进药食同源产业高质量发展具有重要的科学意义与现实价值。