

基于壳聚糖的中药面膜研究

刘禾梦, 周玉银, 王涵, 张婷*

成都医学院大健康与智能工程学院生物医学工程教研室, 四川 成都

收稿日期: 2023年5月13日; 录用日期: 2023年6月22日; 发布日期: 2023年6月29日

摘要

目的: 对于青年人常见的皮肤问题做出有效治疗, 做到壳聚糖与中药材的药理性融合效果, 降低青年人护肤成本。方法: 对于壳聚糖制备选用碱溶提纯法, 中药材进行粉碎后与壳聚糖按照比例混合加入基底物质, 最后采用多项对比实验验证壳聚糖中药面膜的理化性质、使用成效、抗菌性能以及对于同类产品的竞争力度。结果: 探究得出了壳聚糖、中药面膜、基底物质与辅助药物的最佳比例, 壳聚糖中药面膜在各类对比实验中做到了低敏抗菌美白等效用, 治疗效果远超上市同类面膜, 解决了中药材气味无法迎合大众的问题。结论: 壳聚糖中药面膜能够对青年人常见的敏感、泛红、抗菌力度不足等问题做出规避或治疗, 中药材与壳聚糖的融合同时也为面膜行业发展提供了新方向, 具有一定的科研价值。

关键词

壳聚糖, 美白, 抗菌, 消炎

Study on Traditional Chinese Medicine Mask Based on Chitosan

Hemeng Liu, Yuyin Zhou, Han Wang, Ting Zhang*

Department of Biomedical Engineering, College of Health and Intelligent Engineering, Chengdu Medical University, Chengdu Sichuan

Received: May 13th, 2023; accepted: Jun. 22nd, 2023; published: Jun. 29th, 2023

Abstract

Aims: To effectively treat common skin problems of young people, to achieve the pharmacological integration effect of chitosan and Chinese herbal medicines, and to reduce the cost of skin care for young people. **Methods:** For the preparation of chitosan, the alkali-soluble purification method was

*通讯作者。

文章引用: 刘禾梦, 周玉银, 王涵, 张婷. 基于壳聚糖的中药面膜研究[J]. 材料科学, 2023, 13(6): 542-553.

DOI: 10.12677/ms.2023.136058

selected, the Chinese herbal medicines were crushed and mixed with chitosan in proportion to add the substrate substance, and finally a number of comparative experiments were used to verify the physicochemical properties, use effectiveness, antibacterial properties and competitiveness of similar products. Results: The optimal ratio of chitosan, Chinese medicine mask, substrate substance and auxiliary drugs was explored, and chitosan Chinese medicine mask achieved the equivalent effect of low-sensitivity antibacterial whitening in various comparative experiments, and the therapeutic effect far exceeded that of similar masks on the market, solving the problem that the smell of Chinese herbal medicine could not meet the public. Conclusion: Chitosan Chinese medicine mask can avoid or treat the common sensitivity, redness, antibacterial strength and other problems of young people, and the integration of Chinese herbal medicine and chitosan also provides a new direction for the development of the mask industry, which has certain scientific research value.

Keywords

Chitosan, Skin Whitening, Antibacterial, Anti-Inflammatory

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

面膜的应用有着悠久的历史,最早可以追溯到公元前454年,有古罗马姑娘使用牛奶涂抹脸,达到美白润滑效果。如今,面膜的种类和效果也由着社会的发展和人们的需求开始发生着变化,想要通过面膜解决自己皮肤的多个问题,同时还注重安全性和成本问题。

本实验是基于黄芩,白芷,栀子,金银花,蒲公英的药理作用进行的,在安全性和适用性上有极大保证[1]。黄芩,白芷,栀子,金银花,蒲公英均有消炎,抗菌及抗氧化的作用,可使青春痘等炎症反应减轻。且金银花和蒲公英的抗菌和收缩毛孔效果极其有效[2],对皮肤真菌等微生物有抑制作用[3],白芷具有优异的美白作用和保湿性能[4],实验使用的药物载体为壳聚糖,对人体有很好的生物相容性,且抗菌性能良好,是一种优良的药物载体[5]。

壳聚糖作为一种天然弱碱性多糖,具有良好的生物相容性、生物可降解性,且安全无毒,常被加工制备成具有一定功能用途的壳聚糖微球,又名甲壳胺或可溶性甲壳质,无毒,具有体内生物降解性和生物相容性,其结构类似于纤维素,被欧美学术界誉为继蛋白质、脂肪、糖类、维生素和无机盐之后的第六生命要素。对比甲壳素,壳聚糖结构上多出-NH₂基团,该基团可与大部分重金属离子配位结合,壳聚糖是一种环境友好型的可再生天然高分子材料,作为药用辅料在药物新剂型中已有广泛应用,被证实具有广阔的发展前景。

结合五味药材,利用成熟的药理作用,使面膜可以做到抗菌,抗炎,抗氧化和美白护肤作用,为中药面膜在临床上的应用提供一定的参考价值。

2. 实验材料与仪器

2.1. 药品及试剂

药材: 蒲公英,黄芩,白芷,栀子,金银花,绿豆粉,白泥等。

其他试剂: 虾蟹壳,医用甘油,超纯水等。

2.2. 实验器材

磁力搅拌器：制备过程中能充分的将所需材料搅拌均匀；水浴锅：制备壳聚糖过程中需要进行恒温加热的操作仪器；烧杯：盛放制备过程中的各种试剂；研钵：粉碎虾蟹壳、中草药提取精油和碳酸钙等固体；蒸煮袋：制备精油过程中做蒸煮操作；玻璃棒：将溶液进行充分混合和定容时所需仪器。

3. 实验方法及步骤

3.1. 壳聚糖的性能研究及其制备

3.1.1. 壳聚糖简介

壳聚糖作为一种天然弱碱性多糖，具有良好的生物相容性和可降解性，且安全无毒，常被加工制备成具有一定功能用途的壳聚糖微球[6]作为抗菌材料，壳聚糖对多种病原菌具有良好的敏感性，以4种不同来源虾壳为原料提取壳聚糖的结果表明，4种原料的生化分析中，壳聚糖只有在黏度方面存在差别[7]为药物载体，壳聚糖是应用最广泛的天然聚合物，关于壳聚糖的制备中，通过研究观察到不同环境条件下制备的复合膜外观并测定其溶解温度，确定了耐热性较好且制作过程较简便的方法[8]。壳聚糖中的 $-NH_3^+$ 可与病毒细胞表面负电荷结合，改变细胞膜的通透性，从而目标药物能够穿过黏膜细胞[9]，使病毒细胞死亡[10]。在国外的研究中，壳聚糖具有积极的作用，促进止血，被用作密封剂在心血管手术[11]；将柠檬酸与尿素、植酸反应后与壳聚糖膜结合，对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌表现出更好的抑菌活性[12]，以上均体现了壳聚糖的优秀可塑性。基于各方面优秀特质，故壳聚糖拥有作为护肤面膜的基质。

3.1.2. 壳聚糖样本制备

将1 kg 虾蟹壳用超纯水冲洗10 min 至外壳干净无杂质；将高浓度盐酸溶液稀释至1 mol/L 稀盐酸，将虾蟹壳浸入溶液26 h，至外壳基本变色，此时壳中的主要化学物质 $CaCO_3$ 与HCl反应后基本溶于溶液中，取出浸泡后的虾蟹壳，再次用超纯水清洗10 min 至完全洗去混合溶液，配置0.03~0.04 mol/L 的NaOH溶液，将此前洗净的虾蟹壳放入其中，用水浴锅100℃持续加热5小时，其中的大分子氨基酸分解后剩下的就是甲壳素大分子，再使用浓度为0.5 mol/L 的高锰酸钾溶液浸泡70 min 后，再用超纯水洗净，之后使用水浴锅设定温度为60℃，加入0.01 mol/L 的草酸，加入转子转动35 min 左右，完全褪色后烘干便是用于面膜制作的壳聚糖。

3.2. 各类药材的性能简介及药物制备

3.2.1. 各药材简介

- 1) **蒲公英**：现代药理研究表明，其具有广泛抗菌和增强免疫力等性能[13]。蒲公英是一种多年生草本药食同源植物，具有很好的保健食用价值，其在茶制品，使用产品，保健品的开发中有一定应用[14]。
- 2) **栀子**：本文中主要用到栀子果实的有效物质，栀子果实含有栀子苷和西红花苷这两种成分，具有消炎、抗癌、抗氧化、护肝利胆及防治糖尿病等活性[15]。
- 3) **金银花**：原名忍冬，分布广，产量高，为中药之瑰宝，对多种致病菌均有一定的抑制作用[16] [17]。
- 4) **黄芩**：一种使用历史悠久的中药，多为野生，具有多种药理作用，其主要作用是清除自由基、抗炎[18] [19]。
- 5) **绿豆**：能清除人体内的热毒，消除多种炎症，还能抑制人体内病毒的活性，对一些高发癌症的预防作用也十分明显[20]。
- 6) **白泥(高岭土)**：含有丰富的矿物质，有消炎、杀菌、清除油脂和收缩毛孔的作用。这些矿物质和

微量元素在皮肤上形成封闭泥膜，具有快速深层保湿、修护肌肤和去除角质的功效[21]。

7) **荷荷芭油**: 抑制水分过度损失, 对于植物含量较高的中药面膜, 初期实验出现了极易干燥的问题, 加入了荷荷芭油之后明显改善。

3.2.2. 黄芩、金银花、栀子、蒲公英、白芷有效成分的提取

将黄芩, 金银花, 栀子, 蒲公英, 白芷五味中药各 100 g 用蒸煮袋包好放入煮锅中加入 500 ml 纯净水蒸煮 5 小时, 期间始终保持水位在 100 ml 处, 最后得到味道苦涩浓厚, 色泽黑亮的中药液即为初步药液, 冷却至室温后, 放入冰箱冷藏。

3.3. 面膜调制实验步骤

3.3.1. 溶水蒸馏法

1) 中药提取液的制备: 取黄芩、金银花、栀子、蒲公英于煎煮罐中, 加入适量蒸馏水, 煎煮 2 次, 每次煮沸 2 h, 合并煎煮液放置过夜, 过滤, 将滤液浓缩至所需水量, 备用。

2) 白芷按同法单独煎煮并浓缩, 使用时混合即可。

3) 面膜制备: 将 3 g 壳聚糖、6 g 柠檬酸溶于 100 ml 水中制成溶液 a, 取羧甲基纤维素钠和明胶各 1 g 溶于 100 ml 水中制成溶液 b, 在加热并搅拌条件下, 将 20 mL 溶液 b 加入到 30 ml 溶液 a 中, 待混合均匀后加入中药提取液, 混匀, 用胶体磨处理两次即得。

3.3.2. 粉碎筑膜法

中药材的选用与打磨: 选用栀子, 蒲公英, 绿豆三味药材, 分别称取 10 g, 20 g, 20 g, 用破壁机打磨, 打磨三次后发现颗粒较为粗糙, 后选用研钵研磨精细, 称取 50 g 白泥, 与 100 g 无菌水, 混合均匀, 根据试用反馈决定使用玫瑰精油来改善产品味道。

3.3.3. 成品制作

购买 10 g 分装瓶, 将面膜成品以每份 5 g 的标准装入, 经多方实验表明 5 g 为一次涂满整个面部的标准量。

4. 中药面膜的性能测定

4.1. 面膜对皮肤使用可行性与效果探究

将初步实验成品均匀涂抹至手部肌肤上检测实际效果, 拍摄实验前、后手部状态显微图进行对比(图 1~图 5), 根据五名志愿者的使用反馈, 面膜在手上有一定清凉感, 精油的香味自然且清新淡雅, 不同于香水的“闷”, 试用结束后手部干燥等情况改善且未出现过敏、瘙痒等不良情况(实验结果如表 1 所示)。

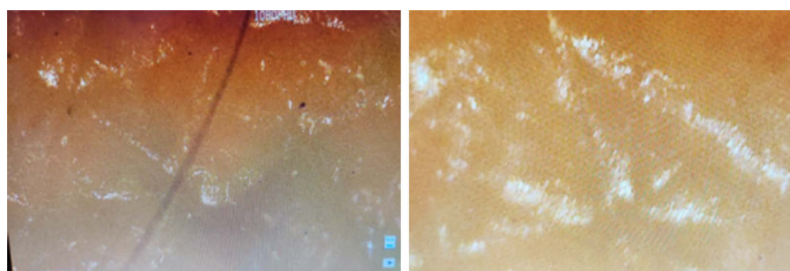


Figure 1. Student 1 uses the front and back hand micrographs

图 1. 同学 1 使用前、后手部显微图

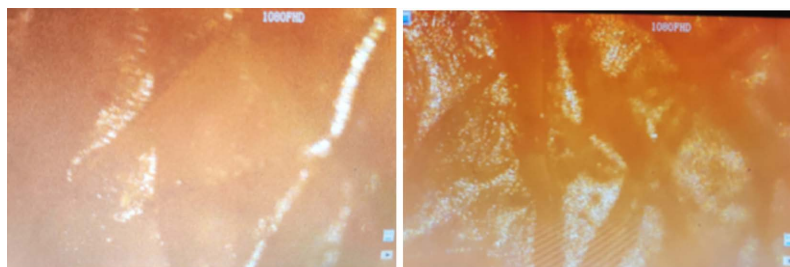


Figure 2. Student 2 uses the front and back hand micrographs

图 2. 同学 2 使用前、后手部显微图

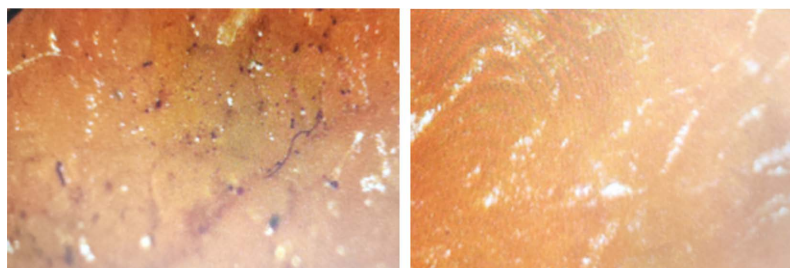


Figure 3. Student 3 uses the front and back hand micrographs

图 3. 同学 3 使用前、后手部显微图



Figure 4. Student 4 uses the front and back hand micrographs

图 4. 同学 4 使用前、后手部显微图



Figure 5. Student 5 uses the front and back hand micrographs

图 5. 同学 5 使用前、后手部显微图

Table 1. Hand conditions of volunteers before and after trying chitosan traditional Chinese medicine mask

表 1. 志愿者手部试用壳聚糖中药面膜前后手部情况

序号	使用前手部情况	使用后改善情况
1	少量灰尘、暗沉、毛孔较深，光泽低	水润度提高、毛孔收缩、提亮、清洁污渍
2	干燥、暗沉、毛孔明显、纹路较深	增加湿润度、淡化纹路、提亮

Continued

3	较为脏污、皮肤粗糙度大、纹路明显	淡化纹路、清洁污渍、提高水润度
4	部分纹路干燥、稍暗沉	提高水润度、提亮
5	纹路略微	淡化纹路，提高光泽度

结论: 对于皮肤较差, 较为干燥的同学, 面膜效果更为明显, 对于皮肤基础较好的同学, 可有补水、淡化纹路的效果, 并且壳聚糖中药面膜对于所有志愿者同学均无毒副作用, 达到了脸部使用标准, 可在脸部使用。

4.2. 实际成品流动性与前期理化状态的对比与改善

下图为成品实际状态与初品物理状态对比图(图 6):



Figure 6. The actual state of the finished product and the physical state of the original product
图 6. 成品实际状态与初品物理状态

根据前期实验志愿者同学的描述, 初代产品存在以下问题: 效果不够理想、易干燥结块、发霉变质, 药味浓厚导致失去体验观感等, 经过研究使用以下方法解决问题:

一: 猜测效果不够理想是因为药材的原材料年份问题, 后于中药馆称取陈年褐色药品后, 制作成品效用便能达标。

二: 易干燥结块问题出于缺少润滑剂, 经查阅资料后得知荷荷芭油可以与精油以 4:1 比例调和, 能同时解决产品易结块和药味过重的问题。

三: 产品易发霉变质原因是为追求纯天然效用, 改进时在产品中少量添加甘油, 生产环节尽可能做到无菌环境, 做完立即放入冰箱可延长保存时间。

4.3. 实际成品与前期成分及效果对比

以下将初次产品脸部使用效果图、二次产品脸部使用效果图以及最终成品脸部使用效果图进行对比(如图 7 所示):

根据前期使用感受, 产品过于干燥, 颗粒过大时涂抹在脸上会有不适, 后添加壳聚糖, 增加水分比例, 能够在保持更高效果的同时提升使用感受, 将实验过程记录如表 2 所示。

二次实验产品增加壳聚糖及甘油, 壳聚糖起增加粘度、聚合作用, 甘油抵抗水分流失及抗菌作用, 此时面膜在原效用增加去黑头作用和保存时间。但同时还存在以下问题: 壳聚糖比例过高难以洗净, 气味较差, 产品有效成分未协调完全导致仍然存在轻微过敏现象, 需再次改善比例。

最终成品减少壳聚糖、甘油比例, 增加荷荷芭油与精油, 中药面膜获得了较大的提升, 各种成分相互融合, 壳聚糖与甘油包裹了矿物成分的白泥使得过敏源消除, 改善原本气味过重的问题, 达到设想提

出前的效果猜想。



Figure 7. Facial rendering of the third generation product
图 7. 三代产品脸部使用效果图

Table 2. Comparison of components of the original chitosan mask and the finished chitosan traditional Chinese medicine mask

表 2. 初代壳聚糖面膜与成品壳聚糖中药面膜面膜成分对比

序号	面膜成分	面膜效果
1	蒲公英：栀子：绿豆粉：白泥：水 = 2:1:1:3:3	消炎祛痘效果好，美白较好，去黑头、补水、保存效果差，出现过敏瘙痒情况，气味差
2	壳聚糖：蒲公英：栀子：绿豆：甘油：白泥：水 = 1:2:1:1:3:5	消炎祛痘、补水效果好，美白、去黑头效果较好，补水效果差，保存效果改善，出现过敏瘙痒情况少，气味差，粘度过高
3 (最终比例)	壳聚糖：蒲公英：栀子：绿豆粉：白泥：水 = 2:2:1:2:5:8 荷荷芭油精油混合品 2%、甘油 5%	消炎祛痘、补水效果好，美白、去黑头效果较好，保存效果改善，未出现过敏瘙痒情况，气味较好

总结：对于初次实验产品，得出结论：蒲公英：栀子：白泥 = 2:1:3 时，达到消炎标准，但去黑头及补水效果较差，需添加壳聚糖增加粘性以及抵抗过敏现象。

4.4. 壳聚糖中药面膜与上市面膜实际效果对比

以下为实验过程中使用壳聚糖中药面膜与美妆店购买的白泥面膜前后的效果对比图(图 8 & 图 9)，以及根据 3 位志愿者使用壳聚糖中药面膜与白泥面膜的情况对比(表 3)；之后再将 3 位志愿者网络购买的某品牌面膜与壳聚糖中药面膜使用 3 天后的皮肤状况对比(表 4 & 表 5)：



Figure 8. The finished mask is used before and after one use
图 8. 成品面膜使用前、使用一次后



Figure 9. White clay mask before, after one use and use live

图 9. 白泥面膜使用前、使用一次后与使用实况

Table 3. Comparison of volunteers' faces after trying different masks

表 3. 志愿者脸部试用不同面膜后情况对比

序号	皮肤情况	使用壳聚糖中药面膜后脸部情况	使用白泥面膜后脸部情况
1	长痘较多, 皮肤干燥	大量青春痘消退, 干燥起皮情况减少, 未出现过敏现象	干燥起皮情况减少, 少量青春痘消退, 鼻部三角区轻微敏感泛红
2	皮肤暗沉, 黑头多	皮肤提亮, 黑头轻微消退, 未出现过敏现象	皮肤提亮, 黑头未消退, 未出现过敏现象
3	皮肤敏感, 少量长痘	青春痘消退, 未出现过敏现象	青春痘消退, 泛红过敏严重, 脸部红肿瘙痒一周

总结: 上市白泥面膜具有一定美白效果, 使用感受较好, 无颗粒感, 但易引起皮肤泛红发痒, 对皮肤其他情况无太大改进作用, 壳聚糖中药面膜具有美白提亮效果, 有轻微颗粒感, 不会引起过敏现象, 对于青春痘的炎症改善情况好、无毒副作用, 经过对比壳聚糖中药面膜具有更好的效果且成本更低, 超过上市白泥面膜。

Table 4. Skin condition of volunteers after three days of chitosan mask

表 4. 志愿者使用壳聚糖中药面膜三天后皮肤状况

序号	使用前湿润度	使用前长痘数量	使用前痘痘状态	使用后湿润度	使用后长痘数量	使用后痘痘状态
1	干燥(+)	12	红肿、发炎	湿润(+)	3	消退中
2	正常	6	红肿、发炎	湿润(++)	0	消退中
3	干燥(++)	17	红肿、瘙痒	正常	4	消退中
4	干燥(+)	21	红肿、过敏	湿润(+)	6	轻微红肿
5	正常	15	红肿	湿润(++)	2	消退中

Table 5. Skin condition of volunteers using a brand of mask purchased online for three days

表 5. 志愿者使用网络购买的某品牌面膜三天后皮肤状况

序号	使用前湿润度	使用前长痘数量	使用前痘痘状态	使用后湿润度	使用后长痘数量	使用后痘痘状态
1	干燥(+)	12	红肿、发炎	正常	14	红肿、发炎
2	正常	6	红肿、发炎	湿润(+)	5	红肿、发炎
3	干燥(++)	17	红肿、瘙痒	正常	15	红肿、瘙痒
4	干燥(+)	21	红肿、过敏	正常	24	红肿、过敏
5	正常	15	红肿	湿润(+)	14	红肿

总结: 网络购买的某品牌面膜产品在补水效果上较为明显, 但对于痘痘及过敏的情况并无明显效果。

壳聚糖中药面膜对于多数青年人出现的皮肤问题有较大改善，并且对于各类肌肤情况均不会造成过敏问题，相较于网络购买的成品面膜，做到了真实有用的设想。

以下为实验过程中产出面膜装瓶存储的结果图(图 10):



Figure 10. Mask storage diagram
图 10. 面膜储存图

对上图储存的面膜进行 7 天试用测试，脸部并未出现红肿，瘙痒，红疹和溃烂等过敏现象，因为作息不规律等原因冒出的痘痘有了明显好转，因此本论文制作的面膜可用性较高。

4.5. 面膜不同成分抗菌性能对比

对于壳聚糖中药面膜抗菌性的测试(如表 6)，分别对不同添加物的面膜(均含有绿豆:白泥 = 2:5 基底)进行了培养 4 天的抗菌性实验，其显微对比图如下(图 11~图 14)。为了探究壳聚糖中药面膜各成分是否真实可观的对脸部细菌有抗菌作用，本次将洗脸水对面膜进行调制(使脸部常见病菌比例增加)，实验观察可知在四天内对于病毒的抵抗性为：培养基 < 壳聚糖 < 成品面膜，同时证明了壳聚糖中药面膜确实对脸部常见细菌具有抵抗性。

Table 6. Cultures of mask fungi with different components were recorded for 4 days
表 6. 不同成分面膜菌类培养 4 天记录

天数	添加壳聚糖	不添加药物(培养基)	添加成品相同比例各药物
1	正常调配，加入同样比例的洗脸水后盖上保鲜膜放入同一储存地点		
2	颜色轻微发暗，水油分层	水油分层	无明显改变
3	颜色出现轻微黄色，出现臭鸡蛋异味	出现气泡，出现臭鸡蛋异味	无明显改变
4	出现长毛情况，颜色变黑	出现大量孔洞，异味极大	颜色轻微发暗，其余情况正常

面膜 1 天保存情况如下：

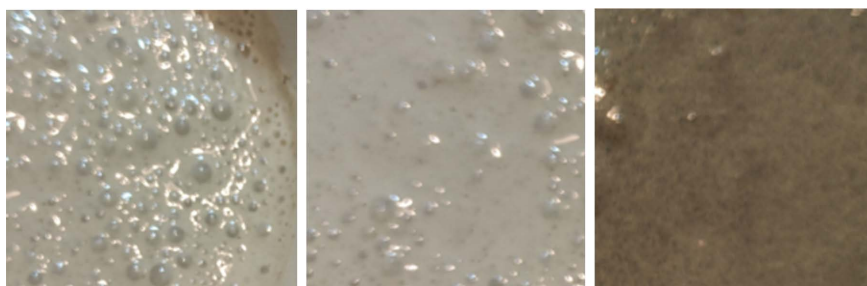


Figure 11. Chitosan component mask, nutrient-based and traditional Chinese medicine component mask
图 11. 壳聚糖成分面膜、营养基、中药成分面膜

面膜第 2 天保存情况如下：

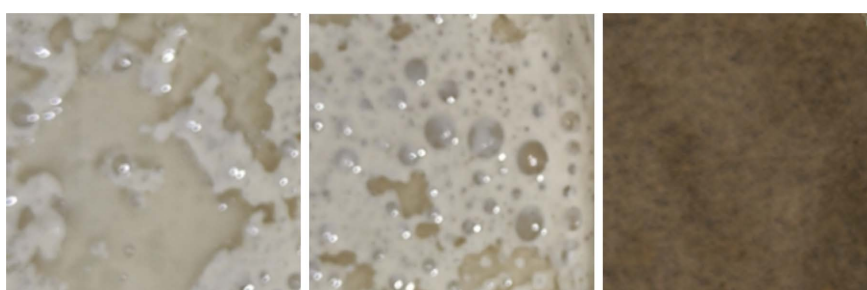


Figure 12. Chitosan component mask, nutrient-based and traditional Chinese medicine component mask
图 12. 壳聚糖成分面膜、营养基、中药成分面膜

面膜第 3 天保存情况如下：



Figure 13. Chitosan component mask, nutrient-based and traditional Chinese medicine component mask
图 13. 壳聚糖成分面膜、营养基、中药成分面膜

面膜第 4 天保存情况如下：



Figure 14. Chitosan component mask, nutrient-based and traditional Chinese medicine component mask
图 14. 壳聚糖成分面膜、营养基、中药成分面膜

5. 总结

1) 本产品在传统面膜基础上, 增加黄芩、金银花、栀子、蒲公英、白芷五种药材, 并进行有效成分的提取, 最终研制出一款抗菌、美白、消炎效果极佳的新型面膜。

2) 白芷被称为天然的美容增白剂且药用价值极高, 经许多学者发现, 在中药面膜中发挥美白的主要方式是白芷水提取物。金银花和蒲公英两种药材已被临床证实, 具有广泛抗菌作用, 提取物可抑制青春痘生长。

3) 壳聚糖与中药面膜的药理性融合, 可治疗皮肤的低敏症状, 安全性高, 温和无刺激。

4) 经一系列的性能测试与对比, 结果显示该款面膜稳定性良好, 抗菌与美白效果优秀, 皮肤初步测试无过敏, 发痒等不良反应, 符合国家安全性标准, 研磨过程搭配医用甘油, 玫瑰精油等其他药品, 可长时间保存。

参考文献

- [1] 陈家祥, 刘彬. 中药面膜治疗寻常痤疮用药规律的数据挖掘研究[J]. 中医临床研究, 2022, 14(1): 43-47.
- [2] 徐晶, 管春梅, 王婷. 壳聚糖中药面膜的研制[J]. 中国美容医学, 2011, 20(4): 664-666.
<https://doi.org/10.15909/j.cnki.cn61-1347/r.2011.04.008>
- [3] 陈瑞军, 王秋元, 喇孝瑾, 李继安, 梁贵廷, 曹慧娟, 王瑶瑶, 张敏. 蒲公英药用研究进展[J]. 现代中西医结合杂志, 2021, 30(5): 563-567.
- [4] 吉庆, 马宇衡, 张焯. 白芷的化学成分及药理作用研究进展[J]. 食品与药品, 2020, 22(6): 509-514.
- [5] Kou, S., Peters, L. and Mucalo, M. (2022) Chitosan: A Review of Molecular Structure, Bioactivities and Interactions with the Human Body and Micro-Organisms. *Carbohydrate Polymers*, **282**, Article ID: 119132.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119132>
- [6] 徐云, 张昆明, 黄永春, 陆丽金, 段超, 余慧群. 孔板空化强化制备京尼平-壳聚糖载药纳米微球的工艺研究[J]. 广西科技大学学报, 2021, 32(4): 9-16+42.
- [7] 徐文刚, 谷庆舟, 陈怀新. 以虾壳为原料提取虾青素和壳聚糖的研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(3): 65-67.
- [8] 王海琪, 曾丽静, 邹丽玲, 项炯华. 明胶-氧化壳聚糖复合膜的制备及优化[J]. 长春师范大学学报, 2021, 40(10): 72-77.
- [9] 杨梦璐, 张娜, 王方远, 刘建国. 壳聚糖在纳米药物递送载体领域的应用现状[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(28): 4546-4552.
- [10] 李莹, 杨欣悦, 王雪羽, 赵梦娜, 冯佳, 夏秀芳. 壳聚糖基复合膜的成膜机理和特性研究进展[J]. 食品工业科技, 2022, 43(7): 430-438.
- [11] Dos Santos, R.N., Cardoso, G.B.C., Cunha, M.R., Marchi, E. and Carvalho, M.V.H. (2022) Experimental Evaluation of Chitosan Membrane and Collagen Sponge (TachoSil®) as Sealants in Cardiovascular Surgery. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*, **37**, 176-184. <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2021-0432>
- [12] Wang, L., et al. (2022) Enhancing the Thermostability, UV Shielding and Antimicrobial Activity of Transparent Chitosan Film by Carbon Quantum Dots Containing N/P. *Carbohydrate Polymers*, **278**, Article ID: 118957.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118957>
- [13] 任汉书, 朱文卿, 郑媛媛, 郑振佳. 蒲公英的功能性成分及生物活性研究进展[J]. 食品与药品, 2022, 24(2): 193-201.
- [14] 付晨青, 何立威, 王秀萍, 葛飞, 李秀杰. 药食同源蒲公英的开发应用研究现状与展望[J]. 陕西农业科学, 2021, 67(5): 86-88.
- [15] 刘芳, 颜彬, 龙吉财, 许林, 唐映红, 陈建荣. 栀子不同部位提取工艺优化与 7 种成分含量测定[J]. 湖南生态科学学报, 2022, 9(2): 10-18.
- [16] 石钺, 石任兵, 陆蕴如. 我国药用金银花资源、化学成分及药理研究进展[J]. 中国药学杂志, 1999(11): 6-9.
- [17] 焦守国. 金银花研究现状及综合利用[J]. 齐鲁药事, 2009, 28(8): 487-489.
- [18] 于长江, 田福利. 中药黄芩药用成分研究现状[J]. 内蒙古石油化工, 2002, 27(1): 9-10.

-
- [19] 弥树勇, 崔浩. 黄芩的药理作用研究现状[J]. 伤残医学杂志, 2005, 13(2): 53-55.
- [20] 肖金玲. 绿豆荳草苷对肝癌的抑制作用及加工方式对其活性的影响[D]: [硕士学位论文]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2020. <https://doi.org/10.27122/d.cnki.ghlnu.2020.000022>
- [21] 刘丽仙, 蒋丽刚, 申奉受, 毕永贤. 面膜配方技术和面膜布材质概述[J]. 日用化学品科学, 2015, 38(6): 6-9+44. <https://doi.org/10.13222/j.cnki.dc.2015.06.003>