技术创新

绿色环保凤仙花指甲油的研究与制备

胡玉婷，肖善善，谢念伽，张开莲，高　蝶
西南医科大学 药学院（泸州　646000）

【摘　要】**目的** 优化凤仙花色素提取条件，提取色素用作指甲油的显色剂，制备绿色环保的凤仙花指甲油。**方法** 以紫外分光光度法为分析手段，考察不同溶剂、凤仙花原料形态、固液比、不同pH、时间和温度对凤仙花色素提取率的影响；筛选辅助剂与色素的最佳比例，制备成膜速率快且成膜效果好的指甲油。**结果** 凤仙花色素的最佳提取条件为：以干花粉形态的凤仙花为原料、以70%乙醇为提取溶剂、料液比为1∶3、pH条件为1、提取时间为3 h、提取温度为60 ℃。制备指甲油不同成分的最佳比例为：色素2 mL、阿拉伯胶10 g、柠檬酸三丁酯1.5 mL、甘油2 g、去离子水10 mL。采用该比例成分制备的指甲油可在5 min成膜，可用作指甲油。**结论** 通过优化凤仙花色素提取条件，提取色素用作指甲油的显色剂，可以制备成膜效果理想的绿色环保凤仙花指甲油。

【关键字】凤仙花；色素；提取；成膜；指甲油
【中图分类号】R284.2　　文献标志码 A　　DOI：10.3969/j.issn.2096-3351.2022.05.004

Research and preparation of environmentally-friendly nail polish from *Impatiens balsamina* L.

HU Yuting, XIAO Shanshan, XIE Nianjia, ZHANG Kailian, GAO Die
School of Pharmacy, the Southwest Medical University, Luzhou 646000, China

【**Abstract**】**Objective** To optimize the extraction conditions of pigments from *Impatiens balsamina* L.and to prepare environmentlly nail polish by using pigments from *Impatiens balsamina* L. as colour developing agent. **Methods** The effects of different solvents, raw material forms, solid-liquid ratio, pH, extraction time and extraction temperature on the extraction yields of pigments from *Impatiens balsamina* L. were investigated by ultraviolet spectrophotometry. The best proportion of the auxiliary agents and pigment was selected to prepare nail polish with fast film forming rate and good film forming effect. **Results** The optimal extraction conditions of pigments from *Impatiens balsamina* L. were as follows: *Impatiens balsamina* L. in the form of dried powder as raw material, 70% ethanol as extraction solvent, 1∶3 as solid-liquid ratio, pH = 1, 3 hours as extraction time and 60 ℃ as extraction temperature. The optimal proportions of different components of nail polish were as follows: pigment 2 mL, acacia gum 10 g, tributyl citrate 1.5 mL, glycerol 2 g and deionized water 10 mL. Moreover, the nail polish prepared with this proportion can form film in 5 min and can be used as nail polish. **Conclusion** By optimizing the extraction conditions of the pigments of *Impatiens balsamina* L. and using them as the chromogenic agents, the nail polish with ideal film forming effect and green environmental protection was obtained.

【**Key words**】*Impatiens balsamina* L. Pigment; Extraction; Film forming; Nail polish

凤仙花（*Impatiens balsamina* L.），又名指甲花、指甲桃、急性子、凤仙透骨草，是凤仙花科凤仙花属的植物。《滇南本草》中提到凤仙花“可治小儿脓耳。”《纲目》曾有凤仙花“可活血消积。治蛇伤，腰胁引痛”的说法。鲜草捣烂外敷，可治疮痈肿痛、毒虫咬伤、跌打损伤；花瓣捣碎后加大蒜汁等粘稠物可治灰指甲[1]。其全草可入药，具有祛风除湿、活血定痛的功效，现代药理学研究表明，凤仙花还具有抗菌、抗氧化甚至治疗脂溢性（雄激素性）脱发等功效，是中国传统中药材[2-4]。同时也常被古代女子用于染指甲[5]。唐代诗人李贺在《宫娃歌》就有“蜡光高悬照纱空，花房夜捣红守宫”描摹出夏夜烛光之下女子在花房中搜寻凤仙花捣碎后染指的生活场景。由此可见，凤仙花具有抗菌和用作指甲染色剂的潜力，可用作指甲油的原料。

现如今，各种各样的化妆品已经层出不穷[6]。其中，指甲油已经成为生活中常见的化妆品，因其用法方便及多样的颜色选择深受爱美女性的青睐。然而，现有指甲油成分中含有化学合成色素、丙酮、乙酸乙酯、邻苯二甲酸二甲酯、甲醛等致癌物质及有毒有害化学物质[7]。长期使用基于这些物质制备的指甲油，会对人

基金项目：四川省大学生创新创业项目（S20190814183X）
第一作者简介：胡玉婷，本科生。
通信作者：高　蝶，副教授，博士。E-mail：gaodie_1203@126.com
引用本文：胡玉婷，肖善善，谢念伽，等. 绿色环保凤仙花指甲油的研究与制备 [J]. 西南医科大学学报.2022,45(5)：382-386.DOI：10.3969/j.issn.2096-3351.2022.05.004

体造成不可避免的伤害如导致指甲损伤，甚至具有致癌性[8-10]。另外，在面向儿童的指甲油产品中，也添加了甲基异噻唑啉酮等有机物质，会危害儿童的健康[11]。据报道，中药中许多成分如问荆茎提取物可以替代指甲油中的成分，且大多无毒害作用[12]。刘劲松课题组以凤仙花色素为显色剂制备了凤仙花色素指甲油[13]。然而并未对凤仙花中的色素提取条件进行优化，其指甲油的制备成分较为复杂且成膜效果不显著。因此，本研究致力于寻找凤仙花色素提取的最佳条件，以凤仙花色素为显色剂，改进现有指甲油的组成成分，研发出新型绿色环保的成膜率快且成膜效果好的凤仙花指甲油。

1 材料与仪器

1.1 实验材料

凤仙花粉和凤仙花购于安徽亳州药材市场；乙醇（分析纯）、阿拉伯胶、柠檬酸三丁酯、甘油购于成都科龙化工有限公司。整个实验过程中使用的去离子水来自于美国艾科浦超纯水系统。

1.2 实验仪器

分析天平（AUW220，上海舜宇恒平科学仪器有限公司），紫外可见光分光光度计（UV-2600，日本岛津仪器有限公司），恒温水浴锅（DF-101S，巩义市予华仪器有限责任公司），干燥箱（DHG-9145A，上海齐欣科学仪器有限公司），旋转蒸发仪（德国艾卡仪器设备有限公司），离心机（Eppendorf 5430R）。

2 方法

2.1 凤仙花色素

凤仙花花瓣中含有多种色素，如指甲花醌色素、花色素苷等。指甲花醌色素可以结合蛋白质；花色素是由类黄酮代谢所衍生的多酚类化合物，具有清除氧自由基及抑制脂质过氧化的能力[14]。根据色素种类的不同，利用色素的化学性质，可以选择多种方法分离和提取色素[15]。近年来色素成分提取技术主要集中在溶剂提取法、超声波辅助提取法、微波辅助提取法等[16-18]。利用色素提取液在515 nm处测定的吸光度值可以得出溶液中色素含量的多少。

2.2 凤仙花色素的提取

取干燥的凤仙花粉末（40目过筛，0.45 mm）50 g，加入150 mL的70%乙醇，调节pH约为1，于60 ℃回流条件下提取3 h。提取完毕后，取滤液离心，旋转蒸发浓缩至无醇味，得凤仙花色素提取液。

2.3 指甲油的制备

取凤仙花色素提取液2 mL，依次加入柠檬酸三丁酯1.5 mL（增塑剂、成膜助剂），阿拉伯胶10 g（增稠剂），甘油2 g（保湿剂）和去离子水10 mL（溶剂），混匀5 min左右后即得指甲油。

3 结果

3.1 凤仙花色素最佳提取条件的优化

3.1.1 提取溶剂的优化 齐玥等[19]曾对凤仙花色素提取溶剂的选择作出研究，在无水乙醇、丙酮、石油醚、冰醋酸中得出无水乙醇为最佳溶剂的结论。但这样的结论并不准确，只能证明在常用提取溶剂中，醇类溶剂对凤仙花色素提取具有较好的效果。提取剂的浓度不同提取效果亦会不同，而该研究组没有对常用浓度进行研究，故本研究对不同种类与浓度的醇溶液对凤仙花色素的提取效果进行了研究。准确称取3份干花粉，每份10 g。分别采用30 mL的无水乙醇、甲醇和70%乙醇作为提取溶剂，于70 ℃下回流提取3 h，取滤液离心，取上清液在515 nm处测定吸光度，最终发现70%乙醇对凤仙花粉末中的色素提取效果最佳，故后续选择70%乙醇为最佳提取溶剂。结果如图1所示。

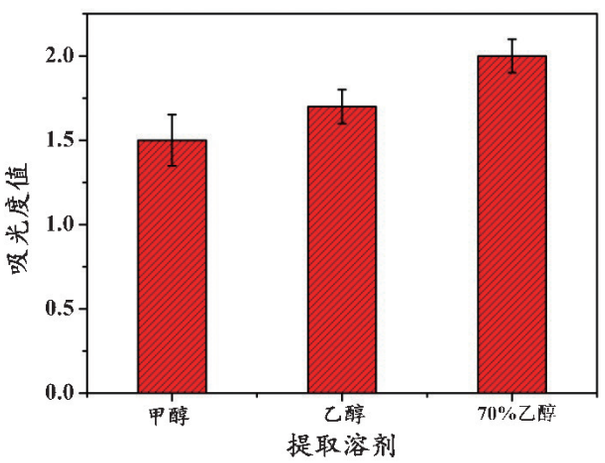


图1 不同提取溶剂对色素提取率的影响

Figure 1 Effects of different extraction solvents on the extraction yield of pigments

3.1.2 凤仙花形态及用量对色素提取效果的影响 提取凤仙花色素时可用的凤仙花形态有干花和干花粉两种，两种形态凤仙花的色素提取效果可能不同[20]。因此，需考察不同形态的凤仙花及其用量对色素提取效果的影响。准确称取3份干花或干花粉，每份10 g。按照与溶剂70%的乙醇的比例分别为1∶15，1∶30，1∶45（干花）或1∶3，1∶5，1∶9（干花粉）混匀。于70℃下回流提取3 h，取滤液离心，取上清液在515 nm处测定吸光度。由图2可知，无论是干花还是干花粉，随着料液比的增大，提取出来的色素量均呈减少趋势，故最佳固液比为1∶15（干花）或1∶3（干花粉）。而干花粉总体浸提率高于干花花瓣，且干花粉对于溶剂的消耗量远少于干花花瓣。故根据经济、简便原则，最佳凤仙花形态应选择干花粉，其与溶剂的比例为1∶3。

3.1.3 提取溶剂pH的优化 提取溶剂的pH对目标成分的提取率也有一定影响，但对于色素而言影响不大[21]。一般情况下，在一定浓度范围内，提取溶剂pH越小越易将色素提取[22]。因此，在最佳提取溶剂、最佳凤仙花形态和用量的基础上，可对提取色素的溶液pH进行优化。准确称取3份干花粉，每份10 g。按照浸提比分别为1∶3的比例加入70%乙醇，混匀。在温度为

70 ℃,pH分别为1,5,9的条件下浸提3 h,取滤液离心,取上清液在515 nm处测定其吸光度。由图3可知,随着pH的增大,浸提出的色素量逐渐减小,弱酸性或碱性环境下pH的改变对色素提取率的影响不大,酸性条件下pH的改变对色素提取率影响较大。且色素提取率在pH约为1时达到最大,故最佳浸提pH为1。

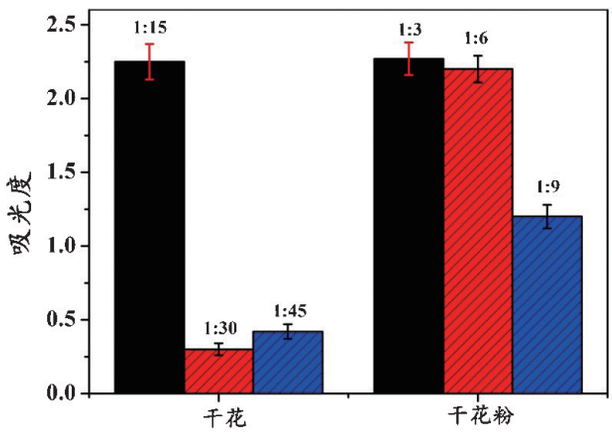


图2 凤仙花形态及料液比比例对色素提取率的影响

Figure 2 Effects of morphology of *Impatiens balsamina* L and solid-liquid ratio on the extraction yield of pigments

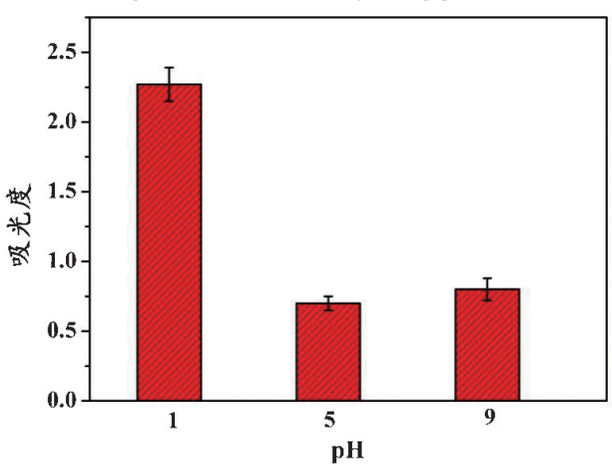


图3 不同pH对色素提取率的影响

Figure 3 Effects of different pH on the extraction yield of pigments

3.1.4 提取时间的优化　不同的提取时间也会影响目标物质的提取率,齐玥项目组曾得出2 h为凤仙花色素最佳提取时间的结论。但由于所提取溶剂的浓度不同,达到同一提取效果的提取时间会因溶剂浓度改变而改变。因此,为获得高的凤仙花色素提取率,本研究组仍然在提取溶剂为70%乙醇的情况下,考察了提取时间的影响。准确称取3份干花粉,每份10 g。按照浸提比为1:3的比例加入70%乙醇,混匀。在温度为70 ℃,pH为1的条件下分别回流提取1 h,2 h,3 h,4 h,取滤液离心,取上清液在515 nm处测定其吸光度。由图4可以得出,随着浸提时间的延长,浸提出的色素量逐渐增加,至3 h时增长趋于平缓。根据方便、经济、节约时间与流程的原则,故选用3 h为提取时间,时间短效率高且应用方便。

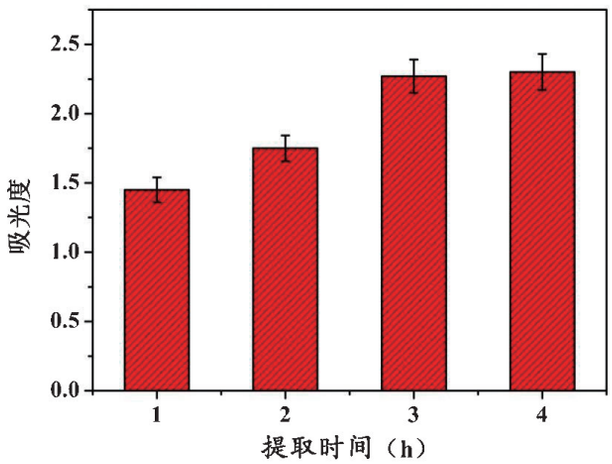


图4 不同提取时间对色素提取率的影响

Figure 4 Effects of extraction time on the extraction yield of pigments

3.1.5 提取温度的优化　不同的提取温度也会影响目标物质的提取率[23]。例如,栀子黄色素的最佳提取温度为40 ℃[24],天然染料香蕉皮色素的最佳提取温度为60 ℃[25],南瓜黄色素的最佳提取温度为63 ℃[26]。因此,为获得高的凤仙花色素提取率,本研究组考察了提取温度的影响。准确称取3份干花粉,每份10 g。按照浸提比为1:3的比例加入无水乙醇,混匀。在pH分别为1,温度分别为40 ℃、50 ℃、60 ℃、70 ℃的条件下分别浸提3 h。取滤液离心,取上清液在515 nm处测定其吸光度。由图5可以得出,随着提取温度的升高,提取出的色素量逐渐增加,至60 ℃时增长趋于平缓。根据方便、经济、节约时间与流程的原则,故最佳浸提温度为60 ℃。

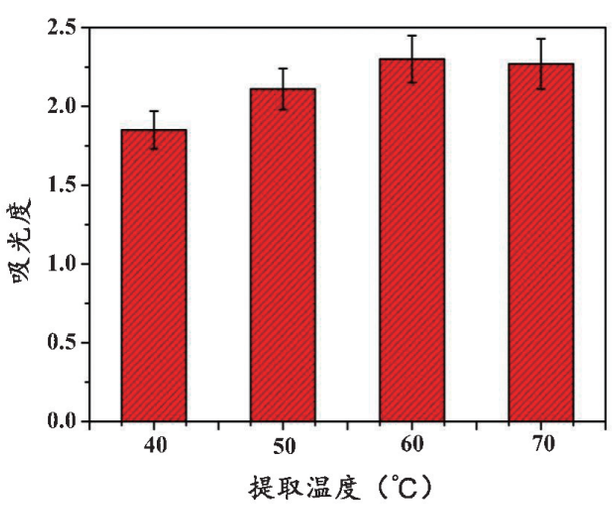


图5 不同提取温度对色素提取率的影响

Figure 5 Effects of extraction temperature on the extraction yield of pigments

3.2 指甲油的制作

根据相关资料记载,指甲油主要由增塑剂、增稠剂、成膜助剂和保湿剂组成[27]。刘劲松课题组曾以凤仙花色素为显色剂制备了凤仙花色素指甲油,但其制作的指甲油成分含量复杂,所用材料不明确,安全性存疑。故本研究组对指甲油配方进行了进一步的研究与优化,筛选出几种适于制作指甲油同时符合绿色健康

理念的化学材料——柠檬酸三丁酯、阿拉伯胶、甘油。

柠檬酸三丁酯化学名3-羟基-3-羧基戊二酸三丁酯，是一种酯类化合物，无色透明高沸点液体，微溶于水，与多数有机溶剂互溶，是一种无毒、绿色环保型的增塑剂[28]，也是世界公认的安全增塑剂，主要用于食品级、医用级塑料制品的制作[29]。阿拉伯胶又称阿拉伯树胶，来源于豆科的金合欢树属的树干渗出物，因此也称金合欢胶。阿拉伯胶主要成分为高分子多糖类及其钙、镁和钾盐。自20世纪初就应用于我国的食品增稠加工，是一种天然增稠剂，亦是一种成膜助剂[30-31]。甘油是一种无色、无臭、有甜味、澄明的浓稠液体，在化学中名为“丙三醇”，是一种常见的表面活性剂，同时具有一定的吸水作用，可以吸附空气中的水分子，具有保湿性[32]。

制作方案：取凤仙花色素提取液2 mL，在相同的实验条件下，按照一定比例（见表1），依次加入柠檬酸三丁酯、阿拉伯胶、甘油及去离子水进行制备。分别比较各组指甲油初始、5 min、10 min及悬挂状态；同时，比较成膜时间及成膜后流动性、光泽度的差异，筛选出最佳方案。结果如表2和图6所示。

表1　各方案中不同成分的含量

Table 1　The contents of different components in each program

方案	色素（mL）	阿拉伯胶（g）	柠檬酸三丁酯（mL）	甘油（g）	去离子水（mL）
1	2.0	10.0	1.0	2.0	10.0
2	2.0	10.0	1.5	2.0	10.0
3	2.0	5.0	1.0	2.0	10.0
4	2.0	5.0	1.5	2.0	10.0

表2　各方案对指甲油的成膜时间、流动性和光泽度的影响

Table 2　Film forming time, fluidity and glossiness of nail polish in each program

方案	5 min成膜度	10 min成膜度	悬挂是否流动	最终成膜时间	光泽度
1	微成膜	完全成膜	否	8 min	光泽
2	完全成膜	完全成膜	否	5 min	光泽
3	未成膜	未成膜	是	/	光泽
4	未成膜	未成膜	是	/	光泽

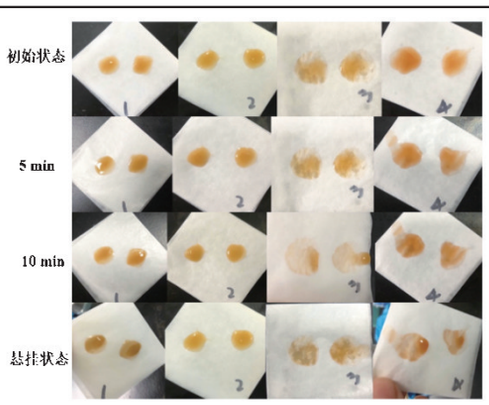


图6　各组指甲油初始、5 min、10 min及悬挂状态

Figure 6　Nail polish in initial state, 5 min, 10 min and hanging state of each group

由于凤仙花色素提取液均为棕红或棕黄色，所制得指甲油颜色均为深棕色，过于单一，故向其中加入微量天然矿石色素以提升美观度，按方案2制备指甲油，将成品涂抹于人体指甲，所得效果如图7所示。由效果图及研究人员现场观察可得，所得指甲油成膜性良好，附着性良好，指甲油表面富有光泽，可以作为一款绿色环保指甲油日常使用。



图7　指甲油成品及涂抹于指甲效果

Figure 7　The products of nail polish and the effects of nail polish on nails

4　讨论

凤仙花染指甲已具悠久历史，宋代周密所著的《癸辛杂识》中已记载凤仙花染指甲之法[8]。我们将传统与现代工艺相结合，利用化学方法提取了凤仙花色素作为指甲油色素，并利用无毒害的有机物代替指甲油中相应成分用于制备指甲油。该方法制作出的指甲油成膜较好、光泽度高，为指甲油的制作工艺提供了一个新的思路。

已有以凤仙花为显色剂制作指甲油研究，同时也有对凤仙花色素提取工艺进行研究的论述。但已有的凤仙花指甲油研究制作过程较为复杂，且安全性不可考察；同时凤仙花色素提取工艺也未进行完整的优化，故本研究组在前人研究的基础上，针对这两个问题进行了进一步的研究，并获得了一些新的成果。

现阶段制作出的指甲油已经具有美化指甲的效果，由于本研究所选材料均为无毒性的水溶性材料，所得指甲油具有水溶性。而在我们的研究中，虽然凤仙花色素的提取溶剂pH为1，但我们获得色素提取液后，对其进行了后续的处理。即：在后续指甲油的制备中只加入了少量色素提取液（2 mL），同时加入了10 mL的去离子水（pH约为7）。以色素提取液pH为1，去离子水pH为7计算，混合后溶液呈弱酸性。同时，在后续制作中还添加了其他原料如阿拉伯胶（pH 6~7），但它们对pH的影响较小，获得的指甲油为弱酸性，对身体影响也较小。因此，所制备的指甲油危害小，且具有水溶性，可以将其作为指甲油底油，在人体指甲与普通指甲油之间形成一道屏障，保护指甲免受化学物质的毒害。但对指甲油而言，水溶性仍是一个缺点，我们还有待通过不断的探索试验来改进，继续优化指甲油制作方案。

5　结论与启示

本研究通过单因素试验对凤仙花色素提取方案进行优化，得出使用凤仙干花粉，在70%乙醇为提取溶剂，提取pH = 1，提取温度为60 ℃时浸提3 h为最佳。得出当凤仙花色素提取液用量为2 mL、阿拉伯胶用量

为10 g、柠檬酸三丁酯用量为1.5 mL、甘油用量为2 g和去离子水用量为10 mL时，得到的指甲油成品各方面效果最佳。

另外，指甲油制作中所有方案得到的指甲油为深棕色，颜色无法实现多样性。我们在后续改进实验中，加入颜色不同的矿石粉末，在颜色和款式上满足了大众的需求。由于采用的原料均为无毒无害的水溶性安全材料，制作出来的指甲油具有水溶性。因此可用于一次性使用场合及医护人员装饰使用，方便使用者去除。或可以把此指甲油当作护甲油来使用，在人体指甲与普通指甲油之间形成一道安全的屏障。

（利益冲突：无）

参 考 文 献

[1] 周瑞琴.凤仙花药理作用研究进展[J].中国社区医师(医学专业),2011,13(25):37-38.
[2] 鞠培俊,孔德云,李晓波.凤仙花化学成分及药理作用研究进展[J].沈阳药科大学学报,2007,24(5):320-324.
[3] 蔡珊,纪朴,张卓尔,等.凤仙花花青素苷的超声辅助提取工艺及其抗氧化研究[J].陕西农业科学,2021,67(5):71-77.
[4] 郑雨诗.凤仙花、散沫花及海娜花对雄激素性脱发治疗作用的研究[D].广州:南方医科大学,2020.
[5] 温放,王越.凤仙花记趣[J].中国花卉盆景,2007(11):6-7.
[6] 张连霞,朱晓敏,张晓军,等.引起皮肤超敏反应的化妆品成分[J].临床和实验医学杂志,2008,49(09):165-167.
[7] 史佳芳.警惕指甲油的危害[J].求医问药(女人健康),2010(3):38-39.
[8] 刘向阳,高黎黎,黄艳梅,等.在校女大学生指甲油使用状况及其与指(趾)甲损伤的关联性[J].河南预防医学杂志,2010,21(6):407-409.
[9] CIMON K, FEATHERSTONE R. Jewellery and nail polish worn by health care workers and the risk of infection transmission: a review of clinical evidence and guidelines[M]//Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health, Europe PMC, 2017.
[10] 姚扶有.美甲,愉悦了视觉损害了健康[J].现代妇女,2020(8):51.
[11] KULLBERG SA, GUPTA R, WARSHAW EM. Methylisothiazolinone in children's nail polish[J]. Pediatr Dermatol, 2020, 37(4):745-747.
[12] 李凯.新型天然指甲油及其制作方法:中国天津,CN200510015144.5[P]. 2007-03-28.
[13] 于大庆,于小庆,王婷婷,等.凤仙花色素指甲油的研究[J].安徽医药,2017,21(1):36-38.
[14] 张桂英,马海丽,鲜雯,等.凤仙花综合利用研究进展及开发前景[J].甘肃科技纵横,2020,49(10):24-27.
[15] 刘兴海,邱诗波,杜桂涛,等.天然色素的提取、稳定性改进及其应用进展探究[J].数字印刷,2022(1):1-25.
[16] 刘芳,任启飞,马菁华,等.玫瑰主要功能性成分提取及纯化技术研究进展[J].农业与技术,2021,41(6):25-29.
[17] 宁娜,韩建军,李广平,等.月季花活性成分提取的研究进展[J].山东化工,2021,50(3):63-64.
[18] 王硕.辣椒中辣椒红色素提取工艺研究[J].中国调味品,2022,47(4):203-206.
[19] 齐玥,新楠,张琪,等.凤仙花色素提取工艺的优化[J].天津农学院学报,2017,24(2):19-21.
[20] 苏慧娜,曹治兴,李军冲,等.凤仙花色素最佳提取工艺研究[J].食品科技,2007,32(1):131-133.
[21] 罗琴,陈丹美,林惠昆.提取溶剂pH值对滇红红茶色素吸收光谱的影响[J].楚雄师范学院学报,2013,28(9):40-43,48.
[22] 夏明,杜琪珍.溶剂与pH对红曲色素提取效率的影响[J].食品研究与开发,2003,24(6):125-126.
[23] 周雯,李勇军,王爱民,等.茇草提取工艺研究[J].贵阳医学院学报,2007,125(02):206-209.
[24] 罗义发,潘斌,田妍基,等.栀子黄色素提取工艺研究[J].现代农业研究,2021,27(3):47-49.
[25] 孔方圆,王碧峤,彭雪梅,等.天然染料香蕉皮色素提取工艺的优化[J].山东纺织科技,2020,61(2):1-4.
[26] 谢婧,陈贤铮,卢建国.南瓜黄色素提取工艺的响应面法优化及其在碳酸饮料中的应用[J].保鲜与加工,2020,20(4):151-157.
[27] 李东光.指甲油设计与配方(待续)[J].日用化学品科学,2022,45(2):58-61.
[28] 徐永强,高强,王海燕,等.新一代环保型增塑剂柠檬酸三丁酯绿色合成进展[J].科技导报,2019,37(12):79-85.
[29] 赵国琴,许媛媛,陶芳标,等.药用柠檬酸三丁酯质量标准及检验方法[J].安徽医药,2011,15(9):1076-1077.
[30] 杨湘庆.食品增稠剂的结构和流变性的关系[J].天津商业大学学报,1985(2):74-79.
[31] 范方宇,张蕊,杨宗玲,等.纳米SiO2/阿拉伯胶复合膜的制备与性质研究[J].食品与发酵工业,2020,46(12):147-152.
[32] 耿来红,王青宁,李澜,等.淀粉糖苷表面活性剂的吸湿保湿性能研究[J].化学通报,2012,75(9):820-826.

（2021-06-22 收稿，2022-05-21 修回）