

[制造·使用·改进]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2018.06.016

中药煎煮机微压过滤系统

李明森, 于振华, 曹文龙, 王浩宇, 许光明, 牛云鹏

(吉林省农业机械研究院, 吉林 长春 130022)

摘要:针对目前市场上的中药煎煮机普遍采用无纺布药包作为药液的过滤介质,存在过滤速率低,手工操作容易烫伤及一次性使用经济性差等缺点,课题组设计了中药煎煮机的微压过滤系统。设置独立的过滤罐,在过滤罐内放置过滤目数不同的滤网;考虑到中药液的成分复杂,多糖、胶体成分占比大,在分析药液黏度与温度之间关系基础上,提出采用合适的过滤温度;分析药液通过滤网时的压降,提出了采用合适的过滤压力。实际应用结果表明:微压过滤系统的过滤速度快、效果好,便于清洗并且可以重复使用。课题组设计的中药微压力过滤系统能提高药液的过滤速率,改善操作人员工作环境。

关键词:中药煎煮;微压;过滤分离;压降

中图分类号:R197.39 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2018)06-0077-04

Micro Pressure Filtration System for Chinese Medicine Decocting Machine

LI Mingsen, YU Zhenhua, CAO Wenlong, WANG Haoyu, XU Guangming, NIU Yunpeng

(Jilin Academy of Agricultural Machinery, Changchun 130022, China)

Abstract: At present, the non-woven fabric cartridge is widely used as the filtration medium for Chinese medicine in the market. The non-woven fabric cartridge filtration has the disadvantages of low filtration rate, easy scalding by manual operation, and poor economic use at one time. To solve the above problems, a micro pressure filtration system for Chinese medicine decocting machine was designed by the research group. An independent filter tank was set up, and a filter screen with different mesh numbers was placed in the filter tank. Considering that the composition of traditional Chinese medicine was complex and the proportion of multi grains and colloid components was large, the relationship between viscosity and temperature was analyzed, and the appropriate filtration temperature was put forward. Analyzing the pressure drop of the filtrate through the filtrate, a suitable filtration pressure was put forward. The use shows that the micro pressure filtration system has fast filtration speed, good effect, easy cleaning and reusable. The designed Chinese medicine micro pressure filtration system can improve the filtration rate of the liquid and improve the working environment of the operator.

Keywords: Chinese medicine decoction; micro pressure; filtration separation; pressure drop

中药煎煮机自20世纪90年代引入中国以来,得到大多数的中医院认可。目前市场上的中药煎煮机按照煎煮工艺,主要分为常压煎煮机和微压煎煮机^[1]。常压煎煮机的煎煮工艺与传统手工煎药相同,在中药煎煮机的发展初期更易被中医药师所接受。近几年,随着广大中医药工作者对中药煎煮机研究的深入,微

压煎煮机以其良好的煎煮效果、较高的煎煮效率逐渐赢得市场的认可^[2-3]。

中药汤剂在煎煮过程中不可避免地会产生一些杂质,与药液形成一种液固混合物。杂质的主要成分是泥砂、药渣碎片和没有药效的大分子胶体物质。这些杂质影响煎煮后药液的口感,并且长期服用杂质过多

收稿日期:2018-06-20;修回日期:2018-09-11

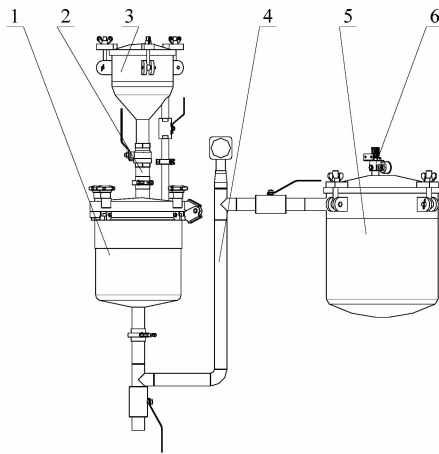
基金项目:吉林省科技支撑计划(20150204018YY)。

第一作者简介:李明森(1976),男,黑龙江佳木斯人,高级工程师,硕士,主要研究方向为中药加工机械。E-mail:715039470@qq.com

的中药液会对肠胃造成损害。目前中药煎煮机的药液过滤方式大多是采用无纺布药包过滤,一次性药包的使用经济性和环保性低。课题组针对无纺布过滤的缺陷并结合微压力煎煮工艺,设计了中药液的微压逐级过滤系统^[4-5]。

1 微压逐级过滤系统的工作原理

利用微压煎煮主容器自身产生的压力将待过滤药液和药渣导入过滤罐。如图1所示,微压煎煮机的煎煮主容器与过滤罐之间,有供物料转移的管道相连。当中药饮片在主容器中煎煮完毕后,开启物料转移管的阀门,在主容器内部压力的作用下将物料转移至过滤罐中。



1—煎煮主容器;2—安全阀;3—二次投料装置;4—物料转移管;5—过滤罐;6—减压阀。

图1 微压力煎煮机结构示意图

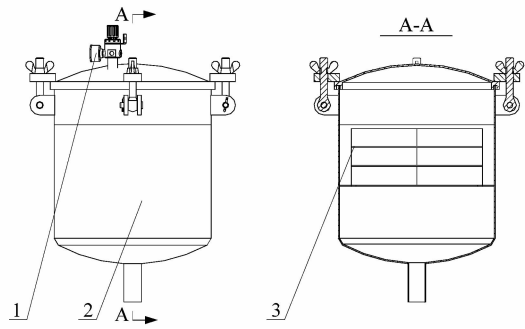
Figure 1 Structure of micro pressure decocting machine

过滤罐内部的结构如图2所示,药液进入过滤罐后在压力的作用下高速冲击过滤网,有效地克服过滤阻力,提高过滤效率。为充分利用过滤网的过滤面积,其目数由低到高逐级排列。将大颗粒药渣截留在上一层过滤网之上,避免药渣颗粒阻塞,进一步提高了过滤效率。

过滤罐为压力容器,顶端容器盖上配置减压阀保证其与煎煮主容器的压力差。在过滤罐的内部设置3层不同型号的滤网,每层滤网之间的距离为50 mm。由药液转移过程的计算可知,过滤罐中的最大液位高度不超过球封。因此设计过滤罐总高为250 mm。3层过滤网的孔径规格分别是447,318和154 μm。过滤后的中药汤剂杂质含量少、适合饮用。

2 微压力状态下物料转移相关参数计算

中医药工作者进一步研究发现,相比传统中药煎



1—过滤罐;2—减压阀;3—滤网。

图2 过滤罐的内部结构

Figure 2 Internal structure of filtering tank

煮工艺,微压煎煮机由于工作温度较高,饮片中的有效成份能够更好地溶出。在针对黄连解毒汤的煎煮效果对比实验中,发现在水温120℃时其有效成份溶出率最高^[6]。

经调研,中医药房一次煎药通常为7副,药和水总体积7~10 L。考虑到中药饮片在煎煮过程中体积膨胀,煎煮容器体积设计为药、水总体积的2倍即20 L。则可估算出煎煮罐直径为^[7-8]:

$$D_i = \sqrt[3]{\frac{4 \times V}{\pi \times \left(\frac{H}{D_i}\right)}} = 290 \text{ mm.}$$

式中: D_i 为估算煎煮罐直径; V 为煎煮罐设计容积,即20 L; $\frac{H}{D_i}$ 为高径比,这里取1。

故煎煮罐直径选用DN300的标准压力容器,下端为标准球型封头。根据GB/T 25198—2010《压力容器封头》中的球型封头参数,可知封头体积 $V_F = 11 \text{ L}$ 。则可以计算出两个压力容器间的压力差。

由煎煮罐直径 $D = 300 \text{ mm}$,煎煮罐高 $H = 350 \text{ mm}$,封头体积 $V_F = 11 \text{ L}$ 。则煎煮罐直筒部分体积

$$V_T = H\pi(D/2)^2 = 25 \text{ L.}$$

容器总体积

$$V_R = V_T + V_F = 36 \text{ L.}$$

若投料后中药饮片与水量的总体积

$$V_Y = 15 \text{ L.}$$

由气体状态方程可知:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2.$$

式中: V_1, P_1 是物料转移初始状态的体积和压力; P_2, V_2 是物料转移过程最终状态的体积和压力。

由于 $V_1 = V_R - V_Y = 21 \text{ L}$; P_1 为初始状态时的压力,即 $P_1 = 0.2 \text{ MPa}$ 。过滤罐的初始状态为常压空罐,并且过滤罐的体积与煎煮罐的体积相等,可知 $V_2 =$

$V_R = 36 \text{ L}$ 。

则 $P_2 = P_1 V_1 / V_R = 0.116 \text{ MPa}$ 。

已知标准大气压 $P_0 = 0.101 \text{ MPa}$, 则物料转移过程的压力差

$$\Delta P = (P_2 - P_0) = 0.015 \text{ MPa}。$$

由压力与水柱高度公式可知煎煮罐与上药管的极限高度差

$$\Delta H = \frac{\Delta P}{\rho g}。$$

式中: ρ 为水的密度, $\rho = 1\ 000 \text{ g/L}$; g 为重力加速度取 9.81 m/s^2 。

则有 $\Delta H = 1.52 \text{ m}$ 。

可知药液在煎煮罐与过滤罐之间实现物料转移的条件是煎煮罐液面与上药管极限高度差不大于 1.52 m 。

3 过滤过程分析

3.1 黏度对过滤速率的影响

分析过滤系统时, 将过滤用的滤网视为连续性多孔物质^[9]。过滤方程:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{A^2 (\Delta P_L)^{1-s}}{r' v \mu (V_L + V_c)}。$$

式中: V_L 为滤液体积; t 为过滤时间; A 为过滤面积; ΔP_L 为过滤的压力差; s 为滤饼的压缩性指数; μ 为滤液黏度; r' 为滤饼比阻; v 为单位体积滤液所对应的滤饼的体积; V_c 为过滤物质的体积。

由过滤方程可知, 药液过滤时的速率与其黏度成反比。药液的黏度越大, 其过滤效率就越低。当煎煮主容器中温度为 $120 \text{ }^\circ\text{C}$ 时, 将药液导入过滤罐可以有效地降低黏度, 提高过滤效率。

以黄连解毒汤为例对药液的温度与黏度之间的关系进行研究。将黄连解毒汤的样品放入烧杯中, 在对样品加热的过程中, 用旋转黏度计测量药液的黏度, 得出温度与黏度之间的关系。黏度的变化率 $\eta = \Delta\mu / \Delta T$, 黄连解毒汤不同温度的黏度和黏度变化率如表 1 所示。

表 1 黄连解毒汤不同温度的黏度和黏度变化率

Table 1 Viscosity and viscosity change rate of decoction for detoxification at different temperatures

温度 $T/^\circ\text{C}$	黏度 $\mu/$ (Pa·s)	黏度 变化率	温度 $T/^\circ\text{C}$	黏度 $\mu/$ (Pa·s)	黏度 变化率
20	5.82	0.200	60	2.94	0.020
30	4.70	0.112	70	2.70	0.024
40	3.68	0.102	80	2.62	0.008
50	3.14	0.054			

根据实验所测出的数据, 绘制出黏度变化率与温

度的关系曲线如图 3 所示。通过曲线可以看出, 温度在常温到 $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间时, 黏度随着温度的升高下降明显。当温度超过 $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 后, 药液黏度变化率几乎接近于零。所以在不影响药效的情况下, 过滤温度应控制在 $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上。

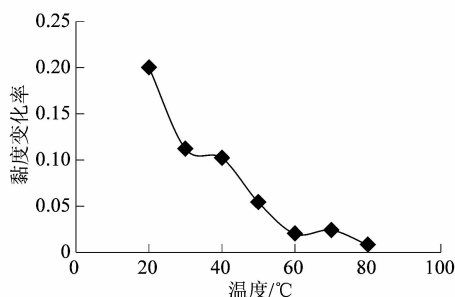


图 3 黏度变化率与温度的关系

Figure 3 Relationship between viscosity change rate and temperature

3.2 滤网压降的计算^[10-12]

将滤网视为多孔介质, 则当液体在压力作用下通过多孔介质层压强与压降之间的关系符合达西定律:

$$\Delta P = \mu \frac{K_c (1 - \varepsilon)^2 S_0^2}{\varepsilon^3} \cdot Q \cdot \frac{1}{A} \cdot l。$$

式中: ΔP 为压降; l 为滤饼层厚度; μ 为液体黏度; A 为滤饼截面积; ε 为孔隙率; S_0 为滤网比表面积; K_c 为常数; Q 为流量; S_L 为滤网表面积; V_L 为滤网体积。

$$\begin{aligned} \text{又} \quad S_0 &= \frac{S_L}{V_L}; \\ S_L &= \pi DB。 \end{aligned}$$

式中: $V_L = \frac{1}{4} \pi D^2 B$; D 为滤网丝径; B 为滤网孔径。

孔隙率

$$\varepsilon = \frac{B^2 D}{(B + D)^2 D}。$$

根据滤片规格计算得出滤片的孔隙率如表 2 所示。

表 2 3 种型号滤网规格参数

Table 2 Filter specifications of three types

孔径 $B/\mu\text{m}$	丝径 D/mm	孔隙率 $\varepsilon/\%$
447	0.43	25.9
318	0.18	40.7
154	0.12	31.5

则滤网的压降

$$\Delta P = 8\mu \frac{K_c (1 - \varepsilon)^2}{\pi R h D \varepsilon^3} Q。$$

式中: R 为滤网有效过滤面积半径; h 为滤网有效过滤高度。

经实验测定: R 取200 mm; h 取2 mm;黏度 μ 取 $2.94 \text{ Pa}\cdot\text{s}$; K_c 取5.0;流量 Q 为 $7 \text{ m}^3/\text{h}$ 。计算出滤网的压降如表3所示。

表3 3种型号滤网对应的压降
Table 3 Pressure drops for three types of filters

孔径/ μm	丝径/mm	压降/Pa
447	0.43	54
318	0.18	85
154	0.12	162

由压降公式可以看出,过滤过程中的压降随着流量的增大而逐渐增大,增大的趋势也逐渐增大。同时随着流量的增大,压降增长的速度越快。这是由于流量增大,过滤罐内的水流翻滚的越激烈造成的。

视过滤过程为恒压过滤,则

$$q^2 = Kt。$$

又
$$q = \frac{V}{A}。$$

式中: q 为单位过滤面积的滤液体积; V 是过滤液体体积,为15 L; A 为过滤介质表面积,与过滤罐面积相同为 0.125 m^2 ; t 为过滤时间,经测定为5 s。

可求出过滤常数

$$K = \frac{q^2}{t} = 0.024 \text{ m}^3/\text{s}。$$

又
$$K = \frac{2\Delta P}{k} = \frac{2\Delta P}{\mu r}。$$

式中: k 为物料特性常数是黏度与比阻的乘积;黏度 μ 与比阻 r 分别由实验测出为 $2.94 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 和 $2.85 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{kg}$,计算出理想压降为

$$\Delta P = \frac{K}{2k} = 143.2 \text{ Pa}。$$

根据计算结果,在3种型号的滤网在过滤过程中起主要过滤作用的是孔径154 μm 的滤网,实验中前两层滤网没有形成滤饼只是阻拦了体积较大的中药饮片,进一步的研究中需加以改进。

4 结语

中药液的过滤是机煎中药的重要工艺环节,直接影响成品药液质量。中医药房中采用的无纺布药包过滤方式,需要人工完成对药包的挤压,不但工作强度大,而且操作环境恶劣。通过对微压力过滤系统的分析,得出药液黏度与温度之间的关系并确定了最佳的过滤温度;药液在通过滤网时的压降不明显,不对药液的通过性造成影响。微压力过滤系统通过蒸气压力将待过滤药液推送至滤网,避免了出现无纺布药包需要人工的挤压的过程。不仅提高了药液的过滤效率,而且可以防止人工挤压药包造成的烫伤。课题组提出的微压力过滤系统在涉及阿胶、附子等黏度较大或叶片状药材时,容易堵塞滤网造成过滤速率减慢,有待进一步深入研究解决。

参考文献:

- [1] 于振华,李明森,马嘉丽,等. 新型微压力中药煎煮机的研制[J]. 中国药业,2017,26(8):8.
- [2] 肖洪,吴玉霞,刘存良. 对东华原牌中药煎药机的改进及效果分析[J]. 西部医学,2011,23(7):1352-1354.
- [3] 刘林娜. 常压与高压煎药机制备汤剂的质量对比研究[J]. 中国中医药信息杂志,2004,11(9):800-801.
- [4] 钱爱军. 对影响中药代煎外包煎药质量的一些因素的探讨[J]. 中国实用医药,2013,8(25):259-260.
- [5] 丁彦春. 影响中药煎煮质量因素探究[J]. 亚太传统医药,2016,12(10):144.
- [6] 马雪松,谭蔚,朱企新. 过滤分离技术应用用于中药提取液的实验研究[J]. 过滤与分离,2005(4):11.
- [7] 吴德荣. 化工工艺设计手册[M]. 北京:化学工业出版社,2009:1124-1141.
- [8] 全国锅炉压力容器标准化技术委员会. 压力容器:GB150—2011[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [9] 杨军虎,马静先,唐莲花,等. 多孔介质模型在二次滤网内流场分析中的应用[J]. 兰州理工大学学报,2007,33(2):59.
- [10] 宗全利,杨洪飞,刘贞姬,等. 网式过滤器滤网堵塞成因分析与压降计算[J]. 农业机械学报,2017,48(9):220.
- [11] 王宝华,张杰,李萍,等. 中药提取液的过滤常数及压缩性指数的测定及误差分析[J]. 中国中医药现代远程教育,2014,12(21):100-101.
- [12] 毕友麟. 双滤网式中药多功能提取罐[J]. 中成药,1999,21(10):46.