

中草药浸提温度对有效成分浸出浓度的影响

储茂泉,古宏晨,刘国杰

(华东理工大学化学与制药学院 国家教育部超细材料制备与应用重点实验室,上海 200237)

摘要:目的 建立中草药浸提过程的温度与有效成分浸出浓度之间关系的数学模型。方法 在前文提出的中草药浸提过程动力学模型的基础上,进一步研究扩散系数和浓度梯度随温度的变化。结果 对不同温度下从丹参 *Salvia miltiorrhiza* Bge. 中浸提有效成分丹参酮(tanshinone)的实验表明,该模型能满意地反映实验事实。结论 本工作建立的模型能描述温度与有效成分浸出浓度之间的关系。

关键词: 中草药;有效成分;浸提温度;数学模型;丹参酮

中图分类号: TQ461 文献标识码: A 文章编号: 0253-2670(2001)01-0022-02

Effect of temperature on concentration of active components extracted from medicinal herb

CHU Mao-quan, GU Hong-chen, LIU Guo-jie

(College of Chemistry and Pharmacy, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract Object To develop a mathematical model on the relationship between the temperature used in the course of extraction of medicinal herbs and the concentration of active component obtained. **Methods**

Based on the kinetic model on medicinal herb extraction process reported in our previous article*, diffusion coefficient and concentration gradient varying with temperature were further studied. **Results**

The process which tanshinone was extracted from *Salvia miltiorrhiza* Bge. at different temperatures showed that the model could well match the experimental data. **Conclusion** The relation between the temperature and the concentration of active component could be described by this model.

Key words medicinal herb; active component; extraction temperature; mathematical model; tanshinone

* For the previous article, please see This Journal, 2000, 31(7): 504-506

在前文^[1]中,我们已从 Fick 扩散定律出发,建立了一个中草药浸提过程的动力学模型,它能满意地表示浸提时间、溶剂倍量以及药材粒度对有效成分浸出浓度的影响。本文我们将进一步扩展这个模型,使它也能用来描述温度与浸出有效成分浓度的关系,并用丹参酮的浸提实验对该模型进行检验。

1 模型的扩展

我们已在本文^[1]中导出了如下浸提过程的动力学模型: $C_B = [T t^U / e^{(M-R)}]^{1/(1-n)} \dots (1)$ 式中 $T = K(1-n)TD_0 U$, $U = 1+b$, C_B 为溶质浓度, M 为溶剂倍量, R 为干药材吸溶剂率, e 为药材粒度, t 为浸提时间, K 为与药材颗粒形状等因素有关的常数, a, b, n 为参数。推导中使用了两个假定。一是假定在封闭系统中,浓度梯度以下式随时间改变: $dC_B / dx = at^b$ ($a > 0, -1 < b < 0$) $\dots (2)$;二是假定扩

散系数与浓度有如下关系: $D = D_0 C_B^n \dots (3)$, 式中 D_0 是溶质的固有扩散系数, n 为小于 0 的常数。这个假定完全引自林亚平^[2]等人的工作。然而,不管是浓度梯度还是扩散系数,它们都是浸提温度的函数。浓度梯度随温度的改变主要与参数 b 有关,而 a 只是温度的弱函数。在封闭的系统中,当温度很高时,由于扩速率很快,在扩散边界层中,溶质的浓度梯度将随时间而快速递减,此时 b 值将趋近于 -1;而当温度极低时,由于扩散速率十分缓慢,此时可认为溶质的浓度梯度保持不变,即 b 值趋近于 0。参数 b 随温度而单调变化的情况可由图 1 示意。

b 与 T 的关系可用下式表示: $b = -e^{-B/T}$ ($B > 0$) $\dots (4)$ 。扩散系数与温度的关系是众所周知的,它们之间服从关系式^[3]: $D_0 = A e^{-E/R}$ $\dots (5)$, 式中, A 为指前因子, E 为扩散活化能。对于指定的系

收稿日期: 2000-03-21; 修回日期: 2000-08-22

作者简介: 储茂泉(1971-),男,安徽青阳人。1998年3月毕业于合肥工业大学食品工程系,获工学硕士学位。1998年9月考入华东理工大学化学与制药学院攻读博士学位,现在教育部超细材料制备与应用重点实验室从事中草药有效成分提取和中药剂型现代化的研究。Tel (021)64250996

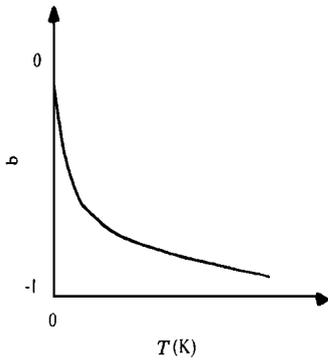


图 1 $\ln C_B$ 与 $1/T$ 的关系示意图

统,它们都是常数。于是将式(4)和式(5)代入式(1),并令 $m = K A a (1 - n) / e^c (M - R)$, 便得: $C_B = [m e^{-E/Rt} t^{(1-e^{-B/T})}] / (1 - e^{-B/T})]^{1/(1-n)}$ (6) 若对

式(6)两边取对数,则 $(1 - n) \ln C_B = \ln m + \ln t - \frac{E}{RT} - e^{-B/T} \ln t - \ln(1 - e^{-B/T})$ (7), 由于 $0 < e^{-B/T} < 1$, 式(7)等式右边最后两项可以级数展开: $e^{-B/T} = 1 - \frac{B}{T} + \frac{1}{2} (\frac{B}{T})^2 - \frac{1}{3} (\frac{B}{T})^3 + \dots$ (8), $\ln(1 - e^{-B/T}) = -e^{-B/T} - \frac{1}{2} (e^{-B/T})^2 - \frac{1}{3} (e^{-B/T})^3 - \dots$ (9), 当浸提温度足够高时,式(8)的收敛很快,以致高次项可以略去,即 $e^{-B/T} \cong 1 - \frac{B}{T}$ (10) 这样,

式(9)当可简化为 $\ln(1 - e^{-B/T}) = \frac{NB}{T} - \sum_{N_i=1}^N \frac{1}{N_i}$ (11), 式中 N 为式(9)等号右边级数展开的项数, N_i 指第 i 项

现将式(10)和式(11)代入式(7),经整理后,得: $\ln C_B = X - \frac{Y}{T}$ (12), 式中 $X = \frac{1}{1-n} (\ln m + \sum_{N_i=1}^N \frac{1}{N_i})$, $Y = \frac{1}{1-n} (\frac{E}{R} + NB - B \ln t)$ 当其它条件(如浸提时间、溶剂倍量和药材粒度等)保持不变时, X 、 Y 均为常数。这就是说, $\ln C_B$ 与 $1/T$ 应成线性关系。

2 实验与结果

原料、试剂、仪器以及样品中丹参酮浓度的检测均与前文^[1]相同。浸提过程也是在常压恒温条件下,将丹参和无水乙醇置于三口烧瓶中,在溶剂回流的情况下进行。药材粒度(以过筛时上下两筛筛孔孔径的平均值计算)为 0.155 mm, 溶剂体积与干药材质量的比为 13 mL/g, 搅拌转速为 100 r/min, 温度分别为 $T_1 = 313\text{ K}$ $T_2 = 323\text{ K}$ $T_3 = 333\text{ K}$ $T_4 = 343$

K $T_5 = 348\text{ K}$

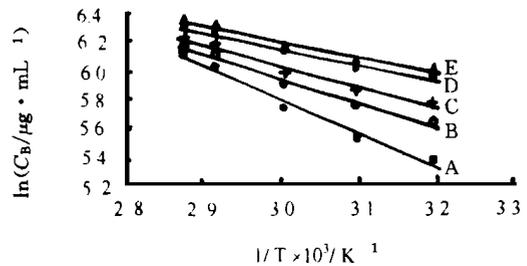
药液中丹参酮的质量浓度值取两次实验的平均值,测得的结果于表 1

表 1 不同浸提温度和时间下测得的丹参酮质量浓度 ($\mu\text{g/mL}$)

$T(\text{K})$	时间 (min)				
	30	45	60	90	120
313	2.11	2.76	3.15	3.80	4.06
323	2.48	3.08	3.44	3.98	4.25
333	3.05	3.60	3.92	4.53	4.73
343	4.07	4.46	4.78	5.21	5.49
348	4.53	4.78	5.00	5.40	5.70

图 2 为根据表 1 的实验数据作得的 $\ln C_B \sim 1/T$

图



A-30 min B-45 min C-60 min D-90 min E-120 min

图 2 药液中丹参酮浓度与浸提温度的关系

从图 2 可见,实验得到了一簇很好的直线,它们分别对应不同的浸提时间,这说明我们提出的动力学模型也能很好地反映中草药浸提的温度与有效成分浸出浓度的关系。但需要指出,本模型只适用于在有限温度范围内的中草药浸提过程,因为对于那些不耐热或易挥发性成分,温度过高会使它们分解或散失。

3 结论

将前文^[1]与本文结果相结合,我们建立了一个较完整的中草药浸提过程的动力学模型。丹参酮的浸提实验表明,这个模型能满意地描述浸提时间、溶剂倍量、药材粒度和浸提温度等对有效成分浸出浓度的影响,它可以为中草药浸提生产工艺提供理论依据。

参考文献:

- [1] 储茂泉,古宏晨,刘国杰. 中草药浸提过程的动力学模型 [J]. 中草药, 2000, 31(7): 504-506.
- [2] 林亚平,卢维伦. 非溶蚀型药物体系的释放动力学新模型 [J]. 药学报, 1997, 32(11): 869-874.
- [3] Kruus P. Liquids and Solutions [M]. New York: Marcel Dekker, 1977.