

# 苏丹 在不同溶剂中的紫外-可见光谱研究

杨胜科, 张金平, 徐永花, 邓晓妮

长安大学环境科学与工程学院, 陕西 西安 710054

**摘要** 研究了苏丹 在不同溶剂中的紫外-可见吸收光谱, 探讨了极性、非极性 & 混合溶剂对苏丹 的紫外-可见光谱的影响。结果表明, 苏丹 的主要吸收峰位于 200 ~ 230 nm, 340 ~ 360 nm 及 490 ~ 510 nm 区间。在 200 ~ 230 nm 的中紫外区, 苏丹 在极性溶剂中呈双峰吸收, 非极性溶剂中随苏丹 浓度增加吸收峰由双峰变为单峰, 混合溶剂中吸收双峰消失, 红移至 310 nm 处, 呈单峰状。苏丹 在环己烷、石油醚、甲醇、乙腈和香蕉水这 5 种溶剂中的摩尔吸光系数 ( ) 均在  $10^4$  数量级。

**关键词** 苏丹 ; 溶剂; 紫外-可见吸收光谱; 摩尔吸光系数

**中图分类号:** O657.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0593(2007)02-0325-04

## 引言

偶氮染料是合成染料中品种数量最多的一类, 它具有相当广泛的应用<sup>[1]</sup>。作为亲脂性偶氮染料, 苏丹系列( , , , ) 染色剂中都含有“偶氮苯”。尽管含有偶氮苯的染料大部分无毒, 但当“偶氮苯”降解产生“苯胺”, 就成为一种中等毒性的致癌物, 所以不允许用作食品添加剂。然而某些不法商人将其用于辣椒产品中, 以增加其颜色红泽。欧盟在从印度进口的辣椒产品及相关制品中已经检测到苏丹红 ; 2005 年 2 月 21 日英国食品标准管理局宣布回收非法致癌工业原料苏丹 污染的 419 种食品; 2005 年上半年, 我国媒体多次报道食品被苏丹红污染的事件。加强对食品中苏丹红染料监测迫在眉睫, 目前对苏丹红的测定多采用色谱-质谱法<sup>[2,3]</sup>, 国家标准委于 2005 年 3 月 29 日虽已批准发布了食品中苏丹红染料的高效液相色谱检测方法, 但该方法难以推广普及。基于紫外-可见光谱技术已广泛用于化学反应动力学及染料结构的表征<sup>[4-7]</sup>, 本文应用紫外-可见吸收光谱研究了苏丹 在不同溶剂中的光谱特征, 确定了苏丹 在特定吸收波长的摩尔吸光系数。

## 1 实验部分

### 1.1 主要仪器

UV-2450 紫外-可见光光度计(日本, 岛津仪器制作所)。

### 1.2 主要试剂

苏丹 (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>N NC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>N NC<sub>10</sub>H<sub>6</sub>(OH)), 环己烷、甲醇、石油醚、乙腈均为分析纯, 香蕉水为工业溶剂。

### 1.3 实验方法

准确称取一定量苏丹 , 分别用石油醚、环己烷、甲醇、乙腈、香蕉水溶解, 配制不同介质  $0.04 \sim 1 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的苏丹 溶液。

在一系列具塞比色管内, 按不同溶剂种类, 分取不同浓度的苏丹 溶液, 以对应溶剂为参比, 10 mm 比色皿, 在 190 ~ 800 nm 波长范围内扫描吸收光谱, 并读取一定波长的吸光度。

## 2 结果与讨论

苏丹 在不同溶剂中的紫外-可见光谱见图 1 ~ 图 5。最大吸收光谱波长值 ( $\lambda_{\text{max}}$ ) 主要与分子中共轭双键的长度有关,  $\lambda_{\text{max}}$  随共轭双键数目的增多而增大<sup>[8]</sup>。在苏丹 结构中, 通过偶氮键而形成大的共轭体系的吸收在可见区, 萘环与苯环结构在紫外区<sup>[9]</sup>。由实验所得谱图, 在可见区 500 nm 处均有特征峰; 显然在紫外区的 2 个特征峰分别是 228 nm 对应的苯环结构和 350 nm 对应的萘环结构。随浓度增大, 吸收峰逐步升高。

### 2.1 苏丹 在非极性溶剂中的光谱的行为

选取环己烷、石油醚两种非极性溶剂进行紫外-可见吸收光谱研究。在环己烷溶剂所得谱图(见图 1)中, 苏丹 浓度小于  $0.9 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 在紫外区出现了 202, 228 nm 和 350 nm 三个吸收峰, 可见区出现了 501 nm 吸收峰;

收稿日期: 2005-12-12, 修订日期: 2006-03-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(40472131)资助

作者简介: 杨胜科, 1962 年生, 长安大学环境科学与工程学院教授

e-mail: ysk110@126.com

当苏丹 III 浓度高于  $0.9 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 在 202 nm 处吸收峰消失, 228 nm 峰蓝移至 226 nm。这可能是由于在环己烷中当苏丹 III 浓度较低时, 酚羟基产生  $n \rightarrow \pi^*$  [10] 跃迁而在 202 nm 形成吸收峰; 苏丹 III 浓度增高时, 以酚阴离子形式存在, 羟基所产生  $n \rightarrow \pi^*$  跃迁消失, 其对应吸收峰也消失了, 苯环所形成的  $\pi$ -带波长向蓝移动 2 nm。

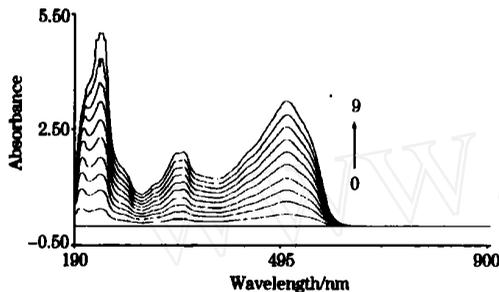


Fig 1 Absorption spectra of Sudan III in cyclohexane

$c_{\text{Sudan III}} / (10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})$  —0: 0.1; 1: 0.2; 2: 0.3;  
3: 0.4; 4: 0.5; 5: 0.6; 6: 0.7; 7: 0.8; 8: 0.9; 9: 1.0

图 2 为苏丹 III 在石油醚溶剂中谱图, 分别在 228, 349, 499 nm 处出现 3 个吸收峰。在石油醚中苏丹 III 以酚阴离子的形式存在, 没有羟基所产生  $n \rightarrow \pi^*$  跃迁, 所以在 228 nm 形成单峰。

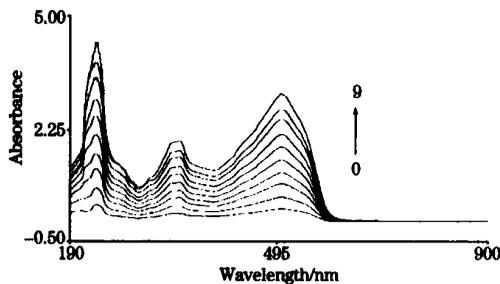


Fig 2 Absorption spectra of Sudan III in ligroin

$c_{\text{Sudan III}} / (10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})$  —0: 0.1; 1: 0.2; 2: 0.3;  
3: 0.4; 4: 0.5; 5: 0.6; 6: 0.7; 7: 0.8; 8: 0.9; 9: 1.0

## 2.2 苏丹 III 在极性溶剂中的光谱的行为

有较大极性的甲醇和乙腈溶剂所得的谱图如图 3 和图 4 所示。甲醇溶剂中苏丹 III 吸收峰分别在 203, 228, 349, 505 nm 处, 乙腈溶剂中苏丹 III 吸收峰分别在 200, 227, 348, 502 nm 处, 两溶剂中谱图非常相似, 每个特征吸收峰系统相差 2~3 nm。这可能是由于苏丹 III 在甲醇和乙腈等极性溶剂中, 以醌踪异构体存在, 羟基及氨基都可产生  $n \rightarrow \pi^*$  跃迁 [10] 在 200~228 nm 处形成双峰。因为萘系邻羟基偶氮染料中存在偶氮异构体和醌踪异构体之间的互变现象, 在极性溶剂中平衡向有利于踪式异构体方向移动。踪式异构体是典型的给电子—受电子发色体, 其中给电子基是氨基, 受电子基是羰基 [11]。

不同极性的溶剂中化合物的紫外光谱的吸收峰的位置、强度、形状常常发生变化是普遍现象, 这些变化是由溶质-溶剂分子之间的相互作用的结果 [12]。由实验所得数据表明, 溶

剂极性不同对苏丹 III 在紫外区的吸收峰位置基本没有影响, 对其在可见区吸收峰位置有很小影响, 仅为 1~3 nm。

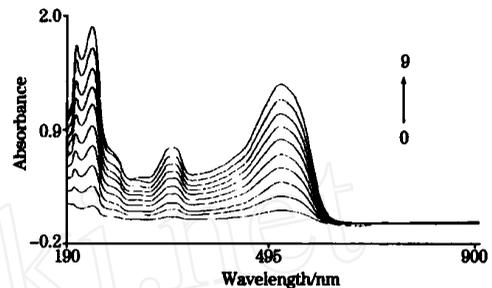


Fig 3 Absorption spectra of Sudan III in methanol

$c_{\text{Sudan III}} / (10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})$  —0: 0.04; 1: 0.08; 2: 0.12;  
3: 0.16; 4: 0.20; 5: 0.24; 6: 0.28; 7: 0.32; 8: 0.36; 9: 0.40

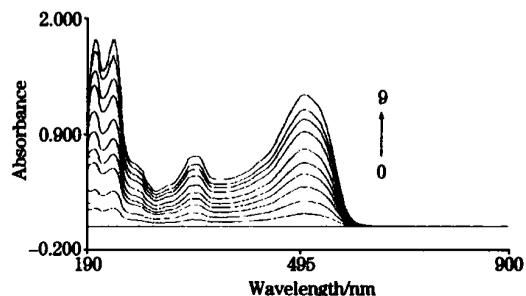


Fig 4 Absorption spectra of Sudan III in acetonitrile

$c_{\text{Sudan III}} / (10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})$  —0: 0.1; 1: 0.2; 2: 0.3;  
3: 0.4; 4: 0.5; 5: 0.6; 6: 0.7; 7: 0.8; 8: 0.9; 9: 1.0

## 2.3 苏丹 III 在混合溶剂中的光谱的行为

在混合溶剂香蕉水中的谱图 (图 5) 中, 除在 352, 510 nm 处吸收峰仍然保留外, 在 310 nm 处形成一新的吸收峰。在 200~230 nm 区间没有吸收, 这可能是由于香蕉水为混合溶剂, 其中的多种小分子与苏丹 III 相互碰撞而影响了苯环对紫外光的吸收, 使其  $n \rightarrow \pi^*$  跃迁能 ( $E$ ) 减小, 吸收峰明显红移 (约 80 nm), 且吸收强度明显减弱。

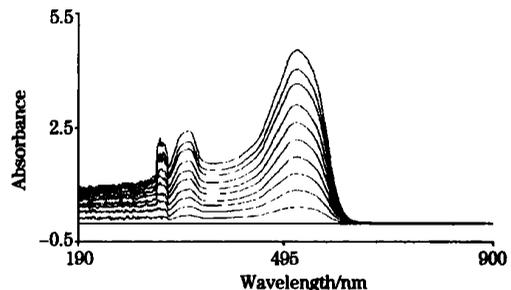


Fig 5 Absorption spectra of Sudan III in compositing solvent

$c_{\text{Sudan III}} / (10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})$  —0: 0.1; 1: 0.2; 2: 0.3;  
3: 0.4; 4: 0.5; 5: 0.6; 6: 0.7; 7: 0.8; 8: 0.9; 9: 1.0

## 2.4 苏丹 III 在不同溶剂中的摩尔吸光系数 ( $\epsilon$ ) 比较

由实验所测得的吸光度, 根据 Lambert-Beer 定律:  $A = \epsilon bc$ , 计算摩尔吸光系数列于表 1。

Table 1 Molar absorptivities of Sudan the five solvents

溶剂	max	max	max	max	max	max	max
环己烷	202	$4.55 \times 10^4$	228	$4.46 \times 10^4$	350	$1.83 \times 10^4$	$3.10 \times 10^4$
石油醚			228	$4.26 \times 10^4$	349	$1.94 \times 10^4$	$3.06 \times 10^4$
甲醇	203	$4.32 \times 10^4$	228	$4.68 \times 10^4$	349	$1.75 \times 10^4$	$3.48 \times 10^4$
乙腈	200	$4.60 \times 10^4$	227	$4.19 \times 10^4$	348	$1.55 \times 10^4$	$2.86 \times 10^4$
香蕉水			310	$1.35 \times 10^4$	352	$1.47 \times 10^4$	$2.82 \times 10^4$

由表 1 可以看出苏丹 在这 5 种溶剂中的摩尔吸光系数在  $1.35 \sim 4.68 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  之间, 摩尔吸光系数依次为 香蕉水 < 乙腈 < 石油醚 < 环己烷 < 甲醇。同一波长下比较, 非极性溶剂中 环己烷 > 石油醚, 极性溶剂中 甲醇 > 乙腈, 并且以甲醇溶剂中灵敏度最高, 达到  $4.68 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ , 依此可直接进行水样中苏丹 的分析。

见区吸收峰位置影响较小。

(2) 混合溶剂香蕉水对苏丹 在紫外区吸收峰形状有较大影响, 在小于 300 nm 范围内没有吸收。

(3) 苏丹 在环己烷、石油醚、甲醇、乙腈及香蕉水溶剂中的摩尔吸光系数都在  $10^4$  数量级, 检出灵敏度高。

### 3 结 论

(1) 溶剂极性对苏丹 在紫外区吸收峰影响较大, 对可

### 参 考 文 献

- [ 1 ] ZHAO Hui, LU Wencong, SONG Hai-feng(赵 慧, 陆文聪, 宋海峰). Journal of Chemistry(化学学报), 2004, 62(7) : 649.
- [ 2 ] HUANG Xiao-lan, WU Hui-qin, HUANG Fang, et al(黄晓兰, 吴惠勤, 黄 芳, 等). Journal of Instrumental Analysis(分析测试学报), 2005, 24(4) : 1.
- [ 3 ] YU Ling-han, YANG Yun-yun, YAN Shi-ping, et al(喻凌寒, 杨运云, 闫世平, 等). Journal of Instrumental Analysis(分析测试学报), 2005, 24(4) : 28.
- [ 4 ] HE Hong-shan, GAO Yi-ci, SHI Qi-zhen(何宏山, 高忆慈, 史启祯). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2003, 23(1) : 9.
- [ 5 ] MENG Tao, LI Xiao-wei, ZOU Jing(孟 涛, 李晓苇, 邹 竞). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2003, 23(1) : 160.
- [ 6 ] DONG Xiao-li, ZHOU Ji-ti, WANG Jing(董晓丽, 周集体, 王 竞). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2003, 23(2) : 340.
- [ 7 ] WEI Yong-ju, LIU Cui-ge, MO Li-ping(魏永巨, 刘翠格, 默丽萍). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2005, 25(1) : 86.
- [ 8 ] WANG Hai-bin(王海滨). Journal of Wuhan Polytechnic University(武汉工业学院学报), 2004, 23(4) : 10.
- [ 9 ] WU Feng, HUA He-lin, DENG Nan-sheng(吴 峰, 华河林, 邓南圣). Environmental Chemistry(环境化学), 2000, 19(4) : 348.
- [ 10 ] ZHANG Zheng-xing(张正行). Organic Spectral Analysis(有机光谱分析). Beijing: People Hygiene Press(北京: 人民卫生出版社), 1995. 8.
- [ 11 ] ZHAN Hao-qiang, TIAN He(詹豪强, 田 禾). Colorant Industry(染料工业), 1997, 34(2) : 7.
- [ 12 ] SUN Jing, WANG Hong-hai, HAN Ying, et al(孙 晶, 王洪海, 韩 莹, 等). Chemical Research(化学研究), 2001, 12(3) : 9.

## Ultraviolet-Visible Absorption Spectral Properties of Sudan in Different Solvents

YANG Sheng-ke, ZHANG Jir-ping, XU Yong-hua, DENG Xiao-mi

School of Environmental Science and Engineering, Chang 'an University, Xi 'an 710054, China

**Abstract** Ultraviolet-visible absorption spectral properties of Sudan in different solvents were studied. The results show that the main absorption peaks are located in 200-230 nm, 340-360 nm and 490-510 nm. When Sudan is in polar solvent, two absorption peaks appear in the mid-ultraviolet region, 200-230 nm. And when it is in nonpolar solvent, the absorption changes from two peaks to one peak with the concentration of Sudan increasing. When it is in composite solvent, the two absorption

peaks disappear, but one absorption peak appears at 310 nm. Molar absorptivities of Sudan in the five solvents were determined, whose order of magnitude was  $10^4$ .

**Keywords** Sudan ; Solvent ; Ultraviolet-visible absorption spectra ; Molar absorptivity

(Received Dec. 12, 2005 ; accepted Mar. 28, 2006)

## 《中国学术期刊文摘》中文版和英文版 2007 年征订启事

《中国学术期刊文摘》分中文版(简称 CSAC)和英文版(简称 CSAE)两种,各自收录了我国高水平学术期刊中基础科学、医学、农业科学和工程技术领域约 40 个学科的论文文摘,全景展现我国的科研成果与进展。

作为综合性科技类检索刊物,《中国学术期刊文摘》致力于将我国科学技术各领域的原创性学术成果全面、快速地向科技工作者交流、传播,其中 CSAE 是我国第一份综合性英文版科技类学术检索刊物。

《中国学术期刊文摘》由中国科学技术协会主管,科技导报社主办并负责编辑、出版、发行,对科研单位、高等院校、图书馆以及广大科技工作者检索和了解我国的科技研究成果、学术研究动向具有重要的参考价值。

《中国学术期刊文摘(中文版)》刊号为 CN 11-3501/N, ISSN 1005-8923,2007 年为半月刊,大 16 开,国内定价 38.00 元/册,全年定价 912 元,邮发代号:82-707。

《中国学术期刊文摘(英文版)》刊号为 CN 11-5411/N, ISSN 1673-4084,2007 年改为月刊,大 16 开,国内定价 15.00 元/册,全年定价 180 元,邮发代号:80-487。

欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆订阅。

通讯地址:北京市海淀区学院南路 86 号科技导报社(邮编 100081)

联系电话:010-62103122

联系人:姚玉琴

征订信箱:wzjbj@cast.org.cn

单位主页:<http://www.csac.org.cn>

户名:科技导报社

账号:0200001409089017271

开户银行:工商银行百万庄支行