

供稿：沈天若 编辑：Iris

在过去的几十年间，光化学相关知识逐渐被纳入本科生及研究生化学课程中。但光化学涉及概念原理复杂，实验方法繁琐，且课堂时间有限，学生在理解及实际应用时往往十分困难。因此许多化学教育者努力开发多学科的、结合生活实际的、有效的教学方法，以帮助学生理解这些错综复杂的光化学概念。



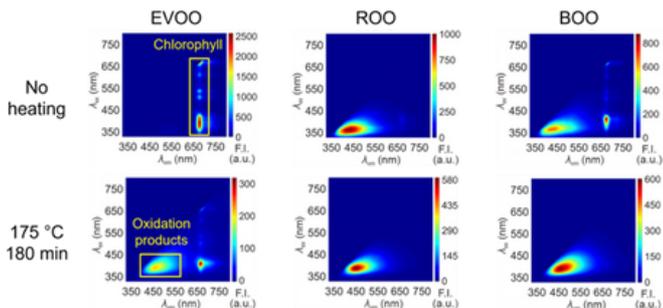
彩虹，大自然的“光谱”

荧光光谱技术作为光化学重要组成部分在大学及研究生化学课堂中是教学的重点和难点。该技术在现实中被广泛应用于化学分析、疾病诊疗、食品安全等科学研究领域以及日常生活中。那么怎样教学能让荧光光谱技术更易于被学生理解和运用呢？

新加坡科技设计大学刘晓刚博士课题组基于荧光光谱技术，利用日常生活中的3种橄榄油，设计了一套教学方式，帮助学生理解光化学中的重要概念及其在生活中的应用。事实证明，这是一种行之有效的教学方式，学生接受度非常高，相关研究成果发表在 *Journal of Chemical Education* 上，并在 2023 年美国化学会春季年会（ACS Spring 2023）进行汇报。

Duetta 一键建立橄榄油荧光指纹

刘博士课题组首先选择日常生活中常见的三种橄榄油——特级初榨橄榄油、精炼橄榄油、调和橄榄油，作为实验对象，使用 HORIBA Duetta 荧光及吸收光谱仪，采用激发 - 发射矩阵（Excitation-emission matrix, EEM）方法收集不同加热条件下三种橄榄油的荧光指纹。由于生产方式的不同，三种橄榄油表现出不同的荧光特性（下图），揭示了不同的物理意义。



三种橄榄油在加热前后的EEM荧光指纹，从左到右分别是特级初榨橄榄油、精炼橄榄油、调和橄榄油

特级初榨橄榄油

荧光指纹特性：

约676 nm处的强发射带（叶绿素的荧光峰）

物理意义：

特级初榨橄榄油在生产过程中仅经历过简单的机械和物理处理，如洗涤、离心、过滤。因此，特级初榨橄榄油中具有含量很高的叶绿素

精练橄榄油

荧光指纹特性：

特征发射带位于为350~520 nm处

物理意义：

由于经历了多次的物理或化学精炼步骤，精练橄榄油中几乎不含叶绿素，350~520 nm处的荧光发射区域是由于一级和二级氧化产物所致

调和橄榄油

荧光指纹特性：

两个发射带，分别对应着特级初榨橄榄油和精炼橄榄油的特性

物理意义：

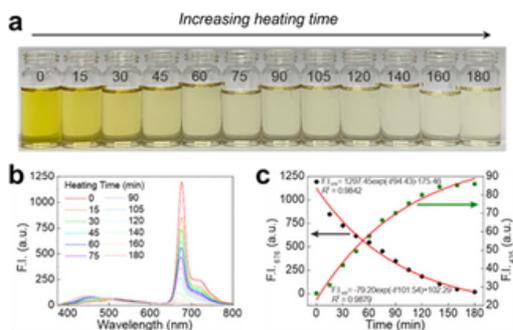
调和橄榄油是通过混合特级初榨橄榄油和精炼橄榄油得到的，因此它具备了前两种橄榄油各自的特性

交叉学科法分析加热对橄榄油光学性质的影响

课题组通过收集荧光指纹、拍摄照片、建立数学模型的方式，详细分析了加热过程中不同橄榄油光学性质的变化，发现加热效应对三种橄榄油荧光指纹的影响不相同。

拍摄结果的直观对比

荧光指纹图谱与相机拍摄的结果具有一致性。以特级初榨橄榄油为例，在175℃下加热180 min后，荧光指纹中叶绿素所在峰的强度显著地下降，而氧化产物的荧光峰显著增强。从照片也可以看出，随着加热时间的延长，初榨橄榄油的颜色从黄绿色逐渐变为淡黄色，表明油中叶绿素含量的明显减少，与荧光指纹图谱的结果具有一致性。



(a) 175°C不同加热时间下特级初榨橄榄油的外观；(b) 175°C不同加热时间下特级初榨橄榄油的发射光谱（激发波长为365 nm）；(c) 676 nm和435 nm荧光随加热时间的强度变化和指数拟合曲线

对另外两种橄榄油光学性质的影响，并通过叶绿素的降解及氧化产物的积累，说明特级初榨橄榄油不适合烹饪需要高温、长时间加热的菜肴。

问卷调查法加固光化学原理认知

基于以上实验数据，课题组制作了一份综合问卷，确认学生对荧光指纹法的理解程度。问卷的设计包括了“快速阅读”材料和指导视频两部分，以此帮助参与者快速理解荧光指纹的原理及构建过程。学生在阅读完材料后，需要回答相应的问题。这次调查的目标主要分为以下几个方面：

01. 探究学生对橄榄油的一般认识
02. 介绍EEM技术及荧光指纹的物理意义
03. 探究学生对EEM荧光指纹法评价橄榄油加热效应的理解程度

参与者对于问题的反馈表明，通过将EEM技术与实际生活中的问题相结合，能够简化复杂的光化学概念，让学生在短时间内有效地理解EEM荧光指纹技术，以及在监测橄榄油荧光性质中的应用。

数学分析法的定量分析

数学分析方法被用来定量描述叶绿素的降解过程，作者建立了叶绿素荧光强度随加热时间的衰减曲线（上图b-c）来向学生展示这一过程。随着加热时间的延长，叶绿素峰的荧光强度呈现出指数形式的下降，表明长加热时间会显著降解特级初榨橄榄油中的叶绿素。

与叶绿素的变化相反，氧化产物的荧光强度随着加热时间呈现出指数上升的趋势，表明加热会导致特级初榨橄榄油中一级和二级氧化产物逐渐积累，这种积累会降低特级初榨橄榄油的品质。

同样的，利用相似的方法，作者分析了加热



沈天若（刘晓刚课题组成员）和Duetta

“希望通过这项工作，我们可以为学生提供实际的示例，展现光化学的重要性及其与人类生活的关联。”沈天若（刘晓刚博士课题组成员）表示，“也希望这项工作能够激励更多的化学教育者，开发新型的教学工具，将复杂的光化学概念转化为易于理解的形式。”

近年来，各大高校教育工作者都深刻认识到了教育、科技、人才三位一体部署的重大战略意义。如何将专业学科知识与实用性、应用性场景相结合，使培养的学生不仅能运用所掌握的知识去解决现有的问题，还能去解决未来发展出现的问题，对未来技术和产业起到引领作用，这对教师们是挑战，也是机遇。刘晓刚博士课题组勇于探索创新，开发新型的教学工具，采用多学科交叉方式，将复杂的光化学概念转化为易于理解的形式。

关于刘晓刚课题组

新加坡科技设计大学荧光研究组通过理论计算和化学大数据相结合的方法，系统地研究功能染料的工作原理，总结荧光团和荧光探针的构效关系，提出新型功能染料的设计策略，并探索其在生化检测、生物成像、化学教育等方面的应用。

刘晓刚博士现为新加坡科技设计大学科学、数学与技术系助理教授。2014年获剑桥大学物理学博士学位，2017年加入新加坡科技设计大学担任助理教授，开展独立研究。目前在 Chem. Soc. Rev.、J. Am. Chem. Soc.、Angew. Chem. Int. Ed.、Chem. Sci.、Nat. Commun. 等期刊发表学术论文100余篇。

联系作者：

沈天若 (tianruo_shen@outlook.com)

刘晓刚 (xiaogang_liu@sutd.edu.sg)



扫码获取技术支持