

PAPEL

Imágenes de fluorescencia simples para identificar la pureza del aceite de oliva: una actividad en un curso de óptica

Para citar este artículo: Prasetyo Listiaji 2022 Física. Educativo. 57 015006

Ver el [artículo en línea](#) para actualizaciones y mejoras.

También te puede interesar

- [Perfil de ácidos grasos del aceite de oliva en Respuesta a lo orgánico a base de nutrientes Abono de Olivo](#)
GM Kattmah, YM Alali y B Okla
- [Modelado matemático de datos espectrales NIR y selección de longitudes de onda para la determinación de mezclas de aceite de oliva](#). A. Mikina y Roman Z Morawski
- [Tratamiento de aguas residuales de almazaras en Jordania:](#)
una revisión Abeer Al Bawab, Noor Ghannam, Saida Abu-Mallouh et al.

Imágenes de fluorescencia simples para identificar la pureza del aceite de oliva: una actividad en un curso de óptica

Prasetyo Listiaji

Departamento de Ciencias Integradas, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

Correo electrónico: p.listiaji@mail.unnes.ac.id



Resumen

La actual era de la pandemia exige educación a distancia, incluidos experimentos de física sobre el tema de la óptica. Uno de los fenómenos ópticos que es necesario explicar en los cursos de óptica es la fluorescencia. Este estudio ofrece un experimento casero sencillo sobre la aplicación de la fluorescencia, concretamente para identificar la pureza del aceite de oliva mediante imágenes de fluorescencia simples. Este experimento de imágenes de fluorescencia utilizó un láser verde de 532 nm como fuente de haz y la cámara de un teléfono inteligente como detector de captura de imágenes. Se mezclaron muestras de aceite de oliva con aceite mineral para obtener diversas variaciones de pureza del aceite de oliva. Cuando la muestra fue inducida con un láser, la trayectoria del rayo láser cambió de color a naranja debido a fenómenos de fluorescencia. Este efecto de fluorescencia se capturó luego en forma de imágenes. Intensidad de fluorescencia convertida a partir del valor de gris de la imagen de la trayectoria del rayo láser. Los resultados experimentales muestran una relación lineal entre la intensidad de la fluorescencia y la pureza del aceite de oliva 2 con un coeficiente de $R = 0,98$. Este experimento puede ser una oferta. determinación R para explicar la aplicación de la fluorescencia con actividades realizadas de forma independiente por estudiantes de física de nivel terciario en sus respectivos hogares. Este procedimiento de obtención de imágenes fluorescentes también puede tener relación en términos de su aplicación en el control de calidad del aceite de oliva.

Palabras clave: imágenes de fluorescencia, aceite de oliva, experimento óptico, cámara de teléfono inteligente, láser

1. Introducción

El mundo está experimentando actualmente una pandemia de Covid-19. Esta condición requiere aprendizaje innovador, concretamente mediante aprendizaje a distancia [1], incluido el aprendizaje de física. Investigadores y profesores han intentado innovar las actividades de práctica de física para que los estudiantes las realicen de forma independiente en casa [2].

Una tecnología que se utiliza ampliamente para experimentos de física remota es un teléfono inteligente. Los teléfonos inteligentes ofrecen muchas funciones de censura, como sensores de luz, aceleración, magnetómetro, presión y giroscopio [3–6]. La mayoría de los experimentos desarrollados tratan sobre el tema de la mecánica [7–10]. Mientras tanto, los experimentos ópticos

P Listiaji

El uso de teléfonos inteligentes no ha sido ampliamente investigado.

En el teléfono inteligente hay una cámara digital que es muy útil para experimentos ópticos. La cámara digital puede producir imágenes que luego pueden analizarse en cuanto a color, intensidad y tamaño de píxel [11, 12]. Este potencial es muy adecuado para experimentos ópticos y espectroscópicos sencillos que los estudiantes pueden realizar de forma independiente.

En la universidad o la escuela secundaria, los experimentos de aplicación de óptica, como la espectroscopia de luz visible o la fluorescencia para analizar un líquido, generalmente se llevan a cabo en el laboratorio con algunas herramientas costosas [13]. Sin embargo, incluso en esta era de pandemia, todavía es necesario realizar el curso de óptica experimental para enseñar a los estudiantes sobre las aplicaciones de la óptica.

Por estas razones, este artículo ofrece un experimento óptico simple que es una imagen de fluorescencia utilizada para identificar la pureza del aceite de oliva. Este experimento está diseñado para estudiantes de física de educación terciaria. Se utiliza un láser verde como fuente de radiación, mientras que la cámara de un teléfono inteligente se utiliza como detector que produce imágenes. Por lo tanto, este artículo discutirá varios temas, incluido (a) el efecto de fluorescencia que se produce cuando el aceite de oliva es inducido por un láser verde, y (b) la relación entre la intensidad de la fluorescencia y la pureza del aceite de oliva.

El procedimiento de obtención de imágenes de fluorescencia en este experimento también puede estar relacionado con el control de la calidad del aceite de oliva [14, 15]. En una aplicación más amplia, la espectroscopia de fluorescencia y los instrumentos de imágenes se utilizan comúnmente en la evaluación de calidad de la industria alimentaria [16].

2. Antecedentes teóricos La fluorescencia

es la emisión de luz después de la absorción de luz ultravioleta (UV) o visible por una molécula de fluorescencia o una subestructura llamada fluoróforo. Así, los fluoróforos absorben energía en forma de luz a una longitud de onda específica y liberan energía en forma de luz emitida a una longitud de onda mayor [17]. La fluorescencia en sí es el proceso de emisión de radiación luminosa por parte de un material después de ser excitado por un haz de luz de alta energía [18]. Mientras tanto, la emisión de luz se produce debido a la

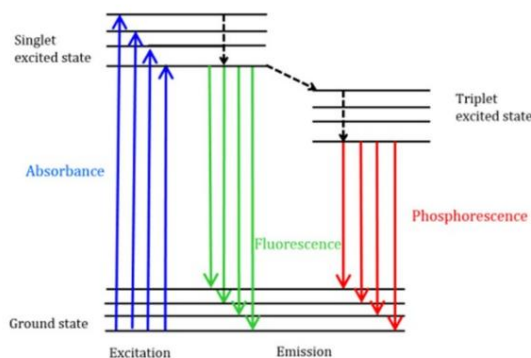


Figura 1. Diagrama de Jablonski que ilustra diferentes transiciones entre los estados energéticos de una molécula.

absorción de luz por los átomos lo que resulta en un estado atómico excitado. El estado excitado del átomo volverá a su estado original liberando energía en forma de luz (desexcitación) [18]. La fluorescencia es el proceso de transferir niveles de energía de un estado atómico excitado (S1 o S2) a un estado estable (estados fundamentales). El proceso de fluorescencia dura aproximadamente 1 ns, mientras que el proceso de fosforescencia dura más, desde alrededor de 10 a 3 segundos hasta días o años [18]. El mecanismo de excitación y desexcitación se puede describir en el diagrama de Jablonski (figura 1).

El fenómeno de la fluorescencia se puede observar si irradiamos aceite de oliva con una longitud de onda de luz determinada. El aceite de oliva es uno de los líquidos que puede provocar fluorescencia porque contiene fluoróforos como vitamina E, clorofila y compuestos fenólicos [19]. El aceite de oliva tiene una longitud de onda de excitación que oscila entre 270 y 535 y una longitud de onda de emisión de 320 a 668 nm [16].

En espectroscopia de fluorescencia, el efecto de la concentración sobre la intensidad de fluorescencia F (I_x) se muestra en la ecuación (1) [20].

$$F = QI_0aCt \quad (1)$$

donde Q = eficiencia de fluorescencia, I_0 = intensidad de la luz incidente (I_x), a = coeficiente de extinción (cm^{-1}), t = longitud del camino (cm), C = concentración de sustancias (volumen o fracción de masa). En el experimento, el valor de Q y a depende del instrumento de medición utilizado.

Imágenes de fluorescencia simples para identificar la pureza del aceite de oliva: una actividad en un curso de óptica

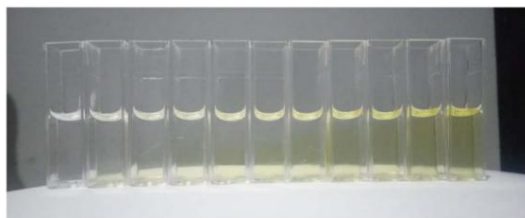


Figura 2. Muestras de aceite de oliva con pureza variable, desde el extremo derecho $C_{oo} = 1$ hasta el extremo izquierdo $C_{oo} = 0$.

3. Método

3.1. preparación de la muestra

La muestra utilizada fue la mezcla de aceite de oliva y aceite mineral con variaciones en la concentración expresadas en fracción de volumen según la ecuación (2):

$$\text{arrullo} = \frac{V_{oo}}{V_{oo} + V_{mo}} \quad (2)$$

C_{oo} es la concentración de aceite de oliva en la mezcla que indica la pureza del aceite de oliva. V_{oo} es el volumen de aceite de oliva y V_{mo} es el volumen de aceite mineral. La variación de C_{oo} utilizada es de cero (aceite mineral puro) a uno (aceite de oliva puro) con intervalos de 0,1. Cada muestra se puso en una cubeta de 2,5 ml (ver figura 2).

3.2. Configuración del experimento

La configuración experimental se muestra en la figura 3. Las cubetas utilizadas fueron de 12×12 mm. La fuente de radiación utilizada fue un láser verde de $532 \pm 0,1$ nm. La muestra se indujo desde arriba para que la trayectoria del rayo láser cambie de color debido al efecto de fluorescencia. La cámara del teléfono inteligente capturó imágenes desde la parte frontal de la cubeta. Para cada muestra, la imagen se registró tres veces y luego se promedió. El experimento se llevó a cabo en un lugar oscuro para evitar la contaminación lumínica. El teléfono inteligente utilizado en este experimento es el Realme C2.

3.3. Medición de intensidad fluorescente

La medición de la intensidad de fluorescencia F se llevó a cabo convirtiendo una imagen en color en una imagen en escala de grises de 8 bits y luego se analizó la distribución del perfil de intensidad en función de la distribución.



Figura 3. Configuración del experimento. La posición de la cámara del teléfono inteligente debe ser paralela a la cubeta para poder capturar la trayectoria de fluorescencia.

del perfil de la línea de valor gris en la trayectoria del rayo láser obtenida (figura 4). El valor de intensidad utilizado como intensidad de fluorescencia fue la intensidad máxima del valor de Gray analizada utilizando el software de código abierto Image-J. El valor de gris de una imagen de 8 bits tiene un rango de 0 a 255, mientras que el rango de intensidad que puede leer la cámara del teléfono inteligente Realme C2 es de 0 lx a 65 536 lx. Entonces, para determinar la intensidad de fluorescencia F (lx), utilizamos la conversión por $F = 255$ valor de Gray.

3.4. Calibración de la relación entre intensidad y pureza.

Tras obtener la intensidad de fluorescencia de cada muestra, se calibró la relación con la pureza del aceite de oliva. La calibración se realizó trazando el gráfico de intensidad versus concentración y luego ajustando la ecuación lineal en consecuencia usando Ms Excel.

4. Resultado y discusión

El efecto de fluorescencia en el aceite de oliva se puede mostrar cambiando el color de la trayectoria de la luz láser a naranja (figura 5(a)). A partir de este fenómeno, los estudiantes pueden ver un cambio en la longitud de onda del efecto de fluorescencia [21]. La longitud de onda de excitación es verde (532 nm) mientras que la longitud de onda de emisión es naranja (mayor de 532 nm). Los estudiantes también pueden ver que la longitud de onda emitida es

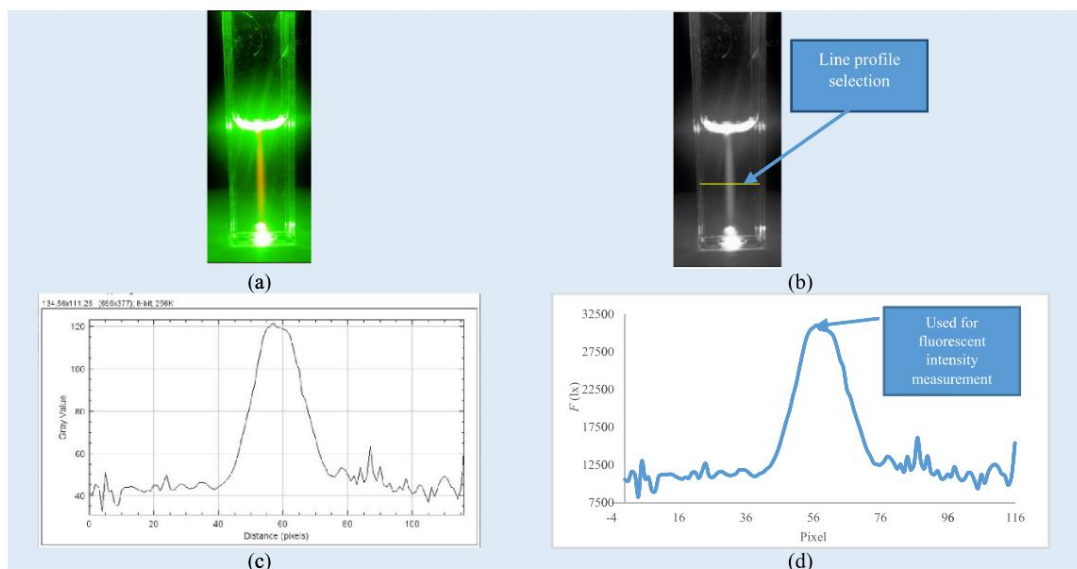


Figura 4. Análisis del valor de grises. (a) Imagen en color, (b) Imagen de 8 bits con selección de perfil de línea, (c) perfil de valor de gris en Imagen-J, (d) perfil de intensidad de fluorescencia.

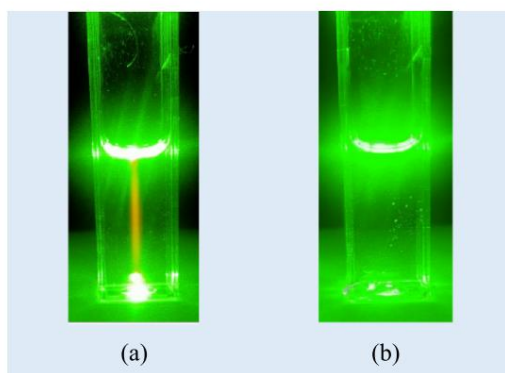


Figura 5. (a) Imágenes de aceite de oliva puro ($C_{oo} = 1$), (b) aceite mineral ($C_{oo} = 0$).

mayor, lo que indica que la energía es menor que la onda de excitación [18].

Visualmente parece que el aceite de oliva puro tiene una intensidad de fluorescencia muy alta mientras que, en el aceite mineral, no hay efecto de fluorescencia (figura 5). Los estudiantes pueden observarlo comparando las imágenes entre las dos muestras. Los estudiantes también pueden observar que el aceite de oliva tiene óptica activa porque puede causar efectos de fluorescencia [22].

El perfil de la línea del rayo láser que pasa.

A través de la muestra se demuestra que cuanto más pura es la aceituna aceite (cuanto mayor sea la concentración), mayor será

intensidad de fluorescencia producida [19]. Estudiantes podemos observar la diferencia en la intensidad máxima (en escala de grises) para cada variación en la pureza de la aceituna aceite (figura 6). Cuanto mayor sea la concentración de oliva Cuanto mayor es el aceite, más componentes fluoróforos contiene [20].

La gráfica de la intensidad de fluorescencia versus El gráfico de concentración se muestra en la figura 7. La intensidad de fluorescencia se obtuvo del pico del perfil de intensidad de fluorescencia en la figura 6. Parece que la relación muestra buena linealidad con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,98$.

Esta relación es según la ecuación (1) [20].

Basado en el ajuste del gráfico lineal, la relación se muestra en la ecuación (3). Los factores de magnitud Q , I_0 , a y t se consideran constantes en este experimento.

$$F = 12842,73C_{oo} + 22764,55. \quad (3)$$

Este estudio tiene limitaciones, no considera la resolución y sensibilidad de las cámaras de los teléfonos inteligentes. Sin embargo, es suficiente como experimento para identificar la pureza del aceite de oliva a base sobre el fenómeno de la fluorescencia. Además, Este experimento se aplica sólo a las mezclas de aceite de oliva con aceite mineral.

Imágenes de fluorescencia simples para identificar la pureza del aceite de oliva: una actividad en un curso de óptica

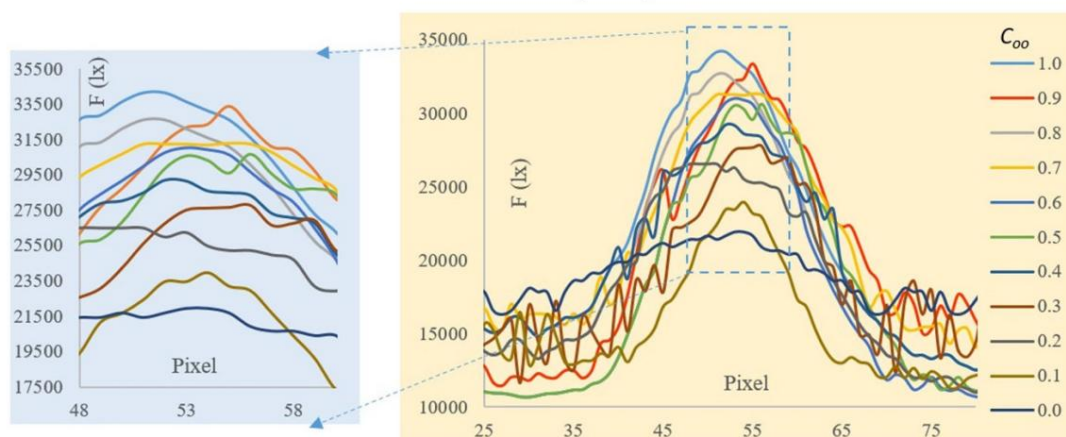


Figura 6. Perfil de línea de intensidad de fluorescencia F (lx) para diversas concentraciones de aceite de oliva. Diferentes concentraciones de aceite de oliva provocan diferentes picos de intensidad de fluorescencia.

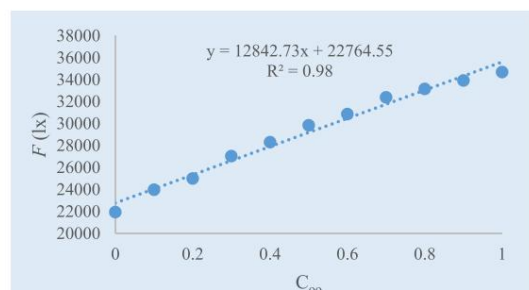


Figura 7. Ajuste del gráfico lineal de la relación entre la intensidad de fluorescencia (F) y la concentración de aceite de oliva (C_{oo}).

5. Conclusión

Se pueden utilizar experimentos sencillos de imágenes de fluorescencia utilizando un láser y la cámara de un teléfono inteligente para identificar la pureza del aceite de oliva. Los resultados experimentales pudieron mostrar una relación lineal entre la intensidad de la fluorescencia y la concentración del aceite de oliva. Este experimento lo pueden realizar los estudiantes de forma independiente en casa con la orientación del profesor a través del aprendizaje a distancia en cursos de óptica. Los estudiantes de física de nivel terciario pueden observar el fenómeno de la fluorescencia y su aplicación en el ensayo de alimentos como el aceite de oliva. Pueden probar la pureza del aceite de oliva en su propia cocina.

Se necesita más investigación para cumplir con las limitaciones de este experimento, como considerar la resolución y la sensibilidad de las cámaras de los teléfonos inteligentes.

Las variaciones en la pureza del aceite de oliva también se pueden analizar no sólo mezclando aceite mineral sino también otros compuestos del aceite. Sin duda será muy interesante y desafiante para los estudiantes de física. Si es posible, incluso se podría desarrollar para medir la longitud de onda de emisión.

Declaración de disponibilidad de datos

No se crearon ni analizaron nuevos datos en este estudio.

Agradecimientos Gracias

a Universitas Negeri Semarang por la financiación. Muchas gracias a mi esposa que siempre me acompañó para terminar este artículo.

Identificación ORCID

Prasetyo Listiaji <https://orcid.org/0000-0002-4291-6581>

Recibido el 29 de junio de 2021, en su formato final el 3 de septiembre de 2021 Aceptado para publicación el 4 de octubre de 2021 <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac2c95>

Referencias

- [1] Onorato P, Rosi T, Tufino E, Caprara C y Maligneri M 2021 Phys. Educativo. **56** 045007
- [2] Klein P, Ivanjek L, Dahlkemper MN, Jelić K, Geyer MA, Küchemann S y Susac A 2021 Phys. Rev. Phys. Educativo. Res. **17** 010117

P Listiaji

- [3] Pili U y Violanda R 2018 Phys. Educativo. [53 043001](#)
- [4] Listiaji P, Subhan S y Daeni F 2021 Phys. Educativo. [56 043006](#)
- [5] Shakur A y Kraft J 2016 Phys. Enseñar. [54 288](#)
- [6] de Jesus VL, Pérez CA, de Oliveira AL y Sasaki DG 2018 Phys. Educativo. [54 015003](#) [7] Listiaji P, Darmawan MS y Dahnuss D 2021 J. Phys.: Conf. Ser. [1918 022009](#) [8] Listiaji P, Darmawan MS y Daeni F 2020 Phys. Educativo. [56 013001](#) [9] Wattanayotin P, Puttharugsa C y Khemmani S 2017 Física. Educativo. [52 045009](#)
- [10] Dahnuss D, Marwoto P, Iswari RS y Listiaji P 2021 J. Phys.: Conf. Ser. [1918 022005](#) [11] Dos Santos Benedetti LP, Dos Santos VB, Silva TA, Benedetti Filho E, Martins VL y Fatibello-Filho O 2015 Anal. Métodos [7 4138](#) [12] Liñero O, Ciudad M, Arana G, Nguyen C y de Diego A 2017 Microquímica. J.134 _ [284](#) [13] Listiaji P y Suparta GB 2020 J. Phys.: Conf. Ser. [1567 042093](#)
- [14] Omwange KA, Al Riza DF, Saito Y, Suzuki T, Ogawa Y, Shiraga K, Giametta F y Kondo N 2021 Control de alimentos. [124 107906](#)
- [15] Sikorska E, Khmelinskii IV, Sikorski M, Caponio F, Bilancia MT, Pasqualone A y Gomes T 2008 Int. J. Ciencia de los alimentos. Tecnología. [43 52](#)
- [16] Sikorska E, Khmelinskii I y Sikorski M 2019 Tecnologías de evaluación para la calidad de los alimentos (Cambridge: Woodhead Publishing) p 491
- [17] Sun DW (ed) 2008 Técnicas modernas para Autenticación de alimentos (Nueva York: académico)
- [18] Sharma A y Schulman SG 1999 Introducción a la espectroscopia de fluorescencia (Nueva York: Wiley)
- [19] Sikorska E, Khmelinskii I y Sikorski M 2012 Análisis de aceites de oliva mediante espectroscopia de fluorescencia: métodos y aplicaciones Aceite de oliva: constituyentes, calidad, propiedades para la salud y bioconversiones (Londres: IntechOpen) págs. 63–88 [20] Bose A y Code QR 2018 Int. J. Adv. Farmacéutica. Anal. [8 1](#)
- [21] Zhang Y, Li T, Chen H, Chen S, Guo P y Li Y 2019 Appl. Optar. [58 4484](#)
- [22] Sari SP 2020 Penentuan Konstanta Verdet Minyak Goreng Pada Berbagai Frekuensi Tesis doctoral de Pemakaian Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember



Prasetyo Listiaji tiene una maestría en física de la Universitas Gadjah Mada, con especialización en óptica y radiografía. Actualmente es profesor en el Departamento de Ciencias Integradas de la Universitas Negeri Semarang. Sus áreas de investigación incluyen espectroscopia óptica, radiografía y educación física. Además, intenta desarrollar un laboratorio científico móvil para ciencia integrada,

especialmente usando teléfonos inteligentes y aplicaciones de código abierto.