PHÁT TRIỂN THIẾT BỊ CẦM TAY ĐO QUANG PHỔ PHẢN XẠ CỦA MỘT SỐ LOẠI RAU ĂN LÁ TẠI VIỆT NAM

Ngô Việt Đức[1,2*], Hoàng Lê Tuấn Anh[1,2], Trần Phương Hà[3], Hoàng Ngọc Lin[3], Lê Cảnh Việt Cường[3]

[1]Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
[2]Trung tâm Nghiên cứu và Chuyển giao công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
[3]Viện Nghiên cứu Khoa học Miền Trung, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

[*]*Tác giả liên hệ: ngovietduc.cretech@gmail.com*

Ngày nhận bài: 05.08.2021 Ngày chấp nhận đăng: 29.10.2021

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này là thiết kế, mô phỏng và chế tạo thử nghiệm thiết bị cầm tay đo dữ liệu quang phổ của một số loại rau ăn lá phổ biến ở Việt Nam như cải xanh, cải chíp và xà lách. Thiết bị được thiết kế bằng phần mềm AutoCAD và mô phỏng 3D bằng phần mềm Sketchup. Để thu thập dữ liệu quang phổ của thiết bị cầm tay, một giao diện được nhóm nghiên cứu phát triển bằng phần mềm Matlab GUI. Dữ liệu phổ thu được từ thiết bị cầm tay được so sánh với dữ liệu phổ thu được bằng máy đo quang phổ Ocean Optics và phổ tiêu chuẩn. Kết quả thu được cho thấy hình dạng phổ phản xạ của mẫu lá rau tương tự như phổ thu được từ máy Ocean Optics và phổ tiêu chuẩn theo tài liệu tham khảo. Tuy nhiên, dữ liệu phổ thu được từ thiết bị cầm tay vẫn chưa được hiệu chỉnh và áp dụng các phương pháp tiền xử lý như: làm mịn, lọc nhiễu. Nghiên cứu tiếp theo của nhóm nghiên cứu là ứng dụng công nghệ tiền xử lý số liệu và tăng độ chính xác của thiết bị cầm tay. Đồng thời độ chính xác và độ tin cậy của thiết bị được đánh giá độ tin cậy của thiết bị dựa trên sự khác biệt và sự tương quan với máy đo quang phổ Ocean Optics. Dữ liệu thu thập được từ thiết bị cầm tay sẽ được sử dụng để định lượng hàm lượng dư lượng thuốc bảo vệ thực vật trong rau ăn lá trong các nghiên cứu sắp tới.

Từ khóa: Thiết bị đo quang phổ, rau ăn lá, quang phổ phản xạ, nanolambda.

Development of a Handheld Spectrometer for Vegetables in Vietnam

ABSTRACT

The objective of this study was to design and fabricate a handheld optical reflectance device on some common vegetables in Vietnam such as cabbage, lettuce, and bok choy. The handheld device was designed by AutoCAD 2019 software (Autodesk Inc, CA, USA). 3D modeling was performed by Sketchup 2019 (ver. 19.0.685, Trimble Inc, CA, USA). An interface designed by Matlab GUI was used to collect reflectance data from the handheld device. The collected data from the handheld device was compared with the data from a spectrometer of Ocean Optics. Results showed that the shape of the collected data from the handheld device and the spectrometer was similar. However, the collected spectral data of the handheld device were not jet adjusted and applied with pre-processing techniques such as smoothing, removing outliers and errors. Further studies on the effects of pre-processing and spectral calibration methods are needed for improving the accuracy of the handheld device. Additionally, assessments of the similarity and stability of reflectance over the wide range of vegetable leaves are required. The results of the present study provide meaningful design guidance for pesticide residue monitoring for leafy vegetables.

Keywords: Handheld spectrometer, vegetables, reflectance, nanolambda.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, việc ứng dụng phương pháp quang học hiện nay đang được sử dụng khá rộng rãi trên nhiều lĩnh vực, đặc biệt trong lĩnh vực khoa học cây trồng và nông nghiệp, để phân tích và định lượng các chất dinh dưỡng trong rau, củ, quả. Phương pháp quang học có những ưu điểm

như: thời gian thực hiện nhanh, hiệu suất cao, đơn giản, chi phí thấp, không phá hủy mẫu đo... (Wu & cs., 2008). Trên cơ sở đó, phương pháp quang học được ứng dụng để chế tạo các thiết bị cầm tay nhỏ gọn, tiện lợi để cung cấp các thông tin cần thiết về giá trị dinh dưỡng của các loại sản phẩm nông nghiệp nhằm cải thiện sức khỏe con người và bảo vệ môi trường. Từ những ưu điểm trên, chúng tôi đã và đang ứng dụng phương pháp quang học vào việc định lượng các chất dinh dưỡng có trong lá rau cải bắp và cải xoăn, đặc biệt là chất glucosinolates (hoạt chất có khả năng phòng chống ung thư), carotenoids (vitamin A), chlorophyll (chất diệp lục), amino acid, đường... (Ngo & cs., 2019). Trong các nghiên cứu trước của chúng tôi, máy đo quang phổ Ocean Optics được sử dụng để xác định phương pháp lấy mẫu, đo mẫu lá rau (Ngo & cs., 2015a; 2015b; Ngo, 2015). Các mẫu lá rau sử dụng là lá cải bắp Trung Quốc (Chinese cabbage, *Brassica rapa*, subspecies *pekinensis* and *chinensis*) và cải rổ (kale, *Brassica oleracea* var. *alboglabra Bailey*). Bằng việc so sánh thống kê, phương pháp lấy mẫu khi sử dụng máy đo quang phổ thông qua số lượng lá mẫu, số điểm đo mẫu, vị trí đo mẫu (thịt lá, xương lá) được xác định cho đối tượng là cải bắp Trung Quốc và cải rổ. Kết quả chỉ ra rằng đo quang phổ ở phần thịt lá trên tối thiểu 12 điểm đo đối với cải bắp Trung Quốc và 9 điểm đo với cải rổ cho kết quả tối ưu.

Hiện nay, việc xác định hàm lượng dinh dưỡng, dư lượng thuốc bảo vệ thực vật trong rau hầu hết đều sử dụng phương pháp phá hủy, tức là để xác định được hàm lượng dinh dưỡng trong rau chúng ta phải xử lý mẫu rau trước khi đưa đi phân tích (tách nước, nghiền thành bột, kết hợp với dung môi, chiết tách...). Do đó quá trình phân tích tốn rất nhiều thời gian và chi phí, ngoài ra những mẫu rau đã lấy đi thí nghiệm không thể tái sử dụng tiếp. Ngoài phương pháp phá hủy, phương pháp không phá hủy phổ biến hiện nay đang sử dụng rộng rãi là sử dụng cảm biến sinh học phù hợp để xác định hàm lượng của một nhóm chất nhất định. Điều đó dẫn tới sự thiếu linh hoạt trong quá trình phân tích nếu thay đổi nhóm chất. Trong một nghiên cứu của tác giả Ngo & cs. (2019), các chất dinh dưỡng trong lá rau được định lượng bằng phương pháp không phá hủy sử dụng dữ liệu thu thập được từ máy quang phổ Ocean Optics. Tác giả sử dụng phương pháp hồi quy một phần bình phương nhỏ nhất (Partial least square regression) và phương pháp hồi quy từng bước đa biến (Stepwise multiple linear regression). Các tác giả kết luận rằng các chất dinh dưỡng trong rau cải xanh có thể định lượng được bằng phương pháp không phá hủy sử dụng dữ liệu thu thập được từ máy quang phổ. Ở một nghiên cứu khác của tác giả Chowdhury & cs. (2021), hợp chất glucosinolates và anthocyanins trong lá cải xoăn cũng được định lượng bằng phương pháp không phá hủy sử dụng máy quang phổ. Kết quả cho thấy rằng phương pháp hồi quy từng bước đa biến cho kết quả tốt hơn phương pháp hồi quy một phần bình phương nhỏ nhất.

Trên thế giới đã có những công trình nghiên cứu được thực hiện với mục đích giảm chi phí thiết bị, tiện dụng trong quá trình sử dụng đối với thiết bị quang phổ. Trong một nghiên cứu của Das & cs. (2016), các tác giả đã nghiên cứu, chế tạo thiết bị quang phổ cầm tay để đánh giá độ chín của trái táo. Các tác giả thực hiện công việc thu thập dữ liệu quang phổ trên bề mặt trái táo và định lượng chất diệp lục (Chlorophyll) có trên bề mặt trái táo để đánh giá chất lượng trái táo. Kết quả các tác giả thu được tương đối tốt với hệ số xác định (R^2) đối với táo xanh/vàng đồng nhất là 0,65%, đối với táo đỏ là 0,61% và đối với táo có màu không đồng nhất là 0,74%. Koohkan & cs. (2020) cũng chế tạo một thiết bị quang phổ để đánh giá chất lượng thuốc nhuộm hữu cơ. Dữ liệu được thu thập bằng thiết bị kết nối mở rộng với điện thoại thông minh. Các tác giả đã đánh giá rằng thiết bị có độ tin cậy khá cao khi mà hàm lượng có thể phát hiện được là tới 1 mg/l. Hàm lượng đường của quả lê được đánh giá trong một nghiên cứu của Yu & cs. (2016). Các tác giả sử dụng bộ lọc tuyến tính (linear variable filter) và cảm biến CMOS (complementary metal-oxide-semiconductor) để đánh giá độ ngọt của lê.

Tuy rằng, các phương pháp đánh giá chất lượng nông sản không phá hủy đã và đang được nghiên cứu nhiều hiện nay, nhưng giá thành của máy đo quang phổ trên thị trường khá cao

(khoảng 10.000$). Các máy đo quang phổ đang có trên thị trường lại khá cồng kềnh, không tiện lợi trong việc đo quang phổ khi đi thực địa, không phù hợp với thu nhập của người dân, tiếp cận khó khăn, phức tạp trong quá trình sử dụng. Vì vậy, việc chế tạo một thiết bị nhỏ gọn, có thể cầm tay để thu thập dữ liệu quang phổ phục vụ việc đánh giá, nghiên cứu chất lượng nông sản là cần thiết. Trong khuôn khổ nghiên cứu này, chúng tôi tập trung vào việc thiết kế, mô phỏng và chế tạo thử nghiệm thiết bị cầm tay để thu thập dữ liệu quang phổ phản xạ và thử nghiệm trên một số loại rau ăn lá phổ biến ở Việt Nam như cải xanh, cải chíp và xà lách.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Từ danh mục rau ăn lá phổ biến, 03 loại rau ăn lá phổ biến để tiến hành nghiên cứu gồm: xà lách, cải cải xanh và cải chíp. Vì đây là một nghiên cứu trong đề tài của nhóm nghiên cứu nên rau được thu mua từ 03 nguồn khác nhau là: chợ dân sinh, cửa hàng rau sạch và siêu thị. Rau được phân loại và rửa sạch rồi để khô ráo sau khi mua. Những lá rau đạt tiêu chuẩn để tiến hành thí nghiệm phải đạt những tiêu chí sau: lá trưởng thành, không bị sâu bệnh, bề mặt lá không có bụi bẩn và không héo úa. Số lượng lá được lựa chọn để thực hiện thí nghiệm là 110 lá đối với mỗi loại đối tượng. Việc thu thập dữ liệu quang phổ của từng mẫu lá rau được thực hiện trên 12 điểm tại phần thịt lá như báo cáo ở các nghiên cứu trước của nhóm nghiên cứu (Ngo & cs., 2015a; 2015b; Ngo, 2015). Sau đó dữ liệu quang phổ tại 12 điểm đo sẽ được lấy trung bình để thể hiện quang phổ cho mẫu lá rau đó. Mẫu lá rau sau khi thu thập dữ liệu quang phổ sẽ được chuyển cho phòng nghiên cứu hóa dược để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo.

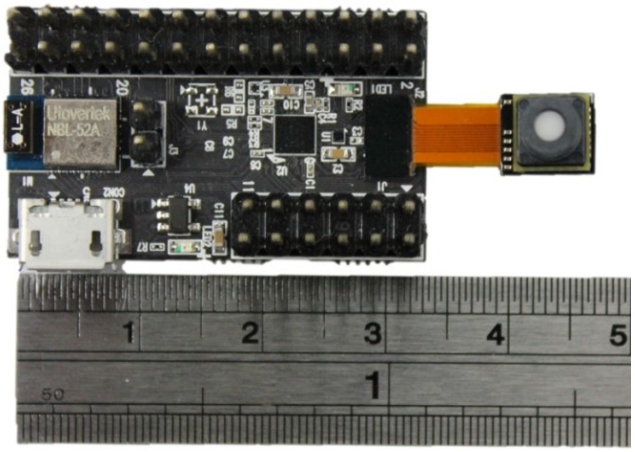
2.2. Thiết kế, chế tạo thiết bị cầm tay

Nhóm nghiên cứu sử dụng cảm biến quang phổ Nanolambda (model: NSP32m W1, National NanoLab Center, Daejeon, South Korea) làm bộ phận chính của thiết bị cầm tay với ưu điểm là có độ chính xác tương đối cao và giá thành hợp lý (298 $/bộ). Bảng 1 trình bày các thông số cơ bản của cảm biến quang phổ Nanolambda. Từ các thông số kỹ thuật của cảm biến quang phổ Nanolambda, các linh kiện chính được lựa chọn bao gồm: nguồn cấp điện và nguồn sáng.

Dựa theo thông số kỹ thuật của các linh kiện đã được lựa chọn, bản vẽ thiết kế của thiết bị được tiến hành trên phần mềm AutoCad 2019. Sau đó mô hình hóa 3D của thiết bị được mô phỏng trên phần mềm Sketchup. Sau khi mô phỏng và hiệu chỉnh các kích thước cho phù hợp, mô hình của thiết bị được in 3D trên máy in 3D Cgen (Model: 3D cgen V1). Vật liệu in được sử dụng là nhựa PLA với lớp in là 0,25mm, nhiệt độ đầu phun 210°C.

(A) (B) (C)

Hình 1. Rau ăn lá phổ biến ở Việt Nam: Xà lách (A), cải chíp (B) và cải xanh (C)



Hình 2. Cảm biến quang phổ Nanolambda

Bảng 1. Thông số kỹ thuật cơ bản của cảm biến đo phổ Nanolambda

Thông số kỹ thuật	Chỉ số
Dãy quang phổ (Wavelength range)	350 ~ 1.050nm
Độ phân giải (Resolution)	10 ~ 30nm
Bước sóng (Repeatability)	1nm
Tỉ số tín hiệu trên nhiễu (SNR)	> 100:1
Dải động (Dynamic range)	> 1.000:1
Độ phân giải A/D (A/D resolution)	12 bits
Thời gian tích phân (Integration time)	210ìs ~ 180ms @5MHz clock
Tỉ lệ khung hình (Frame rate)	Lớn nhất 150 @5MHz clock
Góc nhìn thấy (FOV)	> ± 50°
Nguồn (Supply voltage)	3.3V singer power supply
Nhiệt độ hoạt động	0 ~ 60°C

2.3. Thu thập dữ liệu quang phổ

Để thu thập dữ liệu quang phổ từ thiết bị cầm tay, nhóm nghiên cứu thiết kế giao diện Matlab GUI để tiến hành. Thiết bị cầm tay đo quang phổ sau khi hoàn thiện việc chế tạo thiết bị thử nghiệm sẽ được bật công tắc để cung cấp nguồn cho cảm biến quang phổ và nguồn sáng. Ánh sáng được chiếu từ nguồn sáng tới bề mặt lá rau, khi tới bề mặt lá rau ánh sáng sẽ diễn ra 03 trạng thái là xuyên qua, phản xạ và hấp thụ. Phần ánh sáng hấp thụ là phần được các hoạt chất có trong lá rau hấp thụ ở những bước sóng nhất định. Khi ánh sáng có dải rộng thì có những bước sóng không được các hoạt chất hấp thụ và không bị cản trở thì gọi là hiện tượng xuyên qua. Trạng thái phản xạ là trạng thái khi ánh sáng chiếu tới mẫu lá ở những bước sóng nhất định các hoạt chất không hấp thụ năng lượng của ánh sáng và cản trở ánh sáng xuyên qua thì ánh sáng sẽ bật khỏi bề mặt đó. Như vậy, ánh sáng phản xạ khi nguồn sáng chiếu tới mẫu lá sẽ suy giảm cường độ. Ở nghiên cứu này, cường độ ánh sáng phản xạ được cảm biến Nanolambda thực hiện việc đo. Do có một phần ánh sáng xuyên qua lá và phản xạ lại nếu gặp bề mặt hoặc ranh giới cản sẽ xảy ra hiện tượng phản xạ lại, cho nên phía dưới bề mặt lá có một tấm nền đen để khi ánh sáng xuyên qua được hấp thụ và không phản xạ ngược lại gây nhiễu dữ liệu. Ánh sáng phản xạ lại từ bề mặt lá được cảm biến đo được và truyền dữ liệu về máy tính. Sau khi thu thập được dữ liệu, biểu đồ hiển thị dữ liệu sẽ được hiện trên máy tính.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Thiết kế, chế tạo thiết bị cầm tay

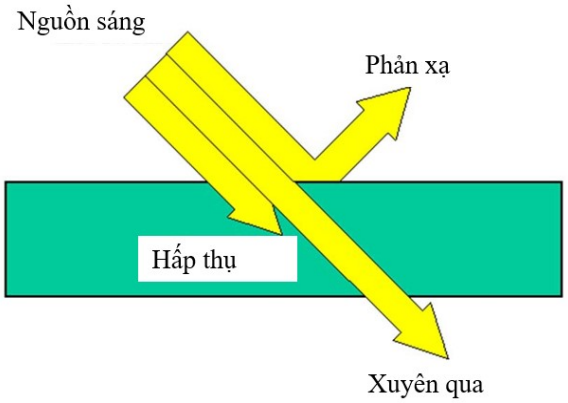
Nguyên lý hoạt động của thiết bị đo quang phổ được trình bày ở hình 4. Khi nguồn sáng chiếu tới lá mẫu, các hiện tượng xảy ra là ánh sáng bị hấp thụ, xuyên qua và phản xạ như đã trình bày ở trên. Phần ánh sáng phản xạ lại được cảm biến quang phổ Nanolambda thực hiện việc đo và truyền dữ liệu về máy tính thông qua cổng kết nối bốn dây (SPI - serial peripheral interface) bằng tín hiệu liên tục analog.

Công nghệ cốt lõi của cảm biến Nanolambda dựa trên các bộ lọc plasmonic được tích hợp với kích thước rất nhỏ (nano) để tách các sóng quang tương tự như cảm biến bán dẫn kim loại oxit bù (CMOS - complementary metal-oxide semiconductor) (Hình 5). Vì vậy, các bộ phận chính của thiết bị cầm tay được lựa chọn bao gồm: nguồn sáng, nguồn cấp điện năng, cảm biến quang phổ Nanolambda.

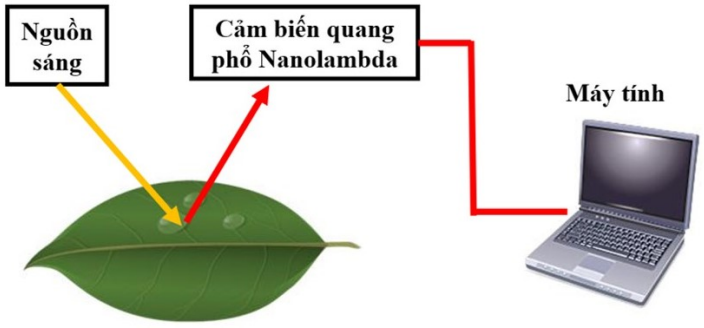
Từ các thông số kỹ thuật cơ bản của cảm biến đo quang phổ Nanolambda và nguyên lý hoạt động của thiết bị đo quang phổ, nhóm nghiên cứu đề ra thiết kế tổng quát thiết bị cầm tay đo quang phổ gồm 03 thành phần chính:

- Phần đầu đo (buồng tối): Buồng tối được thiết kế nhằm tạo không gian để thực hiện việc đo quang phổ của rau. Buồng tối được thiết kế để tránh lọt ánh sáng bên ngoài vào trong buồng tối để giảm thiểu sự ảnh hưởng của ánh sáng bên ngoài tới việc đo quang phổ. Khi ánh sáng chiếu từ nguồn sáng tới bề mặt mẫu lá rau, ánh sáng sẽ bị tán xạ xung quanh bề mặt lá. Cảm biến sẽ thực hiện công việc đo phần ánh sáng phản xạ lại từ lá rau. Buồng tối bằng vật liệu màu đen sẽ hấp thụ toàn bộ những ánh sáng tán xạ để không ảnh hưởng tới phần ánh sáng được cảm biến thu thập.

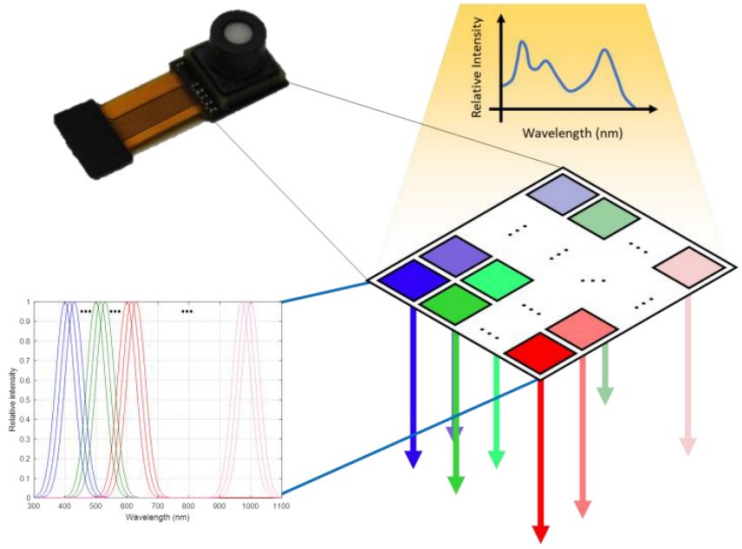
- Phần thân máy: Phần thân máy được thiết kế để cố định nguồn sáng và cảm biến đo quang phổ Nanolambda tránh việc xê dịch thiết bị ảnh hưởng tới kết quả đo được. Phần thân máy được thiết kế sao cho ánh sáng chiếu tới trong vùng "Góc nhìn thấy - FOV" của cảm biến quang phổ.



Hình 3. Các trạng thái của ánh sáng khi chiếu tới mẫu



Hình 4. Nguyên lý hoạt động của thiết bị cầm tay đo quang phổ



Nguồn: Chen & cs. (2020).

Hình 5. Cấu tạo của cảm biến quang phổ Nanolambda

- Phần nguồn cấp: Phần nguồn là phần chứa nguồn cung cấp điện năng cho cảm biến quang phổ và nguồn sáng. Ngoài ra nguồn sáng được tích hợp thêm 01 bo mạch sạc xả tích hợp cho pin tích trữ và 01 công tắc giúp tắt/mở nguồn sáng. Mạch xả có tích hợp tăng áp lên tối đa 5V/2A để cung cấp cho cảm biến. Pin được sử dụng là pin lithium 450mAh 3.7V nhằm cung cấp đủ cho nguồn sáng và cảm biến quang phổ.

Từ thiết kế tổng quát các bộ phận của thiết bị cầm tay như trên. Nhóm nghiên cứu thực hiện việc lựa chọn các bộ phận chính sử dụng cho thiết bị cầm tay đo quang phổ trong rau ăn lá như sau:

- Nguồn sáng: Chip LED đủ phổ với công suất 1W được sử dụng trong nghiên cứu này. Dải phổ của chip LED là từ 400 tới 840nm với nguồn cấp trong khoảng 3 ~ 3,4V. Quang phổ của chip LED được phân bổ như sau: 70% đỏ, 20% xanh biển và 10% màu khác (Hình 6).

- Cảm biến quang phổ: Cảm biến quang phổ được sử dụng là cảm biến NSP32m W1 với dải phổ có thể đo được trong khoảng 350 ~ 1050nm.

- Pin: Nguồn cung cấp điện năng cho chip LED là pin lithium-ion (model: 403035) với điện áp định mức 3,7V và dung lượng pin là 450mAh, có mạch bảo vệ pin kèm theo.

- Mạch sạc/xả: Để có thể tái sử dụng nguồn điện cấp cho chip LED, mạch sạc/xả 18650 được sử dụng. Mạch sạc/xả có dòng sạc tối đa là 2A và dòng xả tối đa là 2,4A, có mạch chống chạm chập khi sạc.

- Công tắc tắt/bật: Để tiết kiệm nguồn điện khi không sử dụng, trong thiết bị cầm tay có tích hợp thêm công tắc tắt/bật 2 chân.

Dựa vào các thông số của các linh kiện và việc sắp xếp các linh kiện sao cho thiết bị có kích thước tối ưu, nhóm nghiên cứu đã thực hiện thiết kế chi tiết các phần của thiết bị bằng AutoCad như sau:

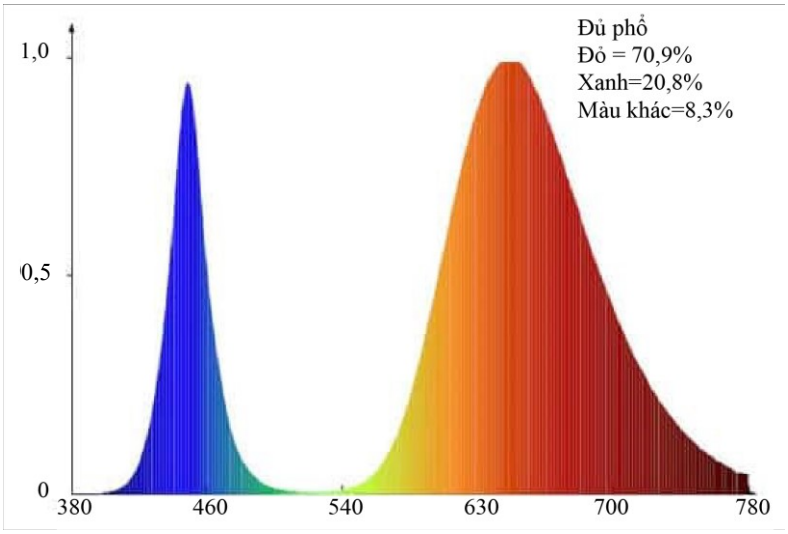
- Phần đầu đo:

+ Hình dạng: Hình trụ tròn được lựa chọn với các ưu điểm như tiết kiệm nguyên liệu chế tạo, không tạo thành các góc sắc cạnh, dễ cầm nắm...

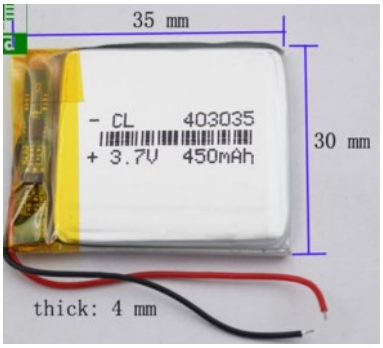
+ Kích thước: Đường kính Ø32mm × cao 10,5mm.

+ Phần buồng tối có 2 khoảng hở cho nguồn sáng và cảm biến quang phổ. Phần cho nguồn sáng có hình bán nguyệt, đường kính Ø28mm. Phần cho cảm biến quang phổ có đường kính Ø6,4mm.

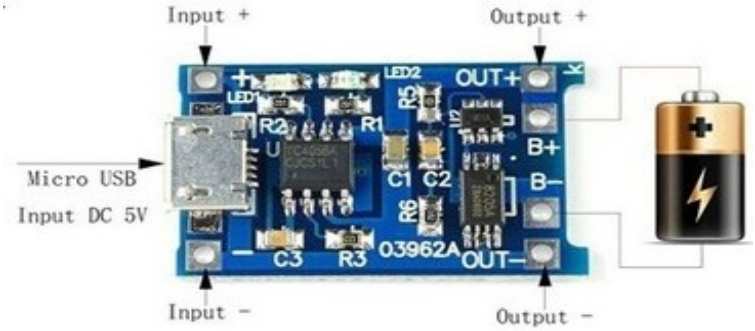
+ Phía mặt trên của phần đầu có một lỗ hình chữ nhật là phần ghép nối với phần thân máy. Phần lỗ chữ nhật có kích thước dài × rộng là 7,6mm × 3,7mm, sâu 3mm.



Hình 6. Quang phổ của chip LED đủ phổ



Hình 7. Pin li-ion 403035



Hình 8. Mạch sạc/xả pin

- Phần thân máy:

+ Hình dạng: Hình trụ tròn

+ Kích thước: Đường kính Ø32mm × cao 16,5mm

+ Phía dưới thân máy có một ngàm chữ nhật kích thước dài 6 × rộng 2mm × sâu 2,5mm để ghép nối với phần đầu đo của thiết bị

+ Trong phần thân máy có một rãnh chữ nhật kích thước dài × rộng là 21,6mm × 10,2mm để giữ cảm biến quang phổ cố định trong phần thân máy.

+ Trong phần thân máy có một lỗ chữ nhật kích thước đường kính Ø8,2mm để cố định chip LED của nguồn sáng.

+ Phía trên phần thân máy có 02 rãnh chữ nhật kích thước dài × rộng × sâu là 5,5 × 3,6 × 3,2mm. Mục đích của 02 rãnh này là để gắn phần chân ngàm của mạch sạc/xả nhằm cố định mạch sạc và tạo liên kết với phần nguồn của máy.

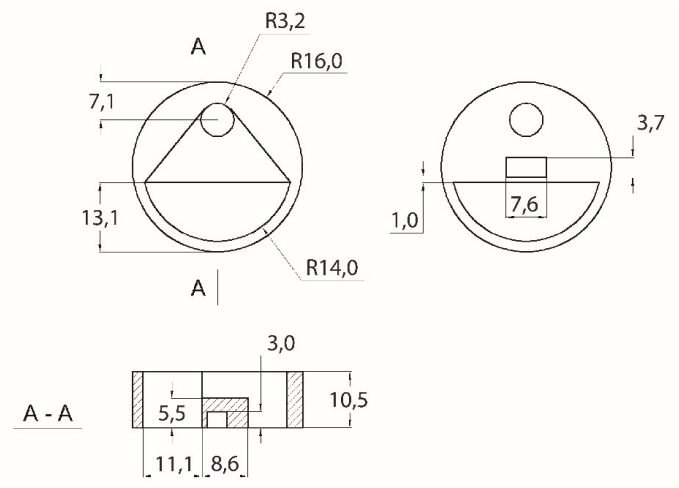
- Phần nguồn:

+ Hình dạng: Hình trụ tròn

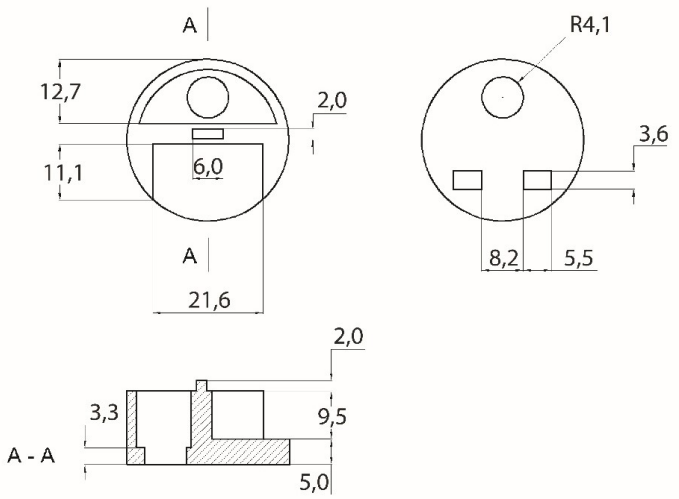
+ Kích thước: Đường kính Ø32mm × cao 26mm

+ Phần nguồn của máy được thiết kế khá đơn giản bao gồm 02 rãnh để chứa và cố định phần mạch sạc, pin và phần công tắc tắt/mở của thiết bị.

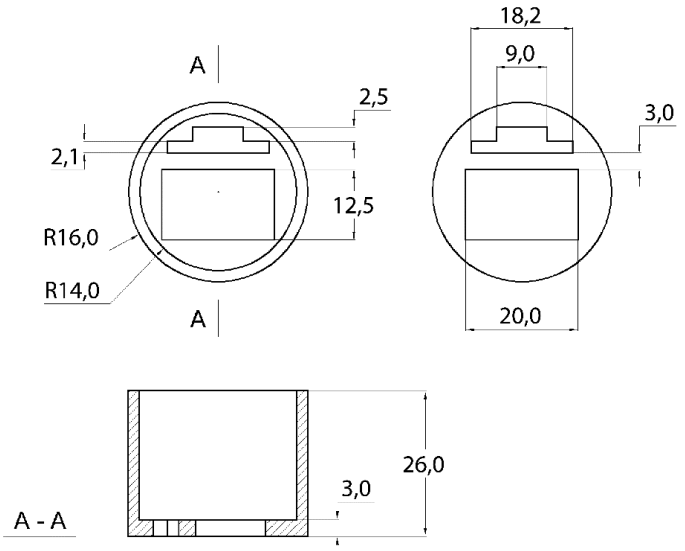
Với các thông số từ bản vẽ chi tiết, mô phỏng 3D của thiết bị được thực hiện bởi phần mềm Sketchup. Mô hình 3D của thiết bị được thực hiện bằng phần mềm Sketchup vì phần mềm có chức năng xuất file in 3D tương thích với máy in 3D Cgen của nhóm nghiên cứu. Mô hình 3D của thiết bị được trình bày ở hình 12.



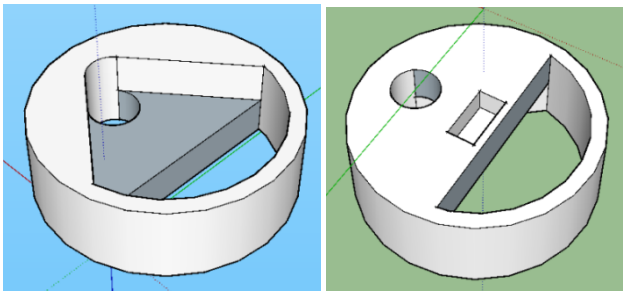
Hình 9. Thiết kế phần đầu đo thiết bị cầm tay



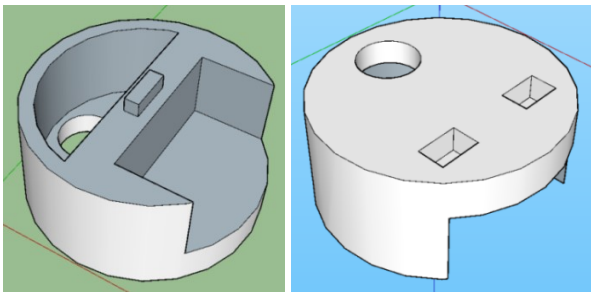
Hình 10. Thiết kế phần thân thiết bị cầm tay



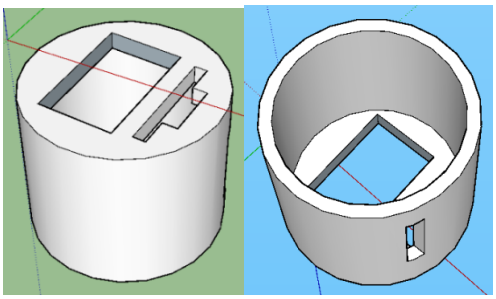
Hình 11. Thiết kế phần nguồn của thiết bị cầm tay



(A)

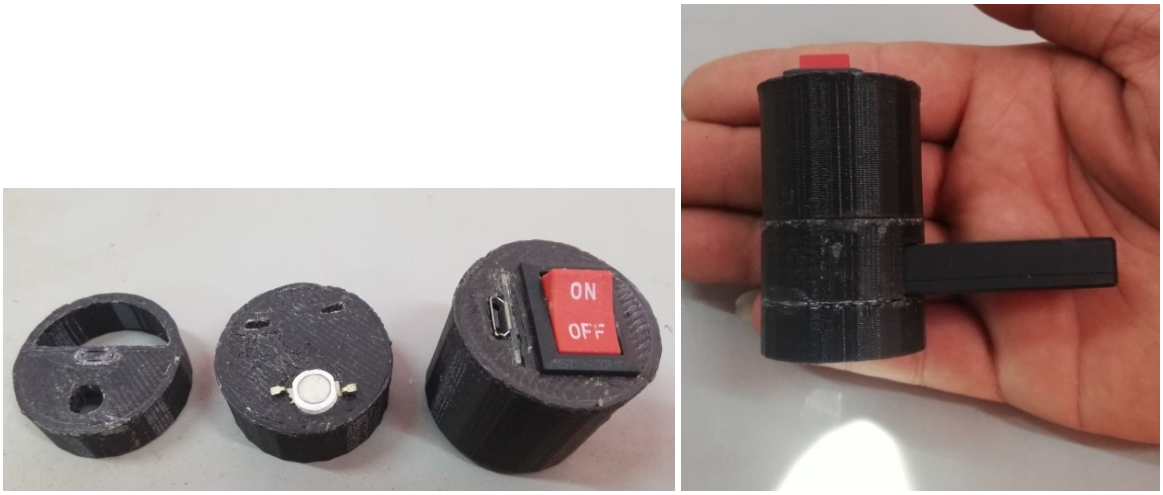


(B)



(C)

Hình 12. Mô phỏng 3D các phần của thiết bị cầm tay đo quang phổ: (A) Phần đầu đo, (B) Phần thân máy và (C) Phần nguồn



Hình 13. Thiết bị đo quang phổ cầm tay

Khi đã thực hiện mô phỏng 3D mô hình thiết bị cầm tay, nhóm nghiên cứu tiến hành in 3D mô hình thiết bị bằng vật liệu nhựa. Vật liệu in chúng tôi sử dụng là nhựa PLA. Bằng việc xuất file in 3D trên phần mềm Sketchup và điều chỉnh các thông số in phù hợp với máy in 3D Cgen V1, chúng tôi thực hiện việc in 3D với các thông số in như sau: sợi in PLA đường kính 1,75mm; nhiệt độ in 200°C; chiều cao lớp in đầu tiên là 0,3mm; chiều cao các lớp in tiếp theo là 0,25mm; tốc độ in 40 mm/s. Thiết bị cầm tay sau khi được in 3D sẽ được lắp ráp các linh kiện chính và gắn các phần vào với nhau tạo thành một khối liên kết.

3.2. Thu thập dữ liệu quang phổ

Sau khi thiết bị cầm tay được hoàn thiện phần cứng, nhóm nghiên cứu sử dụng phần mềm Matlab GUI để phát triển giao diện cho việc thu thập dữ liệu quang phổ (Hình 11).

Dữ liệu quang phổ được tính toán dựa trên dữ liệu thô thu thập được từ mạch chuyển đổi tương tự ra số (ADC - Analog to Digital Converter). Khoảng dữ liệu quang phổ thu thập được nằm từ 400nm tới 800nm với xung nhịp 1 kHz (tương đương 1nm). Nếu sử dụng xung nhịp 1kHz và tần số 250Hz, cảm biến sẽ mất 1,024 giây để thu thập toàn bộ dữ liệu (4/1000×256 pixels). Dữ liệu quang phổ được tính toán bằng công thức sau (Shurrab & cs., 2019):

$$\%R = \frac{S_\lambda - D_\lambda}{R_\lambda - D_\lambda} \times 100\% \quad (1)$$

Trong đó:

R: Quang phổ phản xạ;

S_λ: Cường độ ánh sáng tại bước sóng λ;

D_λ: Cường độ tối tại bước sóng λ;

R_λ: Cường độ sáng toàn phần tại bước sóng λ.

D_λ được thu thập bằng cách đo quang phổ phản xạ khi không có mẫu với tấm nền đen để ánh sáng có thể được hấp thụ toàn phần. R_λ được thu thập tương tự như D_λ nhưng tấm nền sử dụng là tấm nền trắng để ánh sáng có thể phản xạ lại toàn phần. S_λ chính là cường độ của ánh sáng mà nguồn sáng chiếu tới mẫu lá tại bước sóng λ. Trong trường hợp không có mẫu lá và tấm nền là màu trắng thì $R_\lambda = S_\lambda$. Khi đó thì R = 1, tức là ánh sáng phản xạ toàn phần. Và ngược lại, trong trường hợp không có mẫu lá và tấm nền là màu đen thì $R_\lambda = D_\lambda$. Khi đó R = 0, tức là ánh sáng được hấp thụ toàn phần. Trong thực tế, việc phản xạ toàn phần và hấp thụ toàn phần chỉ mang tính tương đối do vật liệu sử dụng làm tấm nền, ảnh hưởng của khung vỏ, nhiễu thiết bị, ảnh hưởng của môi trường ánh sáng bên ngoài lọt vào... Dữ liệu quang phổ sau khi thu thập có thể lưu trữ vào máy tính dưới dạng tệp Excel (.xlsx) để có thể tiến hành phân tích sau này. Dữ liệu quang phổ của 03 loại rau đã lựa chọn (xà lách, cải cải xanh, cải chíp) được đo và so sánh với dữ liệu quang phổ thu thập được bằng máy đo quang phổ Ocean Optics (USB2000, Ocean Optical, FL, USA) trên thị trường.

Dữ liệu quang phổ của máy đo quang phổ Ocean Optics được thể hiện bằng phần trăm (%) trong khi dữ liệu quang phổ thu thập được bằng cảm biến Nanolambda được thể hiện bằng công suất tương đối. Mối liên hệ giữa công suất tương đối và phần trăm quang phổ phản xạ là:

$$R_\lambda\ (\%) = R_{\lambda\text{tương đối}} \times 100\% + c \quad (2)$$

Trong đó:

R_λ là quang phổ phản xạ tính bằng phần trăm tại bước sóng λ;

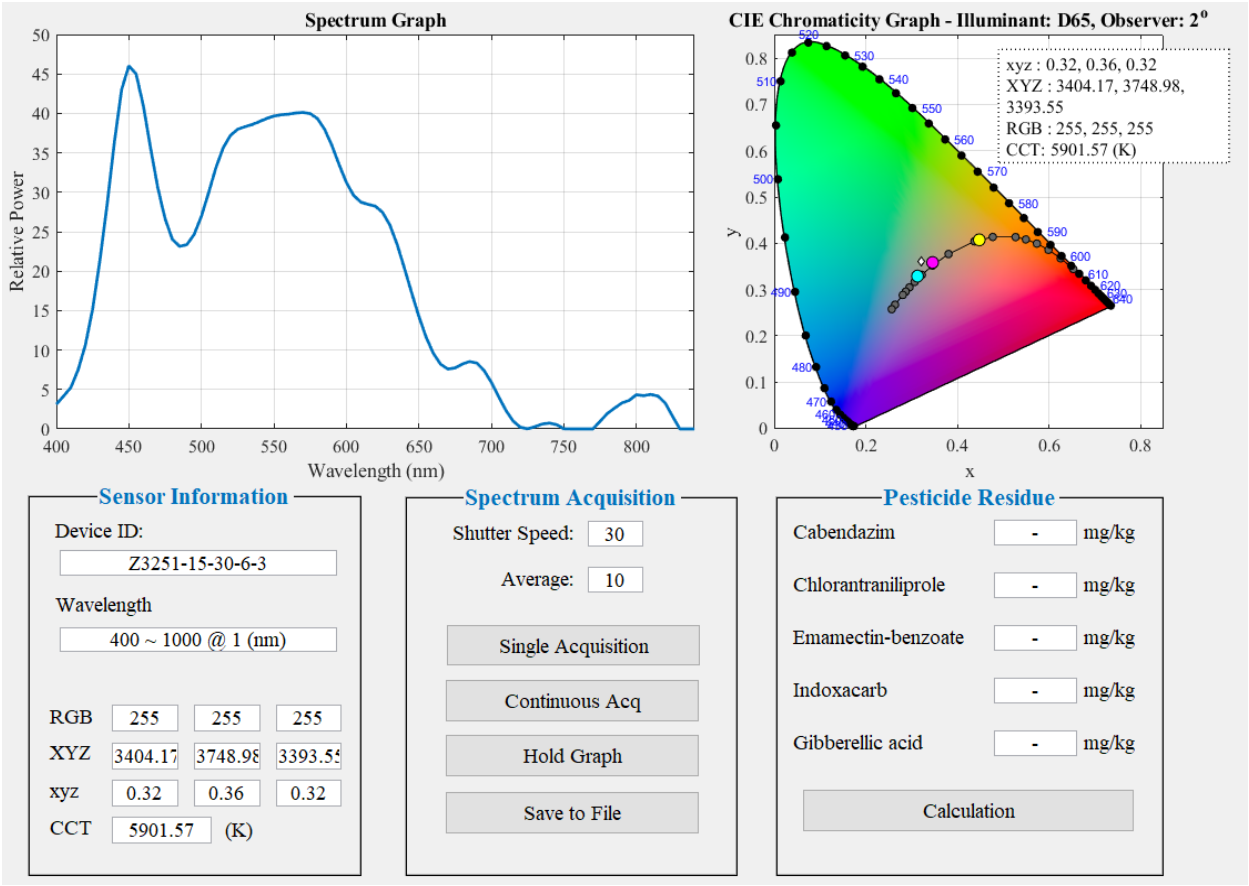
$R_{\lambda\text{tương đối}}$ là quang phổ phản xạ tính bằng công suất tương đối tại bước sóng λ;

c là hằng số chuyển đổi. Hằng số chuyển đổi c là hằng số sau khi áp dụng các phương pháp tiền xử lý như: co giãn trung bình (mean-normalization), làm trơn (smoothing method), đạo hàm Savitzky-Golay… (Lee & cs., 2009; Imanishi & cs., 2010). Ở nghiên cứu này, chúng tôi không sử dụng các phương pháp tiền xử lý và chuyển đổi sang phần trăm quang phổ phản xạ. Dữ liệu thô thu thập được từ cảm biến Nanolambda sẽ được sử dụng để phân tích và thực hiện các nghiên cứu sau này.

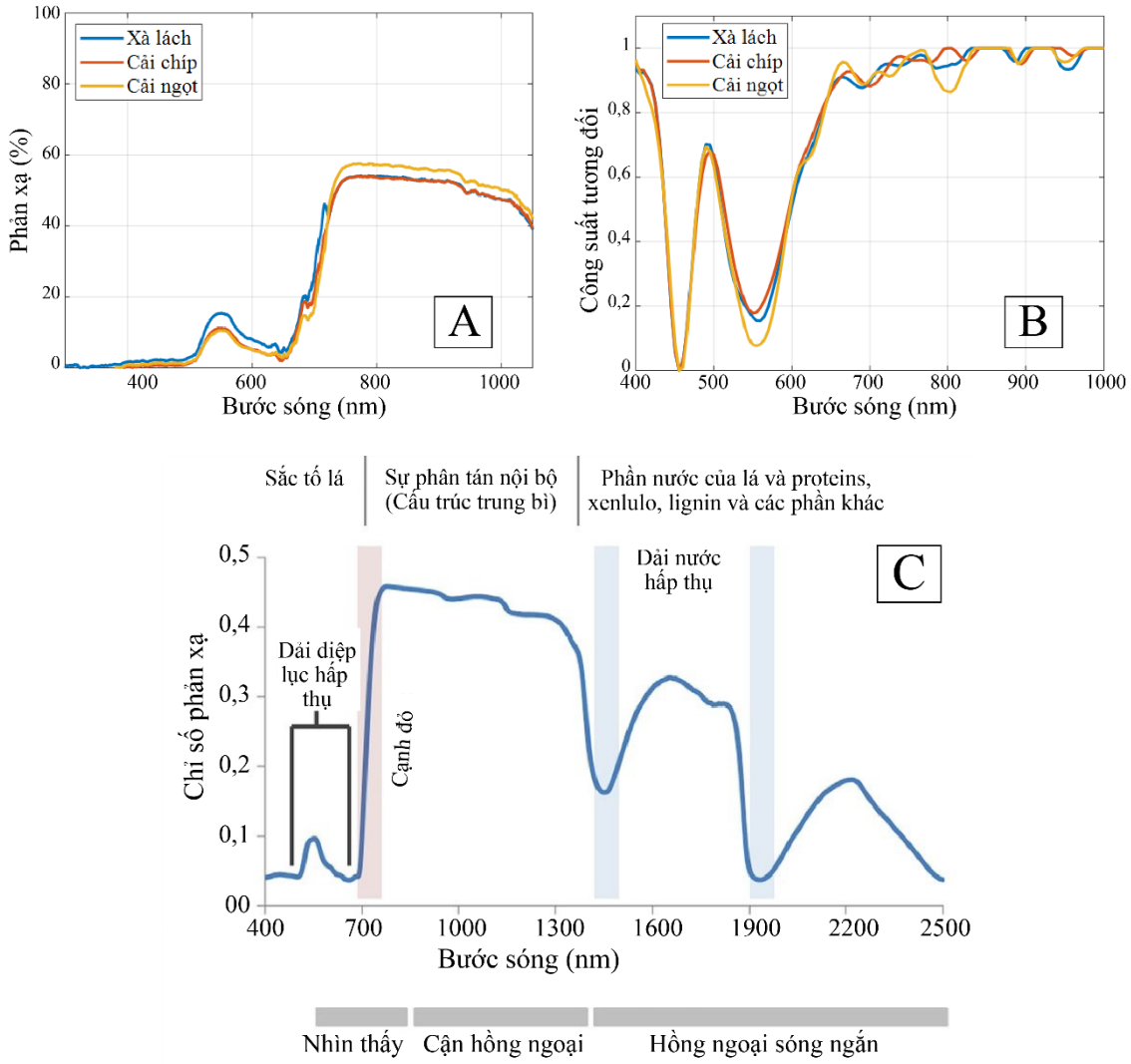
Dữ liệu quang phổ thu thập được bằng cảm biến Nanolambda thể hiện hình dạng tương tự như dữ liệu quang phổ thu thập được từ máy đo quang phổ Ocean Optics và hình dạng phản xạ tiêu chuẩn của lá theo tài liệu tham khảo (Hình 12) (Croft & Chen, 2017). Tuy nhiên các thông số

thu thập được từ máy đo quang phổ cầm tay Nanolambda lại có sự chênh lệch về cường độ. Cường độ phản xạ của máy đo quang phổ Nanolambda có cường độ cao hơn hẳn so với cường độ phản xạ đo bằng máy quang phổ Ocean Optics. Đồng thời ở khoảng bước sóng 400 ~ 460nm, dữ liệu quang phổ của máy Nanolambda có hình chóp cao giống như bị nhiễu.

Sự khác nhau giữa thiết bị cầm tay đo quang phổ của lá được nhóm nghiên cứu phát triển và máy quang phổ Ocean Optics được trình bày ở bảng 2. Nguồn sáng của máy quang phổ Ocean Optics được sử dụng là đèn Deuterium-Tungsten Halogen có quang phổ như trình bày ở hình 16. Nguồn sáng này có dải phổ khá đồng đều ở các khoảng màu và cao nhất ở dải 700 ~ 850nm. Nguồn sáng của thiết bị cầm tay nhóm nghiên cứu phát triển là chip LED đủ phổ với dải phổ được phân bổ như sau: 70% đỏ, 20% xanh biển, 10% màu khác (Hình 6). Việc sử dụng nguồn sáng khác nhau cũng ảnh hưởng tới cường độ của ánh sáng phản xạ lại tại từng bước sóng cụ thể. Do đó việc chênh lệch về cường độ đo được của mẫu lá rau từ 02 thiết bị là có xảy ra. Vật liệu sử dụng để chế tạo thiết bị cầm tay hiện nay đang là vật liệu nhựa PLA với giá thành rẻ, nên ảnh hưởng của nó cũng ảnh hưởng tới lượng ánh sáng phản xạ. Ở nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu chú trọng vào công việc thiết kế, chế tạo thử nghiệm thiết bị cầm tay và thu thập dữ liệu thô. Các yếu tố ảnh hưởng tới phổ phản xạ chưa được xét tới. Ngoài những yếu tố đó, độ chính xác của máy quang phổ Ocean Optics là cao hơn khi tỉ số tín hiệu trên nhiễu cao hơn so với máy Nanolambda. Tỉ số tín hiệu trên nhiễu thể hiện số lượng tín hiệu đúng mà thiết bị nhận biết được so với số lượng nhiễu. Ở máy cầm tay Nanolambda có tỉ số tín hiệu trên nhiễu khoảng 100 : 1 trong khi đó ở máy Ocean Optics là 250 : 1.



Hình 14. Giao diện thu thập dữ liệu phổ của thiết bị cầm tay Nanolambda bằng Matlab GUI



Hình 15. Dữ liệu quang phổ thu thập bằng máy đo quang phổ Ocean Optics (A); máy đo quang phổ cầm tay Nanolambda (B); Hình dạng phổ tiêu chuẩn của lá (C)

Bảng 2. So sánh máy đo cầm tay Nanolambda và máy đo phổ Ocean Optics

Nội dung	Máy Nanolambda	Máy Ocean Optics
Nguồn sáng	Chip LED đủ phổ	Đèn Deuterium-Tungsten Halogen
Cảm biến	Nanolambda W1 (350 ~ 1050nm)	Sony ILX511B linear silicon CCD array (200 ~ 1100nm)
Độ phân giải	10 ~ 30nm	0,3 ~ 10nm
Tỉ số tín hiệu trên nhiễu	>100 : 1	250 : 1
Phần mềm	Tự phát triển	Spectrasuite (phát triển bởi nhà cung cấp)
Lọc nhiễu	Không sử dụng	Cung cấp bởi nhà sản xuất

Độ phân giải của cảm biến Nanolambda W1 là 10 ~ 30nm với bước sóng đo được tối thiểu là 1nm. Đối với máy quang phổ Ocean Optics, máy có độ phân giải khá cao là 0,3 ~ 10nm. Bước sóng tối thiểu đo được từ máy Ocean Optics là 0,3nm. Nhà phát triển cũng phát triển phần mềm thu thập dữ liệu tối ưu đối với máy quang phổ Ocean Optics là phần mềm

Spectrasuite. Phần mềm có sử dụng các phương pháp lọc nhiễu giúp tăng độ mịn và độ chính xác của máy. Do việc phát triển khá mạnh mẽ đó nên máy đo quang phổ Ocean Optics hiện nay đang có giá thành khá cao so với các loại máy khác (~ 12.000$). Tuy nhiên, với việc quang phổ phản xạ đo bằng máy quang phổ Nanolambda có hình dạng tương tự với quang phổ phản xạ theo tài liệu tham khảo và máy quang phổ Ocean Optics, thì việc thực hiện nghiên cứu và chế tạo thử nghiệm thiết bị cầm tay đo quang phổ phản xạ của mẫu rau ăn lá bằng cảm biến Nanolambda đã có những kết quả ban đầu khả quan.

Từ những công việc nghiên cứu và phân tích các kết quả của máy quang phổ Nanolambda, hướng nghiên cứu của chúng tôi trong tương lai là sử dụng các phương pháp tiền xử lý và nâng cao độ chính xác của thiết bị. Đồng thời dữ liệu thu thập được sẽ được áp dụng để định lượng hàm lượng dư lượng thuốc bảo vệ thực vật trong rau ăn lá bằng dữ liệu thu thập được từ máy đo quang phổ cầm tay Nanolambda.

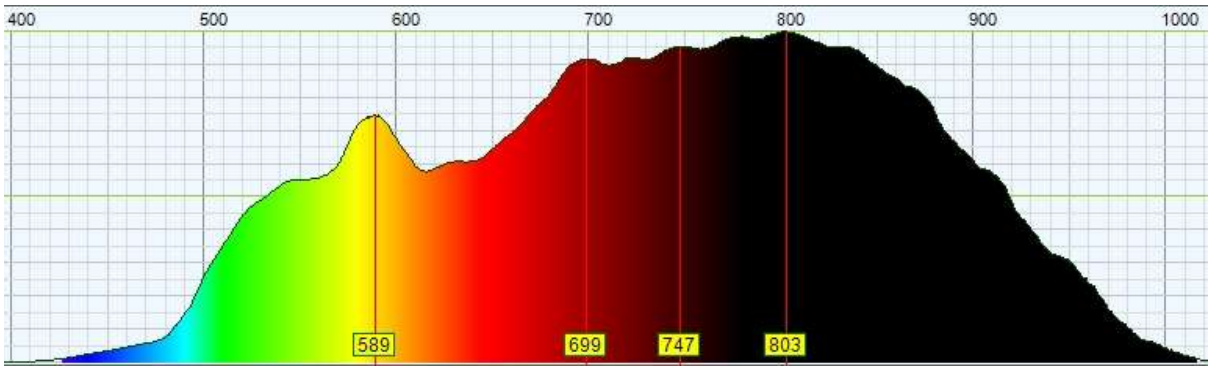
4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, thiết bị cầm tay đo quang phổ cầm tay của rau ăn lá bằng cảm biến Nanolambda W1 được thiết kế và bước đầu chế tạo thử nghiệm. Một giao diện được phát triển bởi phần mềm Matlab GUI giúp thu thập dữ liệu quang phổ cũng như các dữ liệu cần thiết để thực hiện các nghiên cứu sắp tới. Dữ liệu quang phổ của thiết bị cầm tay được so sánh với dữ liệu quang phổ thu thập được từ thiết bị tham khảo là máy đo quang phổ Ocean Optics USB2000. Dữ liệu thu thập được từ máy đo quang phổ cầm tay Nanolambda có hình dạng giống với dữ liệu thu thập được từ máy đo quang phổ Ocean Optics. Tuy nhiên, việc sử dụng nguồn sáng, cảm biến, phần mềm phát triển, phương pháp xử lý số liệu thể hiện bởi sự khác nhau về cường độ ánh sáng phản xạ và sự chính xác của dữ liệu phổ thu được từ mẫu lá rau. Vấn đề đó đề ra công việc tiếp theo của nhóm nghiên cứu là đánh giá độ chính xác và độ tin cậy của thiết bị cầm tay đo quang phổ. Để đánh giá độ tin cậy của thiết bị cầm tay, sự khác nhau và sự tương quan của thiết bị với máy quang phổ Ocean Optics sẽ được thực hiện. Đồng thời, sự ảnh hưởng của các yếu tố như: vật liệu, không gian buồng tối, cường độ của nguồn sáng, diện tích bề mặt lá tối ưu cho việc thu thập dữ liệu phổ... sẽ được thực hiện trong các nghiên cứu sắp tới. Dữ liệu quang phổ được thu thập để ứng dụng vào việc định lượng hàm lượng dư lượng thuốc bảo vệ thực vật trong rau ăn lá mà không phá hủy lá là mục tiêu chính của nhóm nghiên cứu trong tương lai.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (Mã số: GUST.STS.DT2018-CH01).

Nghiên cứu phối hợp với Viện Nghiên cứu Khoa học miền Trung; Trung tâm Nghiên cứu và Chuyển giao Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.



Hình 16. Quang phổ của đèn Deuterium-Tungsten halogen

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Chowdhury M., Ngo V.D., Islam M.N., Ali M., Islam S., Rasool K., Park S.U. & Chung S.O. (2021). Estimation of glucosinolates and anthocyanins in kale leaves grown in a plant factory using spectral reflectance. Horticulturae. 7(3): 56.

Chen S.H., Chuang Y.C & Chang C.C. (2020). Development of a portable all-wavelength PPG sensing device for robust adaptive-depth measurement: A spectrometer approach with a hydrostatic measurement example. Sensors. 20: 6556.

Croft H. & Chen J.M. (2018). Leaf pigment content. Comprehensive Remote Sensing 3: 117-142.

Das A.J., Wahi A., Kothari I. & Raskar R. (2016). Ultra-portable, wireless smartphone spectrometer for rapid, non-destructive testing of fruit ripeness. Scientific Reports. 6: 32504.

Imanishi J., Nakayama A., Suzuki Y., Imanishi A., Ueda N., Morimoto Y. & Yoneda M. (2010). Nondestructive determination of leaf chlorophyll content in two flowering cherries using reflectance and absorptance spectra. Landscape and Ecological Engineering. 6(2): 219- 234.

Koohkan R., Kaykhali M., Sasani M. & Paull B. (2020). Fabrication of a smartphone-based spectrophotometer and its application in monitoring concentrations of organic dyes. ACS Omega. 5: 31450-31455.

Lee K.S., Lee D.H., Sudduth K.A., Chung S.O., Kitchen N.R. & Drummond S.T. (2009). Wavelength identification and diffuse reflectance estimation for surface and profile soil properties. Transaction of the ASABE. 52(3): 683 -695.

Ngo V.D. (2015). Application of reflectance spectroscopic technique to estimate functional components of leafy vegetables. Doctor's Thesis, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea.

Ngo V.D., Chung S.O., Park S.U., Kim S.J., Park J.T. & Kim Y.J. (2015a). Determination of the sample number for optical reflectance measurement of vegetable leaf. Computers and Electronics in Agriculture. 112: 110-115.

Ngo V.D., Jang B.E., Park S.U., Kim S.J., Kim Y.J. & Chung S.O. (2019). Estimation of functional components of Chinese cabbage leaves grown in a plant factory using diffuse reflectance spectroscopy. Journal of the Science of Food and Agriculture. 99(2): 711-718.

Ngo V.D., Kang S.W., Ryu D.K., Chung S.O., Park S.U., Kim S.J. & Park J.T. (2015b). Location of sampling points in optical reflectance measurements of Chinese cabbage and kale leaves. Journal of Biosystems Engineering. 40(2): 115-123.

Shurrab K., Kochaji N. & Bachir W. (2019). Diffuse reflectance spectroscopy for identification of carcinogen transformation stages in skin tissue. Polish Journal of Medical Physics and Engineering. 25(3): 141-147.

Wu D., Feng L., He Y. & Bao Y. (2008). Variety identification of Chinese cabbage seeds using visible and near-infrared spectroscopy. Transaction of ASABE. 51(6): 2193- 2199.