



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0003391

(51) **C12M 1/00**
2020.01

(13) **Y**

(21) 2-2021-00548

(22) 15/12/2021

(45) 25/12/2023 429

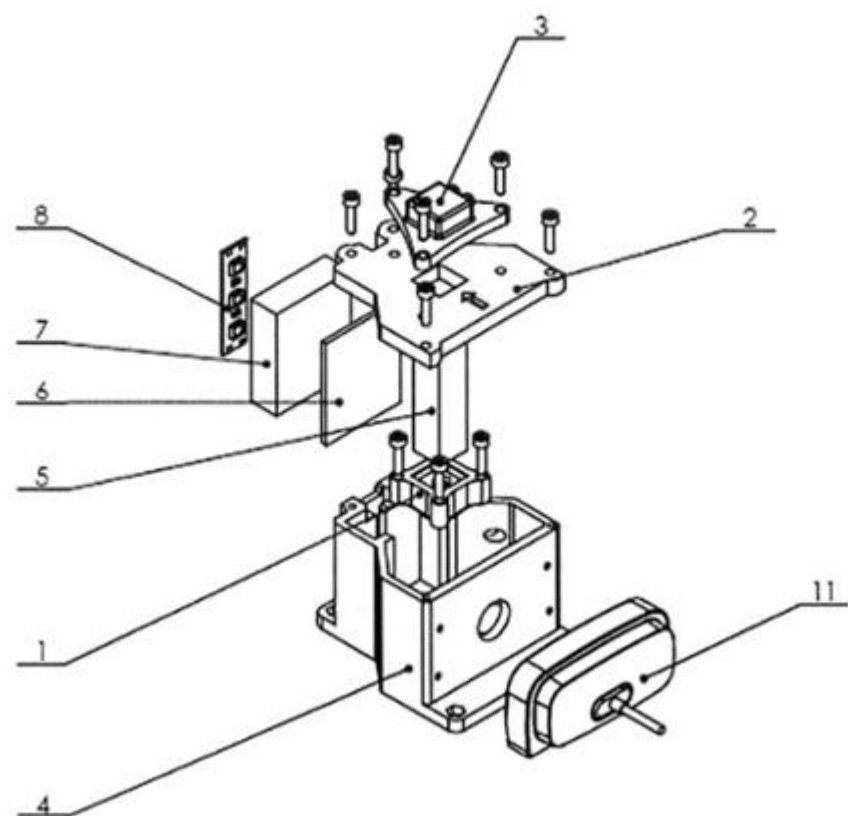
(43) 25/02/2022 407

(73) Trung tâm Sinh học thực nghiệm - Viện Ứng dụng Công nghệ (VN)
C6 Thanh Xuân Bắc, Thanh Xuân, Hà Nội

(72) Trần Bảo Trâm (VN); Nguyễn Ngọc Tú (VN); Nguyễn Thị Hiền (VN); Trần Văn
Quảng (VN).

(54) **THIẾT BỊ ĐO SINH KHỐI TẢO SPIRULINA TỰ ĐỘNG**

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị đo sinh khối tảo Spirulina tự động bao gồm hệ đo mẫu tảo, hệ bơm tự động và hệ thống điều khiển. Trong đó dung dịch chứa sinh khối tảo được bơm vào và ra khỏi hệ đo mẫu tảo một cách tự động thông qua hệ bơm tự động và hệ thống điều khiển. Hệ đo mẫu tảo của thiết bị đo sinh khối tảo Spirulina tự động bao gồm 1 buồng đo 4 chứa 1 thiết bị chụp ảnh 11, 1 cuvet 5 chứa dung dịch mẫu tảo bao gồm một chi tiết nhựa mặt đáy 1 và một chi tiết nhựa mặt trên 3, 1 bộ nguồn sáng tán xạ sử dụng đèn LED trắng, trong đó buồng đo 4 là buồng kín có 1 nắp phía trên 2, và bộ chiếu sáng bao gồm 3 thành phần là 1 tấm lọc sáng 6, 1 tấm tán xạ 7 và 1 tấm đèn LED 8. Trong thiết bị đo sinh khối tảo Spirulina tự động này, giá trị đo màu được xác định bằng cách chụp liên tiếp 3 ảnh màu RGB dung dịch trong cuvet khi có đèn nền phía sau chiếu sáng, chỉ lấy một phần ảnh khu vực mẫu dung dịch tảo chứa bên trong cuvet, sau đó tính trung bình giá trị của từng kênh màu. Trong đó, cách lấy giá trị gốc 0 của phép đo bằng các bơm dung dịch nước cất vào cuvet, sau đó lưu lại giá trị RGB gốc vào cơ sở dữ liệu.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế thuộc lĩnh vực sinh học. Cụ thể, sáng chế đề cập đến thiết bị đo sinh khối tảo Spirulina tự động (tính theo đơn vị g/Lít) mật độ cao dựa trên nguyên lý so sánh màu từ ảnh chụp mẫu dịch nuôi tảo. Thiết bị tự động bơm dung dịch chứa tảo vào buồng đo và tự động rửa/làm sạch hệ thống sau khi đo.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Tảo Spirulina được phân loại vào nhóm vi khuẩn lam, phân bố trong các hệ sinh thái kiềm từ nước ngọt đến nước biển, đang được khai thác rộng rãi với các ứng dụng trong các ngành công nghiệp thực phẩm, y dược, nông nghiệp và sản xuất nhiên liệu sinh học. Việc theo dõi mật độ tế bào hoặc sinh khối trong nuôi trồng tảo Spirulina là công việc thường xuyên và quan trọng để đánh giá sinh trưởng trong quá trình sản xuất cũng như thời điểm thu hoạch để đạt được hiệu quả cao nhất. Việc xác định mật độ sinh khối tảo Spirulina trong môi trường nuôi trồng theo trọng lượng khô (dry weight) khá bất tiện vì phải mất thời gian sấy để có được kết quả. Phương pháp đếm tế bào lại không phù hợp với loại tảo này vì Spirulina có dạng sợi xoắn ốc nên sẽ không có cùng số lượng vòng xoắn ở các giai đoạn sinh trưởng khác nhau. Hiện tại các thiết bị đo quang phổ sử dụng để xác định nhanh sinh khối Spirulina theo phương pháp đo mật độ quang (OD - optical density) ở bước sóng 560 nm (Zarrouk, 1966) đang được áp dụng tại hầu hết các cơ sở sản xuất. Tuy nhiên, hạn chế của loại thiết bị này là nếu sinh khối lớn thì cần phải pha loãng mẫu nhiều lần mới có thể thực hiện được, và ngoài ra còn cần thêm nhân công cho việc vận hành sử dụng. Bên cạnh đó, một số loại cảm biến đo chuyên dụng cho phép đo mật độ tảo trong nước nhưng chỉ đo được với mật độ tảo thấp (ví dụ như ao nuôi thủy sản). Hơn nữa, các phép đo này cần phải tính chuyển đổi mà không thể định lượng được trực tiếp lượng sinh khối tính theo đơn vị g/Lít.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là chế tạo thiết bị chuyên dụng dùng để đo trực tiếp lượng sinh khối tảo Spirulina trong môi trường nuôi mật độ cao một cách nhanh chóng và tự động.

Để đạt được mục đích này, sáng chế đề xuất thiết bị đo sinh khối tảo Spirulina tự động bao gồm hệ đo mẫu tảo, hệ bơm tự động và hệ thống điều khiển. Trong đó dung dịch chứa sinh khối tảo được bơm vào và ra khỏi hệ đo mẫu tảo một cách tự động thông qua hệ bơm tự động và hệ thống điều khiển.

Trong thiết bị đo sinh khối tảo Spirulina tự động của sáng chế, giá trị đo màu được xác định bằng cách chụp liên tiếp 3 ảnh màu RGB dung dịch trong cuvet khi có đèn nền phía sau chiếu sáng, trích lấy một phần ảnh khu vực mẫu dung dịch tảo chứa bên trong cuvet, sau đó tính trung bình giá trị của từng kênh màu. Trong đó, cách lấy giá trị gốc 0 của phép đo bằng các bơm dung dịch nước cất vào cuvet, sau đó lưu lại giá trị RGB gốc vào cơ sở dữ liệu.

Trong thiết bị đo sinh khối tảo Spirulina tự động theo sáng chế, cách so sánh giá trị chênh lệch màu khi đo dung dịch có tảo được thực hiện khi chuyển giá trị đo từ RGB sang kênh màu Lab, sau đó tính độ lệch màu $\Delta_E = \sqrt{(L_0 - L_1)^2 + (a_0 - a_1)^2 + (b_0 - b_1)^2}$ giữa giá trị vừa đo và giá trị tại gốc 0, lấy $\Delta_E = \log \Delta_E$. Quy chiếu giá trị Δ_E tương đương với giá trị OD, từ đó tạo phương trình đường chuẩn bậc 2. Giá trị OD được quy chiếu với giá trị tương ứng g/lít để xác định sinh khối của mẫu dung dịch từ giá trị đo màu.

Trong thiết bị đo sinh khối tảo Spirulina tự động theo sáng chế sử dụng máy tính nhúng có màn hình hiển thị 3,5 in sơ (8,89 cm) đặt trên mặt của thiết bị. Thiết bị đo sinh khối tảo Spirulina tự động theo sáng chế có thể giao tiếp và nhận lệnh điều khiển của một thiết bị khác thông qua giao tiếp RS485.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 thể hiện sơ đồ cấu tạo, cách lắp đặt đo hệ đo mẫu tảo của thiết bị đo sinh khối tảo Spirulina tự động theo một phương án của sáng chế.

Hình 2 thể hiện sơ đồ mặt chiếu bằng của hệ thống bơm theo một phương án của sáng chế.

Hình 3 thể hiện sơ đồ cấu tạo của hệ thống điều khiển theo một phương án của sáng chế.

Hình 4 thể hiện cấu tạo và cách lắp đặt của toàn bộ thiết bị đo sinh khối tảo Spirulina tự động, trong đó là vị trí gá đặt các bơm, vị trí gá đặt hệ đo mẫu tảo, vị trí gá đặt thiết bị tính xử lý trung tâm và màn hình cảm ứng theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả chi tiết thông qua các phương án ưu tiên có tham khảo các hình vẽ kèm theo. Cần phải hiểu rằng các phương án ưu tiên này chỉ nhằm làm rõ sáng chế mà không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế.

Cụ thể, thiết bị đo sinh khối tảo *Spirulina* tự động bao gồm hệ đo mẫu tảo, hệ bơm tự động và hệ thống điều khiển.

Hệ đo mẫu tảo được thể hiện trên Hình 1, bao gồm 1 buồng đo 4 chứa 1 thiết bị chụp ảnh 11, 1 cuvet 5 chứa dung dịch mẫu tảo, 1 bộ nguồn sáng tán xạ sử dụng đèn LED trắng. Buồng đo 4 là buồng kín có 1 nắp phía trên 2, phần thân phía trước của buồng đo 4 được lắp 1 thiết bị chụp ảnh 11 dạng kỹ thuật số ảnh màu có độ phân giải 1280x800 điểm ảnh, với ảnh thu được định dạng màu RGB. Thiết bị chụp ảnh 11 sử dụng máy ảnh Logitech C615 độ phân giải 1280x800 điểm ảnh, ảnh thu được định dạng màu RGB, giao tiếp USB 2.0, tốc độ 20 khuôn hình/giây. Ở bên trong buồng đo 4 có 1 cuvet 5 có dạng hình khối hộp chữ nhật, được thiết kế phía dưới có 1 đường ống dẫn dung dịch tảo, phía trên có 2 đường ống bao gồm 1 đường thông khí và 1 đường bơm 2 loại nước làm sạch và dung dịch axit HCL 5M. Cuvet 5 được làm 2 mặt bên bằng thạch anh, mặt đáy được đục thủng và bắt bằng keo với một chi tiết nhựa mặt đáy 1 có một đầu nối ra cho ống nước làm bằng silicon đường kính phi 4 mm. Phía trên của cuvet 5 thông suốt được chụp với một chi tiết nhựa mặt trên 3 có 2 đầu nối nước, 1 ống dẫn với hệ bơm tự động, 1 ống thông ra bên ngoài được sử dụng khi bơm nước sạch vào bình chứa nước làm sạch 15 (bình chứa nước làm sạch 15 được thể hiện trên Hình 2). Phía sau của cuvet 5 được lắp bộ chiếu sáng bao gồm 3 thành phần là 1 tấm lọc sáng 6 làm bằng nhựa màu trắng đục có độ dày 2mm, 1 tấm tán xạ 7 bằng vật liệu xốp hơi bong bóng và 1 tấm đèn LED 8 màu trắng sử dụng nguồn điện 12VDC và được bật tắt từ mạch điều khiển. Nắp phía trên 2 của buồng đo 4 được lắp với chi tiết nhựa mặt trên 3 của cuvet 5.

Cuvet 5 có thể sử dụng loại cuvet đựng dung dịch làm bằng vật liệu thạch anh, hoạt động ở dải bước sóng từ 190 - 2500 nm với độ dung sai 1% ở 220 nm và tấm đèn LED 8 màu trắng có thể sử dụng loại đèn LED có nguồn điện sử dụng 12V, 3 LED với thông số 10 lm/LED, công suất: 0,7 W/LED, góc nhìn 120°.

Hệ bơm tự động được thể hiện trên Hình 2 và 3. Hệ bơm tự động này bao gồm: 1 bình chứa nước làm sạch 15, 1 bình chứa dung dịch axit 16, 1 mạch điện điều khiển 3 bơm 21, 3 bơm nhu động gồm bơm nước làm sạch 12, bơm dung dịch tảo 13 và bơm dung dịch axit HCl 5M 14 được đặt trong vỏ hộp nhựa hình khối chữ nhật hai nửa nắp dưới 19 và nắp trên 24. Trong đó, bơm dung dịch tảo 13 bằng đường ống dẫn từ dưới bể vào cuvet 5 hoạt động 2 chiều, chiều thuận là bơm dung dịch tảo vào cuvet 5, chiều nghịch là chiều bơm dung dịch từ cuvet 5 ra bên ngoài, bơm nước làm sạch 12 chiều thuận là bơm từ bình chứa nước làm sạch 15 vào cuvet 5, chiều nghịch là hút nước từ bên ngoài từ ống thông khí vào bình chứa nước làm sạch 15, và bơm dung dịch axit HCL 5M 14 từ bình chứa dung dịch axit 16 tới cuvet 5 để làm sạch theo đường ống nối 3 chạc với ống bơm nước sạch. Trong đó, bơm được sử dụng là bơm kiểu nhu động, ống silicon 2x4 mm, 3 con lăn/bơm, lưu lượng 39 ml/phút, nguồn điện sử dụng 12 VDC.

Hệ thống điều khiển được thể hiện trên Hình 3. Hệ thống điều khiển của thiết bị đo sinh khối tảo *Spirulina* bao gồm 1 mạch máy tính nhúng 22 chạy hệ điều hành nhân Linux, 1 mạch điều khiển 3 bơm 21 đặt phía trên, 1 màn hình 20, trong đó màn hình 20 là màn hình cảm ứng 3,5 in sơ (8,89 cm), cảm ứng điện trở, cổng HDMI, được đặt trên cùng trong 1 khung giá đỡ 23. Trong đó, mạch điều khiển 3 bơm 21 sử dụng 2 IC L298, điều khiển tốc độ động cơ dựa trên xung tín hiệu điều khiển 0~255 PWM, chiều quay động cơ được thiết lập dựa trên mức tín hiệu HIGH-LOW (0-5 VDC), và mạch máy tính nhúng có thể là mạch sử dụng môđun mạch Raspberry Pi B+, vi xử lý quad-core A53 (ARMv8) 64-bit SoC @1.4GHz, 1GB LPDDR2 SDRAM.

Mạch điều khiển 3 bơm 21 đóng mở và đảo chiều 3 động cơ bơm, bật tắt đèn nền và môđun giao tiếp RS485 17, được nối với nguồn điện cung cấp 12VDC 18.

Máy tính nhúng 22 chạy phần mềm điều khiển trung tâm và đọc ảnh từ thiết bị ảnh. Hiển thị giao diện điều khiển được hiển thị trên màn hình 20. Phần mềm điều khiển được cài đặt trên hệ điều hành Debian nhân Linux, các chức năng cần của phần mềm cần thực hiện thông qua các môđun: Môđun giao tiếp với camera, môđun phân tích và xử lý ảnh dựa trên phương pháp so màu mã hóa Lab, môđun thiết lập hàm số bậc 2 dựa trên bảng giữa giá trị so màu deltaE và giá trị OD để hiệu chuẩn, môđun hiển thị, môđun lưu trữ, thêm, sửa xóa trên cơ

sở dữ liệu (CSDL), môđun giao tiếp với các thiết bị ngoại vi, môđun điều khiển các chu trình, môđun trích xuất báo cáo.

Thiết bị đo sinh khối tảo *Spirulina* tự động tính toán giá trị màu theo trình tự sau:

Đầu tiên, lấy giá trị màu bằng cách chụp ảnh 3 ảnh liên tiếp cuvet 5 trong một khung hình vùng chứa dung dịch dưới dạng mã hóa 3 kênh màu RGB. Sau đó 3 ảnh này được tính giá trị trung bình trung trên tổng số điểm ảnh.

Tiếp theo, xác định điểm không của hệ thống đo bằng cách bơm dung dịch nước cất từ bình chứa nước làm sạch 15 vào cuvet 5, sau đó bật đèn nền là tám đèn LED 8. Chụp 3 ảnh liên tiếp sau đó lưu giá trị trung bình vào cơ sở dữ liệu.

Sau cùng, để đo giá trị màu của tảo bơm dung dịch tảo 13 sẽ bơm dung dịch chứa tảo vào cuvet 5, lấy giá trị trung bình của ảnh qua 3 lần chụp ảnh.

Xác định sinh khối tảo bằng cách tính toán giá trị sinh khối tảo theo trình tự sau:

Đầu tiên, lấy giá trị điểm không chuyển về miền mã hóa 3 kênh Lab.

Tiếp theo, lấy giá trị đo màu của dung dịch tảo chuyển về miền mã hóa 3 kênh Lab.

Sau đó, tính giá trị lệch màu giữa màu của điểm không và giá trị màu của dung dịch theo công thức $\Delta_E = \sqrt{(L_0 - L_1)^2 + (a_0 - a_1)^2 + (b_0 - b_1)^2}$, lấy $\Delta_E = \log \Delta_E$ để khuếch đại giá trị.

Sau cùng, quy đổi giá trị Δ_E với giá trị OD và giá trị OD tương đương với giá trị sinh khối theo đường chuẩn bậc 2.

Thiết bị đo sinh khối tảo *Spirulina* tự động bơm rửa hệ thống đo một cách tự động theo trình tự sau:

- Bơm dung dịch tảo 13 bơm nước trong cuvet 5 ra bên ngoài;
- Bơm nước làm sạch 12 bơm nước cất từ bình chứa nước làm sạch 15 vào cuvet 5;
- Bơm dung dịch tảo 13 đảo chiều bơm nước cất từ cuvet 5 ra bên ngoài;

- Bơm dung dịch axit HCl 5M 14 bơm dung dịch axit HCL 5M từ bình chứa dung dịch axit 16 vào cuvet 5, ngâm 15 giây;

- Bơm dung dịch axit HCl 5M 14 đảo chiều bơm dung dịch axit từ cuvet 5 ra bên ngoài;

- Bơm nước làm sạch 12 bơm nước cất từ bình chứa nước làm sạch 15 vào cuvet 5;

- Bơm dung dịch tẩy 13 đảo chiều bơm nước cất từ cuvet 5 ra bên ngoài, kết thúc quá trình rửa.

Việc bơm rửa hệ thống được thực hiện một cách tự động nhờ chương trình được lập trình trong mạch máy tính nhúng.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Thiết bị đo sinh khối tảo Spirulina tự động theo sáng chế mang lại nhiều lợi ích trong thực tế, cụ thể:

- Tự động đo lượng sinh khối mà không cần người vận hành;
- Không đòi hỏi phải thay cuvet hàng ngày mà thiết bị sẽ tự động rửa cuvet;
- Giá trị đo sinh khối sai số không quá 3% giá trị đo theo phương pháp tính trọng lượng khô; và
- Giá thành hợp lý và hiện tại chưa có loại thiết bị nào có tính năng tương tự trên thị trường.

Yêu cầu bảo hộ

1. Thiết bị đo sinh khối tảo *Spirulina* tự động bao gồm hệ đo mẫu tảo, hệ bơm tự động và hệ thống điều khiển, trong đó:

- Hệ đo mẫu tảo bao gồm 1 buồng đo (4) chứa 1 thiết bị chụp ảnh (11), 1 cuvet (5) chứa dung dịch mẫu tảo, 1 bộ nguồn sáng tán xạ sử dụng đèn LED trắng, trong đó:

+ Buồng đo (4) là buồng kín có 1 nắp phía trên (2), phần thân phía trước của buồng đo (4) được lắp 1 thiết bị chụp ảnh (11) dạng kỹ thuật số ảnh màu có độ phân giải 1280x800 điểm ảnh với ảnh thu được định dạng màu RGB;

+ Ở bên trong buồng đo (4) có 1 cuvet (5) có dạng hình khối hộp chữ nhật, được thiết kế phía dưới có 1 đường ống dẫn dung dịch tảo, phía trên có 2 đường ống bao gồm 1 đường thông khí và 1 đường bơm 2 loại nước làm sạch và dung dịch axit HCL 5M, cuvet (5) được làm 2 mặt bên bằng thạch anh, mặt đáy được đục thủng và bắt bằng keo với một chi tiết nhựa mặt đáy (1) có một đầu nối ra cho ống nước làm bằng silicon đường kính phi 4 mm, phía trên của cuvet (5) thông suốt được chụp với một chi tiết nhựa mặt trên (3) có 2 đầu nối nước bao gồm 1 ống dẫn với hệ bơm tự động, 1 ống thông ra bên ngoài được sử dụng khi bơm nước làm sạch (12) bơm nước sạch vào bình chứa nước làm sạch (15);

+ Phía sau của cuvet (5) được lắp bộ chiếu sáng bao gồm 3 thành phần là 1 tấm lọc sáng (6) làm bằng nhựa màu trắng đục có độ dày 2 mm, 1 tấm tán xạ (7) bằng vật liệu xốp hơi bong bong và 1 tấm đèn LED (8) màu trắng sử dụng nguồn điện 12 VDC và được bật tắt từ mạch điều khiển;

+ Nắp phía trên (2) của buồng đo (4) được lắp với chi tiết nhựa mặt trên (3) của cuvet (5);

- Hệ bơm tự động bao gồm: 1 bình chứa nước làm sạch (15), 1 bình chứa dung dịch axit (16), 1 mạch điện điều khiển 3 bơm (21), trong đó 3 bơm bao gồm:

+ Bơm dung dịch tảo (13) bơm dung dịch tảo bằng đường ống dẫn từ dưới bể vào cuvet (5) hoạt động 2 chiều, chiều thuận là bơm dung dịch tảo vào cuvet (5), chiều nghịch là chiều bơm dung dịch từ cuvet (5) ra bên ngoài;

+ Bơm nước làm sạch (12) chiều thuận là bơm từ bình chứa nước làm sạch (15) vào cuvet (5), chiều nghịch là hút nước từ bên ngoài từ ống thông khí vào bình chứa nước làm sạch (15) để lưu trữ;

+ Bơm dung dịch axit HCL 5M (14) từ bình chứa dung dịch axit (16) tới cuvet (5) để làm sạch theo đường ống nối 3 chắc với ống bơm nước sạch;

+ Trong đó bơm được sử dụng là bơm kiểu nhu động, ống silicon 2x4 mm, 3 con lăn/bơm, lưu lượng 39 ml/phút, nguồn điện sử dụng 12 VDC;

- Hệ thống điều khiển bao gồm 1 mạch máy tính nhúng (22) chạy hệ điều hành nhân Linux, 1 mạch điều khiển 3 bơm (21) đặt phía trên, 1 màn hình (20), trong đó:

+ Máy tính nhúng chạy phần mềm điều khiển trung tâm và đọc ảnh từ thiết bị ảnh, hiển thị giao diện điều khiển được hiển thị trên màn hình (20), phần mềm điều khiển được cài đặt trên hệ điều hành Debian nhân Linux, các chức năng cần của phần mềm cần thực hiện thông qua các mô đun bao gồm mô đun giao tiếp với camera, mô đun phân tích và xử lý ảnh dựa trên phương pháp so màu mã hóa Lab, mô đun thiết lập hàm số bậc 2 dựa trên bảng giữa giá trị so màu deltaE và giá trị OD để hiệu chuẩn, mô đun hiển thị, mô đun lưu trữ, thêm, sửa xóa trên cơ sở dữ liệu (CSDL), mô đun giao tiếp với các thiết bị ngoại vi, mô đun điều khiển các chu trình, mô đun trích xuất báo cáo;

+ Mạch điều khiển 3 bơm (21) đóng mở và đảo chiều 3 động cơ bơm, bật tắt đèn nền và mô đun giao tiếp RS485 (17) và được nối với nguồn điện cung cấp 12 VDC (18);

+ Màn hình (20) là màn hình cảm ứng 3,5 in sơ (8,89 cm), cảm ứng điện trở, cổng HDMI, được đặt trên cùng trong 1 khung giá đỡ (23) với máy tính nhúng (22) và mạch điều khiển 3 bơm (21);

- Thiết bị đo sinh khối tảo Spirulina tự động này tính toán giá trị màu theo trình tự sau:

+ Đầu tiên, lấy giá trị màu bằng cách chụp ảnh 3 ảnh liên tiếp cuvet (5) trong một khung hình vùng chứa dung dịch dưới dạng mã hóa 3 kênh màu RGB, sau đó 3 ảnh này được tính giá trị trung bình trung trên tổng số điểm ảnh;

+ Tiếp theo, xác định điểm không của hệ thống đo bằng cách bơm nước làm sạch (12) bơm dung dịch nước cất từ bình chứa nước làm sạch (15) vào cuvet (5), sau đó bật đèn nền là tấm đèn LED (8), thiết bị chụp ảnh (11) chụp 3 ảnh liên tiếp sau đó lưu giá trị trung bình vào CSDL trên máy tính nhúng (22);

+ Sau cùng, để đo giá trị màu của tảo bơm dung dịch tảo (13) sẽ bơm dung dịch chứa tảo vào cuvet (5), lấy giá trị trung bình của ảnh qua 3 lần chụp ảnh;

- Xác định sinh khối tảo bằng cách tính toán giá trị sinh khối tảo theo trình tự sau:

+ Đầu tiên, lấy giá trị điểm không chuyển về miền mã hóa 3 kênh Lab;

+ Tiếp theo, lấy giá trị đo màu của dung dịch tảo chuyển về miền mã hóa 3 kênh Lab;

+ Sau đó, tính giá trị lệch màu giữa màu của điểm không và giá trị màu của dung dịch theo công thức $\Delta_E = \sqrt{(L_0 - L_1)^2 + (a_0 - a_1)^2 + (b_0 - b_1)^2}$, lấy $\Delta_E = \log \Delta_E$ để khuếch đại giá trị;

+ Sau cùng, quy đổi giá trị Δ_E với giá trị OD và giá trị OD tương đương với giá trị sinh khối theo đường chuẩn bậc 2; và

- Thiết bị đo sinh khối tảo Spirulina tự động này bơm rửa hệ thống đo một cách tự động nhờ chương trình được lập trình trong mạch máy tính nhúng theo trình tự sau:

+ Bơm dung dịch tảo (13) bơm nước trong cuvet (5) ra bên ngoài;

+ Bơm nước làm sạch (12) bơm nước cất từ bình chứa nước làm sạch (15) vào cuvet (5);

+ Bơm dung dịch tảo (13) bơm nước cất từ cuvet (5) ra bên ngoài;

+ Bơm dung dịch axit HCl 5M (14) bơm dung dịch axit HCL 5M từ bình chứa dung dịch axit (16) vào cuvet (5), ngâm 15 giây;

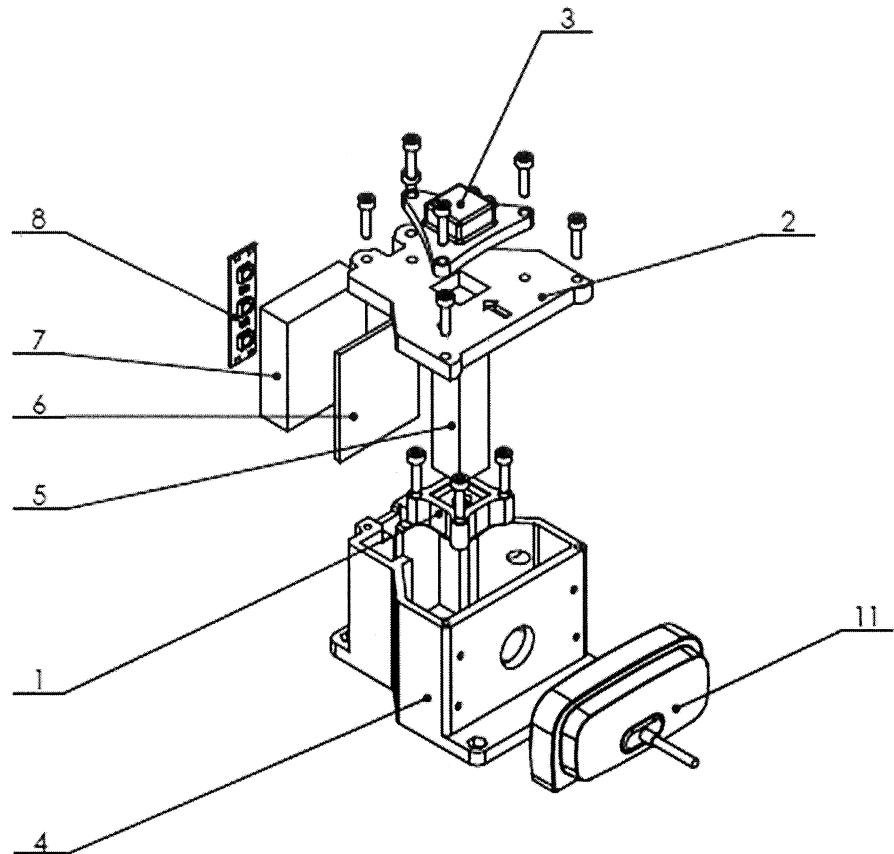
+ Bơm dung dịch axit HCl 5M (14) bơm dung dịch axit từ cuvet (5) ra bên ngoài;

+ Bơm nước làm sạch (12) bơm nước cất từ bình chứa nước làm sạch (15) vào cuvet (5);

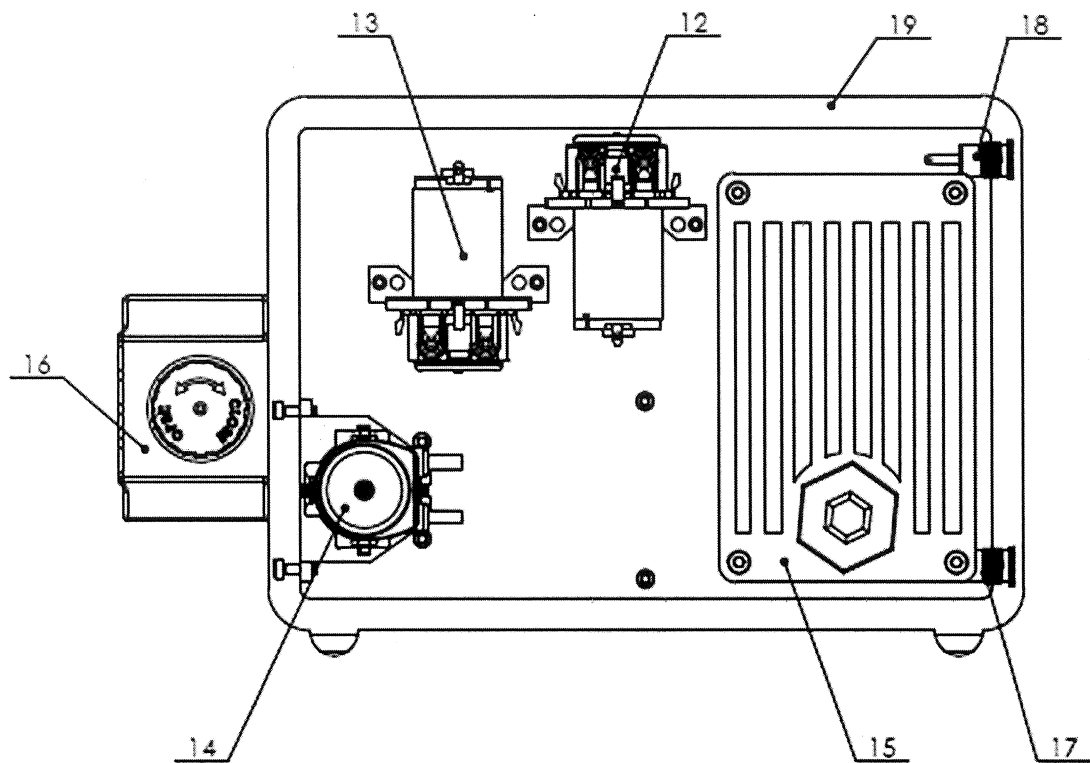
+ Bơm dung dịch tảo (13) bơm nước cất từ cuvet (5) ra bên ngoài, kết thúc quá trình rửa.

2. Thiết bị đo sinh khối tảo Spirulina tự động theo điểm 1, trong đó:

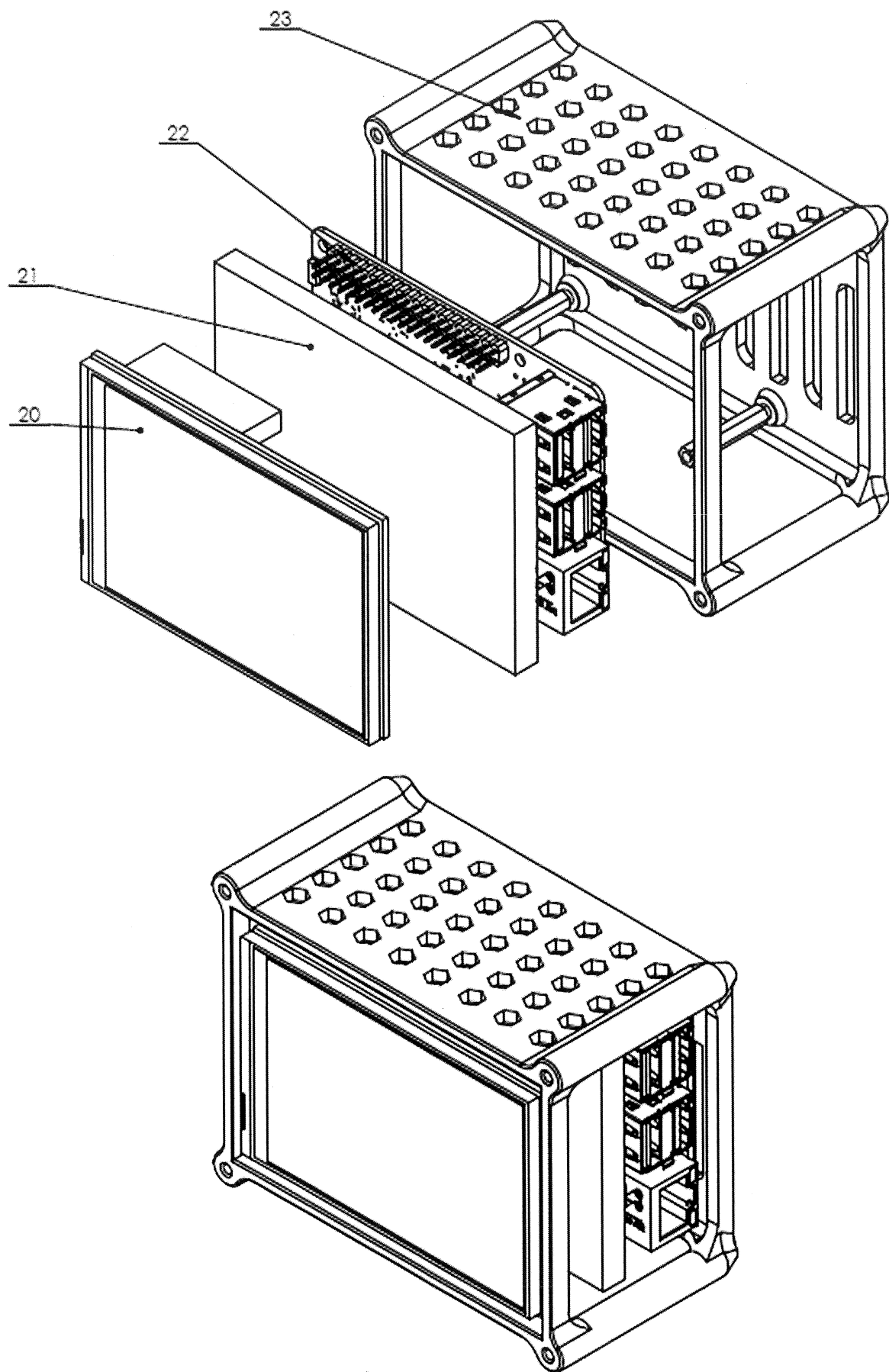
- Thiết bị chụp ảnh (11) là máy ảnh Logitech C615 độ phân giải 1280x800 điểm ảnh, ảnh thu được định dạng màu RGB, giao tiếp USB 2.0, tốc độ 20 khuôn hình/giây;
- Cuvet (5) là cuvet đựng dung dịch làm bằng vật liệu thạch anh, hoạt động ở dải bước sóng từ 190 - 2500 nm với độ dung sai 1% ở 220 nm;
- Tám đèn LED (8) màu trắng là loại đèn LED có nguồn điện sử dụng 12 V, 3 LED với thông số 10 lm/LED, công suất: 0,7 W/LED, góc nhìn 120°;
- Mạch điều khiển 3 bơm (21) sử dụng 2 IC L298, điều khiển tốc độ động cơ dựa trên xung tín hiệu điều khiển 0~255 PWM, chiều quay động cơ được thiết lập dựa trên mức tín hiệu HIGH-LOW (0-5 VDC); và
- Mạch máy tính nhúng (22) là mạch sử dụng môđun mạch Raspberry Pi B+, vi xử lý quad-core A53 (ARMv8) 64-bit SoC @1.4GHz, 1GB LPDDR2 SDRAM.



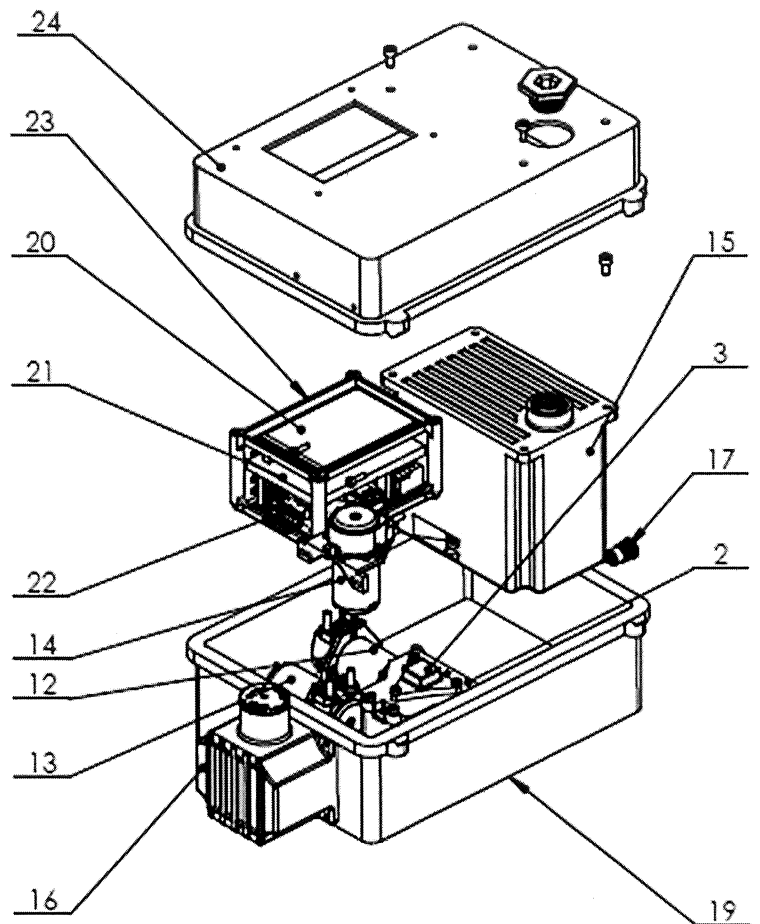
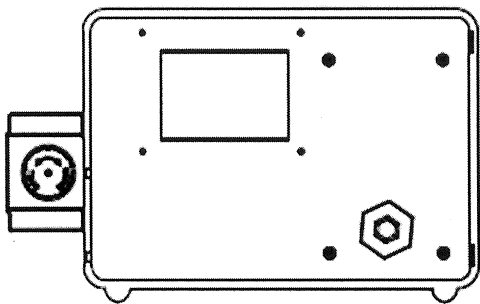
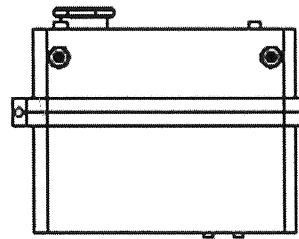
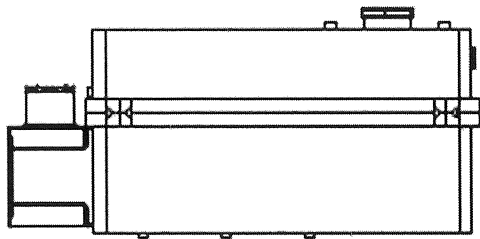
HÌNH 1



HÌNH 2



HÌNH 3



HÌNH 4