

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP PHÂN LOẠI PHẦN CƠM VÀ PHẦN VỎ HẠT SEN RESEARCH ON THE CLASSIFICATION METHOD OF THE RICE AND SEED SHELL PARTS OF FRESH LOTUS

Huỳnh Thanh Thuởng^{1*}, Nguyễn Văn Cương¹, Lê Phan Hưng², Nguyễn Hoài Tân¹,
Huỳnh Quốc Khanh¹, Nguyễn Văn Tài¹

¹Trường Bách khoa - Trường Đại học Cần Thơ, Việt Nam

²Trường Sư phạm Kỹ thuật thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: thanhthuong@ctu.edu.vn

(Nhận bài / Received: 31/12/2022; Sửa bài / Revised: 18/02/2023; Chấp nhận đăng / Accepted: 20/02/2023)

Tóm tắt - Nghiên cứu trình bày phương pháp phân loại phần vỏ và phần cơm hạt sen tươi sau khi tách vỏ bằng cách sử dụng hai bộ phận phân loại: (1) Bộ phận phân loại kiểu máng có tạo rung động và (2) bộ phận phân loại dùng hai rulo quay ngược chiều. Để đánh giá tính khả thi của phương pháp, mô hình thí nghiệm (1) dạng máng và (2) sử dụng hai rulo đã được chế tạo và tiến hành thí nghiệm. Kết quả cho thấy: (1) Bộ phận phân loại kiểu máng có thể phân loại đạt tỉ lệ khoảng 85% tương ứng với góc nghiêng của máng là 15° và tốc độ quay của bộ phận rung $n = 2972$ vòng/phút; (2) Bộ phận phân loại dùng hai rulo đạt tỉ lệ 100% miễn là hạt sen không rơi khỏi hai rulo. Hai bộ phận phân loại này được mắc nối tiếp nhau để có thể phân loại hiệu quả phần cơm và phần vỏ hạt sen. Năng suất phân loại chung đạt hơn 15 kg/h.

Từ khóa - Hạt sen; hạt sen tươi; máy phân loại; máy tách vỏ

Abstract - The present study presents the method of classifying the shell and the rice parts of fresh lotus after shelling by using two classifiers: (1) The vibrating trough classifier and (2) the classifier using two rollers that rotate in opposite directions. To evaluate the feasibility of the classification principle, experimental models (1) the trough classifier and (2) the two-roller classifier was fabricated and tested. The results show that: (1) The trough classifier can classify at about 85%, corresponding to the inclined angle of the trough of 15° and the rotation speed of the vibrating part $n = 2972$ rpm; (2) The two-roller classifier achieves 100% as long as the rice parts and seeds of lotus do not fall off the two rollers. These two classifiers are connected in series so that the rice and the seed parts of the fresh lotus can be effectively classified. The general classifying capacity is more than 15 kg/h.

Key words - Lotus seed; fresh lotus seed; classification machine; seed sheller

1. Đặt vấn đề

Hạt sen tươi là một loại thực phẩm với hàm lượng dinh dưỡng cao bao gồm: Tinh bột, đường, các chất béo, đạm, canxi, photpho và sắt [1], [2]. Ở Việt Nam, vùng sen nguyên liệu có diện tích rộng và tập trung ở các tỉnh Đồng Tháp, Hậu Giang và một số tỉnh ở khu vực Đồng Bằng Sông Cửu Long. Các sản phẩm được chế biến từ hạt sen tươi như: hạt sen sấy, hạt sen tươi, chè hạt sen, sữa hạt sen, hoặc làm nhân của các loại bánh. Điều này cho thấy nhu cầu lớn trong việc chế biến hạt sen tươi nguyên liệu.

Mặt khác, vấn đề còn tồn tại là việc cơ giới hóa trong khâu sản xuất hạt sen tươi nguyên liệu, nhất là khâu bóc vỏ hạt sen hiện nay gần như hoàn toàn thủ công. Do đó, năng suất của việc chế biến hạt sen tươi nguyên liệu vẫn còn thấp và đó là nguyên nhân làm tăng giá thành hạt sen nguyên liệu. Từ đó, áp dụng cơ khí hóa và tự động hóa vào khâu chế biến hạt sen nguyên liệu là thật sự cần thiết.

Hiện nay, các cơ sở chế biến hạt sen tươi nguyên liệu có sử dụng máy tách vỏ hạt sen được nhập khẩu từ Trung Quốc [3]. Tuy nhiên, thiết bị này còn tồn tại nhiều khuyết điểm như: Năng suất chưa cao, tỉ lệ thành phẩm thấp, cân chỉnh máy phức tạp và đặc biệt là không có chế độ hậu mãi cũng như bảo hành, hướng dẫn sử dụng [4]. Trong khi đó, máy tách vỏ hạt sen trong nước chưa có sản phẩm thương mại hóa nào mà chủ yếu là đang trong giai đoạn nghiên cứu. Nghiên cứu từ thực tế nhóm tác giả đã đề xuất máy chế biến

hạt sen tươi bao gồm 5 bộ phận thực hiện các chức năng khác nhau: (1) Cắt vỏ hạt sen; (2) Tách vỏ hạt sen; (3) Phân loại phần vỏ và phần cơm hạt sen; (4) Lột vỏ lụa và (5) lấy tim sen. Nhóm tác giả đã nghiên cứu thành công (1) bộ phận cắt vỏ hạt sen [5] và (2) bộ phận tách vỏ hạt sen [6]; (3) Bộ phận phân loại phần cơm và phần vỏ hạt sen sẽ được trình bày trong nghiên cứu này. Cụ thể, nghiên cứu hiện tại sẽ đề xuất phương pháp phân loại và đánh giá phương pháp qua kết quả thí nghiệm thu được từ mô hình thí nghiệm.



Hình 1. Sản phẩm đầu ra của bộ phận tách vỏ [6].

Cụ thể hơn, Hình 1 cho thấy, sản phẩm đầu ra của bộ phận tách vỏ hạt sen [6] được chia thành 3 loại: Loại 1 là hạt sen chưa tách vỏ thành công, Loại 2 là hạt sen đã tách vỏ thành công (phần cơm hạt sen) và Loại 3 là vỏ hạt sen; cả 3 loại này nằm lẫn lộn nhau. Loại 1 cần được đưa về bộ phận cắt và tách để cắt và tách lại, Loại 3 là phế phẩm và Loại 2 sẽ tiếp tục được lột vỏ lụa khi đi vào bộ phận lột vỏ lụa. Do đó, nghiên cứu này sẽ đề xuất và đánh giá phương pháp phân loại của 3 loại nêu trên.

¹ College of Engineering, Can Tho University, Vietnam (Huỳnh Thanh Thuởng, Nguyễn Văn Cương, Nguyễn Hoài Tân, Huỳnh Quốc Khanh, Nguyễn Văn Tài)

² HCMC University of Technology and Education, Vietnam (Lê Phan Hưng)

2. Kết quả nghiên cứu và khảo sát

2.1. Ngoài nước

Hiện tại, các nghiên cứu đã xuất bản liên quan đến máy lột vỏ hạt sen tươi bao gồm máy tách vỏ và lột vỏ lụa của tác giả Xu Xieqing at el. [4], bộ phận cắt và tách vỏ hạt sen của Zhu Hengyin at el. [7] và Jaturong Langkapin at el. [8] và máy lột vỏ lụa hạt sen của Jaturong Langkapin at el. [9].

Đáng chú ý là nghiên cứu của Xu Xieqing at el. [4] được sản xuất và thương mại hóa [3] (Hình 2); Tuy nhiên, máy này không có bộ phận phân loại mà sử dụng băng tải hẹp. Khi vỏ hạt sen được tách ra khỏi hạt sẽ rơi ra khỏi băng tải; Còn phần cơm hạt sen sẽ chạy dọc suốt băng tải. Theo thiết kế này thì khó có khả năng tăng năng suất vì khó bố trí thêm các băng tải đặt song song.



Hình 2. Máy tách vỏ hạt sen [3]

2.2. Trong nước

Nhóm tác giả đã xuất bản các nghiên cứu về máy cắt vỏ [5] và máy tách vỏ hạt sen [6]. Ngoài ra, các nghiên cứu khác về máy chế biến hạt sen tươi nguyên liệu chỉ dừng lại ở các dạng đề tài [10]; Tuy nhiên, chưa thấy nghiên cứu nào nghiên cứu về máy phân loại phần cơm và phần vỏ hạt sen.

2.3. Đặc điểm hạt sen tươi

2.3.1. Kích thước hạt sen

Theo như yêu cầu từ các doanh nghiệp chế biến hạt sen nguyên liệu, số ngày tuổi hạt sen được sử dụng là từ 23 - 25 ngày. Theo nghiên cứu trước đó [11], hạt sen 23 - 25 ngày tuổi có kích thước trung bình là 15,75 - 16,06 mm, chiều dài hạt là 21,99 - 22,24 mm. Tuy nhiên, tùy theo mùa vụ hoặc vùng miền mà kích thước hạt sen có thể khác nhau. Do đó, để đạt được kết quả nghiên cứu chính xác, kích thước hạt sen sử dụng trong nghiên cứu hiện tại được đo lại và kết quả được trình bày trong Bảng 1. Kết quả liệt kê trong Bảng 1 là giá trị trung bình đo từ 100 hạt sen.

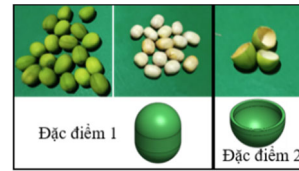
Bảng 1. Kích thước hạt sen Loại 1 và Loại 2

Loại	Đường kính lớn nhất $D_{\max}$ (mm)	Đường kính nhỏ nhất $D_{\min}$ (mm)	Chiều dài hạt L_{hs} (mm)	Khối lượng m (g)
Loại 1	15,4	14,3	20,7	2,5
Loại 2	12,9	11,8	16,4	1,5

2.3.2. Hình dáng hạt sen và đặc điểm chuyển động

a. Hình dáng Loại 1, 2 và 3

Theo quan sát, đặc điểm hình dáng 3 Loại nêu trên (Hình 1) có thể phân chia thành 2 đặc điểm như Hình 3. Loại 1 và 2 có đặc điểm hình dáng gồm hai đầu là một nửa khối cầu, phần giữa xem như là khối trụ ngắn. Loại 1 và Loại 2 có đặc điểm hình dáng giống nhau nhưng có kích thước khác nhau (Bảng 1), sự khác nhau về kích thước là do độ dày của vỏ. Loại 3, có hình dáng gồm một đầu là một nửa khối cầu, đầu còn lại là hình trụ ngắn.

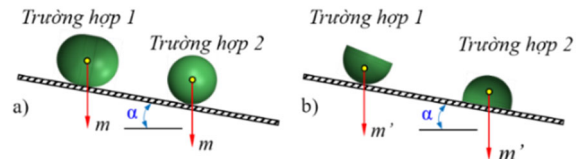


Hình 3. Đặc điểm hình dáng của Loại 1, 2 và 3

b. Đặc điểm chuyển động Loại 1, 2 và 3

Hình 4.a cho thấy Loại 1 và Loại 2 khi nằm trên mặt phẳng nghiêng một góc α so với phương nằm ngang, thông thường sẽ có 2 trường hợp xảy ra như trường hợp 1 và trường hợp 2: Trường hợp 2 thì Loại 1 và 2 sẽ dễ dàng lăn trên mặt phẳng khi $\alpha > 0$; Trường hợp 1 thì Loại 1 và 2 sẽ lăn hoặc trượt khi góc α đủ lớn (phụ thuộc vào chiều dài phần trụ hạt sen).

Hình 4.b cho thấy, Loại 3 sẽ khó lăn trên mặt phẳng nghiêng hơn so với Loại 1 và 2. Trường hợp Loại 3 nằm úp trên mặt phẳng (trường hợp 2) thì khả năng lăn càng khó xảy ra mà thay vào đó là trượt khi góc α đủ lớn.



Hình 4. Đặc điểm chuyển động của Loại 1, 2 và 3

Dựa vào sự khác nhau về đặc điểm chuyển động của 3 Loại trên mặt phẳng nằm nghiêng và kích thước của Loại 1 và Loại 2, nguyên lý phân loại của 3 Loại trên sẽ được đề xuất. Cụ thể sẽ được trình bày ở các phần tiếp theo.

3. Đề xuất nguyên lý phân loại

3.1. Phân loại Loại 1&2 và Loại 3

3.1.1. Đề xuất nguyên lý

Giả sử Loại 1, 2 và 3 được xem là vật liệu rời, cho nên các lưới phẳng hoặc lưới có dạng ống trụ có các lỗ với kích thước khác nhau để phân loại theo kích thước kết hợp với rung động giúp vật liệu di chuyển [12]. Tuy nhiên, phương án này không phù hợp áp dụng để phân loại 3 Loại này do khác nhau về đặc điểm hình dáng; Vật liệu rời có dạng giống nhau như hình cầu hoặc hình đa cạnh (các cạnh có kích thước khác nhau không đáng kể).

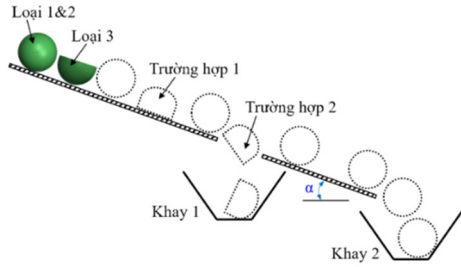
Dựa vào đặc điểm chuyển động của Loại 1, 2 và 3 nêu ở Mục 2.3.2.b, nguyên lý phân loại Loại 1, Loại 2 và Loại 3 được đề xuất như Hình 5. Cho Loại 1, 2 và 3 nằm trên máng nghiêng một góc α so với phương ngang. Ở giữa máng có một rãnh có kích thước lớn hơn kích thước Loại 3.

Đối với Loại 1&2 có hình dáng như khối trụ, do đó Loại 1&2 có thể lăn trên mặt máng với gia tốc a nhất định. Khi ở một góc nghiêng α_1 , Loại 1&2 sẽ lăn qua rãnh và đi vào khay 2; Loại 3 có hai trường hợp xảy ra khi nằm trên máng nghiêng.

- Trường hợp 1: Loại 3 sẽ nằm úp và đứng yên trên máng, khi góc nghiêng α đủ lớn hoặc tác động cho máng rung thì Loại 3 sẽ trượt trên máng và rơi rãnh và sau đó rơi xuống khay 1.

- Trường hợp 2: Loại 3 sẽ lăn trên máng. Tuy nhiên, do hình dáng Loại 3 sẽ cản trở sự lăn trên máng. Do đó, gia tốc Loại 3 khi lăn trên máng sẽ khó đạt gia tốc của Loại

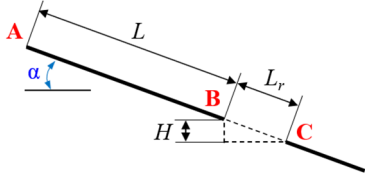
1&2. Kết quả là Loại 3 sẽ rơi vào rãnh và sau đó rơi xuống khay 1.



Hình 5. Nguyên lý phân loại Loại 1 và 2 và Loại 3

Góc nghiêng α_1 sẽ được xác định dựa trên tính toán lý thuyết và thực nghiệm và được trình bày ở phần sau.

3.1.2. Thí nghiệm xác định các thông số cần thiết



Hình 6. Sơ đồ xác định vận tốc cần thiết của Loại 1 và 2

Theo Hình 6, ta có:

L : Chiều dài quãng đường hạt sen lăn từ A đến B.

L_r : Chiều rộng rãnh trên máng (khoảng cách B đến C).

t : Thời gian hạt sen di chuyển từ B đến C.

T : Thời gian hạt sen di chuyển từ A đến B.

α : Góc nghiêng của máng.

Giả sử Loại 1 và 2 có dạng hình trụ và bỏ qua lực cản của gió, ta có:

Gia tốc a hạt sen lăn trên mặt nghiêng với góc nghiêng α là [13]:

$$a = \frac{2}{3}g \sin \alpha \quad (1)$$

Giả sử BC rất nhỏ, cho nên vận tốc hạt sen (v) khi di chuyển từ B đến C là không đổi. Do đó, khi hạt sen lăn đến B nhờ vào lực quán tính hạt sen sẽ di chuyển đến C với thời gian t (cũng là thời gian hạt sen rơi trên quãng đường H) ta có:

$$L_r = v \cdot t = a \cdot T \cdot t \quad \text{với } (v_0 = 0) \quad (2)$$

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (3)$$

Từ (1), (2) và (3) ta có:

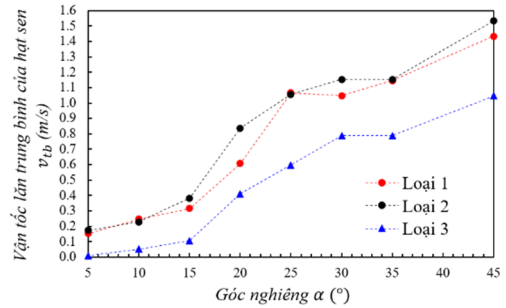
$$L = \frac{3 \cdot L_r}{8 \cdot (\sin \alpha)^2} \quad (4)$$

Như vậy, để Loại 1 và 2 đạt được vận tốc cần thiết (v_{ct}) để vượt qua rãnh thì chiều dài máng cần thiết kể đạt chiều dài L theo công thức (4).

Tuy nhiên, do hình dáng Loại 1 và 2 hình dáng không như giả thuyết (hình trụ), do đó sẽ ảnh hưởng đến gia tốc hạt sen đạt được khi lăn trên quãng đường L để đạt được vận tốc cần thiết. Vì vậy, cần bố trí thí nghiệm để tính toán vận tốc thực tế khi hai Loại này lăn trên máng nghiêng.

Hình 7 cho thấy, vận tốc trung bình của 3 Loại khi lăn trên máng với các góc nghiêng khác nhau. Ứng với mỗi góc nghiêng, kết quả trình bày ở Hình 7 là giá trị trung bình của

5 lần thí nghiệm. Vận tốc trung bình (v_{tb}) từng Loại được tính toán bằng cách cho từng Loại lăn trên máng có chiều dài $L = 530$ mm và thời gian hạt sen lăn trên quãng đường này được xác định thông qua các video (quá trình hạt sen lăn được quay video), trong đó $v_{tb} = L/t$. Chú ý, khi góc α nhỏ, Loại 3 có thể không lăn hết quãng đường 530 mm mà chỉ lăn một quãng đường nhỏ. Vận tốc trung bình của Loại 3 dựa vào quãng đường và thời gian lăn thực tế.



Hình 7. Vận tốc trung bình của 3 Loại khi lăn trên máng

Hình 7 cho thấy giả thuyết ban đầu là đúng, hình dáng Loại 3 sẽ cản trở sự chuyển động lăn và đạt vận tốc nhỏ hơn Loại 1 và 2. Theo công thức (1), gia tốc chỉ ảnh hưởng bởi góc nghiêng và hình dáng, Loại 1 và 2 có hình dáng giống nhau nên vận tốc trung bình của Loại 1 và 2 không khác nhau nhiều.

Bảng 2. Vận tốc cần thiết và chiều dài máng thực tế

Góc nghiêng α (°)	Gia tốc lý thuyết a (m/s ²)	Gia tốc thực tế a_{tt} (m/s ²)	Vận tốc cần thiết v_{ct} (m/s)	L (m)	L_{tt} (m)
10	1,14	0,09	0,82	0,30	3,59
15	1,69	0,16	0,67	0,13	1,39
20	2,24	0,59	0,59	0,08	0,29
25	2,76	1,72	0,53	0,05	0,08
30	3,27	1,75	0,49	0,04	0,07
35	3,75	2,12	0,45	0,03	0,05
45	4,62	3,41	0,41	0,02	0,02

Để chế tạo được mô hình thí nghiệm, cần xác định L_r (chiều rộng rãnh trên máng) để có thể tính toán chiều dài máng thực tế ($L_{tt} = AB$); L_r được xác định dựa trên kích thước Loại 1 (Bảng 1, vỏ của Loại 1 bị tách đôi sẽ thành Loại 3). Để đảm bảo Loại 3 có thể rơi xuống rãnh L_r được chọn là 22 mm. Từ (1), (2) và (3), vận tốc cần thiết (v_{ct}) để Loại 1 và 2 vượt qua khỏi rãnh là $v_{ct} = L_r/t$.

Từ tính toán lý thuyết (1), (2), (3) và Hình 7, chiều dài máng thực tế L_{tt} để chế tạo mô hình thí nghiệm là Bảng 2.

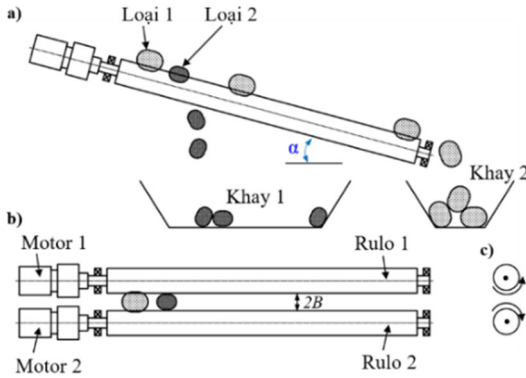
3.2. Phân loại Loại 1 và Loại 2

3.2.1. Đề xuất nguyên lý

Hình 8.b cho thấy nguyên lý phân loại Loại 1 và Loại 2 gồm 2 rulo đặt song song và khoảng hở giữa hai rulo là $2B$ ($2B$ nhỏ hơn đường kính Loại 1 và lớn hơn đường kính Loại 2). Hai rulo quay ngược chiều nhau được dẫn động bởi hai động cơ điện một chiều 12 V có bộ giảm tốc, Hình 8.c. Hai đầu của hai rulo được lắp hai ổ lăn nhằm đỡ rulo.

Khi Loại 1 rơi xuống giữa hai rulo, do khe hở của hai rulo nhỏ hơn đường kính Loại 1, do đó Loại 1 không thể rơi xuống giữa khe hở hai rulo. Hơn nữa, do hai rulo đặt

nằm nghiêng một góc α so với phương nằm ngang, Hình 8.a). Khi góc α đủ lớn thì Loại 1 lăn hoặc trượt xuống cuối hai rulo và rơi xuống khay 2.

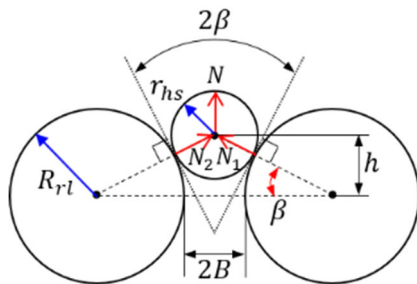


Hình 8. Nguyên lý phân loại Loại 1 và Loại 2.

Khi loại 2 rơi xuống giữa hai rulo, do khe hở của hai rulo lớn hơn đường kính Loại 2, do đó Loại 2 sẽ rơi qua khe hở hai rulo và sau đó rơi xuống khay 1.

3.2.2. Thí nghiệm xác định các thông số cần thiết

Thông số về đường kính, góc nghiêng và tốc độ quay của hai rulo cần được xác định.

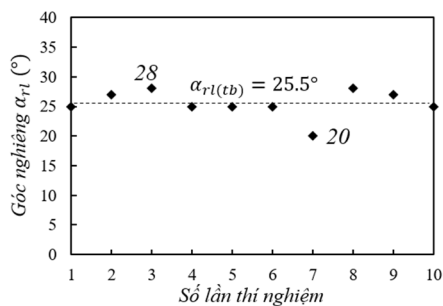


Hình 9. Lực tác dụng lên Loại 1 trên 2 rulo

Theo Hình 9, N là hợp lực của N_1 và N_2 , N bằng với trọng lượng hạt sen. N_1 và N_2 là phân lực của hai rulo tác dụng lên Loại 1. Do đó, góc β càng lớn thì N_1 và N_2 càng nhỏ. Bên cạnh đó, β và h tỷ lệ thuận. Theo Hình 9 ta có:

$$h^2 = (r_{hs}^2 - B^2) + 2R_{rl}(r_{hs} - B) \quad (5)$$

Trong đó, r_{hs} là bán kính Loại 1, R_{rl} là bán kính rulo. Do r_{hs} luôn luôn lớn hơn B cho nên h càng lớn khi R_{rl} càng lớn. Hay nói cách khác, R_{rl} càng nhỏ thì lực ma sát của Loại 1 và rulo càng nhỏ. Nghiên cứu hiện tại, để chế tạo mô hình thí nghiệm chọn rulo là trục máy in có $R_{rl} = 9,5$ mm, dài 300 mm.



Hình 10. Góc nghiêng để Loại 1 lăn trên 2 rulo

Hình 10 cho thấy ứng với góc nghiêng từ $\alpha_{rl} = 28^\circ$ thì Loại 1 có thể lăn trên 2 rulo. Do đó, cần thiết kế độ nghiêng của hai rulo lớn hơn giá trị này.

Bảng 3. Ảnh hưởng số vòng quay rulo n_{rl} đến tỷ lệ phân loại.

n_{rl} (vòng/phút)		15	23	30	35	43	50
Loại 1	Tỷ lệ phân loại (%)	90	85	50	48	42	32
	Rơi khỏi rulo (%)	10	15	50	52	58	68
Loại 2	Tỷ lệ phân loại (%)	100	100	100	100	100	90
	Rơi khỏi rulo (%)	0	0	0	0	0	10

Khi sử dụng 2 rulo, cần cho 2 rulo quay để tránh Loại 1 bị kẹt. Tuy nhiên, nếu số vòng quay quá lớn rulo sẽ cuốn hạt sen văng ra khỏi hai rulo và ảnh hưởng đến tỷ lệ phân loại. Bảng 3 cho thấy, sự ảnh hưởng của số vòng quay rulo đến tỷ lệ phân loại. Số vòng quay càng lớn càng làm giảm tỷ lệ phân loại.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Chế tạo mô hình thí nghiệm

4.1.1. Máng phân loại



Hình 11. Máng phân loại Loại 1, Loại 2 và Loại 3

Hình 11 cho thấy, máng phân loại được chế tạo từ thép hộp vuông $30 \times 30 \times 1,5$ mm và inox tấm dày 0,5 mm. Máng rộng 350 mm (bằng với độ rộng của bộ phận tách vỏ [6]). Máng được treo bằng dây vải trên khung thép hộp vuông $30 \times 30 \times 1,5$ mm có kích thước dài $\times$ rộng $\times$ cao là $1200 \times 450 \times 1100$ mm. Điều chỉnh góc nghiêng bằng cách điều chỉnh chiều dài dây vải tương ứng.

4.1.2. Rulo phân loại



Hình 12. Rulo phân loại Loại 1 và Loại 2

Hình 12 cho thấy, rulo phân loại được chế tạo bằng trục máy in; hai đầu trục có lắp hai động cơ điện một chiều 12V (37RS555024600) có hộp giảm tốc. Tốc độ rulo được đo bằng máy đo tốc độ ảnh Total Meter Model DT2234C. Do đây là mô hình để thí nghiệm nên cấp liệu thủ công. Tuy nhiên, theo phương án chế tạo thực tế, phương án cấp liệu được chọn là phễu lắp phía trên hai rulo.

4.2. Kết quả thí nghiệm

4.2.1. Máng phân loại

Hình 13 cho thấy, tỷ lệ phân loại Loại 1&2 và Loại 3 tương ứng với các góc nghiêng khác nhau. Tương ứng với từng Loại lấy 100 mẫu (hạt/vỏ), thả từng mẫu trên máng và đánh giá tỷ lệ phân loại bằng cách sau.

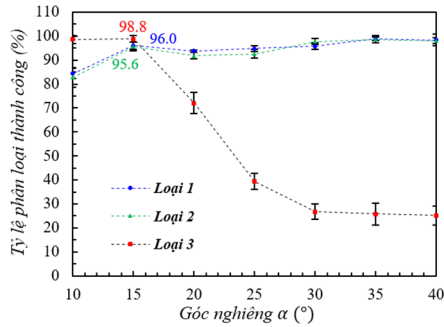
- Loại 1 và Loại 2 được đánh giá là đạt khi lăn qua khỏi rãnh trên máng.

- Loại 3 được đánh giá là đạt khi nằm yên trên máng hoặc rơi xuống rãnh trên máng.

Hình 13 cho thấy, tỷ lệ phân loại đạt hiệu quả cao nhất

khi góc nghiêng của máng là 15° ; tỷ lệ phân loại đạt 90%, 95,6% và 98,8% tương ứng với Loại 1, 2 và 3. Tương ứng với góc nghiêng này, các thí nghiệm tạo độ rung cho máng để xác định vận tốc chuyển động của Loại 3 được tiến hành.

Ở góc nghiêng 15° , mẫu Loại 3 có thể nằm yên trên máng (trường hợp 1 Hình 5) hoặc lăn xuống rãnh (trường hợp 2 Hình 5). Nếu Loại 3 nằm yên trên máng gây ra tổn động trên máng và cản trở chuyển động cho cả 3 Loại, làm giảm tỷ lệ phân loại. Do đó, cần thiết tiến hành thí nghiệm tạo độ rung cho máng để Loại 3 có thể trượt xuống rãnh trên máng.



Hình 13. Tỷ lệ phân loại Loại 1 & 2 và Loại 3 với góc nghiêng khác nhau

Thí nghiệm tạo độ rung cho máng bằng cách lắp động cơ điện một chiều (24 V) lên giữa máng, trên trục động cơ có lắp bánh lệch tâm có khối lượng 50 g, độ lệch tâm 5 mm (xác định bằng thực nghiệm). Cơ sở xác định ban đầu như sau: Lực (lực ly tâm F_{lt} (N)) do bộ phận rung tạo ra nên lớn hơn trọng lượng máng và liệu để có thể tạo độ rung cho máng. Động cơ điện một chiều có số vòng quay tối đa 12.000 vòng/phút; Do đó, lực ly tâm mà bộ phận rung tạo ra dao động từ 0 đến 394,8 N (lực ly tâm xác định theo công thức $F_{lt} = m \times r \times \omega^2$; Trong đó, m là khối lượng bánh lệch tâm (kg), r là độ lệch tâm (m) và ω là vận tốc góc (rad/s)). Khối lượng của máng và liệu khi phân loại là 73,5 N; do đó, bộ phận rung có thể tạo ra lực đủ lớn để tạo dao động cho máng. Bên cạnh đó, khi chế tạo bộ phận phân loại thực tế, bộ phận tạo rung cần được thiết kế cho phù hợp với khối lượng máng và liệu trên máng. Hơn nữa, nghiên cứu hiện tại chú trọng trình bày phương pháp phân loại và chế tạo mô hình để kiểm tra tính khả thi của phương pháp đề xuất. Do đó, tính toán bộ phận rung chưa trình bày cụ thể trong nghiên cứu hiện tại. Trong thí nghiệm này, vận tốc trượt trung bình của Loại 3 được tính toán theo sự thay đổi tầng số (số vòng quay động cơ n (vòng/phút)).

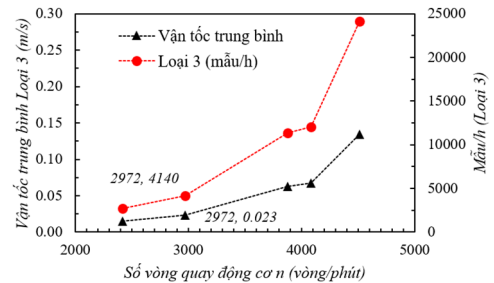
Vận tốc trung bình của Loại 3 được tính toán bằng cách đo quãng đường trượt và thời gian trượt trên quãng đường đó (thông qua video quay lại trong lúc thí nghiệm). Chú ý, biên độ dao động (liên quan đến khối lượng và độ lệch tâm của bánh lệch tâm) không được khảo sát trong nghiên cứu hiện tại.

Số mẫu Loại 3 di chuyển trên máng trong 1 giờ cũng được xác định bằng cách: Giả sử khoảng cách giữa các mẫu Loại 3 trên một hàng là 60 mm (có 3 hàng dọc theo chiều dọc máng), tương ứng với vận tốc trung bình ở trên ta có số mẫu Loại 3 di chuyển trên máng trong 1 giờ là $3 \times 3600 \times (0,06/v_{tb(Loại\ 3)})^{-1}$ (mẫu/h).

Đối với bộ phận cắt [5] và bộ phận tách vỏ [6] hạt sen có năng suất là 15 kg/h (nguyên liệu thô – hạt sen chưa tách vỏ); mỗi hạt chưa tách vỏ có khối lượng trung bình 3 g/hạt [11];

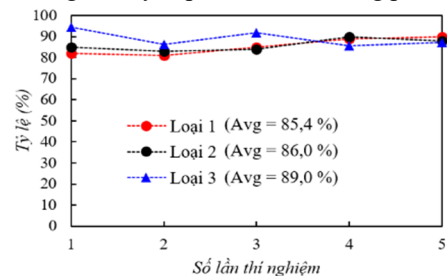
Do đó, 15 kg hạt sen tương đương 5000 hạt. Giả sử bộ phận cắt và tách vỏ có tỷ lệ cắt và tách thành công đạt 90%; Bộ phận tách vỏ có 3 rãnh phân luồng cho nên mỗi lần hạt sen được tách vỏ hoàn chỉnh sẽ rơi xuống máng phân loại 3 hàng hạt theo chiều rộng máng. Do đó, tương ứng với từng hàng sẽ có: Loại 1 có $(5000 \times 0,1)/3 = 167$ mẫu/h; Loại 2 có $(5000 \times 0,9)/3 = 1500$ mẫu/h; Loại 3 có 3000 mẫu/h.

Hình 14 cho thấy, kết quả thí nghiệm tương ứng với số vòng quay động cơ khác nhau (2416; 2972; 3879; 4080 và 4513 vòng/phút) và vận tốc trung bình Loại 3 và số mẫu Loại 3 có thể di chuyển trên máng trong 1 giờ. Tương ứng với mỗi số vòng quay, giá trị trên Hình 14 là trung bình của 5 lần thí nghiệm. Cụ thể, trong quá trình thực hiện thí nghiệm, Loại 3 được để trên máng, sau đó số vòng quay động cơ được tăng dần cho đến khi nhận thấy Loại 3 chuyển động; số vòng quay ghi nhận được trong trường hợp này là $n = 2416$ vòng/phút. Sau đó, số vòng quay của động cơ tăng dần theo cấp số cộng là khoảng 500 vòng/phút để xác định xu hướng của vận tốc (năng suất, mẫu/h) Loại 3 khi số vòng quay động cơ thay đổi.



Hình 14. Vận tốc trung bình và năng suất Loại 3 trên máng nghiêng 15° với số vòng quay động cơ khác nhau

Theo như kết quả thí nghiệm, tầng số và biên độ dao động của máng càng tăng khi số vòng quay động cơ càng tăng. Biên độ dao động càng lớn thì Loại 3 dễ dàng bị nảy trên mặt máng, nếu độ nảy càng lớn vận tốc trung bình Loại 3 càng lớn, tuy nhiên, điều này ảnh hưởng đến khả năng di chuyển của Loại 1 và 2. Do đó, theo kết quả thí nghiệm Hình 14, $n = 2972$ vòng/phút, năng suất phân loại Loại 3 đạt (4140 mẫu/h > 3000 mẫu/h); cũng ở số vòng quay này xét thấy độ nảy của Loại 3 là không đáng kể. Do đó, $n = 2972$ vòng/phút sẽ được chọn để tiến hành thí nghiệm tỷ lệ phân loại của máng phân loại.



Hình 15. Tỷ lệ phân loại của 3 Loại trên máng nghiêng 15° , số vòng quay động cơ của bộ phận rung $n = 2972$ vòng/phút

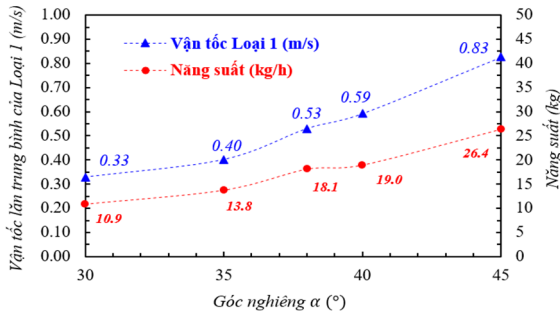
Hình 15 cho thấy, kết quả thu được từ thí nghiệm máng phân loại tương ứng với góc nghiêng $\alpha = 15^\circ$, số vòng quay động cơ $n = 2972$ vòng/phút. Thí nghiệm được tiến hành 5 lần, tỷ lệ trung bình thấp nhất đạt 85,4%. Mẫu thả rơi trên đầu máng phân loại được thí nghiệm với số lượng như sau: Loại 1 có 167 mẫu/h, Loại 2 có 1500 mẫu/h, Loại 3 có 3000 mẫu/h.

Hình 15 cho thấy, kết quả phân loại Loại 1 và 2 và Loại 3 của một máng phân loại. Nhằm nâng cao tỉ lệ phân loại, các máng phân loại có thể mắc nối tiếp nhau.

4.2.2. Rulo phân loại

Bảng 3 cho thấy, tỉ lệ phân loại của Loại 1 và 2, bên cạnh đó cho thấy ảnh hưởng của số vòng quay rulo đến tỉ lệ phân loại. Tương ứng với số vòng quay $n_{rl} = 15$ vòng/phút có tỉ lệ phân loại cao nhất. Do đó, nhằm đảm bảo năng suất máy như đã nêu ở trên. Thí nghiệm năng suất phân loại sẽ được thực hiện với các góc nghiêng khác nhau.

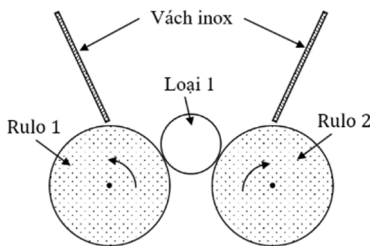
Trong thí nghiệm này, Loại 2 sẽ rơi xuống khe hở của hai rulo, do đó, chỉ sử dụng Loại 1 để làm thí nghiệm. Cụ thể, chỉ có Loại 1 lăn trên 2 rulo, nếu vận tốc lăn của Loại 1 không đủ lớn và Loại 1 rơi xuống hai rulo quá nhiều dẫn đến Loại 1 không thể rơi ra khỏi hai rulo phân loại và dồn lên trên hai rulo, kết quả là rulo sẽ bị kẹt liệu.



Hình 16. Vận tốc trung bình và năng suất Loại 1 trên rulo phân loại với các góc nghiêng khác nhau

Hình 16 cho thấy kết quả thí nghiệm xác định vận tốc Loại 1 tương ứng với các góc nghiêng khác nhau của hai rulo. Vận tốc trung bình Loại 1 lăn trên hai rulo được tính giống như Hình 7 (cho Loại 1 lăn suốt chiều dài rulo 300 mm, sau đó xác định thời gian Loại 1 lăn trên chiều dài này, từ đó tính được vận tốc trung bình). Tương ứng với từng vận tốc trung bình, năng suất (kg/h) Loại 1 lăn trên hai rulo cũng được tính toán. Năng suất được tính toán bằng cách sau:

- Xác định thời gian t_{rl} (giây) hạt sen lăn hết chiều dài rulo;
- Trong một giờ có 3600 giây, số mẫu Loại 1 lăn hết chiều dài hai rulo trong 1 giờ là $3600/t_{rl}$;
- Mẫu Loại 1 có khối lượng là 3 g/hạt [11], từ đó tính được năng suất Loại 1.



Hình 17. Vách hai bên của rulo phân loại

Từ kết quả Bảng 3 cho thấy, nếu Loại 1 và 2 không rơi khỏi hai rulo thì sẽ phân loại được. Do đó, để tránh hai Loại này rơi khỏi hai rulo, có thể bổ sung thêm hai vách hai bên hai rulo như Hình 17.

5. Kết luận

Nguyên lý phân loại phần vỏ và phần cơm hạt sen tươi

sau khi tách được nghiên cứu. Bộ phận phân loại bao gồm (1) bộ phận phân loại kiểu máng có tạo rung động và (2) bộ phận phân loại dùng hai rulo quay ngược chiều. Để đánh giá tính khả thi của nguyên lý, mô hình thí nghiệm (1) dạng máng và (2) sử dụng hai rulo đã được chế tạo và tiến hành thí nghiệm. Nghiên cứu đạt được những kết quả sau:

- Nguyên lý phân loại kiểu máng dùng để phân loại Loại 1 và 2 và Loại 3; Nguyên lý được đề xuất dựa vào đặc điểm về hình dáng của 3 Loại và khả năng chuyển động trên máng nằm nghiêng.

- Bộ phận phân loại kiểu máng có thể phân loại đạt tỉ lệ khoảng 85% với năng suất liệu đầu vào là 15 kg/h tương ứng với góc nghiêng của máng là 15° và tốc độ quay của bộ phận rung $n = 2972$ vòng/phút.

- Nguyên lý phân loại Loại 1 và Loại 2 dựa vào sự khác nhau về kích thước của hai Loại.

- Bộ phận phân loại dùng hai rulo đạt tỉ lệ 100% miễn là hạt sen không rơi khỏi hai rulo.

- Hai bộ phận phân loại này được mắc nối tiếp nhau để có thể phân loại hiệu quả phần cơm và phần vỏ hạt sen. Năng suất phân loại chung đạt hơn 15 kg/h.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Cần Thơ, Mã số: T2022-09

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D. Bharat, "5 Fantastic Benefits of Lotus Seeds for Overall Health". *Netmeds*, 2022, [Online]. Available: <https://www.netmeds.com/health-library/post/5-fantastic-benefits-of-lotus-seeds-for-overall-health> [Accessed: December 14, 2022].
- [2] R. S. Jolly, "Nutritional and Health Benefits of the Lotus Plant", *Caloriebee*, 2022, [Online]. Available: <https://caloriebee.com/nutrition/Health-Benefits-Of-Lotus-Roots-Or-Stem-Seeds-Leaves-And-Flowers> [Accessed: December 14, 2022].
- [3] J. Zhang, "High Capacity Lotus Seed Machine Lotus Seeds Sheller", *Alibaba*, 2022, [Online]. Available: https://www.alibaba.com/product-detail/High-Capacity-Lotus-Seed-Machine-Lotus_60673068580.html?spm=a2700.7724857.0.0.828b45b5om6RGC, [Accessed: December 14, 2022].
- [4] X. Xu, H. Rao, T. Li, and M. Liu, "Design and experiment on automatic husking and peeling machine for lotus seeds" *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, vol. 30, no. 13, pp. 28-34, 2014.
- [5] H. T. Thuong *et al.*, "Design and Fabrication of Cutting Part for Fresh Lotus Seed Peeling Machine". *The University of Danang - Journal of Science and Technology*, vol. 17, no. 7, pp. 33-39, 2019.
- [6] H. T. Thuong *et al.* "Design and Fabrication of Fresh Lotus Seed Peeling Unit". *The University of Danang - Journal of Science and Technology*, vol. 19, no. 10, pp. 76-81, 2021.
- [7] H. Zhu *et al.* "Design and test of small fresh lotus seed sheller" *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, vol. 33, no. 7, pp. 28-35, 2017.
- [8] J. Langkapin *et al.* "Development and Testing of Lotus Seeds Peeling Machine", *Srinakharinwirot Engineering Journal*, Vol. 16, no. 1, pp. 82-92, 2021.
- [9] A. Langkapin *et al.* "Design and Fabrication of a Lotus Seed Membrane Peeling Machine", *Journal of Engineering*, vol. 17, no. 1, pp. 127-137, 2019.
- [10] L. B. Linh and L. R. Da, *Calculate, design and manufacture fresh lotus seed peeling machine*, Can Tho University, 2017.
- [11] N. V. Muoi and T. T. Truc, "Study on the physical properties changes of lotus seeds (*Nelumbo nucifera*) in harvest ripeness", *CTU Journal of Science*, no. 11b, pp. 327-334, 2009.
- [12] V. B. Minh, *Mechanics of bulk materials T2*, Science and Technology Publishing House, 1998.
- [13] Ministry of Education and Training, *Advanced 10th Physics Textbook*, Vietnam Education Publishing House, 2019.