

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO BỘ PHẬN CẮT VỎ HẠT SEN TƯƠI

DESIGN AND FABRICATION OF CUTTING PART FOR FRESH LOTUS SEED PEELING MACHINE

Huỳnh Thanh Thuởng, Nguyễn Hoài Tân, Trần Nguyễn Phương Lan, Huỳnh Quốc Khanh, Lê Phan Hưng

Trường Đại học Cần Thơ; thanhthuong@ctu.edu.vn, nhtan@ctu.edu.vn, tnplan@ctu.edu.vn, hqkhanh@ctu.edu.vn, lephanhung@ctu.edu.vn

Tóm tắt - Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu, chế tạo và thử nghiệm bộ phận cắt vỏ (BPCV) của máy tách vỏ hạt sen tươi (MTVHST). Nguyên liệu vào của BPCV là hạt sen tươi (21- 24 ngày tuổi). Sản phẩm đầu ra là hạt sen tươi đã được cắt xung quanh vỏ theo chiều ngang (không cắt phạm vào phần thịt của hạt). Sau đó, hạt sen được đưa đến bộ phận tách vỏ (bộ phận này sẽ được trình bày ở nghiên cứu sắp tới) để tách vỏ khỏi hạt. Trước khi chế tạo và chạy thử nghiệm, nhóm tác giả tiến hành xây dựng mô hình ba chiều (3D) của BPCV trên phần mềm Solidworks để đánh giá nguyên lý cũng như hạn chế những sai sót trong quá trình chế tạo. Kết quả cho thấy, bộ phận cắt vỏ hoạt động hiệu quả với tỷ lệ thành phẩm trên 75%. Bên cạnh đó, BPCV được đánh giá là giải pháp mới ứng dụng trong MTVHST và được công nhận quyền sở hữu trí tuệ của Cục Sở Hữu Trí Tuệ (Quyết định số 2594, ngày 10 tháng 01 năm 2019).

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

1. Đặt vấn đề

Sen là loại cây có giá trị từ gốc tới ngọn, đặc biệt là hạt sen, không những mang giá trị kinh tế mà còn có nhiều công dụng bổ ích trong việc trị bệnh. Tại Việt Nam, vùng sen nguyên liệu rộng lớn ở tỉnh Đồng Tháp cùng một số tỉnh khác vùng Đồng Bằng Sông Cửu Long. Các sản phẩm làm từ hạt sen như: hạt sen sấy, hạt sen tươi, chè hạt sen, sữa hạt sen... là những mặt hàng phổ biến trong đời sống hàng ngày. Bên cạnh đó, nhu cầu sử dụng các sản phẩm làm từ hạt sen hiện nay tăng mạnh ở các nước như: Trung Quốc, Ấn Độ, Hàn Quốc...

Tuy nhiên, việc cơ giới hóa trong khâu sản xuất hạt sen nguyên liệu, nhất là khâu bóc tách vỏ hạt sen hiện nay vẫn còn rất thấp, hoàn toàn thủ công nên cần số lượng lớn nhân công cho việc tách hạt. Điều này đồng nghĩa với việc năng suất tách vỏ hạt sen thấp và là nguyên nhân làm tăng giá thành hạt sen nguyên liệu. Do đó, việc áp dụng cơ khí hóa và tự động hóa vào khâu tách vỏ hạt sen sẽ đem lại nhiều lợi ích như: tăng năng suất tách vỏ hạt sen, chất lượng sản phẩm đồng đều. Từ đó góp phần giảm giá thành sản phẩm và tăng tính cạnh tranh của hạt sen nguyên liệu.

Hiện nay tại Việt Nam, ngoài thị trường đã xuất hiện nhiều máy tách hạt khác nhau như: máy tách hạt điều, hạt ca cao... [1]. Qua khảo sát của nhóm nghiên cứu tại các cơ sở sản xuất hạt sen nguyên liệu ở tỉnh Đồng Tháp thì quá trình bóc tách vỏ vẫn hoàn toàn thủ công. Ngoài ra, có một cơ sở sử dụng máy của Trung Quốc, tuy nhiên giá thành khá cao (khoảng 7000 USD) và 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 [2]. Ngoài ra, máy vừa

Abstract - This paper presents the results of the research, fabrication and testing of the seed-pod cutting unit (hereafter called as cutting part) of the fresh lotus seed peeling machine. Input material of the cutting part is fresh-green lotus seeds (from 21 to 24 days old). The output of this cutting part is lotus seeds which are cut horizontally on the green coat (the lotus kernels are not cut and affected). After that, these seeds are brought to lotus seed sheller – the shelling part (which will be presented in the next study) to separate the shell from the seed. Before fabrication and testing, the authors set up a three-dimensional model (3D) of the cutting part on the Solidworks software to evaluate the principle as well as to minimize errors in the manufacturing process. The results indicate that the cutting part works effectively with a finished product rate of over 75%. Furthermore, the cutting part is considered as a new step applied to fresh lotus seed peeling machine and is recognized as a useful solution by the National Office of Intellectual Property of Vietnam (the decision No 2594 dated 10th, January 2019).

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

nêu cũng như một số máy tách vỏ hạt sen khác hiện đang được Công ty Cổ phần Cơ khí Tân Minh nhập về từ Trung Quốc và bán trên thị trường [2] – [3].

Từ những vấn đề nêu trên, đề tài nghiên cứu MTVHST là thật sự cần thiết để có thể sớm ứng dụng nhằm thúc đẩy phát triển kinh tế cũng như tăng tính cạnh tranh hạt sen nguyên liệu của vùng chuyên canh cây sen. Máy tách vỏ hạt sen của nhóm tác giả gồm hai máy nhỏ: máy cắt vỏ (*trong nghiên cứu này gọi là bộ phận cắt vỏ*) và máy tách vỏ (*bộ phận tách vỏ*). MTVHST là một máy quan trọng trong dây chuyền sản xuất hạt sen tươi nguyên liệu. Mỗi một máy tương ứng với một công đoạn từ khâu tách bóc hạt sen tươi từ gương sen đến khi cho ra hạt sen thành phẩm trong chuỗi dây chuyền sản xuất. Nghiên cứu này, tập trung vào việc thiết kế bộ phận định vị hạt sen và bố trí lưỡi dao cắt trong BPCV. Yêu cầu về sản phẩm đầu ra của BPCV là cắt bao quanh phần trụ của hạt và vết cắt không phạm vào phần thịt của hạt sen như Hình 1. Bên cạnh đó, BPCV được chế tạo và chạy thử nghiệm để kiểm tra hiệu quả của nguyên lý cắt vỏ hạt sen vừa đề xuất.



Hình 1. Yêu cầu về vết cắt trên vỏ hạt sen tươi của BPCV

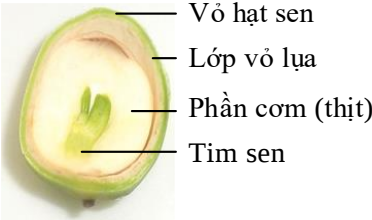
2. Kết quả nghiên cứu và khảo sát

2.1. Tính chất vật lý

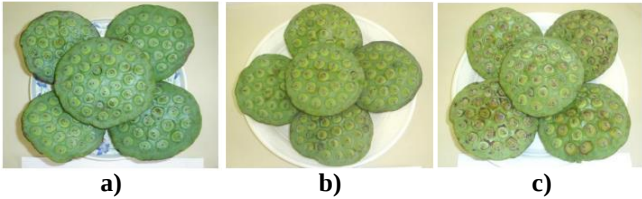
Hạt sen tươi có chiều dài 20 – 23mm và đường kính 15 – 17mm. Khối lượng hạt trung bình của hạt từ 2,5g đến 3,5g. Hình dạng chủ yếu của hạt sen tươi là hình oval và một đoạn ngắn ở giữa hạt sen có hình trụ, màu sắc xanh lá đối với hạt sen tươi và ngã sang màu sẫm/ nâu đen khi càng về già. Hạt sen tươi chỉ ăn ngay hoặc sau một vài ngày kể từ khi tách ra khỏi gương vì không bảo quản được lâu, còn hạt sen khô thì bảo quản được lâu nhưng mất nhiều thời gian chế biến trước khi ăn [5]. Cấu tạo hạt sen tươi như Hình 2, bao gồm: lớp vỏ màu xanh lá ngoài cùng, bên trong là phần cơm (thịt) được bảo vệ bởi một lớp màng mỏng gọi là lớp vỏ lụa, tim sen nằm trong cùng phía trong phần thịt của hạt sen.

Hạt sen tươi sau khi tách ra từ gương có nhiều kích thước khác nhau, các thông số vật lý cơ bản của hạt sen theo độ tuổi được thể hiện như Bảng 1 [4]. Hạt sen tươi được dùng để chế biến sản xuất được tách từ gương sen vào khoảng 21 – 24 ngày tuổi (tính từ ngày sau khi hoa rụng cánh) như

Hình 3 [5]. Hơn nữa, qua khảo sát và đo đạc thực tế, nhóm nghiên cứu đo được bề dày vỏ hạt sen tươi là 1 – 1,2mm.



Hình 2. Cấu tạo hạt sen tươi



Hình 3. Sen ở các ngày tuổi khác nhau; a) Sen 18 ngày tuổi; b) Sen 21 ngày tuổi; c) Sen 24 ngày tuổi [5]

Bảng 1. Sự thay đổi các thông số vật lý cơ bản của hạt sen theo độ tuổi [4]

Ngày tuổi	10	13	15	17	19	21	23	25
Đường kính gương (mm)	67,57	72,06	85,59	86,92	87,96	91,20	93,12	101,77
Đường kính hạt (mm)	11,60	13,25	16,05	16,30	16,40	16,19	16,06	15,75
Chiều dài hạt (mm)	19,64	20,75	22,2	22,64	23,10	22,81	22,24	21,99
Khối lượng gương (g)	38,74	52,59	77,70	81,51	88,36	87,02	86,79	85,29
Khối lượng trung bình hạt có vỏ (g)	1,17	1,79	2,76	2,77	2,95	3,05	2,74	2,57
Khối lượng trung bình hạt bóc vỏ (g)	0,38	0,89	1,47	1,53	1,69	1,76	1,49	1,409

2.2. Thành phần hóa học

Hạt sen rất giàu dinh dưỡng, protein, magie, kali, photpho, trong khi hàm lượng cholesterol, natri và mỡ bão hòa lại rất thấp. Bảng 2 thể hiện các số liệu về thành phần chất dinh dưỡng của hạt sen được lấy từ các đồng sen tại huyện Cao Lãnh, tỉnh Đồng Tháp [5].

Bảng 2. Thành phần hóa học hạt sen [5]

Thành phần	Độ tuổi sen (Số ngày sau khi hoa rụng cánh)		
	18	21	24
Âm (%)	72,75	62,33	53,87
Vitamin C (mg%)	12,17	10,45	7,60
Đường tổng số (%)	16,77	23,40	36,40
Tinh bột (%)	5,43	18,72	22,15

2.3. Phương pháp cắt vỏ hạt sen

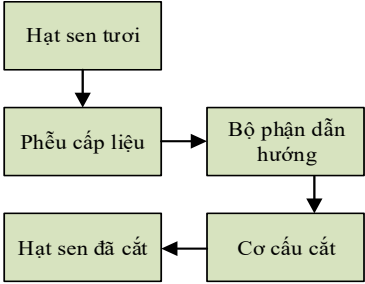
2.3.1. Tách hạt sen tươi thủ công

Tách hạt sen tươi thủ công thì bước đầu tiên phải lấy hạt sen tươi ra từ gương sen bằng tay hoặc bằng dao. Sau đó dùng dao để cắt vòng quanh vỏ và bóc lớp vỏ tươi ra khỏi hạt. Tiếp theo là bóc lớp vỏ lụa và bước cuối cùng là lấy tim sen ra bằng cách dùng một que nhỏ có đường kính vừa phải và chọc vào gù của hạt sen để đẩy tim sen ra ngoài.

2.3.2. Cắt vỏ hạt sen tươi bằng máy

Dựa vào phương pháp cắt tách vỏ hạt sen thủ công, nhóm tác giả đề xuất phương pháp cắt vỏ hạt để dễ tách vỏ ra khỏi hạt nhất bằng cách cắt bao quanh phần hình trụ của

hạt sen, như Hình 1.



Hình 4. Quy trình cắt hạt sen bằng máy

Quá trình cắt vỏ hạt sen của bộ phận cắt được thực hiện như miêu tả trong Hình 4. Hạt sen tươi sẽ được đưa vào phễu cấp liệu đến các chi tiết định vị hạt sen (các chi tiết định vị có chức năng dẫn hướng hạt sen đi vào cơ cấu cắt đúng vị trí, qui trình này được miêu tả cụ thể trong Mục 3.1.2). Sau đó hạt lăn đến cơ cấu cắt. Thành phẩm ở khâu này là hạt sen có vết cắt trên vỏ tương ứng với chu vi của hạt sen như Hình 1. Hạt sen sau khi cắt vỏ là nguyên liệu đầu vào của khâu tiếp theo là khâu tách vỏ.

2.3.3. Đề xuất nguyên lý hoạt động của bộ phận cắt vỏ hạt sen

Nguyên lý hoạt động của BPCV được trình bày như Hình 5. Tất cả các bộ phận/chi tiết được cố định trên khung máy. Đầu tiên, hạt sen tươi được đưa vào phễu cấp liệu (1) và rơi vào các rãnh phân luồng của phễu; Ru lô dẫn hướng (2) và Ru lô chủ động (9) cuốn các hạt sen lăn qua bộ phận dẫn hướng (3). Sau khi đi qua bộ phận dẫn hướng, hạt sen dưới tác dụng của Ru lô chủ động đi qua bộ đỡ (8) có cắt các rãnh để dao cắt

tiếp xúc và cắt được vỏ hạt sen. Tại đây, bộ phận trượt và bộ lắp dao (7) chuyển động tịnh tiến, nhờ cơ cấu cam-con lăn (5) và lò xo (6), cắt vỏ hạt sen khi lăn qua bề đỡ. Mô hình hóa từng chi tiết được trình bày trong Mục 3.1 và chức năng của từng bộ phận/chi tiết được miêu tả chi tiết như sau:

- *Phễu cấp liệu (1)*: Chứa nguyên liệu và có các rãnh dẫn hướng để đưa các hạt sen vào đúng vị trí dẫn hướng của bộ phận dẫn hướng vào lưỡi dao cắt.

- *Ru lô dẫn hướng (2)*: Dẫn hướng hạt sen ($w_3 < w_2$ và quay cùng chiều với ru lô chủ động (9)).

- *Bộ phận dẫn hướng (3)*: Định hướng hạt lăn vào đúng vị trí của dao cắt trong bộ phận cắt.

- *Động cơ điện (4)*: Dẫn động chính của bộ phận cắt, truyền động từ động cơ đến ru lô dẫn hướng, ru lô chủ động và trục cam bằng bộ truyền xích.

- *Cơ cấu cam (5)*: Chuyển đổi từ chuyển động quay tròn của trục cam sang chuyển động tịnh tiến của con lăn, con lăn được lắp trên bộ phận trượt.

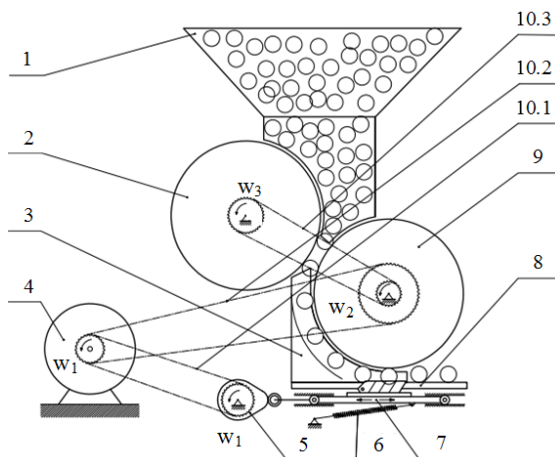
- *Lò xo (6)*: Giúp bề mặt con trượt luôn tiếp xúc với bề mặt cam.

- *Bộ phận trượt và lắp dao (7)*: Lắp dao và chuyển động tịnh tiến để tạo ra vận tốc cắt.

- *Bề đỡ (8)*: Bề đỡ kết hợp với bề mặt của ru lô chủ động tạo thành cơ cấu giữ hạt sen khi đi qua dao cắt. Hơn nữa, bề đỡ có chức năng tạo khoảng cách nhất định giữa hạt sen và dao cắt để dao không cắt vào phần thịt hạt.

- *Ru lô chủ động (9)*: Tiếp xúc với hạt sen và tạo ra lực ép để hạt sen lăn trên bề đỡ, đồng thời tạo ra lực ma sát để hạt sen lăn trong rãnh dẫn hướng.

- *Bộ dây xích (10)*: Truyền động từ động cơ đến cam (10.1), từ động cơ đến ru lô chủ động (10.2) và từ ru lô chủ động đến ru lô dẫn hướng (10.3).



Hình 5. Nguyên lý cắt hạt sen bằng máy; 1. Phễu; 2. Ru lô dẫn hướng; 3. Bộ phận dẫn hướng; 4. Động cơ điện; 5. Cơ cấu cam con lăn; 6. Lò xo; 7. Bộ phận trượt và lắp dao; 8. Bề đỡ; 9. Ru lô chủ động; 10.1. – 10.3. Bộ dây xích; w_1 . Vận tốc góc của động cơ và cam; w_2 . Vận tốc góc của Ru lô chủ động; w_3 . Vận tốc góc của Ru lô dẫn hướng

3. Mô hình hóa, kết quả và thảo luận

3.1. Mô hình hóa

3.1.1. Thiết kế phễu cấp liệu và rãnh phân luồng

Phễu cấp liệu và rãnh phân luồng gồm 6 rãnh như Hình

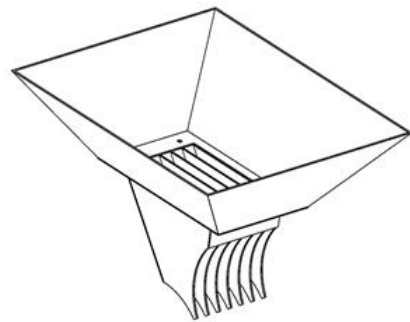
6. Phễu cấp liệu được ghép từ bốn tấm thép dày 3mm, độ nghiêng của bốn vách của phễu cấp liệu (α) so với phương ngang được tính toán để đảm bảo hạt sen có thể tự trượt trên vách phễu nhằm mục đích hạt sen có thể tự rơi vào 6 rãnh phân luồng. Góc nghiêng α này tính toán dựa vào góc ma sát trượt như Hình 7 và công thức (1), (2).

$$P \cdot \sin \alpha \geq F_{ms} = k \cdot P \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

Từ (1), ta có:

$$\tan \alpha \geq \frac{k}{p} \quad (2)$$

Trong đó, k là hệ số ma sát trượt của vỏ hạt sen và thép (được phủ lớp sơn bảo vệ), P là trọng lượng hạt sen, F_{ms} là lực ma sát. Đối với rãnh phân luồng, bề rộng rãnh phải lớn hơn chiều dài hạt sen. Kích thước hạt sen được cung cấp trong Bảng 1. Trong nghiên cứu này, bề rộng rãnh được thiết kế là 24mm.



Hình 6. Phễu cấp liệu và dẫn phân luồng

Hình 7. Sơ đồ tính góc nghiêng của vách phễu

3.1.2. Thiết kế cụm chi tiết dẫn hướng và định vị hạt sen

Cụm chi tiết dẫn hướng và định vị hạt sen bao gồm ba chi tiết như Hình 8a: (2) ru lô dẫn hướng, (3) chi tiết dẫn hướng, (9) ru lô chủ động. Cả ba chi tiết này được dán một lớp cao su đàn hồi có chiều dày 8mm để hạt sen không bị dập. Hai chức năng chính của cụm chi tiết này nhằm đảm bảo:

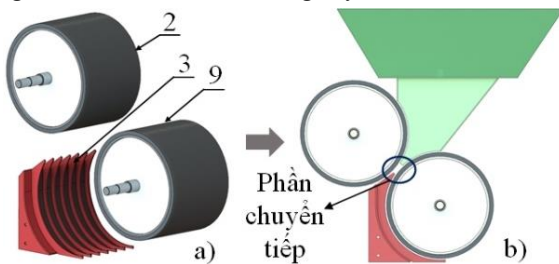
- *Chức năng thứ nhất*: hạt sen luôn tiếp xúc với bề mặt của ru lô dẫn hướng – ru lô chủ động và luôn tiếp xúc với ru lô chủ động – chi tiết dẫn hướng khi hạt sen đi qua khe hở của từng cặp chi tiết tương ứng.

- *Chức năng thứ hai*: định vị hạt sen khi lăn trong rãnh dẫn hướng.

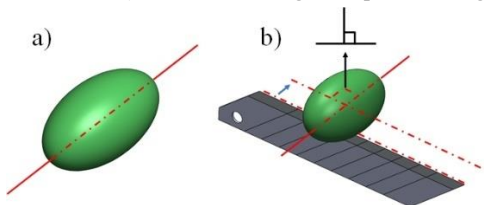
Hình 8b thể hiện hình chiếu đứng của cụm chi tiết dẫn hướng và định vị hạt sen với phễu cấp liệu khi hoạt động. Phần chuyển tiếp giữa rãnh phân luồng và chi tiết dẫn hướng không được cách xa hơn đường kính hạt sen (Bảng 1). Nếu khoảng cách này lớn hơn đường kính hạt sen thì hạt sen có thể rơi qua khoảng hở này ra ngoài hoặc rơi vào rãnh khác.

Khoảng hở hướng kính giữa hai ru lô (ru lô dẫn hướng và ru lô chủ động) nhỏ hơn đường kính hạt sen khoảng 2mm. Khi hạt sen rơi vào khoảng hở này sẽ cọ sát với hai ru lô và lăn tại vị trí này trong khoảng thời gian nhất định (hai ru lô

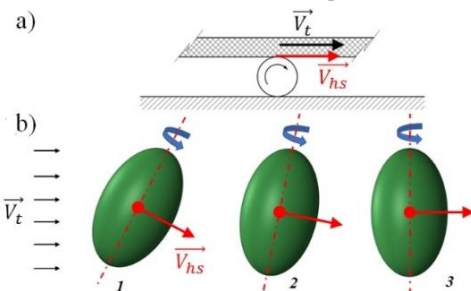
có cùng kích thước đường kính nên khoảng thời gian này phụ thuộc vào độ chênh lệch vận tốc góc w_2 của ru lô chủ động và w_3 của ru lô dẫn hướng, $w_2 \geq w_3$ và quay cùng chiều). Khoảng cách giữa bề mặt bộ phận dẫn hướng và bề mặt ru lô chủ động cũng bằng khoảng hở hướng kính giữa hai ru lô đã nêu ở trên. Hơn nữa, bộ phận dẫn hướng lắp với khung máy bằng các bulong, nên có thể điều chỉnh khoảng cách giữa bề mặt của bộ phận dẫn hướng và ru lô dẫn hướng. Bên cạnh đó, khoảng cách t (Hình 10) là khoảng cách từ mặt trên của bộ đỡ (8) đến đường kính ngoài của ru lô chủ động (9) được xác định phải nhỏ hơn đường kính nhỏ nhất của hạt nguyên liệu (Bảng 1) để tạo lực ma sát giữa hạt và bộ đỡ cũng như giữa hạt và ru lô chủ động và đảm bảo hạt sen không trượt khi đi qua dao cắt. Bộ đỡ được cố định với khung máy bằng 4 bulong M6 và có thể điều chỉnh khoảng cách t bằng cách điều chỉnh các bulong này.



Hình 8. Cụm chi tiết dẫn hướng và định vị hạt sen; a) Cụm chi tiết; b) Hình chiếu đứng khi lắp trên khung máy



Hình 9. Định vị hạt sen; a) Đường tâm hạt sen; b) Định vị hạt sen khi lăn qua dao



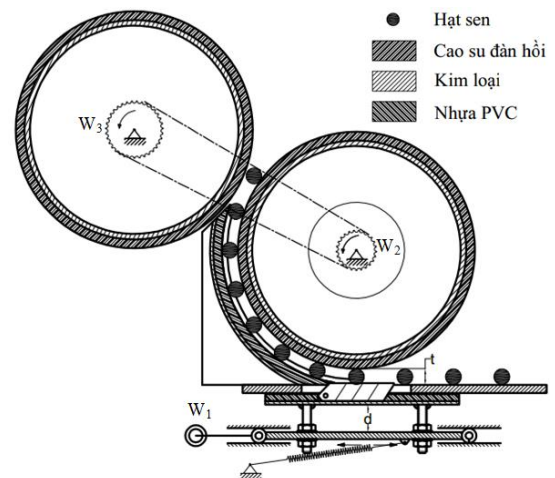
Hình 10. Sơ đồ hạt sen khi lăn qua dao; a) Khoảng hở tiếp xúc; b) Vận tốc dài của các thành phần

Chức năng thứ 2 của cụm chi tiết dẫn hướng và định vị hạt sen được mô tả như Hình 9. Hình 9a, thể hiện đường tâm của hạt sen. Để dao cắt có thể cắt vòng quanh hạt sen thì đường tâm của hạt sen phải vuông góc rãnh dẫn hướng. Nói cách khác, đường tâm hạt sen phải vuông góc với đoạn thẳng dọc theo lưỡi dao cắt như Hình 9b. Phân thiết kế dao cắt và bộ đỡ để được trình bày ở các mục tiếp theo. Quá trình hạt sen được định vị trong quá trình lăn trong cụm dẫn hướng và định vị như đã nêu ở trên được giải thích như Hình 10. Hạt sen lăn trong chính giữa khoảng hở giữa ru lô chủ động và chi tiết dẫn hướng được mô tả như Hình 10a. Bề mặt của chi tiết dẫn hướng là cố định, hạt sen chỉ lăn trên bề mặt này. Mặt ngoài ru lô chủ động chuyển động với

vận tốc dài V_t (vector vận tốc V_t được miêu tả như Hình 10b) tiếp xúc với hạt sen, nhờ đó hạt sen có thể lăn trên bề mặt của chi tiết dẫn hướng. Đối với hạt sen, bề mặt tiếp xúc với bề mặt ru lô chủ động cũng có vận tốc dài V_{hs} . Giả sử, lúc đầu đường tâm hạt sen không vuông góc với phương vector V_t , tức là hạt sen không lăn dọc theo rãnh dẫn hướng, lúc này V_t và V_{hs} không cùng phương (như trạng thái 1 trong Hình 10b). Tuy nhiên, tại điểm tiếp xúc (giống như truyền động bánh ma sát và không xảy ra hiện tượng trượt), theo lý thuyết vận tốc dài trên hạt sen V_{hs} bằng với V_t . Do đó, để $V_t = V_{hs}$ thì hai vector vận tốc này phải cùng phương, cùng chiều và cùng độ lớn. Bên cạnh đó, hạt sen có hình oval và khoảng giữa hạt sen có hình trụ nên hạt sen có xu hướng sẽ lăn theo hướng vuông góc với đường tâm của hạt. Hơn nữa, khoảng cách bề mặt ru lô chủ động và bề mặt chi tiết dẫn hướng là cố định (như là một rãnh vòng cung). Như vậy, điều kiện lý tưởng nhất để hạt sen lăn trong cụm chi tiết này được miêu tả như quá trình từ trạng thái 1 đến trạng thái 3 như Hình 10b. Nói cách khác, khi hạt sen lăn trong cụm chi tiết dẫn hướng này sẽ tự động điều chỉnh hướng lăn theo ý đồ thiết kế đã đề ra.

3.1.3. Thiết kế bộ phận lắp dao và cụm dao cắt

Độ cao lưỡi cắt của dao so với bộ đỡ, có thể điều chỉnh được bằng cách điều chỉnh khoảng cách d (Hình 11) bằng bốn bulong M8 (bulong ghép giữa bộ phận trượt và bộ gá dao). Phần nhô lên của lưỡi dao so với bề mặt bộ đỡ không lớn hơn chiều dày của vỏ hạt sen, nếu lớn hơn lưỡi dao cắt sẽ cắt phạm vào phần thịt của hạt sen.



Hình 11. Cấu tạo bộ phận cắt hạt sen; t : khoảng cách giữa lớp cao su đàn hồi của ru lô chủ động và bộ đỡ; d : khoảng cách giữa giá lắp dao cắt và bộ phận trượt

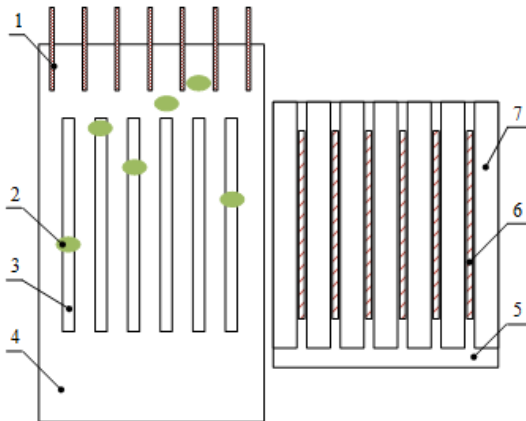
Dao sử dụng trên bộ phận cắt là dao rọc giấy có chiều rộng 18mm có sẵn trên thị trường, nhằm thay thế dễ dàng, chi phí thấp. Tuy nhiên, chiều dài lưỡi dao cần cắt ngắn tương đương với chu vi hạt sen để đảm bảo dao không cắt vào vết cắt trước đó. Do đường kính hạt sen được chọn là 15 – 17mm, nên chiều dài dao được xác định bằng chu vi hạt sen và có giá trị 47 – 53mm. Trong nghiên cứu này chiều dài lưỡi dao cắt (L_d) là 55mm.

Quá trình thiết kế bàn trượt và bộ phận gá dao cắt cần lưu ý:

- Đảm bảo điều chỉnh chiều cao dao dễ dàng.
- Bộ phận gá dao cần chắc chắn, lực kẹp dao phải đảm bảo và khi thay thế dao dễ dàng.

• Đảm bảo độ song song giữa bề mặt các dao cắt và bề mặt bệ đỡ.

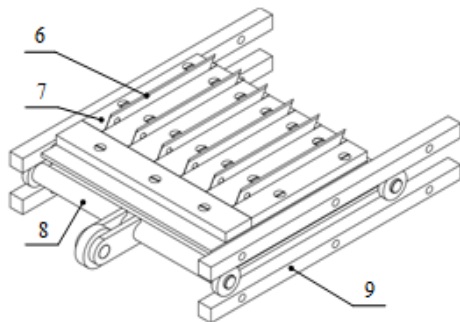
Hình 12 thể hiện quá trình cắt khi hạt sen lăn qua bộ dao cắt. Khi hạt sen (2) lăn ra từ vách ngăn (1) của bộ phận dẫn hướng, hạt sen luôn tiếp xúc với bề mặt bệ đỡ (4) và sẽ lăn qua rãnh trên bệ đỡ (3) có lưỡi dao nhô cao hơn mặt bệ đỡ. Các dao (6) được cố định trên bộ phận trượt và lắp dao (7) nhờ các thanh gá dao (7). Để tạo được chuyển động cắt của dao, bộ phận trượt và lắp dao (7) được lắp vào bản trượt có cơ cấu cam-con lăn (5). Do đó vỏ hạt sen sẽ được cắt xung quanh hạt, như Hình 3, sau khi lăn qua cơ cấu cắt.



Hình 12. Nguyên lý của bệ đỡ, bộ phận trượt và lắp dao;

1. Bộ phận dẫn hướng; 2. Hạt sen tươi; 3. Rãnh trên bệ đỡ; 4. Bệ đỡ; 5. Bộ phận trượt và lắp dao; 6. Dao; 7. Thanh gá dao

Dựa vào nguyên lý như Hình 12, mô hình hóa cụm dao cắt được thiết kế như Hình 13. Các dao cắt được cố định trên bộ phận trượt và lắp dao (8) nhờ các thanh gá dao (7). Các thanh trượt (9) giúp chuyển động tịnh tiến cụm dao cắt được lắp lại một cách nhịp nhàng.



Hình 13. Cấu tạo cụm dao cắt; 6. Dao; 7. Thanh gá dao;

8. Bộ phận trượt và lắp dao; 9. Thanh trượt

3.1.4. Tính toán tốc độ quay của 2 ru lô

Trước khi tính toán tốc độ quay của hai ru lô, yêu cầu sau đây cần được thỏa mãn: Từng hạt sen sẽ lăn trên quãng đường từ vị trí ban đầu của bộ phận dẫn hướng (P_1) đến khi ra khỏi cơ cấu cắt (P_3), như Hình 14. Mục đích của yêu cầu này là để tránh tình trạng 2 hạt sen có đường kính khác nhau lăn cạnh nhau dẫn đến cơ cấu dẫn hướng và bộ phận cắt chỉ dẫn hướng và cắt hạt có đường kính lớn hơn. Như vậy, có 3 quãng đường s_1 (tương ứng từ P_0 đến P_1), s_2 (tương ứng từ P_1 đến P_2), s_3 (tương ứng từ P_2 đến P_3); để thỏa mãn điều kiện trên thì thời gian hạt sen lăn qua quãng đường s_1 bằng tổng thời gian hạt sen lăn qua quãng đường s_2 và s_3 . Tức là:

$$t_1 \geq t_2 + t_3 \quad (3)$$

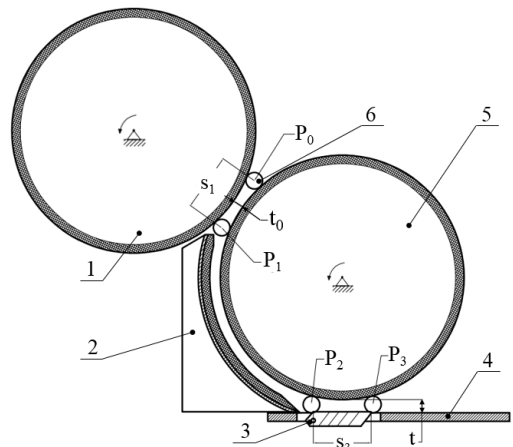
Trong đó, t_1 , t_2 và t_3 là thời gian hạt sen lăn qua các quãng đường tương ứng s_1 , s_2 , và s_3 .

Trước khi xác định giá trị các khoảng thời gian trên ta cần xác định độ lún của lớp cao su đàn hồi (Q) dán trên các ru lô và bộ phận dẫn hướng. Độ lún được xác định bằng phương pháp thực nghiệm. Phương pháp này được xác định bằng cách đo giá trị (t) khi cho hạt sen lăn qua bệ đỡ (4) và ru lô chủ động (2), như Hình 14. Độ lún Q của lớp cao su được xác định:

$$Q = D - t \quad (4)$$

Trong đó, D là đường kính hạt sen.

Trong nghiên cứu này, Q được chọn là 2,5–3,5mm, tương ứng với đường kính hạt sen là 15–17mm. Khoảng hở t_0 giữa hai ru lô và khoảng hở giữa ru lô chủ động và bề mặt dẫn hướng được chọn là $t_0 = 10$ mm (tương ứng với độ lún của lớp cao su là 3,5mm). Chọn giá trị độ lún lớn hơn sẽ giúp khoảng hở t_0 nhỏ, từ đó hạt sen có đường kính nhỏ hơn 15mm vẫn có thể tiếp xúc với 2 ru lô khi lăn qua vị trí này. Chú ý: đường kính hạt sen lấy trung bình trong khi tính toán là 16mm, và độ lún lớp cao su (tương ứng với đường kính hạt sen $D = 16$ mm và khoảng hở 2 ru lô $t_0 = 10$ mm) là $Q = 3$ mm.



Hình 14. Sơ đồ tính toán tốc độ quay của hai ru lô;

1. Ru lô dẫn hướng; 2. Bộ phận dẫn hướng; 3. Dao cắt; 4. Bệ đỡ; 5. Ru lô chủ động; 6. Hạt sen

Như vậy, thời gian hạt sen lăn qua dao cắt được tính như sau: (giả sử tốc độ quay của ru lô chủ động và ru lô dẫn hướng tương ứng n_1 và n_2 , đơn vị vòng/phút).

$$t_3 = \frac{s_3}{V_{hs}} = \frac{s_3}{S_{rulo} \cdot n_1} = \frac{0,077}{n_1} (\text{phút}) \quad (5)$$

Trong đó, S_{rulo} là chu vi của ru lô tương ứng độ lún của lớp cao su là 3mm; đường kính ru lô là $D_{rulo} = 232$ mm. Hơn nữa, $s_3 = 55$ mm lấy bằng chiều dài dao cắt. Chú ý, vận tốc của hạt sen khác nhau tại từng vị trí khi hạt sen lăn qua lưỡi cắt do độ lún của lớp cao su khác nhau. Tuy nhiên, sự thay đổi này không nhiều nên khi tính toán vận tốc này xem như không đổi.

Như trên, thời gian hạt sen lăn qua bộ phận dẫn hướng:

$$t_2 = \frac{s_2}{V_{hs}} = \frac{s_2}{S_{rulo} \cdot n_1} = \frac{0,254}{n_1} (\text{phút}) \quad (6)$$

Trong đó, $s_2 = 180$ mm được đo trên bản vẽ tương ứng với chiều dài vòng cung mà hạt sen phải lăn qua trong rãnh của bộ phận dẫn hướng (3). Như vậy, thời gian để hạt sen lăn qua khoảng hở giữa 2 ru lô là $t_1 \geq \frac{0,331}{n_1} (\text{phút})$.

Gọi V'_{hs} là vận tốc dài của ru lô dẫn hướng tại vị trí tiếp xúc với hạt sen, với $s_1 = 54,2\text{mm}$. Tốc độ quay của ru lô dẫn hướng được xác định như sau:

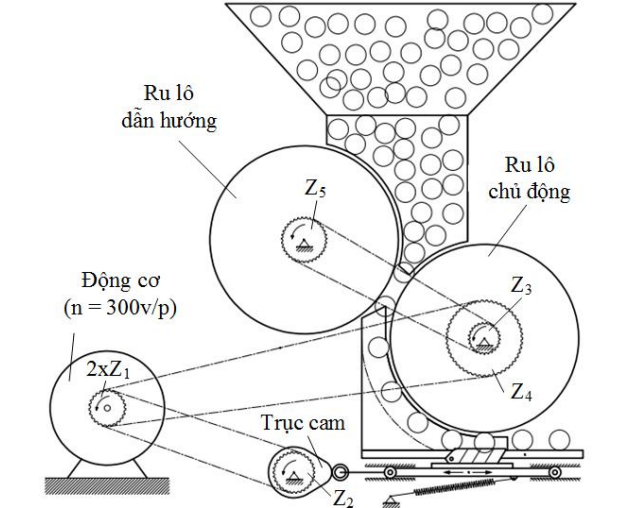
$$V_{hs} - V'_{hs} = \frac{s_1}{t_1} \text{ (mm/phút)} \tag{7}$$

$$n_2 \geq 0,769 \cdot n_1 \tag{8}$$

Theo kết quả (8) ta có thể lựa chọn số răng bánh xích lắp trên trục của 2 ru lô. Số răng bánh xích lắp trên ru lô chủ động và ru lô dẫn hướng tương ứng là 25 và 32 răng.

3.1.5. Tính toán vận tốc hạt sen và bộ truyền động

Đối với vận tốc lăn của hạt sen trong cơ cấu dẫn hướng được xác định bằng thực nghiệm với 3 vận tốc khác nhau tương ứng với 3 tỉ số truyền khác nhau giữa động cơ và trục ru lô chủ động, như Hình 15, tỉ số Z_1/Z_4 tương ứng với các giá trị 16/25; 16/32 và 16/48. Tương ứng với các tỉ số truyền này, số vòng quay trục động cơ 300 vòng/phút, vận tốc dài tại vị trí tiếp xúc giữa hạt sen và ru lô chủ động là 2,27; 1,78 và 1,18m/s. Từ kết quả chạy thử nghiệm với 3 tỉ số truyền trên, dựa vào việc quan sát vết cắt trên hạt sen, cho thấy hạt sen lăn trong cơ cấu với vận tốc nhỏ hơn thì hạt sen được định vị chính xác hơn, tuy nhiên, sự khác biệt khoảng 5%. Do đó, tỉ số truyền giữa động cơ và trục ru lô chủ động được chọn là $Z_1/Z_4 = 16/48$.



Hình 15. Sơ đồ truyền động xích

Hơn nữa, khi hạt sen lăn trên bề đồ qua dao cắt, vỏ hạt sen sẽ được cắt miễn là dao cắt chuyển động; hạt sen được định vị đúng vị trí và lực tì đè của lớp cao su trên ru lô chủ động đối với hạt sen lớn hơn lực ma sát khi cắt. Do đó, hành trình cắt không ảnh hưởng lớn đến kết quả cắt vỏ. Tuy nhiên, nếu hành trình dao lớn, tức là độ lệch tâm của cam lớn, sẽ làm tăng công suất động cơ và làm tăng lực quán tính của cơ cấu trượt dẫn đến tăng rung động máy. Hành trình dao cắt được xác thiết kế là 6mm (độ lệch tâm của cam là 3mm).

Sơ đồ truyền động được thể hiện như Hình 15. Động cơ điện 1 pha có hộp giảm tốc quay với tốc độ $n = 300\text{vòng/phút}$. Số răng của các đĩa xích thể hiện như Bảng 3 và tỉ số truyền được thể hiện như Bảng 4.

Bảng 3. Số răng của đĩa xích

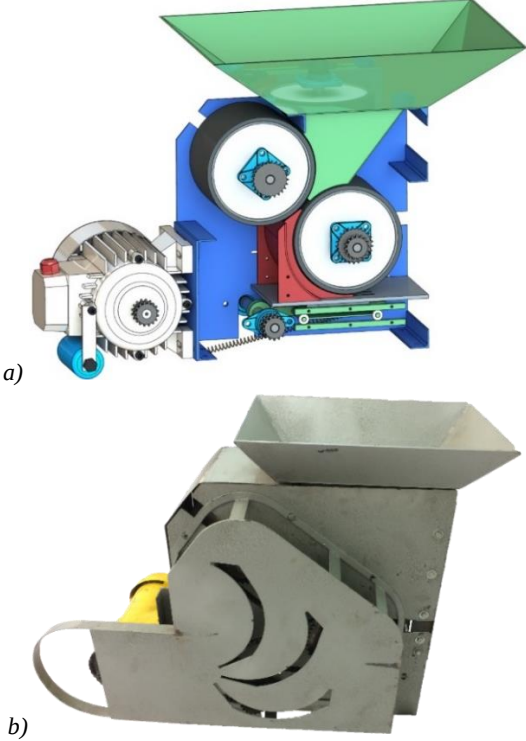
Đĩa xích	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Số răng	16	16	25	48	32

Bảng 4. Tỉ số truyền của bộ truyền xích

Cụm truyền động	Tỉ số truyền
Động cơ với trục cam	16/16
Động cơ với ru lô chủ động	16/48
Ru lô chủ động với ru lô dẫn hướng	25/32

3.2. Kết quả và thảo luận

Bộ phận cắt vỏ hạt sen được chế tạo và chạy thử nghiệm dựa trên nguyên lý cắt vừa được đề xuất. Kết quả cho thấy, nguyên lý vừa đề xuất đạt hiệu quả cao và hạt sen được định vị chính xác khi lăn qua bộ phận cắt. Mô hình hóa máy tách vỏ hạt sen (bộ phận cắt) thể hiện các chi tiết/bộ phận quan trọng của máy được chỉ ra như Hình 16a. Hơn nữa, Hình 16b thể hiện hình ảnh thực tế của máy sau khi chế tạo. Hình 17 là kết quả cắt vỏ hạt sen của bộ phận cắt. Quá trình chạy thử nghiệm máy đạt tỉ lệ thành phẩm 75%.



Hình 16. Máy tách vỏ hạt sen tươi (bộ phận cắt);
a) Mô hình hóa; b) Máy đã chế tạo



Hình 17. Một số hình ảnh kết quả cắt (kết hợp qua máy tách vỏ) vỏ của máy cắt vỏ hạt sen tươi

4. Kết luận

Sau quá trình nghiên cứu, các tác giả đã chế tạo và chạy thử nghiệm bộ phận cắt vỏ hạt sen tươi để kiểm tra nguyên lý cắt đã đề xuất. Bộ ba chi tiết ru lô dẫn hướng, ru lô chủ động và rãnh dẫn hướng cấu thành bộ phận quan trọng để định vị chính xác vị trí của hạt sen khi lần qua dao cắt, vừa là cơ cấu tì đè hỗ trợ việc cắt vỏ. Kết hợp với cụm dao cắt được thiết kế linh hoạt có thể điều chỉnh độ cao dao và thay thế dao dễ dàng, bộ phận cắt có thể cắt hạt sen tươi với nhiều kích cỡ khác nhau và tỉ lệ thành phẩm đạt trên 75%. Kết quả của bài báo là nguồn tư liệu để tham khảo và thực hiện những nghiên cứu trong việc tách vỏ hạt sen, đồng thời có thể tiếp tục nghiên cứu để sớm ứng dụng vào dây chuyền sản xuất hạt sen tươi nguyên liệu. Hơn nữa, bộ phận cắt như một bộ phận hoàn chỉnh, có thể dễ dàng đồng bộ vào dây chuyền gồm nhiều máy khác nhau để tách vỏ hạt sen tươi hoàn chỉnh.

Lời cảm ơn: Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn đến tiến sĩ Dương Văn Ni – Khoa Môi trường – Trường Đại học Cần Thơ và giáo sư Bảo Hân – Trường Đại học Old Dominion, Hoa Kỳ đã nhiệt tình hỗ trợ nhóm khi thực

hiện nghiên cứu này. Đồng thời, nhóm nghiên cứu xin được gửi lời cảm ơn đến Trường Đại học Cần Thơ đã hỗ trợ chi phí và nguồn lực để đăng ký giải pháp hữu ích cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Văn Hữu Thịnh và Nguyễn Thoại Khanh, “Nghiên cứu, thiết kế máy tách hạt ca cao”, *Hội nghị Khoa học và công nghệ toàn quốc về Cơ Khí IV*, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM, 2015, 707-713.
- [2] Xieqing, Xu, Rao Honghui, Li Tao and Liu Muhua, “Design and experiment on automatic husking and peeling machine for lotus seeds”, *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 30(13), 2014, 28-34.
- [3] Zhu, Hengyin, Jincheng He, Wenxi Fang, Dapeng Ye and Shihua Liang, “Design and test of small fresh lotus seed sheller”, *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 33(7), 2017, 28-35.
- [4] Nguyễn Văn Mười, Trịnh Đạt Tân và Trần Thanh Trúc, “Sự thay đổi tính chất hóa lý của hạt sen theo độ tuổi thu hoạch”, *Tạp chí Khoa học*, Trường Đại học Cần Thơ, 11, 2009, 327-334.
- [5] Lê Mỹ Hồng, Nguyễn Thị Thanh My, Nguyễn Thị Nga, Trần Thị Thu Hồng và Lê Văn Khả, “Quy trình chế biến hạt sen đóng hộp”, *Tạp chí Khoa học*, Trường Đại học Cần Thơ, 10, 2009, 245-254.

(BBT nhận bài: 05/5/2019, hoàn tất thủ tục phản biện: 20/6/2019)