

THIẾT KẾ CHẾ TẠO VÀ KHẢO NGHIỆM MÁY TỰ ĐỘNG BÓC VỎ TRỨNG GÀ SAU KHI LUỘC

Nguyễn Thanh Phong¹, Nguyễn Phi Hùng², Trần Sĩ Luyện², Lê Anh Đức¹

TÓM TẮT

Máy tự động bóc vỏ trứng gà sau khi luộc với năng suất thiết kế 500 quả/giờ đã được tính toán, thiết kế và chế tạo. Máy được khảo nghiệm theo phương pháp bố trí thí nghiệm ngẫu nhiên hoàn toàn. Các chỉ tiêu kỹ thuật đánh giá gồm tỷ lệ trứng bóc

¹được vỏ, tỷ lệ trứng bị tổn thương, năng suất và điện năng tiêu thụ. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm và xử lý thống kê thực nghiệm đã xác định được các thông số làm việc của máy là khoảng cách và vận tốc của 2 trục làm dập vỏ trứng có giá trị lần lượt là $\Delta = 45$ mm và $v_d = 0,83$ m/s; khe hở và vận tốc giữa các cặp trục bóc vỏ lần lượt là $e = 1$ mm và $v_b = 0,42$ m/s. Tỷ lệ trứng được bóc vỏ là 95%, tỷ lệ trứng bị tổn thương nhỏ hơn 4,5%, năng suất máy đạt được 590 quả/giờ và điện năng tiêu thụ cho quá trình bóc vỏ là 124,3 Wh.

Từ khóa: máy bóc vỏ tự động, trứng gà luộc, tỷ lệ bóc vỏ, tỷ lệ trứng bị tổn thương, vận tốc bóc vỏ

A STUDY ON THE DESIGN, MANUFACTURING, AND TESTING OF AN AUTOMATED BOILED CHICKEN EGG PEELING MACHINE

ABSTRACT

The automated machine for peeling boiled chicken eggs with a design capacity of 500 eggs per hour was calculated, designed, and fabricated. The machine was tested using a completely randomized experimental design. The evaluated technical indicators included the egg peeling rate, egg damage rate, productivity, and electrical energy consumption. The experimental results and statistical analysis determined the operating parameters of the machine, including the distance and speed of the two shell-cracking rollers, which were $\Delta = 45$ mm and $v_d = 0,83$ m/s, respectively; and the clearance and speed between the peeling roller pairs, which were $e = 1$ mm and $v_b = 0,42$ m/s, respectively. The egg peeling rate was 95%, the egg damage rate was less than 4,5%, the achieved machine productivity was 590 eggs per hour, and the electrical energy consumption for the peeling process was 124,3 Wh.

Key words: automated peeling machine, boiled chicken eggs, egg damage rate, peeling rate, peeling speed.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trứng gà là thực phẩm quan trọng trong khẩu phần dinh dưỡng nhờ giá trị dinh dưỡng cao, giá thành hợp lý và dễ chế biến. Trứng gà được tiêu thụ rộng rãi do nguồn cung ổn định và phù hợp với nhiều đối tượng. Trứng gà luộc cung cấp protein chất lượng cao cùng các vitamin và khoáng chất thiết yếu, góp phần tăng cường sức khỏe, hỗ trợ trao đổi chất, tốt cho não bộ, thị lực, hệ miễn dịch, xương và răng [1][2].

Cùng với sự gia tăng dân số và xu hướng sử dụng thực phẩm tiện lợi, nhu cầu tiêu thụ trứng gà luộc ngày càng tăng, đặc biệt tại nhà hàng, khách sạn, bếp ăn tập thể, trường học và khu công nghiệp. Trứng gà luộc được sử dụng trực tiếp hoặc làm nguyên liệu cho nhiều sản phẩm chế biến sẵn. Tuy nhiên, công đoạn bóc vỏ trứng sau

khí luộc hiện vẫn chủ yếu thực hiện thủ công tại các cơ sở nhỏ và vừa, dẫn đến tốn nhiều lao động, năng suất thấp và khó đảm bảo vệ sinh an toàn thực phẩm.

Mặc dù trên thị trường đã xuất hiện một số loại máy bóc vỏ trứng, song phần lớn các thiết bị này được dùng trong những nhà máy lớn, có giá thành cao, kết cấu phức tạp, đồng thời tỷ lệ trứng bị vỡ hoặc tổn thương trong quá trình bóc vỏ còn đáng kể, khoảng 5% [3].

Trong những năm gần đây, một số nghiên cứu đã đề cập đến thiết kế và chế tạo máy bóc vỏ trứng gia cầm sau khi luộc theo các nguyên lý khác nhau. Tuy nhiên, các nghiên cứu này chủ yếu dừng ở mức đề xuất mô hình hoặc mô tả nguyên lý, chưa có thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của thông số làm việc đến hiệu quả bóc vỏ

¹ Khoa Cơ khí Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

² Sinh viên, Khoa Cơ khí Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

*Email: leanhduc@hcmuaf.edu.vn

và mức độ tổn thương trứng [4]. Ngoài ra, các tài liệu khoa học về bóc vỏ trứng gà sau khi luộc còn hạn chế, đặc biệt là các nghiên cứu phục vụ tính toán thiết kế và tối ưu hóa thiết bị.

Xuất phát từ thực tiễn trên, việc thiết kế, chế tạo và khảo nghiệm máy tự động bóc vỏ trứng gà sau khi luộc là cần thiết và có ý nghĩa khoa học cũng như thực tiễn. Nghiên cứu này nhằm xây dựng một máy tự động bóc vỏ trứng gà phù hợp với các cơ sở kinh doanh nhỏ và vừa, đồng thời

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Vật liệu nghiên cứu là trứng gà công nghiệp sau khi luộc, trứng được thu hoạch từ 1 - 5 ngày do Công ty cổ phần Chăn nuôi CP Việt Nam cung cấp. Trứng có đường kính $B = 42 - 50$ mm và chiều dài $L = 52 - 61$ mm. Mỗi thí nghiệm sử dụng 20 trứng. Quy trình luộc gồm: đun sôi nước, bổ sung giấm hoặc muối với tỷ lệ 1/2 muỗng cho 1 lít nước nhằm tăng độ giòn vỏ và hỗ trợ bóc vỏ; cho trứng vào luộc trong 10 - 11 phút, khuấy đều theo một chiều trong 2 - 3 phút để lòng đỏ nằm giữa, sau đó vớt trứng ngâm trong nước mát khoảng 10 phút để làm nguội trước khi tiến hành thí nghiệm xác định các chỉ tiêu nghiên cứu [5].

Phương pháp tính toán thiết kế: áp dụng lý thuyết tính toán máy bóc vỏ để xây dựng và xác định các chỉ số động lực học của máy [6]. Tham khảo các tài liệu chuyên ngành, công nghệ và các mô hình máy bóc vỏ hiện đang có trên thị trường để làm cơ sở cho việc tính toán và thiết kế [7] [8].

Tính toán thiết kế các chi tiết máy, áp dụng lý thuyết tính toán xích để xây dựng và xác định các chỉ số động lực học của cơ cấu cấp trứng [9]. Áp dụng lý thuyết tính toán thiết kế truyền động đai để xây dựng và xác định các chỉ số động lực học của cơ cấu đập đập vỏ trứng và cơ cấu bóc vỏ trứng gà sau khi luộc [10], [11], [12].

Phương pháp chế tạo: máy được chế tạo đơn chiếc theo các chi tiết từ bản vẽ thiết kế. Phân loại các chi tiết cấu thành máy để tiến hành sản xuất đơn chiếc, các chi tiết theo tiêu chuẩn được chọn mua trên thị trường.

Các tham số thống kê như giá trị trung bình, độ lệch chuẩn, khoảng tin cậy được sử dụng để xử lý các kết quả thực nghiệm. Kiểm tra sự khác biệt của các số liệu thí nghiệm về mặt thống kê bằng phương pháp LSD (Least Significant Difference - Giới hạn sai khác nhỏ nhất) [13].

Phương pháp đo đạc: sử dụng phương pháp đo

tiến hành khảo nghiệm để xác định các thông số kỹ thuật và thông số vận hành ảnh hưởng đến tỷ lệ bóc vỏ, tỷ lệ trứng bị tổn thương sau khi bóc được vỏ, năng suất và điện năng tiêu thụ của máy. Kết quả nghiên cứu sẽ góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho việc hoàn thiện thiết kế và ứng dụng thực tiễn, qua đó nâng cao hiệu quả kinh tế trong chế biến trứng gia cầm và thúc đẩy quá trình cơ khí hóa trong lĩnh vực chế biến thực phẩm.

và cách đọc trị số đo theo đúng tài liệu của từng loại thiết bị trong tài liệu hướng dẫn của nhà sản xuất.

Đo trực tiếp: các thiết bị đo đạc trực tiếp sử dụng trong quá trình thực nghiệm như đồng hồ đo số vòng quay DT-2235-Contact type Digital tachometer của hãng Lutron (Đài Loan), dây đo 2,5 - 99,9 vg/ph, sai số $\pm 0,1$. Điều chỉnh tốc độ quay của các trục công tác bằng biến tần ABB ACS150 công suất 200 W, 1 pha, điện thế 220 V. Ngoài ra còn có các thiết bị đo khác như cân, đồng hồ bấm giây, thước kẹp... để đo trực tiếp các thông số như số vòng quay các trục đập đập trứng, trục bóc vỏ, bánh cóc và góc nghiêng buồng làm việc.

Đo gián tiếp:

Trứng gà sau khi luộc bóc được vỏ là số trứng sau khi qua máy bóc vỏ trứng mà lượng vỏ trứng còn lại trên trứng $< 5\%$ vỏ trứng.

Trứng bị tổn thương trong số trứng bóc được vỏ là số trứng bị biến dạng bề mặt hoặc bị bể trứng trong lượng trứng bóc được vỏ thu được.

Tỷ lệ trứng bóc được vỏ: là tỷ số giữa số lượng trứng bóc được vỏ và lượng trứng đưa vào bóc vỏ ban đầu trong một lần thí nghiệm [3].

$$Y_1 = \frac{a+c}{n} \cdot 100, (\%) \quad (1)$$

Trong đó:

n: số lượng trứng gà sau khi luộc của 1 lần thí nghiệm, (quả).

a: Số lượng trứng gà sau khi luộc bóc được vỏ không bị tổn thương, (quả).

c: Số lượng trứng gà sau khi luộc bóc được vỏ nhưng bị tổn thương, (quả).

Tỷ lệ trứng bị tổn thương: là tỷ số giữa số lượng trứng gà sau khi luộc bóc được vỏ nhưng bị tổn thương trên số lượng trứng bóc được vỏ trong một lần thí nghiệm [3].

$$Y_2 = \frac{c}{a+c} \cdot 100, (\%) \quad (1)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả tính toán thiết kế và chế tạo.

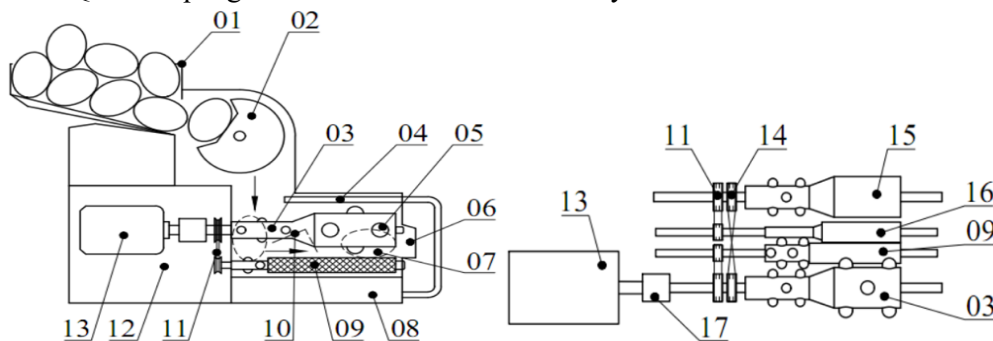
Dựa trên kết quả phân tích, nguyên lý bóc vỏ theo cơ chế đập dập – ma sát được lựa chọn cho trứng gà sau khi luộc do có khả năng bóc sạch vỏ tốt, hạn chế hư hỏng và làm việc liên tục ổn định. So với nguyên lý đập liên tục, cơ cấu này có cấu tạo đơn giản vì chỉ cần các gờ G đập dập tạo điều kiện thuận lợi cho 2 trục bóc vỏ làm việc hiệu quả hơn nên giảm hiện tượng sót vỏ, dễ chế tạo, bảo dưỡng và phù hợp với điều kiện chế biến thực tế tại Việt Nam.

- Các dữ liệu thiết kế ban đầu phục vụ cho việc tính toán và thiết kế được đo trực tiếp thông qua thực nghiệm:

Kích thước trứng gà sau khi luộc có đường kính trung bình 44,90 mm, chiều dài trung bình 57,63 mm, khối lượng trung bình 60,6 g/quả.

Nguồn động lực truyền động cho máy là động cơ điện 1 pha.

Năng suất: $Q = 500$ quả/giờ.



Hình 1. Nguyên lý cấu tạo của máy tự động bóc vỏ trứng gà sau khi luộc

01- Máng cấp liệu; 02-Bánh cóc; 03-Trục đập 1; 04-Ống dẫn nước; 05-G đập; 06-Cửa cấp liệu; 07-Trục; 08-Máng hứng vỏ trứng; 09-Trục bóc vỏ 1; 10-Cơ cấu đỡ và giữ trứng; 11-Bộ truyền động đai tròn; 12-Hộp bảo vệ động cơ; 13-Động cơ; 14-Bộ truyền động đai chéo; 15-Trục đập vỏ 2; 16-Trục bóc vỏ 2; 17-Khớp nối.

Nguyên lý làm việc: khi động cơ (13) hoạt động, bộ truyền đai tròn (11) dẫn động làm quay cụm trục đập dập (03, 15) và cụm trục bóc vỏ (09, 16), đồng thời bơm nước vận hành và phun nước liên tục qua ống dẫn (04) trong suốt quá trình bóc vỏ. Trứng gà sau khi luộc và làm nguội được đưa vào máng cấp liệu (01), bánh cóc (02) quay theo chu kỳ để lấy và phân phối trứng vào buồng làm việc. Các rãnh trên bánh cóc giúp trứng trong máng di chuyển tuần tự, đảm bảo cấp liệu đều. Tại cụm trục đập dập, vỏ trứng được làm dập ở đầu nhọn, đầu tù và bề mặt ngoài nhờ chuyển động quay của các trục (03, 15). Các điểm đập G (05) vừa có nhiệm vụ

Lực bóc vỏ: $F_b = 3,00 \div 3,27$ N

Lực đè giữ trứng: $F_d = 0,2$ N

Đường kính trục bóc vỏ: $d_b = 22$ mm

Khối lượng thể tích của trứng: $\rho_v = 520$ kg/m³.

Hệ số ma sát của trứng gà sau khi luộc so với vật liệu là ống cao su latex: $f=(0,33 - 0,38)$

Tỉ lệ bóc sạch $y_1 > 90\%$.

Không làm hỏng bề mặt trứng, tỉ lệ hỏng $y_2 < 5\%$.

Đảm bảo vệ sinh an toàn thực phẩm.

Trứng được cấp liệu liên tục vào buồng bóc vỏ nhờ cơ cấu cấp liệu theo nguyên lý bánh cóc. Các thông số có thể điều chỉnh khi máy làm việc bao gồm: thời gian cấp trứng vào buồng bóc vỏ, góc nghiêng buồng làm việc (α), số vòng quay cấp trục bóc vỏ (n_b), số vòng quay cấp trục đập dập (n_d) áp suất và lưu lượng nước trong quá trình bóc vỏ.

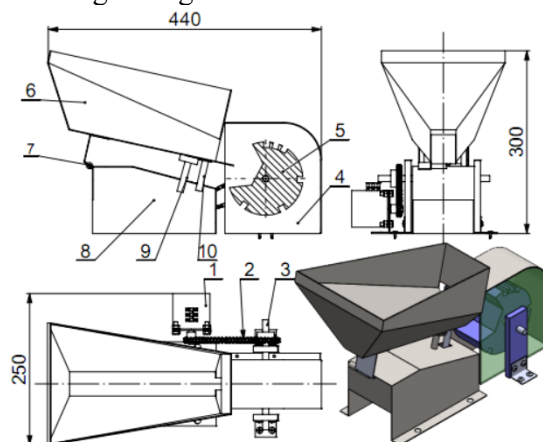
- Kết quả xác định nguyên lý cấu tạo được trình bày trên hình 1.

làm dập vỏ, vừa xoay và vận chuyển trứng sang cụm trục bóc vỏ do được bố trí dạng gờ xoắn như cánh vít tải. Thời gian đập dập tương ứng với một vòng quay của bánh cóc. Sau đó, trứng được đưa vào cụm trục bóc vỏ (09, 16) quay ngược chiều nhau để cuốn và tách vỏ trứng đã bị dập, đẩy vỏ xuống dưới và đưa trứng đã bóc vỏ ra ngoài. Nước phun liên tục giúp quá trình bóc vỏ dễ dàng hơn và làm sạch trứng sau khi bóc. Kết quả tính toán thiết kế:

+ Kết quả tính toán thiết kế cơ cấu cấp và phân phối trứng vào buồng làm việc được trình bày ở hình 2. Bánh cóc phân phối trứng (5) là cơ cấu trung gian giữa máng cấp liệu và cơ cấu bóc vỏ,

có nhiệm vụ đưa trứng từ cửa cấp liệu vào buồng bóc vỏ theo chu kỳ làm việc. Cơ cấu này giúp đảm bảo quá trình làm dập và bóc vỏ diễn ra ổn định, tránh hiện tượng quá tải trong buồng làm

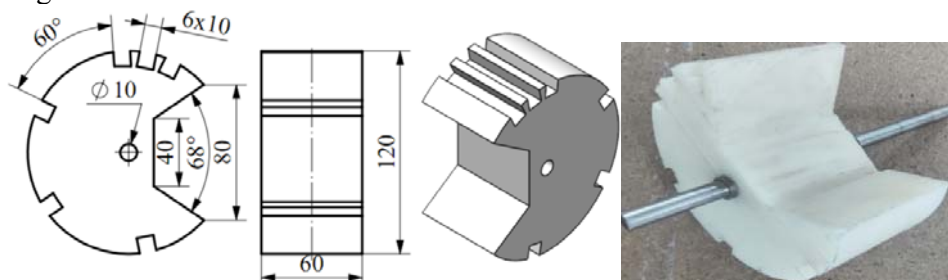
việc. Vai trò của bánh cóc (5) đặc biệt quan trọng vì giúp phân phối trứng đều đặn, qua đó nâng cao tỷ lệ bóc vỏ và đảm bảo chất lượng sản phẩm.



Hình 2. Nguyên lý cấu tạo của cơ cấu cấp và phân phối trứng vào buồng làm việc
1- Động cơ; 2- Truyền động xích; 3- Trục; 4- Chi tiết bảo vệ bánh cóc; 5- Bánh cóc; 6- Máng nạp trứng; 7- Bàn lè; 8- Cơ cấu đỡ máng nạp trứng; 9- Chi tiết giới hạn góc nghiêng máng nạp trứng; 10- Chốt dẫn hướng.

Kết quả tính toán bánh cóc cho thấy trứng di chuyển theo phương ngang từ phễu cấp liệu vào rãnh bánh cóc, với bề rộng trung bình khoảng 45 mm. Do đó, bề rộng bánh cóc được chọn là 60 mm và đường kính 120 mm. Bánh cóc làm từ

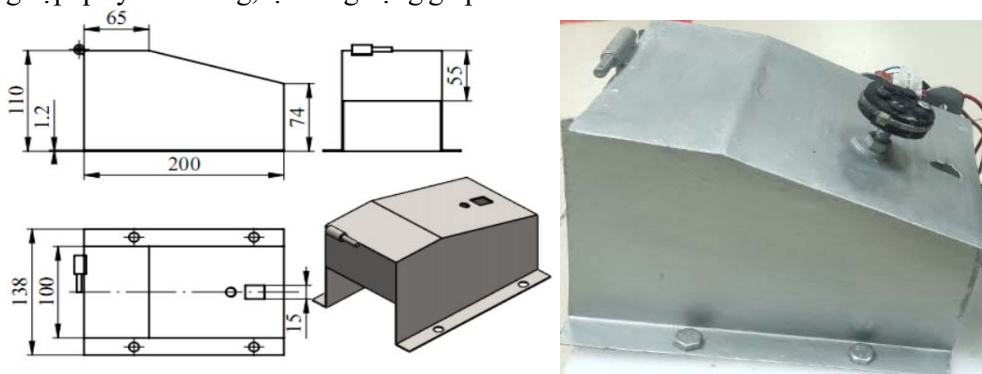
nhựa POM, truyền động bằng xích ANSI 25 (bước xích 6,35 mm), công suất 100 W, tốc độ quay 10 vòng/phút; các thông số kích thước được trình bày ở hình 3.



Hình 3. Các thông số kích thước cơ bản của bánh cóc

Cơ cấu đỡ máng nạp trứng có nhiệm vụ đỡ phễu cấp liệu và được bố trí đệm cao su nhằm giảm tiếng ồn khi làm việc. Phía sau cơ cấu có khớp bản lề cho phép máng nạp quay lên xuống, tạo rung động giúp

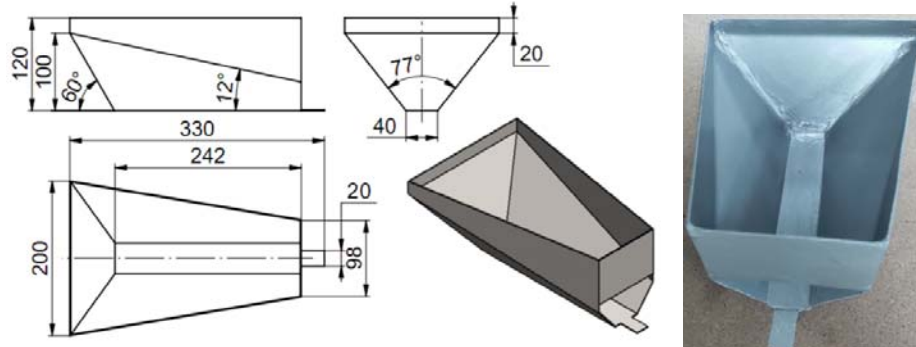
trứng di chuyển đều vào rãnh bánh cóc. Cơ cấu được chế tạo từ thép CT3 dày 1,2 mm; các kích thước chi tiết được trình bày ở hình 4.



Hình 4. Các thông số kích thước cơ bản của cơ cấu đỡ máng nạp trứng

Máng nạp trứng có nhiệm vụ cấp trứng liên tục vào rãnh bánh cóc, đảm bảo phân phối đều vào buồng bóc vỏ; được chế tạo từ inox 304 dày

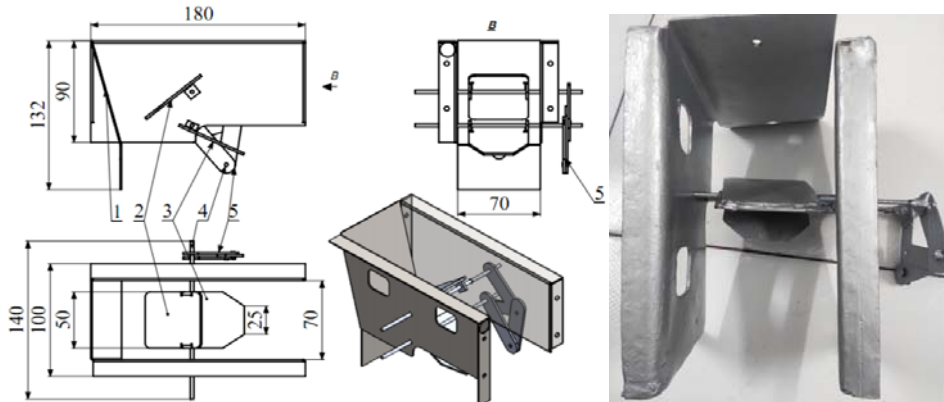
1,2 mm, chứa 20 trứng, kích thước thể hiện ở hình 5.



Hình 5. Các thông số kích thước cơ bản của máng nạp trứng

+ Cơ cấu đỡ và giữ trứng trong buồng làm việc có nhiệm vụ làm chậm chuyển động của trứng sau khi rơi từ bánh cóc vào buồng đập dập và bóc vỏ, tránh trứng thoát ra quá nhanh do góc nghiêng

của máng. Mặc dù không trực tiếp tham gia bóc vỏ, cơ cấu này đóng vai trò quan trọng, giúp quá trình đập dập và bóc vỏ diễn ra hiệu quả và triệt để hơn

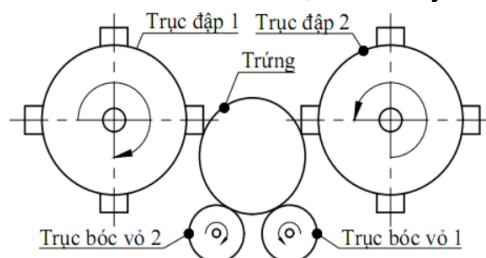


Hình 6. Nguyên lý cấu tạo cơ cấu đỡ và giữ trứng trong buồng làm việc

1-Tấm hướng dòng; 2-Tấm đỡ trứng; 3-Chỉ tiết giữ trứng; 4-Trục đỡ; 5-Cơ cấu hỗ trợ chỉ tiết giữ trứng.

Nguyên lý làm việc của cơ cấu đỡ và giữ trứng được mô tả như sau: khi trứng rơi từ bánh cóc xuống, trứng nằm trên tấm đỡ (2) và được giữ bởi chỉ tiết giữ trứng (3) trong khu vực đập dập, với thời gian lưu đúng bằng một vòng quay của bánh cóc (6 giây). Khi trứng tiếp theo được cấp xuống, trứng trước đó được đẩy sang khu vực bóc vỏ, kết hợp nước phun thích hợp để tách vỏ và thoát ra ngoài. Các kích thước cơ bản được trình bày ở hình 6.

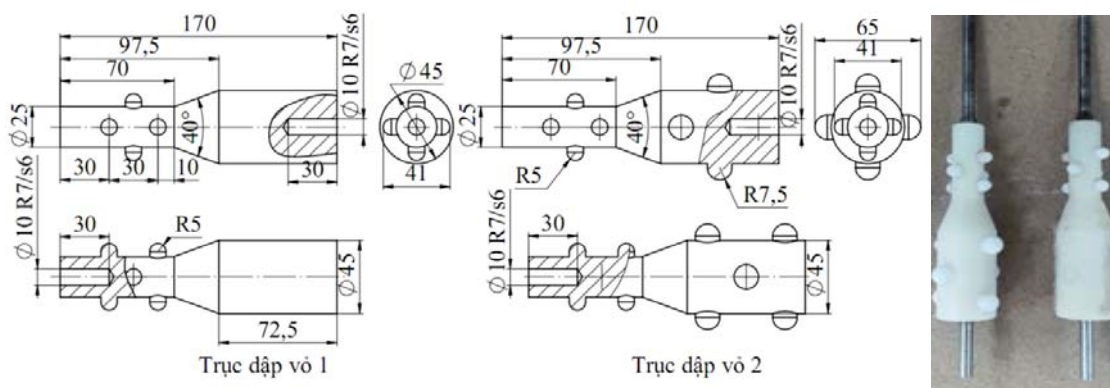
+ Kết quả tính toán thiết kế cho thấy cặp trục đập dập đóng vai trò quyết định trong việc làm dập vỏ để hỗ trợ quá trình bóc vỏ trứng. Hiệu quả đạt được khi các điểm G trên trục được bố trí theo dạng vít tãi với bước không đổi, đồng thời đường kính trục tăng dần theo hướng ra cửa thoát trứng. Hai trục đập dập và hai trục bóc vỏ quay ngược chiều nhau với cùng vận tốc; sơ đồ nguyên lý được trình bày ở hình 7 và hình 1.



Hình 7. Sơ đồ nguyên lý đập dập vỏ trứng và bóc vỏ trứng

Kết quả tính toán cặp trục đập đập vỏ trứng: trục và gờ trên trục đập đập được chọn với vật liệu POM, có độ bền cao từ 70 - 80 Mpa. Vận tốc

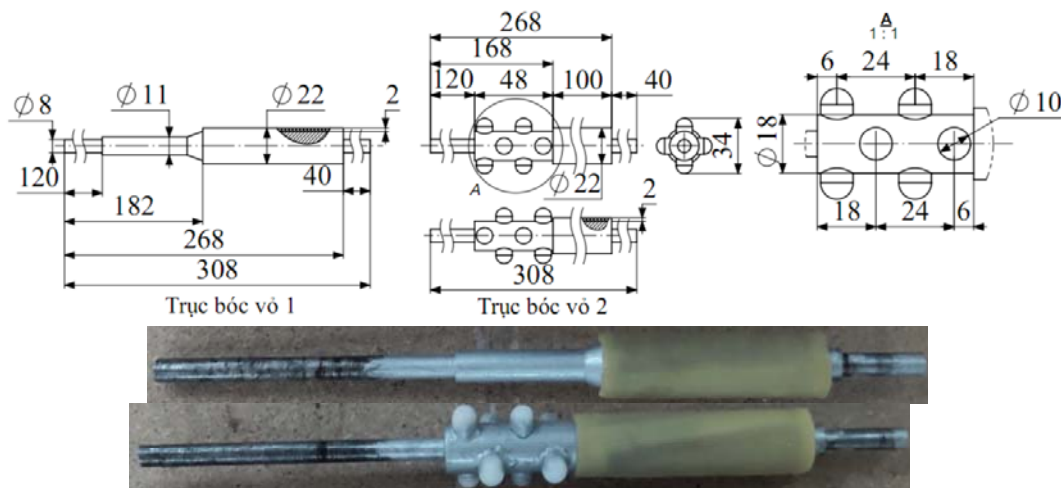
trục đập đập vỏ là 0,83 m/s. Các kích thước cơ bản của gờ đập và trục đập đập vỏ trứng được thể hiện trên hình 8.



Hình 8. Các thông số kích thước cơ bản của 2 trục đập đập trứng.

Cặp trục bóc vỏ giữ vai trò quan trọng trong buồng làm việc của máy. Trên một trục bố trí các gờ đập tại vị trí trứng rơi xuống từ bánh cóc, kết hợp với hai đầu nhỏ của trục đập đập nhằm tăng

hiệu quả làm đập vỏ trên toàn bề mặt trứng. Trục được chế tạo từ inox 304 và bọc cao su latex tự nhiên dày 2 mm để tăng ma sát. Các kích thước cơ bản được trình bày ở hình 9.



Hình 9. Các thông số kích thước cơ bản của 2 trục bóc vỏ trứng gà sau khi luộc.

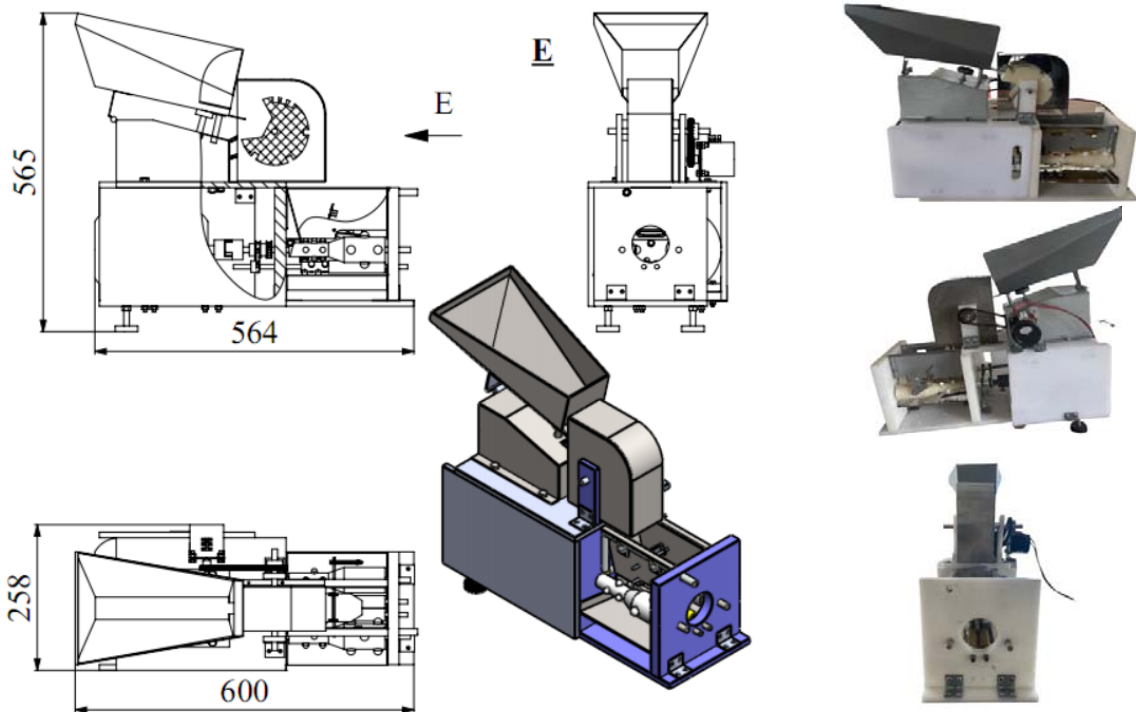
Kết quả tính toán tổng thể các thông số vật lý cũng như các thông số kỹ thuật của máy tự động bóc vỏ trứng gà sau khi luộc với năng suất 500

trứng/giờ được trình bày trong bảng 1 và hình 10.

Bảng 1. Các thông số máy tự động bóc vỏ trứng gà sau khi luộc 500 quả/giờ.

Stt	Các thông số chính	Ký hiệu và giá trị
1	Đường kính trục bóc vỏ, d_b	$d_b = 22 \text{ mm}$
2	Đường kính quét của Gờ đập trên trục bóc vỏ, D_g	$D_g = 34 \text{ mm}$
3	Đường kính trục đập đập vỏ trứng đoạn nhỏ và lớn, d_d	$d_d = 25 \text{ mm}, 45 \text{ mm}$
4	Đường kính quét của Gờ đập trên trục đập đập vỏ trứng, D_d	$D_d = 65 \text{ mm}$
5	Số lượng cặp trục bóc vỏ, n_b	$n_b = 1 \text{ cặp}$
6	Số lượng cặp trục đập đập vỏ, n_d	$n_d = 1 \text{ cặp}$
7	Khe hở giữa 2 trục bóc vỏ, e	$e = 1 \text{ mm}$

8	Khe hở giữa 2 trục đập đập vỏ, Δ	$\Delta = 45 \text{ mm}$
9	Góc nghiêng của máy so với mặt phẳng ngang, α	$\alpha \geq 3^\circ$
10	Vận tốc tiếp tuyến trục bóc vỏ trứng, v_b	$v_b = 0,42 \text{ m/s}$
11	Vận tốc tiếp tuyến tại vị trí gờ của trục đập đập vỏ trứng, v_{dd}	$v_d = 0,83 \text{ m/s}$
12	Công suất động cơ cơ cấu cấp và phân phối trứng vào buồng làm việc, P_{bc}	$P_{bc} = 16 \text{ W}$
13	Công suất động cơ cho bộ phận đập đập và bóc vỏ, P	$P = 100 \text{ W}$
14	Năng suất máy, Q	$Q = 500 \text{ quả/giờ}$



Hình 10. Máy được chế tạo và lắp ráp hoàn chỉnh.

3.2. Kết quả khảo nghiệm

Với các kết quả khảo nghiệm sơ bộ ban đầu đã thực hiện, nghiên cứu đã chọn được các thông số kỹ thuật tốt nhất cho máy tự động bóc vỏ trứng gà sau khi lược như sau: khoảng cách 2 trục đập đập trứng $\Delta = 45 \text{ mm}$; vận tốc tại vị trí gờ của trục đập đập $v_{dd} = 0,83 \text{ m/s}$; vận tốc của các trục bóc vỏ $v_b = 0,42 \text{ m/s}$; khe hở giữa các cặp trục bóc vỏ $e = 1$

mm; góc nghiêng của máy so với mặt phẳng ngang $\alpha = 3^\circ$. Nghiên cứu đã xác định được kết quả tỷ lệ trứng bóc được vỏ y_1 , tỷ lệ trứng bị tổn thương y_2 , năng suất Q và chi phí năng lượng riêng của máy tự động bóc vỏ trứng gà sau khi lược, kết quả được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Kết quả khảo nghiệm máy tự động bóc vỏ trứng gà sau khi lược.

Mẫu	n	a+c	a	c	t	Q	y_1	y_2	A
	(quả)	(quả)	(quả)	(quả)	(giây)	(quả/giờ)	(%)	(%)	(W.h)
1	20	20	19	1	123	585,4	100,0	5,0	125,0
2	20	18	17	1	132	545,5	90,0	5,6	127,0
3	20	19	18	1	114	631,6	95,0	5,3	125,5
4	20	19	19	0	122	590,2	95,0	0,0	122,5
5	20	19	18	1	121	595,0	95,0	5,3	121,5

Trung bình	589,5	95,0	4,2	124,3
Độ lệch chuẩn (s_y)	30,7	3,5	2,4	2,3

Đề ước lượng độ biến động của tỷ lệ trứng bóc được vỏ y_1 cho quá trình bóc vỏ trứng gà sau khi luộc về mặt thống kê cũng như tỷ lệ trứng bị tổn thương y_2 , năng suất Q và điện năng tiêu thụ của máy tự động bóc vỏ trứng gà sau khi luộc, độ lệch tiêu chuẩn thực nghiệm được xác định theo công thức (3):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} (\%) \quad (3)$$

x_i : biến số lần thứ i .

$\bar{x}$: biến số trung bình của các lần bóc vỏ.

n : số mẫu (số lần thí nghiệm), $n = 5$.

Nghiên cứu xác định được:

- Độ lệch chuẩn về tỷ lệ trứng bóc được vỏ: $s_{y1} = 3,5\%$

- Độ lệch chuẩn về tỷ lệ trứng bị tổn thương: $s_{y2} = 2,5\%$

- Độ lệch chuẩn về năng suất bóc vỏ trứng gà sau khi luộc: $s_Q = 30,7$ quả/giờ

- Độ lệch chuẩn về điện năng tiêu thụ: $s_A = 2,3$ Wh

Độ ổn định của các kết quả thí nghiệm, khoảng tin cậy (vùng phân bố) của các chỉ tiêu cho quá trình bóc vỏ trứng gà sau khi luộc, được xác định theo công thức (4):

$$\bar{X}_t - t_{\alpha, n} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X}_t + t_{\alpha, n} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

α : mức ý nghĩa, $\alpha = 0,05$.

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở kế thừa kỹ thuật bóc vỏ trứng gà sau khi luộc từ các mô hình thực tế sản xuất, phân tích các ưu nhược điểm của công nghệ, thiết bị trong và ngoài nước, nghiên cứu đã thiết kế, chế tạo và khảo nghiệm máy tự động bóc vỏ trứng gà sau khi luộc và được thực nghiệm trên trứng gà công nghiệp với thời gian thu hoạch từ 1 đến 5 ngày bước đầu cho thấy kết quả tính toán thiết kế và thực nghiệm đạt yêu cầu và đáp ứng được tỷ lệ trứng bóc được vỏ, tỷ lệ trứng bị tổn thương và năng suất từ yêu cầu thực tế đặt ra.

Kết quả khảo nghiệm sơ bộ đã cho thấy các kết quả phù hợp với tính toán. Các số liệu thực nghiệm được xử lý thống kê đã xác định được chế độ làm việc của máy tự động bóc vỏ trứng gà sau khi luộc

$t_{\alpha, n}$: chuẩn số theo tiêu chuẩn Student tra theo số bậc tự do ($n - 1$) và mức ý nghĩa α .

$$t_{0,05,4} = 2,776$$

μ : số trung bình của chỉ tiêu.

Nghiên cứu xác định được:

- Tỷ lệ trứng bóc được vỏ y_1 :

$$90,6\% \leq y_1 \leq 99,39\%$$

- Tỷ lệ trứng bị tổn thương y_2 :

$$1,29\% \leq y_2 \leq 7,19\%$$

- Năng suất bóc vỏ trứng gà sau khi luộc Q :

$$551,5 \text{ quả/giờ} \leq Q \leq 627,6 \text{ quả/giờ}$$

- Điện năng tiêu thụ A :

$$121,5 \text{ W.h} \leq A \leq 127,1 \text{ W.h}$$

Với kết quả như trên thì tỷ lệ trứng bóc được vỏ y_1 , tỷ lệ trứng bị tổn thương y_2 , năng suất Q và điện năng tiêu thụ của quá trình bóc vỏ trứng gà sau khi luộc được tính từ giá trị trung bình của các lần thí nghiệm lần lượt là 95,0%; 4,2%; 590 quả/giờ và 124,3 Wh. Bốn chỉ tiêu quan trọng của máy tự động bóc vỏ trứng gà sau khi luộc đáp ứng được yêu cầu thực tế ban đầu đặt ra và tương thích với thực tế tại các cơ sở chế tạo máy bóc vỏ trứng gà sau khi luộc bán ra trên thị trường. Như vậy, với máy tự động bóc vỏ trứng gà sau khi luộc đã giải quyết được năng suất, tỷ lệ trứng bóc được vỏ và tỷ lệ trứng bị tổn thương đặt ra ban đầu.

khoảng cách 2 trục đập đập trứng $\Delta = 45$ mm; vận tốc tại vị trí gờ của trục đập đập $v_d = 0,83$ m/s; vận tốc của các trục bóc vỏ $v_b = 0,42$ m/s; khe hở giữa các cặp trục bóc vỏ $e = 1$ mm; góc nghiêng của máy so với mặt phẳng ngang $\alpha = 3^\circ$. tỷ lệ trứng bóc được vỏ y_1 , tỷ lệ trứng bị tổn thương y_2 , năng suất Q và điện năng tiêu thụ của quá trình bóc vỏ trứng gà sau khi luộc được tính từ giá trị trung bình của các lần thí nghiệm lần lượt là 95,0%; 4,2%; 590 quả/giờ và 124,3 W.h

Kết quả nghiên cứu cho thấy máy đáp ứng tốt yêu cầu về năng suất, chất lượng sản phẩm, tiết kiệm năng lượng, phù hợp với các cơ sở sản xuất và kinh doanh quy mô nhỏ, đồng thời có tiềm năng rất lớn ứng dụng trong thực tiễn.

LỜI CẢM ƠN : Nghiên cứu này được tài trợ bởi quỹ nghiên cứu của Trường Đại học

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Antonio Gilbbero Bertechini, Helenice Mazzuco, 2013. *The table egg: a review*, 37 (2):115-122. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542013000200001>
2. Trần Thị Sao Mai, Đặng Thị Oanh, Đặng Thị Hương, Lê Thành Long, Nguyễn Thị Lan Hương, 2020. *Nghiên cứu tạo và tinh sạch kháng thể đa lòng lgY từ lòng đỏ trứng*. Tạp chí Kiểm nghiệm và an toàn thực phẩm, 3:191-195
3. Nguyễn Thanh Phong, Lê Anh Đức, 2024. Thiết kế chế tạo và khảo nghiệm máy bóc vỏ trứng cút tự động. Tạp chí Nông nghiệp Công thôn, số 53, ISSN 1859 – 4026
4. Mr. R. Senthilkumar, G. Lakshman, S. V. Nitin Sanjeeth, T. Rikesh, 2023. *Design and Fabrication of Boiled Egg Shell Removing Machine Integrated with Vegetable Chopper*. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 12(3). DOI: 10.17577/IJERTCONV12IS03050
5. Swapnil S. Patil, Mahesh Pise, Vivek Mahajan, Akshaykumar Lugade, Harshal Kharche, 2017. *Design and analysis of boiled egg peeling machine*. 7th International Conference on recent trends in engineering, science management. p 821-826, ISBN978-93-86171-12-2.
6. Lê Viên, 2003. *Các máy gia công vật liệu*

Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh (Mã số: CS-SV25-CK-02).

rắn và dẻo. Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, trang 74-83

7. TS. Trần Văn Chương, 2001. *Công nghệ bảo quản - chế biến sản phẩm chăn nuôi và cá*. Nhà xuất bản Văn hóa dân tộc, trang 53-54.

8. Van Thanh Tien Nguyen, Tien Bao Tran, Truong Giang Nguyen, Huu Hao Huynh, Van Hieu To, Duc Manh Doan, The Quang Nguyen, Van Thanh Dang, 2019. *An investigation of designing and manufacturing the hard-shell peanut peeling machine with a small scale-size*. International Journal of Scientific and Technology Research, 8 (12), ISSN 2277-8616.

9. Nguyễn Hồng Ân, Nguyễn Danh Sơn, 2004. *Máy vận chuyển liên tục*. Nhà xuất bản Đại Học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh.

10. Nguyễn Hữu Lộc, 2018. *Cơ sở thiết kế máy*. Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh.

11. Nguyễn Trọng Hiệp, Nguyễn Văn Lắm, 2004. *Thiết kế chi tiết máy*. Nhà xuất bản Giáo dục.

12. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển, 2006. *Tính toán, thiết kế hệ dẫn động cơ khí, tập I và II*. Nhà xuất bản Giáo dục.

13. Bùi Minh Trí, 2005. *Xác suất thống kê và qui hoạch thực nghiệm*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật Hà Nội.

- Ngày gửi bài: 06/03/2026

- Ngày phản biện: 10/05/2026

- Ngày duyệt đăng: 02/06/2026