

Thiết kế và chế tạo máy nghiền hạt ngô trên nguyên lý nghiền kiểu búa

Hồ Văn Dũng^{1*}, Trần Đức Hạnh¹, Khương Anh Sơn¹, Lê Thị Kim Anh¹, Nguyễn Thị Kim Anh¹, Võ Minh²

¹Khoa Cơ khí và Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế

²Công ty TNHH Năng lượng Môi trường EB Thừa Thiên Huế

* hovandung@huanf.edu.vn

Tóm tắt

Trước nhu cầu ngày càng gia tăng về thức ăn chăn nuôi, việc ứng dụng cơ giới hóa trong khâu sơ chế nguyên liệu, đặc biệt là đối với ngô hạt, đóng vai trò quan trọng nhằm nâng cao hiệu quả sản xuất và giảm chi phí lao động. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy nghiền hạt ngô theo nguyên lý nghiền kiểu búa, kết hợp với hệ thống sàng lọc và sử dụng động cơ điện một pha. Phương pháp nghiên cứu của đề tài dựa trên cơ sở lý thuyết quá trình nghiền hạt, đồng thời tiến hành khảo nghiệm trên 2 yếu tố là khối lượng hạt ngô đưa vào nghiền, và giá trị khe hở giữa búa nghiền với lưới sàng. Kết quả thử nghiệm cho thấy máy đạt năng suất từ 100 -120 (kg/giờ), kích thước hạt sau nghiền đạt yêu cầu (< 2 mm), với tỷ lệ nghiền bột mịn đạt trên 80 %. Thiết bị có kết cấu nhỏ gọn, dễ vận hành, phù hợp với quy mô hộ gia đình và các cơ sở sản xuất nhỏ lẻ.

Nhận 01/07/2025

Được duyệt 06/08/2025

Công bố 28/09/2025

Từ khóa

Máy nghiền ngô, cơ giới hóa nông nghiệp, thức ăn chăn nuôi, nguyên lý nghiền kiểu búa.

© 2025 Journal of Science and Technology - NTTU

1. Đặt vấn đề

Trước đây, nước ta đơn thuần là một nước sản xuất nông nghiệp, nhưng lương thực sản xuất ra phần nào chỉ đáp ứng nhu phục vụ cho trong nước. Trong thời gian trở lại đây, nông nghiệp Việt Nam đã có những thay đổi về quản lý kinh tế nông nghiệp và ứng dụng khoa học công nghệ đã tạo ra bước ngoặt lớn trong nông nghiệp. Trong cây ngô, hạt ngô có chứa tương đối đầy đủ các chất dinh dưỡng cần thiết cho người và gia súc. Vì vậy, ngô có vai trò quan trọng trong nền kinh tế quốc dân và trong chăn nuôi [1]. Sản xuất ngô ở Việt Nam từ 2018 cho đến nay có những bước nhảy vượt bậc về diện tích, năng suất và tổng sản lượng, nhờ việc không ngừng mở rộng giống ngô lai ra sản xuất, đồng thời cải thiện các biện pháp kỹ thuật canh tác theo đòi hỏi của giống mới. Sản xuất ngô trong năm 2018 đạt 1 033 (nghìn ha) với năng suất bình quân 4,72 (tấn/ha) và tổng sản lượng 4874 (nghìn tấn) [2, 3].

Bảng 1. Mô tả tình hình sản xuất ngô ở Việt Nam trong giai đoạn các năm 2018-2024 [3]

Năm	Diện tích trồng (nghìn ha)	Năng suất (tấn/ha)	Sản lượng (nghìn tấn)
2018 - 2019	1 033	4,72	4 874
2019 - 2020	987	4,79	4 731
2020 - 2021	943	4,83	4 558
2021 - 2022	903	4,92	4 446

2022 - 2023	887	4,99	4 423
2023 - 2024	885	5,01	4 437

Năm bắt những mục tiêu và yêu cầu trong ngành chế biến lương thực thực phẩm, các nhà khoa học, kỹ sư đã nghiên cứu, chế tạo ra những loại máy móc để giảm lao động thủ công và tăng năng suất. Ở trong nước, nhóm tác giả Trương Văn Thảo và cs. Trường Đại học Cần Thơ đã triển khai đề tài "*Thiết kế và chế tạo máy nghiền đĩa sử dụng động cơ 1 kW*" [4]. Theo nghiên cứu này, nhóm tác giả đã thiết kế và chế tạo máy nghiền đĩa, sử dụng động cơ 1 kW chạy thử nghiệm trên 2 vật liệu và lúa đạt năng suất 13,09 kg/h và ngô năng suất 50 kg/h. Nhóm tác giả Vũ Thị Phụng và cs. Trường Đại học Tân Trào đã nghiên cứu các thông số của bộ phận cắt thái để xác định ảnh hưởng đến năng suất của máy băm cây ngô. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tập trung xác định các thông số tối ưu cho lưỡi cắt thái của máy băm thân cây ngô từ đó góp phần nâng cao năng suất [5]. Ngoài ra, nhóm tác giả Hồ Văn Dũng và cs. Trường Đại học Nông Lâm Huế cũng đã nghiên cứu khảo nghiệm các thông số của bộ phận cắt thái ảnh hưởng đến năng suất máy băm củ quả trong nông nghiệp. Nghiên cứu này chỉ ra các đặc điểm cơ bản của bộ phận cắt thái, định hướng để được biên dạng sắc dao tạo điều kiện thuận lợi cho việc nghiên cứu tính toán các tiêu chí thiết kế, tăng năng suất của máy [6]. Ngoài ra, nhóm tác giả Lê Xuân Phúc và cs. cũng đã nghiên cứu đề tài "*Kết quả nghiên cứu, thiết kế, chế tạo máy băm nghiền cành lá, vỏ cây sản xuất Compost làm giá thể ương cây giống lâm nghiệp*". Theo đó, máy được thiết

kế, chế tạo với nguyên lý làm việc và kết cấu phù hợp với đặc điểm nguyên liệu và điều kiện sản xuất lâm nghiệp Việt Nam. Máy được tích hợp hai bộ phận băm và nghiền làm việc liên hoàn, vừa có kết cấu gọn nhẹ vừa đáp ứng được yêu cầu chất lượng và giảm chi phí năng lượng [7]. Năm 2018, một nghiên cứu khác của nhóm tác giả Vũ Văn Đàm và cs. Trường Đại học Thái Nguyên với đề tài “*Thiết kế, chế tạo hệ thống thí nghiệm phục vụ nghiên cứu máy băm một số loại thân cây nông nghiệp*”. Theo bài báo này, nhóm tác giả trình bày một thiết bị thí nghiệm hoàn chỉnh đã được phát triển dựa trên một máy băm cắt thân cây nông nghiệp thương mại thông dụng trên thị trường. Bằng cách thay đổi tối thiểu một số kết cấu cơ khí và bổ sung các thiết bị đo cần thiết, thiết bị thí nghiệm này vừa có thể tiến hành băm cắt bình thường nhưng chức năng của máy thương mại, vừa có thể thu thập đầy đủ các dữ liệu cần thiết phục vụ nghiên cứu [8].

Trên thế giới, từ năm 2005, nhóm tác giả Muchamad Dicky Sobirin và cs. tại Đại học Muhammadiyah Sidoarjo, Ấn Độ đã nghiên cứu sản xuất máy xay ngô sử dụng năng lượng điện và sức người. Theo nghiên cứu này, quy trình bắt đầu bằng việc thiết kế một thiết bị xay ngô, sau đó được khảo nghiệm ở các khối lượng 3 kg, 4 kg và 5 kg ngô, sử dụng cả nguồn điện và nguồn sức người. Kết quả nghiên cứu cho thấy máy có thể nghiền tối đa 30 kg ngô và hạt giống trong thời gian 60 phút [10]. Một nghiên cứu khác của nhóm tác giả Ahmad Junaidi và cs. đến từ Trường Cao đẳng Kỹ thuật Sriwijaya, Indonesia với đề tài “*Thiết kế và chế tạo máy nghiền ngô cho trang trại nuôi vịt*”. Theo đó, máy nghiền ngô được phát triển với các thành phần chính: khung chính, máy xay đĩa, và động cơ truyền động. Năng suất trung bình của máy là 43,69 (kg/giờ) [11]. Một nghiên cứu khác của nhóm Ferdi Fathurohman và cs. với đề tài về “*Đánh giá khảo nghiệm năng suất nghiền của máy cắt bắp, ngô dùng để sản xuất thức ăn gia súc tại Trung tâm Chăn nuôi Cinagarabogo, tỉnh*

Subang, Indonesia”. Trong đó, nghiên cứu đã thiết kế ra một máy nghiền đĩa để nghiền bắp ngô mà phương pháp nghiền cứu bắt đầu từ việc quan sát, phác thảo, tạo thiết kế 2D và 3D, và thực hiện quá trình khảo nghiệm dưới sự kiểm tra của các chuyên gia [12]. Một nghiên cứu khác của nhóm tác giả Aleksashin, A. và cs. với đề tài “*Hiện đại hóa máy nghiền hạt ngô trong điều kiện thiết bị hệ thống và ứng dụng công nghệ thông tin*”. Kết quả nghiên cứu cho thấy, để tăng năng suất, nhóm tác giả đã đề xuất thực hiện hai phương án là phương án điều chỉnh tốc độ quay của đĩa làm việc, và phương án điều chỉnh kích thước của đường kính đĩa làm việc, từ đó cải thiện hiệu quả của máy nghiền [13].

Dựa trên tổng quan nghiên cứu về thiết kế máy nghiền ngô Việt Nam và trên thế giới, việc sử dụng máy nghiền hạt ngô kiểu búa để đánh giá năng suất nghiền trong thực tế vẫn còn hạn chế. Để có thể đánh giá và khảo nghiệm tỷ lệ bột mịn, tỷ lệ hạt thô, hao hụt của hạt ngô trong quá trình nghiền, nhóm nghiên cứu đề xuất đề tài khoa học “*Nghiên cứu và chế tạo máy nghiền hạt ngô dựa trên nguyên lý nghiền kiểu búa*” áp dụng cho hộ gia đình, cơ sở chế biến và hộ sản xuất kinh doanh với qui mô vừa và nhỏ. Đồng thời, máy này được sử dụng để phục vụ công tác nghiên cứu, giảng dạy và học tập tại Khoa Cơ khí và Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế.

2 Phương pháp nghiên cứu

2.1 Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình nghiền

2.1.1 Ảnh hưởng của nhóm yếu tố của máy nghiền
Theo tác giả Brennan (2004) và Ahmad Junaidi (2006), có nhiều loại máy nghiền khác nhau bao gồm máy nghiền búa, máy nghiền bi, máy nghiền trục, máy nghiền đĩa. Chúng được phân loại dựa trên hình dạng và nguyên lý hoạt động. Mỗi loại có nguyên lý nghiền khác nhau, ảnh hưởng đến khả năng nghiền nhuyễn, độ mịn và năng suất. Bảng dưới đây mô tả đặc điểm và vật liệu của từng loại máy nghiền [11].

Bảng 2. So sánh tổng quan các kiểu máy nghiền

Tiêu chí	Máy nghiền kiểu búa	Máy nghiền đĩa	Máy nghiền kiểu trục	Máy nghiền kiểu dao
Nguyên lý hoạt động	Dùng búa quay tốc độ cao va đập vào vật liệu	Dùng đĩa quay và tĩnh nghiền nén và cắt vật liệu	Hai trục quay ngược chiều, ép và cắt vật liệu giữa khe trục	Dùng lưỡi dao quay tốc độ cao để cắt, chém vật liệu
Vật liệu phù hợp	Vật liệu giòn như ngũ cốc, khoáng, than	Vật liệu khô, không quá cứng (cà phê, tiêu, dược liệu)	Vật liệu mềm, dẻo, ẩm như củ quả, nhựa, cao su	Vật liệu sợi, mềm, dễ cắt (rau củ, cỏ, nhựa, bao bì)

Kích thước sản phẩm	Trung bình đến nhỏ, khó kiểm soát chính xác	Rất mịn, có thể điều chỉnh bằng khoảng cách giữa hai đĩa	Thô, không đồng đều	Có thể điều chỉnh tương đối (tùy lưới dao và tốc độ)
Ưu điểm	- Cấu tạo đơn giản - Năng suất cao	- Độ mịn cao - Phù hợp nghiền mẫu nhỏ	- Phù hợp vật liệu dẻo - Độ bền cao	- Linh hoạt - Dễ thay lưới - Ít tạo bụi
Nhược điểm	- Tạo bụi, ồn - Không phù hợp vật liệu ẩm hoặc dẻo	- Năng suất thấp - Chỉ dùng cho vật liệu khô	- Ít linh hoạt với vật liệu cứng hoặc giòn	- Nhanh mòn lưới - Cần kiểm tra bảo trì thường xuyên

Dựa trên đánh giá tổng quan của các loại máy nghiền, nhóm nghiên cứu quyết định lựa chọn máy nghiền kiểu búa để thực hiện đề tài khoa học vì phù hợp với vật liệu hạt ngô. Máy nghiền kiểu búa làm việc theo nguyên lý va đập vỡ. Vật thể bị đập vỡ nhờ động năng va đập của búa. Tùy theo từng loại vật liệu mà vận tốc đầu búa có thể thay đổi. Yêu cầu kỹ thuật đối với máy nghiền kiểu búa là kích thước của bột ngô sau khi nghiền tùy thuộc vào độ tuổi gia súc, gia cầm.

2.1.2 Cơ sở xác định vận tốc và kích thước búa nghiền
Cơ sở xác định vận tốc búa nghiền được xác định theo đặc trưng cơ lý tính của hạt. Các công thức và phương trình bên dưới được tham khảo từ các tài liệu của Vũ Văn Đàm và cs, Tô Quốc Huy và cs, Trịnh Chất và cs. [7, 8, 9]. Hệ số va đập trên đơn vị diện tích được tính theo phương trình số (1).

$$K = \frac{K_d \cdot \sigma_{pv}}{\rho} \quad (1)$$

Trong đó: K_d : hệ số động học đặc trưng cho chuyển động của lớp vật liệu trong buồng nghiền; Với $K_d = 1,6 - 2,0$ chọn $K_d = 1,8$; σ_{pv} : ứng suất phá vỡ hạt, $\sigma_{pv} = 10^6$

(N/m^2); $\rho = 720$ (kg/m^3): khối lượng riêng của vật liệu nghiền. Thay số, tính được $K = 2\,500$ (m^2/s^2).

Mức độ nghiền được tính theo phương trình số (2).

$$\lambda = \frac{D_h}{d_b} \quad (2)$$

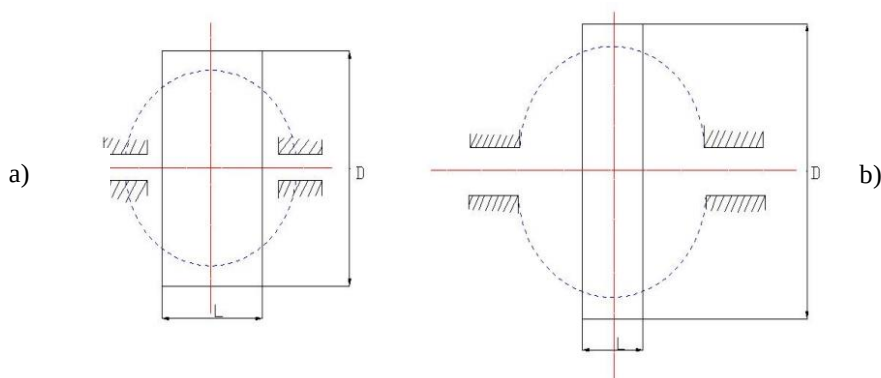
Trong đó D_h : đường kính hạt ngô, $D_h = 5$ (mm), d_b : độ nhỏ bột nghiền, $d_b = 0,5$ (mm). Thay số, tính được: $\lambda = 10$. Vận tốc va đập cần thiết được tính theo công thức số (3).

$$V_{fv} = \sqrt{\frac{K_d \times \sigma_{fv} \times \ln\left(\frac{a}{x_1}\right)}{\rho}} \left(\frac{m}{s}\right) \quad (3)$$

Trong đó: K : hệ số va đập trên đơn vị diện tích, $K = 2\,500$ (m^2/s^2); a : bề dày búa nghiền được tính theo phương trình số (4).

$$a = 2,25 \cdot D_h \quad (4)$$

Do đó, tính được $a = 11,25$ (mm); $x_1 = d_b$: độ nhỏ bột nghiền. Thay các giá trị tính được vào công thức số (3) tính được $V_{fv} = 88$ (m/s).



Hình 1. Dạng trống của máy nghiền kiểu búa a) Vùng nghiền rộng, b) Vùng nghiền hẹp

Buồng nghiền được chọn theo kiểu a) Vùng nghiền rộng với năng suất nghiền $q' = 1,5$ ($kg/m^2 \cdot s$); lưới sàng trong buồng nghiền có kích thước lỗ $\phi = 1,5$ (mm). Ứng với lỗ sàng này sẽ cho bột nghiền có kích thước được tính theo phương trình số (5)

$$d_b = \frac{D_h}{\lambda}$$

Trong đó: D_h : là đường kính hạt ngô (mm); $\lambda = 11,6 - 19,2$ là mức độ nghiền theo tiêu chuẩn Melnhikop. Thay số, tính được $d_b = 0,26 - 0,43$ (mm). Do đó kích thước trung bình của bột nghiền sẽ đạt: $d_b = 0,345$ (mm).

Đường kính trống nghiền được tính theo phương trình số (6):

$$D = \sqrt{\frac{K \cdot q}{q'}} \quad (6)$$

Trong đó: K: tỉ số k được chọn k = 2; q': năng suất nghiền trung bình, q: năng suất của máy thiết kế được tính theo biểu thức số (7):

$$q = \frac{m}{3600} \quad (7)$$

Với m là năng suất thiết kế ban đầu là 120 (kg/giờ); chuyển thành năng suất m^{c)} kế là: $q = \frac{1}{30}$ (kg/giây).

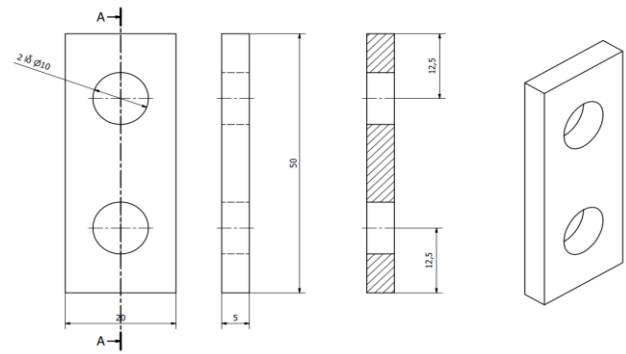
Thay vào phương trình số (6) tính được đường kính trống nghiền D = 210 (mm).

Chiều rộng trống được tính theo biểu thức số (8)

$$L = \frac{D}{K} \quad (8)$$

Với D: đường kính trống trung bình, tính được L = 105 (mm).

Để tăng hiệu quả nghiền ta lắp thêm các tấm đập phụ và chọn khe hở giữa các búa nghiền từ 3-12 (mm). Chọn khe hở h = 3 (mm). Kích thước của búa nghiền được mô tả như ở Hình 2.



Hình 2. Kích thước búa nghiền

Ngoài ra, quá trình tính toán năng suất nghiền thực tế của máy còn dựa vào biểu thức số (9) [10]

$$\begin{aligned} \text{Năng suất nghiền} \left(\frac{\text{kg}}{\text{giờ}} \right) &= \frac{\text{Khối lượng nguyên liệu (kg)}}{\text{Thời gian nghiền (giờ)}} \cdot 3600 \end{aligned} \quad (9)$$

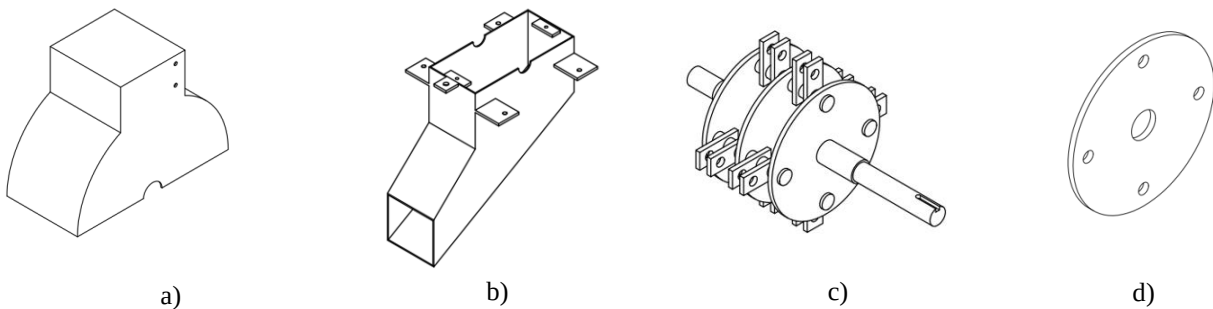
3 Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Xác định yêu cầu kỹ thuật của máy nghiền hạt ngô

Về năng suất nghiền: máy nghiền cần đảm bảo năng suất 120 (kg/giờ). Hạt ngô sau khi nghiền cần đạt độ mịn có kích thước từ 0,5 - 1,5 (mm) [14]. Máy có tối ưu hóa tiêu thụ năng lượng, giảm hao phí và đảm bảo hoạt động bền bỉ, liên tục. Phần thiết kế máy có thể dễ tháo lắp và bảo trì, giúp vệ sinh nhanh chóng, đảm bảo vệ sinh an toàn thực phẩm và độ bền máy. Ngoài ra, đảm bảo an toàn trong quá trình sử dụng máy.

3.2. Thiết kế bản vẽ 3D của máy

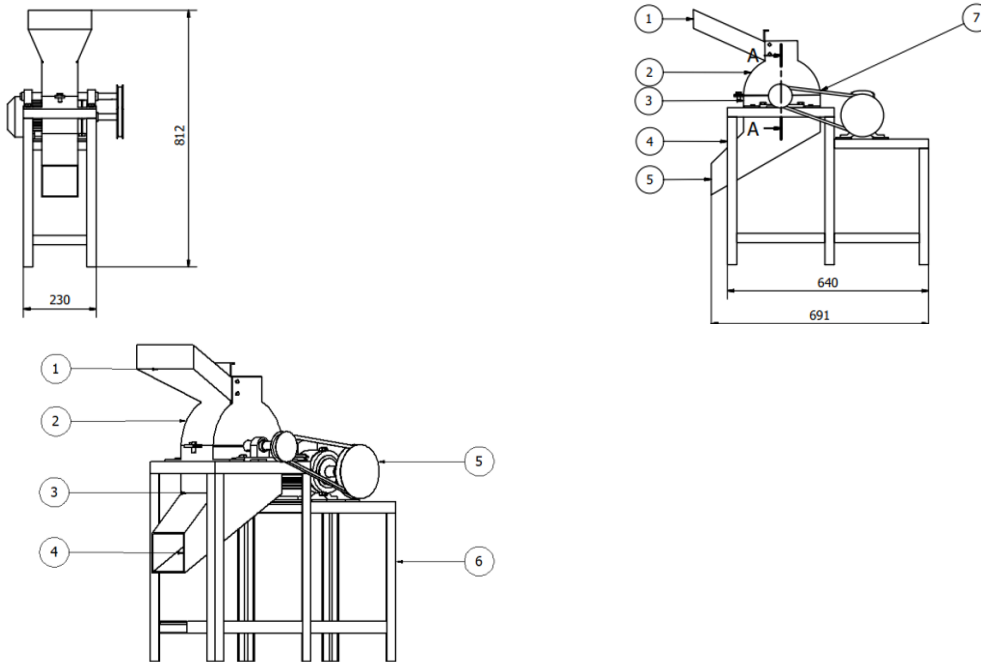
Bản vẽ 3D của các chi tiết máy nghiền hạt ngô được mô tả như ở hình 3



Hình 3. Bản vẽ 3D của các chi tiết máy

a) Nắp trên máy; b) Nắp dưới máy; c) Búa nghiền; d) Đĩa lắp búa

Bản vẽ 3D lắp tổng thể và nguyên lý hoạt động của máy nghiền được mô tả như Hình 4.



Hình 4. Sơ đồ cấu tạo máy nghiền hạt ngô theo nguyên lý nghiền kiểu búa

1. Phễu cấp liệu; 2. Nửa trên buồng nghiền; 3. Nửa dưới buồng nghiền; 4. Cửa thoát liệu; 5. Bộ phận truyền động; 6. Khung máy; 7. Dây đai

Khi cho động cơ (5) hoạt động, vật liệu được cấp vào buồng nghiền thông qua cửa cấp liệu (1), nhờ bộ truyền động động cơ (5) và bộ truyền đai (5), làm trục chính và búa nghiền quay theo nhờ được lắp lỏng trên cánh đập thông qua lắp cố định trên trục chính nghiền. Nhờ sự va đập của búa kết hợp má đập phụ trong buồng nghiền (2) và (3) mà vật liệu bị đánh vỡ ra. Đến khi đạt kích thước yêu cầu thì sẽ rơi qua lưới sàng và theo cửa thoát liệu (4) thoát ra ngoài.



Hình 5. Bộ phận truyền động



Hình 6. Hoàn thiện và lắp ráp máy

3.4. Bố trí khảo nghiệm

3.4.1. Mục đích khảo nghiệm

Mục đích của khảo nghiệm để đánh giá hiệu suất máy đạt được các thông số kỹ thuật. Đồng thời kiểm tra độ

3.3. Quá trình gia công và chế tạo

Sau khi thiết kế được bản vẽ, thực hiện quá trình chọn phôi và phương pháp gia công. Dựa trên thực hiện nguyên công các máy mài, máy cắt, máy phay, nhóm nghiên cứu chế tạo và lắp đặt được các bộ phận của máy. Hình 5 mô tả bộ phận truyền động có gắn búa nghiền còn Hình 6 mô tả quá trình hoàn thiện và lắp máy.

tin cậy và đánh giá khả năng hoạt động liên tục của máy trong thời gian dài. Phân tích độ ổn định của máy trong các điều kiện khắc nghiệt nhiệt độ, độ ẩm, môi trường làm việc. Nhóm nghiên cứu tuyển chọn hạt ngô để khảo nghiệm với độ ẩm hạt 13 - 14 %, đường kính trung bình hạt ngô nguyên hạt từ 3 cho đến 6 (mm) [5]. Quá trình khảo nghiệm thực hiện tại xưởng thực hành của Khoa Cơ khí và Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm trong thời gian tháng 12 năm 2024.



Hình 7. Hạt ngô

3.4.2. Nội dung khảo nghiệm

3.4.2.1. Quá trình chuẩn bị vật liệu khảo nghiệm

Nhóm tác giả chuẩn bị khoảng 35 (kg) hạt ngô phơi khô và tiến hành khảo nghiệm 12 (lần) với khối lượng các lần dao động từ 1 (kg) cho đến 4 (kg). Trong đó, mỗi giá trị khối lượng hạt ngô và khe hở giữa búa nghiền và lưới sàng được lặp lại 3 (lần). Hình thức cung cấp nguyên liệu hạt ngô vào buồng nghiền theo hình thức cấp liệu thẳng đứng liên tục. Quá trình khảo nghiệm máy nghiền hạt ngô với hai yếu tố là khối lượng hạt và khe hở giữa búa nghiền và lưới sàng được mô tả như ở Bảng 4.

Bảng 4. Mô tả quá trình khảo nghiệm máy nghiền hạt ngô

Lần	Khối lượng hạt ngô (kg)	Khe hở giữa búa nghiền và lưới sàng (mm)
1	1	0,4
2	1	0,4
3	1	0,4
4	2	0,4
5	2	0,4
6	2	0,4
7	4	0,2
8	4	0,2
9	4	0,2
10	4	0,2
11	4	0,2
12	4	0,2

Hình 8 mô tả sản phẩm hạt ngô sau khi nghiền lần 1 cho đến lần 12. Đối với lần 1 cho đến lần 3, nhìn bằng mắt thường cũng có thể nhìn thấy tỉ lệ hạt thô còn chiếm tỉ trọng khá lớn, độ mịn chưa cao, buồng nghiền hạt chưa kín dẫn đến hao hụt là khá lớn, tỉ lệ hạt thô không đúng cỡ còn rất nhiều. Đối với lần 4 cho đến lần 6, chất lượng sản phẩm đã được cải thiện rõ rệt, độ mịn tăng, giảm được hạt thô, giảm được lượng hao hụt do khắc phục tình trạng hở của buồng nhưng vẫn có hạt thô bên trong sản phẩm. Đối với lần 6 cho đến lần 12, chất lượng sản phẩm bột ngô đạt được yêu cầu đạt ra, tỉ lệ hạt mịn cao, tỉ lệ hao hụt thấp. Nguyên nhân là do khe giữa hờ lưới sàng và buồng nghiền đã được điều chỉnh còn 0,2 (mm).



a)



b)



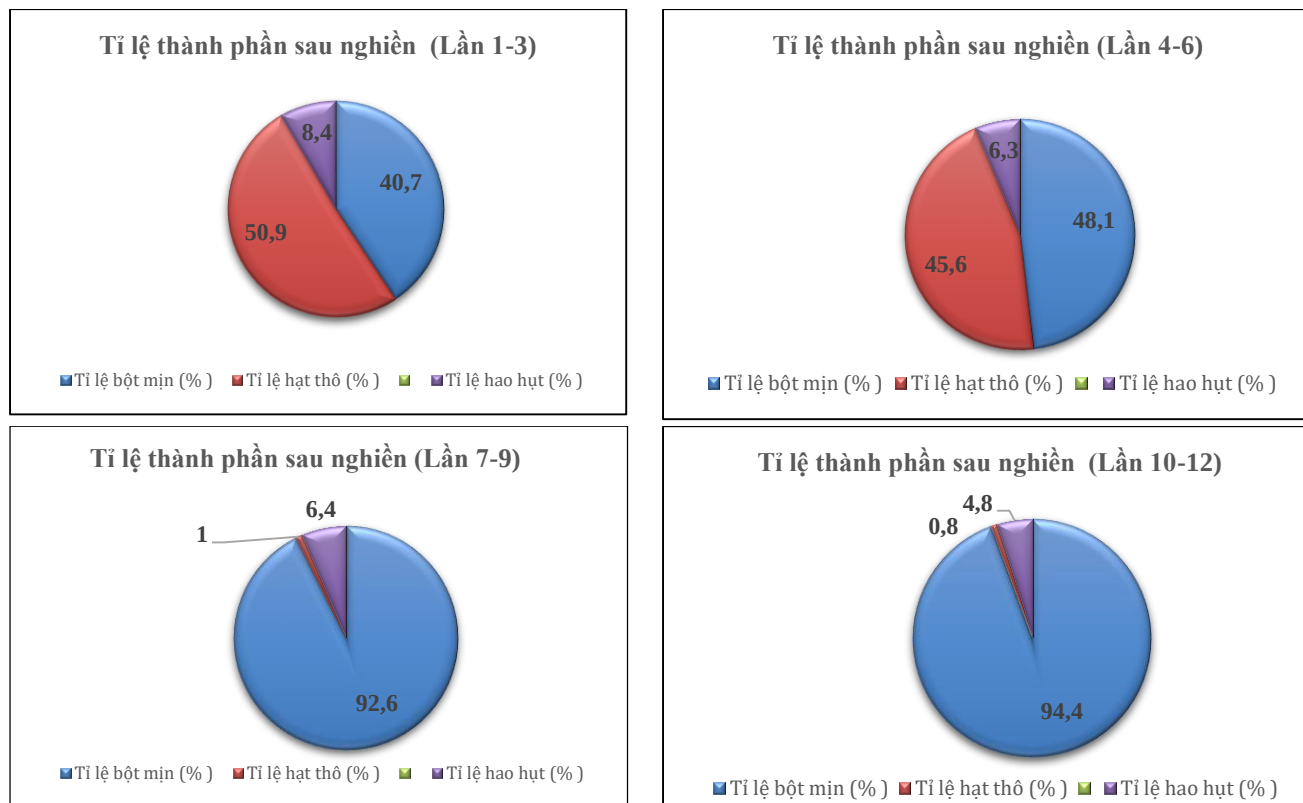
c)

Hình 8. Sản phẩm sau khi nghiền a) lần 1 đến lần 3; b) lần 4 đến lần 6; c) lần 7 đến lần 12

3.4.2.2. Đánh giá khảo nghiệm tỉ lệ bột mịn, hạt thô và tỉ lệ hao hụt

Hình 9 mô tả quá trình đánh giá khảo nghiệm tỉ lệ bột mịn, hạt thô và tỉ lệ hao hụt sau 12 lần khảo nghiệm với

khối lượng hạt ngô như sau: Lần 1 cho đến lần 3 là 1 (kg); lần 4 cho đến lần 6 là 2 (kg), lần 7 cho đến lần 9 là 2 (kg) và lần 10 cho đến lần 12 là 4 (kg).



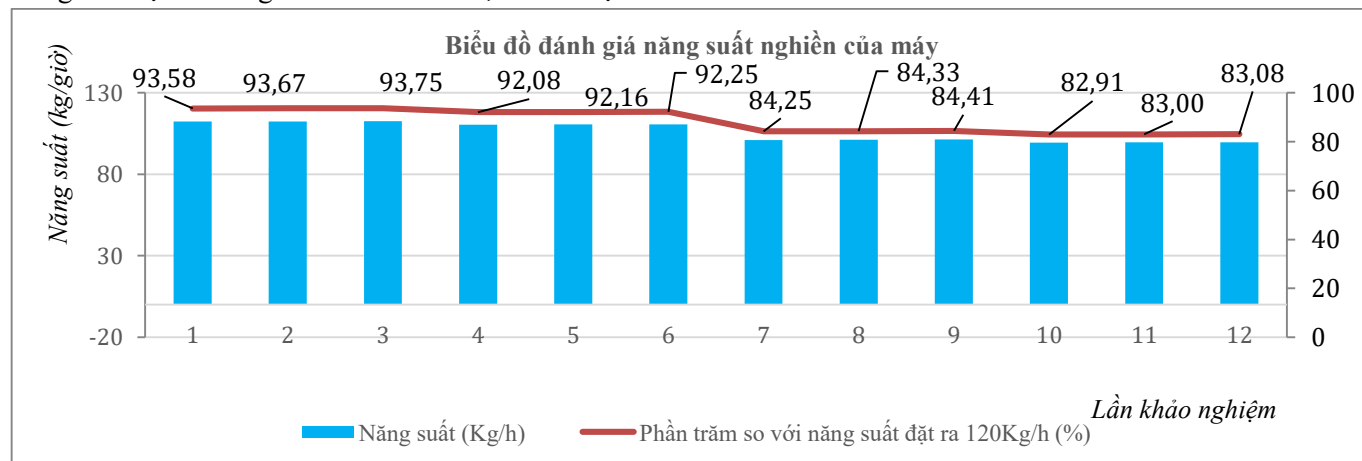
Hình 9. Đồ thị biểu diễn tỉ lệ thành phần sau quá trình nghiền theo các lần khảo nghiệm

Dựa trên đồ thị và quan sát hình ảnh sản phẩm sau nghiền ở Hình 8, có thể nhận thấy rằng chất lượng sản phẩm tăng rõ rệt qua từng lần nghiền, đặc biệt là về tỉ lệ bột mịn. Ở lần 1 cho đến lần 3, tỉ lệ bột mịn chỉ đạt 40,7 (%) trong khi tỉ lệ hạt thô chiếm 50,9 (%), cho thấy quá trình nghiền ban đầu còn hạn chế, hạt chưa được phá vỡ hoàn toàn, dẫn đến sản phẩm chưa đạt độ mịn cần thiết. Tỉ lệ hao hụt tương đối 8,4 %, có thể do bột bay, rơi vãi hoặc kẹt trong máy. Từ lần 4 cho đến lần 6, với lượng nguyên liệu tăng gấp đôi 2 (kg), tỉ lệ bột mịn đã tăng lên 48,1 %, trong khi tỉ lệ hạt thô giảm còn 45,6 %, cho thấy hiệu quả nghiền đã được cải thiện. Tỉ lệ hao hụt cũng giảm xuống còn 6,3 %, cho thấy máy hoạt động ổn định hơn khi xử lý lượng nguyên liệu lớn hơn. Từ lần 7 cho đến lần 12, sản phẩm sau nghiền đạt chất lượng cao với tỉ lệ bột mịn lần lượt là 92,6 % và 94,4 %, trong khi hạt thô giảm mạnh xuống chỉ còn 6 % và 4,8 %. Tỉ lệ hao

hụt duy trì ở mức thấp, chứng tỏ máy hoạt động hiệu quả và ổn định, cho ra sản phẩm đồng đều, đạt yêu cầu về độ mịn. Như vậy, hiệu quả nghiền của máy được cải thiện rõ rệt sau các lần vận hành đầu tiên.

3.4.2.3. Đánh giá khảo nghiệm năng suất nghiền của máy

Để đánh giá khảo nghiệm năng suất nghiền của máy, nhóm nghiên cứu tiến hành cân khối lượng hạt ngô đầu vào cho các lần khảo nghiệm. Tiếp theo cho máy nghiền hoạt động, nhóm bắt đầu bấm giờ khi quá trình cấp liệu bắt đầu. Tiến hành cấp liệu liên tục đến khi toàn bộ lượng nguyên liệu được nghiền xong. Nhóm nghiên cứu ghi lại thời gian nghiền thực tế và cân lại lượng ngô đã nghiền ra, đảm bảo không bị thất thoát nguyên liệu. Sau đó, tiến hành đánh giá năng suất nghiền của máy từ lần khảo nghiệm 1 cho đến lần khảo nghiệm 12.



Hình 10. Biểu đồ thể hiện năng suất nghiền của máy qua các lần thử nghiệm và tỷ lệ phần trăm so với năng suất thiết kế

Biểu đồ đánh giá năng suất nghiền của máy cho thấy năng suất thực tế dao động trong khoảng từ 99,6 (kg/giờ) đến 112,6 (kg/giờ), tương ứng với 83,0 % đến 93,8 % so với năng suất thiết kế đặt ra là 120 (kg/giờ). Trong sáu lần khảo nghiệm đầu tiên, máy hoạt động ổn định với hiệu suất cao, đạt từ 92,1 % đến 93,8 %, cho thấy khả năng vận hành tốt và độ tin cậy cao trong giai đoạn đầu. Tuy nhiên, từ lần khảo nghiệm thứ bảy trở đi, năng suất có xu hướng giảm dao động quanh mức 83 % đến 84,8 %. Sự suy giảm này có thể liên quan đến các yếu tố như hao mòn cơ học, điều kiện nguyên liệu không đồng đều, hoặc sự thay đổi trong chế độ vận hành máy. Điều này cho thấy, khi tải trọng tăng hoặc thời gian hoạt động kéo dài, hiệu quả của máy có dấu hiệu suy giảm. Nguyên nhân có thể đến từ yếu tố như độ ổn định của cơ cấu cấp liệu, tốc độ quay hoặc hao hụt trong quá trình vận hành. Để nâng cao hơn nữa hiệu suất làm việc, các nghiên cứu tiếp theo cần tập trung vào việc tối ưu hóa cơ cấu truyền động, cải tiến dao nghiền hoặc tích hợp biến tần để điều

chỉnh tốc độ quay phù hợp với từng loại nguyên liệu và khối lượng nạp liệu khác nhau.

4 Kết luận và đề xuất

Máy nghiền hạt ngô đã được nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thành công, hiện đang được ứng dụng trong giảng dạy thực hành và thực tập cho sinh viên. Đề tài đã tiến hành tính toán và thiết kế các bộ phận chính như: búa nghiền, trục nghiền, buồng nghiền, khung máy, hệ thống cấp, thu liệu, cùng với hệ thống truyền động đai và công suất động cơ. Trong quá trình vận hành, máy đáp ứng tốt các tiêu chuẩn về an toàn lao động, hiệu suất và độ bền, đảm bảo hoạt động ổn định, chính xác theo yêu cầu kỹ thuật. Tuy nhiên, năng suất thực tế chỉ đạt khoảng 83 - 84 % so với mục tiêu thiết kế ban đầu. Do đó, việc tiếp tục nghiên cứu và cải tiến thiết bị là cần thiết nhằm nâng cao hiệu quả vận hành trong các nghiên cứu tiếp theo.

Lời cảm ơn

Xin cảm ơn Khoa Cơ Khí và Công Nghệ, Trường Đại học Nông Lâm, ĐH Huế đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

1. Lê Quý Kha, L. Q. T. (2019). Ngô sinh khối - Kỹ thuật canh tác, thu hoạch và chế biến phục vụ chăn nuôi. *Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội*, 160.
2. Định, T. K., Đễ, N. H., Ngọc, P. V., & Mạnh, B. X. (2015). Một số kết quả nghiên cứu về cây ngô ở Viện Khoa học Kỹ thuật Nông nghiệp miền Nam.
3. Tổng cục Thống kê (2024), *Niên giám thống kê Việt Nam các năm 2018 - 2024*, Bộ NN & PT Nông thôn Việt Nam, Nhà xuất bản Thống kê, Hà Nội.
4. Thảo, T. V. (2013). *Thiết kế và chế tạo máy nghiền đĩa, sử dụng động cơ 1 kW*. Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ, (26), 80 - 89.
5. Thi, P. V., Van, D. V., & Quy, H. T. (2021). *Nghiên cứu các thông số của bộ phận cắt thái ảnh hưởng đến năng suất của máy băm thân cây ngô*. Scientific Journal of Tan Trao University, 7(21).
6. Hồ Văn Dũng, Khương Anh Sơn, Đỗ Minh Cường, Võ Hải (2024). *Nghiên cứu, khảo nghiệm các thông số của bộ phận cắt thái ảnh hưởng đến năng suất máy băm củ quả trong nông nghiệp*, Kỷ yếu Hội nghị Vật lý Miền Trung,
7. Huy, T. Q., Mạnh, P. Đ., & Công, C. C. (2016). *Kết quả nghiên cứu, thiết kế, chế tạo máy băm nghiền cành lá, vỏ cây sản xuất Compost làm giá thể ươm cây giống lâm nghiệp*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, (2).
8. Vũ Văn Đàm và cs (2018). *Thiết kế, chế tạo hệ thống thí nghiệm phục vụ nghiên cứu máy băm một số loại thân cây nông nghiệp*. Báo cáo tổng kết Đề tài Khoa học Công nghệ, Đại học Thái Nguyên, mã số: ĐH2018-TN01-026.
9. Trịnh, C., & Lê, V. U. (2006). *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí*. NXB Giáo dục., Tập 1& Tập 2
10. Sobirin, M. D. S. M. D., & Tjahjanti, P. H. T. P. H. (2024). Corn Grinding Machine Manufacturing Uses Electric Power and Human Power. *Community Development Journal*, 8(2), 327-333.
11. Ahmad Junaidi, H., Gunawan, I., Tafrant, D., & Della Dwi Fitriani, P. M. Design and Construction of Corn Crusher Machine for Duck Farming.
12. Fathurohman, F., Efendi, A., & Baharta, R. (2023). Crushing Power of a Corn Cob Chopping Machine for the Manufacture of Animal Feed at the Cinagarabogo People's Livestock Centre, Subang Regency, Indonesia. *Am. J. Agric. Sci. Eng. Technol*, 7(1), 16-20.
13. Aleksashin, A., Goncharuk, G., & Lisak, M. (2021). Modernization of corn grain crusher in the conditions of IT-system equipment. *Grain Products and Mixed Fodder's*, 21(4), 10-15.

14. Mohsenin, N. N. (2020). *Physical properties of plant and animal materials: v. 1: physical characteristics and mechanical properties*. Routledge.

Design and Fabrication of a Corn Kernel Grinding Machine Based on the Hammer Mill Principle

Van Dung Ho^{1*}, Duc Hanh Tran¹, Anh Son Khuong¹, Thi Kim Anh Le¹, Thi Kim Anh Nguyen¹, Minh Vo²

¹Faculty of Engineering and Food Technology, University of Agriculture and Forestry, Hue University

²EB Thua Thien Hue Environmental Energy Co., Ltd., Hue City

* hovandung@huaf.edu.vn

Abstract The increasing demand for animal feed has highlighted the importance of mechanization in the preprocessing of raw materials, especially maize kernels, to enhance production efficiency and reduce labor costs. This study focuses on the design and fabrication of a hammer mill-type maize grinder integrated with a screening system and powered by a single-phase electric motor. The research approach is based on the theoretical principles of grain grinding and involves experiments considering two main factors: the input mass of maize kernels and the clearance between the hammer and the screen. Experimental results show that the machine achieves a throughput of 100 -120 kg/hour, with a particle size of less than 2 mm and a fine grinding rate exceeding 80%. The machine features a compact structure, user-friendly operation, and is suitable for household and small-scale production facilities.

Keywords Corn grinder, agricultural mechanization, animal feed, hammer mill principle