

# THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ KHẢO NGHIỆM MÁY ĐÁNH TƠ BỘT CACAO

A STUDY ON DESIGNING, MANUFACTURING, AND TESTING A COCAO POWDER CRUSHING MACHINE

Nguyễn Huy Bích<sup>1,\*</sup>, Phạm Duy Lam<sup>1</sup>

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.082>

## TÓM TẮT

Ca cao là cây trồng phát triển ở Việt Nam trong những năm gần đây. Cacao là nguyên liệu chính trong chế biến với hai sản phẩm chính là bột cacao và Sô cô la trong đó bột cacao là thức uống bổ dưỡng tốt cho sức khỏe và có nhu cầu cao. Để chế biến bột cacao cần phải đánh tơi bánh cacao là sản phẩm thu được sau khi ép tách bơ có trong cacao mass. Tuy nhiên bơ cacao rất dễ tan chảy ở nhiệt độ 34°C - 38°C, và vì vậy nếu máy đánh tơi sinh nhiệt cao (> 34°C) thì các bánh bột cacao sẽ bị nhão, vón cục và không thể phân ly qua lưới để chế biến thành bột. Một mẫu máy đánh tơi bánh cacao đã được thiết kế và chế tạo. Các chỉ số hoạt động máy và các thông số làm việc đã được thực nghiệm bao gồm độ cứng, độ ẩm, khối lượng thể tích bánh cacao, độ mịn bột cacao và năng suất máy. Kết quả thực nghiệm cho thấy máy đã đạt được các chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật đáp ứng cho sản xuất bột cacao như năng suất 295kg/h, hoạt động êm ái, ổn định, và dễ vệ sinh. Độ mịn của bột sau khi đánh tơi đạt tỉ lệ lớn hơn 97% khi phân ly qua lưới sàng có lỗ là 50µm. Một số thông số bánh cacao làm dữ liệu cho nghiên cứu cũng được trình bày.

**Từ khóa:** *Cây cacao, sô cô la, chế biến bột cacao, máy đánh tơi bột.*

## ABSTRACT

Cocoa is a growing crop in Vietnam in recent years. It is the main raw material in processing with two main products, cocoa powder, and chocolate, in which cocoa powder is a healthy nutritious drink and is in high demand. To process cocoa powder, it is necessary to crush cocoa cake, which is the product obtained after high pressure to remove the butter in cocoa mass. However, cocoa butter melts very easily at 34°C - 38°C, and so if the crusher generates high temperature (> 34°C), the cocoa powder cakes will be pasty, lumpy, and unable to separate through the mesh to processed into powder. A model of cocoa cake crusher has been designed and manufactured. Machine performance indexes and tested working parameters include hardness, moisture, cocoa cake volumetric weight, cocoa powder fineness, and machine productivity. Experimental results show that the machine has achieved the economic and technical criteria for cocoa powder production such as productivity of 295kg/h, quiet, stable operation, and easy cleaning. The fineness of the powder after crushing is greater than 97% when it is separated through a 50 µm mesh screen. Some cocoa cake parameters as data for the study are also presented.

**Keywords:** *Cacao, chocolate, cacao processing, powder crusher machine.*

<sup>1</sup>Khoa Cơ khí - Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm Tp. HCM

\*Email: [nhbich@hcmuaf.edu.vn](mailto:nhbich@hcmuaf.edu.vn)

Ngày nhận bài: 30/01/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 16/4/2023

Ngày chấp nhận đăng: 26/4/2023

## 1. GIỚI THIỆU

Việt Nam là quốc gia phát triển Cacao nhanh trong những năm gần đây. Theo Ban Điều phối phát triển ca cao Việt Nam (2019) của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, diện tích canh tác cacao của Việt Nam cao nhất vào năm 2012 với 25.700 ha, sản lượng trung bình từ 5.500 tấn đến 7.618 tấn/năm hạt khô (2017) [1]. Ca cao là nguyên liệu chính để chế biến các sản phẩm bán thành phẩm và thành phẩm như bột nhão, bột cacao, bơ cacao, bánh kẹo, chocolate thanh, rượu cacao,... chủ yếu cung ứng cho sản xuất thực phẩm và nhu cầu trong nước và xuất khẩu [2]. Hai sản phẩm chính trong chế biến cacao là bột ca cao và Sô cô la trong đó bột cacao là thức uống bổ dưỡng tốt cho sức khỏe và có nhu cầu cao [3-5]. Để chế biến bột cacao cần qua các khâu gồm rang, đập vỡ hạt, làm sạch vỏ (để có cacao nib), nghiền mịn (để tạo cacao mass), kiểm, ép tách bơ và đánh tơi bánh bột ra thành bột cacao [6].

Cacao mass thu được sau khâu nghiền mịn tạo ra thường có lượng bơ lớn hơn 50% và vì vậy cần phải ép tách bơ để sản xuất bột ca cao để tỉ lệ bơ trong bột cacao giảm xuống. Tuy nhiên tỉ lệ bơ trong bột cacao phụ thuộc vào lượng bơ có trong cacao mass (phụ thuộc loại cacao, vùng trồng...), loại máy ép tách bơ và qui trình ép tách bơ [6]. Các máy ép tách bơ tại các cơ sở chế biến nhỏ hiện nay hầu hết chỉ tách được 32 - 35% bơ trong cacao mass. Để tách triệt để hơn đòi hỏi phải đầu tư các máy ép hiện đại, công suất lớn đi đôi là giá thành cao. Vì thế tỉ lệ bơ còn trong bột cacao còn khoảng 15 - 18%, cá biệt có thể lên đến 25%. Nghịch lý của chế biến bột cacao ở chỗ bột có tỉ lệ bơ cao thì được đánh giá cao về chất lượng do trong bơ có rất nhiều chất chống oxy hóa và các axit amin tốt cho sức khỏe, khi pha chế thành các thức uống sẽ có mùi thơm và vị béo hơn nhưng khi bột có tỉ lệ bơ cao sẽ gây ra nhiều khó khăn cho các máy đánh tơi bánh bột. Bơ cacao tan chảy ở nhiệt độ 34°C - 38°C nên khi máy đánh tơi sẽ sinh nhiệt cao (> 34°C) thì các bánh bột cacao sẽ bị nhão, vón cục và không thể phân ly qua lưới [7]. Với qui mô sản xuất liên hệ gia đình, yêu cầu chung của máy đánh tơi bánh bột là chất lượng bột tốt, máy nhỏ gọn, dễ dàng cho khâu vệ sinh, đảm bảo tính an toàn thực phẩm và giá thành phù hợp.

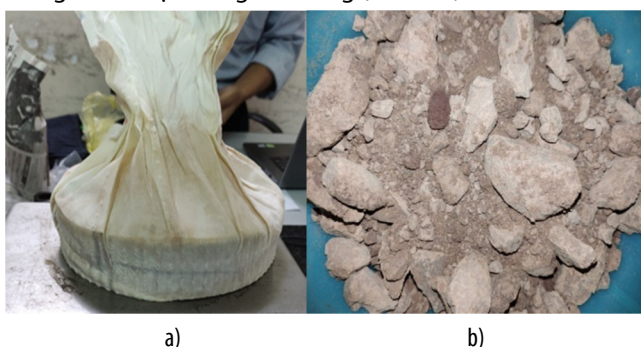
Qui trình công nghệ và hệ thống máy chế biến đã được nghiên cứu trong nhiều năm qua, cơ bản đã đáp ứng được

nhu cầu cơ giới hóa các khâu chế biến cacao [6, 8]. Tuy nhiên một vài khâu còn cần phải nghiên cứu tiếp tục nhằm hoàn thiện hệ thống máy chế biến cacao trong đó khâu đánh tơi bột để chế biến bột cacao cần giải quyết. Vì vậy, tiếp nối chuỗi công trình nghiên cứu hoàn thiện chế biến cacao thành bột và sô cô la, một máy đánh tơi bột đáp ứng nhu cầu chế biến cacao trong nước với qui mô chế biến nhỏ liên hệ gia đình là cần thiết và có tính thực tiễn.

**2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

**2.1. Nguyên liệu ca cao dùng thí nghiệm đánh tơi**

Nguyên liệu đánh tơi là bánh bột cacao (cacao cake), đây là sản phẩm thu được sau quá trình ép thủy lực tách bơ cacao ở áp suất cao lên đến 60MPa (hình 1a). Do cacao ở dạng khối bánh (cake) sau khi tách bơ nên trước khi đưa vào đánh tơi thì bánh bột cacao được đập và bẻ thành những mảnh vụn bằng thủ công (hình 1b).



Hình 1. a) Bánh bột cacao sau khi ép bơ và b) sau khi được đánh tơi thủ công

Các thông số hình học của nguyên liệu ảnh hưởng đến mức độ đánh tơi và mức chi phí năng lượng riêng của quá trình đánh tơi.

- Kích thước bánh cacao: Sau khi ép thì bánh bột cacao kết dính thành một khối có kích thước với đường kính 180mm và bề dày có kích thước tùy thuộc vào khối lượng lúc ban đầu đem đi ép, khối lượng ban đầu càng lớn thì bề dày bánh cacao càng lớn.

- Khối lượng riêng thể tích: Dao động trong một giới hạn lớn, tùy thuộc hình dạng của nguyên liệu, trạng thái bề mặt, độ lớn, độ ẩm,... sử dụng khi xác định khối lượng của lớp nguyên liệu và thể tích của máng cấp liệu.

- Độ ẩm: Độ ẩm thường ảnh hưởng khá lớn đến khả năng làm việc của máy. Thông thường độ ẩm của bột cacao không lớn hơn 7% (TCVN 2013).

- Độ cứng, độ bền: Đặc trưng bởi mô đun đàn hồi và ứng suất phá vỡ vật thể, sử dụng để xác định chế độ làm việc và lực tác dụng cần thiết.

- Tỷ lệ bơ cacao trước khi ép là từ 47% ÷ 60% tính theo khối lượng (TCVN 2014).

- Xác định tỷ lệ bơ còn lại sau khi ép bằng cách lấy x(g) cacao mass cho vào túi ép chuyên dụng, sau đó cho vào máy ép thủy lực, điều chỉnh áp suất nén P (KG/cm<sup>2</sup>) tăng dần cho đến khi đạt áp suất nén P tối đa thì ngừng máy. Cân khối lượng x'(g) bánh bột cacao sau khi ép. Khối lượng

bơ ép được xác định bằng chênh lệch khối lượng của cacao mass và bánh bột cacao (x(g) – x'(g)).

$$\text{Tỷ lệ phần trăm bơ ép ra (\%)} = \frac{\text{khối lượng bơ}}{\text{Khối lượng cacao mass}} * 100\%$$

- Xác định độ cứng của bánh bột cacao. theo trình tự gồm chuẩn bị các mảnh ca cao có khối lượng x(g), một trục tròn có đường kính d(mm), đặt trục tròn lên mẫu bánh cacao cần thí nghiệm, tiếp theo đặt các vật có khối lượng x(g) chồng chất lên mẫu, cho đến khi mẫu bị vỡ ra. Tổng khối lượng x(g) chồng lên mẫu thí nghiệm chính là trọng lực tác động làm vỡ bánh cacao cũng chính là phản lực lớn nhất của bánh cacao khi bị phá hủy.

- Xác định ẩm độ bánh cacao bằng cách lấy x(g) cacao cho vào máy đo ẩm KEET 300PM bấm chọn mã 64. Tiếp theo bấm MEASURE và đổ mẫu cacao vào sau đó máy sẽ hiển thị độ ẩm của cacao trên màn hình.

**2.2. Phương pháp xử lý số liệu**

Số liệu thu thập được tiến hành xử lý như sau:

- Loại bỏ sai số thô trong mẫu đo.
- Tính trung bình và ước lượng khoảng trung bình của số liệu thu thập theo công thức sau:

Tính trung bình:

$$\bar{x} = \frac{f_1 * X_1 + f_2 * X_2 + \dots + f_i * X_i}{f_1 + f_2 + \dots + f_i}$$

Tính phương sai:

$$S^2 = \frac{\sum_{j=1}^k f_j * X_j^2 - \frac{(\sum_{j=1}^k f_j * X_j)^2}{n}}{n-1}$$

Trong đó:

- f<sub>i</sub>, f<sub>j</sub>: số lần thí nghiệm.
- X<sub>i</sub>, X<sub>j</sub>: trị số ở lần thí nghiệm thứ i, thứ j.
- n-1: độ tự do.
- Độ lệch chuẩn:

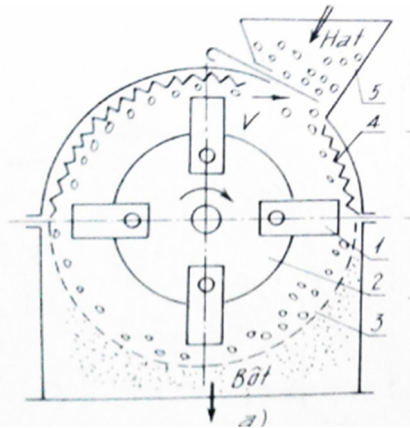
$$S = \sqrt{S^2}$$

**2.3. Phương pháp tính toán thiết kế máy**

Trước khi tiến hành thiết kế máy, một số nguyên lý máy đánh tơi bột khả thi được nghiên cứu để làm cơ sở chọn kiểu và nguyên lý cho máy sẽ thiết kế chế tạo. Bản chất của việc đánh tơi bột cacao là làm nhỏ vật liệu, có một vài nguyên lý có thể áp dụng.

**2.3.1. Một số nguyên lý nghiền**

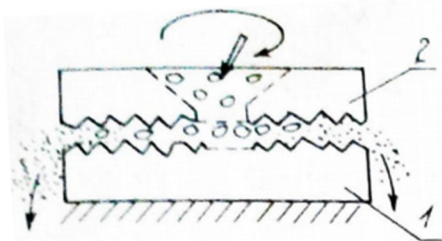
Nghiền là quá trình làm nhỏ vật liệu. Các kiểu nghiền bao gồm nghiền búa (búa di động và búa cố định), nghiền đĩa và nghiền răng là được ứng dụng phổ biến để nghiền các loại bột. Với các khối bột cacao đang có kích thước lớn và yêu cầu phải đập vỡ và tơi ra thành bột có kích thước nhỏ, do đó có thể sử dụng nguyên lý nghiền để làm máy đánh tơi. Tuy nhiên cần quan tâm nhiều đến nhiệt độ sinh ra trong quá trình nghiền, nhiệt độ cao sẽ làm chảy bơ gây khó khăn cho quá trình phân ly qua lưới sàng. Hình 2 là kiểu nghiền búa và thường được dùng phổ biến.



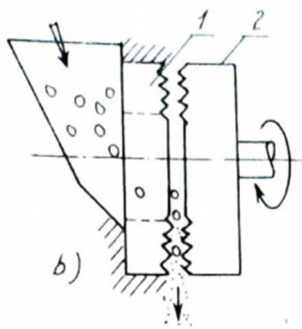
Hình 2. Sơ đồ máy nghiền búa

1. Búa nghiền; 2. Roto gắn búa nghiền; 3. Lưới phân ly; 4. Nắp máy nghiền có độ nhám; 5. Phễu cấp liệu

Nguyên lý nghiền đĩa được trình bày trên hình 3a và 3b. Đĩa di động quay nhờ truyền động từ động cơ, vật liệu nghiền được cung cấp qua phễu cấp liệu, được chà sát, làm nhỏ và thoát ra ngoài. Độ mịn sẽ phụ thuộc vào khe hở giữa đĩa cố định và đĩa di động. Với nguyên lý này thì thường sinh nhiệt cao trong quá trình nghiền do ma sát lớn giữa 2 đĩa nghiền. Hai nguyên lý nghiền trên là nguyên lý cắt nghiền sinh ra ma sát dẫn đến sinh nhiệt cao sau một thời gian nghiền. Chính vì thế chúng chỉ phù hợp cho các loại hạt có trữ dầu thấp (khi nghiền ra thì dễ phân ly qua lưới). Đối với các loại có trữ dầu cao sẽ làm cho bột nghiền không được tơi sau khi nghiền hoặc dính vào lưới phân ly. Đối với bánh bột cacao việc áp dụng nguyên lý nghiền vào việc đánh tơi còn khó khăn, cần phải nghiền cứu chọn nguyên lý và cải tiến cho phù hợp.



a) Máy nghiền đĩa trực đứng

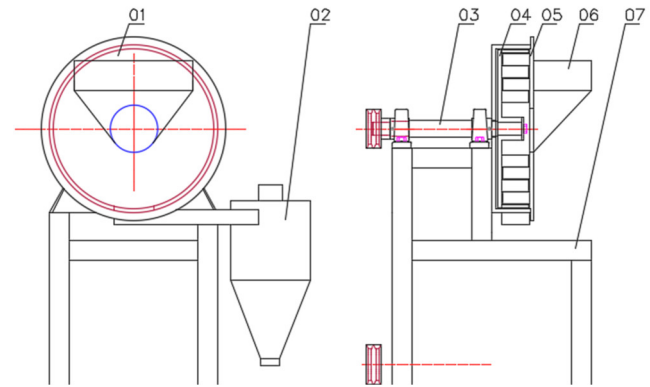


b) Máy nghiền đĩa trực ngang

Hình 3. Máy nghiền đĩa

1. Đĩa cố định; 2. Đĩa di động

Về nguyên lý nghiền răng máy được trình bày trên hình 4 bao gồm động cơ kéo trục (3) quay, răng di động (4) được lắp trên đĩa roto gắn liền với trục (3) quay theo. Vật liệu nghiền được cung cấp qua máng cấp liệu (1), đi vào giữa 2 khe hở của răng nghiền cố định và răng di động. Tại đây, nó được nghiền vỡ ra và thoát ra ngoài theo cyclon lắng (2).

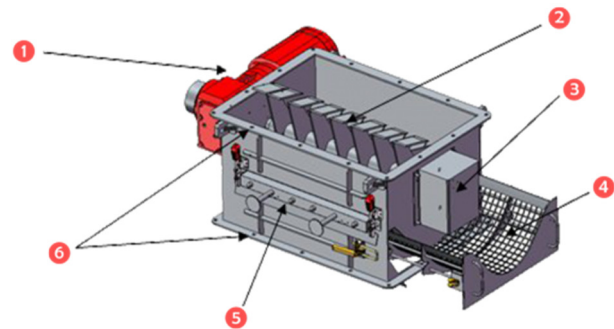


Hình 4. Sơ đồ máy nghiền răng

- 1.6. Máng cấp liệu; 2. Cyclone lắng bột; 3. Trục truyền động; 4. Răng di động; 5. Răng cố định; 7. Khung máy

Nhược điểm: Với nguyên lý nghiền răng này thì độ mịn phụ thuộc vào khe hở của răng nghiền. Nếu khe hở nhỏ thì máy sẽ sinh nhiệt trong quá trình hoạt động. Chính vì thế nó sẽ khó phù hợp để đánh tơi bột cacao.

**2.3.2. Dùng nguyên lý đánh tơi:** Hiện nay nhiều công ty như công ty ca cao Xuân Ron (chocolate Aluvia), Công ty Cổ phần Cacao Sài Gòn đã sản xuất máy đánh tơi bột như hình 5.



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý đánh tơi bột

1. Động cơ; 2. Lưỡi cắt; 3. Ổ trục; 4. Lưới sàng phân ly; 5. Lưới chắn song tháo lắp được; 6. Mặt bích kết nối

Các bánh cacao sau khi ép tách bơ tiếp tục được cung cấp vào phễu của máy đánh tơi. Bột được đánh tơi và thoát ra ngoài qua lưới. Trên thân máy có thêm các gờ để tạo độ nhám. Ưu điểm: Cấu tạo đơn giản, sản phẩm sau khi đánh tơi đạt độ tơi theo yêu cầu. Nhược điểm: hay bị ngẹt máy sau một thời gian sử dụng do bột (còn bơ) dính vào lưới phân ly. Máy hoạt động lâu sinh nhiệt cao, làm chảy bơ. Độ tơi của bột chưa đạt.

Sau khi phân tích các nhược điểm còn tồn tại của các loại máy trên, kết hợp với yêu cầu của bột cacao thì nguyên lý máy nghiền búa cứng được chọn để thiết kế và chế tạo

cho máy đánh tơi bột cacao. Nhược điểm chính còn cần khắc phục khi thiết kế là hạn chế sinh nhiệt trong quá trình đánh tơi.

**2.4. Phương pháp khảo nghiệm máy**

- Khảo nghiệm không tải: cấp điện và cho máy hoạt động không tải (không cấp liệu vào cho máy). Kiểm tra máy hoạt động ổn định và có bất thường xảy ra hay không nhằm điều chỉnh.

- Khảo nghiệm có tải: Được tiến hành sau khi hoàn tất bước không tải nhằm xác định các thông số làm việc của máy:

- Xác định năng suất máy: Lấy x(g) cacao sau khi ép, cung cấp vào máng cấp liệu của máy đánh tơi bột sao cho máy không bị quá tải, xác định t(s) thời gian máy đập xong. Từ đó năng suất máy được tính theo công thức:

$$NS = \frac{x}{t} \text{ (g/s)}$$

- Độ tơi của bột chuẩn bị ray sàng có kích thước lỗ 50(μm), sau đó lấy khối lượng m(g) bột ray qua sàng. Thu được m'(g) khối lượng bột cacao lớn hơn lỗ sàng. Độ mịn S của bột tính bằng phần trăm (%) theo tỉ số giữa khối lượng phần lớn hơn lỗ sàng và khối lượng ban đầu, theo công thức sau:

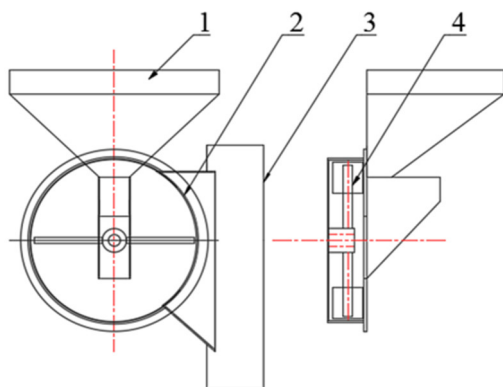
$$S = \frac{m-m'}{m} \times 100\%$$

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1. Kết quả thiết kế máy**

**3.1.1. Chọn sơ đồ nguyên lý thiết kế máy**

Trên cơ sở phân tích các ưu nhược điểm của các nguyên lý có thể áp dụng cho máy đánh tơi bột cacao được trình bày ở mục 2, nguyên lý nghiền búa cứng đã được chọn cho máy đánh tơi. Việc thiết kế máy sẽ dựa vào nguyên lý này kết hợp không sử dụng các răng nghiền gắn trên thành máy nhằm giảm ma sát, tránh sinh nhiệt trong quá trình đánh tơi, đồng thời thiết kế lưới phân ly dễ dàng thay thế nhằm thay đổi lỗ lưới khi cần, giúp cho bột cacao phân ly nhanh qua kích thước lỗ phù hợp là điều cần thiết. Máy được thiết kế theo sơ đồ như hình 6.



Hình 6. Sơ đồ máy đánh tơi bánh bột cacao

1. Phễu cấp liệu; 2. Lưới phân ly; 3. Họng thoát liệu; 4. Roto gắn búa cố định.

Nguyên lý hoạt động: bánh bột cacao được cung cấp vào theo phễu (1), sau đó được bộ phận đánh tơi (4) đánh

tơi và phân ly qua lưới (2), bột sau khi đánh tơi thoát ra ngoài theo họng thoát (3). Với dạng đánh tơi này, nhờ không có độ nhám trên thành nên hạn chế sinh nhiệt trong quá trình làm tơi.

**3.1.2. Tính toán thiết kế máy**

Thông số thiết kế ban đầu:

- Năng suất 30kg bột/h
- Độ mịn > 97% lọt qua lưới sàn 40Mesh.
- Ứng suất phá vỡ cục bột trước khi đánh tơi:  $\sigma_{pv} = 13\text{kG/cm}^2$

**Tính số vòng quay cánh đánh tơi**

Vận tốc phá vỡ vật liệu được tính theo công thức như sau:

$$V_{pv} = \frac{\delta_{pv}}{\sqrt{E \cdot \rho}}$$

Trong đó:  $\sigma_{pv}$ : ứng suất phá vỡ của cacao; E: Modun đàn hồi;  $\rho$ : Trọng lượng riêng cacao

Vật liệu để tính toán là cục bột cacao. Theo thí nghiệm trên ta có Ứng suất phá vỡ:  $\sigma_{pv} = 13\text{kG/cm}^2$ ; Modun đàn hồi:  $E = 4,1 \text{ kG/cm}^2$ ; Khối lượng riêng của vật liệu:  $\gamma = 0,728\text{g/cm}^3$ .

Tính toán cho thấy  $V_{pv} = 13/\sqrt{4,1 * 0,728/9,81} = 23,6$  (m/s). Như vậy, với vận tốc đầu búa từ 23,6m/s là có thể phá vỡ vật liệu. Chọn vận tốc đầu búa là 25m/s.

**Tính toán thiết kế bề rộng và chiều dài cánh đánh tơi**

Kích thước roto nghiền được đặc trưng bởi hai thông số cơ bản là đường kính D và bề rộng roto nghiền B. Kích thước này đặc trưng cho năng suất nghiền thông qua diện tích tiết diện ngang của roto nghiền là tích số giữa đường kính và bề rộng roto nghiền.

$$Q = D \cdot B \cdot Q_r \text{ (kg/s)}$$

Trong đó: Q: năng suất giây của máy nghiền, kg/s,  $Q = 30\text{kg/h} = 0,008\text{kg/s}$ ; D: đường kính roto nghiền, m; B: Bề rộng roto nghiền, m;  $Q_r$ : năng suất riêng của máy nghiền,  $\text{kg/m}^2\text{s}$

- Chọn roto nghiền đường kính D và bề rộng B quan hệ như sau:  $D/B = k = (4-7)$ , vì máy có năng suất nhỏ, 30kg/h, nên ta chọn  $k = 4$ . Thay vào công thức tính năng suất của máy:

$$Q = D \cdot (D/4) \cdot Q_r$$

Đối với loại nguyên liệu đánh tơi là cục bột cacao, kích thước sản phẩm sau khi đánh tơi khoảng 0,01mm, vận tốc đầu búa là 30m/s, Chọn  $Q_r = 0,53 \text{ kg/m}^2\text{s}$ , Đường kính roto bằng:

$$D = \sqrt{4Q/Q_r} = \sqrt{4 * 0,008 / 0,53} = 338\text{mm};$$

$$\text{Ta chọn } D = 340\text{mm}$$

$$\Rightarrow B = D/4 = 340/4 = 85 \text{ (mm)}$$

Từ đó ta có số vòng quay của roto được tính theo công thức:

$$n = \frac{60 \cdot V_b}{\pi D_{rt}}$$

$n = 60 * 25 / 3,14 * 0,34 = 1405$  (vòng/phút). Chọn số vòng quay trục roto là 1450 vòng/phút.



**Tính toán thiết kế búa đánh tơi**

Chọn búa nghiền có hình chữ nhật. Với hình dạng là hình chữ nhật, búa sẽ có khả năng truyền va đập vào vật liệu tốt. Chiều dài a và bề rộng b của búa nghiền được tính theo điều kiện cân bằng khi va đập. Người ta thường chọn theo giá trị tương ứng :  $a = 0,235D_{\pi} = 0,235 \cdot 340 = 80$  (mm); Chiều rộng b của búa được chọn sao cho vệt búa đi qua phải quét >70%. Vậy chọn bề rộng búa  $b = 0,7 \cdot 80 = 56$ mm. Búa nghiền có kích thước như sau: chiều dài a = 80 mm, chiều rộng b = 56 (mm); dày c = 5 (mm).

**Chọn số lượng búa đánh tơi**

Do búa đánh tơi được gắn trên roto. Với yêu cầu cân bằng động nên để dễ cho khâu chế tạo, chọn số búa là số chẵn. Vậy chọn số búa là 2.

**Tính công suất và chọn động cơ**

Công suất máy đánh tơi được tính theo công thức:

$$N = N_n + N_{th} + N_{ck} \text{ (W)}$$

Trong đó:  $N_n$ : công suất chi phí cho quá trình đánh tơi;  $N_n = q \cdot A_n$  ( $A_n$  công riêng tiêu thụ. kJ/kg);  $N_{th}$ : công suất chi phí cho sự tuần hoàn của nguyên liệu ;  $N_{ck}$ : công suất chi phí cho máy đánh tơi chạy không. Theo Melnhikov S.V, công riêng tiêu thụ để đánh tơi các loại vật liệu khô dòn với năng suất < 100kg/h có độ nhỏ  $M_b$  khoảng 0,01mm là:

$$A_n = C_{np} \cdot [C_v \cdot \lg \lambda^3 + C_s (\lambda - 1)] \text{ (kJ/kg)}$$

Trong đó:  $C_{np}$ : hệ số quá trình phụ thuộc vào tính chất hạt, phương pháp đánh tơi, cấu tạo thiết bị.  $C_{np} = 0,5 \pm 0,15$ , chọn  $C_{np} = 0,65$ ;  $C_v$ : hệ số tỉ lệ có thứ nguyên, kJ/kg,  $C_v = 7,5$ kJ/kg.

$C_s$ : hệ số không đổi đặc trưng cho công chi phí tạo thành các bề mặt mới khi đánh tơi một ký bột, kJ/kg, về phương diện vật lý,  $C_s = 2,06$ kJ/kg;  $\lambda = 30$ kg/h = 0,008kg/s;

$$A_n = 0,65 \cdot [7,5 \cdot \lg 30^3 + 2,06 \cdot (30-1)] = 60,43 \text{ kJ/kg.}$$

Công suất để phá hủy vật liệu với năng suất 30kg/h hay 0,008kg/s là

$$N_n = q \cdot A_n = 0,008 \cdot 60,43 = 0,48 \text{ (kW)}$$

$$N_{th} = \frac{1}{2} - \frac{1}{3} N_n = 0,48 / 2 = 0,24 \text{ (kW)}$$

$$N_{ck} = 0,1 \text{ (kW)}$$

Vậy tổng công suất cho động cơ là:

$$N = 0,48 + 0,24 + 0,1 = 0,82 \text{ (kW)}$$

Do máy hoạt động với tải là các cục bột ca cao có kích thước không đồng nhất nên chọn hệ số an toàn cho động cơ là 1,5. Do đó công suất động cơ thực tế là:

$$N_{tt} = 1,5 \cdot 0,82 = 1,23 \text{ kW}$$

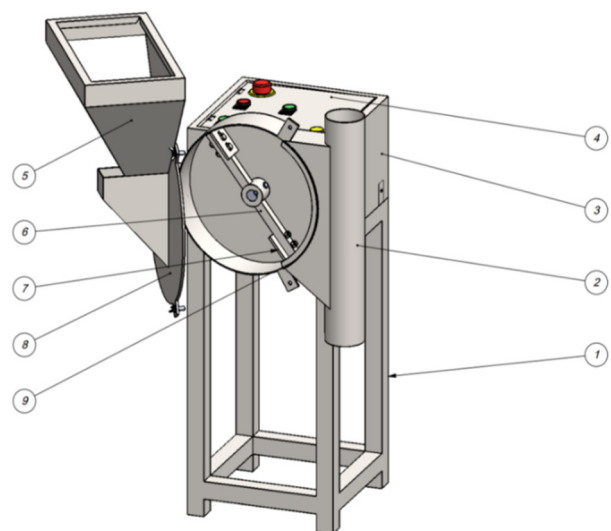
**Thiết kế lưới nghiền**

Chọn lưới nghiền có bề dày 2mm, bề rộng của lưới bằng bề rộng của buồng nghiền, chọn lỗ lưới có các kích thước 1; 1,5; 1,8; 2mm để điều chỉnh độ nhỏ của sản phẩm phù hợp. Lưới nghiền với các lỗ có sẵn được mua từ thị trường. Góc bo của lưới chọn bằng 1/3 buồng nghiền. Vậy ta chọn chiều dài của lưới là:  $L = 3,14 \cdot 340 / 3 = 356$  (mm). Bề rộng lưới bằng bề rộng buồng nghiền  $b_l = 80$ mm.

**Thiết kế máng cấp liệu:**

Căn cứ vào yêu cầu năng suất của máy là 30kg/h, chọn giãn cách thời gian nạp liệu vào máy là 6 phút đối với một công nhân vận hành. Khối lượng vật liệu được chứa ở máng cấp liệu:  $M = 30 \cdot 6 / 60 = 3$ kg - Dung tích của máng cấp liệu tính cho hạt có khối lượng thể tích nhỏ nhất bằng  $728 \text{ kg/m}^3$ .  $V = 3 / 728 = 0,004 \text{ m}^3$ .

Máy được thiết kế tính toán với bộ phận làm việc chính là bộ phận đập theo nguyên lý va đập. Lực tác động của cánh đập vào phần tử bánh ca cao do momen quay truyền động từ động cơ điện. Việc tính toán theo các lý thuyết về va đập của cơ học và các tài liệu đã có, không phức tạp và theo nguyên lý chung [9]. Máy được thiết kế trên phần mềm solid work như hình 7. Nguyên lí hoạt động: tiến hành đóng nắp buồng đập (8) và kiểm tra bảo đảm giữa buồng đập và nắp buồng đập không có khe hở trống. Tiến hành khởi động, mô tơ quay làm cho cánh đập (6) và tấm đập (7) quay theo, chiều quay quay theo chiều kim đồng hồ. Nguyên liệu được cấp vào máng cấp liệu (5) sau đó được rơi xuống buồng đập. Nguyên liệu bị đập và rơi qua lưới (9), nguyên liệu thu được ở cửa thoát liệu.



Hình 7. Máy đánh tơi bột cacao được thiết kế

- 1. Khung máy; 2. Buồng đập và cửa thoát liệu; 3. Thùng điện; 4. Nắp thùng điện; 5. Máng cấp liệu; 6. Cánh đập; 7. Tấm đập; 8. Nắp buồng đập.

**3.2. Kết quả chế tạo máy [10]**



a) Khung máy



b) Cánh đập



c) Tấm đập

Hình 8. Một số chi tiết của máy đã chế tạo



Hình 9. Máy đập vỡ bánh cacao đã chế tạo

Các chi tiết máy và khung máy được chế tạo theo thiết kế tại Khoa Cơ khí - Công nghệ, trường Đại học Nông Lâm TP. HCM với các nguyên công như bảng 1.

Bảng 1. Nguyên công chế tạo máy

| Nguyên công | Nội dung thực hiện  | Yêu cầu                              |
|-------------|---|--------------------------------------|
| 1           | Chuẩn bị phôi   | Inox 304 hộp 40×40 (mm)              |
| 2           | Dùng máy cắt HK 350 cắt phôi theo kích thước bản vẽ.  | Inox 304 hộp 40×40 (mm)              |
| 3           | Mài các ba dờ sau khi cắt bằng máy mài makita.  |                                      |
| 4           | Gá, hàn các phôi lại với nhau tạo thành khung máy bằng máy hàn tig200s.                             |                                      |
| 5           | Dùng máy chặt chặt các chi tiết còn lại   | Inox 304 có chiều dày 3mm            |
| 6           | Khoan các lỗ để lắp bulong bằng máy khoan bàn   | Mũi khoan có đường kính 3mm và 12mm. |
| 7           | Taro các lỗ vừa khoan   |                                      |
| 8           | Gá, hàn các chi tiết này lại với khung máy ở nguyên công 4 lại với nhau tạo thành khung hoàn chỉnh. |                                      |
| 9           | Dùng máy tẩy để tẩy trắng các mối hàn.  | Inox không được ố đen.               |

Máy là thiết bị chế biến thực phẩm do đó tất cả chi tiết được chế tạo bằng vật liệu thép không gỉ inox 304. Kết quả chế tạo được thể hiện trên hình 8 và 9.

### 3.3. Kết quả thực nghiệm

Tỉ lệ bơ còn lại trong bánh bột cacao sau khi ép được thực hiện như phương pháp đã trình bày. Tiến hành thực nghiệm ép tách bơ hai lần với kết quả trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Tỉ lệ bơ ép tách từ cacao mass

| Loại sản phẩm  | Đơn vị tính | Ép lần 1 | Ép lần 2 |
|--|-------------|----------|----------|
| cacao mass   | Gram        | 2054,6   | 2693,6   |
| bánh bột cacao   | Gram        | 1412     | 1845     |
| Bơ   | Gram        | 642,6    | 848,6    |
| Tỉ lệ phần trăm bơ ép ra                                       | %           | 31,3     | 31,5     |
| Tỉ lệ phần trăm bơ trung bình = $\frac{31,3+31,5}{2} = 31,5\%$ |             |          |          |
| Độ lệch chuẩn = 0,0014   |             |          |          |

Từ bảng 2 chỉ ra rằng qua hai lần thí nghiệm tỉ lệ phần trăm bơ được ép tách ra là 31,5%. Vì vậy tỉ lệ bơ còn lại trong bánh cacao vào khoảng  $15,5\% \div 28,5\%$  ( $47\% \div 60\%$ ) - 31,5%. Với tỉ lệ bơ sau ép cao, việc đánh tơi bánh để thu bột cacao có độ mịn sẽ có nhiều khó khăn và ngược lại. Trong chế biến bột cacao, lượng bơ còn lại sau ép tách càng nhỏ càng thuận lợi cho đánh tơi.

- Khối lượng thể tích của bánh cacao được tính toán thực nghiệm thông qua ba lần đo. Chi tiết khối lượng của 3 lần đo được trình bày ở hình 10.



Đo lần 1: 1063,2g



Đo lần 2: 1135,2g



Đo lần 3: 1186,0g

Hình 10. Cân xác định khối lượng thể tích bánh cacao

Khối lượng thể tích cacao trung bình qua 3 lần đo là:  $\frac{1063,2+1135,2+1186}{3} = 1128,1g$ , độ lệch chuẩn = 61,7g. Do đó, khối lượng thể tích của bánh cacao sau khi ép tách bơ là:  $727,8kg/m^3$  (thể tích bánh cacao 1550ml có khối lượng tương ứng là 1128,1g).

- Độ cứng của bánh bột cacao được xác định như phương pháp đã trình bày. Thực hiện đo đặc thông số độ cứng qua 5 lần và kết quả được trình bày ở bảng 3.

Bảng 3. Khối lượng tác động lên mẫu bánh cacao

| Lần thực hiện           | Khối lượng tác dụng lên mẫu bánh cacao bị vỡ |
|-------------------------|--|
| 1                       | 11457,0g                                     |
| 2                       | 12140,6g                                     |
| 3                       | 9448,6g                                      |
| 4                       | 7775,0g                                      |
| 5                       | 10130,0g                                     |
| Trung bình: 10190,2g    |  |
| Độ lệch chuẩn = 1717,2g |  |

Kết quả thực nghiệm như bảng 3, có thể xác định rằng với khối lượng 10190,2g hoặc tương đương với một lực đập có độ lớn 99,9 (N) tác động vào bánh cacao thì cacao sẽ mất liên kết và bắt đầu bị phá hủy và vỡ ra thành các mảnh nhỏ hơn. Áp lực phá vỡ được xác định là 13kG/cm<sup>2</sup>. Giá trị lực phá hủy liên kết bánh cacao là một trong những thông số cần thiết và quan trọng trong thiết kế máy.

Ấm độ cacao là thông số tác động khá rõ trong quá trình chế biến cacao, đặc biệt đến khâu đập vỡ hạt và nghiền nhỏ. Dùng máy đo ẩm, độ ẩm cacao thực nghiệm trước và sau khi rang được trình bày ở bảng 4 và 5.

Bảng 4. Ẩm độ cacao trước khi rang

| Lần đo   | Khối lượng mẫu cacao (g) | Độ ẩm (%) |
|--|--------------------------|-----------|
| 1  | 100,17                   | 5,8       |
| 2  | 100,22                   | 6,0       |
| 3  | 100,09                   | 5,6       |
| 4  | 100,61                   | 5,5       |
| 5  | 100,11                   | 6,2       |
| Độ ẩm trung bình của cacao trước khi rang là: 5,8% |                          |           |
| Độ lệch chuẩn = 0,3                                |                          |           |

Bảng 5. Ẩm độ cacao sau khi rang

| Lần đo                                       | Khối lượng mẫu cacao (g) | Độ ẩm (%) |
|--|--------------------------|-----------|
| 1  | 100,80                   | 4,4       |
| 2  | 100,84                   | 4,8       |
| Độ ẩm trung bình cacao sau khi rang là: 4,6% |                          |           |
| Độ lệch chuẩn = 0,3                          |                          |           |

Với ẩm độ sau khi rang < 5%, việc chế biến cacao ở những khâu tiếp theo sẽ thuận lợi và đạt được những yêu cầu kỹ thuật và chất lượng chế biến gồm bột và chocola.

- Độ mịn của bột cacao.

Với máy đã thiết kế và chế tạo, tiến hành thực nghiệm đánh tơi bánh cacao để thu bột. Xác định thông số độ mịn của bột sau khi bị đánh tơi là một trong những thông số kỹ thuật quan trọng đánh giá chất lượng làm việc của máy. Tiến hành đo đạc qua 4 lần thí nghiệm với các khối lượng khác nhau, dùng rây có lưới sàng cỡ 50µm để xác định chỉ tiêu. Cân khối lượng bột đi qua lỗ sàng so với tổng khối lượng mẫu của các lần thí nghiệm để tính độ mịn. Kết quả được trình bày ở bảng 6.

Bảng 6. Kết quả xác định độ mịn (kích thước bột nhỏ hơn 50µm qua sàng)

| Số lần thí nghiệm | Khối lượng bột đem rây (g) | Khối lượng bột đi qua lỗ sàng (g) | Độ mịn (%) |
|-------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------|
| 1                 | 8962,8                     | 8732,2                            | 97,4       |
| 2                 | 2280,2                     | 2187,4                            | 95,9       |
| 3                 | 1334,2                     | 1311,0                            | 98,3       |
| 4                 | 1036,0                     | 1015,4                            | 98,0       |
| Trung bình        |                            |                                   | 97,4       |

Độ mịn khi phân ly qua lưới sàng 50µm trình bày ở bảng 6 chỉ ra rằng máy thiết kế và chế tạo đạt được chỉ tiêu kỹ thuật đánh tơi bánh cacao thành bột cacao với độ mịn đạt tỉ lệ trung bình 97,4% (yêu cầu chung của thông số độ mịn qua sàng 50µm là > 96%).

- Năng suất của máy.

Đối với máy đánh tơi bột, năng suất làm việc của máy là thông số hoạt động cần thiết cho tính toán quy mô và đầu tư chế biến. Thực nghiệm năng suất bằng cách theo dõi trực tiếp và đo đạc cụ thể khối lượng đạt được trong thời gian cụ thể, kết quả được thể hiện ở bảng 7 với 4 lần đo đạc.

Bảng 7. Năng suất máy đánh tơi

| Số lần thực hiện                            | Khối lượng mỗi lần (g) | Thời gian (s) | Năng suất (g/s) |
|---|------------------------|---------------|-----------------|
| 1   | 2092,0                 | 36,84         | 56,8            |
| 2   | 1559,4                 | 20,61         | 75,7            |
| 3   | 2940,2                 | 29,20         | 100,7           |
| 4   | 2371,2                 | 24,57         | 95,5            |
| Năng suất trung bình của máy là: 82,2 (g/s) |                        |               |                 |
| Độ lệch chuẩn = 20,1                        |                        |               |                 |

Tính toán theo giờ thì năng suất máy đạt khoảng 295kg/h. Với năng suất này, máy hoàn toàn đáp ứng nhu cầu cho chế biến bột cacao ở các cơ sở chế biến.

#### 4. KẾT LUẬN

Đánh tơi bánh cacao để chế biến bột cacao là nhu cầu có tính thực tiễn và cấp thiết. Một mẫu máy đánh tơi bánh cacao đã được thiết kế và chế tạo thành công, đạt được các chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật đáp ứng cho sản xuất bột cacao. Máy đã đạt năng suất 295kg/h, hoạt động êm ái, ổn định, và dễ vệ sinh. Độ mịn của bột sau khi đánh tơi đạt tỉ lệ lớn hơn 97% khi phân ly qua lưới sàng có lỗ là 50µm. Tuy nhiên, vấn đề cung cấp nguyên liệu cho máy chưa được tự động, cần thiết kế chế tạo thêm bộ phận cung cấp bánh cacao tự động cho máy.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Department of Crop Production - Ministry of Agriculture & Rural Development, 2019. *Tình hình sản xuất ca cao Việt Nam năm 2019 và định hướng phát triển thời gian tới*. Hội nghị Tổng kết hoạt động năm 2019 và phương hướng năm 2020 do Ban Điều phối phát triển ca cao Việt Nam tổ chức ngày 11/11/2019, Vũng Tàu.

- [2]. Pham Hong Duc Phuoc, et al., 2009. *Nghien cuu cong nghe, thiet ke va che tao he thong che bien ca cao qui mo nho phuc vu chuong trinh san xuat cacao ben vung*. Science Topic.
- [3]. ICCO, 2017. *Cocoa market review*.
- [4]. Stephen T Beckett, 2008. *The Science of Chocolate*, 2nd Edition. RSC Publishing.
- [5]. E.H.Meursing, 2008. *De Zaan cocoa and chocolate Manual*. Book, 171 pages.
- [6]. Nguyen Huy Bich, et al., 2019. *Nghien cuu cong nghe va thiet ke che tao thiet bi che bien ca cao qui mo nho*. Science Topic, Code B2017 - NLS - 10, TP. Ho Chi Minh.
- [7]. Bernard W. Minifie, 1980, *Chocolate, Cocoa and Confectionery*. Avi Publishing Company.
- [8]. Nguyen Huy Bich, Pham Duy Lam, Nguyen Van Lanh, 2019. *A Study on the Breaking and Winnowing Machine for Cocoa Beans at Small Industrial Scale in Viet Nam*. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, Vol. 9 No. 1, pp 329-335, DOI: 10.18517 / ijaseit.9.1.7765
- [9]. Trinh Chat, Le Van Uyen. 2006. *Tinh toan thiet ke he dan dong co khi I, II*. Vietnam Education Publishing House, Hanoi.
- [10] Ton That Minh, 2015. *May va thiet bi che bien luong thuc*. Bach Khoa Publishing House - Hanoi.

---

#### AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Huy Bich, Pham Duy Lam**

Faculty of Engineering and Technology, Nong Lam University - Ho Chi Minh City