

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÁY KHUẤY TRỘN CỖ NHỎ TRONG CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT BỘT TÍA TÔ BẰNG PHƯƠNG PHÁP SẤY PHUN

Lê Văn Dũng*, Hoàng Xuân Anh, Nguyễn Thanh Hải

Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

**Tác giả liên hệ: lvdung.bmmnn@vnua.edu.vn*

Ngày nhận bài: 21.11.2024

Ngày chấp nhận đăng: 18.06.2025

TÓM TẮT

Thiết kế, chế tạo máy khuấy trộn cỡ nhỏ phục vụ sản xuất tinh chất của cây tía tô nhằm nâng cao chất lượng, tăng giá trị hàng hóa sản phẩm, giảm chi phí đầu tư và sản xuất. Máy có thể khuấy trộn được các loại sản phẩm lỏng như dịch quả, ngoài ra còn khuấy trộn được một số loại chất lỏng khác... tùy theo yêu cầu công nghệ của từng loại sản phẩm trong khuấy trộn sản phẩm lỏng. Kết hợp nghiên cứu lý thuyết, thực nghiệm và sử dụng phần mềm thiết kế đồ họa như SolidWorks, AutoCAD, Inventor để lựa chọn cấu tạo, nguyên lý hoạt động, xác định các thông số kỹ thuật và thử nghiệm đánh giá khả năng làm việc của máy khuấy trộn. Kết quả nghiên cứu đã tính toán thiết kế và lựa chọn được thông số, bộ phận chính của máy, kích thước máy (350mm × 350mm × 1.340mm), năng suất từ 30 lít/mẻ máy có ưu điểm kết cấu gọn nhẹ, dễ gia công chế tạo, giá thành phù hợp.

Từ khóa: Máy khuấy, khuấy trộn, bột tía tô.

Design and Manufacture of Small Mixer in Perilla Powder Production Technology by Spray Drying Method

ABSTRACT

Design and manufacture small-sized mixing machines for the production of perilla essences aim to improve quality, increase product value, reduce investment and production costs. The machine can mix liquid products such as fruit juice, and can also mix other liquids depending on the technological requirements of each product in mixing liquid products. Combining theoretical and experimental research and graphic design software such as SolidWorks, AutoCAD, and Inventor were used to select the structure and operating principle, determine technical parameters and test to evaluate the working capacity of the mixer. The research results have calculated the design and selected the parameters, main parts of the machine, machine size (350mm × 350mm × 1,340mm), capacity from 30 liters/batch small mixing to mix the substances together in a uniform ratio. The machine has machine size (350mm × 350mm × 1,340mm) and capacity from 30 liters/batch. The machine has the advantages of good product quality, compact structure, easy to process and manufacture, reasonable price..

Keywords: Stirrer, mixer, perilla powder.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong các ngành sản xuất thực phẩm, hóa chất, đặc biệt là các sản phẩm ở dạng lỏng thì việc khuấy trộn, đảo đều nguyên liệu chiếm vị trí quan trọng trong quá trình sản xuất. Bởi vì nguyên liệu khi được đảo trộn đồng nhất mới có thể tạo ra thành phẩm chất lượng cao.

Cây tía tô là loại rau gia vị, trong đó lá tía tô được mệnh danh là “vị thuốc bổ” bởi nhiều tác

dụng tốt cho sức khỏe. Lá tía tô chủ yếu được sử dụng để ăn tươi. Trong những năm gần đây, lá tía tô được sản xuất dưới dạng bột rất thuận tiện cho sử dụng và bảo quản. Để sản xuất tía tô dạng bột, người ta tiến hành làm khô lá tía tô, sau đó nghiền thành dạng bột mịn. Để làm khô, phần lớn lá tía tô được sấy trong các máy sấy vĩ ngang dùng tác nhân sấy là không khí nóng ở nhiệt độ 40-50°C nên chất lượng sản phẩm thấp, đặc biệt các hoạt chất sinh học dễ bị phân

huỷ dưới tác dụng của nhiệt độ cao và thời gian sấy kéo dài. Vì vậy, để nâng cao chất lượng sản phẩm, hiện nay phương pháp sấy phun đang được áp dụng phổ biến vì thời gian sấy rất ngắn (10-20s), tạo ra sản phẩm dạng bột mịn, bỏ qua khâu nghiền.

Trong quy trình sản xuất bột lá tía tô bằng phương pháp sấy phun, khâu khuấy trộn đóng vai trò quan trọng. Sau khi ép lấy dịch tía tô, cần tây, lọc dịch và trộn thêm các chất độn hay chất mang (thường dùng maltodextrin) để làm tăng hàm lượng chất khô, giảm chi phí sấy, tăng hiệu suất thu hồi ở quá trình sấy. Sử dụng máy khuấy trộn có cánh khuấy, để khuấy trộn và hoà tan maltodextrin vào dịch ép, nhằm thu được dung dịch đạt nồng độ 12 ÷ 20 độ Brix, tăng hàm lượng chất khô phù hợp cho dung dịch trước khi sấy.

Có 3 loại thiết bị khuấy trộn chính, đó là:

- Trộn thủy lực: Nhờ thay đổi hướng chuyển động và vận tốc dòng nước.
- Trộn cơ khí: Nhờ cánh khuấy trộn (thường hay được sử dụng).
- Trộn khí nén: Đưa vào ống khuếch tán và nổi trên mặt nước.

Ở nước ngoài, một số cơ quan và tổ chức đã có những nghiên cứu tính toán về động lực học của máy khuấy trong một số ngành công nghiệp như công nghiệp thực phẩm, công nghiệp polyme, công nghiệp hoá chất... và cũng đạt được một số thành công nhất định. Trong nước, một số đơn vị thuộc các viện nghiên cứu và các trường đại học đã đầu tư nghiên cứu tính toán thiết kế máy khuấy trộn, bước đầu thu được kết quả quan trọng nhưng do hạn chế về thời gian cũng như kinh phí, quá trình nghiên cứu còn gặp nhiều khó khăn (Nguyễn Minh Tuấn, 1987). Việc tính toán thiết kế máy khuấy có chức năng vừa khuấy trộn và phun liên tục phục vụ cho mục đích nông nghiệp chưa được đầu tư nghiên cứu một cách sâu sắc.

Vì vậy, việc nghiên cứu thiết kế thiết bị khuấy trộn phù hợp nhằm tạo ra sản phẩm có chất lượng cao với giá thành thiết bị và chi phí khuấy trộn thấp là vấn đề có ý nghĩa thực tiễn lớn, cũng là nhu cầu cấp thiết để ổn định và phát triển sản phẩm trong giai đoạn hiện nay...

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Tía tô là một trong số 8 loài cây thuộc họ Hoa môi (Lamiaceae hay Labiatae) giống như húng (Blaschek, Hänsel & Keller 1998).

Thành phần hóa học của tía tô

- Tinh dầu: Perillaldehyde là thành phần chủ yếu trong tinh dầu tía tô, có mùi thơm đặc trưng và được biết đến với đặc tính kháng viêm, kháng khuẩn; Limonene là hợp chất có tác dụng chống oxy hóa và kháng khuẩn. Cineole có tác dụng làm dịu cơn ho và giúp thông mũi; α -Pinene có tính chất kháng viêm và kháng khuẩn.

- Flavonoid: Các flavonoid như quercetin, kaempferol và luteolin có tác dụng chống oxy hóa, bảo vệ tế bào và giúp giảm viêm.

- Axit phenolic: Tía tô chứa các acid phenolic như axit rosmarinic và axit caffeic, có đặc tính chống viêm và chống oxy hóa mạnh.

- Vitamin và khoáng chất: Vitamin A (carotenoid), vitamin C và các khoáng chất như canxi, sắt có trong tía tô giúp tăng cường sức khỏe và hệ miễn dịch.

- Protein và lipid: Tía tô có chứa một lượng nhỏ protein và lipid.

- Carbohydrate: Thành phần carbohydrate chủ yếu là đường và chất xơ.

Maltodextrin là một loại tinh bột (carbohydrate) có nguồn gốc từ các loại tinh bột tự nhiên như tinh bột ngô, gạo, khoai tây hoặc lúa mì... Maltodextrin được thêm vào nhiều loại thực phẩm để cải thiện hương vị, gia tăng kết cấu, tăng độ dai và kéo dài thời gian sử dụng.

Vật liệu chế tạo máy sấy là những vật liệu sẵn có trên thị trường trong nước như: thép hình, tôn, inox,... Vật liệu chế tạo các bộ phận chính của máy: thùng trộn, cánh khuấy,... phải là thép không gỉ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- *Phương pháp nghiên cứu lý thuyết*: Để phục vụ tính toán các thông số chính của máy khuấy trộn.

- *Phương pháp thiết kế đồ họa*: Ứng dụng các phần mềm thiết kế cơ khí như SolidWorks, AutoCAD, Inventor... được sử dụng để thiết kế máy khuấy trên máy tính.

- *Phương pháp xác định độ hòa tan*: Phương pháp đo trực tiếp: Đo độ hòa tan bằng cách đo khối lượng của chất tan trong một lượng dung môi xác định tại một nhiệt độ và áp suất cố định. Phương pháp đo gián tiếp: Đo độ hòa tan bằng cách đo sự thay đổi nồng độ của chất tan trong dung dịch.

- *Phương pháp xác định độ đồng nhất của hỗn hợp sau khi trộn*: Khi trộn đều một thể tích (khối lượng) có giá trị a của chất A với một thể tích (khối lượng) b của chất B để tạo hỗn hợp đồng nhất AB, tỷ lệ thể tích (khối lượng) của A và B trong hỗn hợp lý tưởng được tính theo công thức:

$$C_A = \frac{a}{a+b}; C_B = \frac{b}{a+b} \quad (1)$$

Để đánh giá mức độ đồng đều của hỗn hợp ta sử dụng công thức:

$$I_s = \frac{C_A \cdot C_B (N-1)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (C_A - C_{iA})^2}} \quad (2)$$

Trong đó:

C_A : thành phần chất A trong hỗn hợp lý tưởng;

C_B : thành phần chất B trong hỗn hợp lý tưởng;

C_{iA} : thành phần chất A trong thể tích mẫu V_i ;

N : số thể tích mẫu V_i ;

n là số hạt trong một thể tích mẫu hỗn hợp.

I_s càng lớn thì mức độ đồng nhất của hỗn hợp trộn càng cao.

- *Phương pháp xử lý số liệu thí nghiệm*: Số liệu thí nghiệm được xử lý thống kê, tính độ chính xác và kiểm định sự khác biệt giữa các nghiệm thức ở mức tin cậy nhất định. Dùng phép phân tích phương sai (ANOVA) để loại bỏ các yếu tố chi phối, xác định sai số thí nghiệm, làm rõ và đánh giá chính xác tác động của các yếu tố thí nghiệm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Lựa chọn nguyên lý và kết cấu máy khuấy

3.1.1. Cơ chế khuấy trộn chất lỏng (Jakobsen H.A., 2009)

Có bốn loại cơ chế để khuấy trộn chất lỏng: khuấy trộn vận chuyển khối lớn, khuấy trộn hỗn loạn, khuấy tầng và khuấy khuếch tán phân tử.

- Khuấy trộn chuyển khối lớn: Quá trình khuấy trộn bằng cách di chuyển phần tương đối lớn khối chất lỏng đang được trộn từ vị trí này sang vị trí khác trong hệ thống. Quá trình này không tạo ra sự khuấy trộn tốt, dễ tạo ra hiệu quả khuấy, sử dụng cánh khuấy dạng mái chèo, lưỡi dao...

- Khuấy trộn hỗn loạn: Khuấy trộn hỗn loạn là kết quả khi tạo ra dòng chảy chất lỏng hỗn loạn (được đặc trưng bởi sự dao động ngẫu nhiên của vận tốc chất lỏng tại bất kỳ điểm nào trong khối chất lỏng). Dòng chảy khuấy hỗn loạn dẫn đến vận tốc thay đổi liên tục, do đó chất lỏng có các vận tốc tức thời khác nhau tại các vị trí khác nhau tại cùng một thời điểm. Sự khác biệt về vận tốc theo thời gian và không gian như vậy đã tạo ra chuyển động ngẫu nhiên của các hạt chất lỏng, đó là lý do tại sao khuấy trộn hỗn loạn là cơ chế trộn hiệu quả cao.

- Khuấy trộn theo tầng: Dòng chảy do lực độ nhớt chi phối được gọi là dòng chảy tầng và được đặc trưng bởi chuyển động theo đường song song và trơn tru của chất lỏng. Áp dụng cho chất lỏng nhớt hoặc chất lỏng tầng, Khi hai chất lỏng không giống nhau được trộn qua dòng chảy tầng, lực cắt được tạo ra kéo căng giao diện giữa chúng. Trong cơ chế khuấy này, các lớp dung dịch gấp lại với nhau. Do đó, số lượng các lớp tăng lên. Vì vậy, quá trình trộn bao gồm việc giảm độ dày của lớp chất lỏng bằng cách tạo ra hiệu ứng gấp. Ứng suất cắt được áp dụng giữa các giao diện của hai chất lỏng không giống nhau được trộn.

- Khuấy trộn khuếch tán phân tử: Kết quả pha trộn từ sự khuếch tán của các phân tử do chuyển động nhiệt gây ra được gọi là sự khuếch tán phân tử. Cơ chế này xảy ra ở mức độ phân

tử. Kiểu pha trộn này xảy ra bất cứ khi nào có một gradient nồng độ (Theo định luật Fick).

3.1.2. Hòa tan vật rắn trong chất lỏng

Khi hòa tan chất rắn trong chất lỏng, như hòa tan đường, muối trong nước, cần điều kiện khuấy trộn để cho mọi hạt rắn đều hòa trong chất lỏng. Trong quá trình khuấy trộn khi có tăng công cơ học (tăng số vòng quay) lên cao quá trình hòa tan cũng không tốt hơn.

Công được dùng phải đủ bên cạnh công suất của dòng chất lỏng, để hạt rắn phân đều trong chất lỏng. Mục tiêu là xác định công suất tiêu hao, thời gian hòa tan và số vòng quay theo điều kiện đã chọn phụ thuộc vào loại chất tan. Cánh khuấy có tác dụng giữ cho hạt lơ lửng trong chất lỏng để các hạt có khả năng phân bố đều và không có sự phân biệt về nồng độ trong thùng khuấy.

Điều kiện hòa tan trong chất lỏng nhất khó khăn hơn, vì dòng xoáy hình thành chậm, ngoài ra hầu như luôn luôn xảy ra hiện tượng phân lớp và kìm hãm sự cấp khối, không tách ra khỏi dòng khuấy.

$$\frac{dG_r}{dt} = -\beta.F(C_{bh} - C) \quad (3)$$

Trong đó: G_r : lượng hạt rắn chưa hòa tan (kg); t : thời gian (s); C_{bh} : nồng độ bão hòa (kg/m³); C : nồng độ chất lỏng (kg/m³); β : Hệ số cấp khối (m/s).

3.1.3. Khuấy trộn cơ khí

Khuấy trộn cơ khí là sử dụng các loại cánh máy, khuấy trộn đều các chất và loại chất lỏng vào nhau với cường độ và công suất tùy theo mục đích, từ đó làm tăng năng suất của quá trình khuấy, giúp tiết kiệm thời gian trong quá trình trộn. Máy trộn cơ khí thường cấu tạo gồm một trục thẳng đứng được điều khiển bởi một bộ giảm tốc độ và động cơ điện. Có nhiều loại cánh khuấy để tạo ra dòng nước chảy theo nhiều hướng và tạo ra dòng chảy rối.

Ưu điểm của phương pháp khuấy trộn kiểu cơ khí:

- Thời gian khuấy trộn ngắn.

- Có thể điều chỉnh được cường độ khuấy trộn theo ý muốn.

- Thiết bị được lắp đặt gọn gàng, hoạt động hiệu quả, dễ vận hành.

3.1.4. Cách lựa chọn cơ cấu khuấy

Cơ cấu khuấy trong trường hợp chung nhất có thể chia thành cơ cấu khuấy chậm và quay nhanh.

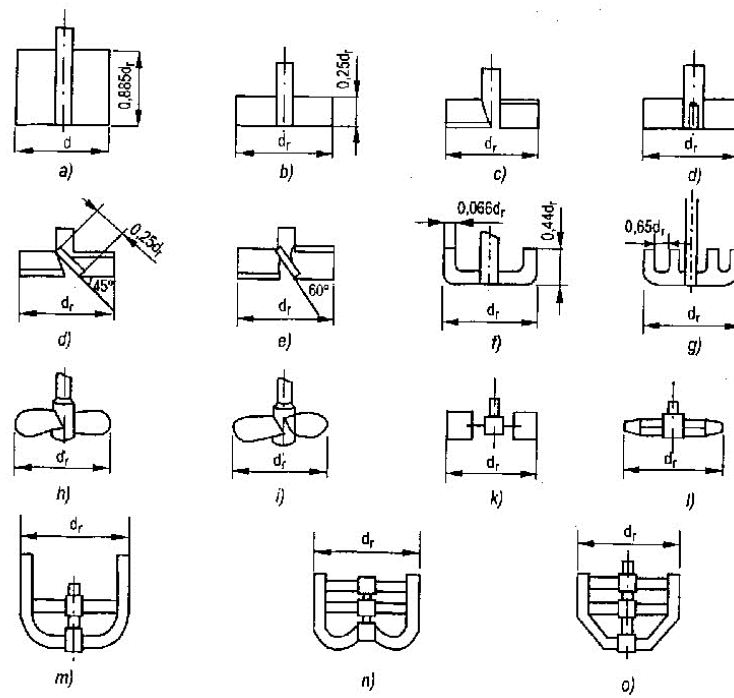
Các loại quay nhanh gồm cơ cấu khuấy turbine (Hình 1k), cơ cấu khuấy chân vịt (Hình 1h) và các kiểu cơ cấu khuấy chuyên dùng, thí dụ loại đĩa, loại bản,... Tùy thuộc vào hình dạng cánh và phương pháp xếp đặt mà các cơ cấu khuấy này có thể tạo thành các dạng lồng hướng kính, hướng trục, hướng trục - kính.

Loại khuấy chậm gồm có các cơ cấu khuấy loại bản (Hình 1b; 1d), loại tấm (Hình 1a), loại mỏ neo (Hình 1f) và loại khung (Hình 1m). Chúng chủ yếu tạo ra dòng lồng vòng (dòng chảy tiếp tuyến), có nghĩa là chất lỏng quay quanh trục thiết bị. Trong nhóm này có cả cơ cấu khuấy băng và cơ cấu vít tải.

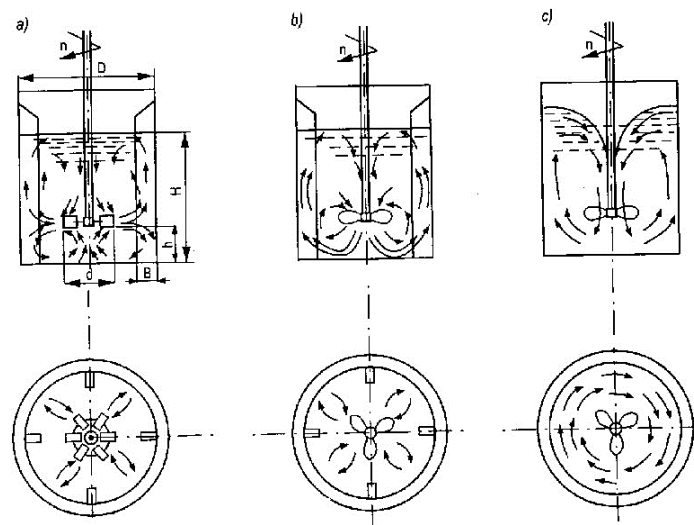
Cơ cấu khuấy turbine kín và cơ cấu khuấy turbine hở với cánh thẳng hay cánh cong đều tạo dòng hướng kính. Cơ cấu khuấy vít tải có ống hướng và cơ cấu khuấy chân vịt có thể duy trì được dòng hướng trục. Dòng trung gian hướng trục - kính được hình thành do cơ cấu khuấy turbine có cách đặt nghiêng với mặt phẳng quay của cơ cấu khuấy (Trần Như Khuyên & Nguyễn Thanh Hải, 2021).

3.1.5. Cách lựa chọn kết cấu chống tạo lôm

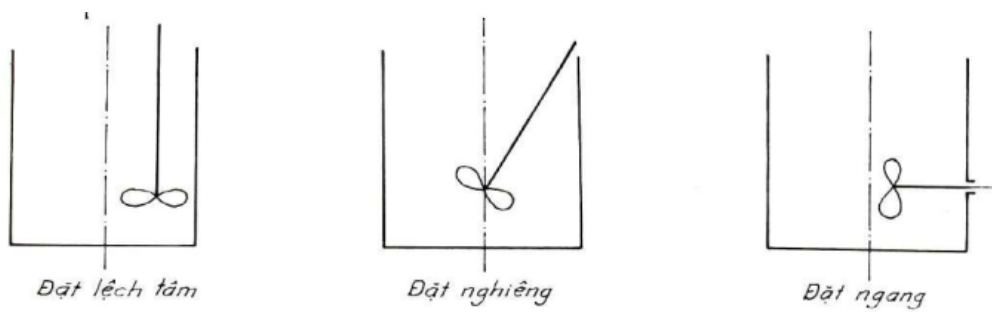
Dòng chất lỏng chuyển động trong thùng khuấy có ảnh hưởng nhiều đến quá trình khuấy. Qua nghiên cứu cho thấy, dòng chuyển động theo phương chiều trục (lên xuống) thích hợp cho quá trình hòa tan của chất rắn, còn dòng chảy chuyển động theo phương bán kính (qua lại) thích hợp cho quá trình trộn khí với lỏng hoặc hai chất lỏng với nhau. Trong quá trình khuấy trộn người ta thường thấy xuất hiện nhiều chỗ xoáy lớn trên bề mặt và sự chuyển động tròn của chất lỏng bị hạn chế, do sự hình thành lôm xoáy và mất mát năng lượng và sự tạo bọt trong khi khuấy (có tác dụng lực ly tâm).



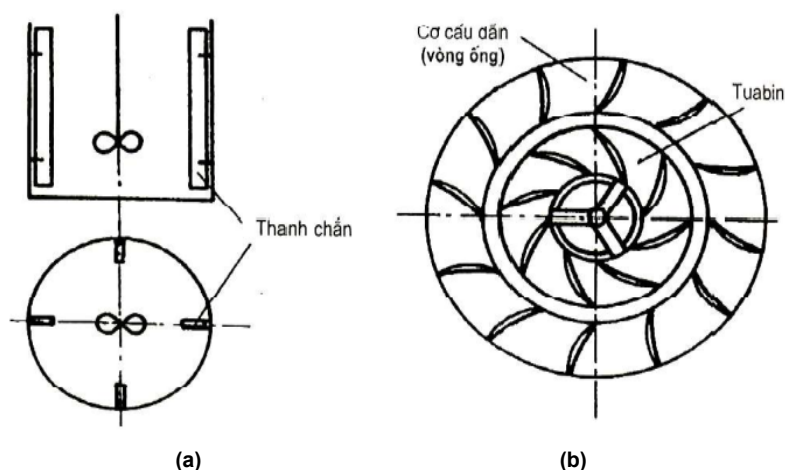
Hình 1. Các dạng bộ phận khuấy



Hình 2. Sơ đồ tạo dòng của các cơ cấu



Hình 3. Cách đặt cánh khuấy



Ghi chú: (a): Thanh chắn; (b): Vòng ống.

Hình 4. Biện pháp chống tạo lổm

Để tránh khả năng tạo thành lổm xoáy parabol và ảnh hưởng của dòng chất lỏng, người ta thường áp dụng những phương pháp sau (Nguyễn Bin, 2004):

(1) Đặt cánh khuấy lệch tâm thùng, đặt nghiêng hoặc nằm ngang, ví dụ như cánh khuấy chân vịt ở hình 3.

(2) Thu hẹp khoảng cánh bằng:

- Ghép thanh chắn ở thành trong của thùng. Quanh thùng có thể gắn từ 2 đến 6 thanh có bề ngang chiếm $1/10 \div 1/15$ đường kính thùng khuấy, đặt sát bề mặt thùng hoặc với khoảng cách $2 \div 4\text{cm}$.

- Vòng ống xung quanh cánh khuấy, đặc biệt đối với cánh khuấy turbine có tác dụng cho dòng chất lỏng chuyển động theo hướng bán kính và sự giảm mạnh vận tốc ở tâm thùng (đồng nhất hóa dòng). Đường kính ngoài của vòng ống nhỏ hơn $D/2$.

Qua phân tích nguyên lý và cách lựa chọn một số bộ phận chính của máy khuấy trộn, để thiết kế máy khuấy trộn phù hợp nhằm tạo ra sản phẩm có chất lượng cao với giá thành thiết bị và chi phí khuấy thấp, có thể khuấy được nhiều nguyên liệu và dễ bảo dưỡng sửa chữa, chúng tôi chọn thiết bị khuấy trộn một trục thẳng đứng (Hình 5).

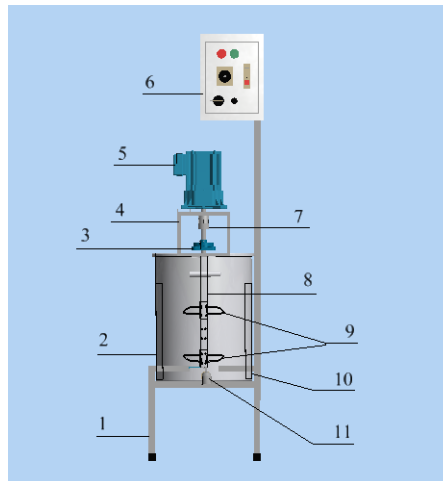
Máy khuấy trộn một trục năng suất 30 lít/mẻ.

Cấu tạo gồm: thùng khuấy trộn (2) được chế tạo bằng inox 201 có dạng hình trụ tròn, đáy

thùng có gắn vòi thoát liệu (11). Trên miệng thùng có gắn hệ thống cơ cấu khuấy gồm: giá đỡ động cơ (4), gối đỡ vòng bi (3) có tác dụng nâng, đỡ trục khuấy (8), khớp nối mềm (7) có tác dụng làm giảm tải trọng động đồng thời ngăn ngừa tình trạng quá tải, cũng như bù sai lệch tâm giữa các trục, động cơ điện (5). Bên trong thùng khuấy là các trục khuấy (8), trên trục khuấy có thể lắp các cánh khuấy (9) khác nhau tùy vào mục đích sử dụng và thanh chắn dọc (11), máy có bộ bảng điều khiển (6) để điều chỉnh tốc độ quay của cánh khuấy và điều chỉnh thời gian khuấy trộn.

Nguyên lý hoạt động: Nguyên liệu dạng lỏng được cấp vào thùng khuấy (2), động cơ điện (5) hoạt động làm trục khuấy (8) quay dẫn đến cánh khuấy (9) quay. Chất lỏng được khuấy trộn trực tiếp tại đây nhờ hệ thống cánh khuấy (9), các dạng cánh khuấy khác nhau, khi khuấy trộn sẽ hình thành trong nội bộ chất lỏng, các dòng chảy tiếp tuyến, hướng tâm, hướng trục hoặc hỗn hợp, nhờ đó mà hỗn hợp lỏng được khuấy đều. Sau khoảng thời gian đặt trước từ timer ở bảng điều khiển chất lỏng được đồng đều thì được đưa ra từ vòi thoát liệu số (11).

Ưu điểm: Kết cấu gọn nhẹ, dễ dàng sử dụng và vận hành, giá thành phù hợp, giảm thời gian trộn, tỉ lệ đồng đều cao, bảo toàn giá trị dinh dưỡng, giảm tổn thất và còn bảo đảm vệ sinh an toàn sạch sẽ.



Ghi chú: 1: Giá đỡ thùng khuấy; 2: Thùng khuấy; 3: Gối đỡ vòng bi; 4: Giá đỡ động cơ; 5: Động cơ điện; 6: Bảng điều khiển; 7: Khớp nối mềm; 8: Trục khuấy; 9: Hệ thống cánh khuấy; 10: Tăm chắn dọc; 11: Vòi thoát liệu.

Hình 5. Máy khuấy trộn một trục kiểu thẳng đứng KTL01_HVN

3.2. Tính toán thiết kế, chế tạo một số bộ phận chính

3.2.1. Lựa chọn các thông số hình học của thiết bị

Máy khuấy cánh có thùng chứa thẳng đứng là thiết bị trộn cơ khí có trục khuấy bố trí thẳng đứng, trên trục có gắn các cánh khuấy. Để cải thiện việc khuấy trộn thì bên trong thành thùng, ta thiết kế thêm một số tấm chắn dọc để tăng chất lượng chất lỏng chuyển động khi khuấy trộn.

Đối với mỗi loại dung dịch có đặc tính về độ nhớt khác nhau, có một bảng chọn số liệu kích thước cơ bản của máy khuấy sử dụng cho dung dịch đó. Theo một số tài liệu, có thể chọn kích thước cơ bản của máy khuấy theo các tỷ lệ như sau:

- $d_k/D = 0,1 \div 0,55$
- $b/d_k = 0,1 \div 0,2$
- $h/D = 0,1 \div 0,3$
- $Y/D = 0,8 \div 1,3$

Trong đó:

- D: Đường kính thùng khuấy
- d_k : Đường kính cánh khuấy
- b: Chiều rộng cánh khuấy
- h: khoảng cách từ cánh đến đáy thùng

- Y: chiều cao của mức chất lỏng.

3.2.2. Tính toán thiết kế thùng khuấy

Do thùng khuấy được dùng trong thực phẩm, để vừa đảm bảo tính an toàn thực phẩm và độ bền vững nên ta chọn vật liệu chế tạo thùng khuấy là inox 201 với các cơ tính:

- Độ cứng: HB = 85
- Độ dẫn dài: $\varepsilon = 62,5\%$
- Giới hạn bền: $\sigma_b = 696\text{Mpa}$
- Giới hạn chảy: $\sigma_{ch} = 301\text{Mpa}$

Do nhu cầu của đơn vị sản xuất là 30 lít/mẻ và để thuận tiện cho quá trình khuấy trộn nên thiết kế thùng khuấy dạng hình trụ tròn, từ đó ta xác định được các kích thước của thùng theo công thức:

$$V = \pi r^2 \times H \text{ (m}^3\text{)} \quad (4)$$

Trong đó: V: Thể tích của thùng khuấy (m^3); r: Bán kính thùng khuấy (m); H: Chiều cao thùng khuấy (m).

Ta có: $V = 30 \text{ (l)} = 0,03 \text{ (m}^3\text{)}$.

Chọn đường kính thùng khuấy là $D = 0,3\text{m}$, thay số vào (20) ta được:

$V = \pi r^2 \times H \rightarrow H = 0,42 \text{ (m)}$. Chọn chiều cao thùng khuấy $H = 0,4 \text{ (m)}$

Vậy ta có kích thước thùng khuấy theo thông số tính toán như hình 6.

3.2.3. Tính thiết kế cánh khuấy

Xác định đường kính và chiều rộng cánh khuấy:

Theo mục 3.2.1, ta có tỷ lệ thích hợp giữa đường kính cánh khuấy (d_k) và chiều rộng cánh khuấy (b) với đường kính thùng khuấy ($D = 0,3\text{m}$).

Ta chọn tỷ lệ giữa: $d_k/D = 0,55$; $b/d_k = 0,2$

Suy ra ta tính được:

- Đường kính cánh khuấy:

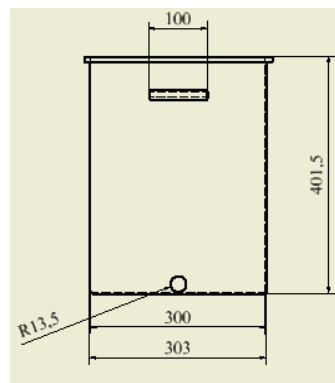
$$d_k = 0,55 \times 0,3 = 0,165 \text{ (m)}$$

- Chiều rộng cánh khuấy:

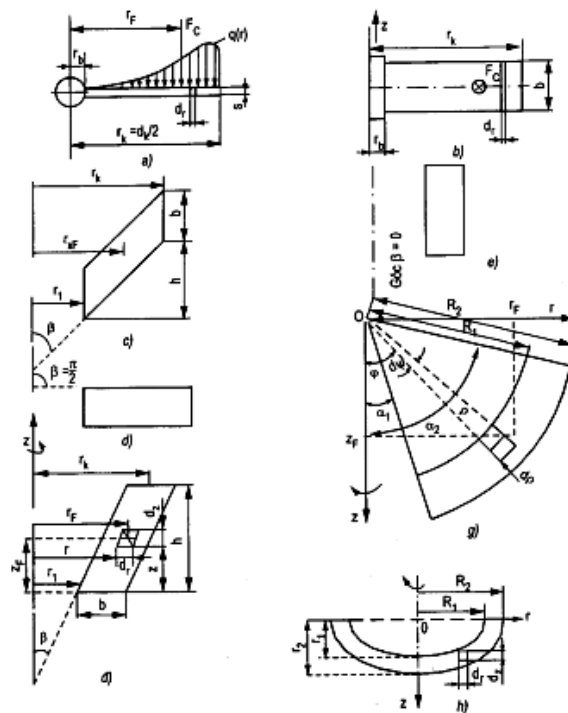
$$b = 0,2 \times 0,165 = 0,033 \text{ (m)}.$$

Vậy đường kính cánh khuấy và chiều rộng cánh khuấy lần lượt là $d_k = 0,165 \text{ (m)}$ và $b = 0,03 \text{ (m)}$

Để tính toán cơ cấu khuấy, cánh khuấy trước tiên ta cần xác định được lực tác dụng lên cánh khuấy. Do quan hệ dòng chảy ở trong thiết bị khuấy với các cánh khuấy và thùng khuấy khác nhau nên hiện nay chúng ta mới chỉ biểu diễn được các công thức gần đúng, do ảnh hưởng của nhiều yếu tố: loại và dạng cánh khuấy, loại thùng khuấy, chuẩn số Reynolds, dòng xoáy,... do đó chỉ đưa ra các phương trình gần đúng sức bền khuấy (Nguyễn Bin, 2023).



Hình 6. Thùng khuấy



Hình 7. Lực phân bố theo chiều dài cánh

- Lực tác dụng lên cánh khuấy:

Khi làm việc cánh chịu áp lực của môi trường dung dịch được xác định theo Niuton:

$$p = C_p \cdot v^2 \cdot \rho \quad (5)$$

Trong đó: p : Áp suất (N/m^2); v : Vận tốc chuyển động tương đối của cánh trong môi trường khuấy (m/s); ρ : Khối lượng riêng của môi trường khuấy (kg/m^3); C_p : Hệ số trở lực của môi trường $C_p = f(Re, Fr)$

Quy đổi lực phân bố diện tích thành lực phân bố chiều dài:

$$q(r) = pb = C_p \times v^2 \times \rho \cdot b \quad (6)$$

Trong đó: b : Chiều rộng cánh khuấy (m);

Lực phân bố $q(r)$ phân bố theo chiều dài của cánh cơ cấu theo quy luật mũ và có hình dạng như ở hình 7a.

3.2.4. Xác định thông số của thiết bị dẫn động

* Xác định chỉ số Re của dung dịch:

$$Re_k = \frac{d_k^2 \cdot N}{\nu} \quad (7)$$

Trong đó: d_k : Đường kính cánh khuấy ($d_k = 0,165m$); N : Số vòng quay của cơ cấu khuấy (vòng/giây); ν : Độ nhớt động học của môi trường khuấy (m^2/s).

Ví dụ dung dịch là nước ở $20^\circ C$ có:

- Độ nhớt động lực: $\mu = 1mPas$

- Khối lượng riêng: $\rho = 998 kg/m^3$

→ Độ nhớt động lực học của môi trường khuấy:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0,001}{998} = 1 \times 10^{-6} \left(\frac{m^2}{s} \right) \quad (8)$$

Số vòng quay của cơ cấu khuấy liên quan đến công suất riêng (N/V), đặc trưng độ nhớt của môi trường khuấy và số vòng quay giới hạn để không tạo lổm.

Theo Nguyễn Minh Tuyển (2006), số vòng quay của bộ phận khuấy được chọn như sau: Đối với bộ phận khuấy cánh $N = 1 \div 15$ vòng/giây, đối với bộ phận khuấy chân vịt $N = 1 \div 10$ vòng/giây.

Với các cánh khuấy thông dụng là cánh khuấy dạng chân vịt, ta có trị số nên dùng của tốc độ khuấy là: $N = 1 \div 10$ vòng/giây tương đương với $n = 60-600$ vòng/phút.

Ở đây ta xác định Re_k và công suất P tại tốc độ khuấy $N = 1,6$ vòng/giây ($n = 100$ vòng/phút)

Thay các giá trị vào công thức (7) ta được:

$$Re_k = \frac{d_k^2 \cdot N}{\nu} = \frac{0,165^2 \times 1,6}{1 \times 10^{-6}} = 4,35 \times 10^4$$

Căn cứ vào giá trị của chuẩn số “Reynolds khuấy” có thể xác định được chế độ thủy động(chế độ chảy) của thiết bị khuấy:

(1) Khi $Re_k < Re_{k1} = 300$ (đối với chất lỏng nhớt $Re_{k1} = 80$) đó là chế độ chảy tầng.

(2) Khi $Re_{k1} = 300$ (đối với chất lỏng nhớt $Re_{k1} = 80$) $< Re_k < Re_{k2} = 10^3$ là chế độ chảy quá độ.

(3) Khi $Re_{k2} = 10^3 < Re_k$ là chế độ chảy rối.

* Xác định công suất cần thiết để cho các cánh khuấy chuyển động trong nước:

Khi khuấy rối rõ rệt ($Re_k > 10^3$), hệ số công suất $K_N = K_1 = \text{const}$, do vậy công suất khuấy trộn lúc này có thể tính theo công thức:

$$P = K_1 \times \rho \times N^3 \times d_k^5 \text{ (kw)} \quad (9)$$

Trong đó: Công suất trên trục cánh khuấy (kw); ρ : Là khối lượng riêng của chất lỏng (kg/m^3); N Là số vòng quay trong một giây (vòng/giây); K_1 : Giá trị của hệ số tại Re_k . Lấy $k_1 = 0,3$, thay số vào công thức (9) ta được: $P = K_1 \times \rho \times N^3 \times d_k^5 = 0,3 \times 998 \times (1,6)^3 \times (0,165)^5 = 0,15 \text{ (kw)}$.

Khi chọn động cơ cho cánh khuấy, cần tính đến hiệu suất của nó, tức công suất động cơ được tính:

$$N_{dc} = \frac{P}{\eta_{hd} \cdot \eta_{gt}} \text{ (kw)} \quad (10)$$

Trong đó: η_{hd} : hiệu suất hoạt động của động cơ, $\eta_{hd} = 0,7-0,9$, chọn $\eta_{hd} = 0,9$; η_{gt} : hiệu suất của hộp giảm tốc, $\eta_{gt} = 0,7-0,9$, chọn $\eta_{gt} = 0,8$.

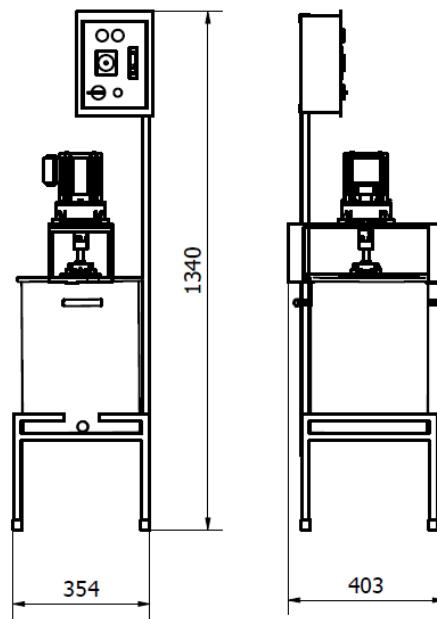
Thay vào (10) ta được:

$$N_{dc} = \frac{0,15}{0,9 \times 0,8} = 0,2 \text{ (kw)}$$

3.3. Chế tạo một số bộ phận của máy khuấy trộn và chạy thử nghiệm

3.3.1. Chế tạo thùng khuấy

Vật liệu chế tạo thùng khuấy: inox tấm 201, độ dày: 1,5mm



Hình 8. Bản thiết kế tổng thể máy khuấy trộn KTL01_HVN



Hình 9. Thùng khuấy

Quy trình chế tạo thùng khuấy:

Bước 1: Thiết kế bản vẽ.

Bước 2: Đọc bản vẽ và cắt phôi.

Bước 3: Uốn phôi bằng phương pháp lốc.

Bước 4: Hàn thân thùng bằng phương pháp hàn tig.

Bước 5: Hàn đáy thùng bằng phương pháp hàn tig.

Bước 6: Hàn tay cầm và quai thùng.

3.3.2. Chế tạo trục khuấy

Vật liệu chế tạo trục khuấy: ống thép cacbon đặc $\phi 7$ và ống inox 201 $\phi 21$

Quy trình chế tạo trục I:

Bước 1: Thiết kế bản vẽ.

Bước 2: Cắt phôi theo bản vẽ.

Bước 3: Mài đầu trên máy mài tay.

Bước 4: Hàn then bằng phương pháp hàn tig.

Quy trình chế tạo trục II:

Bước 1: Thiết kế bản vẽ.

Bước 2: Cắt phôi theo bản vẽ.

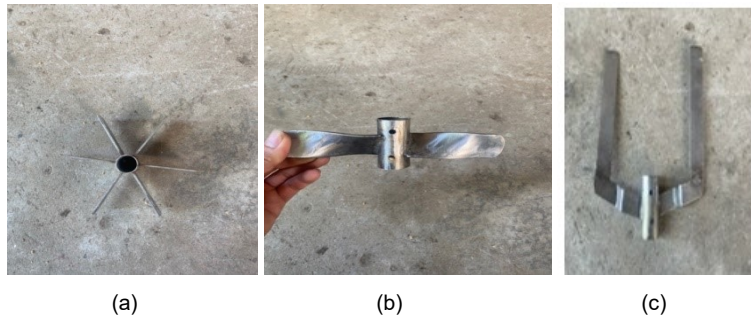
Bước 3: Định vị và khoan lỗ $\phi 6$.

3.3.3. Chế tạo cánh khuấy

Tiến hành chế tạo một số dạng cánh khuấy để khuấy trộn các nguyên liệu khác nhau. Vật liệu chế tạo cánh khuấy là: inox lập là 201, ống inox $\phi 25$.



Hình 10. Trục khuấy



Ghi chú: (a): Cánh khuấy turbine; (b): Cánh khuấy chân vịt; (c): Cánh khuấy mở neo.

Hình 11. Các dạng cánh khuấy

Quy trình chế tạo cánh khuấy chân vịt:

- Bước 1: Thiết kế bản vẽ.
- Bước 2: Cắt cánh lập là dài 70mm.
- Bước 3: Uốn cánh 1 góc 45° .
- Bước 4: Cắt trục lắp cánh dài 55mm.
- Bước 5: Khoan lỗ lắp cánh với trục, $\phi 5$.
- Bước 6: Hàn cánh bằng phương pháp hàn tig.

Quy trình chế tạo cánh khuấy turbine:

- Bước 1: Thiết kế bản vẽ.
- Bước 2: Cắt cánh lập là dài 70mm
- Bước 3: Cắt trục lắp cánh dài 55mm.
- Bước 4: Khoan lỗ lắp cánh với trục, $\phi 5$.
- Bước 5: Hàn cánh bằng phương pháp hàn tig.

3.3.4. Chạy thử nghiệm không tải

* Mục đích: kiểm tra các bộ phận như:

- Kiểm tra động cơ;
- Kiểm tra trục khuấy;
- Kiểm tra tủ điện;
- Kiểm tra khung, giá đỡ động cơ

* Cách tiến hành và kết quả: Bật máy chạy thử trong 5 phút với tốc độ cao:

Kết quả:

- Động cơ chạy ổn định, không tiếng ồn, không bị nóng, không rung lắc trong quá trình hoạt động.
- Trục khuấy, cánh khuấy: quay ổn định.
- Tủ điện: Hoạt động ổn định.

* Kết luận: Bước đầu máy hoạt động ổn định như dự kiến.

3.4. Khảo nghiệm

* Khảo nghiệm với nước trước và sau khi có thanh chắn dòng hai bên:

Kết quả khảo nghiệm cho thấy khi không sử dụng tấm chắn dòng hai bên tạo ra lõm, khi có sử dụng tấm chắn dòng hai bên đã không còn lõm và tạo ra dòng chảy rối khi khuấy trộn.

* Khảo nghiệm với bột màu

Tiến hành khảo nghiệm khi khuấy trộn với bột màu, sau 2-3 phút theo cảm quan các chất màu đã được hòa tan trong dung dịch.

* Khảo nghiệm khuấy Maltodextrin và so sánh với máy khuấy trộn hiện có.

Khuấy 10 lít dung dịch tía tô với Maltodextrin để đạt 19-20 độ Brix trên máy trộn đã chế tạo và máy khuấy hành tinh để so sánh.

Nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy khuấy trộn cỡ nhỏ trong công nghệ sản xuất bột tía tô bằng phương pháp sấy phun



(a)

(b)

Ghi chú: (a): Trước khi có thanh chắn dòng; (b): Trước khi có thanh chắn dòng.

Hình 12. Khảo nghiệm thanh chắn dòng hai bên



Hình 13. Khảo nghiệm thanh chắn dòng hai bên



(a)

(b)

Ghi chú: (a): Máy khuấy chế tạo; (b): Máy khuấy hành tinh hiện có.

Hình 14. Khuấy Maltodextrin trên hai máy

Cùng khuấy 10 lít dung dịch tía tô với Maltodextrin để đạt 19-20 độ Brix với máy khuấy hành tinh hiện sau 5 phút đạt được độ brix yêu cầu, còn máy khuấy KTL01-HVN cần 2 ÷ 3 phút. Qua phân tích độ đồng nhất của hỗn hợp sau khi trộn, ta thấy mẫu trộn của máy khuấy KTL01-HVN đạt độ đồng nhất hơn.

4. KẾT LUẬN

Máy khuấy trộn cỡ nhỏ trong công nghệ sản xuất bột tía tô bằng phương pháp sấy phun được thiết kế, chế tạo với năng suất 30 lít/mẻ. Máy có kích thước (403mm × 350mm × 1.340mm), công suất động cơ $N_{dc} = 200w$. Có thể sử dụng được một

trong 3 dạng cánh khuấy gồm cánh khuấy turbine, cánh khuấy chân vịt, cánh khuấy mỏ neo.

Máy khuấy trộn [KTL01_HVN] có ưu điểm có kết cấu gọn nhẹ, dễ sử dụng và vận hành, giá thành phù hợp, giảm thời gian trộn, tỉ lệ đồng đều cao, tăng năng suất cho quá trình khuấy lỏng, bảo toàn giá trị dinh dưỡng, giảm tổn thất và còn bảo đảm vệ sinh an toàn sạch sẽ, đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng và xuất khẩu...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Jakobsen H.A. (2009). Agitation and Fluid Mixing Technology, In: Chemical Reactor Modeling. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Nguyễn Minh Tuyền (1987). Các máy khuấy trộn trong công nghiệp. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật. Hà Nội.
- Nguyễn Minh Tuyền (2006). Quá trình và thiết bị khuấy trộn trong công nghệ. Nhà xuất bản Xây dựng.
- Nguyễn Bin (2023). Các quá trình, thiết bị trong công nghệ hóa chất và thực phẩm (Tập 2 - Phân riêng hệ không đồng nhất, khuấy trộn, đập, nghiền, sàng). Nhà xuất bản Bách khoa, Hà Nội.
- Nguyễn Bin (2004). Các quá trình, thiết bị trong công nghệ hoá chất và thực phẩm. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- Ramesh R. Hemrajani & Gary B. Tatterson (2003). Hand book of Industrial mixing Science and Practice, A John Wiley & Sons, inc. Publication
- Trần Như Khuyên & Nguyễn Thanh Hải (2021). Giáo trình thiết bị chế biến nông sản thực phẩm. Nhà xuất bản Học Viện Nông nghiệp.