

THIẾT KẾ CHẾ TẠO VÀ KHẢO NGHIỆM THIẾT BỊ PHÁ KẾT TINH MẬT ONG ỨNG DỤNG SÓNG SIÊU ÂM DESIGNING, MANUFACTURING AND TESTING A CRYSTALLIED HONEY LIQUEFIZED MACHINE BY ULTRASONIC WAVES

Lê Anh Đức

Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày toà soạn nhận bài 31/10/2018, ngày phản biện đánh giá 15/11/2018, ngày chấp nhận đăng 8/01/2019.

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm thiết kế chế tạo và khảo nghiệm thiết bị phá kết tinh mật ong bằng sóng siêu âm thay cho phương pháp phá kết tinh mật ong bằng nhiệt hiện đang sử dụng. Thiết bị đã được thiết kế và chế tạo có năng suất 100 kg mật ong / mẻ. Công suất các đầu phát siêu âm là 900 W. Các thông số hoạt động của thiết bị như số vòng quay của cánh khuấy, nhiệt độ mật, công suất phát siêu âm và thời gian xử lý được cài đặt, hiển thị và giám sát tự động.

Kết quả khảo nghiệm cho thấy khi sử dụng phá kết tinh bằng sóng siêu âm, thời gian phá kết tinh cho mật ong là 50 phút, tiêu thụ điện năng riêng cho quá trình phá kết tinh mật ong là 14 Wh/kg mật. Kết quả này cho thấy hiệu quả rõ rệt khi ứng dụng sóng siêu âm xử lý mật ong so với phương pháp xử lý dùng nhiệt, thời gian xử lý giảm 45% và năng lượng cho quá trình xử lý phá kết tinh giảm 30%.

Từ khóa: mật ong; kết tinh; hóa lỏng; sóng siêu âm; nhiệt độ mật ong.

ABSTRACT

The research aim to design, manufacture and test of a crystallized honey liquefied machine by ultrasonic waves replace for crystallised honey liquefied by a heating method. The machine with a capacity of 100 kg/batch has been designed and manufactured. The output power of the ultrasonic generators is 900 W. The operating parameters of the machine such as the number of rotation of the agitator, honey temperature, ultrasonic power and processing time are set, displayed and monitored automatically.

The experimental results showed that when using ultrasound-assisted liquefaction of honey, the processing time was 50 mins, specific electricity consumption for complete honey liquefaction was 14 Wh/kg-honey. The results showed a significant effect when applied ultrasonic for liquefying crystallized honey in comparison with the heat-treated method, the liquefaction time reduced by 45% and required energy for crystallization treatment reduced by 30%.

Keywords: honey; crystallization; liquefaction; ultrasound waves; honey temperature.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kết tinh mật ong là hiện tượng mật ong từ dạng thể lỏng chuyển sang dạng có thể hạt. Mật ong kết tinh là do các phân tử kết tinh (tinh thể đường) có trong mật. Mật ong có hàm lượng đường glucose càng cao thì kết tinh càng nhanh, trong thực tế các loại mật ong chủ yếu là đường glucose với hàm lượng rất cao, từ 35 - 40% nên rất dễ bị kết tinh [1], [2], [3]. Khi mật ong bị kết tinh thì phải có

phương án phá kết tinh thật nhanh. Mật ong bị kết tinh sẽ gây khó khăn cho quá trình san chiết mật, ảnh hưởng đến thị hiếu của người tiêu dùng và đặc biệt tạo điều kiện cho quá trình lên men làm giảm chất lượng mật.

Quá trình phá kết tinh mật ong không đạt yêu cầu sẽ làm giảm chất lượng mật ong, giảm thời gian bảo quản và mật mau bị sẫm màu trong quá trình bảo quản. Việc xử lý phá kết tinh mật ong hiện nay được thực hiện

bằng phương pháp sử dụng nhiệt (dùng điện trở) và dựa vào kinh nghiệm của người vận hành. Để phá kết tinh, mật ong phải được đun nóng lên đến nhiệt độ 50 - 55°C và giữ mật tại nhiệt độ này trong thời gian khoảng 1 - 1,5 giờ, kết hợp với đảo trộn mật. Tuy nhiên, nhiều công trình nghiên cứu đã cho thấy khi nhiệt độ mật ong trên 50°C sẽ sinh ra HMF (Hydroxy Methyl Furfuro), là một độc chất hình thành do đun nóng mật hoặc do mật bị lên men [4],[5],[6]. Ngoài ra, quá trình xử lý nhiệt trên 50°C còn làm giảm mạnh dinh dưỡng và hàm lượng Diastase của mật ong [3],[7] và ảnh hưởng đến màu sắc của mật [8]. Bên cạnh đó, tồn tại của các phương pháp phá kết tinh mật ong bằng nhiệt như hiện nay có tiêu hao năng lượng lớn và thời gian xử lý kéo dài.

Vì vậy, việc nghiên cứu công nghệ và thiết bị phá kết tinh mật ong theo hướng hạn chế dùng nhiệt để đảm bảo hạn chế tối đa việc sinh HMF, giữ được Diastase và dinh dưỡng, nâng cao màu sắc và mùi vị của mật có ý nghĩa thực tiễn rất lớn, bên cạnh đó có giảm đáng kể chi phí năng lượng và thời gian xử lý.

Sóng siêu âm là một loại sóng cơ học và năng lượng siêu âm ở dạng cơ năng, không sinh nhiệt, vì vậy sẽ không ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Một số công trình nghiên cứu trên thế giới đã cho biết tác động của sóng siêu âm trong kỹ thuật phá kết tinh cho một số loại thực phẩm có thể làm tăng hiệu quả của quá trình xử lý, rút ngắn thời gian xử lý, tiết kiệm năng lượng và không ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm [9],[10],[11]. Đây cũng là loại sóng được biết đến như công nghệ giảm thiểu năng lượng [12],[13].

Mục tiêu của nghiên cứu nhằm thiết kế chế tạo thiết bị phá kết tinh mật ong ứng dụng sóng siêu âm và khảo nghiệm xác định khả năng hoạt động của thiết bị so với các thiết bị phá kết tinh hiện đang được sử dụng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Vật liệu sử dụng trong thí nghiệm:

Vật liệu thí nghiệm là mật ong bị kết tinh. Mật ong được đánh giá chất lượng theo

tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5270-2008 [14]. Cả hai phương pháp phá kết tinh truyền thống bằng nhiệt và phá kết tinh bằng siêu âm được sử dụng cùng một nguồn nguyên liệu mật ong như nhau.

Phương pháp nghiên cứu:

Phương pháp tính toán thiết kế: các thông số được tính toán thiết kế căn cứ vào năng suất xử lý, các đặc tính nhiệt vật lý mật ong, yêu cầu của quá trình phá kết tinh mật ong, lý thuyết tính toán đầu phát sóng siêu âm, lý thuyết tính toán thiết kế máy, lý thuyết tính toán về truyền nhiệt và tính toán thiết bị trao đổi nhiệt [15].

Phương pháp chế tạo: chế tạo đơn lẻ theo từng họ chi tiết điển hình. Một số chi tiết qui chuẩn được tính toán và chọn mua trên thị trường.

Phương pháp khảo nghiệm: khảo nghiệm không tải để theo dõi chất lượng chế tạo, kiểm tra hoàn chỉnh máy và khảo nghiệm có tải để đánh giá hiệu quả của quá trình phá kết tinh mật ong, kiểm tra các kết quả tính toán thiết kế và xác định hiệu quả của phương pháp này.

Phương pháp đo đạc các thông số thực nghiệm:

Độ kết tinh của mật được xác định bằng cách đo khối lượng các hạt kết tinh, sử dụng cân điện tử Ohaus SPX2202 khoảng đo 2.200 gram, độ chính xác 0,01 gram và bộ lưới lọc tiêu chuẩn bằng polyester để lọc tách các hạt kết tinh ra khỏi mật.

Tỷ lệ kết tinh của mật được xác định theo công thức (1):

$$c = \frac{G_{kt}}{G_m} \cdot 100\% \quad (1)$$

Trong đó: G_{kt} : khối lượng của các phần tử kết tinh có trong mật; G_m : khối lượng của mật.

Nhiệt độ mật được đo bằng cảm biến nhiệt độ loại can nhiệt PT100 với sai số $\pm 0,5^\circ\text{C}$, tiêu chuẩn IP 68. Điện năng tiêu thụ, công suất máy được ghi nhận thông qua bộ giám sát điều khiển của máy và được kiểm tra bằng đồng hồ điện 3 pha EMIC MV3E4 và Ampe kềm AC/DC Lutron DM- 6056.

Số vòng quay của cánh khuấy được điều chỉnh thông qua biến tần Invt CHF100A, tần số 0 - 60 Hz và được đo bằng dụng cụ đo số vòng quay DT2234 với độ chính xác 0,1 vòng/phút.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Kết quả tính toán thiết kế và chế tạo

a. Kết quả xác định nguyên lý cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy:

- Năng suất xử lý: 100 kg/mẻ.

- Nhiệt độ phá kết tinh mật ong được chọn trong tính toán là 45°C, theo các kết quả nghiên cứu tại nhiệt độ này sau khi phá kết tinh mật ong sẽ không bị giảm chất lượng mùi và màu sắc, cũng như hàm lượng HMF trong mật ong không vượt quá chỉ tiêu cho phép.

- Trên cơ sở cấu tạo chung của các thiết bị xử lý nhiệt cho mật ong có kết hợp đảo trộn, chọn thùng chứa mật ong dạng hình trụ tròn. Nguồn nhiệt để gia nhiệt cho mật ong là các tấm điện trở dạng vành khăn được gắn tiếp xúc trực tiếp phía bên ngoài vách thùng chứa mật để đảm bảo hiệu suất trao đổi nhiệt là cao nhất.

- Bên trong thùng chứa mật ong có bố trí cánh khuấy đảo trộn mật ong để đảm bảo quá trình gia nhiệt diễn ra đồng đều hơn trong toàn bộ khối mật ong.

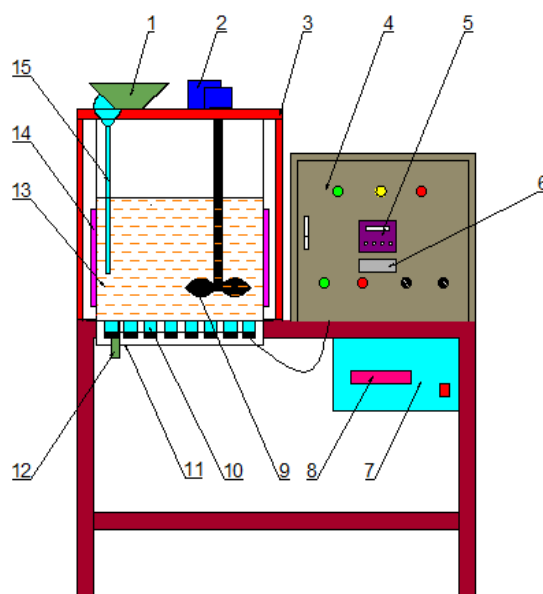
- Các đầu phát siêu âm bố trí sao cho không tiếp xúc trực tiếp với mật ong để dễ vệ sinh và bảo dưỡng, tuy nhiên phải đảm bảo hiệu suất phát là tốt nhất, vì vậy chọn vị trí các đầu phát siêu âm tại vị trí đáy thùng chứa mật.

- Chọn phương pháp truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt thông qua vỏ thùng, để điều chỉnh nhiệt độ dễ dàng, chọn bộ phận cấp nhiệt bằng điện trở. Các điện trở được ốp vào vỏ thùng. Vỏ ngoài của thùng được bọc cách nhiệt.

- Cửa tháo liệu mật ong được bố trí dưới đáy thùng. Các thông số hoạt động của thiết bị như công suất siêu âm, nhiệt độ xử lý, thời gian xử lý, số vòng quay cánh khuấy... được cài đặt, hiển thị và giám sát tự động.

Với các phân tích lựa chọn như trên, kết quả đã xác định được nguyên lý cấu tạo và

nguyên lý làm việc của thiết bị phá kết tinh mật ong ứng dụng sóng siêu âm. Nguyên lý cấu tạo của máy được trình bày trên hình 1.



Hình 1. Cấu tạo máy phá kết tinh mật ong.

1. Cửa cấp liệu; 2. Động cơ; 3. Khung che thùng; 4. Tủ điều khiển; 5. Điều khiển nhiệt độ; 6. Bộ hiển thị năng lượng; 7. Bộ điều khiển siêu âm; 8. Điều khiển công suất siêu âm; 9. Cánh khuấy; 10. Đầu phát sóng siêu âm; 11. Tấm che đầu phát sóng siêu âm; 12. Ống xả mật ong; 13. Thùng chứa mật ong; 14. Điện trở; 15. Cảm biến nhiệt độ.

Nguyên lý làm việc:

Thiết bị phá kết tinh mật ong hoạt động theo nguyên lý sóng siêu âm kết hợp gia nhiệt bằng điện trở và cánh khuấy. Mật ong được cấp vào máng cấp liệu (1) và chảy vào thùng chứa (13). Các thông số hoạt động của máy như công suất siêu âm, nhiệt độ mật, vận tốc cánh khuấy và thời gian xử lý được cài đặt, hiển thị và được giám sát tự động trên bộ điều khiển (4).

Khởi động động cơ (2) truyền chuyển động cho cánh khuấy (9), đồng thời kết hợp gia nhiệt mật ong bằng các điện trở (14). Mật ong sau khi được gia nhiệt đến nhiệt độ yêu cầu thì điện trở dừng hoạt động. Song song đó, bộ phát sóng siêu âm (10) hoạt động. Dưới tác động của sóng siêu âm, mật ong sẽ được phá kết tinh. Sau khi phá kết tinh xong, cánh khuấy và bộ phận phát sóng sẽ dừng

hoạt động. Mật ong được xả ra ngoài qua ống (12). Các thông số năng lượng của quá trình phá kết tinh được hiển thị và lưu lại tại bộ hiển thị năng lượng (6).

b. Kết quả tính toán thiết kế và chế tạo

- Tính toán kích thước thùng chứa mật ong:

Căn cứ vào năng suất thiết kế là 100 kg/m² và khối lượng riêng của mật ong khi đưa vào xử lý là 1.350 kg/m³ để tính toán thể tích cần thiết của thùng chứa mật. Thùng được thiết kế dạng hình trụ đứng để thuận lợi cho quá trình khuấy mật. Kết quả tính toán thể tích cần thiết để chứa hết 100 kg mật ong là 0,074 m³, tương ứng với khối thể tích có đường kính x chiều cao là 0,5 x 0,38 m. Để đảm bảo mật ong không bị văng ra ngoài trong quá trình xử lý, chọn chiều cao thùng là 0,6 m. Vật liệu chế tạo thùng là inox 304.

- Tính toán thiết kế cánh khuấy:

Do các điện trở bố trí trên vách ngoài thùng chứa mật ong nên cần có thêm bộ phận khuấy trộn để tạo sự đồng đều khi gia nhiệt cho mật, tránh trường hợp điện trở làm nóng lượng mật phía vách mà không làm nóng được lượng mật bên trong giữa thùng khuấy. Theo yêu cầu khuấy trộn thì mật ong phải di chuyển vòng quanh trục khuấy và theo hướng lên xuống để tạo sự đồng đều của cả khối mật, vì vậy chọn kiểu cánh khuấy chân vịt. Loại cánh khuấy này có thể vừa tạo ra dòng chảy hướng trục, vừa tạo ra dòng chảy tiếp tuyến nên có thể tạo ra sự lưu chuyển đồng đều của toàn bộ khối mật ong trong thùng.

Căn cứ vào kích thước thùng, khối lượng mật và độ nhớt của mật ong, kết quả tính toán được đường kính cánh khuấy 200 mm, công suất động cơ cần thiết 160 W.

- Nhiệt lượng cần thiết cho quá trình phá kết tinh :

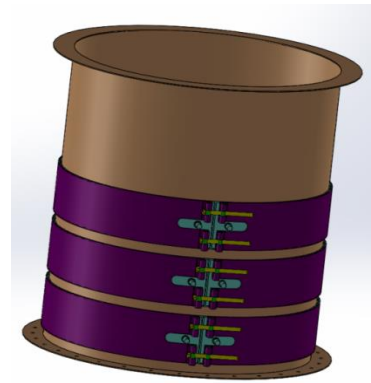
Tổng nhiệt lượng cho quá trình xử lý:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3, \text{ W} \quad (2)$$

Trong đó: Q₁: nhiệt lượng làm nóng thùng chứa mật ong; Q₂: nhiệt lượng làm nóng mật ong; Q₃: nhiệt lượng tổn thất ra ngoài môi trường qua vách thùng.

Lượng nhiệt Q₁ và Q₂ được tính căn cứ vào nhiệt dung riêng của vật liệu, khối lượng vật liệu được gia nhiệt và chênh lệch nhiệt độ khi gia nhiệt từ nhiệt độ ban đầu đến nhiệt độ xử lý là 45°C. Lượng nhiệt Q₃ được tính toán theo lý thuyết truyền nhiệt qua vách trụ, bên ngoài vách là lớp cách nhiệt.

Kết quả tính toán đã xác định được tổng nhiệt lượng cho quá trình xử lý là 3.972 W. Căn cứ vào kết quả này để tính chọn điện trở. Điện trở sử dụng là dạng tấm dẹt gồm 6 tấm và được thiết kế thành 3 vòng ôm sát vách buồng chứa mật, công suất mỗi tấm điện trở là 700 W.



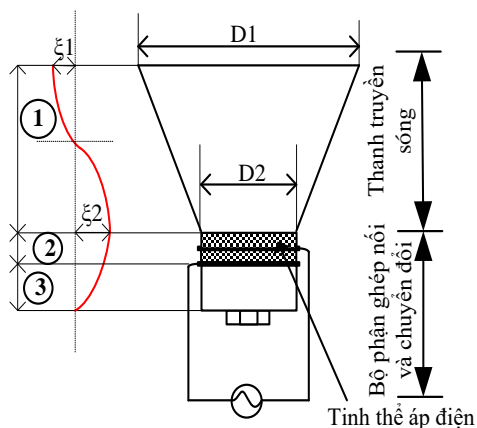
Hình 2. Bố trí các tấm điện trở trên vách thùng chứa mật

- Tính toán đầu phát siêu âm:

Hai thông số cơ bản của sóng siêu âm được sử dụng trong thiết kế các đầu phát siêu âm là tần số siêu âm và cường độ siêu âm. Theo các công trình nghiên cứu về sóng siêu âm phá kết tinh chất lỏng thì tần số dao động từ 20 kHz đến 40 kHz, trong khoảng tần số này hiện tượng tạo các bóng khí siêu âm là mãnh liệt nhất [11]. Trong nghiên cứu này, để phù hợp với tinh thể áp điện đã được chọn mua trên thị trường nên chọn tần số của sóng siêu âm là 28 kHz. Bài toán đặt ra cho thiết kế là xác định kích thước và vật liệu chế tạo bộ phận phát sóng siêu âm.

Vì cường độ sóng siêu âm có đơn vị là W/cm² nên để thuận lợi cho việc chọn mua vật liệu tinh thể áp điện tạo dao động, thiết kế đầu phát bao gồm nhiều đầu phát. Như vậy, để nâng năng suất của hệ thống (lít mật ong/ thời gian) chỉ cần tăng thêm số lượng đầu

phát. Cấu trúc 1 đầu phát sóng như hình 2. Mỗi đầu phát sóng gồm có 3 bộ phận chính: thanh dẫn sóng (1), tinh thể áp điện dạng vòng tròn (2) và bộ phận ghép nối (3). Các bộ phận của của đầu phát sóng được ghép nối bởi bulong M8.



Hình 3. Cấu tạo một đầu phát sóng siêu âm

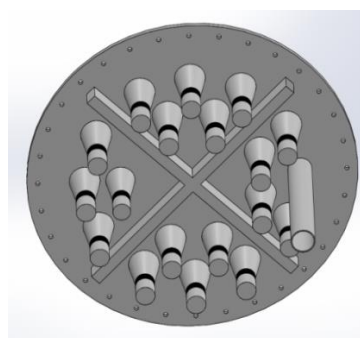
Vật liệu chế tạo thanh dẫn sóng là nhôm hợp kim 7075-T6, vật liệu chế tạo tinh thể áp điện là cematic và vật liệu chế tạo bộ phận ghép nối là thép SS41. Căn cứ vào hiệu suất truyền năng lượng âm, vật liệu chế tạo đầu phát sóng siêu âm, vật liệu chế tạo thùng chứa mật và nguyên liệu cần xử lý là mật ong, kết quả tính toán được:

- + Công suất của nguồn phát sóng siêu âm của 1 chân tử là 50 W, tần số 28 kHz.
- + Cường độ siêu âm lớn nhất tại bề mặt của đầu phát sóng là 5.000 W/m^2

- + Tinh thể áp điện dạng vòng tròn loại 3535-2D có tần số số cộng hưởng là 28 kHz, đường kính tinh thể áp điện 38 mm.

Thanh dẫn sóng có chiều dài 45 mm. Đường kính của thanh sóng bằng đường kính của tấm tinh thể áp điện và bằng 38 mm. Bộ phận ghép nối có chiều dài 20 mm.

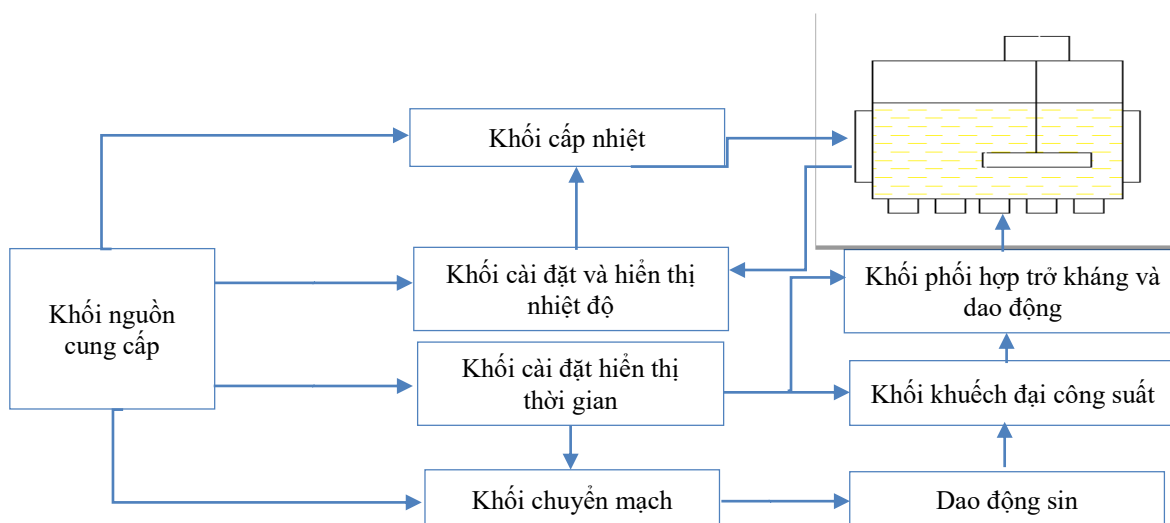
Để đảm bảo năng suất phá kết tinh cho 100 kg mật, tổng số đầu phát sóng theo tính toán là 18 đầu phát. Bố trí các đầu phát sóng siêu âm tại vị trí mặt đáy của thùng chứa mật như hình 4 để đảm bảo được sự phân bố đồng đều của sóng [16].



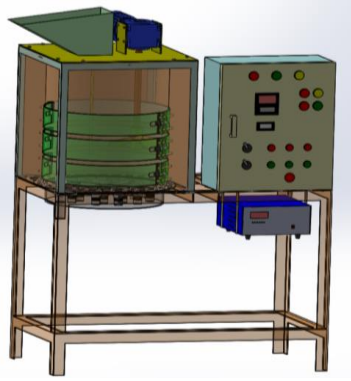
Hình 4. Bố trí đầu phát sóng siêu âm tại đáy thùng chứa mật ong

- Thiết kế sơ đồ khối mạch trong máy phá kết tinh mật ong siêu âm:

Lưu đồ điều khiển các khối mạch của thiết bị phá kết tinh mật ong ứng dụng sóng siêu âm được phân chia theo các khối chức năng. Thiết kế sơ đồ khối mạch được trình bày trên hình 5.



Hình 5. Sơ đồ khối mạch



Hình 6. Máy phá kết tinh mật ong ứng dụng sóng siêu âm được tính toán và chế tạo hoàn chỉnh

Căn cứ vào các kết quả tính toán thiết kế, máy phá kết tinh mật ong ứng dụng sóng siêu âm đã được chế tạo lắp ráp hoàn chỉnh như hình 6 để sẵn sàng hoạt động thử nghiệm.

3.2. Kết quả khảo nghiệm

a. Khảo nghiệm xác định các thông số của cánh khuấy:

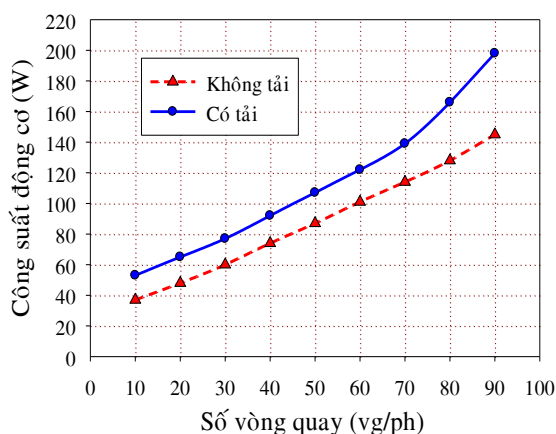
Mật ong kết tinh được dùng để khảo nghiệm với năng suất mỗi mẻ là 100 kg/mẻ. Mục đích của khảo nghiệm nhằm xác định

các thông số của cánh khuấy, bao gồm số vòng quay phù hợp của cánh khuấy, công suất tiêu thụ khi chạy không tải (không có mật ong) và có tải (hoạt động với tải theo năng suất thiết kế 100 kg/mẻ).

Số vòng quay của cánh khuấy được điều khiển bằng biến tần. Cánh khuấy được hoạt động với số vòng quay tăng dần từ 10 - 90 vòng/phút, quan sát chuyển động của khối mật và ghi lại công suất tiêu thụ để làm cơ sở chọn số vòng quay thích hợp cho cánh khuấy.

Bảng 1. Công suất không tải tiêu thụ tương ứng với số vòng quay của cánh khuấy.

Số vòng quay (vg/phút)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Công suất không tải (W)	37	48	60	74	87	101	114	128	145
Công suất có tải (W)	53	65	77	92	107	122	139	166	198



Hình 7. Công suất không tải và có tải của bộ phận khuấy

Kết quả cho thấy tại số vòng quay trên 50 vòng/phút thì khối mật có sự lưu chuyển tốt theo cả hai phương bán kính và hướng trục. Công suất động cơ khuấy tăng theo số

vòng quay của cánh khuấy. Tuy nhiên khi số vòng quay của cánh khuấy vượt trên 70 vòng/phút thì công suất động cơ tăng mạnh, vì vậy số vòng quay của cánh khuấy được chọn là 70 vòng/phút, tại số vòng quay này công suất động cơ đạt giá trị 139 W. So với kết quả tính toán thiết kế, động cơ cánh khuấy đảm bảo được công suất hoạt động.

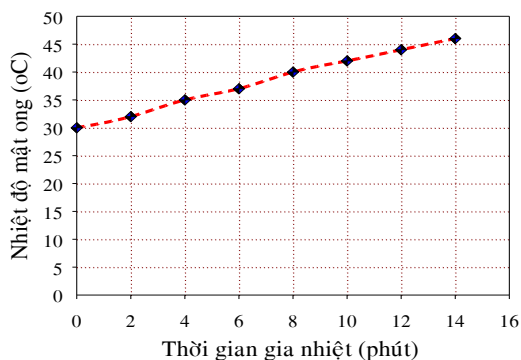
b. Khảo nghiệm xác định thời gian gia nhiệt của mật ong:

Mục đích của khảo nghiệm nhằm xác định thời gian gia nhiệt cho mật ong. Khối lượng mật sử dụng trong thí nghiệm là 100 kg/mẻ. Sau mỗi 2 phút đọc giá trị nhiệt độ một lần trên bộ điều khiển, kết hợp kiểm tra bằng nhiệt kế thủy ngân gắn trực tiếp trong thùng chứa mật. Kết quả cho thấy không có sự sai lệch giữa nhiệt độ hiển thị trên tủ điều

khuyến so với nhiệt kế thủy ngân. Thời gian gia nhiệt được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Thời gian gia nhiệt mật ong.

Thời gian (phút)	0	2	4	6	8	10	12	14
Nhiệt độ (°C)	30	32	35	37	40	42	44	46



Hình 8. Sự gia tăng nhiệt độ mật ong theo thời gian

Với thời gian gia nhiệt là 14 phút, 100 kg mật ong từ nhiệt độ ban đầu là 30°C được gia nhiệt đến nhiệt độ 46°C. Kết quả này là khá chính xác so với kết quả tính toán thiết kế. Quá trình khảo nghiệm cho thấy máy hoạt động ổn định, các bộ phận điều khiển, điện

trở gia nhiệt, cánh khuấy, cảm biến nhiệt và các thiết bị khác đều hoạt động tốt, phù hợp với các kết quả tính toán thiết kế.

c. Khảo nghiệm xác định khả năng phá kết tinh mật ong:

Mục đích của khảo nghiệm nhằm xác định khả năng phá kết tinh của máy phá kết tinh mật ong ứng dụng sóng siêu âm; xác định tổng thời gian hoàn thành 1 mẻ; và xác định điện năng tiêu thụ cho quá trình phá kết tinh 100 kg mật ong.

Bố trí thí nghiệm: cấp 100 kg mật ong kết tinh vào thùng chứa mật. Cài đặt nhiệt độ xử lý 40°C, số vòng quay của cánh khuấy là 70 vòng/phút.

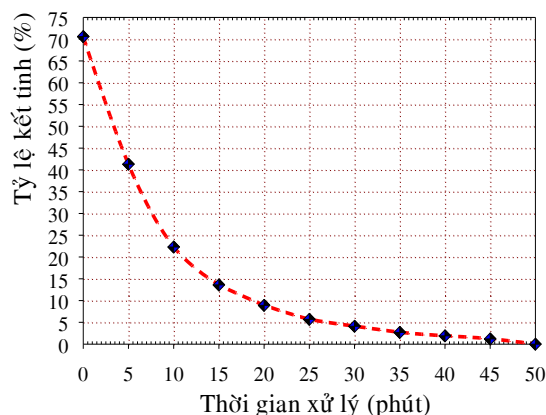
Cánh khuấy và bộ phát sóng siêu âm hoạt động liên tục trong quá trình xử lý. Sau mỗi 5 phút lấy mẫu mật ong tại van xả dưới đáy thùng chứa mật để xác định tỷ lệ kết tinh theo thời gian xử lý, khối lượng mỗi mẫu cho mỗi lần đo là 1.000 gram. Kết quả thực nghiệm trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Tỷ lệ kết tinh của mật ong theo thời gian xử lý

Thời gian xử lý (phút)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Tỷ lệ kết tinh (%)	70,6	41,3	22,3	13,6	8,9	5,7	4,1	2,7	1,9	1,2	0

Với tỷ lệ kết tinh của mật ong nguyên liệu là 70,6%, đây là tỷ lệ kết tinh cao nhất trong các công ty chế biến mật, sau thời gian xử lý 50 phút mật ong đã được phá kết tinh hoàn toàn. Kết quả trên hình 9 cho thấy trong thời gian 15 phút đầu tiên của quá trình xử lý, tỷ lệ kết tinh của mật giảm rất nhanh so với tổng thời gian còn lại. So với các phương pháp phá kết tinh sử dụng phòng ủ tại nhiệt độ 40 - 45°C thì thời gian phá kết tinh trên 24 giờ, so với phương pháp dùng nhiệt kết hợp cánh khuấy thì nhiệt độ phá kết tinh tại 50°C sẽ cần 90 phút để phá kết tinh mật [3][5] thì phương pháp phá kết tinh sử dụng sóng siêu âm mặc dù xử lý tại nhiệt độ 40°C nhưng đã rút ngắn thời gian xử lý khoảng 45% thời gian so với phương pháp dùng nhiệt kết hợp cánh khuấy. Đặc biệt, nhiệt độ xử lý thấp sẽ không phát sinh hàm lượng Hydroxymethylfurfural

(HMF) và làm biến đổi các chất dinh dưỡng của mật ong [3],[5].

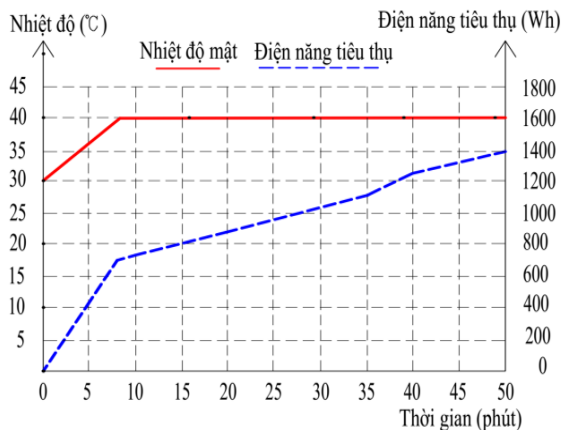


Hình 9. Tỷ lệ kết tinh của mật ong giảm theo thời gian xử lý.

Giá trị điện năng tiêu thụ cho quá trình phá kết tinh mật ong bằng sóng siêu âm được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4. Điện năng tiêu thụ của máy phá kết tinh mật với năng suất 100 kg/mẻ

Thời gian xử lý (min)	0	5	8	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Nhiệt độ mật (°C)	30	36	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Tiêu thụ điện (Wh)	0	426	688	727	804	881	957	1034	1112	1247	1324	1403



Hình 10. Điện năng tiêu thụ của máy phá kết tinh mật ong

Với tổng thời gian phá kết tinh cho 100 kg mật ong là 50 phút, tổng điện năng tiêu thụ cho quá trình kết tinh bao gồm cả cánh khuấy, điện trở và các đầu phát sóng siêu âm là 1403 Wh. Như vậy tiêu thụ điện năng riêng tính cho mỗi kg mật ong là 14 Wh/kg mật, tương đương 70% tiêu thụ điện năng riêng so với phương pháp phá kết tinh mật ong dùng nhiệt kết hợp cánh khuấy tại 50°C. Bên cạnh đó, màu sắc của mật cũng sáng hơn so với mẫu mật ong phá kết tinh tại 50°C.

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở kế thừa các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước về công nghệ và thiết bị phá kết tinh mật ong, lý thuyết về truyền nhiệt, tính toán thiết bị trao đổi nhiệt, đặc tính của mật ong và lý thuyết về tính toán bộ phát sóng siêu âm, nghiên cứu đã tính toán thiết kế và chế tạo được máy phá kết tinh mật ong bằng sóng siêu âm năng suất 100 kg/mẻ.

Kết quả khảo nghiệm cho thấy khi sử dụng phá kết tinh bằng sóng siêu âm tại nhiệt độ 40°C, thời gian phá kết tinh cho mật ong có độ kết tinh ban đầu trên 70% là 50 phút, tiêu thụ điện năng riêng cho quá trình phá kết tinh mật ong là 14 Wh/kg mật. Kết quả này cho thấy hiệu quả rõ rệt khi ứng dụng sóng siêu âm xử lý mật ong so với phương pháp xử lý bằng phòng ủ cũng như phương pháp dùng nhiệt. Phá kết tinh bằng sóng siêu âm tại nhiệt độ 40°C cho thời gian xử lý rút ngắn 45% so với phương pháp dùng nhiệt tại 50°C và tiêu thụ năng lượng riêng cho quá trình phá kết giảm 30%. Màu sắc mật ong được cải thiện. Tuy nhiên, cần tục nghiên cứu để xác định chế độ làm việc phù hợp cho máy.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bhandari, B., D'Arcy, B., Kelly, C., 1999. Rheology and crystallization kinetics of honey: present status. *International Journal of Food Properties* 2, 217–226.
- [2] Stefan Bogdanov, 2009. *Book of honey - chapter 4. Physical properties of honey.*
- [3] Lê Minh Hoàng, 2012. Nghiên cứu công nghệ và thiết bị chế biến, bảo quản các sản phẩm ong mật. Đề tài trọng điểm cấp Nhà nước, mã số KC 07.19/06-10.
- [4] White, J.W., 1992. Quality evaluation of honey: Role of HMF and Diastase assays. *Am. Bee Journal*. Washington DC, pp. 737-743, 792-794.
- [5] Tosi, E., Ciappini, M., Ré, E., Lucero, H., 2002. Honey thermal treatment effects on hydroxymethylfurfural content. *Food Chemistry* 77 (1), 71–74.
- [6] Nguyễn Hay, 2011. Nghiên cứu công nghệ và thiết bị sấy mật ong theo phương pháp cô đặc chân không. Đề tài Sở Khoa học và Công nghệ TP. HCM.
- [7] Tosi, E., Martinet, R., Ortega, M., Lucero, H., Ré, E., 2008. Honey diastase activity modified by heating. *Food Chemistry* 106 (3), 883–887.

- [8] Abu-Jdayil, B., Ghzawi, A.A., Al-Malah, K.I.M., Zaitoun, S., 2002. Heat effect on rheology of light- and dark-colored honey. *Journal of Food Engineering* 51 (1), 33–38.
- [9] Muthupandian Ashokkumar, Raman Bhaskaracharya¹, Sandra Kentish, Judy Lee, Martin Palmer, Bogdan Zisu, 2010. The ultrasonic processing of dairy products - An overview. *Dairy Sci. Technol.* 90, 147–168.
- [10] Ye, Y., Wagh, A., Martini, S. 2011. Using high intensity ultrasound as a tool to Change the functional properties of interesterified soybean oil, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 59:10712-10722.
- [11] Yubin Ye, 2015. Effect of high intensity ultrasound on crystallization behavior and functional properties of lipids. Doctor of Philosophy thesis in Nutrition and Food Sciences, Utah State University, Logan, Utah.
- [12] Mason, T.J., Paniwnyk, L., Lorimer, J.P., 1996. The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics Sonochemistry* 3 (3), S253–S260.
- [13] Patist, A., Bates, D., 2008. Ultrasonic innovations in the food industry: from the laboratory to commercial production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 9 (2), 147–154.
- [14] Tiêu chuẩn Việt Nam về mật ong, TCVN 5270-2008.
- [15] Bùi Hải, 2008. Tính toán thiết kế thiết bị trao đổi nhiệt. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.
- [16] Bandelin Electronic, GmbH & Co. KG, Heinrichstra 3-4, D-12207, Germany Berlin TwinSonic series, www.bandelin.com, 7 November 2012.

Tác giả chịu trách nhiệm chính:

PGS.TS Lê Anh Đức

Trường Đại học Nông Lâm Tp.HCM.

Email: leanhduc@hcmuaf.edu.vn