

NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN NHIỆT LÒ RANG ĐẬU PHỤNG

Trần Ngọc Hào

ABSTRACT

At present, technological processing and preserving groundnuts are very various and abundant, it made many products those are enough demand for human in Viet Nam and export passing other countries in the world to have profit from that technological processing and preserving. And one of the most preeminent products of groundnuts that is roast in an oven. However, the method of research for calculating heat, designing and making oven roast groundnuts is very complicated question. In this page, we will introduce a method to design and make oven roast groundnuts to serve the technological processing and preserving groundnuts in Viet Nam.

TÓM TẮT

Hiện nay, công nghệ chế biến – bảo quản đậu phụng rất đa dạng và phong phú, nó đã tạo ra nhiều loại sản phẩm khác nhau đủ đáp ứng cho nhu cầu con người trong nước và xuất khẩu thu lợi nhuận kinh tế. Một trong những sản phẩm ưa chuộng nhất là đậu phụng rang. Tuy nhiên, việc nghiên cứu tính toán nhiệt, thiết kế - chế tạo lò rang đậu phụng rất phức tạp. Ở bài viết này, chúng tôi sẽ giới thiệu phương pháp tính toán thiết kế, chế tạo lò rang đậu phụng phục vụ cho công nghệ chế biến đậu phụng tại Việt Nam.

I. NỘI DUNG

1.1. Tính toán nhiệt cho lò rang

Nhiệt cung cấp cho quá trình rang là tổng nhiệt lượng của quá trình tách ẩm ra khỏi vật liệu và nhiệt lượng trong quá trình làm chín vật liệu.

1.1.1. Lượng nhiệt để tách hàm lượng ẩm ra khỏi vật liệu Q_1 [kcal/h]

Năng suất thể tích của máy rang là $V_1 = 1\text{m}^3$ đậu phụng/h, $\rho = 750\text{kg/m}^3$.

Năng suất theo khối lượng đậu đưa vào lò rang là:

$$G_1 = V_1 \cdot \rho = 1 \times 750 = 750 \text{ kg/h}$$

Độ ẩm đậu phụng đưa vào $W_1 = 8\%$, độ ẩm sản phẩm sau khi ra $W_2 = 1\%$.

Nhiệt độ phòng $t_0 = 27^\circ\text{C}$, nhiệt độ tác nhân rang $t_1 = 150^\circ\text{C}$, nhiệt độ tác nhân rang sau khi tách hàm lượng ẩm ra khỏi vật liệu $t_2 = 80^\circ\text{C}$, nhiệt độ tác nhân đưa lên để làm chín đậu $t_3 = 130^\circ\text{C}$.

Hàm lượng ẩm tách ra là ΔG_a (kg/h):

$$\begin{aligned} \Delta G_a &= G_1 \left(\frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} \right) \\ &= 750 \left(\frac{8 - 1}{100 - 8} \right) = 48,61 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

Trong quá trình rang lượng nhiệt cần thiết làm bay 1kg độ ẩm được xác định.

$$q_0 = [2500 + 1,9(t_2 - t_0)] \beta$$

Trong đó $\beta = 0,11$: hệ số kết cấu của đậu ảnh hưởng đến khả năng tách ẩm

$$\text{Vậy: } q_0 = [2500 + 1,9(80 - 27)]0,11 = 286,077 \text{ kJ/kg} = 68,349 \text{ Kcal/kg}$$

Vậy nhiệt lượng cần tách ΔG_a kg ẩm được xác định:

$$\begin{aligned} Q_1 &= q_0 \Delta G_a = 68,349 \times 48,61 \\ &= 3322,47 \text{ Kcal/h} \end{aligned}$$

1.1.2. Lượng nhiệt cần nâng lên để làm

chín độ là Q_2 [kcal/h]

$$Q_2 = G_2 C_d (t_3 - t_2), \text{ KJ/h}$$

Trong đó $C_d = 0,54$ KJ/ (kg.độ) – nhiệt dung riêng của đậu

$$G_2 = G_1 \left(\frac{100 - W_1}{100 - W_2} \right) \\ = G_1 - \Delta G_a = 701,39 \text{ kg/h}$$

$$\text{Vậy } Q_2 = 701,39 \times 0,54 (130 - 50)$$

$$= 18937,53 \text{ KJ/h}$$

$$Q_2 = 4524,56 \text{ Kcal/h}$$

Vậy nhiệt lượng thực tế để rang đậu từ khi đưa vào cho đến khi chín được xác định.

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 \\ = 3322,47 + 4524,56 = 7847,03 \text{ Kcal/h.}$$

1.2. Tính toán thông số kỹ thuật

Khi xác định các thông số của máy rang, ta chủ yếu xác định các kích thước của máy rang như chiều dài L, đường kính của lồng và các kích thước của lò rang.

Phương trình truyền nhiệt khi rang:

$$V_T = \frac{Q_0}{a_v \Delta t_{tb}}, m^3$$

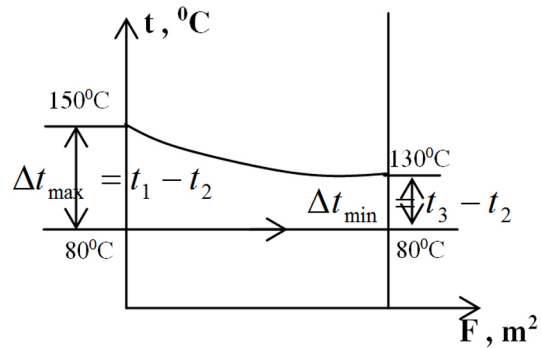
Trong đó

V_T - Thể tích của thùng quay.

Q_0 - lượng nhiệt của tác nhân truyền cho đậu khi rang.

Δt_{tb} - nhiệt độ logarit của động lực quá trình truyền nhiệt độ.

$$\Delta t_{tb} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} \\ = \frac{(150 - 80) - (130 - 80)}{\ln \frac{150 - 80}{130 - 80}} = 59,44^\circ \text{C}$$



Hình 1

a_v : $\text{kg}/(\text{h.m}^3.\text{°C})$ - hệ số cấp nhiệt theo thể tích được xác định từ phương trình.

$$a_v = a'_v + a''_v + a'''_v$$

Với: a'_v - sự đối lưu nhiệt giữa tác nhân và phần vật liệu đang rơi từ các cánh được xác định: $a'_v = a_F (1 - a) F'$, $\text{KJ}/(\text{h.m}^3.\text{°C})$

Trong đó:

$a_F = 0,62 \alpha_K \left(\frac{V_{Km}}{V_K d_C} \right)^{0,5}$ là hệ số cấp nhiệt của bề mặt đậu đang rơi.

$$a_F = 45602,31, \text{ KJ}/(\text{m}^2.\text{h}.\text{°C})$$

$$(1 - a) = \frac{2,24}{D_T} K \left(\frac{F_0}{V_d} \right)^{-0,8}$$

- hệ số hiệu chỉnh cho sự không tiếp xúc hoàn toàn giữa tác nhân và vật liệu rơi.

$$(1 - a) = \frac{2,24}{1,7} 0,67 \left[\frac{898721,25}{0,778} \right]^{-0,218} \\ = 1,043.10^{-5}$$

$$F' = 5,75 \cdot \frac{r_v n.B.D_T^{0,5}}{r_r d_c} y \\ = 5,75.095 \frac{15.0,001(1,7)^{0,5}}{0,006} 0,75 \\ = 13,35 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

- tổng bề mặt hạt đang rơi trong 1 m³ thể tích thùng.

$$\Rightarrow a_v = 63,49 \text{ KJ}/(\text{h} \cdot \text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}).$$

a_v'' - hệ số cấp nhiệt, thể hiện sự truyền nhiệt đối lưu từ tác nhân đến bề mặt ngoài tiếp xúc vật liệu. Xác định theo phương trình sau.

$$a_v'' = a_c F'', \text{ KJ}/(\text{h} \cdot \text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$$

$F'' = 1,27 \cdot 0,456 \cdot 1,7 = 0,97155 \text{ m}^2/\text{m}^3$ - tổng diện tích của hạt trong 1 m³ tác nhân.

$$a_c = \frac{0,047 \text{ Re}^{0,15} \cdot l_K \cdot 3600}{l_0}, \text{ KJ}/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

- hệ số cấp nhiệt của tác nhân đến bề mặt ngoài của vật liệu.

$$a_c = \frac{0,047 \cdot (6,47 \cdot 10^5)^{0,15} \cdot 0,0454 \cdot 3600}{1,9}$$

$$= 30,08 \text{ KJ}/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$a_v'' = a_c \cdot F'' = 30,08 \cdot 0,97155$$

$$= 29,23 \text{ KJ}/(\text{h} \cdot \text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$$

a_v''' - hệ số cấp nhiệt, thể hiện sự dẫn nhiệt cho vật liệu từ bề mặt đốt nóng trong thùng được xác định theo phương trình.

$$a_v''' = \frac{F_t a_t \left(t_K - \frac{q_1' - q_2'}{2} \right)}{\Delta t}$$

$$= b_3 a_v'' = 0,994 \cdot 29,23$$

$$= 29,09 \text{ KJ}/(\text{h} \cdot \text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$$

Như vậy:

$$a_v = a_v' + a_v'' + a_v'''$$

$$= 63,49 + 29,23 + 29,09$$

$$= 121,81 \text{ KJ}/(\text{h} \cdot \text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$$

Vậy sẽ tính được thể tích của thùng quay máy rang.

$$V_T = \frac{Q_0}{a_v \Delta t_{tb}} = \frac{7847,03 \cdot 4,186}{121,81 \cdot 59,44} = 4,5396 \text{ m}^3$$

$$\text{mà } V_T = \frac{\rho D_T^2}{4} L_T$$

Trong đó: $D_T = 1,7 \text{ m}$ như đã chọn trước;
 L_T - chiều dài thùng quay.

$$L_T = \frac{4V_T}{\rho D_T^2} = \frac{4 \cdot 4,5396}{\rho \cdot (1,7)^2} = 1,999 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$$

Vậy cánh guồng của thùng quay được thiết kế có thông số kích thước sau:

a. Đường kính $D_T = 1,7 \text{ m}$;

b. Chiều dài $L_T = 2 \text{ m}$;

c. Thể tích m^3 .

1.3. Tính toán kích thước xây dựng lò rang và nhiên liệu cần thiết cho lò

1.3.1. Kích thước xây dựng lò

Từ các thông số kích thước của máy được tính ở trên, ta phải xây dựng lò cho phù hợp.

Hệ số truyền nhiệt bên trong lò ra ngoài lò được tính theo phương trình.

$$K_{cn} = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{d_1}{l_1} + \frac{d_2}{l_2} + \frac{1}{a_2}} = \frac{1}{\frac{1}{39,2} + \frac{0,015}{0,88} + \frac{0,285}{0,82} + \frac{1}{23,3}} = 0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Xây dựng lò với các kích thước sau.

a. Chiều dài $L_1 = 2 + 2 \cdot 0,3 + 0,05 = 2,65 \text{ m}$.

b. Chiều cao với trục $H = 1,2 \text{ m}$

c. Chiều rộng theo đường kính:

$$L_2 = 1,7 + 2.0,3 + 0,05 = 2,35\text{m}$$

Diện tích xung quanh bề mặt lò:

$$F_v = 2.1,2.2,65 + 2.2,35.1,2 + \frac{\pi \cdot 1,7}{2} \cdot 2,65$$

$$= 19,07\text{m}^2$$

1.3.2. Tính toán nhiên liệu cần thiết cho lò rang

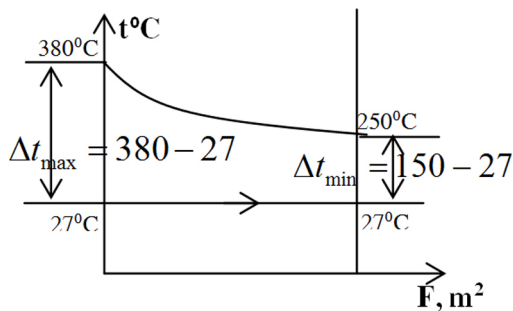
Trước hết, ta tính lượng nhiệt tổn thất qua vách Q_3 Kcal/h.

$$Q_3 = K_{en} \cdot F_v \cdot \Delta t_{tb1}$$

Vậy:

$$\Delta t_{tb} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = 184,13^\circ\text{C}$$

$$Q_3 = 0,23 \cdot 19,07 \cdot 184,13 = 807,62\text{ W}$$



Hình 2

Vậy tổng nhiệt lượng cần cung cấp cho lò là: Q_0 Kcal/h: $Q_0 = [Q_1 + Q_2 + Q_3] \beta_3$

$\beta_3 = 1,02$ gọi là hệ số an toàn về công suất của lò rang.

Như vậy:

$$Q = (3322,47 + 4524,56 + 697,79) \cdot 1,02$$

$$= 8715,72\text{ Kcal/h.}$$

Lượng nhiên liệu dầu DO cần cung cấp cho lò được tính theo phương trình sau.

$$Q = V \rho C_{do} (t_4 - t_0)$$

Trong đó $\rho = 888,2\text{ kg/m}^3$ - khối lượng riêng của dầu. $C_{do} = 2,311\text{ kcal/(kg.độ)}$ -

nhiệt dung riêng của dầu DO.

$$t_4 = 3800\text{C}; t_0 = 270\text{C.}$$

$$\Rightarrow V = \frac{Q}{\rho \cdot C_{do} \cdot (t_4 - t_0)}$$

$$= \frac{8715,72 \cdot 10^3}{888,2 \cdot 2,311 \cdot (380 - 27)}$$

$$\Leftrightarrow V = 11,91\text{ lít/h (dm}^3\text{/h)} \approx 12\text{ lít/h}$$

II. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Từ kết quả nghiên cứu tính toán thiết kế, Chúng tôi đã chế tạo thành công thiết bị rang đậu phụng phục vụ cho chế biến và bảo quản các sản phẩm đậu phụng. Thiết bị đã được chuyển giao công nghệ cho công ty Dầu thực vật Tây Ninh.



Hình 3: Lò rang đậu phụng

Các thông số kỹ thuật cho lò rang được đưa ra sau khi nghiên cứu tính toán thiết kế như sau:

- Thể tích chứa của không gian thùng quay: $V_T = 4,5346\text{ m}^3$
- Chiều dài thùng quay: $L_T = 2\text{ m}$
- Đường kính thùng quay: $D_T = 1,7\text{m}$
- Chiều dài của lò: $L_1 = 2,65\text{m}$
- Chiều cao ngang trục quay: $H = 1,2\text{m}$
- Chiều rộng theo đường kính của lò: $L_2 = 2,35\text{m}$
- Nhiên liệu cần cung cấp cho lò: $V = 12\text{ lít/h}$
- Năng suất rang đậu: $G_1 = 750\text{kg/h}$

III. KẾT LUẬN - BÀN LUẬN

3.1. Kết luận

Ở bài viết này, chúng tôi đã trình bày một cách hoàn thiện về phương pháp tính toán thiết kế, chế tạo thiết bị rang đậu phụng phục vụ cho công nghệ chế biến và bảo quản thực phẩm ở nước ta. Chúng tôi đã nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị này và chuyển giao công nghệ bằng các hợp đồng kinh tế và đã được áp dụng vào thực tiễn sản xuất tại khu công nghiệp Tây Ninh. Thực tế cho thấy, công trình nghiên cứu phù hợp với yêu cầu và điều kiện của thực tiễn.

3.2. Bàn luận

Thiết bị được thiết kế, chế tạo và vận hành chúng bằng cách bán tự động, vì vậy muốn hoàn thiện hơn nữa, đồng thời nâng cao năng suất thì cần phải cải tiến chúng, vận hành chúng bằng hệ thống tự động điều khiển hoàn toàn.

Thiết bị được lắp đặt cố định cần phải cải tiến để tạo thành một hệ thống có thể di chuyển từ nơi này đến nơi khác khi có nhu cầu sử dụng, sửa chữa nhà xưởng.

Năng lượng dùng để rang đậu phụng là dầu DO, ngoài ra, ta còn có thể dùng các dạng năng lượng khác như than đá, gas đốt, hơi quá nhiệt cấp từ lò hơi, hoặc cũng có thể thiết kế lò rang sử dụng nguồn năng lượng điện năng...v.v. Trong tương lai, chúng ta nên chế tạo thiết bị này chạy bằng năng lượng mặt trời.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] PGs.TSKH.Trần Văn Phú, Tính toán thiết kế hệ thống sấy, NXB Giáo Dục, năm 2004.

[2] Bùi Hải – Hoàng Đình Tín, Nhiệt kỹ thuật Tập 1 &2, NXB KHKT, năm 2004.

[3] Reinhold V.N, Drying and Storage of Grains and Oilseeds, New York 1999.

[4] Nevekin L.C, Drying and Technique in Drying, Science and Technological Publising, Dofia 1998.