

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO THIẾT BỊ GỌT VỎ CÀ RỐT

EXPERIMENTAL STUDIES ON THE EQUIPMENT OF PEELING CARROTS

NGUYỄN VĂN NGHĨA, NGUYỄN THANH TÙNG

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

Email: nghiaticnkvcltg@gmail.com; tungnt@vlute.edu.vn

Nhận bài (Received): 16/9/2022; Phản biện (Reviewed): 12/10/2022; Chấp nhận (Accepted): 19/11/2022

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị gọt vỏ cà rốt phục vụ cho dây chuyền sản xuất chế biến các sản phẩm từ cà rốt [1,2,8]. Nhóm tác giả đã vận dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm, xử lý số liệu thí nghiệm, giải phương trình hồi quy tìm ra được thông số làm việc tối ưu của thiết bị gọt vỏ cà rốt như tốc độ quay trục Rulo $n(v/p)$, lực đàn hồi của lò xo dao $F_d(N)$, lực đàn hồi của lò xo Rulo $F_r(N)$ và các chỉ tiêu tối ưu như tỷ lệ gọt sạch vỏ $a(\%)$, chi phí điện năng riêng $A_r(Wh/kg)$ [3,9]. Kết quả nghiên cứu đã chế tạo được một thiết bị gọt vỏ cà rốt có năng suất gọt vỏ cà rốt 200 kg/giờ.

Từ khóa: Máy gọt vỏ cà rốt, tỷ lệ gọt sạch, năng suất gọt vỏ

ABSTRACT

This paper presents the results of research, design and manufacture of carrot peelers for the production line and processing of carrot products. The authors applied the experimental planning method, processed experimental data, solved the regression equation to find the optimal working parameters of the carrot peelers such as the rotational speed of the axis Rulo $n(v/p)$, elastic force of knife spring $F_d(N)$, elastic force of spring Rulo $F_r(N)$ and optimal parameters such as peeling rate $a(\%)$, specific electricity cost $A_r(Wh/kg)$. As a result, a carrot peeler with a capacity of 200 kg/h was produced.

Keywords: Carrot peeler, clean peeling rate, carrot peeling productivity

I. GIỚI THIỆU

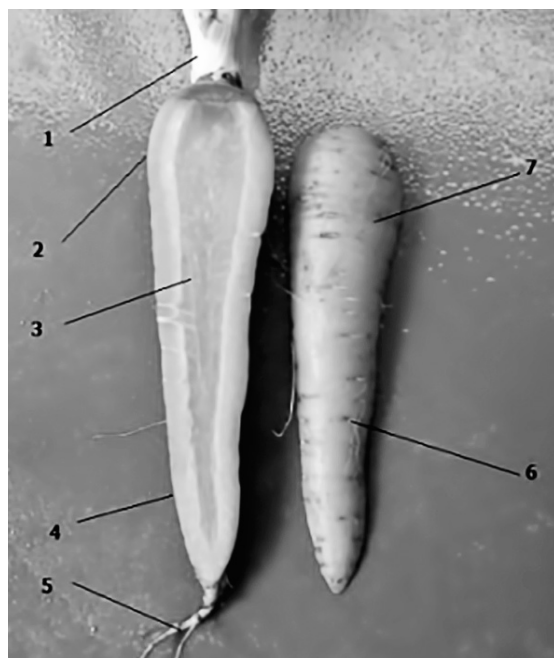
Cà rốt là một loại thực phẩm quan trọng trong bữa ăn hàng ngày, bởi vì nó có chứa nhiều thành phần dinh dưỡng như : protic, libit, gluxic, vitamin và một số khoáng chất khác. Vì có nhiều thành phần

dinh dưỡng và một số khoáng chất nên cà rốt có tác dụng tăng cường thị lực, chống bệnh ung thư, táo bón, chống lão hóa.

Phần củ cà rốt có lớp vỏ dày 1mm, nếu tính về khối lượng thì phần vỏ chiếm 10% khối lượng củ, nghĩa là còn lại 90%

phần thịt ăn được. Trong 10% khối lượng vỏ cà rốt do có tiếp xúc với đất, phân bón, thuốc trừ sâu và một số vi sinh vật không có lợi cho sức khỏe, do đó vỏ cà rốt cần phải gọt sạch đi để đảm bảo vệ sinh an toàn thực phẩm.

Trong dây chuyền sản xuất các sản phẩm từ cà rốt ở Việt Nam, chủ yếu sử dụng máy gọt vỏ cà rốt có công suất lớn, nhập khẩu của nước ngoài với chi phí đầu tư cao, khi hư hỏng sửa chữa tốn nhiều chi phí và do nguyên liệu cà rốt trồng ở Việt Nam khác so với nguyên liệu cà rốt trồng ở nước ngoài nên một số máy gọt vỏ ở nước ngoài không đáp ứng được. Do đó, nhóm tác giả đã nghiên cứu chế tạo ra thiết bị gọt vỏ cà rốt đáp ứng nhu cầu trong nước, giảm chi phí đầu tư, nội địa hóa thiết bị [4].



Hình 1. Một cắt dọc củ cà rốt.

1. Lá cà rốt; 2. Phần đường kính lớn;
3. Phần lõi; 4. Phần đường kính nhỏ;
5. Rễ cái; 6. Rễ phụ; 7. Phần vỏ cà rốt.

II. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Nguyên liệu

Cà rốt được trồng tại các huyện thuộc tỉnh Lâm Đồng, có chiều dài từ 155 mm trở lên, đường kính củ từ 15 - 55 mm, có độ tươi, có độ giòn.

2. Phương pháp nghiên cứu

Thực hiện nghiên cứu các thông số của thiết bị gọt vỏ cà rốt có ảnh hưởng đến các chỉ tiêu về kinh tế kỹ thuật của thiết bị. Trên cơ sở thiết lập bài toán hợp đen và sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm để giảm bớt số lượng thí nghiệm [1,2,3, 4,3,8,9].

- Tỷ lệ gọt sạch vỏ a % được xác định:

$$a (\%) = [(m_1 + m_2)/m_2] \times 100$$

Trong đó: a: Tỷ lệ gọt vỏ (%); m_1 : khối lượng vỏ đã gọt của máy (g); m_2 : khối lượng vỏ còn sót gọt lại bằng tay (g)

- Chi phí điện năng riêng xác định:

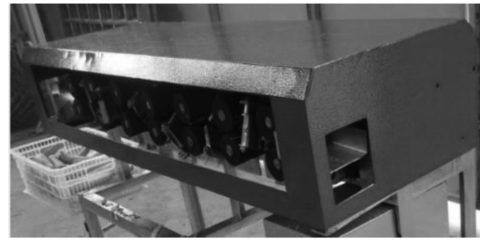
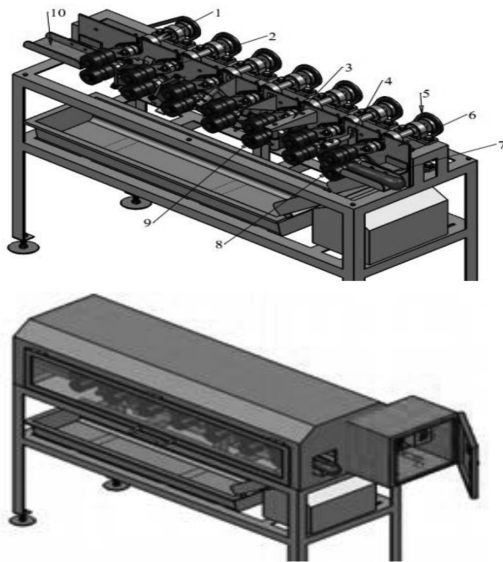
$$Ar = A.h/C \text{ (Wh/kg)}$$

Trong đó: A: Lượng điện tiêu thụ trong khoảng thời gian h là (W); h: Thời gian gọt vỏ (giờ); C: Khối lượng cà rốt đã gọt trong khoảng thời gian h là (kg); Ar: Điện năng tiêu thụ (Wh/kg)

Thực hiện phân tích các biến số thay đổi, ứng dụng phần mềm Statgraphics 7.0 và Excel để thiết kế thí nghiệm và xử lý số liệu thí nghiệm. Phương trình hồi quy bậc hai được tìm ra thông qua quy hoạch thực nghiệm (thí nghiệm) và giải phương trình tìm ra thông số tối ưu của thiết bị.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Kết quả chế tạo thiết bị gọt vỏ cà rốt



Hình 2. Cấu tạo thiết bị gọt vỏ cà rốt

1. Trục chính của máy (có 14 trục) ; 2. Tay biên có (14 cái); 3. Bộ dao thứ 2; 4. Bộ dao 1; 5. Bộ truyền xích; 6. Mặt che; 7. Bệ cấp nguyên liệu; 8. Rulo (14 cái); 9. Trục Rulo (14 trục); 10. Bộ thoát nguyên liệu

Bộ phận gọt vỏ: gồm có 6 bộ dao, mỗi bộ dao có 2 dao gọt loại 2 lưỡi, 7 cặp trục cuốn Rulo bằng cao su mềm để vận chuyển cà rốt, trên Rulo có trục Rulo lắp trên Tay biên, Tay biên trong quá trình làm việc sẽ lắc lên xuống khi đường kính củ cà rốt thay đổi và giữ cho cà rốt chuyển động thẳng theo phương ngang [4,8,10,11].

Bộ phận truyền động quay: Trục công tác (1) được truyền động qua bộ truyền xích từ động cơ điện, trục công tác (1) lại truyền động xích qua trục Rulo làm cho Rulo quay, do bố trí truyền động trục công tác ở trên và trục công tác ở dưới quay ngược chiều nhau làm trục Rulo cũng quay ngược chiều nhau [4,8,10,11].

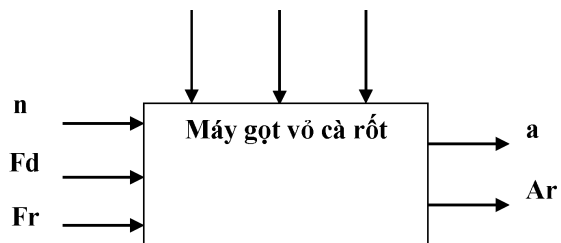
2. Kết quả thực nghiệm

Kết quả quy hoạch thực nghiệm và xử lý số liệu đã xác định được phương trình hồi quy biểu diễn sự ảnh hưởng của tốc độ quay trục rulo, Lực đàn hồi lò xo và Lực

đàn hồi lò xo Rulo đến tỷ lệ gọt sạch vỏ ứng dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm [3,9]

a. Dạng bài toán hộp đen

Dạng bài toán hộp đen được mô tả như sau:



Hình 3. Mô hình bài toán hộp đen mô tả quá trình nghiên cứu

Thông số đầu vào:

n : Tốc độ quay trục rulo (v/ph),
 $= 216 \div 256$ v/ph

F_d : Lực đàn hồi lò xo dao (N), $F_d = 11 \div 13$ N

F_r : Lực đàn hồi lò xo rulo (N), $F_r = 40 \div 44$ N

Loại bỏ các hệ số không phù hợp, những yếu tố khác ảnh hưởng đến tỷ lệ gọt sạch vỏ và chi phí điện năng cho quá trình gọt vỏ.

Thông số đầu ra:

trình gọt (Wh/kg).

a: Tỷ lệ gọt sạch vỏ (%)

Miền thực nghiệm của các yếu tố đầu

Ar: Chi phí điện năng riêng cho quá vào như sau:

Bảng 1. Tổng hợp các mức và khoảng biến thiên của các yếu tố đầu vào

Yếu tố Mức	n (v/p) Tốc độ quay trục Rulo	Fd (N) Lực đàn hồi lò xo dao	Fr (N) Lực đàn hồi lò xo Rulo
+1,682	269,63	13,68	45,36
+1	256	13	44
0	236	12	42
-1	216	11	40
-1,682	202,36	10,31	38,63
Khoảng biến thiên Δ	20	1	2

Tiến hành ngẫu nhiên hóa thứ tự các thí nghiệm bằng phần mềm Statgraphic ver 7.0, Ma trận thí nghiệm và kết quả thực nghiệm theo phương án bậc 2 ở dạng thực được trình bày ở bảng 2

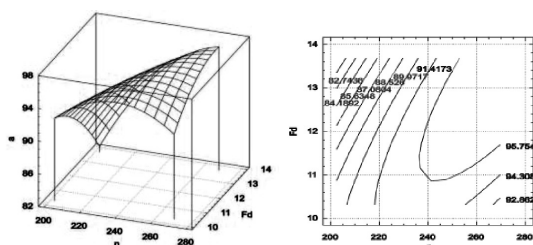
Bảng 2. Ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm

run	n (v/p)	Fd (N)	Fr (N)	a (%)	Ar (Wh/kg)
1	256.000000	13.000000	44.000000	97.35	2.82
2	236.000000	10.318207	42.000000	95.07	2.49
3	216.000000	13.000000	40.000000	88.18	2.36
4	256.000000	13.000000	40.000000	93.36	2.79
5	236.000000	12.000000	42.000000	95.41	2.32
6	236.000000	12.000000	42.000000	95.48	2.34
7	216.000000	11.000000	44.000000	92.09	2.38
8	216.000000	13.000000	44.000000	89.98	2.65
9	236.000000	13.681793	42.000000	92.80	2.66
10	256.000000	11.000000	40.000000	93.43	2.90
11	269.635857	12.000000	42.000000	96.82	2.94
12	236.000000	12.000000	42.000000	95.46	2.33
13	236.000000	12.000000	38.636414	90.70	2.47
14	202.364143	12.000000	42.000000	88.10	2.21
15	236.000000	12.000000	42.000000	95.54	2.35

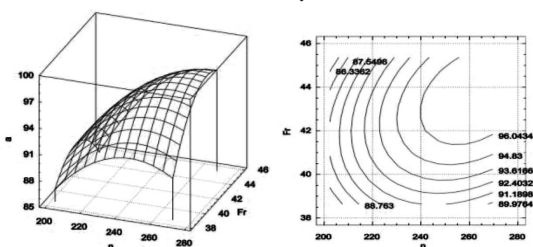
run	n (v/p)	Fd (N)	Fr (N)	a (%)	Ar (Wh/kg)
16	236.000000	12.000000	42.000000	96.03	2.31
17	216.000000	11.000000	40.000000	93.92	2.19
18	236.000000	12.000000	42.000000	95.12	2.34
19	256.000000	11.000000	44.000000	95.12	2.83
20	236.000000	12.000000	45.363586	93.85	2.63

b. Xử lý số liệu thí nghiệm

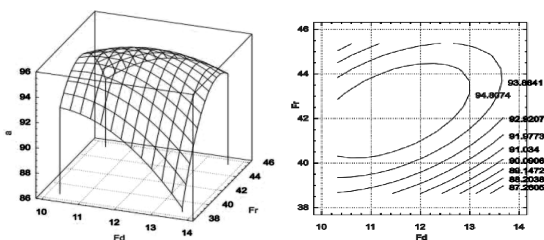
- Tỷ lệ gọt sạch vỏ a %



Hình 4. Quan hệ a - n - Fd

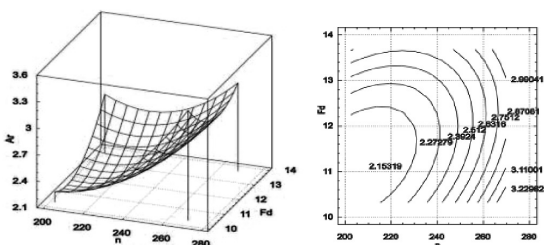


Hình 5. Quan hệ a - n - Fr

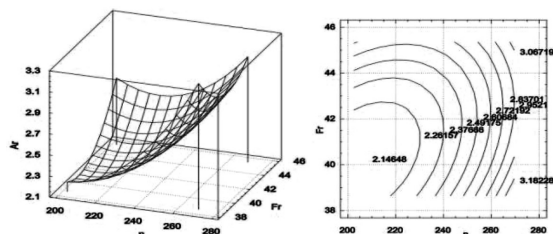


Hình 6. Quan hệ a - Fd - Fr

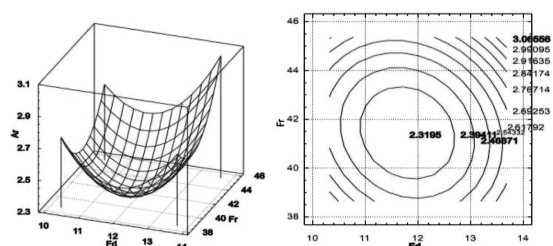
- Chi phí năng lượng điện:



Hình 7. Quan hệ Ar - n - Fd



Hình 8. Quan hệ Ar - n - Fr



Hình 9. Quan hệ Ar - Fd - Fr

Kết quả xử lý số liệu thực nghiệm, thiết lập phương trình hồi qui bậc hai mô tả ảnh hưởng của Lực đàn hồi lò xo dao Fd(N), Lực đàn hồi lò xo Rulo Fr (N), Số vòng quay trục Rulo n(v/p) đến tỷ lệ gọt sạch vỏ a % và chi phí năng lượng điện Ar W(h/kg)

$$a = -103,541 - 0,169374.n - 18,6913.Fd + 14,861.Fr + 0,0625625.n.Fd + 0,0178438.n.Fr + 0,370625.Fd.Fr - 2,58872.10^{-3}.n^2 - 0,513996.Fd^2 - 0,275224.Fr^2$$

$$Ar = 42,025 + 0,0111858.n - 1,89198.Fd - 1,5126.Fr - 3,5.10^{-3}.n.Fd - 1,625.10^{-3}.n.Fr + 0,0125.Fd.Fr + 2,33057.10^{-4}.n^2 + 0,0932226.Fd^2 + 0,021096.Fr^2$$

3. Xác định thông số làm việc tối ưu của máy

Mục tiêu tối ưu là củ Cà rốt sau khi gọt đạt tỷ lệ gọt sạch vỏ cao nhất với chi phí điện năng thấp nhất. Từ mục tiêu tối ưu ta có ba các bài toán tối ưu như sau:

Bài toán 1:

$$\begin{aligned} a = & -103,541 - 0,169374.n - 18,6913. \\ & Fd + 14,861.Fr + 0,0625625.n.Fd \\ & + 0,0178438.n.Fr + 0,370625. \\ & Fd.Fr - 2,58872.10^{-3}.n^2 - 0,513996. \\ & Fd^2 - 0,275224.Fr^2 \end{aligned}$$

Hàm mục tiêu: $a \rightarrow \max$

Hàm điều kiện:

$$269,63 \geq n \geq 202,36 \quad (v/p)$$

$$13,68 \geq Fd \geq 10,31 \quad (N)$$

$$45,36 \geq Fr \geq 38,63 \quad (N)$$

Bài toán 2:

$$\begin{aligned} Ar = & 42,025 + 0,0111858.n - 1,89198. \\ & Fd - 1,5126.Fr - 3,5.10^{-3}.n.Fd \\ & - 1,625.10^{-3}.n.Fr + 0,0125.Fd.Fr \\ & + 2,33057.10^{-4}.n^2 + 0,0932226. \\ & Fd^2 + 0,021096.Fr^2 \end{aligned}$$

Hàm mục tiêu: $Ar \rightarrow \min$

Hàm điều kiện:

$$269,63 \geq n \geq 202,36 \quad (v/p)$$

$$13,68 \geq Fd \geq 10,31 \quad (N)$$

$$45,36 \geq Fr \geq 38,63 \quad (N)$$

Bài toán 3:

$$\begin{aligned} a = & -103,541 - 0,169374.n - 18,6913. \\ & Fd + 14,861.Fr + 0,0625625.n.Fd \\ & + 0,0178438.n.Fr + 0,370625. \\ & Fd.Fr - 2,58872.10^{-3}.n^2 - 0,513996. \\ & Fd^2 - 0,275224.Fr^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ar = & 42,025 + 0,0111858.n - 1,89198. \\ & Fd - 1,5126.Fr - 3,5.10^{-3}.n.Fd \\ & - 1,625.10^{-3}.n.Fr + 0,0125.Fd.Fr \\ & + 2,33057.10^{-4}.n^2 + 0,0932226. \\ & Fd^2 + 0,021096.Fr^2 \end{aligned}$$

Chỉ tiêu về tỷ lệ gọt vỏ a được ưu tiên chọn là hàm mục tiêu ưu tiên.

- Hàm mục tiêu: $a \rightarrow \max, Ar \rightarrow \min$.

- Hàm điều kiện:

$$n_{\max(a)} \geq n_{\text{tr}} \text{ (tối ưu)} \geq n_{\min(Ar)} \quad (v/p)$$

$$Fd_{\max(a)} \geq Fd_{\text{tr}} \text{ (tối ưu)} \geq Fd_{\min(Ar)} \quad (N)$$

$$Fr_{\max(a)} \geq Fr_{\text{tr}} \text{ (tối ưu)} \geq Fr_{\min(Ar)} \quad (N)$$

Ứng dụng phần mềm Excel giải bài toán 3, tìm ra được:

Các thông số làm việc tối ưu của thiết bị: Số vòng quay trục Rulo: $n_{\text{tr}} = 269,60$ v/p; Lực đàn hồi lò xo dao: $Fd_{\text{tr}} = 13,68$ N; Lực đàn hồi lò xo Rulo: $Fr_{\text{tr}} = 44,95$ N

Chỉ tiêu tối ưu đạt được của thiết bị: Chỉ tiêu tối ưu: $a_{\max} = 97,54$ %; Mức tiêu thụ điện năng riêng: $Ar = 3,31$ Wh/kg

IV. KẾT LUẬN

Bài báo đã vận dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm [9], ứng dụng phần mềm Statgraphics 7.0 và Excel để tính toán, thiết kế và chế tạo thiết bị gọt vỏ cà rốt. Thiết bị gọt vỏ cà rốt có các thông số làm việc và chỉ tiêu làm việc tối ưu như sau: Tốc độ quay trục Rulo $n = 269,60$ v/p; Lực đàn hồi lò xo dao $Fd = 13,68$ N; Lực đàn hồi lò xo Rulo $Fr = 44,95$ N; Tỷ lệ gọt sạch vỏ $a = 97,54$ %; Chi phí điện năng riêng cho quá trình gọt $Ar = 3,31$ Wh/kg, năng suất gọt vỏ cà rốt 200 kg/giờ. Thiết bị gọt sạch vỏ cà rốt, đảm bảo tính kinh tế và đáp ứng nhu cầu sản xuất [10,11].

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Hữu Lộc (2013), *Cơ sở thiết kế máy*. Nhà xuất bản Đại học quốc gia TP. HCM.
- [2] Trịnh Chất, Lê Văn Uyển (1998), *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí tập 1, 2*. Nhà xuất bản giáo dục.
- [3] Bùi Minh Trí (2005), *Xác suất thống kê và qui hoạch thực nghiệm*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật Hà Nội.
- [4] Đoàn Dự, Bùi Đức Hợi, Mai Văn Lê, Nguyễn Như Thung (1983), *Công nghệ và các máy chế biến lương thực*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật.
- [5] Lê Ngọc Bích – Võ Duy Thanh Tâm – Đỗ Lê Thuận (2010), *Solidwords 2010 dành cho người tự học*. Nhà xuất bản Hồng Đức.
- [6] Nguyễn Trọng Hiệp, Nguyễn Văn Lắm (1999), *Tính toán thiết kế chi tiết máy*. Nhà xuất bản giáo dục.
- [7] Nguyễn Văn Yên (2005), *Thiết lập các bản vẽ trong đồ án môn học chi tiết máy*. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải.
- [8] Nguyễn Trọng Hiệp (1969, 1970, 1994), *Chi tiết máy tập 1,2*. Nhà xuất bản ĐH và THCN Hà Nội
- [9] Nguyễn Cảnh (1993), *Qui Hoạch Thực Nghiệm*. Trường ĐH Bách Khoa Tp. HCM.
- [10] H.B Plost (1981), *Feed Manufacturing Technology*. Kansas State University.
- [11] R.J Baker (1960), *Factors That Affect The Granulation And Capacity In Grinding Of Corn, Oat And Sorghun Grain With A Hammermill*. Master's thesis, Kansas State University.