

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ TỐI ƯU THÔNG SỐ CHI TIẾT MÁY LỘT VỎ VÀ CẮT LÁT QUẢ THANH LONG

RESEARCH ON OPTIMIZING THE DESIGN PARAMETERS FOR A DRAGON
FRUIT PEELING AND SLICING MACHINE

Hồ Triết Hưng*, Bành Quốc Nguyên

Bộ môn Chế tạo máy, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa,
Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Hiện nay, trên thị trường có nhiều loại máy cắt lát thanh long được phát triển bởi các công ty khác nhau. Tuy nhiên, hầu hết các máy này chỉ tập trung vào quá trình cắt lát sau khi đã lột vỏ quả thanh long, dẫn đến việc chưa tối ưu được thời gian và năng suất vận hành. Đề tài này hướng đến việc nghiên cứu và thiết kế một loại máy công nghiệp tích hợp cả hai chức năng lột vỏ và cắt lát thanh long. Trước khi thiết kế, cần tính toán chính xác các thông số về kích thước, vận tốc và quy trình hoạt động, dựa trên các đặc tính phần cứng như kích thước chi tiết, vật liệu, tính chất vật lý của vật liệu, biên dạng của quả thanh long và khoảng cách kẹp. Từ mô hình toán học với các thông số thiết kế đã xác định, ta tiến hành mô phỏng và thiết kế máy lột vỏ và cắt lát thanh long phù hợp với chu kỳ cung cấp nguyên liệu. Nghiên cứu này đã đặt nền tảng cho việc tính toán tối ưu hóa năng suất của máy.

Từ khóa: *Cụm dao cắt; Máy gọt vỏ và cắt lát quả thanh long; Phương trình xác định vị trí.*

ABSTRACT

Currently, the market offers various types of dragon fruit slicing machines developed by different companies. However, most of these machines focus solely on the slicing process after the dragon fruit has been peeled, which has not yet optimized operational time and productivity. This research aims to design an industrial machine that integrates both peeling and slicing functions for dragon fruit. Prior to the design phase, accurate calculations regarding size, speed, and operational processes must be made, based on hardware characteristics such as component dimensions, material properties, physical characteristics, dragon fruit shape profile, and clamping distance. Using a mathematical model with defined design parameters, we proceed with simulations and the design of a dragon fruit peeling and slicing machine that aligns with the material supply cycle. This study establishes a foundation for optimizing the machine's productivity.

Keywords: *Cutting blade assembly; Dragon fruit peeling and slicing machine; Position determination equation.*

1. GIỚI THIỆU

Cây thanh long (tên tiếng khoa học là Pitahaya), thuộc họ xương rồng, có nguồn gốc ở các vùng sa mạc thuộc Mehico và Colombia, là một loại cây nhiệt đới mang lại nhiều lợi ích cho sức khỏe con người nhờ giá trị dinh dưỡng cao và các hợp chất hoạt tính sinh học, trong đó có chất chống oxy hóa tự nhiên mạnh mẽ. Từ thân, hoa, vỏ, cùi thanh long có nhiều hoạt tính sinh học có lợi chống lại các vi khuẩn gây bệnh bao gồm vi khuẩn, nấm và vi rút cũng như các bệnh như tiểu đường, béo phì, tăng lipid máu và ung thư. Hơn nữa, chiết xuất thanh long có đặc tính bảo vệ tim mạch và gan, cũng như tiềm năng prebiotic [1]. Thanh long được người Pháp đem vào trồng ở Việt Nam trên 100 năm nay, nhưng mới được đưa lên thành hàng hóa từ thập niên 1980 [5]. Việt Nam trở thành nước có diện tích trồng thanh long lớn nhất châu Á và được trồng ở 63/65 thành phố/tỉnh của cả nước và là nước xuất khẩu thanh long chính trên toàn thế giới [1]. Hiện nay, nước ta đã xuất khẩu thanh long qua nhiều nước dưới dạng quả tươi. Nhằm tăng giá trị, thanh long đang được chế biến thành nhiều sản phẩm, tuy nhiên điều này đang bị giới hạn về năng suất do quá trình lột vỏ và cắt lát chưa được tối ưu và mở rộng. Việc sản xuất quy mô lớn như vậy dẫn đến yêu cầu về cải tiến quy trình và các khâu trong quá trình chế biến thanh long, khoảng một phần ba khối lượng ban đầu bị mất đi, chủ yếu ở dạng vỏ sau quá trình lột vỏ thanh long. Theo bài nghiên cứu về hình dạng [6] của các loại thanh long, kích thước đường kính và chiều dài được nghiên cứu để đưa ra một phương thức chung để đánh giá và phân loại. Sự phân loại đó giúp thúc đẩy quá trình cơ giới hóa trong quá trình nghiên cứu. Khi xác định được kích thước cơ bản của quả, từ đó nâng cao năng suất và chất lượng của thành phẩm. Thực tế hiện nay, việc lột vỏ và cắt lát thanh long chỉ là do công nhân

làm, và chỉ có các công cụ hỗ trợ, chưa có máy bán tự động dây chuyền. Thanh long là loại trái cây mà thịt và vỏ của chúng có thể được tách ra dễ dàng mà không ảnh hưởng nhiều đến việc thất thoát cân nặng. Ngoại quan của trái thanh long được đánh giá qua tùy theo tiêu chuẩn được đặt ra [7]. Hiện nay, yêu cầu thực tế kết hợp đồng thời quy trình cắt và lột vỏ thanh long được đề xuất với các ưu điểm: chất lượng lát thanh long ổn định, năng suất lớn và tiết kiệm được thời gian trong quá trình cắt lát. Tại thị trường Việt Nam, thanh long có nhiều loại cũng như các giống khác nhau. Mỗi loại sẽ cho thông số về kích thước quả khác nhau, vì vậy việc tìm hiểu về kích thước là yêu cầu được chú trọng khi thiết kế máy bán tự động bóc tách và cắt lát thanh long. Sản lượng thanh long tại Việt Nam hằng năm khoảng vài triệu tấn, trong đó hầu hết được đóng gói và xuất khẩu tươi ra các nước lân cận và phần còn lại được tiêu thụ trong nước [8]. Sản lượng sản xuất ngày càng gia tăng, điều đó đẩy mạnh ngành công nghiệp phụ trợ nhằm gia tăng tính kinh tế của ngành nông nghiệp nói chung và sản xuất thanh long nói riêng.

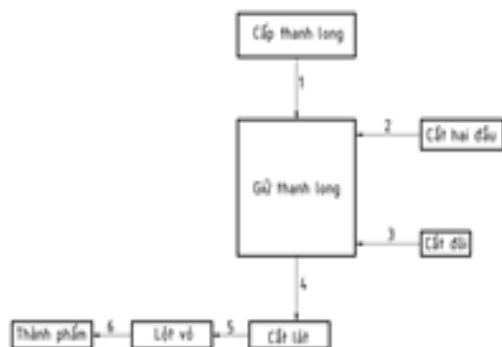
Theo nhu cầu thực tiễn, việc nghiên cứu về thiết kế hệ thống dây chuyền bán tự động cho công đoạn lột vỏ và cắt thanh long được đầu tư và nghiên cứu. Bài báo đề xuất một nguyên lý máy có sẵn, mang tính khả thi đã và đang được nghiên cứu thông qua luận văn tốt nghiệp tại Trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh. Nguyên lý này dựa trên phương pháp đồng bộ tốc độ di chuyển giữa các cụm cơ cấu để đảm bảo hiệu quả hoạt động. Mô hình toán học được xây dựng dựa trên các thông số thiết kế ban đầu như năng suất, giới hạn không gian để hỗ trợ việc tính toán các thông số lựa chọn, đĩa xích, khoảng cách cụm kẹp và kích thước băng tải. Để làm được điều đó, việc hiểu rõ và phát triển hệ thống là cần thiết. Bài báo đưa ra



mô hình tính toán các thông số với mục đích tạo ra máy cắt lát và lột vỏ thanh long nhằm nâng cao năng suất trong quá trình cắt lát.

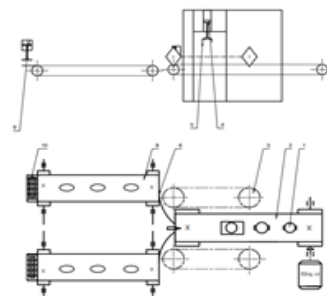
2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍNH

2.1. Nguyên lý chung hệ thống máy



Hình 1. Sơ đồ quy trình chế biến

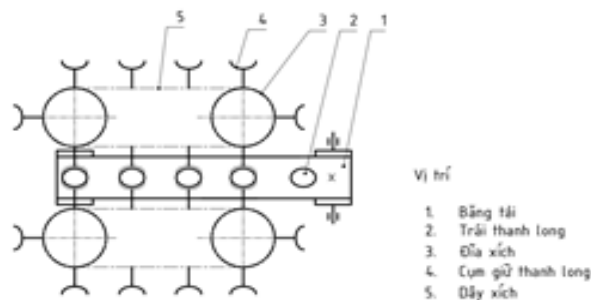
Nguyên lý chung (Hình 1) cho hệ thống cắt và bóc tách thanh long phụ thuộc vào quá trình phân loại trước đó để tính toán được các thông số phù hợp. Do đó, nguyên liệu đầu vào được cung cấp phải đạt các yêu cầu phù hợp với máy về kích thước, độ đồng đều, được xử lý vệ sinh trước tránh bụi bẩn. Việc đáp ứng các yêu cầu đối với nguyên liệu đầu vào giúp đảm bảo chất lượng thành phẩm và có độ hao hụt là thấp nhất. Để có được năng suất mong muốn cần phải chuyển từ khối lượng thanh long về số lượng (kilogram sang số quả) tương ứng và bù trừ 10-20% sản lượng lỗi để đảm bảo lựa chọn phương án phù hợp với khả năng của máy. Với quy trình sản xuất từ, đưa ra được một sơ đồ nguyên lý (Xem hình 2) mang tính phù hợp dành cho việc thiết kế và tính toán sau này.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý của máy gọt vỏ và cắt lát thanh long

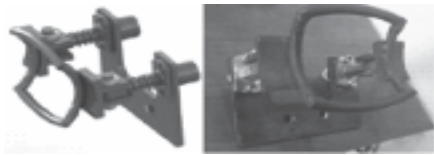
Quả thanh long (1) được công nhân vận hành đặt trên băng tải (2) có gắn các khối V để định vị thanh long. Các cụm giữ thanh long được gắn trên bộ truyền xích (3), hai bộ truyền xích được bố trí đối xứng qua băng tải để đảm bảo việc kẹp được thanh long. Xi-lanh (4) truyền chuyển động cho cụm dao cắt, cắt bỏ hai đầu theo chiều dài quả. Quả thanh long được giữ đi đến dao (5), bị cắt làm đôi và mỗi nửa theo mỗi máng dẫn. Ở cuối máng dẫn sẽ bố trí cơ cấu lật để đảm bảo quả thanh long được lật sao cho mặt bị cắt đôi nằm úp xuống băng tải. Ở cuối băng tải đầu ra (8) có gắn các dao cắt lát (10). Xi-lanh (9) ép từ trên xuống với lực vừa đủ, thanh long nằm trên lưỡi dao được xếp lưới hoặc ô vuông tùy theo nhu cầu cắt lát. Cơ chế lột vỏ là nén để phần thịt thanh long được cắt lát ra và gọt vỏ để thanh long được tách bỏ vỏ với ruột.

2.2. Nguyên lý đồng bộ hệ thống



Hình 3. Nguyên lý đồng bộ

Hệ thống máy được phân thành các cụm theo chức năng sẽ giúp việc tính toán và đồng bộ hệ thống dễ dàng hơn (Xem hình 3). Với hệ thống cắt hai đầu do xi-lanh thực hiện, hành trình và vận tốc của xi-lanh được hệ thống điều khiển đảm nhận. Ở cụm cấp, cơ cấu cụm giữ đặc trưng đồng thời được truyền chuyển động bằng bộ truyền xích, việc điều khiển và tính toán hai bộ truyền xích để mỗi bên giữ được trái thanh long là một vấn đề quan trọng. Nếu lực kẹp không đúng do sai lệch vị trí của cơ cấu hai bên có thể dẫn đến hư hỏng cho trái thanh long. Ngoài ra, cụm cấp bằng băng tải cũng là một vấn đề lớn.



Hình 4. Cụm giữ thanh long

Bài nghiên cứu tập trung việc tính toán số liệu cho quá trình đồng bộ vận tốc của ba cụm bao gồm cụm cấp (2), cụm giữ (3) (Hình 4). Mô hình đã được hoàn thiện và thử nghiệm với các kích thước quả thanh long khác nhau, cho thấy khả năng xác định các thông số hình học phù hợp cho máy bóc tách vỏ thanh long với năng suất mong muốn.

Các cụm giữ thanh long được gắn trên bộ truyền xích. Khi trái thanh long tiếp xúc với cụm giữ sẽ làm lò xo của cụm bị nén lại, đồng thời lò xo cũng sẽ tác động một lực trở lại trái thanh long tạo thành lực kẹp vừa đủ. Để đảm bảo rằng cụm giữ luôn kẹp được quả thanh long thì phải xác định được vị trí của thanh long so với cụm giữ. Vì vậy, khoảng này phải là khoảng cố định. Phương án định vị thanh long trên băng tải đầu vào là: Dùng 2 khối V ngăn gắn trên tâm các tấm của băng tải. Kích thước của thanh long phải nhỏ hơn đường kính của đĩa xích để tránh va chạm giữa các cụm.

3. THIẾT LẬP THÔNG SỐ VÀ MÔ HÌNH ĐỒNG BỘ

3.1. Trình tự tính toán được thực hiện theo các bước

3.1.1. Tính toán trên cụm giữ

Do máy có kích thước hạn chế và ảnh hưởng bởi đường kính của thanh long, nên khi tính toán thiết kế máy ngoài năng suất của máy, cần thu thập kích thước thanh long để lựa chọn khoảng cách thích hợp giữa các cụm làm việc. Vị trí và thông số các đĩa xích đã được thử nghiệm, do đó bước tính toán được thực hiện từ cụm giữ thanh long, việc đồng bộ vận tốc và vị trí tương đối giữa băng tải với cụm giữ ảnh hưởng trực tiếp khả năng giữ trái thanh long.

3.1.2. Tính toán trên cụm cấp nguyên liệu

Năng suất đáp ứng và không gian kích thước máy còn lại sẽ được dùng để tính toán băng tải đầu vào, sẽ dễ dàng đồng bộ vận tốc và vị trí với cụm giữ. Bảng 1 trình bày các thông số đầu vào và các thông số cần tính toán để đồng bộ vận tốc giữa các khâu.

Bảng 1. Các thông số

Thông số	Kí hiệu
Năng suất yêu cầu (quả/giờ)	N
Chiều dài thanh long (mm)	l_{tl}
Bước xích băng tải và đĩa xích (mm)	P_c
Khoảng cách giữa các cụm giữ (mm)	k_c
Số cụm giữ (cụm)	N_c
Số răng bánh xích (răng)	Z
Đường kính vòng chia rulo (mm)	P.D
Đường kính vòng chia đĩa xích (mm)	D_p
Số cụm giữ trên 1 vòng đĩa xích (cụm)	N_c



3.1.3. Tính toán trên đĩa xích

Sau khi lựa chọn đĩa xích phù hợp và quyết định số lượng cụm giữ trên 1 vòng đĩa xích (tùy theo kích thước quả), tính toán khoảng cách phân bố giữa các cụm. Khoảng cách cụm giữ thanh long:

$$K_c = \frac{z}{N_c} \text{ (mm)} \quad (1)$$

Bảng 2 trình bày thông số phù hợp và tối ưu nhất cho máy đối với các kích thước quả khác nhau, tất cả thông số đã được thử nghiệm và tính toán của nhóm nghiên cứu, khuyến nghị nên sử dụng.

Bảng 2. Với khoảng cách cụm giữ và đĩa xích

z (số răng)	D _p (mm)	N _c (số cụm giữ)	Kích thước thanh long l _u (mm)	Khoảng cách cụm giữ k _c
24	291.9	4	<145.95	6p _c
28	340.29	4	<170.14	7p _c
32	388.71	4	<194.35	8p _c
36	437.75	4	<218.57	9p _c
40	485.6	4	<242.28	10p _c
Bước xích p _c = 38.1 (mm)				

Công thức tổng quát và thông số để thiết kế máy phù hợp với nhu cầu. Ở cụm cắt hai đầu, chỉ tính toán số vòng quay của đĩa xích, vì chỉ cần đĩa xích đáp ứng được tốc độ quay như vậy là đảm bảo được khối lượng, có công thức tính toán. Số vòng quay đĩa xích (v/p):

$$n = \frac{N}{60 \times N_c} \quad (2)$$

Chiều dài của dây xích sẽ tùy thuộc vào nhu cầu và khả năng đáp ứng diện tích của máy, tuy nhiên khuyến nghị tính toán chiều dài dây

xích để tối ưu diện tích máy theo công thức sau. Khoảng cách trục (mm):

$$a = 2x \quad (3)$$

Chiều dài dây xích (mm):

$$L \approx 2 \times a + \pi \times D_p; (L: k_c) \quad (4)$$

3.1.4. Tính toán trên băng tải cấp liệu

Ở băng tải cấp liệu, giữ thanh long nằm trên hai khối V gần là 1 cụm giữ, và mỗi khối V sẽ được gắn tại trung điểm của mỗi tấm băng tải và có khoảng cách vừa đủ để phù hợp với kích thước thanh long, khoảng cách giữa hai khối sẽ được tính theo công thức:

Khoảng cách giữa 2 khối V (mm):

$$K_{cv} < \frac{l_{tl}}{p_c} \text{ (mm)} \quad (5)$$

Bố trí khoảng cách giữa 2 cụm giữ để khoảng cách giữa 2 quả thanh long không bị va chạm với nhau, và tối ưu không gian của máy:

Khoảng cách giữa 2 cụm giữ (mm):

$$K_q = 2 \times K_{cv} \quad (6)$$

Sau khi xác định được khoảng cách giữa 2 cụm giữ, vận tốc băng tải được tính theo công thức để đáp ứng năng suất yêu cầu.

Vận tốc băng tải (mm/s):

$$V = \frac{K_q \times N}{3600} \quad (7)$$

Sau khi có được vận tốc băng tải và chọn lựa băng tải cùng đường kính rulo phù hợp, số vòng quay rulo được tính như sau:

Số vòng quay trên rulo (v/p):

$$n_l = \frac{V \times 60}{\pi \times P \times D} \quad (8)$$

3.2. Ứng dụng thực tế

Qua mô hình toán học ở trên, dưới đây nhóm tác giả đã tính toán với phương án đáp ứng cho loại thanh long có kích thước 110-125mm, năng suất 1200 tấn/h tương ứng với khoảng 2400 quả/h.

Số cụm giữ thanh long và đĩa xích được lựa chọn theo bảng 3 với kích thước chiều dài thanh long 145mm < 145.95 mm.

Bảng 3 là thông số đĩa xích được chọn.

Bảng 3. Thông số đĩa xích

Ký hiệu	Thông số
Z	24 răng
D _o	312 mm
D _p	219.9 mm
P _c	38.1 mm

Một vòng đĩa xích được gắn bốn cụm giữ quả thanh long. Như vậy, khoảng cách giữa các cụm giữ:

$$K_c = \frac{Z}{N_c} = \frac{24 \times P_c}{4} = 6 \times 38.1 = 228.6 \text{ (mm)}$$

Số vòng quay của đĩa xích để đạt năng suất 2400 quả/giờ:

$$n = \frac{N}{60 \times N_c} = \frac{2400}{60 \times 4} = 10 \text{ v/p}$$

Thông số băng tải xích tấm: P_c = 38.1 mm.

Khoảng cách giữa 2 khối V:

$$K_{cv} < \frac{l_{tl}}{P_c} = \frac{145}{38.1} = 3.8 \text{ (tấm)}$$

Chọn khoảng cách tương ứng với 3 tấm: 3 × 38.1 = 114.3mm (tính từ trung điểm mỗi tấm).

Khoảng cách cần thiết giữa 2 quả thanh long trên băng tải:

$$K_q = 2 \times K_{cv} = 2 \times 3 \Rightarrow 6 \text{ (tấm)}$$

Vị trí thanh long cách đĩa xích một khoảng để đồng bộ:

$$6 \times P_c = 22.6 \text{ (mm)}$$

Từ năng suất 2400 quả/giờ => Vận tốc băng tải cần thiết:

$$V = \frac{K_q \times N}{3600} = \frac{228.6 \times 2400}{3600} = 152.4 \text{ (mm/s)}$$

Bảng 4 trình bày thông số rulo được chọn.

Bảng 4. Thông số rulo

Ký hiệu	Thông số
P.D	153.2mm
P _c	38.1 mm

Số vòng quay trên rulo:

$$n_l = \frac{V \times 60}{\pi \times P.D} = \frac{152.4 \times 60}{\pi \times 153.2} \approx 18,99 \text{ (v/p)}$$

Trên đây là phần tính toán các thông số cần thiết của máy lột vỏ và cắt lát thanh long để đáp ứng được năng suất 2400 quả/giờ của nhóm tác giả. 

4. KẾT LUẬN

Bài báo đưa ra phương án thiết kế máy lột vỏ và cắt lát thanh long dựa trên năng suất làm việc mong muốn nhằm tính toán các thông số vận tốc băng tải đầu vào, băng tải đầu ra, đĩa xích. Các đại lượng vào thông số tính toán được tùy chỉnh để phù hợp với kích thước quả. Việc thiết kế dựa trên năng suất làm việc của máy giúp linh hoạt trong quá trình sản xuất, phù hợp với quy mô sản xuất. Bài nghiên cứu này bước đầu đã hình thành các công thức cơ bản nhất cho quá trình thiết kế máy lột vỏ và cắt lát thanh long. Qua đây, có thể dựa vào đó để tính toán các thông số khác về máy để đảm bảo đáp ứng các thông số yêu cầu và chi phí sản xuất.

Lời cảm ơn:

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Long An đã hỗ trợ nghiên cứu này thông qua Dự án sản xuất thử nghiệm mã số: KCLA.05.24. ❖

Ngày nhận bài: **25/10/2024**

Ngày phản biện: **17/11/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. T.-T.-H. Luu, T.-L. Le, N. Huynh, and P. Quintela-Alonso, “*Dragon fruit: A review of health benefits and nutrients and its sustainable development under climate changes in Vietnam*”. Czech Journal of Food Sciences, vol. 39, no. 2, pp. 71-94, Apr. 2021.
- [2]. W. Liaotrakoon, “*Characterization of dragon fruit (Hylocereus spp.) components with valorization potential*”. PhD thesis, Ghent University, Belgium, 2013.
- [3]. Susmita Das and Safina Kosser, “*Dragon fruits as a functional food*”, 2022. [Online] Available: https://www.researchgate.net/publication/363173284_Dragon_Fruits_as_a_Functional_Food
- [4]. Fernanda Robert De Mello, “*Đánh giá các đặc tính hóa học và đặc tính lưu biến của vỏ thanh long (Hylocereus undatus) - Phần 1*”, 2018. [Online]. Available: <https://thongtinkhen.binhthuan.gov.vn/index.php/thu-vi-n-di-n-t/126-danh-gia-cac-d-c-tinh-hoa-h-c-va-d-c-tinh-luu-bi-n-c-a-v-thanh-long-hylocereus-undatus-ph-n-1>.
- [5]. Nguyễn Văn Kê, “*Cây thanh long*”, 2008. [Online]. Available: <https://rttc.hcmuaf.edu.vn/rttc-8137-1/vn/-cay-thanh-long.html>.
- [6]. Nguyen Quoc Duan, “*Dragon fruit grades, sizes, and packaging for exportation*”. Accessed: 2021 [Online]. Available: <https://dragonfruit.net.vn/dragon-fruit/172-dragon-fruit-grandes-size-and-packaing-for-exportation.html>
- [7]. TCVN 7523:2005, “*Tiêu chuẩn của Việt Nam về thanh long / Vietnam Standard for dragon*”. Accessed: Mar. 31, 2006. [Online]. Available: https://agro.gov.vn/vn/tID3579_Tieu-chuan-cua-Viet-Nam-ve-thanh-long-Vietnam-Standard-for-dragon.html
- [8]. Hoàng Hùng, “*Tăng sức cạnh tranh cho quả thanh long xuất khẩu*”. Accessed: Oct.15, 2023 [Online]. Available:<https://nhandan.vn/tang-suc-can-phanh-cho-qua-thanh-long-xuat-khau-post777165.html>