

ẢNH HƯỞNG CỦA PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ TỚI QUÁ TRÌNH LƯU GIỮ FRUCTOOLIGOSACARIDE TRONG CỦ HOÀNG SIN CỎ SAU THU HOẠCH

Đỗ Thị Thanh Huyền^{1,*}, Nguyễn Mạnh Đạt¹, Chu Thắng¹,
Nguyễn Thị Hồng Linh¹, Nguyễn Thị Thu¹, Nguyễn Văn Sơn²

TÓM TẮT

Củ hoàng sin cỏ (*Smallanthus sonchifolius*) có hàm lượng đường fructooligosacaride (FOS) cao. Sau khi thu hoạch, đường FOS có trong củ dễ bị thủy phân thành các đường tự do, dẫn đến thất thoát đường FOS. Do vậy, việc xử lý củ hoàng sin cỏ sau thu hoạch là cần thiết để làm giảm sự thủy phân đường FOS. Mục đích của nghiên cứu này xác định các điều kiện của phương pháp chần kết hợp với phụ gia và sấy khô nguyên liệu nhằm lưu giữ đường FOS trong củ hoàng sin cỏ sau khi thu hoạch. Củ hoàng sin cỏ rửa sạch được cắt lát dày khoảng 1,5 mm x 0,5 mm và chần bằng hơi nước nóng 95°C chứa 0,2% axit ascorbic và 0,5% canxi clorua trong 6 phút. Kết thúc quá trình chần, lát củ được làm lạnh nhanh đến nhiệt độ phòng và sấy khô bằng máy sấy đối lưu ở nhiệt độ 65°C. Kết quả khi sử dụng các điều kiện xử lý nguyên liệu thích hợp đã lưu giữ hàm lượng FOS đạt 85,23% và đường khử tăng 35,9% so với FOS và đường khử có trong nguyên liệu củ tươi. Việc lưu giữ hàm lượng FOS cao sau khi thu hoạch trong củ góp phần nâng cao hiệu quả chiết xuất, tinh chế FOS và sản xuất thực phẩm chức năng chứa prebiotic.

Từ khóa: Hoàng sin cỏ, chần, đường khử, fructooligosacaride, sấy khô, *Smallanthus sonchifolius*.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hoàng sin cỏ hay còn gọi là cây sâm khoai - Yacón (có tên khoa học *Smallanthus sonchifolius*) là cây thực vật có hoa thuộc họ cúc *Asteraceae*. Theo đông y, củ sâm hoàng sin cỏ có tác dụng lợi tiểu, giải nhiệt cơ thể, giảm lượng đường huyết trong máu, có thể ăn sống củ hoặc sấy khô ngâm rượu, làm trà, mứt, nước uống... [1]. Tại Việt Nam, cây hoàng sin cỏ được trồng nhiều tại một số huyện của tỉnh Lào Cai, Hà Giang, Yên Bái, Lâm Đồng... Tính đến năm 2021, tổng diện tích trồng hoàng sin cỏ là 142 ha, với sản lượng thu hoạch khoảng 3.600 tấn củ/năm [2]. Trái ngược với hầu hết các loại củ dự trữ tinh bột có thể ăn được, carbohydrate trong củ hoàng sin cỏ chiếm 10 - 20% chất khô, chủ yếu ở dạng oligofructans hoặc fructooligosacaride (FOS). FOS có trong củ có thể đạt tới 6,4 - 70% chất khô (0,7 - 13,2% khối lượng

tươi), carbohydrate khác là fructose, glucose và sucrose [3].

Củ hoàng sin cỏ có hàm lượng nước cao (80,9 - 92,5%), dễ bị thối rữa và khả năng phân hủy sinh học cao [4]. Trong thời gian bảo quản củ hoàng sin cỏ, đặc biệt phơi củ dưới ánh nắng mặt trời, đường FOS có xu hướng thủy phân thành sucrose và đường khử (glucose và fructose), củ sẽ có vị ngọt đậm hơn so với khi mới thu hoạch. Quá trình thủy phân FOS diễn ra nhanh hơn trong những ngày đầu tiên sau khi thu hoạch, tổng hàm lượng oligofructan trong củ có thể giảm 41% sau hai tuần bảo quản ở 25°C [5].

Xử lý sơ bộ nguyên liệu sau khi thu hoạch được cho là một bước quan trọng trong chế biến, thường được tiến hành trước khi thanh trùng hoặc đông lạnh để tránh giảm chất lượng và thay đổi màu sắc củ. Cho đến nay, sử dụng hơi nước hoặc nước nóng để chần được sử dụng rộng rãi vì tính đơn giản và kinh tế. Chần cũng có thể được sử dụng để vô hiệu hóa các enzym gây ra quá trình

¹ Viện Công nghiệp thực phẩm, Bộ Công thương

² Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: huyendt@firi.vn

khử polyme của polysaccharides. Tuy nhiên, chần trong nước nóng kéo dài sẽ làm thất thoát đáng kể lượng đường hòa tan [6]. Bên cạnh đó, phương pháp sấy khô nguyên liệu cũng là một cách để tránh sự phân hủy FOS diễn ra trong quá trình bảo quản và vận chuyển củ hoàng sin cô sau thu hoạch [7].

Việc xử lý nguyên liệu sau thu hoạch là cần thiết nhằm giảm sự thất thoát đường FOS và giảm khả năng hình thành các đường tự do. Do đó, mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá ảnh hưởng của các điều kiện xử lý chần kết hợp với phụ gia và sấy nhằm lưu giữ đường FOS trong củ hoàng sin cô.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Củ hoàng sin cô thu tại huyện Bát Xát, tỉnh Lào Cai, loại củ 10 tháng tuổi. Củ được làm sạch bỏ các vết thối hỏng và làm khô bề mặt, sau đó bảo quản trong tủ lạnh ($8 \pm 2^\circ\text{C}$) cho đến khi sử dụng.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp xử lý nguyên liệu

Củ hoàng sin cô được rửa sạch, gọt vỏ và cắt thành lát dày khoảng 1,5 mm x 0,5 mm. Lát củ được chần trong nước sôi hoặc chần bằng hơi nước nóng có bổ sung phụ gia. Sau khi chần, mẫu được làm lạnh nhanh bằng nước lạnh đến nhiệt độ phòng và sấy khô bằng thiết bị sấy đối lưu trong phòng thí nghiệm [8]. Mẫu khô được nghiền nhỏ, trích ly và phân tích hàm lượng đường tổng, đường khử và đường FOS.

2.2.2. Khảo sát phương pháp chần củ hoàng sin cô

Chần bằng hơi nước nóng: Sử dụng nồi có nắp đáy và giỏ lưới cách đáy nồi ít nhất 7,5 cm, đổ nước cao 2,5 - 5 cm vào nồi. Đặt lát cắt củ vào giỏ, dàn đều thành một lớp để hơi nước tiếp xúc toàn bộ củ. Khảo sát nhiệt độ trong khoảng $80 - 100^\circ\text{C}$, thời gian 4 - 10 phút. Chỉ tiêu đánh giá là hàm lượng đường còn lại trong mẫu phân tích. Chần bằng nước nóng: Chần trong nước sôi 100°C với tỷ lệ mẫu : nước là 1 : 5 (w/v). Củ được đặt trong giỏ chần và nhúng vào nước đang sôi, thời gian chần 5

phút. Chỉ tiêu đánh giá là hàm lượng đường còn lại trong mẫu phân tích.

2.2.3. Xác định ảnh hưởng của tỷ lệ phụ gia có trong nước chần

Các chất phụ gia thực phẩm (axit ascorbic và axit citric) và tỷ lệ (0,1 - 0,2%) có trong dung dịch chần và kết hợp với muối CaCl_2 (0,05 - 0,2%), hoặc NaCl 3% được khảo sát trong nghiên cứu này. Mẫu đối chứng là nguyên liệu được chần với nước không có chất phụ gia. Sau khi chần, tiến hành rửa lát củ nhiều lần bằng nước máy, kiểm tra nhanh bằng giấy quỳ tím trên bề mặt lát củ cho đến khi không còn axit. Xác định hàm lượng đường có trong mẫu phân tích.

2.2.4. Xác định nhiệt độ chần và thời gian chần

Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ nước chần đến sự thay đổi hàm lượng đường trong củ hoàng sin cô, thí nghiệm được tiến hành ở các nhiệt độ khác nhau từ $85 - 100^\circ\text{C}$, thời gian 5 phút. Ảnh hưởng của thời gian xử lý đến sự thay đổi hàm lượng đường trong củ hoàng sin cô: Thí nghiệm được tiến hành ở các thời gian chần khác nhau từ 4 - 10 phút với nhiệt độ cố định là 95°C . Chỉ tiêu đánh giá là hàm lượng FOS còn lại trong mẫu phân tích.

2.2.5. Xác định nhiệt độ và thời gian sấy

Mẫu sau khi chần, tiến hành khảo sát nhiệt độ sấy khác nhau ở 50, 60, 65 và 70°C trong 5 giờ. Mẫu đối chứng là mẫu không chần được sấy khô ở 70°C . Chỉ tiêu đánh giá là hàm lượng đường khử, đường FOS và độ ẩm cuối cùng.

2.2.5. Phương pháp trích ly đường FOS và đường tổng, khử

Mẫu củ hoàng sin cô sau khi xử lý được xay nhỏ bằng máy xay trong 3 - 5 phút (kích thước hạt $\leq 300 \mu\text{m}$). Cân khoảng 10 g mẫu và thêm 400 ml nước nóng 80°C . Trích ly đường ở nhiệt độ 80°C trong 15 phút trên máy khuấy có ổn nhiệt. Sau đó, dịch trích được làm nguội bằng nước lạnh đến nhiệt độ phòng và lọc dung dịch qua giấy lọc, bỏ bã. Dịch lọc được bảo quản trong tủ đông (-20°C) cho đến khi phân tích đường tổng, đường khử và đường FOS [9].

2.3. Phương pháp phân tích

2.3.1. Phương pháp xác định hàm lượng fructooligosaccharide

Hàm lượng FOS được phân tích bằng phương pháp quang phổ sử dụng KIT fructan thương mại K-FRUC Kit, hãng Megazyme - Ireland [10]. Các quy trình phân tích do nhà sản xuất đề xuất được tuân thủ nghiêm ngặt và hàm lượng đường FOS được tính toán và biểu thị bằng phần trăm (%) khối lượng. Hàm lượng FOS được tính theo công thức sau:

$$\text{FOS (\%w/w)} = \Delta A \times F \times 5 \times 25 \times \frac{1.1}{0.2} \times \frac{100}{W} \times \frac{1}{1000} \times \frac{162}{180} \times D \quad (1)$$

Trong đó: ΔA là độ hấp thụ mẫu – độ hấp thụ mẫu trắng; F là hệ số chuyển đổi giá trị độ hấp thụ thành μg D-fructose ($=54,5 \text{ mg D-fructose} / (\text{độ hấp thụ của } 54,5 \text{ mg D-fructose})$); 5 là hệ số để chuyển đổi từ 0,2 ml trong phân tích thành 1,0 ml; 25 là thể tích chất chiết được sử dụng (ml); $\frac{1.1}{0.2}$ là 0,2 ml được lấy từ 1,1 ml dịch phân hủy enzyme để phân tích; W là khối lượng của mẫu chiết (mg); $\frac{100}{W}$ là hệ số để biểu thị fructan dưới dạng phần trăm khối lượng mẫu; $\frac{1}{1000}$ là hệ số để chuyển đổi từ g sang mg; $\frac{162}{180}$ là hệ số để chuyển đổi từ D-fructose tự do thành anhydrofructose và anhydroglucose; D là độ pha loãng thêm của dịch chiết mẫu.

2.3.2. Phương pháp xác định hàm lượng đường khử và đường tổng

Hàm lượng đường khử và đường tổng được xác định theo phương pháp Miller (1959) [11]. Lấy 5 ml dịch mẫu bổ sung 6,5% H_2SO_4 đậm đặc thủy phân 1 giờ ở 100°C . Mẫu thủy phân sau đó được trung hòa về pH 6,0 bằng Na_2CO_3 tinh thể. Tiếp theo, 0,5 ml dịch mẫu được thêm vào 0,5 ml dung dịch DNS (6,5 g 3,5 - dinitrosalicylic acid + 325 ml dung dịch 2M NaOH + 45 g glycerol hòa tan và định mức với nước cất thành 1.000 ml) rồi đem thủy phân ở 100°C thời gian 5 phút, kết thúc phản ứng làm nguội nhanh và đo độ hấp thụ quang ở bước sóng 575 nm. Lượng đường khử sau đó được xác định thông qua đường chuẩn glucose (g

glucose/100g khối lượng khô. Lượng đường tổng được tính theo công thức:

$$\text{TS (\%)} = \text{RS} \times 0,88 \quad (2)$$

Trong đó: TS là đường tổng; RS là lượng đường khử có trong dịch phân tích.

2.3.3. Xác định các chỉ tiêu hóa học khác

- Xác định hàm ẩm theo phương pháp sấy khô ở 105°C đến khối lượng không đổi [12].

- Phương pháp xác định hàm lượng protein theo phương pháp Bradford (1976) [13].

- Phương pháp xác định hàm lượng chất hòa tan, đo độ Brix bằng chiết quang kế (0 - 32°Brix), theo phương pháp số 932.12, AOAC (2000) [14].

- Phương pháp xác định hàm lượng chất béo tổng số trong sản phẩm tinh bột theo TCVN 9938: 2013 [15].

- Độ axit chuẩn độ bằng dung dịch natri hydroxit theo phương pháp số 942.15, AOAC (2000) [14].

- Độ pH được xác định bằng máy đo pH theo phương pháp số 981.12, AOAC (2000) [14]

2.3.4. Phương pháp xử lý số liệu

Các kết quả nghiên cứu là giá trị trung bình $\pm$ giá trị sai số (SE). Số liệu của tất cả các thí nghiệm được xử lý bằng phân tích phương sai một chiều One way ANOVA - phần mềm SPSS phiên bản 16, tại mức ý nghĩa $P < 0,05$. Sử dụng tương quan Tukey để so sánh kết quả giữa các thí nghiệm.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xác định thành phần hóa học củ hoàng sin cô

Xác định thành phần hóa học củ hoàng sin cô tươi sau thu khi thu hoạch trình bày ở bảng 1.

Số liệu ở bảng 1 cho thấy, hàm lượng nước là thành phần chủ yếu trong củ hoàng sin cô, độ ẩm ban đầu của nguyên liệu khoảng $81,7 \pm 0,64\%$. Đối với hàm lượng chất hòa tan, dịch chiết có giá trị $12,0 \pm 0,46^\circ\text{Brix}$, kết quả này phù hợp nghiên cứu của Manrique và cs (2005) [16], theo đó dịch chiết có giá trị từ 8 - 12°Brix . Đối với độ axit trong củ hoàng sin cô tươi đạt $1,57 \pm 0,56 \text{ ml/100 g}$, độ pH là $6,5 \pm 0,12$. Củ hoàng sin cô có hàm lượng

protein (1,09%) và chất béo (0,08%) thấp. Đây cũng là đặc điểm chung của tất cả các loại dịch chiết từ củ hoàng sin cô đã được báo cáo. Kết quả phân tích đường tổng đạt $77,84 \pm 0,25\%$, đường khử đạt $12,62 \pm 0,05\%$ và FOS đạt $64,8 \pm 0,26\%$. Theo

nghiên cứu của Campos (2016) và Maria (2018), hàm lượng FOS dao động từ 6,4 - 70% chất khô, sự thay đổi của FOS có thể do giống cây trồng, thời gian thu hoạch và điều kiện bảo quản sau thu hoạch [3, 17].

Bảng 1. Thành phần hóa học củ hoàng sin cô tươi

Thành phần	Hàm lượng	Thành phần	Hàm lượng
Độ ẩm (%)	$81,7 \pm 0,64$	Protein (%)	$1,09 \pm 0,03$
Độ axit (ml/100 g)	$1,57 \pm 0,56$	Đường tổng (% chất khô)	$77,84 \pm 0,25$
pH	$6,5 \pm 0,12$	Đường khử (% chất khô)	$12,62 \pm 0,05$
Hàm lượng chất hòa tan ($^{\circ}\text{Bx}$)	$12,0 \pm 0,46$	Đường FOS (% chất khô)	$64,8 \pm 0,26$
Hàm lượng chất béo (%)	$0,08 \pm 0,02$		

3.2. Ảnh hưởng của phương pháp chần đến hàm lượng đường có trong củ hoàng sin cô

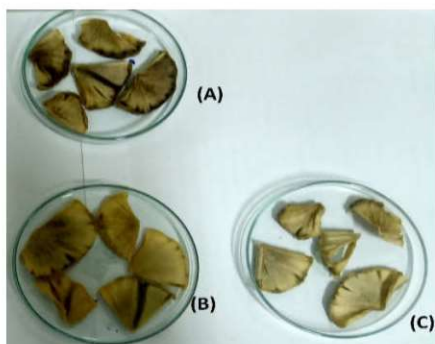
Để lựa chọn phương pháp chần, nguyên liệu được tiến hành chần bằng hơi nước nóng và chần bằng nước sôi với nhiệt độ là 100°C trong 10 phút.

Mẫu đối chứng là nguyên liệu không chần được để ở 30°C trong 60 phút. Mẫu sau quá trình chần được sấy khô ở 65°C trong 5 giờ. Kết quả phân tích hàm lượng đường được thể hiện ở bảng 2 và hình 1.

Bảng 2. Ảnh hưởng của phương pháp chần tới hàm lượng đường trong củ hoàng sin cô

Phương pháp chần	Hàm lượng đường tổng (% chất khô - ck)	Hàm lượng đường khử (% ck)	Hàm lượng đường FOS (% ck)
Chần bằng hơi nước nóng	$65,66 \pm 0,07^a$	$13,27 \pm 0,08^b$	$52,01 \pm 0,05^b$
Chần bằng nước sôi	$64,47 \pm 0,64^a$	$15,4 \pm 0,29^c$	$48,5 \pm 0,16^a$
Đối chứng	$66,04 \pm 0,35^a$	$12,374 \pm 0,03^a$	$52,99 \pm 0,11^b$

Ghi chú: Hàm lượng đường được biểu thị bằng giá trị trung bình $\pm$ SE (Standard Error) trên cơ sở khối lượng khô; các chữ cái viết nhỏ khác nhau trong cùng một cột biểu thị khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$).



Hình 1. Lát cắt củ hoàng sin cô sau khi sấy khô

(A) Đối chứng; (B) Chần bằng nước sôi; (C): Chần bằng hơi nước nóng

Nghiên cứu cho thấy các giá trị thu được đối với đường tổng, đường FOS và đường khử của mẫu chần và không chần còn lại trong củ sau xử lý (Bảng 2). Hàm lượng đường tổng giữa hai phương pháp chần và mẫu đối chứng không có sự khác biệt ($P = 0,092$). Đối với hàm lượng đường khử có sự khác biệt ($P < 0,01$), đặc biệt ở phương pháp chần bằng nước sôi có giá trị đường khử cao hơn so với mẫu chần bằng hơi nóng và mẫu đối chứng. Hàm lượng đường FOS còn lại khi chần bằng hơi nước nóng có giá trị cao tương đương với mẫu đối chứng không chần $52,01 \pm 0,05\%$ và $52,99 \pm 0,1\%$, trong khi đó, mẫu chần bằng nước sôi có hàm

lượng FOS thấp là $48,5 \pm 0,16\%$ và khác biệt so với mẫu chuẩn bằng hơi nước và mẫu đối chứng ($P < 0,01$). Theo kết quả này thì có thể các lát củ đã tiếp xúc trực tiếp với nước nóng gây hòa tan thành phần đường có trong lát củ dẫn đến hiện tượng giảm nồng độ đường FOS trong mẫu chuẩn bằng nước nóng.

Mặt khác, khi quan sát màu sắc các lát cắt của mẫu đối chứng, màu sắc thay đổi nhanh thành màu nâu sẫm (Hình 1), đây là do phản ứng enzyme có trong củ gây phản ứng nâu hóa. Theo phân tích của Heiler và cs (2013), sử dụng chân nước nóng/hơi nước sôi để xử lý lát táo nhằm ngăn chặn quá trình nâu hóa và ổn định màu sắc [18]. Như vậy, dựa trên kết quả phân tích hàm lượng đường và quan sát màu sắc lát cắt củ hoàng sin cô, lựa chọn phương pháp chân bằng hơi nước nóng để tiến hành xử lý nguyên liệu cho các thí nghiệm tiếp theo.

3.3. Ảnh hưởng của phụ gia bổ sung trong dung dịch chân đến hàm lượng đường có trong củ

3.3.1. Ảnh hưởng của thành phần phụ gia

Hàm lượng đường trong các mẫu chân kết hợp phụ gia và sấy khô ở 65°C được thể hiện tại bảng 3 cho thấy, giá trị đường tổng dao động khác nhau

giữa các mẫu thí nghiệm ($P=0,019$), đường tổng đạt cao nhất ở mẫu đối chứng, thí nghiệm chỉ bổ sung axit ascorbic hoặc axit citric có giá trị đường tổng đạt thấp; hàm lượng đường khử trong mẫu sau xử lý dao động trong khoảng 13,89 - 16,56%, đặc biệt mẫu xử lý axit ascorbic 0,1 và CaCl_2 0,5% có giá trị đường khử thấp và tại mẫu đối chứng có giá trị cao nhất ($P=0,001$). Như vậy, mẫu xử lý bằng axit ascorbic 0,1% và CaCl_2 0,5% đã ngăn chặn được sự hình thành đường khử; đối với giá trị đường FOS, dung dịch chân chỉ có axit ascorbic hoặc axit citric sẽ làm thất thoát đáng kể lượng đường FOS, có thể khi chân ở nhiệt độ cao kết hợp với axit đã xảy ra quá trình thủy phân FOS. Đáng chú ý, mẫu chân hơi nước nóng có axit ascorbic kết hợp CaCl_2 hoặc NaCl cho kết quả lưu giữ đường FOS đạt cao nhất, lần lượt là $49,94 \pm 0,16\%$ và $49,1 \pm 0,2\%$, có ý nghĩa khác biệt so với các mẫu thí nghiệm ($P=0,001$). Ramesh (2007) giải thích rằng, khi xử lý mô thực vật trong dung dịch chân có sử dụng muối canxi kết hợp với nhiệt độ cao sẽ tạo thành canxi pectate không hòa tan, giúp tăng độ cứng của sản phẩm và chống lại sự thủy phân của đường FOS [19]. Với kết quả trên, axit ascorbic và CaCl_2 được lựa chọn để bổ sung vào nước chân.

Bảng 3. Ảnh hưởng của phụ gia dung dịch chân đến hàm lượng đường có trong củ

Phụ gia bổ sung		Hàm lượng đường tổng (% ck)	Hàm lượng đường khử (% ck)	Hàm lượng đường FOS (% ck)
Axit ascorbic 0,1%	Không sử dụng muối	$63,3 \pm 0,24^a$	$14,81 \pm 0,47^{ab}$	$46,88 \pm 0,34^{ab}$
	0,5% CaCl_2	$64,25 \pm 0,64^{ab}$	$13,89 \pm 0,29^a$	$49,94 \pm 0,16^c$
	3% NaCl	$64,26 \pm 0,79^{ab}$	$14,73 \pm 1,06^{ab}$	$49,1 \pm 0,2^b$
Axit citric 0,1%	Không sử dụng muối	$63,49 \pm 0,54^a$	$14,92 \pm 0,21^{ab}$	$47,17 \pm 0,58^{ab}$
	0,5% CaCl_2	$65,63 \pm 0,11^b$	$15,86 \pm 0,12^{bc}$	$48,86 \pm 0,41^{bc}$
	3% NaCl	$64,89 \pm 0,28^{ab}$	$16,56 \pm 0,17^{bc}$	$48,01 \pm 0,13^{bc}$
Đối chứng (nước)		$65,18 \pm 0,45^{ab}$	$17,8 \pm 0,38^c$	$47,21 \pm 0,07^{ab}$

Ghi chú: Hàm lượng đường được biểu thị bằng giá trị trung bình $\pm$ SE (Standard Error) trên cơ sở khối lượng khô; các chữ cái viết nhỏ khác nhau trong cùng một cột biểu thị khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$).

3.3.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ phụ gia bổ sung trong dung dịch chần

Kết quả bảng 4 phân tích hàm lượng đường còn lại trong mẫu sau chần bằng hơi nước nóng có phụ gia cho thấy, đường tổng trong các thí nghiệm chần có phụ gia có khác biệt so với mẫu đối chứng ($P < 0,01$). Hàm lượng đường khử trong mẫu chần có CaCl_2 0,5% đạt giá trị thấp ($13,52 \pm 0,12\%$ - $14,6 \pm 0,43\%$) và có khác biệt so với các mẫu còn lại ($P < 0,01$). Khả năng lưu giữ đường FOS thay đổi

trong khoảng $48,2 \pm 0,4\%$ - $49,93 \pm 0,26\%$ đối với nồng độ CaCl_2 0,2% và CaCl_2 0,7%, trong khi tỷ lệ lưu giữ đường FOS thay đổi trong khoảng $49,06 \pm 0,73\%$ - $51,27 \pm 0,48\%$ đối với nồng độ CaCl_2 0,5%. Hàm lượng FOS ở mẫu chần bằng ascorbic 0,1% + CaCl_2 0,5% và ascorbic 0,05% + CaCl_2 0,7% có khác biệt so với các thí nghiệm khác ($P < 0,01$). Kết hợp các kết quả, đã sử dụng kết hợp axit ascorbic 0,1% với CaCl_2 0,5% trong quá trình chần bằng hơi nước nóng cho các thí nghiệm tiếp theo.

Bảng 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ axit ascorbic và CaCl_2 trong dung dịch chần đến hàm lượng đường

Phụ gia bổ sung		Hàm lượng đường tổng (% ck)	Hàm lượng đường khử (% ck)	Hàm lượng đường FOS (% ck)
CaCl_2 0,2%	Axit ascorbic 0,2%	$63,2 \pm 0,3^{ab}$	$14,2 \pm 0,5^{ab}$	$48,9 \pm 0,3^{bc}$
	Axit ascorbic 0,15%	$63,3 \pm 0,3^{ab}$	$14,76 \pm 0,51^{ab}$	$48,46 \pm 0,52^b$
	Axit ascorbic 0,1%	$64,73 \pm 0,66^b$	$15,23 \pm 0,34^b$	$48,86 \pm 0,31^{bc}$
	Axit ascorbic 0,05%	$65,26 \pm 0,33^b$	$15,13 \pm 0,23^{ab}$	$49,93 \pm 0,26^{bc}$
CaCl_2 0,5%	Axit ascorbic 0,2%	$64,86 \pm 0,35^b$	$14,11 \pm 0,19^a$	$49,06 \pm 0,73^{bc}$
	Axit ascorbic 0,15%	$65,16 \pm 0,26^b$	$14,03 \pm 0,14^a$	$49,9 \pm 0,47^{bc}$
	Axit ascorbic 0,1%	$64,25 \pm 0,24^b$	$13,52 \pm 0,12^a$	$51,27 \pm 0,48^c$
	Axit ascorbic 0,05%	$65,28 \pm 0,24^b$	$14,6 \pm 0,43^a$	$49,16 \pm 0,84^{bc}$
CaCl_2 0,7%	Axit ascorbic 0,2%	$64,5 \pm 0,58^b$	$15,1 \pm 0,36^{ab}$	$48,96 \pm 0,32^{bc}$
	Axit ascorbic 0,15%	$64,5 \pm 0,66^b$	$15,4 \pm 0,32^b$	$48,83 \pm 0,56^{bc}$
	Axit ascorbic 0,1%	$64,73 \pm 0,66^b$	$15,2 \pm 0,23^{ab}$	$49,2 \pm 0,55^{bc}$
	Axit ascorbic 0,05%	$63,56 \pm 0,14^{ab}$	$14,96 \pm 0,38^{ab}$	$48,2 \pm 0,4^b$
Đối chứng (chần hơi nước)		$61,66 \pm 0,5^a$	$17,33 \pm 0,26^c$	$43,66 \pm 0,03^a$

Ghi chú: Hàm lượng đường được biểu thị bằng giá trị trung bình $\pm$ SE (Standard Error) trên cơ sở khối lượng khô; các chữ cái viết nhỏ khác nhau trong cùng một cột biểu thị khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$).

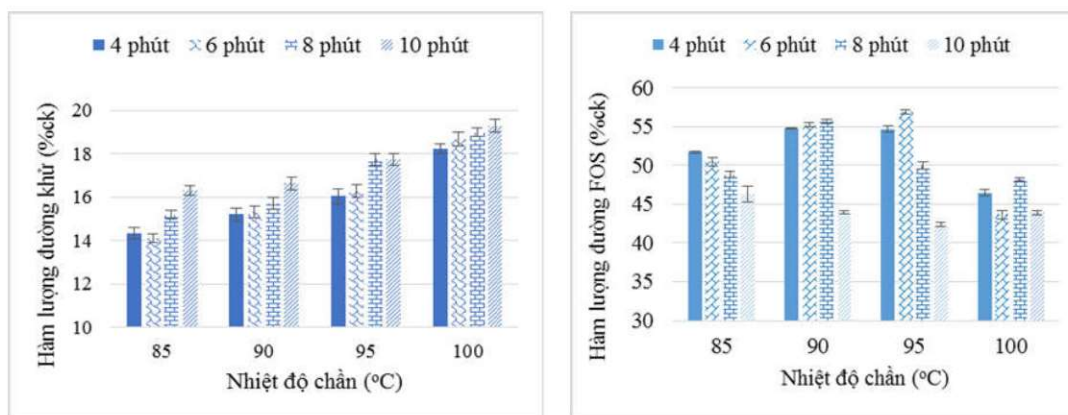
3.4. Xác định thời gian và nhiệt độ chần đến hàm lượng đường trong củ hoàng sin cô

Đánh giá ảnh hưởng nhiệt độ chần và thời gian đến hàm lượng đường, các mẫu được chần trong khoảng 4 -10 phút ở nhiệt độ 85 - 100°C. Lát cắt củ hoàng sin cô sau khi chần được sấy khô và phân tích chất lượng, kết quả được thể hiện ở hình 2.

Kết quả ở hình 2 cho thấy, nhiệt độ và thời gian chần có ảnh hưởng khá lớn đến hàm lượng đường FOS và đường khử. Hàm lượng đường khử tăng dần khác biệt khi sấy ở thời gian dài ($P < 0,01$) và sấy nhiệt độ cao ($P < 0,01$). Đối với đường FOS giảm mạnh rõ rệt khi chần ở nhiệt độ 100°C ($P < 0,01$) và thời gian chần 10 phút ($P < 0,01$), có thể

thời gian chần dài kết hợp với nhiệt độ cao gây thiệt củ bị mềm, xảy ra phản ứng thủy phân làm giảm hàm lượng đường FOS.

Bên cạnh đó, khi chần ở nhiệt độ 85°C có hàm lượng FOS đạt thấp, có thể nhiệt độ của nước nóng chưa đủ cao, tăng hoạt động của enzyme có trong củ và thúc đẩy quá trình thủy phân đường FOS và đường khử. Xét thấy với mẫu chần ở nhiệt độ 90°C trong thời gian 8 phút hoặc nhiệt độ 95°C trong 6 phút cho hàm lượng đường FOS đạt giá trị cao nhất, lần lượt là $55,7 \pm 0,28\%$ và $56,93 \pm 0,29\%$. Do đó ở thí nghiệm này, để duy trì đường FOS và giảm khả năng hình thành đường khử, thời gian chần 6 phút ở nhiệt độ 95°C được chọn để tiến hành thí nghiệm tiếp theo.



Hình 2. Ảnh hưởng nhiệt độ chần và thời gian tới hàm lượng đường khử và đường FOS

3.5. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hàm lượng đường trong củ hoàng sin cô

Lát củ hoàng sin cô sau khi chần bằng hơi nước nóng có chứa axit ascorbic 0,1% và CaCl_2 0,5% được sấy khô ở nhiệt độ tương ứng là 50, 60, 65 và

70°C trong 5 giờ, so sánh với mẫu không chần sấy ở nhiệt độ 70°C. Kết quả phân tích của ảnh hưởng nhiệt độ sấy tới hàm lượng đường FOS và đường khử được thể hiện ở bảng 5.

Bảng 5. Ảnh hưởng của tỷ lệ axit ascorbic và CaCl_2 trong dung dịch chần đến hàm lượng đường

Xử lý	Nhiệt độ sấy (°C)	Độ ẩm (%)	Hàm lượng đường khử (% ck)	Hàm lượng đường FOS (% ck)
Chần	50	$6,65 \pm 0,07^c$	$16,63 \pm 0,12^a$	$54,23 \pm 0,4^b$
	60	$4,63 \pm 0,14^b$	$17,85 \pm 0,59^a$	$54,8 \pm 1,2^b$
	65	$3,57 \pm 0,06^a$	$17,16 \pm 0,49^a$	$55,23 \pm 0,47^b$
	70	$3,24 \pm 0,14^a$	$17,35 \pm 0,51^a$	$53,6 \pm 0,63^b$
Không chần	70	$4,63 \pm 0,26^b$	$28,23 \pm 0,74^b$	$42,5 \pm 0,55^a$

Ghi chú: Hàm lượng đường được biểu thị bằng giá trị trung bình $\pm$ SE (Standard Error) trên cơ sở khối lượng khô; các chữ cái viết nhỏ khác nhau trong cùng một cột biểu thị khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$).

Độ ẩm không có sự khác nhau rõ ở điều kiện sấy 65 và 70°C, độ ẩm cao khi sấy ở 50 và 60°C, cùng nhiệt độ sấy 70°C có sự khác biệt đối với mẫu chần và không chần ($P < 0,001$). Đối với mẫu chần, nhiệt độ sấy từ 50 - 70°C không có ảnh hưởng đáng kể ($P < 0,001$) tới sự hình thành đường khử ($16,63 \pm 0,12\%$ - $17,85 \pm 0,59\%$) và lưu giữ đường FOS ($53,2 \pm 1,2\%$ - $55,23 \pm 0,47\%$) ($P < 0,001$), so sánh với mẫu không chần có giá trị đường khử tăng ($28,23 \pm 0,74\%$) và đường FOS giảm thấp ($42,5 \pm 0,55\%$). Đặc biệt, nhiệt độ sấy ở 65°C đối với mẫu chần có hàm lượng FOS đạt cao nhất và sự hình thành đường khử thấp đạt nhất. Trong một nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình sấy khô đến hàm lượng đường, Caroline và cs (2009) cho biết hàm lượng đường khử tăng lên do quá trình thủy phân FOS

xảy ra trong quá trình gia nhiệt từ 70°C [7]. Bên cạnh đó, theo Campos (2016), khi pH lát củ trong khoảng 5,8 - 6,0 có thể sấy củ hoàng sin cô ở nhiệt độ lên tới 80°C mà không xảy ra quá trình thủy phân FOS [20]. Trong nghiên cứu hiện tại, hàm lượng đường khử không tăng và đường FOS không giảm khi sấy ở nhiệt độ từ 50 - 70°C và khác biệt có ý nghĩa với mẫu đối chứng. Như vậy, lựa chọn nhiệt độ sấy ở 65°C đã giảm sự thất thoát đường FOS và ngăn chặn hình thành đường khử.

Sau khi xử lý nguyên liệu bằng phương pháp chần hơi nước nóng có chứa axit ascorbic 0,2% và CaCl_2 0,5%, sấy khô ở 65°C, hàm lượng đường FOS đạt $55,23 \pm 0,47\%$, lưu giữ hàm lượng FOS đạt 85,23% khi so sánh với đường FOS có trong nguyên liệu ban đầu ($64,8 \pm 0,26\%$). Hàm lượng

đường khử đạt $17,16 \pm 0,49\%$ tăng so với đường khử nguyên liệu ban đầu ($12,62 \pm 0,05\%$) là $35,9\%$.

4. KẾT LUẬN

Điều kiện chần và sấy có ảnh hưởng đến hàm lượng đường FOS có trong củ hoàng sin củ sau khi thu hoạch. Nguyên liệu rửa sạch, gọt vỏ và cắt thành các lát có đường kính 5,0 mm và dày 1,5 mm. Chần các lát củ bằng hơi nước nóng trong dung dịch chứa 0,2% axit citric và 0,5% CaCl_2 ở 95°C trong 6 phút có tác dụng bảo vệ chống lại sự thủy phân của FOS. Nhiệt độ sấy 65°C trong 5 giờ cho kết quả lưu giữ đường FOS đạt cao nhất là $55,23 \pm 0,47\%$ và đường khử thấp là $17,16 \pm 0,49\%$. So với đường FOS và đường khử có trong củ tươi, hàm lượng FOS còn lại sau xử lý là $85,23\%$, trong khi đường khử tăng $35,9\%$. Do đó, xử lý nguyên liệu bằng chần hơi nước nóng kết hợp phụ gia và sấy khô là khả thi để tránh sự phân hủy FOS diễn ra trong quá trình bảo quản củ sau thu hoạch.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này là một phần công việc của Dự án Hợp tác nghiên cứu mã số 2023-1 (Reference number: 5F75Ra1212) giữa Công ty Amano Enzyme Inc., Nhật Bản và Viện Công nghiệp thực phẩm, Bộ Công thương, kinh phí tài trợ nghiên cứu bởi Amano Enzyme Inc., Nhật Bản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Dương Ngọc Đức, Sâm Khoai (2022). Cây trồng mới tại cao nguyên đá Đồng Văn giúp bà con nông dân giảm nghèo bền vững. Đài Phát thanh và Truyền hình Hà Giang. <http://hagiangtv.vn/kinh-te/202212/sam-khoai-cay-trong-moi-tai-cao-nguyen-da-dong-van-giup-ba-con-nong-dan-giam-ngheo-ben-vung-ee81cc7/>.
2. Hải Đăng (2021). 2.300 tấn Hoàng Sin Củ của nông dân Y Tý chưa có đầu ra. Báo Nông nghiệp Việt Nam. <https://nongnghiep.vn/2300-tan-hoang-sin-co-cua-nong-dan-y-ty-chua-co-dau-ra-d306679.html>.
3. Caetano, B. F. R., et al. (2026). Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) as a food supplement: health-promoting benefits of fructooligosaccharides. *Nutrients*. 8(7): p. 436-442.

4. Lachman, J., E.C. Fernandez and M. Orsak (2003). Yacon (*Smallanthus sonchifolia* (Poepp. et Endl.) H. Robinson) chemical composition and use a review. *Plant, Soil and Environment*. 49(6): p. 283-290.
5. Graefe, S., et al. (2004). Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. *Field Crops Research*. 86: p. 157-165.
6. Hwang, I. G., et al. (2010). Changes in ginsenosides and antioxidant activity of Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) with heating temperature and pressure. *Food Sci Biotechnol*. 19: p. 941-949.
7. Caroline, F. S., d. O. R. Alessandro and P. Z. N. Caciono (2009). Hot air drying of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and its effect on sugar concentrations. *International Journal of Food Science and Technology*, 44: p. 2169-2175.
8. Valeria, D. C., C. G. María and A. Margarita (2016). Evaluation of Texture Profile, Color and Determination of FOS in Yacon Products (*Smallanthus sonchifolius*). *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 4(7): p. 540-544.
9. Muir, J. G., et al. (2007). Fructan and free fructose content of common Australian vegetable and fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55(16): p. 6619-6627.
10. Megazyme (2020). Fructan Assay procedure for the measurement of fructooligosaccharit (FOS) and Inulin, Levan and Branches fructan polysaccharides in food, feeds and ingredients. K-FRUC 01/20.
11. Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem*. 31: p. 426-428.
12. Tiêu chuẩn Quốc gia (2001). TCVN 4326: 2001: Xác định độ ẩm và hàm lượng chất bay hơi khác.
13. Bradford, M. M (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Anal Biochem*. 72: p. 248-254.

14. AOAC (2000). Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC: AOAC.
15. Tiêu chuẩn Quốc gia (2013). TCVN 9938: 2013: Tinh bột tự nhiên hoặc tinh bột biến tính - xác định hàm lượng chất béo tổng.
16. Manrique, I., A. Parraga and M. Hermann (2005). Yacon syrup: Principles and processing. Lima, Peru: Centro Internacional de la Papa (CIP). www.cipotato.org.
17. Maria, d. F. G. d. S., *et al.* (2018). Evaluation of nutritional and chemical composition of yacon syrup using ¹H NMR and UPLC-ESI-Q-TOF-MS. Food Chemistry. 245: p. 1239-1247.
18. Heiler, A., *et al.* (2013). Optimization of humidity and texture in apple snacks evaluating thickness and drying temperature. Agroind Sci 2: p. 91-100.
19. Ramesh, M. N (2007). Canning and Sterilization of Foods. In: Handbook of Food Preservation edited by M. Shafiur Rahman. Second Edition. CRC Press is an imprint of the Taylor & Francis Group. Boca Raton London New York.
20. Campos, D (2016). A. Aguilar-Galvez and R. Pedreschi, Stability of fructooligosaccharides, sugars and colour of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) roots during blanching and drying. *International Journal of Food Science and Technology*, 51: p. 1177 - 1185.

EFFECTS OF TREATMENT METHODS ON STORAGE OF FRUCTOOLIGOSACARIDE FROM YACON ROOTS AFTER HARVEST

Do Thi Thanh Huyen, Nguyen Manh Dat, Chu Thang,
Nguyen Thi Hong Linh, Nguyen Thi Thu, Nguyen Van Son

Summary

Yacon root is an important source of high fructooligosaccharides (FOS). However, FOS in yacon roots is usually hydrolyzed to reducing sugars due to the degradation of products during postharvest and storage. Therefore, yacon roots should be treated as soon as possible after harvesting to prevent the loss of FOS. The objective of this study was to evaluate the influence of the combination of blanching methods and additives, and drying temperature on the FOS content and reducing sugar content. First, the yacon tubers were washed and cut into slices with an average diameter of 0.5 x 1.0 mm thickness. Next, these slices were blanched in hot water (95°C) added 0.2% citric acid and 0.5% CaCl₂ for 6 min. The samples were immediately cooled in cold water and dried with heated air at 65°C in an oven with forced convection air dryer. The results showed that FOS content of dried samples were 85.23% and the reducing sugar increased by 35.9%, compared to the FOS and the reducing sugar in fresh ones. The preservation of high FOS content in yacon tubes after harvesting can supply good materials for the extraction and purification of FOS or proceeding of prebiotic - containing functional foods.

Keywords: *Blanching, fructooligosaccharides, drying, reducing sugars, yacon, Smallanthus sonchifolius.*

Người phản biện: TS. Lê Hồng Phương

Ngày nhận bài: 01/3/2023

Ngày thông qua phản biện: 28/3/2023

Ngày duyệt đăng: 4/4/2023