ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN BẢO QUẢN ĐẾN SỰ BIẾN ĐỔI CỦA CHLOROPHYLL TRONG BỘT LÁ ĐINH LĂNG (*Polyscias fruticosa* L.)

Trần Thị Tuyết Ngân[1], Nguyễn Phước Bảo Duy[2], Nguyễn Thị Vân Linh[1*]

TÓM TẮT

Đinh lăng *(Polyscias fruticosa* (L.) Harms) là một loại lá được biết đến chứa nhiều thành phần có hoạt tính sinh học ứng dụng phổ biến trong y học. Với điều kiện bảo quản phù hợp, bột lá đinh lăng có thể giữ được chất lượng sản phẩm, mang đến thuận tiện trong phân phối và thương mại. Mục tiêu đề tài đánh giá ảnh hưởng của các điều kiện bảo quản như nhiệt độ, ánh sáng, oxy lên động học phân hủy chlorophyll trong suốt quá trình bảo quản bột lá đinh lăng. Kết quả đã xác định động học phân hủy chlorophyll tuân theo mô hình Weibull. Các ảnh hưởng của yếu tố nhiệt độ, ánh sáng và sự tương tác của chúng càng cao thì quá trình phân hủy chlorophyll diễn ra với tốc độ càng nhanh. Bảo quản bột lá đinh lăng ở nhiệt độ 4°C, bao bì cản ánh sáng và hút chân không sẽ giữ lại hàm lượng chlorophyll a và b cao nhất. Đồng thời ở điều kiện bảo quản này thời gian bán hủy đối với sự phân hủy chlorophyll a và b lần lượt được xác định là 178 ngày và 305 ngày.

Từ khóa: *Bảo quản, bột lá, chlorophyll, động học phân hủy, Polyscias fruticosa, Weibull.*

1. GIỚI THIỆU

Đinh lăng có tên khoa học là *Polyscias fruticosa* (L.) Harms, được trồng phổ biến ở khu vực Đông Á Thái Bình Dương, châu Phi (như Ghana) [1, 2]. Ở Việt Nam, đinh lăng được trồng chủ yếu ở các tỉnh miền Bắc, miền Nam và Tây Nguyên [1]. Rễ và lá của đinh lăng đều có chứa các nhóm chất như saponin, alkaloid, một số vitamin, 20 loại acid amin và đường. Lá có chứa 7 saponin triterpen (chiếm khoảng 1,65%), hàm lượng dinh dưỡng trong lá ít hơn trong rễ cây [1, 2]. Saito et al. (1990) [3] đã phát hiện 2 hợp chất flavonoid có trong lá đinh lăng là Kaempferol 3-O-α-L-rhamnopyranoside và Quercitrin 3-O-α-L-rhamnopyranoside. Chất lượng dinh dưỡng của lá đinh lăng không thể duy trì được trong thời gian dài bởi độ ẩm cao trong nguyên liệu. Do đó, cần thiết bảo quản bằng phương pháp phù hợp. Để thương mại hóa sản phẩm, điều kiện bảo quản sản phẩm cần được nghiên cứu. Sản phẩm sấy khô có tính ổn định cao hơn so với sản phẩm tươi, tuy nhiên, thành phần và hàm lượng các hợp chất hóa học, đặc biệt là các hợp chất chlorophyll giàu hoạt tính chống oxy hóa vẫn bị biến đổi theo thời gian bảo quản bởi những yếu tố bên ngoài và bên trong. Các yếu tố bên trong dẫn đến sự biến đổi chất lượng sản phẩm bao gồm ảnh hưởng bởi thành phần hóa học, hoạt tính nước, hệ enzyme có trong sản phẩm… Các yếu tố bên ngoài bao gồm điều kiện chế biến, bảo quản, đóng gói và vận chuyển. Việc nắm rõ quy luật và mức độ ảnh hưởng bởi những nhân tố chính sẽ là thông tin quan trọng để đảm bảo và duy trì chất lượng sản phẩm từ đó kéo dài hạn sử dụng sản phẩm, làm tăng hiệu quả kinh tế. Cho tới nay, việc đánh giá và nghiên cứu biến đổi chlorophyll của các sản phẩm sấy khô trong suốt thời gian bảo quản có rất ít các công trình nghiên cứu được công bố.

Trong nghiên cứu này, sự biến đổi của các hợp chất chlorophyll trong bột lá đinh lăng dưới những điều kiện bảo quản khác nhau sẽ được đánh giá. Dữ liệu thực nghiệm được thu thập trong suốt quá trình bảo quản để đưa ra mô hình dự báo sự biến đổi chlorophyll trong suốt quá trình bảo quản, đề xuất phương pháp bảo quản sản phẩm bột lá đinh lăng sấy khô, làm tăng khả năng thương mại sản phẩm và mang đến lợi ích kinh tế.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu

Nguyên liệu lá đinh lăng được thu mua tại Công ty TNHH Cây giống Dược liệu quý tại Tây Ninh. Lá đinh lăng dùng trong nghiên cứu thu hoạch từ tháng 9 đến tháng 11 từ cây 2 năm tuổi. Tiêu chuẩn chọn lá

[1] Khoa Kỹ thuật Thực phẩm và Môi trường, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành
[2] Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh
*Email: ntvlinh@ntt.edu.vn

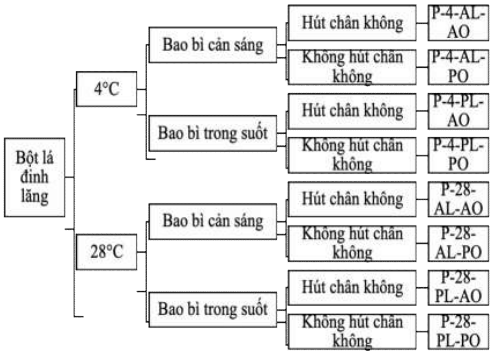
không được quá non, lá có màu xanh sáng, không bị héo, úa vàng, sâu bệnh. Lá tươi sau khi tiếp nhận được làm sạch, sơ chế, rửa, làm ráo và tiến hành sấy để thu sản phẩm sấy khô. Lá đinh lăng được sấy khô bằng phương pháp sấy vi sóng ở mức công suất 300 W, xử lý sung bức xạ vi sóng với chu kỳ 1 phút xử lý và 1 phút nghỉ. Quá trình sấy dừng lại khi lá đinh lăng đạt độ ẩm khoảng 7%, thu sản phẩm lá đinh lăng sấy khô. Bột lá đinh lăng được thu nhận bằng cách nghiền lá đinh lăng sấy khô và rây qua kích thước lỗ rây 0,15 mm (150 µm).

2.2. Hóa chất

Hóa chất chính dùng trong nghiên cứu là aceton độ tinh khiết 99,8% (Đức) và nước cất sử dụng trong nghiên cứu là nước cất một lần đạt chuẩn phân tích.

2.3. Quy hoạch thực nghiệm

Thí nghiệm được quy hoạch toàn phần 2 mức khảo sát. Trong đó các nhân tố khảo sát gồm nhiệt độ bảo quản (4 và 28°C), điều kiện ánh sáng (bao bì trong suốt và bao bì cản sáng), điều kiện oxy trong bao bì (bao bì hút chân không và bao bì không hút chân không). Chi tiết thiết kế thí nghiệm được thể hiện qua ở hình 1. Trong suốt quá trình bảo quản hàm lượng chlorophyll được xác định tại những thời điểm cách nhau 3 ngày.



Hình 1. Quy hoạch thực nghiệm nghiên cứu động học biến đổi chlorophyll trong suốt quá trình bảo quản bột lá đinh lăng

2.4. Xác định hàm lượng chlorophyll

Hàm lượng chlorophyll được xác định theo phương pháp của Kumar et al. (2015) [4] với một số thay đổi. Mẫu phân tích (0,1 g bột nghiền) được chiết với dung môi acetone (80%) và tiến hành vortex 5 phút. Sau đó, mẫu được lọc qua giấy lọc Whatman No.1 bằng cách lọc chân không và dịch lọc thu được sẽ được định mức lên 25 ml bằng acetone (80%) và đo độ hấp thu ở bước sóng 663 nm, 645 nm bằng máy đo UV – Vis (UV 1800). Hàm lượng Chlorophyll a, b được tính theo các công thức sau:

Chlorophyll a (mg/gck)

$$\frac{\left(-2,59\times OD_{645}+12,72\times OD_{663}\right)\times V_{dm}}{1000\times m_{ck}} \quad (1)$$

Chlorophyll b (mg/gck)

$$\frac{\left(22,9\times OD_{645}-4,67\times OD_{663}\right)\times V_{dm}}{1000\times m_{ck}} \quad (2)$$

Trong đó, OD645 và OD663 là độ hấp thu đo ở bước sóng 645 nm và 663 nm; V_{dm} là thể tích bình định mức; m_{ck} là khối lượng chất khô của mẫu phân tích.

2.5. Mô hình động học biến đổi thành phần chlorophyll trong suốt quá trình bảo quản

Động học biến đổi của các thành phần hóa học trong các sản phẩm thực phẩm thường tuân theo mô hình động học bậc 0, 1 hoặc bậc 1 biến đổi. Tuy nhiên, gần đây mô hình Weibull được quan tâm khá nhiều trong nghiên cứu về động học phân hủy. Mô hình Weibull đã được chứng minh phù hợp để dự đoán sự phân hủy của các thành phần hóa học như vitamin C, các hợp chất polyphenol tổng số trong suốt quá trình sấy [5]. Mô hình Weibull cũng đã thành công trong việc mô tả sự suy giảm mật độ vi sinh vật, hiện tượng thay đổi cấu trúc của vật liệu [6] và động học sấy các sản phẩm thực phẩm [7, 8]. Vì vậy, trong nghiên cứu này, mô hình Weibull [5] được dùng để mô tả động học phân hủy của các thành phần chlorophyll trong suốt quá trình bảo quản bột lá đinh lăng ở những điều kiện khác nhau dựa trên các dữ liệu thực nghiệm thu thập được. Mô hình Weibull được trình bày như sau:

$$\frac{C_t}{C_0}=\exp\left[-\left(\frac{t}{\tau}\right)^{\alpha}\right] \quad (3)$$

Trong đó, C_o là hàm lượng chlorophyll (a, hoặc b) ban đầu (mg/gck); C_t là hàm lượng chlorophyll (a, hoặc b) tại thời điểm t (mg/gck); và t là thời gian (ngày); τ là hằng số thời gian phản ứng (ngày); α (không thứ nguyên) là hệ số của mô hình Weibull.

Từ các hệ số ước lượng trong mô hình Weibull, thời gian bán hủy của chlorophyll được xác định như sau:

$$t_{1/2}=\left(\ln 2\right)^{1/\alpha}\tau \quad (4)$$

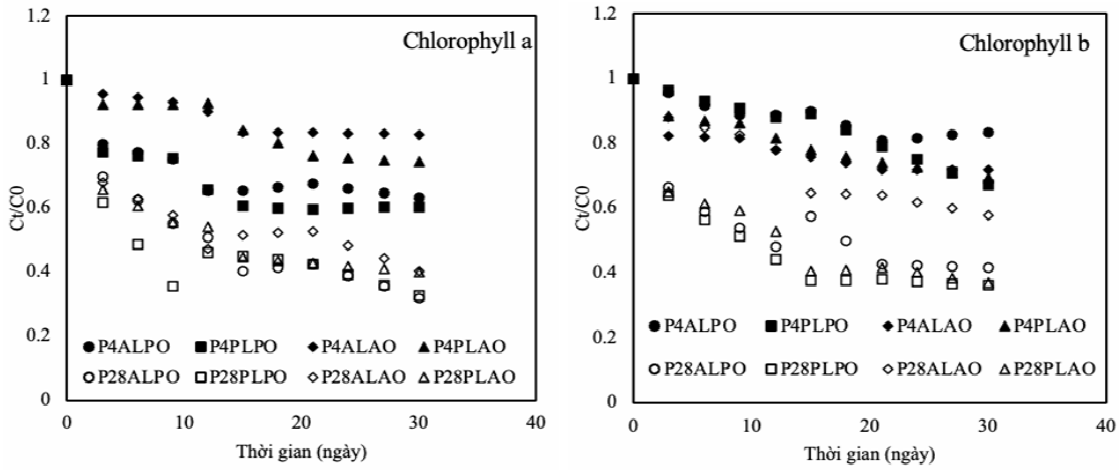
2.6. Xử lý số liệu

Tất cả thí nghiệm được lặp 3 lần. Các giá trị được biểu diễn bằng giá trị trung bình và sai số chuẩn của các giá trị trung bình, tính toán bằng phần mềm Microsoft Excel (2016). Phần mềm MATLAB R2014 được sử dụng để kiểm tra dữ liệu thực nghiệm với các mô hình dựa trên phương pháp Levenberg-Marquardt. Phân tích sự ảnh hưởng của các nhân tố quá trình và sự tương tác giữa các nhân tố được thực hiện qua phần mềm Design-Expert phiên bản 10.1.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Biến đổi hàm lượng chlorophyll trong suốt quá trình bảo quản bột lá đinh lăng

Kết quả theo dõi sự thay đổi của hàm lượng chlorophyll a và b trong suốt quá trình bảo quản bột lá đinh lăng sấy khô được trình bày ở hình 2.



Hình 2. Sự thay đổi hàm lượng chlorophyll a và chlorophyl b trong bột lá đinh lăng khô ở các điều kiện bảo quản khác nhau

Kết quả từ hình 2 cho thấy hàm lượng chlorophyll a và b đã bị giảm trong quá trình bảo quản bột lá đinh lăng. Hàm lượng chlorophyll còn lại dao động từ 32 đến 83% đối với chlorophyll a và từ 36 đến 83,5% đối với chlorophyll b. Trong đó các mẫu bột đinh lăng bảo quản ở điều kiện nhiệt độ thấp (4°C) có hàm lượng chlorophyll a và b còn lại cao hơn so với mẫu bảo quản ở nhiệt độ cao (28°C) dù mẫu bột lá đinh lăng có tiếp xúc ánh sáng và/hoặc oxy hay không.

Sự phân hủy của các thành phần chlorophyll liên quan mật thiết đến sự thay đổi ở cấu trúc của nguyên liệu trong quá trình chế biến, ở đây là quá trình sấy. Trong tế bào, thành phần chlorophyll được gắn kết với liên kết protein. Trong quá trình chế biến có xử lý nhiệt như quá trình sấy sẽ làm cho protein bị biến tính, dẫn đến sự đông tụ protein làm phá vỡ liên kết giữa protein và chlorophyll [9]. Hệ quả là giải phóng các thành phần chlorophyll khỏi tế bào làm cho chlorophyll dễ dàng bị phân hủy và hình thành các chất dẫn xuất khác nhau và bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố với mức độ khác nhau. Cơ chế phân huỷ chlorophyll được nhiều nhà nghiên cứu đồng thuận là sự phân hủy do enzyme và không do enzyme. Cơ chế phân hủy không do enzyme (hay phân hủy hóa học) tạo thành pheophytin có màu xanh oliu sẫm. Thời gian càng dài, thì nhóm CO_2CH_3 trong phân tử pheophytin tiếp tục được thay thế bằng 1 phân tử H tạo thành chất dẫn xuất pyropheophytin có màu nâu [9-11]. Cơ chế phân hủy chlorophyll bởi enzyme chlorophyllase, Mg dechelatase có trong tất cả các mô thực vật, tập trung nhiều ở bộ phận lá. Enzyme này được hoạt hóa trong thời gian chín và sau khi chín, gốc phytol bị loại bỏ tạo thành các chlorophyllide. Các chlorophyllide dưới tác dụng nhiệt độ hay axit sẽ tiếp tục loại bỏ ion Mg^{2+} tạo thành chất dẫn xuất pheophorbide. Sau quá trình chế biến sự phá vỡ cấu trúc tế bào cùng với hiệu quả vô hoạt enzyme không hoàn toàn sẽ tạo điều kiện cho hoạt động của các enzyme này trong quá trình bảo quản góp phần làm giảm hàm lượng chlorophyll. Ngoài ra sự mất màu xanh ở chlorophyll còn xảy ra do quá trình oxi hóa dưới tác dụng của các enzyme như lipoxygenase, peroxidase, oxidase. Chlorophyll phân hủy do quá trình peroxide hoá chất béo. Các

acid béo ở màng của tế bào thực vật tăng lên trong quá trình làm chín, bảo quản và bị lão hóa. Quá trình oxy hóa xảy ra bởi enzyme lipoxygenase thành các hydroperoxide, sau đó phản ứng với các thành phần khác như vitamin, carotenoid và kích thích quá trình oxy hoá chlorophyll gây ra hiện tượng mất màu [12, 13].

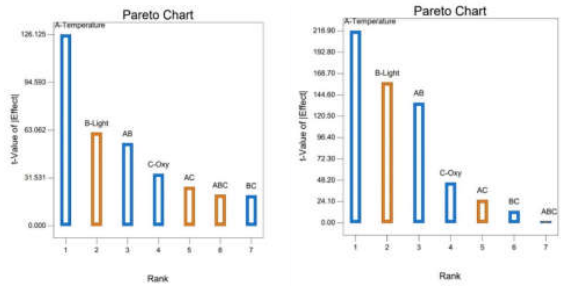
3.2. Động học phân hủy chlorophyll trong suốt quá trình bảo quản bột lá đinh lăng

Từ mô hình Weibull, các hằng số động học phân hủy chlorophyll a và b trong suốt quá trình bảo quản ở những điều kiện khác nhau được ước lượng và tổng hợp trình bày ở bảng 1. Thêm vào đó, các giá trị thời gian bán hủy cũng được tính toán từ phương trình (4) và trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Bảng giá trị thời gian bán hủy chlorophyll a và b trong bột lá đinh lăng bảo quản ở những điều kiện khác nhau

Chlorophyll a	τ (ngày)	α	$t_{1/2}$ (ngày)	Chlorophyll b	τ (ngày)	α	$t_{1/2}$ (ngày)
P-4-AL-PO	343,65	0,314	107	P-4-AL-PO	467,37	0,574	247
P-4-PL-PO	141,25	0,379	54	P-4-PL-PO	62,06	1,322	47
P-4-AL-AO	307,11	0,670	178	P-4-AL-AO	1013,36	0,306	305
P-4-PL-AO	98,87	0,953	67	P-4-PL-AO	165,38	0,592	89
P-28-AL-PO	24,59	0,498	12	P-28-AL-PO	44,42	0,328	15
P-28-PL-PO	26,72	0,264	7	P-28-PL-PO	23,46	0,376	9
P-28-AL-AO	54,07	0,327	18	P-28-AL-AO	64,39	0,730	39
P-28-PL-AO	34,71	0,372	13	P-28-PL-AO	28,76	0,423	12

Mối quan hệ giữa thời gian bán hủy với điều kiện bảo quản khảo sát được xác định bằng phương pháp hồi quy tuyến tính sử dụng phần mềm Design-Expert phiên bản 10.1. Mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố và sự tương tác giữa các yếu tố được trình bày ở hình 3.



A B

Hình 3. Đồ thị Pareto biểu diễn ảnh hưởng của các yếu tố bảo quản đến hàm lượng chlorophyll a (A) và chlorophyll b (B) trong lá đinh lăng sấy khô

Kết quả ở hình 3 đã thể hiện độ lớn tác động của các nhân tố lên thời gian bán hủy chlorophyll a và b trong suốt quá trình bảo quản. Những ảnh hưởng này được liệt kê từ lớn nhất đến nhỏ nhất. Kết quả cho thấy yếu tố nhiệt độ (biến mã hóa là A) có mức ảnh hưởng đến thời gian bán hủy chlorophyll a và b cao nhất, tiếp theo là yếu tố ánh sáng (biến mã hóa là B), tuy nhiên mức độ ảnh hưởng của yếu tố B đến chlorophyll a thấp hơn so với b. Kết quả cũng cho thấy sự tương tác giữa yếu tố nhiệt độ và mức độ ánh sáng (biến mã hóa là AB) ảnh hưởng lớn đến thời gian bán hủy chlorophyll a và b. Tiếp theo là yếu tố về mức độ oxy trong bao bì (biến mã hóa là C) cũng có sự ảnh hưởng lớn đến thời gian bán hủy chlorophyll a và b. Những yếu tố ảnh hưởng ở mức thấp lần lượt là sự tương tác giữa nhiệt độ và mức độ oxy (biến mã hóa là AC), sự tương tác giữa mức độ ánh sáng và mức độ oxy trong bao bì (biến mã hóa là BC), sự tương tác của nhiệt độ, ánh sáng và mức độ oxy (biến mã hóa là ABC).

Các kết quả phân tích phương sai (ANOVA), các phương trình hồi quy thu được biểu diễn hàm dưới dạng thời gian bán hủy ($t_{1/2}$, ngày) theo các biến mã hóa của nhiệt độ, mức độ oxy, mức độ ánh sáng và sự tương tác giữa các yếu tố. Các hệ số ước lượng và sự ảnh hưởng của các nhân tố trong mô hình thực nghiệm được trình bày tóm tắt trong bảng 2 ở 95% mức ý nghĩa. Các giá trị p được dùng làm công cụ để kiểm tra mức ý nghĩa của mỗi hệ số. Giá trị của p càng nhỏ, thì mức nghĩa của hệ số tương ứng càng lớn. Đối với mức ý nghĩa 95%, giá trị p nên nhỏ hơn hoặc bằng 0,05 để đảm bảo sự ảnh hưởng có ý nghĩa về mặt thống kê. Chỉ những nhân tố ảnh hưởng có

nghĩa mới được trình bày trong phương trình, dưới dạng biến mã hóa.

Bảng 2. Hệ số ước lượng và sai số chuẩn của các nhân tố trong mô hình thực nghiệm

Chlorophyll a				
Nhân tố	Hệ số ước ượng	df	Sai số chuẩn	Giá trị p
Hằng số	56,84	1	7,82	0,0337
A	-44,59	1	7,82	0,0107
B	-21,71	1	7,82	0,0691
C	-12,07	1	7,82	0,2204
AB	19,26	1	7,82	0,0905
Chlorophyll b				
Nhân tố	Hệ số ước ượng	df	Sai số chuẩn	Giá trị p
Hằng số	95,30	1	0,59	0,0102
A	-76,69	1	0,59	0,0049
B	-56,05	1	0,59	0,0067
C	-16,03	1	0,59	0,0234
AB	47,90	1	0,59	0,0078
AC	9,11	1	0,59	0,0411
BC	4,71	1	0,59	0,0791

Ghi chú: A: là biến mã hóa của nhân tố nhiệt độ; B: là biến mã hóa của nhân tố mức độ ánh sáng (bao bì trong suốt tương ứng giá trị B mức cao 1, bao bì cản sáng tương ứng giá trị B mức thấp 0); C: là biến mã hóa của nhân tố mức độ oxy trong bao bì (bao bì không hút chân không tương ứng giá trị C mức cao 1, bao bì hút chân không tương ứng giá trị C mức thấp 0; AB: là biến mã hóa thể hiện tương tác giữa nhiệt độ và mức độ ánh sáng; AC: là biến mã hóa thể hiện tương tác giữa nhiệt độ và mức độ oxy; BC: là biến mã hóa thể hiện tương tác giữa mức độ ánh sáng và mức độ oxy

Bảng 3. Bảng phân tích phương sai (ANOVA) đối với những mô hình đề xuất

Chlorophyll a					
Nguồn	SS	df	MS	Giá trị F	Giá trị p
Mô hình	23812,24	4	5953,06	12,18	0,0337
A	15907,39	1	15907,39	32,54	0,0107
B	3771,47	1	3771,47	7,71	0,0691
C	1164,92	1	1164,92	2,38	0,2204
AB	2968,46	1	2968,46	6,07	0,0905
Residual	1466,70	3	488,90		
Cor Total	25278,94	7			
Chlorophyll b					
Nguồn	SS	df	MS	Giá trị F	Giá trị p
Mô hình	93426,11	6	15571,02	5609,26	0,0102
A	47046,27	1	47046,27	16947,81	0,0049
B	25128,95	1	25128,95	9052,38	0,0067
C	2054,90	1	2054,90	740,25	0,0234
AB	18354,84	1	18354,84	6612,09	0,0078
AC	663,38	1	663,38	238,97	0,0411
BC	177,77	1	177,77	64,04	0,0791
Residual	2,78	1	2,78		
Cor Total	93428,89	7			

Ghi chú: A: là biến mã hóa của nhân tố nhiệt độ; B: là biến mã hóa của nhân tố mức độ ánh sáng (bao bì trong suốt tương ứng giá trị B mức cao 1, bao bì cản sáng tương ứng giá trị B mức thấp 0); C: là biến mã hóa của nhân tố mức độ oxy trong bao bì (bao bì không hút chân không tương ứng giá trị C mức cao 1, bao bì hút chân không tương ứng giá trị C mức thấp 0); AB: là biến mã hóa thể hiện tương tác giữa nhiệt độ và mức độ ánh sáng; AC: là biến mã hóa thể hiện tương tác giữa nhiệt độ và mức độ oxy; BC: là biến mã hóa thể hiện tương tác giữa mức độ ánh sáng và mức độ oxy

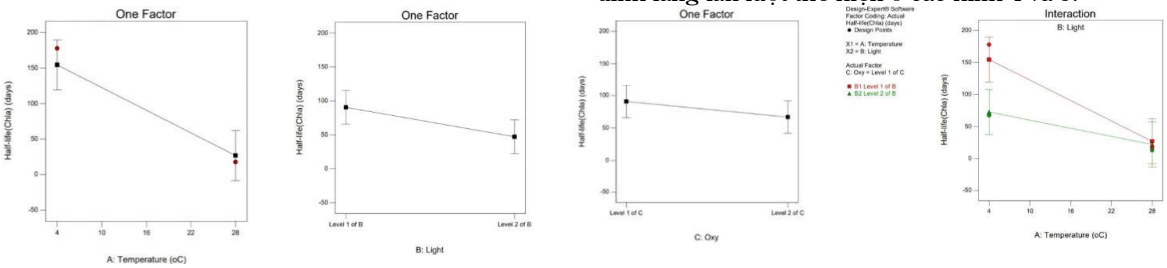
Phương trình thể hiện mối quan hệ giữa thời gian bán hủy (chlorophyll a và b) theo các nhân tố quá trình bảo quản đã mã hóa được trình bày từ phương trình (5) và (6). Trong phương trình này chỉ những nhân tố và tương tác có ý nghĩa về mặt thống kê ở mức 95% theo kết quả phân tích ANOVA ở bảng 3 mới được biểu diễn trong phương trình.

Phương trình (5) và (6) lần lượt trình bày sự tương quan giữa thời gian bán hủy chlorophyll a và b trong bột lá đinh lăng (ngày), với nhiệt độ bảo quản, mức độ ánh sáng và mức độ oxy. Sai số chuẩn của mô hình là 22,11 và 1,67 ngày, giá trị R^2 điều chỉnh là 0,865 và 0,999 lần lượt với chlorophyll a và b:

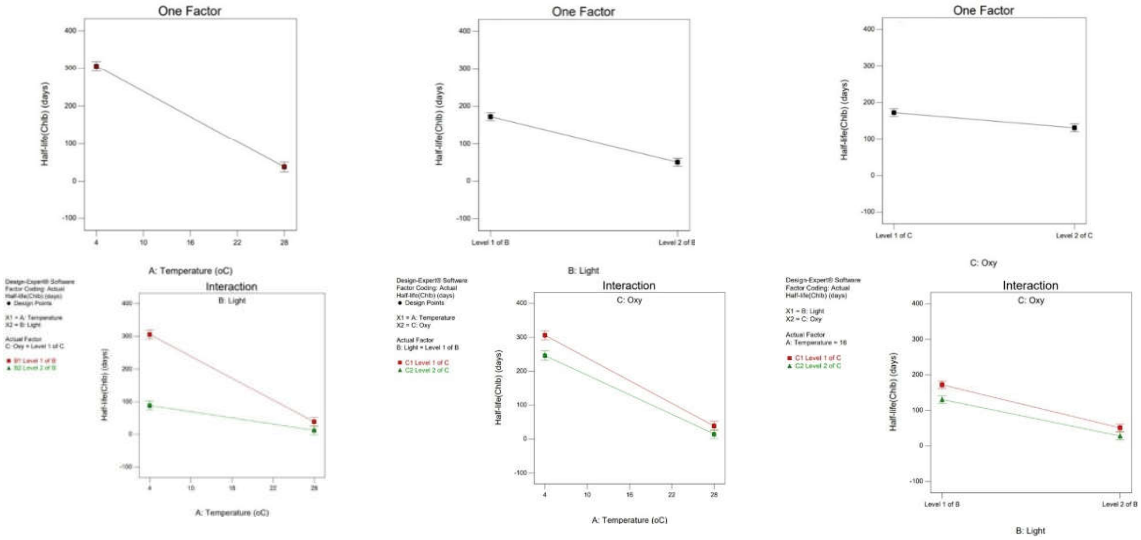
$$t_{1/2}(Chla) = 56,84 - 44,59A - 21,71B - 12,06C + 19,26AB \quad (5)$$

$$t_{1/2}(Chlb) = 95,30 - 76,69A - 56,05B - 16,03C + 47,90AB + 9,11AC + 4,71BC \quad (6)$$

Các giá trị R^2 lớn hơn 0,8 cho thấy mức độ tương tác tốt giữa giá trị quan sát và giá trị tiên đoán. Ảnh hưởng của các yếu tố nhiệt độ (A), ánh sáng (B) và oxy (C); và sự tương tác giữa các nhân tố lên thời gian bán hủy chlorophyll a và b trong bảo quản bột lá đinh lăng lần lượt thể hiện ở các hình 4 và 5.



Hình 4. Đồ thị biểu hiện mức độ ảnh hưởng của từng nhân tố nhiệt độ (A), ánh sáng (B) và oxy (C) và sự tương tác giữa nhiệt độ với mức độ ánh sáng (AB) lên thời gian bán hủy của chlrophyll a trong suốt quá trình bảo quản bột lá đinh lăng



Hình 5. Đồ thị biểu hiện mức độ ảnh hưởng của từng nhân tố nhiệt độ (A), ánh sáng (B) và oxy (C) và sự tương tác giữa nhiệt độ với mức độ ánh sáng (AB), với mức độ oxy (AC) và tương tác giữa mức độ oxy và mức độ ánh sáng (BC) lên thời gian bán hủy của chlrophyll b trong suốt quá trình bảo quản bột lá đinh lăng

Từ các kết quả thể hiện ở phương trình hồi quy (5), (6) và ở các hình 4 và 5 cho thấy cả thành phần chlorophyll a và chlorophyll b đều giảm giá trị thời gian bán phân hủy khi tăng nhiệt độ bảo quản (từ 4°C lên 28°C), hoặc tăng mức độ ánh sáng (từ bao bì cản sáng đến bao bì trong suốt), hoặc tăng mức độ oxy trong bao bì (từ bao bì hút chân không đến bao bì không hút chân không). Điều này cho thấy sự gia tăng nhiệt độ bảo quản (từ 4°C lên 28°C), tăng mức độ tiếp xúc ánh sáng từ bao bì cản sáng đến bao bì trong suốt) và nồng độ cao của oxy (từ bao bì hút chân không đến bao bì không hút chân không) đã làm tốc độ phân hủy của chlorophyll a và b tăng nhanh hơn do thời gian bán hủy thấp hơn (Bảng 1).

Từ các hệ số hồi quy trong các phương trình (5) và (6) cũng như độ dốc của các đường thẳng thể hiện mối quan hệ giữa $t_{1/2}$ (ngày) với các mức thay đổi của A, B và C thì cũng cho thấy yếu tố nhiệt độ làm tăng độ phân hủy chlorophyll lớn nhất (hệ số -44,59 đối với chlorophyll a và -76,69 đối với chlorophyll b), tiếp đến là mức độ ánh sáng (hệ số -21,71 đối với chlorophyll a và -56,05 đối với chlorophyll b) và sau cùng là nồng độ oxy trong bao bì (hệ số -12,06 đối với chlorophyll a và -16,03 đối với chlorophyll b).

Đối với sự tương tác giữa các nhân tố nhiệt độ với mức độ ánh sáng, nhiệt độ với mức độ oxy, mức độ ánh sáng và mức độ oxy, kết quả cho thấy ở cùng nhiệt độ bảo quản việc tăng mức độ ánh sáng hoặc mức độ oxy trong bao bì làm giảm giá trị thời gian bán hủy tức là tăng nhanh tốc độ phản ứng. Tuy nhiên, sự gia tăng tốc độ này cao hơn ở nhiệt độ bảo quản thấp hơn. Kết quả cũng tương tự trong tương tác giữa mức độ ánh sáng và mức độ oxy khi thay đổi. Nhưng ở mức độ ánh sáng thấp (bao bì cản sáng) thì sự gia tăng tốc độ phản ứng khi tăng nồng độ oxy trong bao bì không lớn rõ rệt so với ở điều kiện mức độ ánh sáng tiếp xúc cao. Nhiệt độ tăng cao làm tăng tốc độ phân hủy chlorophyll trong quá trình bảo quản ở những nhiệt độ khác nhau. Schwartz và Lorenzo (1991); Martin và Silva (2002) cũng cho rằng việc bảo quản ở nhiệt độ thấp sẽ có tốc độ phân hủy chlorophyll thấp hơn, giữ lại giá trị cảm quan hơn so với bảo quản ở nhiệt độ cao [14, 15]. Như vậy, trong nghiên cứu này thành phần chlorophyll a và b trong sản phẩm từ lá đinh lăng bị phân hủy cả trong điều kiện thiếu ánh sáng và có ánh sáng. Sự phân hủy chlorophyll trong điều kiện thiếu ánh sáng được cho là do cơ chế tác động của gốc tự do [16]. Các gốc tự do sẽ nhận một electron từ những liên kết yếu nhất mặc dù tốc độ phản ứng xảy ra chậm. Những nghiên cứu trước đã cho rằng các hợp chất phytone, 3,7,11,15-tetramethyl-2,3-epoxyhexadecan-1-ol, và 3,7,11,15-tetramethylhexa decane-1,2,3-triol là những sản phẩm oxy hóa chính sinh ra từ quá trình oxy hóa chlorophyll bởi cơ chế tự oxy hóa do gốc tự do sinh ra [17, 18]. Ở điều kiện mức độ ánh sáng cao cũng được ghi nhận tăng tốc độ phản ứng phân hủy chlorophyll [16]. Nguyên nhân bởi vì các liên kết đôi trong cấu hình đồng phân của các chuỗi hydrocarbon mạch dài ở trong phân tử chlrophyll bị oxy hóa hóa học. Sự phân hủy của chlorophyll dưới ảnh hưởng của oxy đã được xác định trong các nghiên cứu trước kia [17, 18]. Chlorophyll đóng vai trò như là một chất cảm quan dễ dàng tạo ra oxy mức đơn [19]. Quá trình phản ứng xảy ra ở cả vòng porphyrin và chuỗi nhánh isoprenoid phytyl [20]. Các oxy mức đơn này được cho rằng đã tấn công trực tiếp lên nối đôi của phân tử chlorophyll và tạo ra các sản phẩm hydroperoxide, cùng với sự chuyển dịch của các nối đôi. Các phân tử hydroperoxide sau đó phân cắt các liên kết giữa oxy-oxy để tạo ra các gốc tự do [21]. Đồng thời những sản phẩm oxy hóa chính của gốc phytol trong phân tử chlorophyll b dưới tác dụng của các oxy mức đơn được xác định là Phytone (6,10,14-trimethylpentadecan-2-one) và phytyldiol (3-methylidene-7,11,15-trimethylhexadecane-1,2-diol) [22]. Rontani et al., (2003) đã cho rằng quá trình oxy hóa bởi oxy mức đơn là cơ chế oxy hóa chính của gốc phytol dưới điều kiện có ánh sáng [17]. Như vậy, sự ảnh hưởng của ánh sáng ý nghĩa hơn so với mức độ oxy trong bao bì.

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Sự biến đổi của thành phần chlorophyll a và b trong bột lá đinh lăng ở những điều kiện bảo quản khác nhau đã được xác định. Kết quả chỉ ra rằng các thành phần chlorophyll a và b đã bị mất ổn định trong quá trình bảo quản và hàm lượng chlorophyll còn lại dao động từ 32% đến 83,5% tùy điều kiện bảo quản. Các yếu tố môi trường gồm nhiệt độ, mức độ tiếp xúc ánh sáng, mức độ tiếp xúc oxy ảnh hưởng ý nghĩa đến thời gian bán hủy của các thành phần chlorophyll a và b. Trong các tương tác giữa các nhân tố khảo sát thì sự tương tác của nhiệt độ với mức độ tiếp xúc ánh sáng ảnh hưởng lớn đến sự phân hủy của chlorophyll. Kết quả cho thấy bảo quản bột lá đinh lăng trong điều kiện nhiệt độ thấp (4°C), hạn chế tiếp xúc ánh sáng và loại oxy trong bao bì sẽ giữ lại hàm lượng chlorophyll cao nhất với thời gian bán hủy dài nhất tương ứng 178 ngày đối với chlorophyll a và 305 ngày đối với chlorophyll b.

Để cải thiện chất lượng bột đinh lăng khi bảo quản, hạn chế tối đa sự phân hủy chlorophyll thì một số hướng nghiên cứu có thể triển khai gồm khảo sát ảnh hưởng của phụ gia chống oxy hóa, ứng dụng vật liệu bao bì chủ động trong việc loại trừ, hạn chế oxy hóa thành phần chlorophyll.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển

Khoa học và Công nghệ NTTU trong đề tài mã số 2020.01.056.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Boye, A., Barku, V. Y. A., Acheampong, D. O., Mensah, L. B. B., & Amponsah, E. (2018). Maternal toxicity and post-implantation assessments in rats gestationally exposed to *Polyscias fruticosa* leaf extract. *Journal of complementary medicine*, 7(2), 178-189.

2. Huan, V. D., Yamamura, S., Ohtani, K., Kasai, R., Yamasaki, K., Nham, N. T., & Chau, H. M. (1998). Oleanane saponins from *Polyscias fruticosa*. *Phytochemistry*, 47(3), 451-457.

3. Saito, S., Sumita, S., Tamura, N., Nagamura, Y., Nishida, K., Ito, M., & Ishiguro, I. (1990). Saponins from the Leaves of Aralia elata SEEM.: *Araliaceae*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 38(2), 411-414.

4. Kumar, S. S., Manoj, P., Shetty, N. P., & Giridhar, P. (2015). Effect of different drying methods on chlorophyll, ascorbic acid and antioxidant compounds retention of leaves of *Hibiscus sabdariffa* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(9), 1812-1820.

5. Nguyen, T.-V.-L., Nguyen, P.-B.-D., Luu, X.-C., Huynh, B.-L., Krishnan, S., & Huynh, P. T. (2019). Kinetics of nutrient change and color retention during low-temperature microwave-assisted drying of bitter melon (*Momordica charantia* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(12), e14279.

6. Marfil, P. H. M., Santos, E. M., & Telis, V. R. N. (2008). Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 41(9), 1642-1647.

7. Uribe, E., Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Oyanadel, R., Torrico, J. S., & Miranda, M. (2011). Characteristics of convective drying of pepino fruit (*Solanum muricatum Ait.*): Application of Weibull distribution. Food bioprocess technology, 4(8), 1349-1356.

8. Ju, H.-Y., Zhao, S.-H., Mujumdar, A. S., Fang, X.-M., Gao, Z.-J., Zheng, Z.-A., & Xiao, H.-W. (2018). Energy efficient improvements in hot air drying by controlling relative humidity based on Weibull and Bi-Di models. *Food and Bioproducts Processing*, 111, 20-29.

9. Heaton, J. W., & Marangoni, A. G. (1996). Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. *Trends in Food Science & Technology*, 7(1), 8-15.

10. Mackinney, G., & Weast, C. (1940). Color changes in green vegetables. Industrial & *Engineering Chemistry*, 32(3), 392-395.

11. McFEETERS, R. F., & Schanderl, S. (1968). Biological degradation of chlorophyll in a system using Bell peppers (*Capsicum frutescens*). *Journal of Food Science*, 33(5), 547-553.

12. Canjura, F. L., Schwartz, S. J., & Nunes, R. V. (1991). Degradation kinetics of chlorophylls and chlorophyllides. *Journal of Food Science*, 56(6), 1639-1643.

13. Ferruzzi, M. G., & Blakeslee, J. (2007). Digestion, absorption, and cancer preventative activity of dietary chlorophyll derivatives. *Nutrition Research*, 27(1), 1-12.

14. Schwartz, S., & Lorenzo, T. (1991). Chlorophyll stability during continuous aseptic processing and storage. *Journal of Food Science*, 56(4), 1059-1062.

15. Martins, R., & Silva, C. (2002). Modelling colour and chlorophyll losses of frozen green beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). *International journal of refrigeration*, 25(7), 966-974.

16. Lee, E., Ahn, H., & Choe, E. (2014). Effects of light and lipids on chlorophyll degradation. *Food Science and Biotechnology*, 23(4), 1061-1065.

17. Rontani, J. F., Rabourdin, A., Marchand, D., & Aubert, C. (2003). Photochemical oxidation and autoxidation of chlorophyll phytyl side chain in senescent phytoplanktonic cells: potential sources of several acyclic isoprenoid compounds in the marine environment. *Lipids*, 38(3), 241-254.

18. Zolla, L., & Rinalducci, S. (2002). Involvement of active oxygen species in degradation of light-harvesting proteins under light stresses. *Biochemistry*, 41(48), 14391-14402.

19. Choe, E., & Min, D. B. (2005). Chemistry and reactions of reactive oxygen species in foods. *Journal of Food Science*, 70(9), R142-R159.

20. Cuny, P., Romano, J.-C., Beker, B., & Rontani, J.-F. (1999). Comparison of the photodegradation rates of chlorophyll chlorin ring

and phytol side chain in phytodetritus: is the phytyldiol versus phytol ratio (CPPI) a new biogeochemical index? *Journal of experimental marine biology and ecology*, 237(2), 271-290.

21. Chen, B., & Huang, J. (1998). Degradation and isomerization of chlorophyll a and β-carotene as affected by various heating and illumination treatments. *Food Chemistry*, 62(3), 299-307.

22. Rontani, J., Grossi, V., Faure, R., & Aubert, C. (1994). "Bound" 3-methylidene-7, 11, 15-trimethylhexadecan-1, 2-diol: a new isoprenoid marker for the photodegradation of chlorophyll-a in seawater. *Organic geochemistry*, 21(2), 135-142.

EFFECTS OF STORAGE CONDITIONS ON CHLOROPHYLL CONTENT CHANGE IN LEAF POWDER OF *Polyscias fruticosa* (L.) Harms

Tran Thi Tuyet Ngan, Nguyen Phuoc Bao Duy, Nguyen Thi Van Linh

Summary

Polyscias fruticosa (L.) Harms contains many bioactive ingredients that are commonly used in traditional medicine. With suitable storage conditions, the quality of *Polyscias fruticosa* leaf powder could be kept and bring convenience in distribution and trade. This study aimed to evaluate the effects of storage conditions, including temperature, light, and oxygen, on chlorophyll degradation kinetics during the storage of leaf powder of *Polyscias fruticosa* (L.). The results showed that the change of chlorophyll content in *Polyscias fruticosa* (L.) leaf powder could be characterized by the Weibull model. Besides, factors including temperature, light, and their interaction significantly forced the rate of chlorophyll degradation. Storage of *Polyscias fruticosa* (L.) leaf powder at 4°C, lack of light and oxygen could get the highest retention of chlorophyll a and b. And in this condition, the half-life was 178 days and 305 days for the degradation of chlorophyll a and b, respectively.

Keywords: *Storage, leaf powder, degradation kinetics, Polyscias fruticosa, Weibull.*

Người phản biện: TS. Nguyễn Văn Khiêm
Ngày nhận bài: 11/01/2021
Ngày thông qua phản biện: 19/02/2021
Ngày duyệt đăng: 26/02/2021