

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

NGUYỄN THỊ HOÀNG YẾN

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN NẤY MÀM
ĐẾN THÀNH PHẦN DINH DƯỠNG VÀ KHÁNG DINH
DƯỠNG CỦA HẠT ĐẬU XANH VÀ ỨNG DỤNG BỘT ĐẬU
XANH NẤY MÀM TRONG CHẾ BIẾN THỰC PHẨM

Ngành: CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM

Mã số ngành: 62540101

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

TP. HỒ CHÍ MINH - NĂM 2023

Công trình được hoàn thành tại **Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM**

Người hướng dẫn 1: GS.TS. Phạm Văn Hùng

Người hướng dẫn 2: PGS.TS. Phan Ngọc Hòa

Phản biện độc lập:

Phản biện độc lập:

Phản biện: PGS.TS. Lê Ngọc Liễu

Phản biện: PGS.TS. Lê Trung Thiên

Phản biện: PGS.TS. Trần Quang Hiếu

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án họp tại

.....
.....

vào lúc giờ ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

- Thư viện Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM
- Thư viện Đại học Quốc gia Tp.HCM
- Thư viện Khoa học Tổng hợp Tp.HCM

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

Tạp chí quốc tế

1. Yen, N.T.H., Hoa, P.N. & Hung, P.V. (2022). Optimal soaking conditions and addition of exogenous substances improve accumulation of γ -aminobutyric acid (GABA) in germinated mung bean (*Vigna radiata*). *International Journal of Food Science and Technology*, 57(7), 3924–3933. SCIE, Q1, IF = 3.3
2. Yen, N.T.H., Huong, N.T.M., Hoa, P.N. & Hung, P.V. (2023). Incorporation of germinated mung bean flour with rice flour to enhance physical, nutritional and sensory quality of gluten-free cookies. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(1), 423-431. SCIE, Q1, IF = 3.3
3. Yen, N.T.H., Hoa, P.N., Tien, N.N.T. & Hung, P.V. (2023). Changes in protein-related enzyme activities, concentrations of GABA and nitrogen-containing constituents of *Vigna radiata* L. seeds germinated under different circumstances. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 11(3). ESCI, Q3, IF = 0.8.

A. PHẦN MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của luận án

Đậu xanh là loại thực phẩm có giá trị dinh dưỡng cao, cung cấp đầy đủ các dưỡng chất cần thiết cho cơ thể, đậu xanh còn chứa các chất có hoạt tính sinh học. Tuy nhiên, việc sử dụng hạt đậu xanh vẫn còn nhiều hạn chế do hạt chứa nhiều chất kháng dinh dưỡng, ảnh hưởng đến khả năng hấp thu bình thường của cơ thể. Nhiều giải pháp công nghệ được thực hiện nhằm gia tăng hơn nữa chất dinh dưỡng và giảm thiểu chất kháng dinh dưỡng trong hạt đậu xanh. Trong đó, nảy mầm là một giải pháp đơn giản, chi phí thấp, nhưng hiệu quả cao để đạt được những thay đổi mong muốn về đặc tính dinh dưỡng, kháng dinh dưỡng, hoạt tính sinh học và tính chất công nghệ. Đặc biệt, hàm lượng GABA tăng do trong đậu xanh có hàm lượng acid glutamic cao - cơ chất để GAD chuyển đổi thành GABA. Hiện nay, các nghiên cứu để sản xuất đậu xanh nảy mầm trong điều kiện kiểm soát nghiêm ngặt nhằm tạo sản phẩm có chất lượng tốt chưa được đầu tư đầy đủ. Cơ sở khoa học để chọn giống đậu phù hợp, ảnh hưởng của điều kiện nảy mầm và khả năng ứng dụng chưa có nhiều thông tin. Đặc biệt, sự thay đổi có lợi của các chất trong điều kiện nảy mầm khác nhau chưa được theo dõi. Do đó, nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện nảy mầm nhằm tạo ra hạt đậu xanh nảy mầm có giá trị dinh dưỡng cao và ứng dụng vào chế biến thực phẩm là vấn đề cấp thiết.

2. Mục tiêu của luận án

Nghiên cứu nhằm chọn giống đậu xanh phù hợp nảy mầm, xây dựng được quy trình công nghệ sản xuất hiệu quả với tiêu chí đạt giá trị dinh dưỡng cao, chất kháng dinh dưỡng thấp và có khả năng ứng dụng trong sản xuất bánh quy.

3. Đóng góp mới của luận án

- Cung cấp dữ liệu về thành phần hóa học, đặc điểm và khả năng nảy mầm của các giống đậu xanh ở Việt Nam và chọn giống phù hợp cho nảy mầm.
- Xác định được mối quan hệ giữa các điều kiện sản xuất hạt đậu xanh nảy mầm với việc thay đổi thành phần chất dinh dưỡng và kháng dinh dưỡng.
- Đánh giá được khả năng ứng dụng của bột đậu xanh nảy mầm

B. NỘI DUNG CỦA LUẬN ÁN

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

Đậu xanh (*Vigna radiate*) thuộc họ đậu, được trồng khắp nơi trên thế giới và phổ biến ở châu Á với sản lượng lớn và đóng vai trò quan trọng về kinh tế. Đậu xanh sinh trưởng mạnh ở vùng khí hậu ẩm áp, nhưng vẫn có khả năng thích ứng rộng và sống được trong điều kiện khắc nghiệt như thiếu nước, thiếu dinh dưỡng. Thành phần dinh dưỡng chủ yếu nằm trong lá mầm, với thành phần chính gồm carbohydrate (45 – 65%) và protein (18 – 31%). Ngoài ra, hạt còn chứa chất béo, chất xơ, tro, acid béo, acid amin và các vi chất dinh dưỡng như khoáng chất và vitamin. Đặc biệt, đậu xanh giàu protein và acid amin, đây là cơ sở quan trọng trong việc gia tăng sản xuất GABA và các acid amin trong quá trình nảy mầm.

Trong đậu xanh hiện diện với số lượng nhỏ (ít hơn 5% khối lượng hạt) các yếu tố kháng dinh dưỡng như chất ức chế enzyme, phytate, tannin, haemagglutinin, glycoside cyanogenic, saponin... Acid phytic, tannin và chất ức chế protease là các chất kháng dinh dưỡng chính trong đậu xanh. Ngâm, nảy mầm và lên men là các biện pháp hiệu quả để loại bỏ phytate và tannin trong đậu xanh.

Nảy mầm là quá trình bắt đầu với sự hấp thụ nước của hạt khô và kết thúc với sự xuất hiện của trục phôi xuyên qua khỏi cấu trúc xung quanh, sự nảy mầm không bao gồm sự phát triển của cây con. Khi hạt khô hút nước, một chuỗi các phản ứng được kích hoạt với sự hoạt động của các enzyme nội sinh và các hormone, nhiều chuyển hóa phức tạp xảy ra bên trong hạt nảy mầm tạo ra những biến đổi về sinh lý, hóa học, hóa sinh, vật lý và cảm quan. Sau nảy mầm, hạt có thể tăng thêm giá trị dinh dưỡng và các chất có hoạt tính sinh học, đồng thời loại bỏ được chất kháng dinh dưỡng. Quy trình nảy mầm có thể thay đổi tùy theo loại hạt giống, mục đích và yêu cầu sản xuất. Tuy nhiên, các nguyên tắc và các công đoạn cơ bản tương tự nhau, gồm 3 công đoạn chủ yếu là khử trùng, ngâm và nảy mầm.

Nảy mầm là một giai đoạn quan trọng trong vòng đời của cây trồng, là một quá trình phức tạp chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố. Loại hạt giống khác nhau cần

những điều kiện khác nhau để có thể nảy mầm hiệu quả, các yếu tố quan trọng gồm sự cung cấp đủ nước, nhiệt độ thích hợp, tỷ lệ cụ thể của các khí trong khí quyển, ánh sáng và phải loại trừ các chất ức chế nảy mầm. Điều khiển nảy mầm chính là kiểm soát các yếu tố ảnh hưởng, nhằm kiểm soát được chất lượng sản phẩm. Trong đó, các phương pháp công nghệ truyền thống thường dễ áp dụng, dễ điều khiển, giá thành thấp và hiệu quả cao. Thường tác động đến công đoạn ngâm và nảy mầm, với việc thay đổi các thông số như thành phần nước ngâm (pH, bổ sung hormone tăng trưởng, muối hoặc bổ sung các thành phần dinh dưỡng như chất khoáng, vitamin ...), điều kiện môi trường ngâm và nảy mầm (nhiệt độ, thời gian, độ ẩm, sục khí, kiểm soát oxy ...). Các tác động này có khả năng ảnh hưởng sâu sắc đến hiệu quả của quá trình nảy mầm hạt. Do vậy, nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện nảy mầm để sản xuất được hạt đậu xanh nảy mầm có hàm lượng dinh dưỡng cao và chứa ít chất kháng dinh dưỡng, ứng dụng vào sản phẩm bánh quy không gluten là quy trình đáng quan tâm nghiên cứu.

CHƯƠNG 2: NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

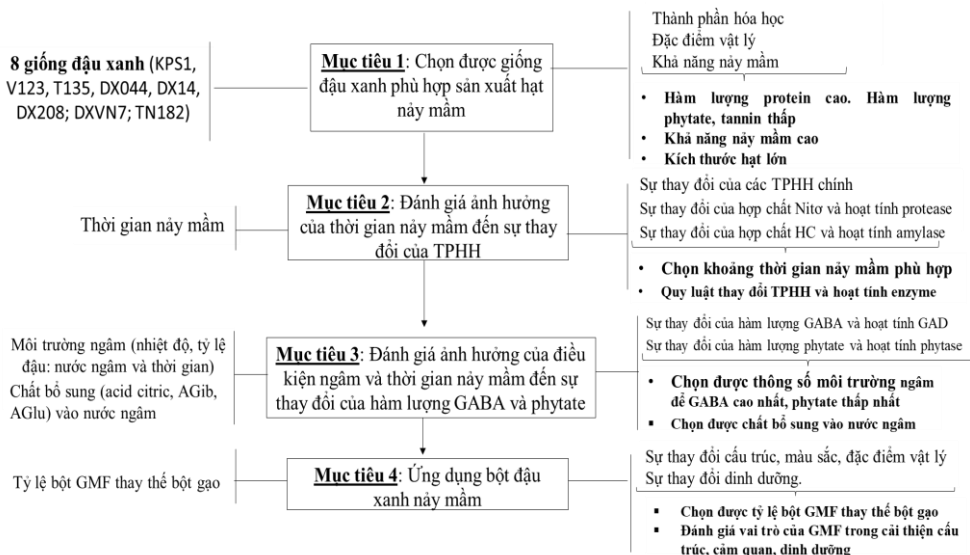
2.1 Nguyên liệu

Đậu xanh sử dụng trong nghiên cứu này gồm 8 giống đậu xanh đang trồng phổ biến ở Việt Nam, gồm DX044, V123, T135, KPS1, DX14, DXVN7, TN182 và DX208. Nguyên liệu được cung cấp bởi Công ty Cổ phần Giống cây trồng miền Nam và Trung tâm Nghiên cứu & Phát triển Đậu đỗ, thuộc Viện Khoa học và Nông nghiệp Việt Nam. Các giống T135, V123, DX044 và KPS1 được trồng phổ biến trước đây (năm 1990 đến 2004), các giống DX14, DX208, DXVN7, TN182 là những giống mới tuyển chọn và lai tạo, năng suất cao và có khả năng chống chịu tốt (năm 2007 – 2014). Giống TN182 và DX208 được trồng phổ biến ở miền Nam Việt Nam. Các mẫu đậu xanh sau thu mua được đóng gói PE, hút chân không, giữ ở 0 – 4°C và được đưa về nhiệt độ phòng trước khi sử dụng.

Các nguyên liệu làm bánh quy: Bột mì Baker choice số 8 từ Công ty TNHH Interflour, Việt Nam. Bột gạo loại Japonica, nhãn hiệu Jade Leaf từ Công ty

TNHH Bangkok Inter Food, Thái Lan. Bột nổi từ Công ty TNHH AB Mauri, Việt Nam. Bơ lạt không muối nhãn hiệu Président từ Công ty sản xuất sữa Lactalis, Pháp. Đường xay mịn từ Công ty Cổ phần Thành Thành Công, Biên Hòa, Việt Nam. Trứng gà của Công ty Cổ phần Ba Huân, Việt Nam.

2.2 Sơ đồ nghiên cứu



Hình 2.1 Sơ đồ nội dung nghiên cứu

2.3 Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Các phương pháp phân tích thành phần hóa học

Bảng 2.1. Phương pháp xác định các chỉ tiêu hóa học và vật lý trong nghiên cứu

Tên chỉ tiêu	Phương pháp
Độ ẩm	Sấy đến khối lượng không đổi (AOAC 950.46)
Protein tổng	Xác định nitơ tổng theo phương pháp Kjeldahl (AOAC 2001.11), kết quả nhân với hệ số 6,25
Nitơ protein và nitơ phi protein	Theo mô tả bởi Wongsiri và cs (2015) . Hàm lượng nitơ phi protein tính bằng cách trừ nitơ protein từ tổng hàm lượng nitơ.
Nitơ amin tự do	Phương pháp so màu, theo mô tả bởi Tian và cs (2010)
Hoạt tính protease	Theo mô tả của Sattar và cs (2017) ; Hung và cs (2020)
Thành phần acid amin	Theo phương pháp được mô tả bởi Hung và cs (2020) , sử dụng máy phân tích acid amin tự động
Chất béo	Phương pháp Soxhlet (AOAC 920.39)
Tro	Nung đến khối lượng không đổi (AOAC 942.05)

Tên chỉ tiêu	Phương pháp
Carbohydrate	Tính toán theo FAO (2003), FAO Food & Nutrition P.77
Đường tổng	Phương pháp so màu, sử dụng phenol-acid sulfuric
Đường khử	Phương pháp so màu Miller với thuốc thử DNS
Tinh bột	Tinh bột được thủy phân với acid mạnh, xác định hàm lượng đường tổng nhân với hệ số 0,9 và tiến hành theo Tian và cs (2010)
Xơ thô	AOAC 978.10
Hoạt tính α -amylase	Theo mô tả của Rani và cs (2001) ; Hung và cs (2020)
Năng lượng	Tính toán theo FAO (2003), FAO Food & Nutrition P.77
Tannin	So màu, sử dụng Vanillin, theo mô tả của Hailesslassie và cs (2019)
Chì (Pb)	AOAC 2013.06
Cadimi (Ca)	AOAC 2013.06
Tổng vi sinh vật hiếu khí	<i>ISO 4833-1 : 2013</i> (TCVN 4884-1 : 2015)
<i>Bacillus cereus</i>	<i>ISO 7932 : 2004</i> (TCVN 4992 : 2005)
<i>C. perfringens</i>	<i>ISO 7937 : 2004</i> (TCVN 4991 : 2005)
<i>S. aureus</i>	AOAC 975.55 (2016)
<i>Coliforms</i>	<i>ISO 4832 : 2006</i> (TCVN 6848 : 2007)
<i>Escherichia coli</i>	<i>ISO 16649-2 : 2001</i> (TCVN 7924-2 : 2008)
Tổng nấm men, nấm mốc	<i>ISO 21527-2 : 2008</i> (TCVN 8275-2 : 2010)
Màu sắc	Máy đo màu (CR410, Konica Minolta, Nhật Bản)
Kích thước	Thuốc kẹp điện tử (500-196-30, Mitutoyo, Nhật Bản)
Cấu trúc bên trong bánh	kính hiển vi điện tử quét (SEM) với độ phóng đại 100 lần

2.3.2. Các phương pháp xác định các đặc tính hóa học và vật lý của đậu xanh và bánh quy

- *Xác định hàm lượng GABA*: GABA trong hạt đậu xanh nảy mầm được chiết tách và phân tích theo phương pháp được mô tả bởi Sharma và cs (2018). Dịch trích ly được phối trộn với đệm borat (pH 9.0), phenol 6,0% và natri hypochlorite 9%. Sau đó, đo độ hấp thụ ở bước sóng 645 nm để xác định hàm lượng GABA.
- *Xác định hoạt tính của GAD*: theo phương pháp được mô tả bởi Zhang và cs (2020). Trích ly GAD trong đậu xanh với dung dịch đệm pH 5.5. Dung dịch chiết được phối trộn với đệm pH 5.5 chứa natri glutamate 1% và 0,2 mM Pyridoxal-5-Phosphate, giữ ở 40°C trong 1 giờ. Xác định hàm lượng GABA được giải phóng. Một đơn vị hoạt độ của GAD được định nghĩa là lượng GAD cần để giải phóng ra 1 μ mol GABA trong 1 giờ ở 40°C.
- *Xác định hàm lượng phytate*: Theo mô tả bởi Hailesslassie và cs (2019). Trích ly phytate với HCl 2,4% (v/v). Dung dịch chiết được phối trộn với thuốc thử Wade ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,03% và acid sulfosalicylic 0,3%), đo độ hấp thụ ở 500 nm.

- *Xác định hoạt tính của phytase*: được tính thông qua hàm lượng phosphate theo mô tả của Ou và cs (2011). Phytase được trích ly theo mô tả của Jin và cs (2016), sử dụng đệm pH 5.5. Dịch trích ly được phản ứng với natri phytate 6 mM trong 1 giờ ở 40°C. Xác định hàm lượng phosphate được giải phóng với thuốc thử (gồm amoni molybdate 3%, H₂SO₄ 5 M, acid ascorbic 0,1%), đo độ hấp thụ ở 415 nm. Một đơn vị hoạt độ phytase được định nghĩa là lượng enzyme cần để giải phóng 1 μmol phosphate vô cơ mỗi phút từ natri phytate.

- *Kích thước hạt đậu, bề dày và đường kính bánh quy*: Sử dụng thước kẹp điện tử Mitutoyo với độ chính xác 0,01 mm, theo mô tả của Varnamkhasia và cs (2008).

- *Khối lượng 1000 hạt*: Dùng cân phân tích có độ chính xác 0,0001g. Cân ngẫu nhiên 100 hạt, nhân kết quả cho 10, theo phương pháp của Aremu và cs (2014).

- *Dung trọng*: Sử dụng mối quan hệ giữa khối lượng và thể tích, đổ đầy hạt vào một vật chứa hình trụ có thể tích 500 mL từ độ cao 150 mm với tốc độ không đổi, sau đó cân lượng chứa bên trong, theo phương pháp của Aremu và cs (2014).

- *Độ dày (H) và đường kính (D) của bánh quy*: Xác định theo mô tả của Cervini và cs (2021), đo ở 3 vị trí khác nhau của 3 chiếc bánh quy được chọn ngẫu nhiên. Tỷ lệ lan rộng (SR) được xác định bằng công thức $SR = \frac{D}{H}$.

- *Độ giảm khối lượng (BL) của bánh*: Xác định bằng cách cân 12 bánh chọn ngẫu nhiên trước và sau khi nướng, theo mô tả của Schmelter và cs (2021).

- *Màu sắc bề mặt của bánh quy*: Xác định bằng cách sử dụng máy đo màu Minolta CR410 (Konica Minolta, Nhật Bản) theo phương pháp của Cervini và cs (2021), 3 lần đọc cho 3 bánh quy được chọn ngẫu nhiên.

- *Độ cứng của bánh quy*: Sử dụng máy đo cấu trúc (CT3, Brookfield, USA) theo phương pháp được mô tả bởi Simons & Hall III (2017), sử dụng đầu dò hình trụ bằng thép không gỉ 6 mm (TA 41).

- *Đánh giá cảm quan bánh quy*: Sử dụng phép thử thị hiếu 60 thành viên, dựa theo mô tả của Nguyen và cs (2021). Người thử đánh giá trạng thái bề ngoài, cấu trúc, vị, mùi và khả năng chấp nhận tổng thể của bánh quy trên thang điểm 9, với điểm 1 (cực kỳ không thích) đến điểm 9 (cực kỳ thích).

- *Xác định thời gian hạt bắt đầu nảy mầm*: Tiêu chí để xác định nảy mầm là quan sát được phần rễ chồi nhô ra khỏi vỏ hạt. Thí nghiệm nảy mầm được thực hiện lặp 3 lần với 50 hạt được sử dụng để nảy mầm, theo mô tả của Khan và cs (2014).
- *Xác định thời gian 50% hạt nảy mầm (T50)*: Thời gian để 50% số hạt giống nảy mầm và được tính bằng phép nội suy tuyến tính từ 2 giá trị gần thời điểm T50, theo mô tả của Khan và cs (2014).
- *Tỷ lệ nảy mầm sau 24 giờ*: Được tính theo %, từ số hạt nảy mầm so với tổng số hạt ban đầu sau 24 giờ kể từ lúc bắt đầu giai đoạn nảy mầm.
- *Mức độ hao hụt chất khô (%)* được tính dựa trên sự chênh lệch giữa khối lượng chất khô của hạt đậu xanh chưa nảy mầm và hạt đã nảy mầm.
- *Xác định các thành phần acid amin, thành phần dinh dưỡng, kim loại nặng và vi sinh vật*: Mẫu được phân tích bởi phòng thí nghiệm tiêu chuẩn của BVAQ và Công ty TNHH Khoa học và Công nghệ Sài Gòn.

2.3.4. Xử lý số liệu

Số liệu thí nghiệm được trình bày dưới dạng kết quả trung bình của 3 lần đo \pm độ lệch chuẩn, xử lý bằng Microsoft Excel. Phân tích phương sai một yếu tố ANOVA dùng để kiểm định sự khác biệt giữa các giá trị đo theo Turkey's ở mức ý nghĩa $P \leq 0.05$, xử lý bằng phần mềm Statgraphics Centurion XV.

CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Đặc điểm các hạt đậu từ các giống đậu xanh khác nhau: Thành phần dinh dưỡng, kháng dinh dưỡng, đặc điểm vật lý và khả năng nảy mầm

Bảng 3.1 cho thấy mẫu MB3 (giống DX208) chứa hàm lượng tinh bột, carbohydrate, phytate và tannin thấp nhất. Trong khi, hàm lượng protein và tro cao nhất, hàm lượng các thành phần còn lại (chất béo, đường tổng và xơ thô) thuộc nhóm trung bình. Mẫu DX208 không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P \leq 0,05$) về hàm lượng protein thô với mẫu MB5 (giống KPS1) và mẫu MB6 (giống V123); Hàm lượng tro với mẫu MB8 (giống DX044); Hàm lượng tinh bột

với mẫu MB6 (giống V123); Hàm lượng carbohydrate với mẫu MB5 (giống KPS1); Hàm lượng phytate và tannin so với mẫu MB2 (giống DXVN7).

Bảng 3.1 Thành phần dinh dưỡng và kháng dinh dưỡng của hạt từ 8 giống đậu xanh^{1,2}

Mẫu	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5	MB6	MB7	MB8
Độ ẩm*	10,1 ^a ±0,1	10,3 ^{ab} ±0,3	10,2 ^a ±0,3	11,9 ^d ±0,1	11,4 ^c ±0,2	11,8 ^d ±0,2	10,7 ^b ±0,4	11,5 ^{cd} ±0,4
Protein	24,4 ^c ± 0,1	23,3 ^b ± 0,3	25,6 ^{de} ± 0,1	24,6 ^c ± 0,1	25,9 ^e ± 0,3	25,4 ^d ± 0,1	22,8 ^a ± 0,3	23,4 ^b ±0,3
Chất béo	1,96 ^c ±0,03	1,69 ^a ±0,01	1,93 ^c ±0,02	1,73 ^a ±0,03	1,95 ^c ±0,05	1,83 ^b ±0,01	2,03 ^d ±0,05	2,11 ^e ±0,04
HC	71,8 ^c ± 0,1	73,4 ^e ± 0,3	70,5 ^a ± 0,1	71,9 ^c ± 0,1	70,3 ^a ± 0,4	70,9 ^b ± 0,2	73,5 ^e ±0,3	72,5 ^d ±0,3
Tro	1,79 ^{bc} ±0,03	1,65 ^a ±0,03	1,97 ^e ±0,03	1,77 ^b ±0,05	1,87 ^d ±0,03	1,85 ^{cd} ±0,04	1,73 ^b ±0,03	2,00 ^e ±0,06
Đường	4,42 ^b ±0,02	5,45 ^e ±0,04	4,98 ^c ± 0,05	4,14 ^a ±0,02	5,68 ^f ±0,02	6,09 ^g ±0,02	5,41 ^e ±0,03	5,06 ^d ±0,03
Xơ thô	17,2 ^{bcd} ±0,3	18,0 ^c ± 0,1	17,3 ^{cd} ± 0,2	16,6 ^c ± 0,2	17,8 ^d ±0,1	17,4 ^d ± 0,1	17,1 ^{bc} ±0,2	17,1 ^b ±0,1
Tinh bột	41,9 ^b ± 0,2	42,4 ^c ± 0,2	40,4 ^a ± 0,1	42,1 ^{bc} ±0,3	43,9 ^d ±0,2	40,6 ^a ± 0,3	44,0 ^d ±0,2	44,3 ^e ±0,2
Phytate*	454,3 ^d ±3,4	396,3 ^a ±1,8	393,0 ^a ±1,7	468,4 ^e ±3,4	486,6 ^f ±5,0	419,4 ^b ±3,5	425,2 ^b ±4,1	442,1 ^c ±4,4
Tannin*	210,5 ^e ±2,0	172,0 ^a ±2,0	175,5 ^d ±2,5	250,6 ^e ±2,6	265,4 ^f ±2,7	226,1 ^d ±3,3	230,0 ^d ±3,8	204,4 ^b ±2,0

¹Các chữ cái sau số liệu khác nhau thể hiện sự khác nhau đáng kể trong cùng cột, $P \leq 0,05$

²MB1, MB2, MB3, MB4, MB5, MB6, MB7, MB8 tương ứng với giống đậu xanh TN182, DXVN7, DX208, DX14, KPS1, V123, T135, DX044.

Theo bảng 3.2, các hạt đậu xanh giống DX208 có các kích thước lớn nhất. Kích thước hạt ảnh hưởng đến tỷ lệ nảy mầm, hạt lớn hơn có khả năng chống lại điều kiện môi trường khắc nghiệt tốt hơn. Khối lượng 1000 hạt và dung trọng hạt đậu giống DX208 có giá trị cao nhất, do đó khối hạt của giống DX208 có sự tích lũy chất khô lớn, có phẩm chất cao và phù hợp cho nảy mầm với hiệu suất cao.

Bảng 3.1 Đặc điểm hình thái và kích thước của các hạt từ 8 giống đậu xanh

Mẫu	Hình thái	Chiều dài (mm)	Chiều rộng (mm)	Chiều dày (mm)	Dung trọng (g/L)	Khối lượng 1000 hạt (g)
MB1	Xanh sẫm, vỏ bóng, hạt to, hình trụ, ruột vàng nhạt	5,74 ^g ±0,02	4,24 ^e ±0,02	4,02 ^e ±0,06	812,8 ^d ±7,2	67,6 ^f ±0,4
MB2	Xanh mờ, vỏ mốc, hạt nhỏ, hình trụ, ruột vàng nhạt	4,26 ^a ±0,03	3,27 ^a ±0,04	3,17 ^a ±0,05	762,9 ^a ±1,6	51,0 ^a ±0,3
MB3	Xanh sẫm, vỏ bóng, hạt to, hình trụ, ruột vàng nhạt	6,00 ^b ±0,06	4,25 ^{ef} ±0,05	4,15 ^f ±0,04	820,8 ^e ±6,0	75,8 ^g ±0,2
MB4	Xanh sẫm, vỏ bóng, hạt to trung bình, hình trụ, ruột vàng nhạt	5,24 ^d ±0,04	3,71 ^c ±0,05	3,55 ^c ±0,02	800,3 ^c ±6,1	60,5 ^d ±0,1
MB5	Xanh sẫm, vỏ bóng, hạt nhỏ, hình trụ, ruột vàng nhạt	5,08 ^c ±0,05	4,34 ^f ±0,03	3,92 ^d ±0,03	778,2 ^b ±3,6	58,7 ^e ±0,2
MB6	Xanh mờ, vỏ mốc, hạt to trung bình, hình oval, ruột vàng	5,68 ^f ±0,02	4,31 ^{ef} ±0,03	4,24 ^f ±0,02	806,0 ^{cd} ±3,3	62,2 ^e ±0,1
MB7	Xanh mờ, vỏ mốc, hạt to trung bình, hình trụ, ruột vàng	5,60 ^e ±0,04	4,11 ^d ±0,03	3,99 ^e ±0,04	782,5 ^b ±1,9	62,1 ^e ±0,2
MB8	Xanh vàng, vỏ bóng, hạt nhỏ, hình bầu dục, ruột vàng	4,36 ^b ±0,03	3,33 ^b ±0,03	3,28 ^b ±0,04	780,6 ^b ±3,9	57,0 ^b ±0,2

Các chữ cái sau số liệu khác nhau thể hiện sự khác nhau đáng kể trong cùng cột, $P \leq 0,05$

Theo bảng 3.3, các giống đậu mới lai tạo (giống TN182, DXVN7, DX208, DX14) xuất hiện mầm nhanh hơn 4 giống đậu xanh cũ còn lại, đặc biệt với

DX208 và TN182. Thời gian 50% hạt nảy mầm và tỷ lệ nảy mầm của 4 giống mới cũng tốt hơn.

Bảng 3.2 Khả năng nảy mầm của hạt từ 8 giống đậu

Mẫu	Thời gian bắt đầu nảy mầm (giờ)	Thời gian 50% hạt nảy mầm (giờ)	Tỷ lệ nảy mầm sau 24 giờ (%)
MB1	5,69 ^b ± 0,13	8,27 ^b ± 0,16	95,1 ^g ± 0,3
MB2	10,32 ^d ± 0,09	15,46 ^d ± 0,24	88,0 ^e ± 0,4
MB3	4,33 ^a ± 0,08	5,35 ^a ± 0,07	99,7 ^h ± 0,3
MB4	8,11 ^c ± 0,21	10,50 ^c ± 0,22	90,7 ^f ± 0,6
MB5	17,72 ^h ± 0,13	21,73 ^h ± 0,24	80,1 ^a ± 0,4
MB6	11,42 ^e ± 0,30	17,16 ^e ± 0,09	86,4 ^d ± 0,2
MB7	12,86 ^f ± 0,10	18,18 ^f ± 0,24	83,2 ^c ± 0,3
MB8	15,33 ^g ± 0,17	20,70 ^g ± 0,17	81,6 ^b ± 0,2

Các chữ cái sau số liệu khác nhau thể hiện sự khác nhau đáng kể trong cùng cột, P ≤ 0,05

Kết luận, giống đậu xanh

DX208 có kích thước hạt, dung trọng và khối lượng 1000 hạt lớn nhất, có thành phần dinh dưỡng cao (đặc biệt, hàm lượng protein và tro cao nhất) và thành phần kháng dinh dưỡng (phytate và tannin) thấp nhất.

Giống DX208 có tỷ lệ nảy mầm cao nhất với thời gian nảy mầm ngắn nhất. Do đó, giống DX208 được lựa chọn làm nguyên liệu để có thể sản xuất được hạt đậu xanh nảy mầm và được sử dụng cho các khảo sát tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của thời gian nảy mầm đến sự thay đổi hàm lượng của các thành phần dinh dưỡng trong hạt đậu xanh nảy mầm

Các thông số ngâm được cố định trong khảo sát này gồm: Tỷ lệ hạt và dịch ngâm là 1: 3 (g/mL), ngâm trong 3 giờ ở 35°C. Sau đó nảy mầm hạt trong 10 giờ.

Bảng 3.3 Sự thay đổi hàm lượng của các thành phần dinh dưỡng theo thời gian nảy mầm

Thời gian (giờ)	Độ ẩm (%)	Độ tổn thất chất khô (%)	Protein (% , d.b)	HC (% , d.b)	Chất béo (% , d.b)	Tro (% , d.b)
0	53,3 ^a ± 0,1	1,07 ^a ± 0,14	25,2 ^a ±0,1	70,9 ^f ± 0,1	1,72 ^g ± 0,01	2,22 ^a ± 0,05
2	58,7 ^b ± 0,1	1,60 ^b ± 0,16	25,4 ^{bc} ±0,1	70,7 ^e ± 0,1	1,61 ^f ± 0,02	2,34 ^b ± 0,03
4	60,2 ^c ± 0,1	3,07 ^c ± 0,12	25,6 ^{bc} ±0,1	70,4 ^d ± 0,1	1,50 ^e ± 0,03	2,44 ^c ± 0,02
6	61,4 ^d ± 0,1	4,13 ^d ± 0,08	25,9 ^c ±0,1	70,1 ^c ± 0,1	1,43 ^d ± 0,01	2,58 ^d ± 0,01
8	62,7 ^e ± 0,2	5,47 ^e ± 0,22	26,5 ^d ±0,1	69,4 ^b ± 0,1	1,37 ^c ± 0,01	2,74 ^e ± 0,02
10	63,7 ^f ± 0,1	7,16 ^f ± 0,15	26,6 ^d ±0,3	69,3 ^{ab} ± 0,2	1,29 ^b ± 0,03	2,83 ^f ± 0,02
12	64,5 ^g ± 0,1	8,60 ^g ± 0,09	26,8 ^d ±0,2	69,1 ^a ± 0,1	1,20 ^a ± 0,03	2,92 ^g ± 0,03

Các chữ cái sau số liệu khác nhau thể hiện sự khác nhau đáng kể trong cùng cột, P ≤ 0,05

Theo bảng 3.4, kéo dài thời gian nảy mầm làm tăng độ ẩm và mức độ tổn thất chất khô. Sự hút nước của hạt đậu khô khi ngâm và nảy mầm làm tăng độ ẩm, trong khi sự giảm chất khô có thể do các chuyển hóa sinh lý dưới sự xúc tác của các enzyme nội sinh đã được kích hoạt khi hạt nảy mầm, để phân giải các đại phân tử dự trữ thành các đơn phân và cung cấp năng lượng cho hoạt động sống. Trong đó, chất béo và carbohydrate được sử dụng như nguồn năng lượng ưu tiên

cho này mầm, do đó, hàm lượng giảm xuống theo thời gian. Sự giảm khối lượng chất khô có thể là nguyên nhân làm tăng hàm lượng tro và protein thô.

Bảng 3.4 Sự thay đổi hoạt tính protease và hàm lượng của các hợp chất chứa nitơ trong hạt đậu xanh theo thời gian nảy mầm

Thời gian (giờ)	Hoạt tính protease (U/mg, d.b)	Nitơ amin tự do (mg/kg, d.b)	Nitơ protein (% , d.b)	Nitơ phi protein (% , d.b)
0	0,66 ^a ± 0,01	960,4 ^a ± 14,3	3,59 ^c ± 0,02	0,44 ^a ± 0,01
2	0,76 ^b ± 0,03	1550,5 ^b ± 17,3	3,55 ^{de} ± 0,03	0,50 ^b ± 0,01
4	0,90 ^c ± 0,01	2249,9 ^c ± 32,9	3,51 ^d ± 0,03	0,60 ^c ± 0,01
6	1,08 ^d ± 0,01	2785,1 ^d ± 36,6	3,36 ^c ± 0,04	0,80 ^d ± 0,03
8	1,33 ^e ± 0,01	3335,1 ^e ± 40,2	3,20 ^b ± 0,03	1,04 ^e ± 0,01
10	1,49 ^f ± 0,01	3171,6 ^f ± 39,3	3,15 ^b ± 0,05	1,10 ^f ± 0,02
12	1,56 ^g ± 0,02	3074,4 ^g ± 25,4	3,07 ^a ± 0,02	1,21 ^e ± 0,01

Các chữ cái sau số liệu khác nhau thể hiện sự khác nhau đáng kể trong cùng cột, $P \leq 0,05$

Theo bảng 3.5, có sự tương quan thuận giữa hoạt tính protease và hàm lượng acid amin tự do, do acid amin tự do được tạo thành từ protein dưới sự xúc tác của protease. Hoạt tính protease tăng theo thời gian, đạt giá trị tối đa sau 12 giờ nảy mầm, hàm lượng acid amin tự do tăng dần và đạt cực đại sau 8 giờ. Nảy mầm lâu hơn, hàm lượng acid amin tự do giảm nhẹ, có thể do các acid amin được sử dụng để tổng hợp các protein mới cần cho cây con phát triển. Hàm lượng nitơ protein giảm theo thời gian, trong khi hàm lượng nitơ phi protein tăng lên.

Bảng 3.5 Sự thay đổi hoạt tính amylase và hàm lượng của các hợp chất carbohydrate trong hạt đậu xanh theo thời gian nảy mầm

Thời gian (giờ)	Hoạt tính amylase (U/g, d.b)	Tinh bột (% , d.b)	Đường khử (% , d.b)	Đường tổng (% , d.b)
0	2,76 ^a ± 0,05	40,3 ^e ± 0,1	0,83 ^a ± 0,01	4,71 ^e ± 0,05
2	4,84 ^b ± 0,08	39,9 ^f ± 0,2	0,91 ^b ± 0,01	4,26 ^f ± 0,02
4	6,87 ^c ± 0,10	39,2 ^c ± 0,2	1,04 ^c ± 0,03	3,73 ^c ± 0,03
6	8,82 ^d ± 0,08	38,7 ^d ± 0,2	1,15 ^d ± 0,02	3,32 ^d ± 0,02
8	11,15 ^e ± 0,05	38,1 ^c ± 0,2	1,32 ^e ± 0,02	2,93 ^c ± 0,02
10	13,12 ^f ± 0,08	37,6 ^b ± 0,3	1,40 ^f ± 0,03	2,82 ^b ± 0,03
12	14,95 ^g ± 0,05	36,9 ^a ± 0,3	1,48 ^g ± 0,03	2,71 ^a ± 0,03

Các chữ cái sau số liệu khác nhau thể hiện sự khác nhau đáng kể trong cùng cột, $P \leq 0,05$

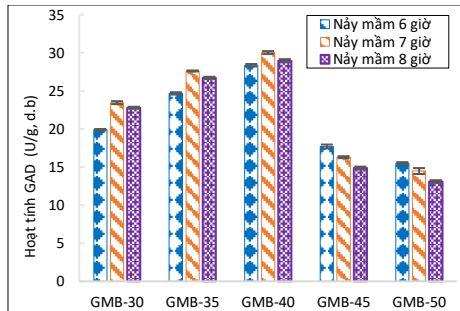
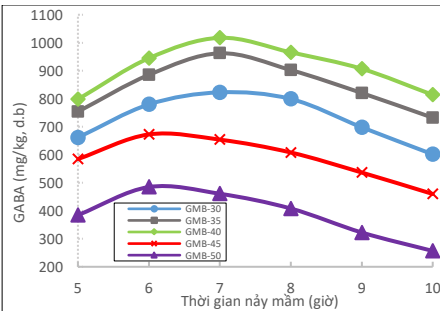
Theo bảng 3.6, hàm lượng tinh bột giảm dần theo thời gian nảy mầm, trong khi, hàm lượng đường khử và hoạt tính amylase tăng lên. Hoạt động của amylase tỷ lệ thuận với hàm lượng đường khử và tỷ lệ nghịch với hàm lượng tinh bột, phù hợp với chức năng thủy phân tinh bột giải phóng đường khử của amylase. Thành phần carbohydrate trong hạt đậu xanh gồm monosaccharides, disaccharides, oligosaccharide. Trong đó, nhóm oligosaccharides chiếm tỷ lệ lớn nhất. Do đó,

giảm hàm lượng oligosaccharides góp phần chính làm giảm tổng hàm lượng đường. Hàm lượng đường tổng giảm xuống theo thời gian nảy mầm, thấp nhất sau 12 giờ nảy mầm, do oligosaccharides bị thủy phân với galactosidase xúc tác.

Kết luận: Amylase tăng hoạt động theo thời gian nảy mầm, tương ứng với hàm lượng đường khử tăng và hàm lượng tinh bột giảm. Protease cũng tăng cường hoạt động theo thời gian nảy mầm, tương ứng với hàm lượng acid amin tự do và nitơ phi protein tăng, hàm lượng nitơ protein giảm. Ngoài ra, độ ẩm, hàm lượng protein thô, tro và mức độ hao hụt chất khô càng tăng khi càng kéo dài thời gian nảy mầm. Xu hướng ngược lại cho hàm lượng carbohydrate, đường tổng và chất béo. Nảy mầm 8 giờ giúp hạt đậu xanh có hàm lượng acid amin tự do cao.

3.3. Ảnh hưởng của điều kiện ngâm và thời gian nảy mầm đến sự thay đổi hàm lượng của GABA và phytate, hoạt tính của GAD và phytase

3.3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ nước ngâm và thời gian nảy mầm đến sự thay đổi hàm lượng của GABA và phytate, hoạt tính của GAD và phytase



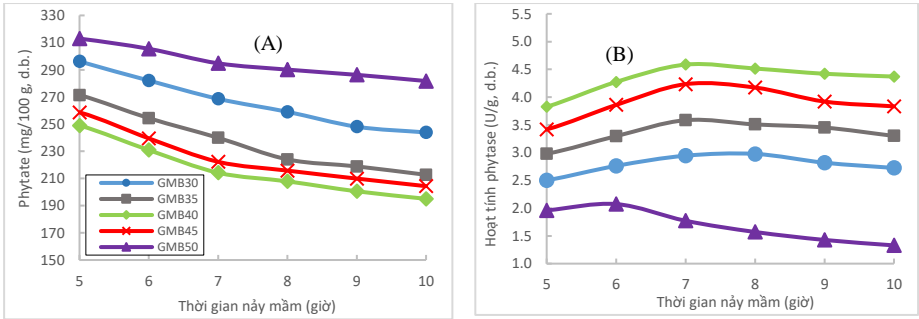
Hình 3.1 Sự thay đổi hàm lượng của GABA theo thời gian nảy mầm sau khi ngâm đậu trong nước với nhiệt độ ngâm khác nhau

Hình 3.2 Sự thay đổi hoạt tính của GAD trong hạt đậu xanh nảy mầm 6, 7 và 8 giờ sau khi ngâm nước ở các nhiệt độ ngâm khác nhau

GMB-30, GMB-35, GMB-40, GMB-45 và GMB-50 tương ứng với mẫu đậu xanh nảy mầm sau khi ngâm với nước ở 30°C, 35°C, 40°C, 45°C và 50°C

Theo hình 3.1 và 3.2, khi nhiệt độ ngâm tăng từ 30°C đến 40°C, hạt đậu xanh có hàm lượng GABA và hoạt tính GAD tăng lên. Khi nhiệt độ cao hơn (45 và 50°C), hàm lượng GABA tích tụ và hoạt tính GAD giảm lại. Khả năng hoạt động của GAD và các phản ứng trao đổi chất khác khi nảy mầm là nguyên nhân làm thay đổi hàm lượng GABA. GAD trong hạt đậu xanh ở nghiên cứu này hoạt động ở 30 – 40°C và tối ưu ở 40°C. Hoạt tính GAD tăng lên khi kéo dài thời gian nảy

mầm từ 6 giờ lên 7 giờ và giảm nhẹ khi nảy mầm 8 giờ. Hàm lượng GABA tăng theo thời gian và đạt tối đa sau 7 giờ nảy mầm, kéo dài thêm thời gian nảy mầm, hàm lượng GABA giảm dần, có thể do GABA được sử dụng làm nguyên liệu để sinh tổng hợp các tế bào và cơ quan mới cho cây con.



Hình 3.3 Sự thay đổi hàm lượng phytate (hình A) và hoạt tính phytase (hình B) trong hạt đậu xanh nảy mầm sau khi ngâm đậu ở các nhiệt độ khác nhau

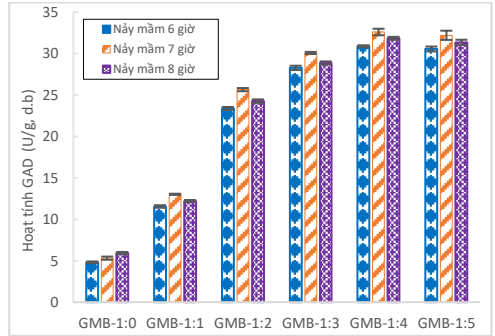
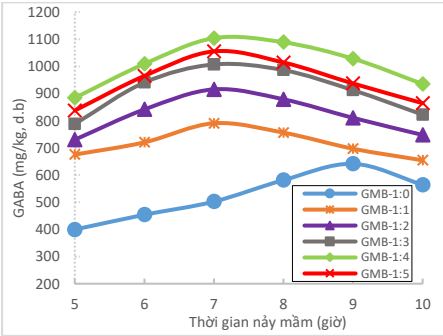
Theo hình 3.3, hàm lượng phytate trong tất cả các mẫu đậu đều giảm dần theo thời gian nảy mầm, bất kể giá trị nhiệt độ ngâm. Thời gian nảy mầm là một trong những yếu tố quan trọng quyết định hiệu quả của quá trình phân giải phytate, nảy mầm càng lâu thì phytase hoạt động càng mạnh. Khi nhiệt độ nước ngâm tăng từ 30°C đến 40°C, hạt nảy mầm có hàm lượng phytate giảm dần, tương ứng với hoạt tính phytase tăng dần và đạt cực đại sau 7 giờ nảy mầm. Tuy nhiên, khi nhiệt độ nước ngâm cao hơn, phytate vẫn được loại bỏ hiệu quả với những mẫu đậu đã ngâm ở 45°C, nhưng hàm lượng phytate trong hạt cao nhất với nhiệt độ ngâm 50°C. Hoạt động của phytase giảm nhẹ khi ngâm ở 45°C và giảm nhanh với 50°C.

Tóm lại, để thu được hạt đậu xanh nảy mầm có hàm lượng GABA cao và phytate còn lại thấp, hạt được chọn ngâm trong nước ở 40°C và nảy mầm trong 7 giờ.

3.3.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ đậu: nước (g/mL) và thời gian nảy mầm đến sự thay đổi hàm lượng của GABA và phytate, hoạt tính của GAD và phytase

Theo hình 3.4 và 3.5, hàm lượng GABA và hoạt tính GAD tăng lên khi tăng lượng nước ngâm từ tỷ lệ 1: 1 lên 1: 4 (g/mL). Mẫu đậu không ngâm nước có hoạt tính GAD rất thấp, hạt cần nước ngâm cho GAD hoạt động vì hệ enzyme nội sinh chỉ được kích hoạt khi hạt hút đủ nước. Tương ứng với xu hướng thay

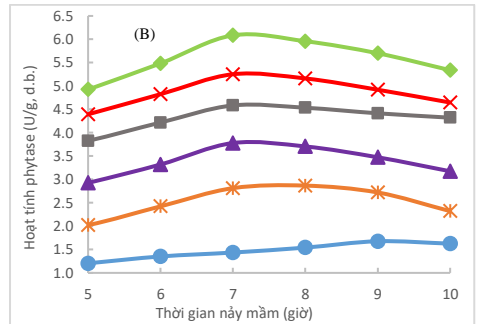
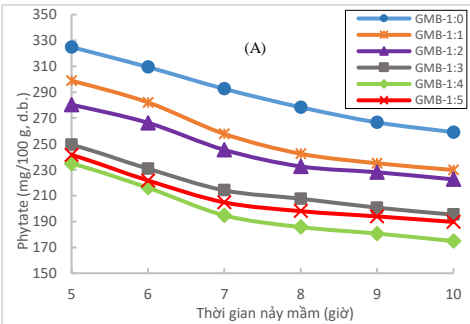
đổi của hàm lượng GABA theo thời gian nảy mầm, hoạt tính GAD tăng dần khi kéo dài thời gian nảy mầm từ 6 đến 7 giờ, không phụ thuộc lượng nước sử dụng.



Hình 3.4 Sự thay đổi hàm lượng GABA sau khi ngâm đậu với lượng nước khác nhau

Hình 3.5 Sự thay đổi hoạt tính GAD sau khi ngâm đậu với tỷ lệ nước khác nhau

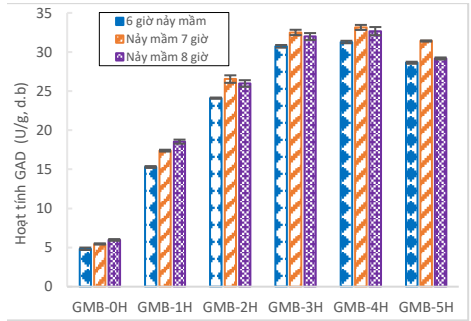
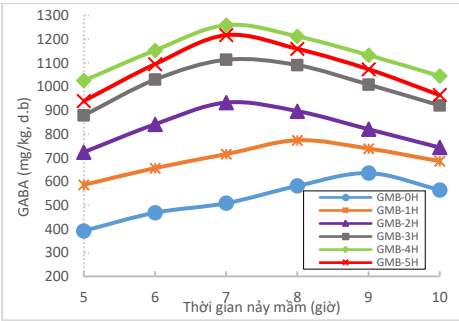
GMB-1:0, GMB-1:1, GMB-1:2, GMB-1:3, GMB-1:4 và GMB-1:5 tương ứng với mẫu đậu xanh đã ngâm nước với tỷ lệ đậu: nước lần lượt 1:0, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 và 1:5, (g/mL)



Hình 3.4 Sự thay đổi hàm lượng phytate (hình A) và hoạt tính phytase (hình B) trong hạt đậu xanh theo thời gian nảy mầm sau khi ngâm đậu với các lượng nước khác nhau

Theo hình 3.6, hàm lượng phytate luôn giảm theo thời gian, bất kể tỷ lệ nước ngâm sử dụng. Tại cùng thời điểm nảy mầm, khi tỷ lệ nước ngâm tăng từ 1: 0 đến 1: 4 (g/mL), hàm lượng phytate trong hạt nảy mầm giảm dần. Khi tăng thêm lượng nước ngâm (tỷ lệ 1: 5, g/mL), hiệu quả loại bỏ phytate thấp hơn so với tỷ lệ 1: 4 (g/mL), lượng nước cao có thể gây chết tế bào do trương phồng quá mức. Tóm lại, chọn ngâm đậu xanh trong nước với tỷ lệ hạt: nước là 1: 4 (g/mL) ở 40°C và nảy mầm trong 7 giờ, hàm lượng phytate còn lại thấp (194,7 mg/100 g, d.b), trong khi hoạt tính phytase cao nhất (6,08 U/g, d.b).

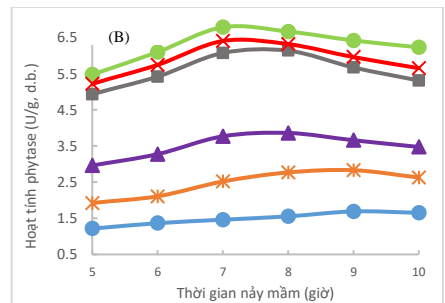
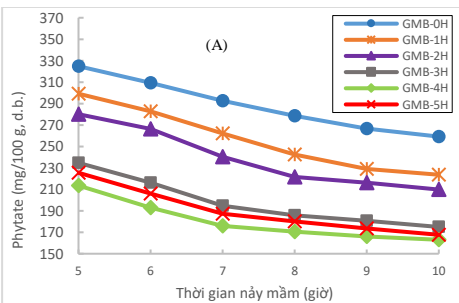
3.3.3. Ảnh hưởng của thời gian ngâm và thời gian nảy mầm đến sự thay đổi hàm lượng của GABA và phytate, hoạt tính của GAD và phytase



Hình 3.5 Sự thay đổi hàm lượng GABA sau khi ngâm đậu trong nước với thời gian khác nhau GMB-0H, GMB-1H, GMB-2H, GMB-3H, GMB-4H và GMB-5H tương ứng với các mẫu đậu xanh đã ngâm nước lần lượt trong 0, 1, 2, 3, 4 và 5 giờ

Hình 3.6 Sự thay đổi hoạt tính GAD sau khi ngâm đậu với các thời gian khác nhau

Theo hình 3.7 và 3.8, kéo dài thời gian nảy mầm, hàm lượng GABA tăng nhanh và đạt cực đại sau 7 giờ nảy mầm với những mẫu đã ngâm nước trong 2 đến 5 giờ, sau 8 giờ với mẫu đã ngâm nước 1 giờ và sau 9 giờ nảy mầm với mẫu không ngâm nước. Hàm lượng GABA và hoạt tính GAD tăng dần khi kéo dài thời gian ngâm đậu xanh từ 0 lên 4 giờ. Kết quả này cho thấy thời gian ngâm dài tạo điều kiện thuận lợi cho hạt hút nước và sự hoạt động của hệ enzyme nội sinh, quá trình sinh tổng hợp GABA với sự xúc tác của GAD cũng diễn ra mạnh hơn.

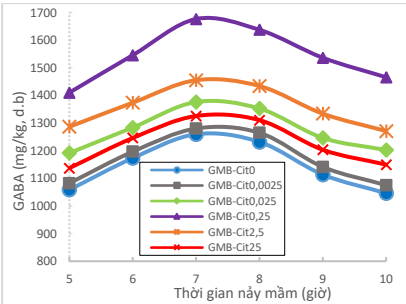


Hình 3.7 Sự thay đổi hàm lượng phytate (hình A) và hoạt tính phytase (hình B) trong hạt đậu xanh theo thời gian nảy mầm sau khi ngâm đậu với các thời gian khác nhau

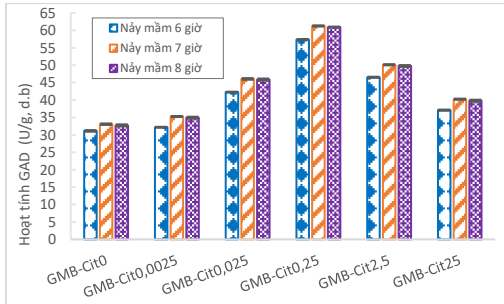
Theo hình 3.9, khi tăng thời gian ngâm đậu từ 0 đến 4 giờ, hàm lượng phytate giảm dần. Khi tăng đến 5 giờ ngâm, hàm lượng phytate tăng nhẹ. Phytase hầu như không hoạt động khi hạt đậu không hút đủ nước, do đó hàm lượng phytate trong mẫu GMB-0H giảm rất ít theo thời gian và hoạt tính phytase rất thấp.

Kết luận về điều kiện ngâm đậu trong nước: Để thu nhận được hạt đậu nảy mầm chứa hàm lượng GABA cao và hàm lượng phytate còn lại thấp, chọn điều kiện ngâm đậu trong nước gồm thời gian ngâm 4 giờ ở 40°C với tỷ lệ đậu: nước ngâm là 1: 4 (g/mL). Hạt đậu xanh nảy mầm 7 giờ có hàm lượng GABA và hoạt tính GAD cao nhất, lần lượt 1259,5 (mg/kg, d.b) và 33,1 (U/g, d.b). Hoạt tính phytase cao nhất (6,79 U/g, d.b) và hàm lượng phytate thấp (176,0 mg/100 g, d.b).

3.3.4. Ảnh hưởng của nồng độ acid citric và thời gian nảy mầm đến sự thay đổi hàm lượng của GABA và phytate, hoạt tính của GAD và phytase

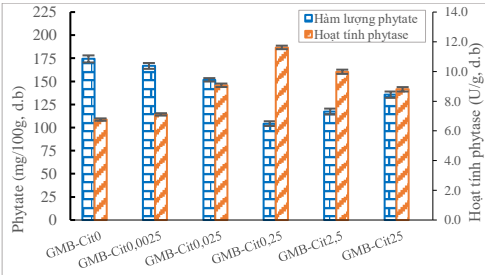


Hình 3.8 Sự thay đổi hàm lượng GABA trong hạt đậu xanh sau khi ngâm hạt trong acid citric với nồng độ khác nhau



Hình 3.9 Sự thay đổi hoạt tính GAD trong hạt nảy mầm 6, 7 và 8 giờ sau khi ngâm đậu trong acid citric nồng độ khác nhau

GMB-Cit0; GMB-Cit0,0025; GMB-Cit0,025; GMB-Cit0,25; GMB-Cit2,5 và GMB-Cit25 tương ứng với các mẫu đã ngâm trong acid citric có nồng độ lần lượt 0; 0,0025; 0,025; 0,25; 2,5 và 25 mg/L



Hình 3.10 Sự thay đổi hàm lượng phytate và hoạt tính phytase trong đậu xanh nảy mầm 7 giờ sau khi ngâm trong acid citric có nồng độ khác nhau

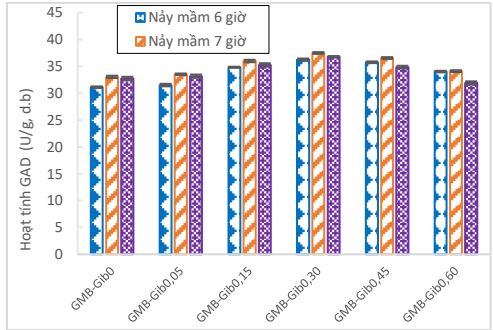
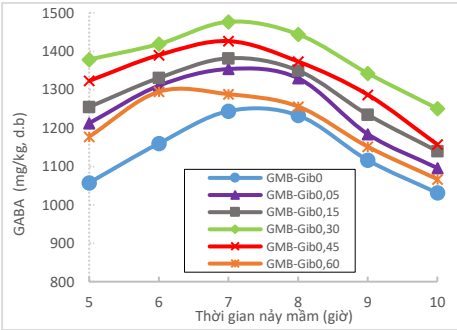
Theo hình 3.10 và 3.11, hàm lượng GABA và hoạt tính GAD có mối tương quan thuận và tăng dần theo thời gian nảy mầm, đạt cao nhất sau 7 giờ nảy mầm. Khi nước ngâm được acid hóa bởi ACit với nồng độ tăng dần từ 0 đến 0,25 mg/L, hàm lượng GABA và hoạt tính GAD tăng

dần và đạt cực đại trong những mẫu đã ngâm trong ACit nồng độ 0,25 mg/L. Khi tăng thêm nữa độ acid, hàm lượng GABA và hoạt tính GAD giảm dần.

Theo hình 3.12, mức độ gia tăng hoạt động của phytase tương ứng với tốc độ biến mất của phytate trong hạt đậu xanh nảy mầm. Phytase hoạt động mạnh nhất

và hàm lượng phytate còn lại thấp nhất trong mẫu đậu nảy mầm 7 giờ đã ngâm trong dung dịch ACit 0,25 mg/L.

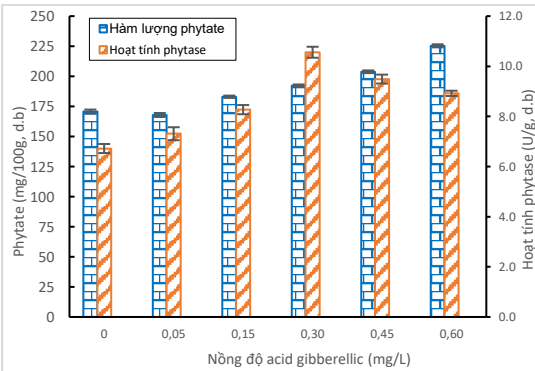
3.3.5. Ảnh hưởng của nồng độ acid gibberellic trong nước và thời gian nảy mầm đến sự thay đổi của GABA và phytate, hoạt tính của GAD và phytase



Hình 3.11 Sự thay đổi hàm lượng GABA sau khi ngâm đậu trong nước bổ sung acid gibberellic nồng độ khác nhau

Hình 3.12 Sự thay đổi hoạt tính GAD trong hạt nảy mầm 6, 7 và 8 giờ sau khi ngâm đậu trong acid gibberellic nồng độ khác nhau

GMB-Gib0; GMB-Gib0,05; GMB-Gib0,15; GMB-Gib0,30; GMB-Gib0,45 và GMB-Gib0,60 tương ứng với mẫu ngâm trong AGib nồng độ lần lượt 0; 0,05; 0,15; 0,30; 0,45 và 0,60 mg/L



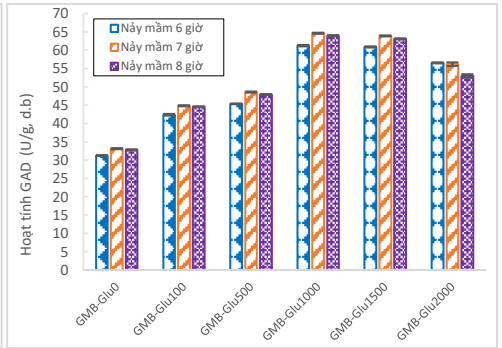
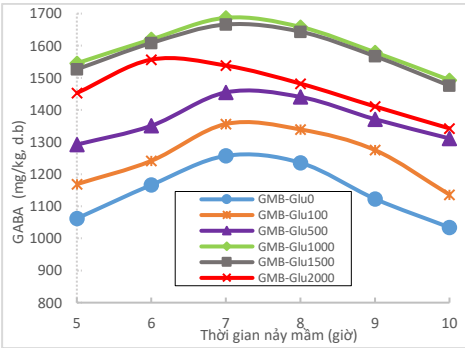
Hình 3.13 Sự thay đổi của hàm lượng phytate và hoạt tính phytase trong đậu xanh nảy mầm 7 giờ sau khi ngâm trong acid gibberellic nồng độ khác nhau

Theo hình 3.13 và 3.14, khi kéo dài thời gian nảy mầm, hàm lượng GABA tăng dần và đạt cực đại sau 6 giờ nảy mầm với mẫu đậu xanh đã ngâm trong AGib 0,6 mg/L và sau 7 giờ nảy mầm với cái mẫu còn lại. Khi tăng nồng độ AGib trong nước ngâm từ 0 đến 0,30 mg/L, hoạt tính GAD tăng nhẹ.

Nồng độ AGib bổ sung vào nước ngâm phù hợp cho hoạt động của GAD và sinh tổng hợp GABA là 0,30 mg/L. Sau 7 giờ nảy mầm, hàm lượng GABA thu được cao nhất (1476,6 mg/kg, d.b) với hoạt tính của GAD (37,5 U/g d.b). Theo hình 3.15, khi nồng độ AGib ngoại sinh trong nước ngâm tăng từ 0 mg/L đến 0,30 mg/L, hoạt tính phytase tăng dần. Khi tăng thêm nồng độ AGib thì hoạt tính của

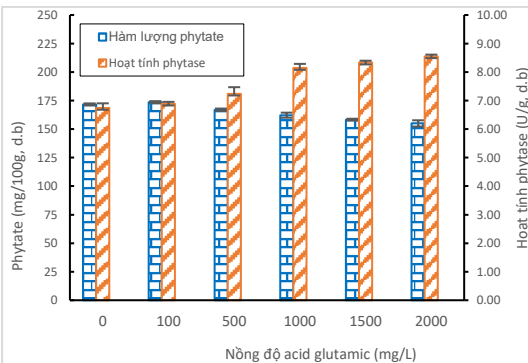
phytase giảm, thấp hơn so với mẫu đã ngâm trong dung dịch AGib 0,3 mg/L. Tuy nhiên, hàm lượng phytate trong những mẫu ngâm nước có bổ sung AGib đều cao hơn mẫu không xử lý với AGib. Do đó, nước ngâm bổ sung AGib với nồng độ 0,3 mg/L phù hợp nhất để tăng cường hoạt động của phytase. Tuy nhiên, AGib gây ảnh hưởng tiêu cực đến hiệu quả loại bỏ phytate.

3.3.6. Ảnh hưởng của nồng độ acid glutamic và thời gian nảy mầm đến sự thay đổi hàm lượng của GABA và phytate, hoạt tính của GAD và phytase



Hình 3.14 Sự thay đổi hàm lượng GABA sau khi ngâm đậu xanh trong nước bổ sung acid glutamic với nồng độ khác nhau GMB-Glu0, GMB-Glu100, GMB-Glu500, GMB-Glu1000, GMB-Glu1500 và GMB-Glu2000 tương ứng với mẫu ngâm trong AGlu nồng độ lần lượt 0; 100; 500; 1000; 1500 và 2000 mg/L

Hình 3.15 Sự thay đổi hoạt tính GAD trong hạt nảy mầm 6, 7 và 8 giờ sau khi ngâm trong acid glutamic với nồng độ khác nhau GMB-Glu0, GMB-Glu100, GMB-Glu500, GMB-Glu1000, GMB-Glu1500 và GMB-Glu2000 tương ứng với mẫu ngâm trong AGlu nồng độ lần lượt 0; 100; 500; 1000; 1500 và 2000 mg/L



Hình 3.16 Sự thay đổi hàm lượng phytate và hoạt tính của phytase trong đậu xanh nảy mầm 7 giờ sau khi ngâm đậu trong acid glutamic nồng độ khác nhau

Theo hình 3.18, khi tăng nồng độ AGlu từ 0 đến 2000 mg/L, hoạt tính phytase tăng nhẹ, đồng thời hàm lượng phytate giảm nhẹ. Tuy nhiên, khi bổ sung AGlu trong nước ngâm với liều lượng thấp (100 mg/L), hàm lượng phytate và hoạt tính phytase không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê so với mẫu đối chứng..

heo hình 3.16, kéo dài thời gian nảy mầm, hàm lượng GABA tăng nhanh và đạt cực đại sau 6 giờ nảy mầm với mẫu đã ngâm trong AGlu 2000 mg/L và sau 7 giờ

nảy mầm với các mẫu còn lại. Theo hình 3.16 và 3.17, hàm lượng GABA và hoạt tính GAD tăng dần khi nồng độ AGlu bổ sung vào nước ngâm tăng từ 0 đến 1000 mg/L. Sau đó giảm khi tăng thêm nồng độ AGlu trong nước. Hàm lượng GABA trong hạt nảy mầm 7 giờ đạt cao nhất (1687,0 mg/kg, d.b), tương ứng với hoạt tính GAD cao nhất (64,6 U/g, d.b) ở mẫu đã ngâm trong AGlu 1000 mg/L.

Khi sử dụng AGlu với liều lượng tăng từ 1000 mg/L đến 2000 mg/L, hoạt tính phytase tăng nhẹ và hàm lượng phytate giảm nhẹ, nhưng không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P \leq 0,05$) giữa mẫu đã ngâm trong AGlu 1500 mg/L và AGlu 1000 mg/L, giữa AGlu 1500 mg/L và AGlu 2000 mg/L. Kết quả này chứng minh rằng dung dịch AGlu ảnh hưởng không đáng kể đến phân giải phytate và mức độ hoạt động của phytase. Sự thay đổi nhỏ trong hàm lượng phytate và hoạt tính phytase có thể đơn giản do giảm khối lượng chất khô khi hạt nảy mầm và sự rò rỉ của phytate hòa tan trong quá trình ngâm và nảy mầm.

Kết luận về ảnh hưởng của điều kiện ngâm và thời gian nảy mầm: Điều kiện ngâm (nhiệt độ, thời gian và tỷ lệ đậu: nước) và thời gian nảy mầm đóng vai trò quan trọng cho tích lũy GABA, phân giải phytate và hoạt động của GAD và phytase. Thông số được chọn gồm tỷ lệ đậu xanh: nước là 1: 4 (g/mL), ngâm 4 giờ ở 40°C và nảy mầm 7 giờ để thu được hạt đậu nảy mầm chứa nhiều GABA và ít phytate. Bổ sung ACit hoặc AGib hoặc AGlu trong nước ngâm có ảnh hưởng tích cực đến hoạt động của GAD và sản xuất GABA, cũng như ảnh hưởng đến hoạt động của phytase và hiệu quả phân giải phytate, tuy nhiên mức độ tác động khác nhau. Nồng độ bổ sung phù hợp lần lượt 0,25 mg/L cho ACit; 0,3 mg/L cho AGib hoặc 1000 mg/L với AGlu. Việc bổ sung ACit vào nước ngâm có hiệu quả hơn hẳn so với sử dụng AGib hoặc AGlu trong việc loại bỏ phytate

3.3.7. So sánh và chọn điều kiện ngâm

Theo bảng 3.7, hàm lượng acid amin trong hạt nảy mầm đã được xử lý với ACit và AGlu cao hơn đáng kể so với đậu xanh nguyên liệu, ngoại trừ hàm lượng tyrosine. Tổng hàm lượng acid amin thiết yếu tăng mạnh. Từ các kết quả này có

thể suy luận rằng điều kiện ngâm khác nhau không chỉ ảnh hưởng đến tích lũy GABA, mà còn ảnh hưởng đến quá trình sản xuất EAA và acid amin khác.

Bảng 3.6 Thành phần acid amin của đậu xanh nguyên liệu và đậu xanh nảy mầm^{1,2,3}

Acid amin	RMB	GMB-Glu1000	GMB-Cit0,25
Histidine	0,90 ^a ± 0,01	1,17 ^b ± 0,01	1,30 ^c ± 0,01
Isoleucine	0,76 ^a ± 0,01	1,11 ^b ± 0,01	1,38 ^c ± 0,01
Leucine	1,83 ^a ± 0,02	2,57 ^b ± 0,03	3,26 ^c ± 0,05
Lysine	2,32 ^a ± 0,02	3,16 ^b ± 0,03	3,89 ^c ± 0,03
Methionine	0,54 ^a ± 0,02	0,70 ^b ± 0,01	0,81 ^c ± 0,01
Phenylalanine	1,30 ^a ± 0,01	2,02 ^b ± 0,02	2,16 ^c ± 0,03
Threonine	0,91 ^a ± 0,01	1,29 ^b ± 0,01	1,61 ^c ± 0,01
Valine	1,16 ^a ± 0,02	2,05 ^b ± 0,01	2,16 ^c ± 0,01
EAA*	9,72 ^a ± 0,01	14,06 ^b ± 0,04	16,56 ^c ± 0,04
Arginine	1,62 ^a ± 0,01	2,48 ^b ± 0,03	2,65 ^c ± 0,02
Acid aspartic	2,27 ^a ± 0,02	3,10 ^b ± 0,03	3,69 ^c ± 0,02
Glycine	0,89 ^a ± 0,01	1,20 ^b ± 0,01	1,53 ^c ± 0,01
Alanine	1,09 ^a ± 0,01	1,58 ^b ± 0,01	1,87 ^c ± 0,02
Acid glutamic	4,29 ^a ± 0,04	5,96 ^b ± 0,04	6,74 ^c ± 0,06
Serine	1,74 ^a ± 0,02	2,37 ^b ± 0,02	2,77 ^c ± 0,04
Tyrosine	0,45 ^b ± 0,01	0,38 ^a ± 0,01	0,43 ^b ± 0,01
Cystine	0,15 ^a ± 0,01	0,19 ^b ± 0,01	0,20 ^b ± 0,01
Proline	0,96 ^a ± 0,01	1,34 ^b ± 0,01	1,38 ^c ± 0,01
GABA	0,004 ^a ± 0,00	0,17 ^b ± 0,01	0,17 ^b ± 0,01
SHLM*	3,76 ^a ± 0,01	5,03 ^b ± 0,03	5,99 ^c ± 0,04
Protein	25,6 ^a ± 0,1	26,0 ^b ± 0,1	26,3 ^b ± 0,2

¹RMB: Đậu xanh khô nguyên liệu; GMB-Glu1000: đậu ngâm trong AGlu 1000 mg/L; GMB-Cit0,25: ngâm trong acid citric 0,25 mg/L

²Tính theo g trong 100 g chất khô

³Các chữ cái sau số liệu khác nhau thể hiện sự khác nhau đáng kể trong cùng hàng, $P \leq 0,05$

*EAA: các acid amin thiết yếu; SHLM: tổng hàm lượng của lysine, histidine và methionine

Mẫu GMB-Cit0,25 có hàm lượng tất cả acid amin khảo sát đều cao hơn với mẫu GMB-Glu1000 và RMB. Ngâm đậu trong ACit 0,25 mg/L giúp hạt đậu xanh nảy mầm 7 giờ tích tụ nhiều acid amin hơn, trong khi hàm lượng GABA không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với mẫu đã ngâm trong AGlu. Do đó, acid citric 0,25 mg/L được chọn để bổ sung vào nước ngâm để thu nhận hạt đậu xanh nảy mầm giàu acid amin.

3.4. Ứng dụng bột đậu xanh nảy mầm vào sản xuất bánh quy không gluten

Hạt đậu xanh nảy mầm 7 giờ được tách vỏ, sấy ở 60°C trong 4 giờ để loại bớt nước và đạt độ ẩm yêu cầu của bột, sau đó nghiền thành bột và rây. Nhằm đánh giá chất lượng của bột đậu xanh nảy mầm (GMF) và đánh giá sự phù hợp của chế độ sấy, thành phần dinh dưỡng và kháng dinh dưỡng trong bột được xác định. Bột GMF hoàn toàn không chứa phytate và tannin trong GMF. Trong khi, hàm lượng GABA trong GMF là 1573,8 (mg/kg, d.b) (giảm khoảng 6% so với mẫu đậu nảy mầm tươi). Ngoài ra, GMF có độ ẩm đạt yêu cầu của sản phẩm bột và có hàm lượng dinh dưỡng cao, giàu protein (27,5% d.b) và tro (2,97%, d.b).

3.4.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ bột đậu xanh nảy mầm sử dụng đến thành phần dinh dưỡng của bột hỗn hợp

GMF có hàm lượng protein cao (27,5 %, d.b) được phối trộn với bột gạo (RF) có hàm lượng protein thấp (6,0 %, d.b) sao cho hàm lượng protein trong bột hỗn hợp đạt giá trị lần lượt 6, 9, 12, 15, 18 và 21%, tương ứng với việc thay thế RF bằng GMF với tỷ lệ lần lượt là 0%, 15%, 30%, 45%, 60% và 75%.

Bảng 3.8 Thành phần dinh dưỡng của bột phối trộn^{1,2,3}

Mẫu	0-GMF	15-GMF	30-GMF	45-GMF	60-GMF	75-GMF	WF
Độ ẩm (%)	10,85 ^f ±0,08	10,58 ^e ±0,09	10,32 ^d ±0,1	10,04 ^c ±0,10	9,78 ^b ±0,07	9,53 ^a ±0,11	10,25 ^d ±0,07
Protein	6,00 ^a ±0,13	9,00 ^b ±0,12	12,00 ^c ±0,13	15,00 ^d ±0,12	18,00 ^e ±0,11	21,00 ^f ±0,24	9,03 ^b ±0,12
Chất béo	0,58 ^a ±0,02	0,87 ^b ±0,04	1,16 ^c ±0,05	1,45 ^d ±0,04	1,74 ^e ±0,04	2,04 ^f ±0,04	1,39 ^d ±0,03
HC	93,1 ^g ±0,1	89,4 ^f ±0,1	85,8 ^e ±0,1	82,1 ^c ±0,1	78,4 ^b ±0,1	74,7 ^a ±0,2	88,3 ^e ±0,2
Tro	0,35 ^a ±0,02	0,72 ^b ±0,03	1,09 ^c ±0,04	1,47 ^d ±0,06	1,84 ^e ±0,03	2,21 ^f ±0,04	1,24 ^d ±0,04
Đường	0,30 ^a ±0,01	0,56 ^b ±0,02	0,83 ^c ±0,03	1,09 ^d ±0,05	1,35 ^e ±0,04	1,61 ^f ±0,03	1,51 ^f ±0,04
Xơ thô	0,74 ^a ±0,01	3,18 ^b ±0,13	5,62 ^c ±0,27	8,06 ^d ±0,18	10,50 ^e ±0,21	12,94 ^f ±0,23	1,02 ^a ±0,02
Tinh bột	88,3 ^g ±0,3	80,5 ^e ±0,5	72,7 ^d ±0,5	65,0 ^c ±0,2	57,2 ^b ±0,5	49,4 ^a ±0,3	81,6 ^f ±0,7

¹0-GMF, 15-GMF, 30-GMF, 45-GMF, 60-GMF, 75-GMF tương ứng với bột đậu xanh nảy mầm thay thế bột gạo với tỷ lệ 0, 15, 30, 45, 60 và 75%. WF: bột 100% bột mì

²Các chữ cái sau số liệu khác nhau thể hiện sự khác nhau đáng kể trong cùng một hàng ($P \leq 0,05$)

³Tính theo g trên 100 g chất khô

Theo bảng 3.8, khi tăng tỷ lệ GMF thay thế RF, hàm lượng protein, chất béo, tro, đường tổng, xơ thô trong bột hỗn hợp đều tăng lên, do hàm lượng các thành phần trên trong RF đều thấp hơn so với bột GMF. Ngược lại, hàm lượng tinh bột trong bột phối trộn giảm dần. Vì vậy, việc thay thế GMF với hàm lượng cao của protein thô, tro, chất béo, đường tổng và xơ thô với tỷ lệ nhất định có thể tạo ra bột hỗn hợp với thành phần tương tự bột mì, giúp khắc phục được các nhược điểm về cấu trúc bánh khi sử dụng hoàn toàn bột gạo không chứa gluten.

3.4.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ GMF đến đặc tính vật lý của bánh quy

Bảng 3.9 Đặc tính vật lý và độ ẩm của các mẫu bánh quy^{1,2}

Mẫu	Độ ẩm (%)	BL (%)	Độ dày (mm)	Đường kính (mm)	SR	Độ cứng (N)
0-GMFC	1,54 ^b ±0,04	16,6 ^f ±0,3	7,64 ^a ±0,07	62,8 ^f ±0,4	8,21 ^f ±0,07	12,9 ^a ±0,2
15-GMFC	1,73 ^c ±0,06	16,0 ^e ±0,2	7,86 ^b ±0,07	61,9 ^e ±0,2	7,87 ^e ±0,08	15,9 ^b ±0,4
30-GMFC	1,95 ^d ±0,08	14,8 ^d ±0,1	8,05 ^c ±0,03	61,1 ^d ±0,1	7,59 ^d ±0,02	18,6 ^c ±0,3
45-GMFC	2,10 ^e ±0,02	13,4 ^c ±0,1	8,19 ^d ±0,01	60,5 ^c ±0,3	7,41 ^c ±0,03	17,5 ^d ±0,1
60-GMFC	2,33 ^f ±0,05	11,4 ^b ±0,4	8,23 ^d ±0,02	59,8 ^b ±0,2	7,26 ^b ±0,04	20,8 ^e ±0,7
75-GMFC	2,67 ^g ±0,08	10,2 ^a ±0,3	8,29 ^e ±0,07	58,5 ^a ±0,4	7,05 ^a ±0,09	23,5 ^f ±0,4
WFC	1,30 ^a ±0,03	11,8 ^b ±0,2	8,27 ^e ±0,02	60,1 ^{bc} ±0,1	7,27 ^b ±0,02	26,4 ^g ±0,3

¹0-GMFC, 15-GMFC, 30-GMFC, 45-GMFC, 60-GMFC, 75-GMFC tương ứng với bánh quy từ bột hỗn hợp chứa GMF thay thế RF với tỷ lệ 0, 15, 30, 45, 60 và 75%. WFC là bánh quy làm hoàn toàn từ bột mì

²Các chữ cái sau số liệu khác nhau thể hiện sự khác nhau đáng kể trong cùng một cột, $P \leq 0,05$

Theo bảng 3.9, khi tăng tỷ lệ GMF sử dụng, độ ẩm, chiều dày và độ cứng của bánh quy từ bột hỗn hợp đều tăng, trong khi giảm đường kính, giá trị SR và BL. Độ ẩm của bánh quy có GMF từ 1,73% đến 2,67%, cho thấy sử dụng GMF đảm bảo độ ẩm an toàn theo tiêu chuẩn cho bánh quy theo TCVN 5909–1995.

Sự có mặt của các thành phần giữ nước trong bột nhào (đặc biệt protein) ảnh hưởng đến giá trị SR. Bánh 0-GMFC có giá trị SR lớn nhất do có đường kính lớn nhất và bề dày thấp nhất, trong khi bánh WFC có SR thấp nhất, kết quả này thể hiện vai trò quan trọng của gluten trong việc tạo kết cấu và độ xốp nở của bánh quy. Bột nhào chứa càng nhiều GMF, độ nhớt càng cao, càng hạn chế sự chảy của bột nhào theo chiều ngang, giá trị SR càng giảm. Mẫu 0-GMFC có độ cứng thấp nhất, bánh WFC có độ cứng cao nhất, bánh quy từ bột hỗn hợp có độ cứng tăng dần khi tăng tỷ lệ GMF sử dụng. Hàm lượng protein cao trong GMF tạo được sự kết dính chặt chẽ hơn giữa protein và tinh bột trong cấu trúc bột nhào, do đó tăng độ cứng của bánh quy chứa GMF.

Tóm lại, mẫu bánh quy 60-GMFC không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P \leq 0,05$) về khối lượng bánh sau nướng, độ dày, đường kính và giá trị SR so với bánh quy hoàn toàn từ bột mì (mẫu WFC). Ngoài ra, hai loại bánh này có khối lượng sau nướng, độ cứng, chiều dày và giá trị SR cao hơn, trong khi đường kính bé hơn so với bánh quy hoàn toàn từ bột gạo (mẫu 0-GMFC). Do đó, bánh quy 60-GMFC có các đặc điểm vật lý tương tự bánh quy có gluten từ bột mì.

3.4.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ GMF đến đặc tính màu sắc của bánh quy

Bảng 3.10 Đặc điểm màu sắc của các mẫu bánh quy^{1,2}

Mẫu	L ^a	a ^a	b ^a
0-GMFC	80,89 ^f ± 0,21	2,76 ^a ± 0,10	28,30 ^a ± 0,03
15-GMFC	78,77 ^e ± 0,27	3,37 ^b ± 0,17	30,26 ^b ± 0,58
30-GMFC	77,08 ^d ± 0,63	4,16 ^c ± 0,05	33,80 ^d ± 0,32
45-GMFC	76,11 ^c ± 0,08	5,28 ^d ± 0,16	36,32 ^e ± 0,15
60-GMFC	75,21 ^b ± 0,28	6,81 ^e ± 0,57	38,23 ^f ± 0,06
75-GMFC	68,17 ^a ± 0,48	11,01 ^f ± 0,32	40,08 ^g ± 0,03
WFC	75,50 ^b ± 0,16	3,23 ^b ± 0,05	32,58 ^c ± 0,56

¹0-GMFC, 15-GMFC, 30-GMFC, 45-GMFC, 60-GMFC, 75-GMFC tương ứng với bánh quy từ bột hỗn hợp chứa GMF thay thế RF với tỷ lệ 0, 15, 30, 45, 60 và 75%; WFC: bánh quy từ bột mì

²Các chữ cái sau số liệu khác nhau thể hiện sự khác nhau đáng kể trong cùng cột, $P \leq 0,05$.

Màu sắc vỏ bánh quy đậm dần và chiều dày bánh cũng tăng dần khi tăng tỷ lệ bột GMF sử dụng. Tỷ lệ GMF sử dụng càng nhiều, bánh quy có màu càng tối (L^* thấp), các giá trị màu đỏ (a^*) và màu vàng (b^*) càng cao. Trong đó, bánh quy sử dụng thay thế 60% RF bằng GMF (bánh 60-GMFC) có độ sáng tương tự, nhưng màu đỏ và màu vàng cao hơn so với bánh quy từ bột mì (mẫu WFC).

Tóm lại, bánh quy sử dụng bột hỗn hợp gồm GMF và RF có màu sắc tốt hơn so với bánh 0-GMFC. Mẫu bánh quy 60-GMFC thể hiện độ sáng của vỏ bánh tương tự với bánh đối chứng (bánh WFC). Ngoài ra, mẫu 60-GMFC có đặc điểm vật lý tương tự bánh WFC và cải thiện được các nhược điểm về cấu trúc của bánh quy 0-GMFC. Do đó, GMF được chọn thay thế cho 60% RF để sản xuất bánh quy không gluten và tỷ lệ này được sử dụng cho khảo sát tiếp theo.

3.4.4. Đánh giá đặc tính cảm quan của bánh quy RFC, 60-GMFC và WFC

Theo bảng 3.11, mức độ ưa thích về vị, cấu trúc và khả năng chấp nhận tổng thể có sự khác biệt giữa ba mẫu bánh. Bánh RFC có mức độ ưa thích thấp nhất với tất cả tiêu chí cảm quan, trong khi bánh WFC được ưa thích nhất, ngoại trừ chỉ tiêu về vẻ bề ngoài không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P \leq 0,05$) giữa bánh 60-GMFC với bánh WFC.

Bảng 3.11 Điểm đánh giá cảm quan của các mẫu bánh quy^{1,2}

Mẫu	Trạng thái bên ngoài	Cấu trúc	Mùi	Vị	Khả năng chấp nhận tổng thể
WFC	7,72 ^b ± 0,69	7,85 ^c ± 0,88	7,47 ^b ± 0,96	7,73 ^c ± 0,97	7,50 ^c ± 0,93
RFC	6,38 ^a ± 0,85	5,92 ^a ± 0,94	6,83 ^a ± 1,09	6,25 ^a ± 1,10	6,15 ^a ± 0,92
60-GMFC	7,43 ^b ± 0,96	7,38 ^b ± 0,90	6,98 ^a ± 0,95	7,27 ^b ± 0,86	7,03 ^b ± 0,74

¹60-GMFC: bánh quy từ bột gồm 60% GMF và 40% RF; RFC: bánh quy từ bột gạo; WFC: từ bột mì

²Các chữ cái sau số liệu khác nhau thể hiện sự khác nhau đáng kể trong cùng một cột ($P \leq 0,05$)

Việc thay thế GMF cho RF đã cải thiện được cả 4 tiêu chí cảm quan của bánh quy không chứa gluten, ngoại trừ chỉ tiêu về vị (không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa hai mẫu, $P \leq 0,05$). Mẫu bánh 60-GMFC có những đặc tính cảm quan và mức độ chấp nhận tổng thể thấp hơn không đáng kể so với mẫu đối chứng từ bột mì (mẫu WFC). Do đó, bột đậu xanh này mềm có thể thay thế 60% bột gạo trong chế biến bánh quy không gluten và có thể được thương mại hóa với khả năng chấp nhận tổng thể là 7,03 điểm.

3.4.4. Đánh giá thành phần dinh dưỡng của bánh RFC, 60-GMFC và WFC

Bảng 3.12 Thành phần dinh dưỡng của các mẫu bánh quy^{1,2}

Mẫu bánh	RFC	60-GMFC	WFC
Độ ẩm (%)	1,62 ^b ± 0,03	2,41 ^c ± 0,05	1,35 ^a ± 0,06
Protein (% , d.b)	5,56 ^a ± 0,13	12,52 ^c ± 0,13	7,43 ^b ± 0,06
Chất béo (% , d.b)	21,5 ^c ± 0,6	19,6 ^a ± 0,3	20,5 ^b ± 0,4
Carbohydrate (% , d.b)	71,2 ^b ± 0,7	65,4 ^a ± 0,2	70,2 ^b ± 0,5
Tro (% , d.b)	1,70 ^a ± 0,01	2,51 ^c ± 0,02	1,78 ^b ± 0,04
Đường tổng (% , d.b)	18,3 ^a ± 0,3	18,1 ^a ± 0,2	17,9 ^a ± 0,3
Xơ thô (% , d.b)	0,14 ^a ± 0,01	5,75 ^b ± 0,11	0,19 ^a ± 0,01
Tinh bột (% , d.b)	46,7 ^c ± 0,17	29,7 ^a ± 0,4	42,8 ^b ± 0,3
Năng lượng (Kcal/100 g)	487,1 ^b ± 2,5	470,2 ^a ± 0,8	483,5 ^b ± 1,8

¹60-GMFC: bánh quy từ bột hỗn hợp gồm 60% GMF và 40% bột gạo;

RFC: bánh quy từ bột gạo; WFC: bánh quy từ bột mì

²Các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác nhau trong cùng một hàng

lượng không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê so với mẫu WFC. Khi thay thế 60% RF bằng GMF (bánh 60-GMFC), hàm lượng protein, tro và chất xơ tăng đáng kể (lần lượt 12,52; 2,51 và 5,75%, d.b), trong khi hàm lượng tinh bột và carbohydrate giảm mạnh (lần lượt 29,7 và 65,4 %, d.b), đây chính là nguyên nhân chủ yếu dẫn đến việc tạo ra ít năng lượng hơn (470,2 Kcal/100 g).

Bảng 3.137 Thành phần acid amin của các mẫu bánh quy^{1,2}

Acid amin	RFC	60-GMFC	WFC
Histidine	0,15 ^b ± 0,01	0,33 ^c ± 0,01	0,12 ^a ± 0,01
Isoleucine	0,24 ^b ± 0,01	0,40 ^c ± 0,01	0,19 ^a ± 0,01
Leucine	0,45 ^b ± 0,01	0,85 ^c ± 0,04	0,39 ^a ± 0,01
Lysine	0,21 ^a ± 0,01	0,70 ^b ± 0,03	0,22 ^a ± 0,01
Methionine	0,13 ^a ± 0,01	0,19 ^b ± 0,01	0,12 ^a ± 0,01
Phenylalanine	0,31 ^b ± 0,01	0,61 ^c ± 0,03	0,24 ^a ± 0,01
Threonine	0,19 ^a ± 0,01	0,35 ^b ± 0,01	0,18 ^a ± 0,01
Valine	0,26 ^a ± 0,01	0,47 ^b ± 0,01	0,24 ^a ± 0,01
EAA	1,95 ^b ± 0,01	3,90 ^c ± 0,14	1,69 ^a ± 0,01
Arginine	0,35 ^a ± 0,01	0,69 ^c ± 0,02	0,40 ^b ± 0,01
Acid Aspartic	0,33 ^a ± 0,01	1,03 ^c ± 0,03	0,76 ^b ± 0,04
Glycine	0,25 ^a ± 0,01	0,50 ^b ± 0,01	0,23 ^a ± 0,01
Alanine	0,22 ^a ± 0,01	0,50 ^b ± 0,02	0,24 ^a ± 0,01
Acid Glutamic	1,76 ^b ± 0,04	1,89 ^c ± 0,04	0,80 ^a ± 0,04
Serine	0,38 ^b ± 0,02	0,71 ^b ± 0,03	0,30 ^a ± 0,01
Tyrosine	0,17 ^a ± 0,01	0,33 ^b ± 0,01	0,18 ^a ± 0,01
Proline	0,44 ^a ± 0,01	0,80 ^b ± 0,01	0,84 ^b ± 0,03
SHLM	0,50 ^a ± 0,01	1,22 ^b ± 0,04	0,45 ^a ± 0,01
GABA	KPH	0,052 ± 0,002	KPH

¹60-GMFC: bánh quy từ bột hỗn hợp gồm 60% GMF và 40% bột gạo; RFC: bánh quy từ bột gạo; WFC: bánh quy từ bột mì

²Tính theo g trong 100 g chất khô. KPH: không phát hiện

Tóm lại, bánh quy được sản xuất từ bột hỗn hợp gồm GMF và RF (mẫu 60-GMFC) có chất lượng vượt trội về dinh dưỡng so với bánh không gluten RFC và bánh có gluten WFC. GMF còn cải thiện cấu trúc, màu sắc và cảm quan.

Theo bảng 3.12, mẫu RFC có hàm lượng protein và tro thấp nhất, hàm lượng tinh bột và chất béo cao nhất, trong khi hàm lượng cacbohydrate, đường, xơ thô và độ sinh năng

Theo bảng 3.13, hàm lượng histidine, isoleucine, leucine, phenylalanine và AAE của mẫu RFC cao hơn bánh WFC, trong khi hàm lượng các acid amin cần thiết khác (lysine, methionine, threonine và valine) và SHLM không khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa hai mẫu. Mẫu 60-GMFC có hàm lượng của tất cả acid amin cao xấp xỉ gấp đôi so với RFC và WFC.

CHƯƠNG 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Về mặt khoa học, luận án đã đưa ra được những kết luận sau:

- Đưa ra cơ sở dữ liệu về thành phần hóa học, đặc điểm vật lý và khả năng nảy mầm của 8 giống đậu xanh. Tiêu chí quan trọng để giống đậu xanh phù hợp với nảy mầm là kích thước hạt lớn và khả năng nảy mầm cao.
- Đã đưa ra xu hướng thay đổi của thành phần dinh dưỡng khi kéo dài thời gian nảy mầm. Cụ thể, hàm lượng acid amin tự do, đường khử, protein thô, tro và độ ẩm tăng, hàm lượng carbohydrate, chất béo, tinh bột và đường tổng giảm.
- Các thông số kỹ thuật của quá trình ngâm và thời gian nảy mầm có ảnh hưởng đến hàm lượng của chất dinh dưỡng và kháng dinh dưỡng. Theo thời gian nảy mầm, hàm lượng GABA tăng và hàm lượng phytate luôn giảm. Tác động có kiểm soát các điều kiện ngâm và thời gian nảy mầm có thể gia tăng hàm lượng các chất dinh dưỡng và giảm tối thiểu hàm lượng chất kháng dinh dưỡng.
- Bổ sung các chất hỗ trợ nảy mầm có ảnh hưởng khác nhau đến thành phần dinh dưỡng và kháng dinh dưỡng. Cụ thể đối với việc tăng hàm lượng GABA và hoạt tính GAD thì sử dụng ACit có hiệu quả hơn AGlu, trong khi AGib ít ảnh hưởng. Về việc loại bỏ phytate và thúc đẩy phytase hoạt động thì ACit tốt nhất, AGlu không ảnh hưởng, trong khi AGib lại có ảnh hưởng tiêu cực.

Về mặt ứng dụng luận án đã xác định được:

- Chọn được giống đậu xanh DX208 phù hợp để sản xuất đậu xanh nảy mầm.
- Xây dựng được quy trình sản xuất hạt đậu xanh nảy mầm, cụ thể gồm tỷ lệ đậu: nước ngâm là 1: 4 (g/mL), bổ sung acid citric 0,25 mg/L, ngâm 4 giờ ở 40°C và nảy mầm 7 giờ để thu nhận hạt nảy mầm có chất lượng.
- Hoàn thiện ứng dụng bột đậu xanh nảy mầm vào sản xuất bánh quy không gluten với ưu điểm vượt trội về thành phần dinh dưỡng, cấu trúc và cảm quan.

4.2. Kiến nghị

- Khảo sát ảnh hưởng của yếu tố khác trong công đoạn ngâm (thiếu oxy, thêm các hormone tăng trưởng khác...) và công đoạn nảy mầm (độ ẩm, nhiệt độ ...).
- Xây dựng phương trình động học cho GAD và phytase.
- Thực hiện thử nghiệm quy mô lớn và tối ưu hóa trên thiết bị để sản xuất pilot.
- Thử nghiệm ứng dụng bột đậu xanh nảy mầm vào chế biến các sản phẩm thực phẩm khác (bột dinh dưỡng, cháo ăn liền, mì sợi, bánh mì...).