

NGHIÊN CỨU RƯỢU VANG TỪ GẠO IR50404 VÀ KHOAI LANG TÍM (*IPOMOEA BATATAS*) BẰNG ENZYME GLUCOAMYLASE VÀ NẤM MEN *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

ĐOÀN THỊ MINH NGUYỆT^{1*} - VÕ BÌNH DƯƠNG²

- HỒ HÙNG TUẤN¹ - NGUYỄN HỮU LINH¹

*E-mail: dtmnguyet@agu.edu.vn

Ngày nhận bài: 24/7/2026

Ngày sửa bài: 17/8/2026

Ngày duyệt đăng bài: 27/8/2026

Tóm tắt:

Nghiên cứu xây dựng quy trình sản xuất rượu vang không chưng cất từ khoai lang tím Nhật phối trộn với gạo IR50404, sử dụng enzyme glucoamylase để đường hóa tinh bột và nấm men *Saccharomyces cerevisiae* để lên men ethanol. Thí nghiệm đường hóa được bố trí với 3 tỷ lệ nguyên liệu gạo:khoai và 3 mức enzyme glucoamylase; thí nghiệm lên men khảo sát 3 mức bổ sung nấm men và 3 thời gian lên men chính. Kết quả cho thấy, tỷ lệ 1:3 (gạo:khoai lang tím) với 1% glucoamylase, pH 4,2 và thời gian đường hóa 1 giờ cho lượng đường khử cao nhất, đạt 6,47 mg/mL. Dịch đường được điều chỉnh đến khoảng 25°Brix, bổ sung 0,5% *S. cerevisiae*, lên men ở 30°C trong 6 ngày đạt độ cồn 11,01% v/v, cao hơn các nghiệm thức còn lại. Sau 90 ngày lên men phụ, sản phẩm đạt 11,7% v/v ethanol, rượu có màu hồng đỏ, không phát hiện phẩm màu hóa học tan trong nước và các chỉ tiêu methanol, aldehyde nằm trong giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn áp dụng.

Từ khóa: đường hóa tinh bột, gạo IR50404, glucoamylase EC 3.2.1.3, khoai lang tím, *Saccharomyces cerevisiae*

Wine production from IR50404 rice and purple sweet potato (*Ipomoea batatas*) using glucoamylase and *Saccharomyces cerevisiae*

Abstract:

This study develops a process for producing non-distilled wine from Japanese purple sweet potato and IR50404 rice using glucoamylase for starch saccharification and *Saccharomyces cerevisiae* for ethanol fermentation. Saccharification experiments examined three rice-to-sweet-potato ratios and three enzyme levels, while fermentation experiments evaluated three yeast levels and three primary fermentation durations. A 1:3 rice-to-purple-sweet-potato ratio with 1% glucoamylase at pH 4.2 for one hour produced the highest reducing sugar concentration, 6.47 mg/mL. The saccharified wort was adjusted to approximately 25°Brix, inoculated with 0.5% *S. cerevisiae*, and fermented at 30°C for six days, yielding 11.01% v/v alcohol. After 90 days of secondary fermentation, ethanol reached 11.7% v/v. The wine was pink-red, contained no detectable water-soluble synthetic colorants, and met applicable limits for methanol and aldehydes.

Keywords: starch saccharification, IR50404 rice, glucoamylase EC 3.2.1.3, purple sweet potato, *Saccharomyces cerevisiae*.

1. Đặt vấn đề

Rượu vang từ nguyên liệu giàu tinh bột là hướng khai thác đáng quan tâm trong công nghệ thực phẩm, đặc biệt khi sản phẩm được tạo thành bằng phương pháp lên men tự nhiên, không qua chưng cất. Khoai lang tím (*Ipomoea batatas*) có hàm lượng tinh bột cao, màu tím đỏ đặc trưng nhờ anthocyanin và được ghi nhận là nguồn nguyên liệu chứa chất xơ, khoáng, vitamin và hợp chất chống oxy hóa (Ray et al., 2012; Sun et al., 2018; Zhao et al., 2013). Các nghiên cứu trước đây cho thấy, dịch khoai lang tím có thể được đường hóa bằng enzyme thương mại và lên men bằng nấm men *Saccharomyces cerevisiae* để tạo rượu vang có màu đỏ, hoạt tính chống oxy hóa (Ray et al., 2012).

Ở Việt Nam, gạo IR50404 là nguồn tinh bột phổ biến, giá thành tương đối thấp và có sản lượng lớn tại Đồng bằng sông Cửu Long. Việc phối trộn gạo với khoai lang tím có thể giúp tăng hàm lượng cơ chất giàu tinh bột, cải thiện màu sắc tự nhiên của dịch lên men và tạo sản phẩm mới có giá trị gia tăng. Việc kết hợp khoai lang tím với gạo IR50404 để tạo rượu vang không chưng cất vẫn còn ít được công bố.

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn gạo IR50404 và khoai lang tím, đánh giá khả năng thủy phân tinh bột tạo đường khử từ các nồng độ glucoamylase, đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ nấm men và thời gian lên men chính đến độ cồn, độ Brix, pH và đường khử sót lại sau lên men. Kết quả góp phần đa dạng hóa sản phẩm lên men từ nông sản địa phương và cung cấp cơ sở nghiên cứu mở rộng.

2. Vật liệu và phương pháp

2.1. Vật liệu

Khoai lang tím và gạo IR50404 được mua tại chợ Long Xuyên, An Giang, không hư hỏng, mốc, mọt. Khoai được rửa sạch, bỏ vỏ, cắt kích cỡ 2 cm x 2 cm. Gạo được vo sạch tiến hành phối trộn và hồ hóa. Enzyme sử dụng là glucoamylase (EC 3.2.1.3) thương mại; chủng nấm men *Saccharomyces cerevisiae* được cung cấp bởi cơ sở sản xuất rượu vang BillDoan Winery. Các hóa chất phân tích, điều chỉnh pH, thuốc thử DNS và glucose chuẩn.

Bảng 1. Ký hiệu và mức khảo sát của các nhân tố thí nghiệm

Nhân tố	Ký hiệu	Mức khảo sát	Đánh giá
Tỷ lệ gạo:khoai	S1; S2; S3	1:1; 1:2; 1:3	Lượng đường khử
Nồng độ Glucoamylase	E1; E2; E3	1%; 1,5%; 2%	Lượng đường khử
Thời gian lên men	T1; T2; T3	4; 5; 6 ngày	Thời gian lên men chính
Tỷ lệ nấm men	M1; M2; M3	0,5%; 1%; 2%	Ảnh hưởng của lượng <i>S. cerevisiae</i> bổ sung

2.2. Khảo sát quá trình đường hóa

Quá trình thủy phân tinh bột được bố trí 2 nhân tố gồm tỷ lệ phối trộn gạo:khoai lang tím và nồng độ enzyme glucoamylase. Ba tỷ lệ phối trộn gạo và khoai lang tím gồm S1 = 1:1, S2 = 1:2 và S3 = 1:3 theo khối lượng (w/w); ba mức enzyme gồm E1 = 1%, E2 = 1,5% và E3 = 2% so với khối lượng nguyên liệu. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần. Hỗn hợp 90 g nguyên liệu tinh bột và 360 g nước được gia nhiệt ở 100°C để hồ hóa trong 1 giờ, pH 4,2 và bổ sung enzyme. Mẫu được xác định độ Brix, pH và lượng đường khử.

2.3. Khảo sát quá trình lên men

Dịch đường tối ưu từ thí nghiệm đường hóa được sử dụng lên men rượu. Dịch được điều chỉnh 25°Brix,

bổ sung *S. cerevisiae* ở 3 mức M1 = 0,5%, M2 = 1% và M3 = 2%. Thời gian lên men chính được khảo sát ở 3 mức T1 = 4 ngày, T2 = 5 ngày và T3 = 6 ngày. Các chỉ tiêu theo dõi gồm độ Brix trước và sau lên men, pH, độ cồn và đường khử còn lại.

2.4. Phân tích và xử lý số liệu

Độ Brix được đo bằng khúc xạ kế; pH được xác định bằng pH kế; đường khử được xác định theo phương pháp DNS dựa trên đường chuẩn glucose; độ cồn được xác định bằng phương pháp chưng cất và đo cồn ở 20°C. Số liệu được xử lý bằng Microsoft Excel và SPSS; sự khác biệt giữa các nghiệm thức được đánh giá bằng kiểm định Duncan ở mức ý nghĩa 5%. Sản phẩm sau lên men phụ được gửi phân tích một số chỉ tiêu hóa học gồm ethanol, aldehyde, methanol, ester và phẩm màu hữu cơ tan trong nước, đối chiếu với tiêu chuẩn áp dụng cho đồ uống có cồn.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Khảo sát khả năng đường hóa tinh bột bằng enzyme glucoamylase

Kết quả đường hóa được ghi nhận ở Bảng 2 cho thấy tỷ lệ phối trộn và nồng độ enzyme ảnh hưởng rõ đến lượng đường khử sinh ra. Cụ thể, đạt đường khử cao nhất khi tỷ lệ phối trộn gạo: khoai ở mức S3 1:3 và nồng độ E 1% enzyme bổ sung đạt 6,47 mg/mL, trong khi S1E1 đạt thấp nhất, 3,08 mg/mL. Điều này cho thấy, tăng tỷ lệ khoai lang tím trong phối trộn, ở điều kiện 1% glucoamylase, có thể cải thiện khả năng giải phóng đường khử trong thời gian khảo sát,

Glucoamylase là enzyme ngoại phân, có khả năng thủy phân liên kết α -1,4 và α -1,6 glycosidic từ đầu không khử của tinh bột để giải phóng glucose; do đó enzyme này thường được ứng dụng trong sản xuất glucose, siro glucose và đồ uống lên men từ nguyên liệu giàu tinh bột (Hua et al., 2014; Riaz et al., 2012). Khi đường hóa ở 61°C trong 1 giờ, khi tăng nồng độ enzyme glucosamylase theo lý thuyết nồng độ chất xúc tác tăng cụ thể là enzyme glycosamylase thì tốc độ phản ứng sẽ tăng vì vậy lượng đường khử phải tăng. Tuy nhiên, nếu nồng độ enzyme quá cao có thể gây nên hiện tượng ức chế phản ứng xúc tác làm ảnh hưởng đến sản phẩm tạo thành là lượng đường khử. Trong thời gian đường hóa 1h thì quá trình đường khử chưa xảy ra tốt nhất nên khi tăng nồng độ enzyme cũng không làm tăng nồng độ đường khử. Khi nồng độ enzyme glucosamylase ở 1%, lượng đường khử tăng dần, khi tổ hợp với các nồng độ tinh bột từ S1 đến S2 và S3. Nguyên nhân, khi có mặt enzyme glucosamylase làm tăng sự tiếp xúc giữa enzyme và tinh bột, quá trình phân cắt các liên kết - 1,4 và - 1,6 glucose trong tinh bột, các oligosaccharide diễn ra mạnh, tốc độ phân cắt diễn ra mạnh mẽ vì thế đường khử tăng (Thành và cộng sự, 2019). Tác động của nồng độ enzyme lên tốc độ chuyển hóa cơ chất thì nồng độ enzyme tăng đến mức giới

Bảng 2. Ảnh hưởng tỷ lệ nguyên liệu và nồng độ enzyme glucoamylase đến đường khử

Nghiệm thức	Tổ hợp	Đường khử (mg/ml)	Độ Brix
1	S1E1	3,09 ^c	9.7
2	S2E1	5,56 ^a	7.8
3	S3E1	6,47 ^a	6.7
4	S1E2	4,36 ^b	6.9
5	S2E2	4,44 ^b	9.7
6	S3E2	3,94 ^c	5.9
7	S1E3	5,27 ^{ab}	9.8
8	S2E3	4,87 ^b	7.2
9	S3E3	4,59 ^b	6.0

Ghi chú: Các số liệu trong bảng là giá trị trung bình 3 lần lặp lại. Các giá trị có ký hiệu chữ cái in thường giống nhau trong cùng một cột không khác biệt về mặt thống kê ở mức ý nghĩa 5% qua kiểm định DUNCAN.

hạn, với giới hạn này nồng độ enzyme không làm tăng tốc độ phản ứng (Permanasari et al, 2018). Từ kết quả Bảng 2 cho thấy, có nhiều tổ hợp nghiệm thức S2E1, S3E1, S1E3 đạt hàm lượng đường khử cao lần lượt là 5,56 (mg/ml); 6,47 (mg/ml); 5,27 (mg/ml). Tuy nhiên, để đạt được hiệu quả kinh tế, hiệu suất cao, tiết kiệm thời gian (Nguyễn Văn Thành, 2019) thì tổ hợp nghiệm thức S3E1 cho hàm lượng đường khử cao nhất 647,07 (mg/ml) cho màu sắc đẹp phù hợp với kinh tế vì giá cả khoai lang tím rẻ hơn gạo.

Tuy nhiên, khi tăng nồng độ enzyme lên 1,5-2%, lượng đường khử trong nghiên cứu này không tăng tương ứng. Hiện tượng này có thể liên quan đến thời gian đường hóa ngắn, khả năng tiếp xúc cơ chất-enzyme, độ hồ hóa của tinh bột và giới hạn bão hòa cơ chất. So với nghiên cứu của Thành và cộng sự (2019), trong đó đường hóa khoai lang tím bằng 0,075% glucoamylase trong 80 giờ đạt 61,02 mg/mL đường khử, kết quả hiện tại thấp hơn do thời gian phản ứng chỉ 1 giờ và không có giai đoạn tối ưu kéo dài.

3.2. Khảo sát khả năng lên men đường glucose bằng chủng men *Saccharomyces cerevisiae*

Dịch đường từ nghiệm thức S3E1 được chọn cho quá trình lên men. Kết quả cho thấy, độ Brix giảm sau lên men ở tất cả nghiệm thức, phản ánh quá trình nấm men sử dụng đường để sinh trưởng và tạo ethanol. Độ còn cao nhất đạt 11,01% v/v ở nghiệm thức T3M1, tương ứng 0,5% nấm men và 6 ngày lên men chính. Khi tăng tỷ lệ nấm men lên 1-2%, độ còn có xu hướng giảm, có thể do một phần cơ chất được sử dụng cho tăng sinh khối thay vì chuyển hóa thành ethanol.

Bảng 3. Ảnh hưởng của thời gian lên men và tỷ lệ nấm men đến một số chỉ tiêu lên men

Nghiệm thức	Thời gian lên men - nồng độ nấm men	Độ Brix trước lên men	Độ Brix sau lên men	pH	Độ còn (v/v)	Đường khử sau lên men (mg/ml)
1	T1M1	25,17	16.01 ^a	3,84	10,29 ^{ab}	12,17 ^a
2	T1M2	24,97	13.17 ^{ab}	3,86	9,39 ^b	10,8 ^{ab}
3	T1M3	24,87	10.53 ^c	3,96	8,1 ^c	9,83 ^b
4	T2M1	25,27	13.3 ^{ab}	3,88	10,5 ^a	11,11 ^a
5	T2M2	25	11.73 ^b	3,89	9,51 ^b	10,76 ^{ab}
6	T2M3	24,60	10.06 ^c	3,96	8,31 ^c	9,80 ^b
7	T3M1	24,93	12.16 ^b	3,82	11,01 ^a	10,48 ^{ab}
8	T3M2	24,67	10.97 ^c	3,85	10,41 ^{ab}	9,95 ^b
9	T3M3	25,03	9.77 ^c	3,93	9,09 ^b	9,82 ^b

Ghi chú: Các số liệu trong bảng là giá trị trung bình 3 lần lặp lại. Ký hiệu “” biểu thị sự khác biệt về mặt thống kê ở mức ý nghĩa 5%. Các giá trị có ký hiệu chữ cái in thường giống nhau trong cùng một cột không khác biệt về mặt thống kê ở mức ý nghĩa 5% qua kiểm định DUNCAN.*

Nấm men *S. cerevisiae* chuyển hóa glucose thành ethanol và CO₂; hiệu quả lên men phụ thuộc vào nồng độ đường, pH, nhiệt độ, mật số nấm men và thời gian (Geistlinger et al., 2013; Phẩm, 2009). Trong nghiên cứu này, pH sau lên men đạt 3,82-3,96; nghiệm thức T3M1 với 0,5% nấm men và 6 ngày lên men cho độ còn cao nhất 11,01% v/v. Kết quả này thấp hơn mức 14,16-14,27% v/v của Thành và cộng sự (2019) sau 10 ngày, nhưng cao hơn mức 9,33% v/v của Ray et al. (2012) khi sử dụng 2% nấm men và dịch 20°Brix.

Khi tăng nồng độ nấm men từ 0,5% lên 2%, độ cồn giảm do đường được sử dụng nhiều hơn cho tăng sinh khối; đồng thời, độ Brix giảm theo thời gian do glucose được chuyển hóa thành ethanol. Vì vậy, 0,5% nấm men và 6 ngày lên men chính là điều kiện phù hợp nhất trong nghiên cứu này. Độ Brix có xu hướng giảm từ ngày đo thứ 4 qua ngày đo thứ 6. Ở giai đoạn này, nấm men bắt đầu ở pha tăng trưởng nên mức sử dụng đường nhiều hơn, và cuối cùng, lượng đường sử dụng cho chuyển hóa ethanol nên độ Brix càng giảm dần những ngày sau cùng của quá trình lên men. Kết quả nghiên cứu thực tế cho thấy hàm lượng glucose cũng như độ Brix có xu hướng giảm từ ngày thứ 4 đến ngày thứ 6. Độ cồn theo một số nghiên cứu độ cồn chỉ đạt tối đa ở mức 15°, vì nồng độ cồn cao hơn sẽ ức chế đến sự tăng trưởng, phát triển của nấm men. Độ cồn tăng dần từ ngày lên men thứ 4 đến ngày lên men thứ 6. Độ cồn cao nhất đạt được ở ngày thứ 6 sau lên men và lượng nấm men bổ sung là 0.5%. Nguyên nhân, nồng độ nấm men *Saccharomyces cerevisiae* bổ sung trong quá trình lên men rượu càng cao thì lượng đường sử dụng để tăng sinh khối càng cao, gây hao hụt lượng đường sử dụng cho chuyển hóa thành ethanol vì vậy độ cồn tạo ra thấp. Nồng độ nấm men 0.5% và thời gian lên men chính 6 ngày là điều kiện thích hợp để lên men rượu vang khoai lang tím trong nghiên cứu này.

3.3. Chất lượng sản phẩm ở quy mô mở rộng

Nghiên cứu được tiến hành ở mức độ mở rộng 10 L sau 6 ngày lên men chính và 90 ngày lên men phụ nhằm đánh giá định hướng quy mô thương mại. Kết quả phân tích hóa học từ Trung tâm kiểm soát bệnh dịch An Giang (CDC An Giang) cho thấy nồng độ ethanol đạt 11,7% v/v; aldehyde đạt 319,7 mg/L; methanol đạt 777,80 mg/L; ester đạt 3384,6 mg/L, sản phẩm có màu hồng đỏ, không vẩn đục, không có cặn rõ và không phát hiện phẩm màu hữu cơ tan trong nước. Đối chiếu với giới hạn methanol được sử dụng trong nghiên cứu, sản phẩm nằm trong vùng cho phép và có tiềm năng phát triển thành đồ uống lên men đặc trưng từ nông sản địa phương.

Bảng 4. Một số chỉ tiêu hóa học của rượu vang khoai lang tím-gạo sau lên men phụ

Chỉ tiêu	Phương pháp	Kết quả	Nhận xét
Ethanol	TCVN 8008:2009	11,7% v/v	Đạt theo khoảng công bố
Aldehyde	TCVN 8009:2009	319,7 mg/L	Đạt
Methanol	FAO 1986	777,80 mg/L	Thấp hơn giới hạn đối chiếu
Ester	TCVN 1051:2009	3384,6 mg/L	Đạt
Phẩm màu hữu cơ tan trong nước	TCVN 5517:1991	Không phát hiện	Đạt

4. Kết luận

Nghiên cứu đã xác định được điều kiện phù hợp để sản xuất rượu vang từ khoai lang tím Nhật phối trộn với gạo IR50404 ở quy mô phòng thí nghiệm. Tỷ lệ 1 phần gạo : 3 phần khoai lang tím, bổ sung 1% glucoamylase ở pH 4,2 trong 1 giờ cho hàm lượng đường khử cao nhất, đạt 6,4707 mg/mL. Trong giai đoạn lên men, nghiệm thức bổ sung 0,5% *Saccharomyces cerevisiae* và lên men chính trong 6 ngày đạt độ cồn cao nhất, 11,01% v/v. Sau 90 ngày lên men phụ, sản phẩm đạt 11,7% v/v ethanol, có màu hồng đỏ tự nhiên và các chỉ tiêu hóa học khảo sát nằm trong giới hạn đối chiếu. Kết quả cho thấy, việc kết hợp khoai lang tím và gạo IR50404 có khả năng tạo sản phẩm rượu vang lên men có giá trị cảm quan, chứa hoạt chất sinh học cao từ khoai lang tím, an toàn sức khỏe, đồng thời nâng cao được giá trị nông sản địa phương. Có tiềm năng thương mại trên thị trường ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- Lương Đức Phẩm (2009). Nấm men công nghiệp. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- Nguyễn Văn Thành, Nguyễn Ngọc Thanh và Nguyễn Minh Nhứt (2019). Lên men rượu vang khoai lang tím Nhật (*Ipomoea batatas*). Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ, 55(CĐ Công nghệ Sinh học), 125-133. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2019.017>
- Geistlinger, L., Csaba, G., Dirmeyer, S., Küffner, R., & Zimmer, R. (2013). A comprehensive gene regulatory network for the diauxic shift in *Saccharomyces cerevisiae*. *Nucleic acids research*, 41(18), 8452-8463.
- Hua, H., Luo, H., Bai, Y., Wang, K., Niu, C., Huang, H., Shi, P., Wang, C., Yang, P., & Yao, B. (2014). A thermostable glucoamylase from *Bispora* sp. MEY-1 with stability over a broad pH range and significant starch hydrolysis capacity. *PloS one*, 9(11), e113581.
- Permanasari, Ayu & Yulistiani, Fitria & Purnama, Muhammad & Widjaja, Tri & Gunawan, Setiyo. (2018). The effect of substrate and enzyme concentration on the glucose syrup production from red sorghum starch by enzymatic hydrolysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 160. 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/160/1/01200>
- Ray, R. C., Panda, S. K., Swain, M. R., & Sivakumar, P. S. (2012). Proximate composition and sensory evaluation of anthocyanin-rich purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) wine. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(3), 452-458.
- Riaz, M., Rashid, M. H., Sawyer, L., Akhtar, S., Javed, M. R., Nadeem, H., & Wear, M. (2012). Physiochemical properties and kinetics of glucoamylase produced from deoxy-D-glucose resistant mutant of *Aspergillus niger* for soluble starch hydrolysis. *Food chemistry*, 130(1), 24-30.
- Sun, H., Zhang, P., Zhu, Y., Lou, Q., & He, S. (2018). Antioxidant and prebiotic activity of five peonidin-based anthocyanins extracted from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). *Scientific reports*, 8(1), 5018.
- Zhao, J.-G., Yan, Q.-Q., Lu, L.-Z., & Zhang, Y.-Q. (2013). In vivo antioxidant, hypoglycemic, and anti-tumor activities of anthocyanin extracts from purple sweet potato. *Nutrition research and practice*, 7(5), 359-365.

Thông tin tác giả:

ĐOÀN THỊ MINH NGUYỆT^{1,*} - VÕ BÌNH DƯƠNG² - HỒ HÙNG TUẤN¹ - NGUYỄN HỮU LINH¹

¹Trường Đại học An Giang, An Giang, Việt Nam
Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
An Giang University, An Giang, Vietnam
Vietnam National University Ho Chi Minh City, Vietnam
*E-mail: dtmnguyet@agu.edu.vn

²Trường Đại học Bách Khoa
Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
Ho Chi Minh City University of Technology
Vietnam National University Ho Chi Minh City, Vietnam