

## HIỆU QUẢ SỬ DỤNG SẢN PHẨM MEN TIÊU HÓA PHYTASE TRÊN GIA CẦM

Trần Ngọc Hùng<sup>(1)</sup>

(1) Trường Đại học Thủ Dầu Một

Ngày nhận bài: 7/10/2021; Ngày gửi phản biện: 10/10/2021; Chấp nhận đăng: 20/11/2021

Liên hệ Email: [hungngoc@tdmu.edu.vn](mailto:hungngoc@tdmu.edu.vn)

<https://doi.org/10.37550/tdmu.VJS/2021.06.247>

---

### Tóm tắt

Việc phân giải và hấp thu chất dinh dưỡng trong thức ăn có vai trò quyết định đối với năng suất gia cầm và lợi nhuận chăn nuôi. Trong thức ăn hỗn hợp của gia cầm, phytate tồn tại như một nguồn phosphor hữu cơ và cũng là một nhân tố kháng dưỡng. Sử dụng phytase để phân giải nguồn phosphor này có nhiều ý nghĩa đối với gia cầm, giúp cho gia cầm hấp thu phosphor và khoáng chất tốt hơn, cùng với đó là lượng phosphor trong phân thải ra môi trường giảm đi đáng kể. Nguồn phytase tiềm năng có thể được thu nhận được từ nhiều loại vi khuẩn và vi nấm phổ biến như *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Escherichia coli*, *Citrobacter braakii*, *Enterobacter*, *Aspergillus terreus*, *A. ficuum*, *A. niger*, *A. fumigatus*, *Thermoascus aurantiacus*... Thị trường sản phẩm phytase tại Việt Nam hiện nay rất đa dạng với hầu hết sản phẩm có nguyên liệu ngoại nhập. Bên cạnh đó, hiệu quả các thử nghiệm trên một số giống gà đã là cơ sở vững chắc cho việc ngày có càng nhiều trang trại chăn nuôi lớn bổ sung phytase vào khẩu phần ăn của gia cầm, góp phần gia tăng lợi nhuận và phát triển nghề chăn nuôi theo hướng hữu cơ bền vững.

**Từ khóa:** chăn nuôi gia cầm, enzyme phytase, sử dụng men tiêu hóa trong chăn nuôi, vai trò của phytase

### Abstract

#### **EFFICIENCIES OF USING THE DIGESTIVE ENZYME PRODUCT OF PHYTASE ON POULTRY**

The hydrolysis and absorption nutrients in feed has a key role for poultry productivity and breeding income. In the combined feed of poultry, phytate exist as a source of inorganic phosphor and also an anti-nutrient factor. Using phytase to hydrolyse this source of phosphor has a great significance for poultry, helping poultry absorb phosphor and minerals better, as well as the amount of inorganic phosphor in dung decrease significantly. The potential source of phytase could be received from many popular kinds of bacteria and fungi such as *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Escherichia coli*, *Citrobacter braakii*, *Enterobacter*, *Aspergillus terreus*, *A. ficuum*, *A. niger*, *A. fumigatus*, and *Thermoascus aurantiacus*... Now, the market of phytase

*product in Vietnam is very abundant with most of products have imported materials. Moreover, the effect of experiments on some chicken genera is steady proof lead more and more large breeding farms add phytase into the ration of poultry, contributing to increase income and develop the raising toward a stably organic trend.*

---

## 1. Đặt vấn đề

Đối với chăn nuôi gia cầm trên quy mô lớn, thức ăn đóng vai trò rất quan trọng trong chất lượng sản phẩm và hiệu quả kinh tế. Để nâng cao lợi nhuận chăn nuôi, người ta thường tìm cách tối ưu hóa khẩu phần ăn cho vật nuôi và sử dụng các sản phẩm men tiêu hóa để giúp vật nuôi hấp thu chất dinh dưỡng được tốt hơn. Bên cạnh việc phân giải các thành phần chủ yếu trong thức ăn như chất đạm, chất béo, tinh bột, chất xơ..., ngày nay, người chăn nuôi còn quan tâm rất nhiều đến phytate hoặc acid phytic. Chúng là nguồn phosphor hữu cơ, có nhiều trong các loại ngũ cốc và trong hạt của các cây họ đậu. Các loại nguyên liệu này vốn là thành phần chủ yếu trong các loại thức ăn công nghiệp dành cho gia cầm và vật nuôi. Trong thực vật, acid phytic thường liên kết với chặt với các ion kim loại, làm giảm khả năng hấp thu khoáng của vật nuôi và ảnh hưởng đến hoạt động của các enzyme tiêu hóa như trypsin, amylase vốn đòi hỏi các cofactor là các ion kim loại (Bujna và cs., 2016). Phytate chỉ có thể bị thủy phân dưới sự xúc tác của enzyme phytase và giải phóng ra các phân tử o-phosphate và myo-inositol-6-phosphate. Lượng phytase nội sinh rất yếu để có thể phân hủy được hoàn toàn phytate. Vì thế bổ sung phytase vào thức ăn được xem là giải pháp hiệu quả nhất để khắc phục vấn đề này. Sử dụng phytase thường xuyên không chỉ giúp vật nuôi hấp thu hiệu quả nguồn phosphor hữu cơ mà còn có tác dụng giảm lượng phosphor hữu cơ, các chất dinh dưỡng như tinh bột, protein thải ra trong phân, qua đó giúp hạn chế ô nhiễm môi trường chăn nuôi (Singh và cs., 2013).

Các chủng vi nấm thuộc chi *Aspergillus* được xem là nguồn quan trọng để thu nhận enzyme phytase thương mại (Gull và cs., 2013; Jatuwong và cs., 2020). Một số công ty lớn trên thế giới nuôi cấy các chủng vi khuẩn tái tổ hợp để thu nhận phytase với hoạt độ rất cao. Tuy nhiên, phytase từ các nguồn khác nhau luôn có những đặc tính riêng biệt, phù hợp với sinh lý vật nuôi và các thành phần đa dạng của thức ăn. Ở Việt Nam, các trang trại chăn nuôi cũng thường xuyên bổ sung phytase vào khẩu phần ăn cho gia cầm để nâng cao khả năng hấp thụ chất dinh dưỡng. Tuy nhiên, các nghiên cứu trong nước hiện nay tập trung nhiều vào việc sàng lọc các chủng vi sinh vật bản địa sinh phytase cao; nghiên cứu các điều kiện ảnh hưởng đến hiệu suất sinh phytase và thử nghiệm hiệu quả trên một số giống gà broiler hoặc một số đối tượng khác như cá tra và cá rô phi vằn (Nguyễn thu Quyên, 2011; Võ Đức Tuấn, 2012; Phạm Duy Hải và ctv., 2013). Trong đó, ngoài chỉ tiêu tăng trọng, tỷ lệ hấp thu các loại khoáng chất của vật nuôi cũng được khảo sát. Bài viết này cung cấp một cái nhìn tổng quát về các sản phẩm men tiêu hóa chứa phytase trên thị trường hiện nay cũng như triển vọng của

các nguồn thu nhận phytase; vai trò của phytase đối với gia cầm và các hiệu quả của các thử nghiệm thực tế được tiến hành trên một số giống gia cầm khác nhau.

## **2. Nguồn thu nhận phytase triển vọng trong sản xuất thương mại**

### ***Phytase từ vi khuẩn***

Phytase phân bố rộng rãi ở thực vật, vi sinh vật và trong một số mô động vật. Một số nghiên cứu đã cho thấy phytase từ vi sinh vật là nguồn enzyme hứa hẹn nhất cho các ứng dụng công nghệ sinh học. Mặc dù phytase từ một vài loài vi khuẩn, nấm men và vi nấm đã được xác định rõ các đặc tính, nhưng việc sản xuất thương mại hiện nay vẫn tập trung vào chi nấm *Aspergillus*. Tuy nhiên, nhờ một số đặc tính như tính đặc hiệu cơ chất, đề kháng sự thủy phân protein và hiệu quả xúc tác, phytase vi khuẩn là một sự thay thế thiết thực cho enzyme từ nấm. Phytase đã được phát hiện ở nhiều loài vi khuẩn khác nhau như *Pseudomonas* sp. (Richardson và cs, 1997), *Bacillus* sp., *Escherichia coli*, *Citrobacter braakii* (Kim và cs, 2003) *Enterobacter*, và một số vi khuẩn kỵ khí như *Selenomonas ruminantium*, *Megasphaera elsdenii*, *Prevotella* sp., *Mitsuokella multiacidus* và *Mitsuokella jalaludinii* (Lan và cs, 2002). Các nghiên cứu tại Việt Nam tập trung nhiều vào việc khai thác khả năng sinh phytase của các chủng vi khuẩn thuộc chi *Bacillus* (Phan Thị Thu Mai, 2012; Nguyễn Văn Giang, 2013). Có lẽ những đặc tính probiotic của các chủng này sẽ thuận lợi hơn cho việc bổ sung vào đường ruột của các loại vật nuôi. Những nghiên cứu trên vi khuẩn lactic lại cho các kết quả trái ngược nhau. Một vài chủng tổng hợp phytase khá thấp, trong khi một số chủng vi khuẩn lactic phân lập từ bột nhào bánh mì có khả năng phân hủy phytate rất đáng kể. Trong đó, *Lactobacillus sanfranciscensis* có hiệu quả sinh phytase cao nhất (De và cs, 2003). Một số chủng vi khuẩn thuộc chi *Bacillus* và *Enterobacter* tổng hợp phytase ngoại bào. Phytase do các chủng *Selenomonas ruminantium* và *Mitsuokella multiacidus* tạo ra được ghi nhận gắn ở phía ngoài của màng tế bào (Konietzny and Greiner, 2004).

Sự phát triển của kỹ thuật di truyền đã cho phép tạo ra các dòng phytase tái tổ hợp mà ở đó các enzyme phytase với các đặc tính đặc biệt có thể được biểu hiện và sản xuất với số lượng lớn trong các dòng vi khuẩn an toàn. Vi khuẩn thuộc giống *Bacilli* được sử dụng hiệu quả để biểu hiện các phytase được dòng hóa. Phytasa từ *Bacillus licheniformis* được biểu hiện ở *E. coli* có khả năng sản xuất phytase đạt hoạt độ 0,96U/mL, khối lượng phân tử của enzyme khoảng 66kDa. Vi khuẩn lactic cũng được sử dụng hiệu quả cho việc biểu hiện phytase tái tổ hợp do chúng an toàn, hiệu quả về kinh tế, thu nhận enzyme với độ tinh sạch cao và ổn định. Những dòng vi khuẩn probiotic phổ biến thuộc vào giống *Bacilli* và *Lactobacilli* có khả năng bám dính và phát triển trong đường ruột của con người. Chúng còn tạo ra các chất bacteriocin có khả năng ức chế vi khuẩn gây bệnh, cải thiện hệ vi sinh đường ruột (Priyodip và cs, 2017). Do đó sản phẩm phytase từ các nhóm vi khuẩn này không chỉ thích hợp dùng cho vật nuôi mà còn phù hợp cho ngành công nghiệp lên men, tạo ra các sản phẩm thực phẩm dùng cho người.

**Bảng 1. Các dòng phytase tái tổ hợp trên vi khuẩn**

Nguồn gen phytase	Vector plasmid	Vi sinh vật chủ
<i>B. subtilis</i> NCDC-070, NCIM-2712	Ins T/A	<i>E. coli</i> JM-109
<i>B. longum</i> subsp. <i>infantis</i> và <i>B. pseudocatenulatum</i>	pNGPHYpseudso, pNGPHYlongum	<i>L. casei</i>
<i>B. licheniformis</i> PB-13	pET32a	<i>E. coli</i> BL21
<i>E. coli</i>	pET22b	<i>Pichia pastoris</i>
<i>B. amyloliquefaciens</i> DSM 1061		<i>B. amyloliquefaciens</i> DSM 1061

**Phytase từ vi nấm**

So với các nguồn thu nhận phytase khác như vi khuẩn, nấm men thì vi nấm được xem có triển vọng hơn cả. Đặc biệt là những loài nấm mốc có khả năng phát triển trên môi trường bán rắn sử dụng nguồn cơ chất là các loại phế phụ liệu công nông nghiệp sẽ giúp cho việc sản xuất phytase với chi phí thấp (Singh và cs, 2013). Phytase từ nấm được tạo ra với số lượng lớn, hầu hết được tiết ra ngoài tế bào. Ngoài phytase, nấm mốc còn tạo ra một loạt các enzyme khác như amylase, cellulase, xylanase, pectinase... sẽ giúp nâng cao chất lượng dinh dưỡng và khả năng tiêu hóa chất cho thức ăn gia súc. Hoạt tính phytase thường xuyên được thấy ở các loài nấm mốc như *Aspergillus terreus*, *Aspergillus ficuum* và *A. niger* (Zhang và cs, 2010). Sinh tổng hợp phytase từ *Aspergillus niger* NCIM 563 bị ảnh hưởng bởi hàm lượng phosphor vô cơ trong các loại phế liệu nông nghiệp (Bhavsar và cs, 2011). Các loại phế liệu nông nghiệp có chứa ít hơn 4 mg/g phosphor vô cơ cùng với 1% cám gạo sẽ thúc đẩy việc sản xuất phytase sau 11 ngày nuôi cấy. Các loài nấm mốc chịu nhiệt cũng sản xuất phytase trong môi trường nuôi cấy chìm cũng như trên môi trường bán rắn. Phytase từ chủng *Thermomyces lanuginosus* được tổng hợp tốt nhất ở 65°C, pH 6,0. Một chủng nấm chịu nhiệt khác là *Sporotrichum thermophile* tổng hợp phytase tốt nhất ở 45°C, pH 6,0 trong môi trường nuôi cấy chìm và cả trên môi trường bán rắn. Các chủng nấm như *Chaetomium thermophilum* ATCC58420, *Rhizomucor miehi* ATCC22064, *Thermomucor indicae-seudaticae* ATCC28404 và *Myceliophthora thermophila* ATCC48102 cũng được ghi nhận tạo ra phytase. *Rhizomucor pusillus* tổng hợp phytase tối ưu ở nhiệt độ 50°C và pH 5,5 trên môi trường bán rắn với cơ chất cám mì (Chadha và cs., 2004). *Thermoascus aurantiacus* sản xuất phytase trên môi trường bán tổng hợp có chứa glucose, tinh bột và cám mì (Nampoothiri và cs., 2004). Nghiên cứu của Gulati và cộng sự cũng cho thấy chủng *Thermomyces lanuginosus* tổng hợp phytase trên môi trường bán rắn tốt nhất ở 45°C, pH 6,0. Nhóm nghiên cứu cũng tối ưu hóa quá trình nuôi cấy với phương pháp đáp ứng bề mặt theo Box–Behenken trong đó sử dụng cám mì là nguồn cơ chất chính (Gulati và cs., 2007). *Thermoascus aurantiacus* TUB F43 tổng hợp phytase mạnh trên môi trường có chứa nguồn carbon là glucose và tinh bột, nguồn nito là pepton ở 45°C, tốc độ lắc 150 vòng/phút trong 72 giờ (Nampoothiri và cs., 2004). Hassouni và cộng sự cho thấy việc tổng hợp phytase từ *M. thermophila* trên môi trường bán rắn sử dụng bã mía tốt nhất ở 45°C và pH 6,0 trong 36 giờ với độ ẩm 70% (Hassouni và cs., 2006).

Các chất hoạt động bề mặt được biết có khả năng gia tăng tính thấm của màng tế bào, do đó ảnh hưởng đến sự giải phóng enzyme. Hàm lượng phytase gia tăng khi bổ sung natri oleate và Tween-80 vào môi trường bán rắn nuôi cấy *Aspergillus carbonarius*. Nghiên cứu của Mandviwala và Khire cũng cho thấy hoạt độ phytase tăng 30% khi thêm Triton X-100 vào môi trường nuôi cấy *A. niger* NCIM 563. Việc cảm ứng sản xuất phytase ở *Thermoascus aurantiacus* cũng được ghi nhận khi sử dụng môi trường bán tổng hợp có chứa Tween-20 and Tween-80, trong khi Triton X-100 làm giảm hiệu quả thu nhận enzyme (Namapoothiri và cs., 2004). *Sporotrichum thermophile* tiết ra phytase ngoại bào khi nuôi cấy trên môi trường bán rắn sử dụng cơ chất là bánh dầu mè. Hiệu quả thu nhận phytase cũng gia tăng khi bổ sung các chất hoạt động bề mặt vào môi trường (Singh and Satyanarayana, 2006). *Aspergillus oryzae* SBS50 tạo ra phytase cao hơn ở pH 5,0, nhiệt độ 35°C và tốc độ lắc 200 vòng/phút trong thời gian 96 giờ lên men. Năng suất phytase giảm khi thêm phosphor vô cơ vào môi trường, trong khi Tween-80 làm gia tăng sự tăng trưởng của nấm và khả năng tổng hợp phytase (Sapna và Singh, 2013).

Các nghiên cứu tại Việt Nam cũng tập trung nhiều vào việc sàng lọc các chủng vi nấm phytase bản địa và một số yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất thu nhận enzyme mà chưa có nhiều nghiên cứu triển khai sản xuất trên quy mô lớn. Các chủng nấm *Aspergillus fumigatus* được phân lập từ mẫu đất lúa được phát hiện có khả năng sinh phytase với hoạt độ cao nhất thu được cao nhất sau 2 ngày khi nuôi trên môi trường bán rắn chứa bột mì, pH 4,0 và nhiệt độ 35°C (Nguyễn Thị Hà và Nguyễn Văn Tính, 2015). Trên môi trường bán rắn, bột bắp được xem là nguồn cơ chất thích hợp để nuôi cấy thu nhận phytase từ các chủng nấm *Aspergillus niger* (Nguyễn Thị Xuân Dung và cs., 2012; Phạm Duy Hải và cs., 2013). Trước sự phát triển rất mạnh mẽ của công nghệ sản xuất phytase trên thế giới, các nghiên cứu trong nước dường như vẫn chưa đáp ứng được chất lượng như mong đợi. Các nghiên cứu tại Việt Nam vẫn đang tập trung vào việc thử nghiệm sản xuất phytase từ các chủng vi sinh vật hoang dại, vẫn chưa có một nghiên cứu nào tiếp cận theo hướng sản xuất phytase từ các chủng vi sinh vật tái tổ hợp. Tuy nhiên, trước nhu cầu sử dụng thường xuyên của nhiều loại vật nuôi, các nhà nghiên cứu và các cơ sở sản xuất tại Việt Nam có thể sẽ tiếp tục đẩy mạnh việc sản xuất các sản phẩm phytase thô với giá rẻ thay vì phụ thuộc hoàn toàn vào các nguyên liệu phytase ngoại nhập. Bên cạnh đó, với nguồn tài nguyên vi sinh vật bản địa phong phú và nguồn phế phụ liệu nông nghiệp dồi dào, các nghiên cứu trong nước sẽ tiếp tục tận dụng các lợi thế này để sản xuất các sản phẩm phytase phù hợp với yêu cầu sử dụng của địa phương và góp phần giải quyết các vấn đề về ô nhiễm môi trường.

### **3. Các sản phẩm men tiêu hóa phytase trên thị trường thế giới và Việt Nam**

Phytase có mặt trong khoảng 75% khẩu phần ăn của các động vật dạ dày đơn với giá trị thị trường đã vượt quá 350 triệu USD mỗi năm. Thị trường phytase toàn cầu ở thời điểm hiện tại ước tính hơn 60% so với toàn bộ thị trường enzyme. Sự tăng trưởng nhanh chóng này là do gia tăng số lượng các sản phẩm phytase thương mại. Phytase được bổ sung vào thức ăn cho động vật tùy thuộc vào các đặc tính của enzyme như pH hoạt động, sự ổn định trong các điều kiện của dạ dày, sự ổn định với nhiệt độ và sự đặc hiệu cơ chất (Greiner and Konietzny, 2012).

Do sự thiếu hụt đáng kể hoạt động phân giải phytate trong đường ống tiêu hóa của các động vật dạ dày đơn như gia cầm, lợn và cá đòi hỏi cần phải bổ sung phytase để gia tăng hàm lượng phosphate có thể sử dụng được, đáp ứng cho sự tăng trưởng và phát triển của vật nuôi. Sự gia tăng áp lực kinh tế và tác động môi trường của ngành chăn nuôi đã tạo ra sự thành công về mặt kinh tế cho các sản phẩm phytase như là một thức ăn bổ sung cho vật nuôi. Natuphos, là phytase thương mại toàn cầu đầu tiên được đưa ra thị trường vào năm 1991.

**Bảng 2.** Các sản phẩm phytase thương mại nổi bật trên thế giới

Sản phẩm	Vi sinh vật cho	Vi sinh vật sản xuất	Công ty
Natuphos	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Aspergillus niger</i>	BASF
Finase P/L	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Trichoderma reesei</i>	AB Vista
Rovabio	<i>Penicillium funiculosum</i>	<i>Penicillium funiculosum</i>	Adisseo
Finase EC	<i>Escherichia coli</i>	<i>Trichoderma reesei</i>	AB Vista
Optiphos	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pichia pastoris</i>	Enzyvia
Phyzym XP	<i>Escherichia coli</i>	<i>Schizosaccharomyces pombe</i>	Dupont
Quantum	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pichia pastoris</i>	AB Vista
Ronozym P	<i>Peniophora lycii</i>	<i>Aspergillus oryzae</i>	Dupont
Ronozym Hiphos	<i>Citrobacter braakii</i>	<i>Aspergillus oryzae</i>	BASF

Thị trường men tiêu hóa cho vật nuôi hiện nay có nhiều sản phẩm chứa phytase. Bên cạnh những enzyme hỗ trợ tiêu hóa quan trọng như protease và amylase, phytase cũng thường xuyên có mặt trong sản phẩm dùng cho gia cầm và gia súc. Sản phẩm men tiêu hóa hầu hết là hỗn hợp các enzyme như xylanase, mannanase, cellulase, glucanase, protease, phytase, amylase..., một số sản phẩm kết hợp với các vi khuẩn probiotic và cả vitamin, amino acid. Một vài công ty cũng cung cấp các sản phẩm phytase đơn dòng, dùng bổ sung cho vật nuôi hoặc là bán thành phẩm để tạo nên các sản phẩm khác như Phyzyme XP, Phytase PP. Thực tế hiện nay, sản phẩm của các công ty trong nước chủ yếu sử dụng nguồn nguyên liệu ngoại nhập, do nguyên liệu phytase nhập khẩu có hoạt độ rất cao, trong khi các nghiên cứu trong nước chỉ tập trung vào việc tối ưu hóa khả năng của giống bản địa, chưa áp dụng kỹ thuật tái tổ hợp vào việc sản xuất phytase.

**Bảng 3.** Các sản phẩm phytase sử dụng cho gia cầm tại thị trường Việt Nam

Sản phẩm	Thành phần chính	Hoạt độ phytase	Công ty
KEMZYM V	Cellulase, Xylanase, Phytase, Protease,	-	Nông Tiến

Dry	Alpha Amylase		
Phyzyme XP	6 loại phytase từ <i>E. coli</i>	5.000 FTU/ g	Provini Việt Nam
Nova megazyme	Protease, Amylase Phytase, Xylanase <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	-	Anova Việt Nam
All-zym	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , Protease, Amylase, Xylanase, Mannanase, Phytase, Vitamin C, Acid Citric.	20.000 FTU/ kg	Greenvet
Probisol	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus coagulans</i> , <i>Pediococcus acidilaciti</i> , Xylanase, Phytase, Amylase, Protease, $\beta$ -glucanase	35.000 UI/ kg	Vemedim
Bio-enzyme	Phytase, amylase, xylanase, mannanase, protease	170.000 (UI/ L)	Bio-pharmachemie
PRO MEN	Beta glucan 1,3-1,6; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Lactobacillus sporogennes</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus hevalticus</i> , Lipase, Protease, Amylase, Phytase, Cellulase, $\beta$ -galactosidase	-	Thuốc thủy sản sinh học Tôm Vàng
Phytase PP	Phytase	7,249 UI/ g	Dinh dưỡng Lửa Việt
Super Zym	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus clausii</i> , <i>Lactobacillus faecium</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus lactis</i> , Xylanase, Protease, Amylase, Phytase, Mannase	20.000 UI/kg	Hanvet
Enzyme tiêu hóa	Lipase, Protease, Phytase, Xylanase, $\beta$ -glucanase	-	Công nghệ sinh học BIOK
Superzyme-CS (CBS)	Xylanase, Mannanase, Cellulase, Glucanase, Invertase, Protease, Phytase, Amylase	2.000 FYT/ g	Venamti (Sản phẩm nhập khẩu từ Canada)
Naphos	Phytase, Lysine, Methionine, alanine, Cystein, Tyrosine	500 FTU/ kg	Công nghệ Cách Tân (nhập khẩu Ấn Độ)

“-”: không đề cập

Các sản phẩm men tiêu hóa chứa phytase tại thị trường Việt Nam có hoạt độ rất đa dạng, từ vài đơn vị cho đến hàng ngàn đơn vị hoạt độ. Một số sản phẩm hỗn hợp lại không đề cập đến hoạt độ của từng enzyme cụ thể. Trong khi đó, hầu hết các sản phẩm đều khuyến cáo liều lượng sử dụng nằm trong khoảng 500-1000g/tấn thức ăn tùy theo lứa tuổi của gia cầm. Điều này cho thấy mặc dù tác dụng của phytase đã được

chứng minh rất rõ ràng nhưng việc đánh giá hiệu quả sản phẩm thông qua hoạt độ enzyme chưa thật sự chính xác. Enzyme phytase từ các nguồn thu nhận khác nhau luôn có những đặc điểm xúc tác khác nhau. Thêm vào đó, thức ăn cho gia cầm mà các trang trại sử dụng rất đa dạng, gồm nhiều thành phần khác nhau, nên để việc sử dụng hiệu quả, cần có các thử nghiệm về chất lượng sản phẩm trên điều kiện chăn nuôi thực tế của từng trang trại. Một vài công ty thức ăn chăn nuôi lớn đã phối trộn các enzyme vào thức ăn hỗn hợp để giúp người chăn nuôi thuận tiện hơn khi sử dụng và nâng cao hiệu quả chăn nuôi. Theo xu hướng này, ngoài các đặc tính phù hợp với sinh lý tiêu hóa vật nuôi, các sản phẩm phytase mới cần thể hiện được một khả năng chịu nhiệt nhất định, để có thể bổ sung được vào quy trình tạo viên thức ăn.

#### 4. Vai trò của phytase đối với gia cầm

Trong thực vật, khoảng 65-90% tổng hàm lượng phospho được dự trữ dưới dạng phytate, chứa 6 phân tử phosphate liên kết quanh vòng myo-inositol và bị phân cắt qua quá trình khử phospho bởi enzyme phytase. Tuy nhiên, khả năng tiêu hóa phytate là một thách thức đối với lợn và gia cầm vì hoạt động rất thấp của enzyme phytase nội sinh. Phytate liên kết với các ion khoáng mang điện tích dương như Ca, Mg, K, Mn hoặc Zn tạo ra phức chất khoáng-phytate, khó hoà tan, làm giảm khả năng sử dụng các ion này. Ngoài ra, phytate có thể liên kết với các chất dinh dưỡng khác như protein, tinh bột... làm giảm khả năng tiêu hóa của vật nuôi. Enzyme phytase thủy phân phytate thông qua quá trình khử phosphor, giải phóng các ion khoáng qua đó làm tăng tỷ lệ hấp thu các khoáng chất, đặc biệt là phosphor. Ngoài ra, phytase còn giúp cải thiện môi trường nhờ việc giảm bài tiết phosphor ra ngoài môi trường thông qua việc tăng tỷ lệ tiêu hóa phosphor (Selle và cs., 2009). Do đó, sử dụng phytase, các nhà dinh dưỡng lên được những khẩu phần ăn không những tối ưu được nguồn dinh dưỡng trong nguyên liệu mà còn đem lại hiệu quả kinh tế cao.

Đối với gia cầm, bổ sung phytase từ vi sinh vật có hiệu quả trong việc cải thiện tình trạng dinh dưỡng trong khẩu phần ăn (Selle and Ravindran, 2008). Bổ sung phytase vào khẩu phần ăn của gà broiler với hàm lượng thấp phosphor không thuộc nhóm phytate giúp gia tăng lượng phosphor hấp thụ cùng với đó là giảm lượng thải ra (Juanpere và cs., 2004). Vats và các cộng sự đã bổ sung phytase của nấm *Aspergillus niger* vào thức ăn cho gia cầm và đánh giá sự giải phóng phosphor từ acid phytic trong thức ăn (Vats và cs., 2009). Bổ sung phytase từ vi sinh vật vào khẩu phần ăn của gà có thành phần cơ bản là bắp và bã đậu nành đã cho thấy sự cải thiện về ngoại hình và tăng khả năng sử dụng Ca, P và Zn ở gà (Brenes và cs, 2003). Một nghiên cứu tương tự sử dụng phytase từ *A. niger* cũng cho thấy gà tăng trưởng tốt, hấp thụ P, Ca tốt hơn và tăng khả năng khoáng hóa xương ở gà broiler (Ahmad và cs., 2004).

Việc bổ sung phytase từ vi sinh vật giúp tăng lượng Zn và Mn khả dụng trong hỗn hợp thức ăn bắp – bã đậu nành của gà broiler. Kết quả các nghiên cứu tương tự cũng cho thấy sự tăng trưởng, hấp thụ phosphor tốt hơn vào cơ thể và giảm lượng phosphor thải ra



trong phân (Vohra và cs., 2006). Do đó, hệ số FCR (Feed Conversion Ratio – hệ số chuyển đổi thức ăn được định nghĩa là tỷ lệ thức ăn tiêu thụ trên một kg tăng trọng) của gà sử dụng phytase thấp hơn so với gà không sử dụng, đã chứng tỏ hiệu quả kinh tế của enzyme phytase từ *P. anomala* (Vohra và cs., 2006). Nghiên cứu của Pillai cũng đã cho thấy bổ sung phytase không chỉ giúp làm giảm hàm lượng nitơ tổng số trong phân và tăng lượng phosphor hòa tan mà còn ảnh hưởng đến hàm lượng phosphor trong phân (Pillai và cs., 2009). Năng suất trứng, khối lượng trứng và lượng thức ăn hấp thu tăng ở nhóm gà có sử dụng phytase so với nhóm đối chứng (Ahmadi và cs., 2008). Thức ăn có bổ sung phytase không ảnh hưởng đến khối lượng lòng đỏ trứng, trong khi lòng trắng và khối lượng vỏ trứng bị ảnh hưởng đáng kể. Gà broiler sử dụng thức ăn là bắp được chuyển gen biểu hiện phytase từ *E. coli* cho thấy sự giảm dần hàm lượng acid phytic trong suốt đường tiêu hóa (Nyannor và cs., 2009). Kết hợp giữa carbohydrase và phytase cải thiện khả năng hấp thu dinh dưỡng và gia tăng giá trị của hỗn hợp thức ăn lúa mì và đậu nành. Hỗn hợp xylanase, amylase, protease và phytase cải thiện năng suất của gà khi sử dụng thức ăn có thành phần chính là bắp và đậu nành, trong đó phytase đóng vai trò chính (Tiwari và cs., 2010). Bổ sung phytase vào khẩu phần ăn của gà broiler với liều lượng 5000 FTU/kg làm tăng pH dạ dày, tá tràng và ruột, kéo theo đó là sự gia tăng hấp thu P và Ca một cách rõ ràng (Walk và cs., 2012).

Khác với các loại vật nuôi khác, trước khi đi dạ dày, thức ăn được chứa trong một túi trước ngực gọi là điều. Cơ quan này là nơi lưu trữ trung gian thức ăn cho quá trình tiêu hóa. Hiệu quả sử dụng của điều liên hệ chặt chẽ với tỷ lệ thức ăn chuyển qua và tình trạng căng đầy của nó. Điều có thể chứa đến 40g thức ăn sau khi ăn khoảng 1 giờ. Trong khoảng 4-5 giờ sau đó, lượng thức ăn trong điều còn khoảng 10g (Svihus và cs., 2002). Chính việc thiếu các enzyme nội sinh nên điều không có các chức năng quan trọng trong việc tiêu hóa thức ăn. Lợi dụng điều này, các sản phẩm men tiêu hóa hướng tới việc nâng cao khả năng hoạt động của các enzyme trong điều gia cầm. Hỗn hợp thức ăn trong điều được làm ẩm và đảo trộn một phần đã giúp các chất dinh dưỡng bị phân cắt thành các chất dễ hòa tan hơn. Ngoài thời gian lưu trữ thức ăn, pH trong điều cũng là yếu tố cần quan tâm khi sử dụng các sản phẩm men tiêu hóa. Giá trị pH trong điều gia cầm có tính acid và thay đổi trong một khoảng rộng. Ở các giống gà broiler, pH điều nằm trong khoảng 4,5-5,8 đối với gà Ross 308 và 4,3-5,1 đối với gà Cobb 500. Hàm lượng acid phytic có thể giảm 50% ở đoạn này của ống tiêu hóa trong thời gian 100 phút. Thí nghiệm của Denstadli đã cho thấy acid phytic (IP6) bị phân giải đến 86% trong 45 phút khi ủ ở điều kiện tương tự như trong điều gia cầm (Denstadli và cs., 2006).

## **5. Hiệu quả bổ sung phytase vào thức ăn cho gia cầm**

Với khả năng phân hủy phytate in vitro mạnh mẽ, nhiều dòng sản phẩm chứa phytase đã được sản xuất và bổ sung vào khẩu phần ăn cho vật nuôi. Nhiều thử nghiệm trên các giống gà cụ thể đã được tiến hành trong khoảng 20 năm trở lại đây. Hầu hết các

nghiên cứu tập trung vào việc đánh giá tỷ lệ tăng trọng và khả năng hấp thu phosphor hoặc khoáng chất tổng số vào xương. Một vài nghiên cứu cũng đã đề cập đến khả năng thủy phân IP6 ở các mức độ khác nhau. Bên cạnh việc chứng minh vai trò của các sản phẩm phytase, liều lượng sử dụng cũng là yếu tố rất quan trọng, giúp người chăn nuôi tiết kiệm chi phí và phát huy được hiệu quả tối đa của sản phẩm.

Một số tác giả đã đánh giá tác dụng của phytase liều cao *Super dosing* đối với vật nuôi. Enzyme phytase liều cao có nghĩa là bổ sung hàm lượng enzyme phytase trong khẩu phần ăn với tỷ lệ cao hơn mức cần thiết để đáp ứng yêu cầu của phosphor khả dụng cũng như tăng cường hiệu suất đối với vật nuôi (Kies và cs., 2006; Cowieson và cs., 2011).

Với liều phytase thông thường (500 FTU/kg thức ăn), myo-inositol phosphate ester 6 (IP6) sẽ từng bước được chuyển hóa thành IP4 và IP3. Tuy nhiên, IP3 và IP4 vẫn có khả năng ức chế hoạt động của pepsin mặc dù ở mức độ thấp hơn IP5 và IP6. Nghiên cứu của Cowieson cũng cho thấy khả năng hòa tan của IP3 và IP4 vẫn còn thấp. IP3 chỉ hòa tan trong ruột non với tỷ lệ 8% trong khi IP4 hòa tan 31% trong ruột non và 6% ở ruột già. Thêm vào đó, chúng vẫn có thể tạo phức với kẽm và các khoáng chất khác. Enzyme phytase liều cao (1.500 FTU/kg thức ăn) sẽ giúp loại bỏ IP4 và IP3 (Yu và cs., 2012) do đó nâng cao khả năng sử dụng chất khoáng. Năm 1971, Nelson và cộng sự lần đầu tiên báo cáo về việc bổ sung enzyme phytase liều cao trong khẩu phần ăn của gà cho thấy hàm lượng phosphor gia tăng khi tăng liều phytase từ 950 FTU lên 7.600 FTU/kg thức ăn. Một số nghiên cứu khác cũng đã đưa ra liều khuyến nghị phytase cho gia cầm là 500 FTU/kg thức ăn (Selle và Ravindran, 2007; Cowieson và cs., 2009). Tuy nhiên, khi bổ sung phytase với liều lên đến 12.000 FTU vào mỗi kg thức ăn có thành phần chính là ngô cho gà thịt lại làm giảm hàm lượng phosphor phytate.

Việc sử dụng phytase liều cao trên 1.000 FTU/kg thức ăn giúp tăng cường khả năng cung cấp chất dinh dưỡng khả dụng sẵn có từ thức ăn, tăng giải phóng phosphate từ phytate và do đó tăng tỷ lệ Ca/P khả dụng đồng thời giúp giảm hàm lượng phytate trong hệ tiêu hóa (Cowieson và cộng sự., 2011). Liều phytase tiêu chuẩn có thể nhắm vào việc chuyển hóa từ IP6 thành các este thấp hơn như IP4 và hoặc IP3 (khả năng hòa tan vẫn tương đối thấp). Tuy nhiên với khái niệm enzyme phytase liều cao có thể giúp phân giải IP6 thành IP1, là chất có khả năng hòa tan cao ở phần trên của ống tiêu hóa như dạ dày và tá tràng đối với lợn hoặc điều, dạ dày tuyến và mề ở gia cầm.

Trong các nghiên cứu đánh giá về hiệu quả của việc sử dụng phytase liều cao đã cho thấy nhu cầu phosphor của vật nuôi được đáp ứng đầy đủ khi bổ sung phytase với liều từ 500-750 FTU/kg thức ăn. Do đó, việc cải thiện năng suất với liều phytase cao hơn 750 FTU/kg thức ăn có thể có liên quan đến các cơ chế riêng biệt so với việc đáp ứng nhu cầu phosphor cho vật nuôi. Điều này cho thấy việc đề xuất cải thiện năng suất vật nuôi của việc sử dụng phytase liều cao là kết quả của các chất dinh dưỡng khác (Cowieson và cs., 2011).

Một số nghiên cứu cũng cho thấy ảnh hưởng của việc bổ sung phytase lên hiệu suất chăn nuôi được ước tính với liều lượng từ 500-1.500 FTU/kg thức ăn. Số lượng các công bố về nghiên cứu sử dụng phytase liều cao ngày càng nhiều. Do đó, việc sử dụng phytase liều cao sẽ giúp tiết kiệm chi phí thức ăn bằng cách giảm bổ sung  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  đồng thời cũng cải thiện hiệu quả của các chất dinh dưỡng sẵn có trong nguyên liệu và tăng hiệu suất sử dụng myo-inositol sẵn có trong nguyên liệu thức ăn cho sự phát triển của vật nuôi.

Những nghiên cứu liên quan đến phytase tại Việt Nam tập trung nhiều vào việc sàng lọc các đối tượng vi sinh và các yếu tố của môi trường lên men ảnh hưởng đến khả năng sinh tổng hợp phytase của các chủng. Những thử nghiệm trên gia cầm với các quy mô thí nghiệm khác nhau vẫn chưa có nhiều. Mặc dù các công bố ngoài nước trước đây đã cho thấy hiệu quả rõ ràng của các sản phẩm chứa phytase. Tuy nhiên, với đặc thù môi trường chăn nuôi, điều kiện chăn nuôi và thành phần khác nhau trong khẩu phần ăn, các thử nghiệm cũng cần được tiến hành với các sản phẩm phytase trong các điều kiện chăn nuôi cụ thể của từng trang trại. Tác động của phytase cũng đã được khảo sát trên các khẩu phần ăn có hàm lượng P. phytin khác nhau. Trên đối tượng thử nghiệm là gà Ross 508 và gà Ri lai, sản phẩm **Phytase 5000** bổ sung với liều 1g/kg thức ăn vào khẩu phần ăn đã có ảnh hưởng tích cực đến khả năng khoáng hóa xương cũng như cải thiện khả năng tiêu hóa Ca và P. Hàm lượng khoáng tổng số tăng 4,65-6,12% ở gà Ross 508 và 4,15-7,54% ở gà Ri lai của cả hai dạng khẩu phần. Tỷ lệ tiêu hóa phosphor ở nghiệm thức P. phytin cao tăng 12,75% so với lô không bổ sung phytase ở gà Ross 508 và 14,77% ở gà Ri lai. Tương tự, ở khẩu phần có P. phytin thấp, lô được bổ sung phytase có tỷ lệ hấp thu phosphor tăng 12,82% ở gà Ross 508 và 12,09% ở gà Ri lai. Mặc dù hàm lượng khoáng tổng số và tỷ lệ hấp thu phosphor không bị ảnh hưởng bởi hàm lượng P. phytin trong khẩu phần nhưng tỷ lệ tiêu hóa Ca của gà lại bị ảnh hưởng bởi hàm lượng phytin và việc bổ sung phytase vào khẩu phần. Ở nghiệm thức có P. phytin cao, tỷ lệ tiêu hóa Ca tăng 19,59% so với lô không bổ sung phytase ở gà Ross 508 và 7,86% ở gà Ri lai. Ở khẩu phần có P. phytin thấp, tỷ lệ tiêu hóa Ca cũng tăng lên 7,50% ở gà Ross 508 và 4,25% ở gà Ri lai. Sản phẩm phytase giúp gia tăng tỷ lệ hấp thu Ca ở những khẩu phần có hàm lượng phytin cao (Nguyễn Thu Quyên, 2011).

Trong thực tế, các sản phẩm men tiêu hóa ít khi được sử dụng đơn lẻ. Thay vào đó, một hỗn hợp gồm nhiều loại enzyme như phytase, amylase, protease, cellulase, mannase... được bổ sung vào thức ăn cho gia cầm để tăng hiệu quả sử dụng thức ăn và làm giảm mùi hôi chuồng trại. Nhóm nghiên cứu của công ty Saigon Nutrition đã thử nghiệm sử dụng kết hợp hỗn hợp enzyme carbohydrase với phytase ở các liều lượng khác nhau (500-1.500 FTU/kg thức ăn) nhằm tăng khả năng phá vỡ các Non-starch polysaccharide (NSP), tạo điều kiện cho phytase thủy phân phytate trong các nguyên liệu thực vật phổ biến trong khẩu phần ăn, từ đó cải thiện năng suất tăng trưởng và sự khoáng hóa xương của gà thịt. Thí nghiệm tiến hành trên 640 con gà trống Cobb 500, được chia làm 8 nghiệm thức. Kết quả cho thấy khi sử dụng kết hợp phytase ở liều dùng 500 FTU/kg và 500mg/kg hỗn hợp enzyme carbohydrase cho kết quả tối ưu so với các liều phytase cao hơn. Sau 35 ngày

nuôi, trọng lượng gà tăng 8 % ( $P < 0,05$ ), mật độ khoáng cơ thể (BMD) tăng 4% và hàm lượng khoáng chất cơ thể (BMC) tăng 5% so với lô đối chứng. Đồng thời kết quả trên cho thấy rằng, khi sử dụng hỗn hợp các enzyme carbohydrase đã giúp phá vỡ các NSP làm tăng khả năng tiếp xúc của phytase với cơ chất cho nên ngay cả khi sử dụng liều phytase thấp, hiệu quả đạt được cũng tương tự khi sử dụng phytase ở liều cao hơn (Saigon nutrition team, 2020). Thử nghiệm sử dụng chế phẩm *Bacillus enzyme* có chứa phytase, hỗn hợp vi khuẩn probiotic và các enzyme tiêu hóa khác trên gà Cobb 500 cũng cho kết quả khối lượng gà tăng 7,67% và chỉ số FCR giảm 5,86% (Tùng Quang Trung, 2020). Một nghiên cứu trên gà thả vườn 7 tuần tuổi cũng cho thấy sản phẩm phytase từ *Trichoderma asperellum* có thể làm giảm hàm lượng phosphor vô cơ trong phân từ 14,5 đến 39,1% (Trần Ngọc Hùng, 2021).

Những thử nghiệm thực tế trên đã cho thấy các sản phẩm phytase đã phát huy nhiều tác dụng trên gia cầm, giúp vật nuôi tăng trưởng tốt và giảm thiểu nguy cơ ô nhiễm môi trường từ chất thải vật nuôi, phù hợp cho việc chăn nuôi quy mô lớn phát triển theo hướng bền vững. Tuy nhiên, hầu hết các thí nghiệm này thực hiện trên các giống gà sử dụng thức viên hỗn hợp. Trong khi đó, ở nông thôn nhiều hộ chăn nuôi gà thả vườn với quy mô nhỏ, cung cấp sản phẩm tại địa phương vẫn chưa quan tâm nhiều đến việc sử dụng men tiêu hóa phytase. Do đó, trong tương lai có thể sẽ có nhiều hơn các nghiên cứu thực nghiệm trên các giống gà đặc sản hoặc các mô hình nuôi bán chăn thả, để từng bước sử dụng các sản phẩm phytase, nâng cao hiệu quả cho kinh tế chăn nuôi tại địa phương.

## 6. Kết luận

Hiệu quả của phytase đã được chứng minh bằng nhiều thí nghiệm invitro và các thử nghiệm trên gia cầm thực tế. Bổ sung phytase vào thức ăn giúp cho gia cầm hấp thu phosphor và khoáng chất tốt hơn, cùng với đó là lượng phosphor trong phân thải ra môi trường giảm đi đáng kể. Trong bối cảnh ngành chăn nuôi gia cầm đang phát triển theo hướng quy mô trang trại lớn, giải pháp sử dụng phytase thường xuyên sẽ giúp tiết kiệm được chi phí thức ăn cho gia cầm, giảm bớt nguy cơ ô nhiễm từ nguồn phân thải ra môi trường, giúp ngành chăn nuôi gia cầm phát triển bền vững. Đây cũng là xu hướng phát triển theo hướng hiện đại, thân thiện với môi trường của ngành chăn nuôi gia cầm tại Bình Dương cũng như tại Việt Nam hiện nay. Mặc dù thị trường trong nước hiện nay chủ yếu sử dụng nguồn nguyên liệu phytase ngoại nhập, nhưng với các những lợi thế về nguồn giống bản địa đa dạng và nguyên liệu nuôi cấy dồi dào, các nhà nghiên cứu trong nước sẽ tiếp tục tập trung vào hướng sản phẩm phytase giá rẻ, phù hợp với sinh lý của các giống gà đặc sản và các mô hình chăn nuôi đặc thù của địa phương.

*Lời cảm ơn*

*Tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ thiết bị của Viện Phát triển Ứng dụng, Trường Đại học Thủ Dầu Một; sự hỗ trợ kinh phí trong khuôn khổ đề tài cấp cơ sở với mã số DT.20-072.*

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ahmad T.; Rasool S.; Sarwar M.; Haq A.; Zia-ul H. (2004). Effect of microbial phytase produced from a fungus *Aspergillus niger* on bioavailability of phosphorus and calcium in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 83, 103-114.
- [2] Ahmadi A., Tabatabaei M.M., Aliarabi H., Saki A.A., Siyar S.A. (2008). Performance and egg quality of laying hens affected by different sources of phytase. *Pakistan Journal of Biological Science*, 11, 2286-2288.
- [3] Bhavsar K.V., Kumar R., Khire J.M. (2011). High level phytase production by *Aspergillus niger* NCIM 563 in solid state culture: response surface optimization, up-scaling, and its partial characterization. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 38, 1407-1417.
- [4] Brenes A., Viveros A., Arija I., Centeno C., Pizarro M., Braro C. (2003). The effect of citric acid and microbial phytase on mineral utilization in broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology*, 110, 201-219
- [5] Bujna E., Rezessy-Szabó J.M., Nguyen D.V. and Nguyen D.Q. (2016). Production and some properties of extracellular phytase from *Thermomyces lanuginosus* IMI 096218 on rice flour as substrate. *Mycosphere*, 7(10), 1576-1587.
- [6] Cowieson A.J., Wilcock P., Bedford M.R. (2011). Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. *World's Poultry Science Journal*, 67(2), 225-236.
- [7] Chadha B.S., Gulati H., Minhas M., Saini H.S., Singh N. (2004). Phytase production by the thermophilic fungus *Rhizomucor pusillus*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 20, 105-109.
- [8] De Angelis M., Gallo G., Corbo M.R., McSweeney, P.L.H., Faccia M., Giovine M., Gobbetti M. (2003). Phytase activity in sourdough lactic acid bacteria: purification and characterization of a phytase from *Lactobacillus sanfranciscensis* CB1. *Food Microbiol.*, 87, 259-270.
- [9] Denstadli V., Vestre R., Svihus B., Skrede A., Storebakken T. (2006). Phytate degradation in a mixture of ground wheat and ground defatted soybeans during feed processing: Effects of temperature, moisture level, and retention time in small- and medium-scale incubation systems. *J. Agr. Food Chem*, 54, 5887-5893.
- [10] Nguyễn Thị Xuân Dung, Nguyễn Việt Khoa, Nguyễn Văn Tính, Trần Nguyễn Nhật Khoa, Lâm Thị Kim Chung (2012). Tối ưu hóa môi trường nuôi cấy *Aspergillus niger* để tăng hiệu suất sản sinh phytase. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 24a, 222-232.
- [11] Nguyễn Văn Giang, Trần Thị Đào, Đinh Quang Hiếu, Đặng Ngọc Bích, Trần Thị Cẩm Tú, Bùi Thị Hằng (2013). Phân lập và tuyển chọn vi khuẩn sinh tổng hợp phytase ngoại bào. *Tạp chí Khoa học và Phát triển*, 11(4), 558-564.
- [12] Greiner R., Konietzny U. (2012). Update on characteristics of commercial phytase. *International phytase Summit 2012*.

- [13] Gull I., Hameed A., Aslam M.S. and Athar M.A. (2013). Optimization of phytase production in solid state fermentation by different fungi. *African Journal of Microbiology Research*, 7(46), 5207-5212.
- [14] Nguyễn Thị Hà, Nguyễn Văn Tính (2015). Phân lập nấm *Aspergillus fumigatus* với khả năng sinh tổng hợp phytase cao. *Tạp chí Khoa học trường Đại học Cần Thơ*. 37(1), 42-48.
- [15] Phạm Duy Hải, Nguyễn Văn Nguyên, Trần Văn Khanh (2013). Nghiên cứu ảnh hưởng của môi trường dinh dưỡng và các điều kiện nuôi cấy bề mặt tạo sinh khối chứa enzyme phytase có hoạt lực cao từ *Aspergillus niger* YD. Báo cáo Khoa học của Viện Nghiên Cứu Nuôi Trồng Thủy Sản II, 50-57.
- [16] Trần Ngọc Hùng (2021). Khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng đến khả năng sinh phytase của *Trichoderma asperellum* và đánh giá hiệu quả tăng hấp thu phosphor trên gà thả vườn. *Tạp chí Khoa học trường đại học Cần Thơ*.
- [17] Jatuwong K., Suwannarach N., Kumla J., Penkhruw W., Kakumyan P. and Lumyong S. (2020). Bioprocess for Production, Characteristics, and Biotechnological Applications of Fungal Phytases. *Front. Microbiol.* 11:188. <http://doi: 10.3389/fmicb.2020.00188>
- [18] Juanpere J., Perez-Vendrell A.M., Brufau J. (2004). Effect of microbial phytase on broilers fed barley-based diets in the presence or not of endogenous phytase. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 115, 265-279.
- [19] Kim H.W., Kim, Y.O., Lee J.H., Kim K.K., Kim Y.J. (2003). Isolation and characterization of a phytase with improved properties from *Citrobacter braakii*. *Biotechnol. Lett*, 25: 1231-1234.
- [20] Konietzny U., Greiner R. (2004). Bacterial phytase: potential application, in vivo function and regulation of its synthesis. *Brazilian Journal of Microbiology*, 35, 11-18.
- [21] Lan G.Q., Abdullah N., Jalaludin S., Ho Y.W. (2002). Culture conditions influencing phytase production of *Mitsuokella jalaludinii*, a new bacterial species from the rumen of cattle. *J. Appl. Microbiol.*, 93, 668-674.
- [22] Phạm Thị Thu Mai (2012). *Phân lập tuyển chọn vi sinh vật sinh enzyme phytase* (Luận văn Thạc sĩ ngành Vi sinh vật). Trường Đại học Khoa học Tự nhiên.
- [23] Nampoothiri K.M., Tomes G.J., Roopesh K., Szakacs G., Nagy V., Soccol C.R., Pandey A. (2004). Thermostable phytase production by *Thermoascus aurantiacus* in submerged fermentation. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 118: 205-214.
- [24] Nguyễn Thu Quyên, Trần Thanh Vân, Trần Quốc Việt, Nguyễn Thị Thuý My (2011). Ảnh hưởng của việc bổ sung phytase trong khẩu phần thức ăn cho gà thịt đến khả năng tiêu hoá canxi, photpho và khoáng hoá xương. *Tạp chí Đại học Thái Nguyên*, 1(11).
- [25] Nyannor E.K., Bedford M.R., Adeola O. (2009). Corn expressing an *Escherichia coli*-derived phytase gene, residual phytase activity and microstructure of digesta in broiler chicks. *Poultry Science*, 88, 1413-1420.
- [26] Pandey A., Szakacs G., Soccol C.R., Rodriguez-Leon J.A., Soccol A.T. (2011). Production, purification and properties of microbial phytases. *Bioresource Technol*, 7, 203-214.
- [27] Priyodip P., Prakash P.Y., Balaji S. (2017). Phytases of Probiotic Bacteria: Characteristics and Beneficial Aspects. *Indian J. Microbiol*, 57(2):148-154. DOI 10.1007/s12088-017-0647-3.

- [28] Pillai U.P., Manoharan V., Lisle A., Li X., Bryden W. (2009). Phytase supplemented poultry diets affect soluble phosphorus and nitrogen in manure and manure-amended soil. *Journal of Environmental Quality*, 8, 1700-1708.
- [29] Richardson A.E., Hadobas P.A. (1997). Soil isolates of *Pseudomonas* spp. that utilize inositol phosphates. *Can. J. Microbiol.*, 43, 509-516.
- [30] Saigon nutrition team (2020). Tác động của Superzyme-CS – Hỗn hợp các enzyme tiêu hóa đối với năng suất tăng trưởng và sự khoáng hóa xương của gà thịt. Công ty cổ phần dinh dưỡng Sài Gòn. Nguồn: <https://dinhduongsaigon.com/tac-dong-cua-superzyme-cs-hon-hop-cac-enzyme-tieu-hoa-doi-voi-nang-suat-tang-truong-va-su-khoang-hoa-xuong-cua-ga-thit>.
- [31] Selle P.H, Cowieson A.J., Bedford, M.R., Ravindran V. (2009). Phytate and microbial phytase: implications for endogenous nitrogen losses and nutrient availability. *World's poultry science journal*, 65(3), 401-418.
- [32] Singh B., Satyanarayana T. (2011). Microbial phytases in phosphorus acquisition and plant growth promotion. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 17.
- [33] Singh N.K., Joshi D.K., Gupta R.K. (2013). Isolation of phytase producing bacteria and optimization of phytase production parameters. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 6(5), <http://doi.org/10.5812/jjm.6419>.
- [34] Singh B., Satyanarayana T. (2014). Fungal phytases: characteristics and amelioration of nutritional quality and growth of non-ruminants. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. <http://doi.org/10.1111/jpn.12236>
- [35] Svihus B., Hetland H., Choct M., Sundby F. (2002). Passage rate through the anterior digestive tract of broiler chickens fed on diets with ground and whole wheat. *Brit. Poultry Sci.*, 43:662-668.
- [36] Nguyễn Văn Tính, Nguyễn Thị Hà (2015). Khảo sát môi trường nuôi cấy nấm *Aspergillus fumigatus* ET3 để tăng hiệu suất sản sinh phytase. *Tạp chí Khoa học trường Đại học Cần Thơ*, 37(1), 49-56.
- [37] Tiwari S.P., Gendley M.K., Pathak A.K., Gupta R. (2010). Influence of an enzyme cocktail and phytase individually or in combination in Ven Cobb broiler chickens. *British Poultry Science* 51, 92-100.
- [38] Vats P., Banerjee U.C. (2004). Production studies and catalytic properties of phytases (myo-inositolhexakisphosphate phosphohydrolases), an overview. *Enzyme and Microbial Technology*, 35, 3-14.
- [39] Vohra A., Rastogi S.K., Satyanarayana, T. (2006). Amelioration in growth and phosphate assimilation of poultry birds using cell-bound phytase of *Pichia anomala*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 22, 553-558.
- [40] Walk C.L., Bedford M.R., McElroy A.P. (2012). Influence of limestone and phytase on broiler performance, gastrointestinal pH, and apparent ileal nutrient digestibility. *Poultry Science*, 91, 1371-1378.
- [41] Zhang G.Q., Dong X.F., Wang Z.H., Zhang Q., Wang H.X. and Tong J.M. (2010). Purification, characterization, and cloning of a novel phytase with low pH optimum and strong proteolysis resistance from *Aspergillus ficuum* NTG-23. *Bioresource Technology*, 101, 4125-4131.

- [42] Từ Quang Trung, Lê Phương Dung (2020). Ứng dụng chế phẩm *Bacillus* enzyme trong chăn nuôi gà thịt Cobb 500. *Hội nghị Công nghệ Sinh học toàn quốc 2020*, 625-629.
- [43] Võ Đức Tuấn (2012). *Nghiên cứu thu nhận enzyme phytase từ Bacillus sp. và thử nghiệm ảnh hưởng của việc bổ sung phytase trong khẩu phần thức ăn đến khả năng tăng trưởng và hiệu quả sử dụng thức ăn cho cá rô phi vằn (Oreochromis niloticus)* (Khóa luận tốt nghiệp ngành Công nghệ Sinh học). Trường Đại học Nông Lâm TP HCM.
- [44] Zhao L., Zhang Y. (2015). Effects of phosphate solubilization and phytohormone production of *Trichoderma asperellum* Q1 on promoting cucumber growth under salt stress. *Journal of Integrative Agriculture*. [http://doi10.1016/S2095-3119\(14\)60966-7](http://doi10.1016/S2095-3119(14)60966-7).