

XÁC ĐỊNH LƯỢNG VẾT MỘT SỐ NGUYÊN TỐ ĐẤT HIẾM TRONG MẪU THỊT VÀ NỘI TẠNG LỢN CÓ SỬ DỤNG THỨC ĂN CHỨA ĐẤT HIẾM BẰNG KỸ THUẬT ICP-MS

Đến tòa soạn 29-08-2022

**Ngô Quang Huy, Nguyễn Thị Liên, Nguyễn Thị Mến, Nguyễn Thị Hằng,
Đỗ Thị Ánh Tuyết, Lê Quốc Việt, Trần Hoàng Mai, Phùng Vũ Phong**

Viện Công nghệ xạ hiếm

Email: Ngoquanghuy89@gmail.com

SUMMARY

DETERMINATION OF SOME TRACE AMOUNT OF RARE EARTH ELEMENTS IN MEAT AND ORGANS FROM PIG FEEDED WITH FOOD CONTAINING RARE EARTHS BY ICP-MS TECHNIQUES

In this report, the trace amount of some rare earth impurities in meat and some organs sample from pig feeded with rare earth food additive was determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The signal suppression effect of the sample matrix on the signals of the REE was effectively compensated for using ^{103}Rh internal standard. The grounded samples were subjected to microwave acid digestion as reported by TCVN-9525:2018. Briefly, 0.5 g of the sample was mixed to 2.0 mL of 65% HNO_3 and 1.0 mL of 30% H_2O_2 in microwave polytetrafluoroethylene digestion vessels. The microwave digestion system was operated at 400W (medium power mode) for 12 min. The method of detection limits (LOD) were in the range of 0.004 $\mu\text{g/kg}$ to 0.018 $\mu\text{g/kg}$. The sample recovery was obtained between 97.0 and 107.3 % by the certified reference material (CRM-BCR-668). La, Ce, Pr, Nd, and total REEs content were assessed. The La, Ce content in some pig organs samples (liver, heart, spleen, kidney) using rare earth food additive were higher than the reference samples about two to three times, and in the meat sample were negligible.

Keywords: Pigs; Rare earth element; Performance enhancer

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, các nguyên tố đất hiếm (REEs) có ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. Trong công nghiệp, đất hiếm được sử dụng trong ngành công nghiệp điện tử, chế tạo chất siêu dẫn, chất xúc tác và phụ gia cho gốm sứ. Trong nông nghiệp, đất hiếm được bổ sung vào phân bón của cây trồng, giúp tăng năng suất và chống chịu sâu bệnh, và như một chất phụ gia bổ sung vào thức ăn chăn nuôi giúp thúc đẩy sự tăng trọng cơ thể của động vật [1,2].

REEs đã trở thành mối quan tâm khi mà con người tìm thấy sự gia tăng nồng độ của chúng trong môi trường và xâm nhập vào cơ thể con người qua chuỗi thức ăn [3]. Hơn nữa, việc tiếp xúc liên tục với REEs ở nồng độ thấp có thể gây ra những ảnh hưởng xấu đến sức khỏe. Cơ thể tiếp xúc lâu dài với bụi REEs gây ra bệnh bụi phổi nghề nghiệp [4], uống REEs liều lượng thấp trong thời gian dài có thể dẫn đến sự tích tụ trong cấu trúc xương, tế bào tủy xương và thậm chí tạo ra độc tính di truyền trong tế bào tủy xương [5]. Các REEs cũng có thể làm giảm sự

ổn định của DNA và thậm chí làm biến đổi DNA [6]. REEs có thể xâm nhập vào hệ thần kinh trung ương gây ra tổn thương cận lâm sàng [7]. Nguyên tố La đã làm các phản ứng ức chế thụ thể axit amin trong nhân xương cụt [8]. Theo các báo cáo trước đó, thì liều gây chết người (LD50) nằm trong khoảng từ 10 đến 7650 mg/kg đối với các kim loại REE khác nhau và các hợp chất của chúng [9].

Tại Việt Nam, đã thực hiện khá nhiều các dự án sử dụng chế phẩm citrat đất hiếm trong chăn nuôi cho kết quả tích cực [10]. Tuy nhiên, việc đánh giá sự tích lũy hàm lượng các nguyên tố đất hiếm trong vật nuôi trước khi thương mại hoá còn hạn chế. Mặc dù chưa có báo cáo về các vụ ngộ độc REEs ở người qua chuỗi thức ăn, nhưng việc nghiên cứu xác định lượng vết REEs tồn dư trong thực phẩm, đặc biệt là các loại thực phẩm có nguồn gốc từ việc sử dụng chế phẩm đất hiếm trong quá trình nuôi, trồng cần được quan tâm thích đáng và cần thiết.

Do nồng độ REEs trong thực phẩm rất thấp và với nền mẫu phức tạp mà các kỹ thuật phân tích hiện đại đã được phát triển để xác định lượng vết REEs. Khối phổ plasma cao tần cảm ứng (ICP-MS) là một trong những kỹ thuật được sử dụng phổ biến nhất để xác định REEs trong các mẫu sinh học với nhiều ưu điểm vượt trội như phạm vi nồng độ giới hạn phát hiện thấp, độ chọn lọc cao, khoảng tuyến tính rộng [11-13] so với các phương pháp khác.

Quá trình phân hủy mẫu thực phẩm được ưu tiên thực hiện trong các hệ thống phân hủy kín (vi sóng) và được hỗ trợ bởi các axit có tính oxi hóa mạnh để giảm thiểu khả năng nhiễm bẩn của dung dịch phân hủy, tăng khả năng tái lập và tránh thất thoát các nguyên tố dễ bay hơi [11,14-15]. Tuy nhiên, hỗn hợp axit nitric và hydro peroxit được sử dụng rộng rãi vì chúng oxi hóa chất hữu cơ một cách hiệu quả và tạo ra ít nhiễu phổ hơn trong các phân tích ICP. Hiện nay các tiêu chuẩn đã được công nhận để xử lý mẫu chứa nền hữu cơ cao như US-EPA-3051 (2007) sử dụng 0,5 g mẫu được phân hủy bằng 10 mL axit nitric đậm đặc [14]; TCVN-9525:2018 (sử dụng 0,2 gam mẫu được phân hủy trong 3 mL axit nitric đậm đặc, và thường là 0,5 đến 1 mL H₂O₂

[15]. Ngoài các phương pháp US-EPA, TCVN chuẩn hóa, các phương pháp phân hủy khác có thể được tham khảo từ các tài liệu chuyên ngành và được sử dụng với các mẫu cụ thể.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thiết bị, dụng cụ, hóa chất

- Thiết bị Agilent 8900 Triple Quadrupole ICP-MS (USA)
- Thiết bị lò vi sóng Envioprep Q45 (USA)
- HNO₃ 65% (d = 1,51 g.cm⁻³), (PA, Merck, Đức)
- H₂O₂ 30% (d = 1,45 g.cm⁻³), (PA, Merck, Đức)
- Nước cất tinh khiết (khử ion) 18,2 MΩ.cm⁻¹
- Dụng cụ thủy tinh, pipet thủy tinh, micropipet và các đầu hút (Eppendorf)
- Dung dịch dung dịch chuẩn hỗn hợp các nguyên tố đất hiếm (REE) 10 mg/L (Inorganic Venture, USA), dung dịch chuẩn Rh 10 mg/L (Merck, Đức)

2.2. Chuẩn bị dung dịch chuẩn

- + Các dung dịch chuẩn sử dụng có nồng độ 0,01 µg/L; 0,1 µg/L; 1 µg/L; 2 µg/L; 3 µg/L; 4 µg/L; 5 µg/L; 10 µg/L; 15 µg/L; 20 µg/L từ dung dịch chuẩn hỗn hợp REE 10 mg/L. Các dung dịch này được bổ sung 1 µg/L chuẩn Rh.
- + Nồng độ axit của các dung dịch khảo sát được cố định 1% HNO₃ (v/v).

2.3. Chuẩn bị mẫu

Các mẫu nghiên cứu, mẫu đối chứng, mẫu chuẩn được thực hiện phá mẫu cùng điều kiện như nhau. Mẫu nghiên cứu được lấy từ lợn nuôi thử nghiệm sử dụng chế phẩm đất hiếm citrat (La, Ce). Mẫu đối chứng được lấy từ lợn nuôi không sử dụng chế phẩm citrat đất hiếm.

Mẫu thịt lợn (thịt nạc từ mông và vai lợn) và một số nội tạng lợn sau khi được lấy từ lò mổ chuyển về phòng thí nghiệm được rửa sạch bằng nước cất 2 lần, xay nhuyễn, sấy khô, nghiền mịn, bảo quản trong tủ đá. Mẫu nghiên cứu được xử lý bằng hỗn hợp HNO₃ + H₂O₂ trong lò vi sóng: cân 0,5g mẫu khô được nghiền mịn, bổ sung 2 mL HNO₃ 65% + 1 mL H₂O₂ 30% vào bình phản ứng. Phân hủy mẫu trong lò vi sóng với công suất 400W trong 12 phút (phân đoạn 3 phút/lượt). Dung dịch được lấy ra định mức trong bình 25 mL. Dung dịch trước khi đo ICP – MS

được bổ sung 1 µg/L chuẩn Rh để ổn định tín hiệu.

2.4. Xác định tạp chất REE bằng ICP-MS

Một số vết tạp chất đất hiếm trong mẫu thịt và nội tạng lợn có sử dụng chế phẩm đất hiếm được định lượng bằng cách đo trực tiếp với thiết bị ICP – MS/MS Agilent 8900 sử dụng chất nội chuẩn Rh để hạn chế sự triệt tiêu tín hiệu các nguyên tố vết trong nền mẫu sinh học. Thông số thiết bị ICP – MS/MS Agilent 8900 được lựa chọn trong Bảng 1.

Thực nghiệm đo mẫu được tiến hành ở nhiệt độ phòng.

Bảng 1. Bảng điều kiện các thông số máy ICP-MS/MS được cài đặt

ICP – MS/MS	Agilent 8900 Triple Quadrupole
Công suất cao tần (RF)	1350 W
Lưu lượng khí mang	1,00 L/phút
Tốc độ dòng bơm mẫu	0,1 rps
Độ sâu mẫu	8 mm
KED	-5 V mode He
Octopole bias	-18 V
Đồng vị phân tích	⁴⁵ Sc, ⁸⁹ Y; ¹³⁹ La; ¹⁴⁰ Ce; ¹⁴¹ Pr; ¹⁴⁶ Nd; ¹⁴⁷ Sm; ¹⁵³ Eu; ¹⁵⁷ Gd; ¹⁵⁹ Tb; ¹⁶³ Dy; ¹⁶⁵ Ho; ¹⁶⁶ Er; ¹⁶⁹ Tm; ¹⁷² Yb; ¹⁷⁵ Lu.
Chất nội chuẩn	¹⁰³ Rh

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xác nhận giá trị sử dụng của phương pháp

Việc xác định các thông số quan trọng như hệ số tương quan (R^2), giới hạn phát hiện (LOD), giới hạn định lượng (LOQ), độ lệch chuẩn tương đối (RSD %) và độ thu hồi được trình bày trong Bảng 2. Hệ số tương quan được tính toán từ các đường chuẩn có giá trị từ 0,9990 đến 0,9997 đối với ICP-MS. Giới hạn phát hiện và giới hạn của các giá trị định lượng cho phép xác định các nguyên tố đã phân tích ở các mức yêu cầu. Các giá trị thu hồi được tìm thấy nằm trong khoảng từ 96 % đến 107,3% ở độ tin cậy 95% trên vật liệu chuẩn được chứng nhận (CRM-BCR-668)

(Bảng 3). Tương tự, tỷ lệ phần trăm thu hồi phương pháp phân tích cho tất cả 16 nguyên tố đất hiếm nằm trong khoảng từ 99,52% đến 102,01%. Các kết quả thu được chứng tỏ không có sự mất hoặc nhiễm bản chất phân tích trong quá trình xử lý mẫu và đo mẫu. Tất cả các giá trị thông số chất lượng ước tính đều theo tiêu chí yêu cầu của Hiệp hội các nhà hóa học phân tích chính thức (AOAC, 2012).

Bảng 2. Hệ số tương quan, giới hạn phát hiện và định lượng, hệ số phương sai và độ thu hồi phép đo ICP-MS

Nguyên tố	Hệ số tương quan (R^2)	Giới hạn phát hiện (LOD) (µg/kg)	Giới hạn định lượng (LOQ) (µg/kg)	RSD (%)	Độ thu hồi (%)
La	0,9998	0,018	0,054	1,7	102,01
Ce	0,9997	0,005	0,015	2,4	100,83
Pr	0,9999	0,004	0,012	0,7	98,25
Nd	0,9998	0,005	0,015	1,7	99,52

Bảng 3. Kết quả phân tích mẫu CRM-BCR-668 (n = 5)

Nguyên tố	Giá trị đo trung bình (µg/kg)	Giá trị chứng nhận trung bình (µg/kg)	RSD (%)	Độ thu hồi (%)
La	79,8	80,0	2,7	99,7
Ce	85,6	89,0	3,2	96,1
Pr	13,2	12,3	2,6	107,3
Nd	52,4	54,0	1,5	97,0

3.2. Kết quả nghiên cứu mẫu thịt và nội tạng lợn có sử dụng chế phẩm đất hiếm

Kết quả nghiên cứu cho thấy, trong mẫu nghiên cứu có sử dụng chế phẩm citrate đất hiếm, hàm lượng La, Ce có tỷ lệ vượt trội so với tổng số REE trong mẫu. Tỷ lệ REE được tập trung chủ yếu ở gan (461,2 µg/kg) và tim (401,36 µg/kg) của lợn. Sự phân bố các nguyên tố trong các nhóm mẫu cũng khác nhau: tỷ lệ La/Ce cao ở nhóm cật và gan, tỷ lệ La/Ce thấp ở nhóm mẫu còn lại (bảng 4).

Bảng 4. Kết quả phân tích mẫu thịt và nội tạng lợn có sử dụng chế phẩm đất hiếm ($n = 15$)

Tên mẫu	Mẫu nghiên cứu ($\mu\text{g/kg}$ mẫu tươi)				
	La	Ce	Pr	Nd	Tổng REE
Mẫu cắt	$61,43 \pm 1,06$	$45,93 \pm 1,28$	$17,81 \pm 0,41$	$8,18 \pm 0,84$	$173,45 \pm 3,44$
Mẫu thịt	$75,77 \pm 0,47$	$124,11 \pm 0,81$	$15,84 \pm 0,34$	$16,02 \pm 0,88$	$290,64 \pm 1,76$
Mẫu lá lách	$55,68 \pm 0,53$	$60,24 \pm 0,43$	$12,26 \pm 0,16$	$11,10 \pm 0,26$	$211,96 \pm 0,53$
Mẫu phổi	$50,05 \pm 0,71$	$39,98 \pm 1,01$	$9,39 \pm 0,37$	$7,82 \pm 0,33$	$154,03 \pm 1,51$
Mẫu gan	$248,07 \pm 8,66$	$97,81 \pm 4,53$	$18,33 \pm 1,85$	$21,68 \pm 1,31$	$461,20 \pm 15,08$
Mẫu tim	$105,16 \pm 3,12$	$141,20 \pm 1,73$	$36,08 \pm 0,42$	$27,03 \pm 1,12$	$401,36 \pm 3,02$
Tên mẫu	Mẫu đối chứng ($\mu\text{g/kg}$ mẫu tươi)				
	La	Ce	Pr	Nd	Tổng REE
Mẫu cắt	$31,09 \pm 1,29$	$18,87 \pm 1,30$	$12,32 \pm 0,62$	$6,03 \pm 0,15$	$98,69 \pm 4,45$
Mẫu thịt	$67,91 \pm 3,84$	$113,09 \pm 2,15$	$14,35 \pm 1,15$	$6,21 \pm 0,36$	$246,14 \pm 3,25$
Mẫu lá lách	$35,52 \pm 2,05$	$19,33 \pm 1,04$	$11,41 \pm 1,20$	$6,54 \pm 0,59$	$108,45 \pm 1,09$
Mẫu phổi	$34,77 \pm 1,12$	$22,43 \pm 1,05$	$8,90 \pm 0,78$	$7,21 \pm 0,55$	$110,41 \pm 5,52$
Mẫu gan	$39,78 \pm 1,56$	$38,39 \pm 1,52$	$17,26 \pm 1,02$	$7,61 \pm 0,65$	$151,89 \pm 2,35$
Mẫu tim	$38,87 \pm 1,38$	$27,11 \pm 1,42$	$23,15 \pm 1,22$	$8,59 \pm 0,72$	$147,12 \pm 3,06$

Kết quả nghiên cứu cho thấy trong các mẫu đối chứng không bổ sung citrate đất hiếm nhưng hàm lượng đất hiếm trong mẫu cũng được phát hiện. Điều này có thể thấy rằng trong các nguồn thức ăn cung cấp cho lợn cũng chứa một lượng đất hiếm (cám tăng trọng, cám ngô...). So sánh với mẫu đối chứng không sử dụng chế phẩm đất hiếm citrat thấy rằng có sự gia tăng nồng độ REE trong các nhóm mẫu nghiên cứu sử dụng đất hiếm. Trong mẫu thịt của mẫu nghiên cứu và mẫu đối chứng cho thấy có sự tăng nhẹ khi sử dụng chế phẩm đất hiếm citrate, tuy nhiên mức tăng này không đáng kể: Hàm lượng La ($75,77 \pm 0,47 \mu\text{g/kg}$); Ce ($124,11 \pm 0,81 \mu\text{g/kg}$); Pr ($15,84 \pm 0,34 \mu\text{g/kg}$); Nd ($16,02 \pm 0,88 \mu\text{g/kg}$); tổng REE ($290,64 \pm 1,76 \mu\text{g/kg}$) trong mẫu nghiên cứu so với La ($67,91 \pm 3,84 \mu\text{g/kg}$); Ce ($113,09 \pm 2,15 \mu\text{g/kg}$); Pr ($14,35 \pm 1,15 \mu\text{g/kg}$); Nd ($6,21 \pm 0,36 \mu\text{g/kg}$); tổng REE ($246,14 \pm 3,25 \mu\text{g/kg}$) trong mẫu đối chứng. Tuy nhiên với các mẫu nội tạng lợn, tỷ lệ tổng đất hiếm tăng từ 2 đến 3 lần so với mẫu không sử dụng chế phẩm citrate đất hiếm: mẫu phổi

(tổng REE $154,03 \mu\text{g/kg}$ so với $110,41 \mu\text{g/kg}$); mẫu cắt (tổng REE $173,45 \mu\text{g/kg}$ so với $98,69 \mu\text{g/kg}$); mẫu lá lách (tổng REE $211,96 \mu\text{g/kg}$ so với $108,45 \mu\text{g/kg}$); đặc biệt cao đối với mẫu tim (tổng REE $401,36 \mu\text{g/kg}$ so với $147,12 \mu\text{g/kg}$) và mẫu gan (tổng REE $461,21 \mu\text{g/kg}$ so với $151,89 \mu\text{g/kg}$). Điều này có thể cho thấy sự khác nhau về mức độ tích lũy REE trong các mẫu nội tạng lợn và giữa thịt lợn với các mẫu nội tạng lợn.

Báo cáo của nhóm tác giả Eisele và cộng sự [16] đánh giá về tồn dư La, Ce trong thịt và nội tạng lợn ăn cám chứa phụ gia đất hiếm khi nghiên cứu các chế độ ăn bổ sung 300 mg đất hiếm clorua trên một kg thức ăn (thay đổi tỷ lệ $\text{LaCl}_3/\text{CeCl}_3$), cho kết quả hàm lượng La và Ce trong gan, thận, cơ và mỡ của lợn vỗ béo dao động trong khoảng 89,3 đến 101 mg/kg mẫu khô đối với La; $39,7 - 105 \text{ mg/kg}$ mẫu khô đối với Ce, cao hơn mẫu đối chứng từ 4 đến 10 lần, nhưng hàm lượng La và Ce trong mẫu thịt bắp không tăng so với mẫu đối chứng. Hàm lượng La và Ce của nghiên cứu này lần lượt là $0,26$ và $0,19 \text{ mg/kg}$ trong trong mẫu thận khô, $0,87$ và

0,34 mg/kg trong mẫu gan khô, cao hơn mẫu đối chứng từ 2 đến 6 lần. Như vậy, có xu hướng tích lũy các REE trong nội tạng cao hơn trong thịt và hàm lượng REE tích tụ trong tạng lợn phụ thuộc nguồn muối đất hiếm vô cơ hay hữu cơ sử dụng làm phụ gia thức ăn chăn nuôi.

4. KẾT LUẬN

Qua kết quả nghiên cứu đã xác định vết các nguyên tố đất hiếm trong mẫu thịt lợn và nội tạng lợn bằng kỹ thuật ICP – MS cho thấy phương pháp này có độ đúng, độ chính xác cao ứng dụng khi xác định các vết đất hiếm trong mẫu thực phẩm. Nghiên cứu có thể được áp dụng vào phân tích, đánh giá mức độ tích lũy đất hiếm trong các loại thực phẩm khác, đặc biệt là các đối tượng sử dụng chế phẩm có chứa đất hiếm. Từ đó đưa ra bộ số liệu để khẳng định lượng tồn dư theo thời gian của đất hiếm và có thể tính toán lượng đất hiếm sử dụng trong chăn nuôi, trồng trọt sao cho phù hợp nhằm vừa nâng cao năng suất cây trồng, vật nuôi vừa để tránh những ảnh hưởng đến sức khỏe người tiêu dùng.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn đến PGS.TS Nguyễn Thị Kim Dung đã có những góp ý để bài báo được hoàn thiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Tucher.S.V, Goy.C, & Schmidhalter.U, “Effect of lanthanum on growth and composition of mineral nutrients of *Phaseolus vulgaris* L var. nanus and *Zea mays* L. conv. saccharata.” *In Plant Nutrition*, 524-525, (2001).

[2] Buckingham.S, Maheswaran.J, Meehan.B, & Peverill.K., “ The role of applications of rare earth elements in enhancement of crop and pasture production”, *In Materials science forum*, 315, 339-347, (1999).

[3] Wu. Q, Fan. T. J, Liu. Q, & Zhang. W, “Elemental transfer from Chinese soil via the diet to the whole human body”, *Journal of Radiological Protection*, 28(4), 573, (2008).

[4] Hirano. S, & Suzuki. K. T, “ Exposure, metabolism, and toxicity of rare earths and related compounds.”, *Environmental health perspectives*, 104(supply1), 85-95, (1996).

[5] Chen.Z.Y, & Zhu.X.D, “Accumulation of rare earth elements in bone and its toxicity and potential hazard to health”, *Journal of Ecol Rural Enviroment*, 24, 88-91, (2008).

[6] Aniwashi.J, Kaleri.H.A, Sulaiman.Y, Qi-Fa.L, & Zhuang.X, “Interactions between rare-earth ions and DNA of Bashibai sheep”, *Genet Mol Res*, 10(2), 1075-1083, (2011).

[7] Zhu.W, Xu.S, Shao.P, Zhang.H, Wu.D, Yang.W, & Feng.J, “Bioelectrical activity of the central nervous system among populations in a rare earth element area”, *Biological trace element research*, 57(1), 71-77, (1997)

[8] Chang.C.W, Qu.B, Hong.Z, & Gao.G.D, “Potentiation of inhibitory amino acid receptors-mediated responses by lanthanum in rat sacral dorsal commissural neurons“, *Neurotoxicology and teratology*, 28(6), 657-663, (2006).

[9] Haley.T.J, Raymond.K, Komesu.N, & Upham.H.C, “Toxicological and pharmacological effects of gadolinium and samarium chlorides”, *British journal of pharmacology and chemotherapy*, 17(3), 526-532, (1961).

[10] Cao Đình Thanh, “Nghiên cứu tổng hợp chế phẩm citrat đất hiếm và ứng dụng làm chất bổ sung cho thức ăn nuôi gà thịt”, *Đề tài cấp bộ*, (2022).

[11] G.P. Danezis, E. Zoidis, P. Zhang, A.C. Pappas, A.S. Tsagkaris, C.A. Papachristidis, G. Papadomichelakis, I. Hadjigeorgiou, C.A. Georgiou, “ Tissue distribution of rare earth elements in wild, commercial and backyard rabbits,” *Meat Science*, 153, 45–50, (2019).

[12] M. L. He and W. A. Rambeck, “ Rare earth elements a new generation of growth promoters for pigs?”, *Arch. Anim. Nutr.*, 53, 323-334, (2000).

[13] Jiang Ding Guo, Yang Jie, Zhang Shuo, and Yang Da Jin, “A Survey of 16 Rare Earth Elements in the Major Foods in China ” , *Biomed Environ Sci*, 25(3), 267-271, (2012).

[14] US-EPA Method 3051A, “Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils, in Test Methods For Evaluating Solid Waste”, *US Environmental Protection Agency*, 3rd edition, (2007).

[15] TCVN 9525 : 2018 (EN 13805: 2014)- Thực phẩm – Xác định các nguyên tố vết - phân hủy mẫu bằng áp lực.

[16] N. Eisele, “Untersuchungen zum Einsatz Seltener Erden als Leistungsförderer beim Schwein”, *Ludwig-Maximilians-Universität, München*, (cited on pages 66, 154, 157, 158, 159, 160, 161, 164, 166, 168, 175, 181, 184, 186, 190, 191, 192, 202, 203, 206, 210, 212, 215, 216, 228, 230, 238, 250, and 254), (2003).