บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

พันธุ์และการปรับปรุงพันธุ์สุกร

ปัจจุบันมีพันธุ์สุกรมากมายหลายชนิด ทั้งพันธุ์เดิมและเกิดขึ้นใหม่ แต่ละพันธุ์มีลักษณะและคุณสมบัติประจำพันธุ์ ได้แก่ รูปร่าง สี เป็นเครื่องหมายประจำพันธุ์ ดังนั้นจากหลักการปรับปรุงพันธุ์สุกร เช่น การผสมพันธุ์ การคัดเลือก และการให้อาหาร หากมีการดำเนินการด้วยความระมัดระวัง จะทำให้สุกรมีรูปร่าง และลักษณะทั่ว ๆ ไปดีขึ้นมาก เช่น รูปร่างของคางที่ไม่โตและหย่อนยานรับกับส่วนคอ ลักษณะหัว หู ที่ไม่โตจนเกินไป ลักษณะของสันหลังที่หนาและโค้งแต่พองาม ซึ่งแสดงถึงลักษณะที่กินอาหารเข้าไปแล้วเปลี่ยนเป็นเนื้อจนได้น้ำหนักส่งตลาด มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารที่กินเข้าไป (FCR) ดีขึ้น ทำให้ได้คุณภาพซากดีขึ้น จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าในปัจจุบันมีประสิทธิภาพการผลิตสุกรสูงขึ้น ซึ่งเป็นแนวทางที่ผู้เลี้ยงจะได้ผลกำไรมากขึ้น

พันธุ์สุกรมีมากแตกต่างกันไปตามส่วนต่าง ๆ ของโลก ตามความต้องการของผู้เลี้ยง ซึ่งในประเทศไทยพอจะแบ่งได้เป็น 2 พวกคือ สุกรพันธุ์ต่างประเทศ และสุกรสายพันธุ์ไทย (ปรีชา, 2521)

1. <u>สุกรพันธุ์ต่างประเทศ</u>

สุกรพันธุ์ต่างประเทศ มีลักษณะและคุณสมบัติถูกต้องตามความต้องการของผู้เลี้ยงและตรงตามความต้องการของตลาด เช่น ให้เนื้อที่มีคุณภาพดี โตเร็ว ให้ลูกดก ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูง ปัจจุบันมีหลายพันธุ์ที่นิยมเลี้ยงในไทย ได้แก่

1.1 พันธุ์ลาร์จไวท์ (Large White) เป็นพันธุ์ที่ได้มาจากประเทศอังกฤษ มีขนาดใหญ่ โตเร็ว สีขาว ขนาดลำตัวไม่กว้าง หลังโค้งไม่มาก ท้องตรง จมูกยาว เป็นสุกรประเภทเนื้อโตเร็ว สามารถเลี้ยงให้มีน้ำหนักถึง 100 ก.ก. โดยใช้เวลาเพียง 6 – 7 เดือนเท่านั้น

1.2 พันธุ์เบิร์กเชียร์ (Berkshire) กำเนิดในประเทศอังกฤษ จัดอยู่ในประเภทพันธุ์มัน สีดำ หน้าแอ่น จมูกสั้นตั้ง

1.3 พันธุ์ดูรอคเจอร์ซี่ (Duroc Jersey) เป็นพันธุ์ผสมเองในประเทศสหรัฐอเมริกา อาจมีเลือดของสุกรประเทศสเปนปนอยู่ โดยผสมกับพันธุ์ Tam Worth มีสีแดง บางตัวมีสีจางเป็นสีทอง มีรูปร่างหนาลึก หน้ายาวปานกลาง

1.4 พันธุ์แฮมเชียร์ (Hamshire) มีสีดำ แถบสีขาวพาดรอบตัวตอนไหล่ ตลอดถึงขาหน้า เลี้ยงได้อ้วนง่าย เป็นสุกรประเภทกึ่งเนื้อกึ่งมัน

1.5 พันธุ์แทมเวิร์ธ (Tam Worth) กำเนิดในประเทศอังกฤษ เป็นสุกรประเภทพันธุ์เนื้อ มีสีแดงเข้ม แก่ช้า มีเนื้อแน่น และได้เนื้อมาก เหมาะสำหรับทำแฮมและเบคอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.6 พันธุ์อเมริกันแลนด์เรซ (American Landrace) กำเนิดในประเทศเดนมาร์ก มีเลือดของสุกรโปแลนด์ไชน่าผสมอยู่ด้วย มีคุณภาพซากดีมาก เหมาะสำหรับทำเบคอน มีสีขาวรูปร่างค่อนข้างยาว ตัวลึก สะโพกเห็นเด่นชัด ตัวเตี้ยกว่าพันธุ์ลาร์จไวท์ ขาสั้น หูใหญ่ปรกลงมา

2. สุกรสายพันธุ์ไทย

เป็นสุกรพื้นเมืองที่มีอยู่ในประเทศไทย มีหลายสายพันธุ์ด้วยกัน แต่ส่วนใหญ่มีลักษณะใกล้เคียงกัน คือมีสีดำหรือด่างหลัง และท้องแอ่นมากน้อยแล้วแต่พันธุ์ ตัวค่อนข้างสั้น ขาเท้าสั้น การเจริญเติบโตช้า ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารต่ำ โดยทั่วไปมีคุณสมบัติเลวกว่าสุกรพันธุ์ต่างประเทศ แต่มีข้อดีกว่าคือ ทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ทนทานต่อโรคและแมลง ให้ลูกดกพอสมควร และเลี้ยงลูกเก่งจึงเหมาะสำหรับผสมพันธุ์กับพันธุ์ต่างประเทศ เพื่อให้ได้ลูกผสมที่มีคุณภาพดีขึ้น สุกรสายพันธุ์ไทยที่ขายทั่วไปได้แก่ สายพันธุ์ควาย สายพันธุ์ไหหลำ สายพันธุ์ราด สายพันธุ์พวง ซึ่งมีกระจายอยู่ทั่วไปตามภาคต่าง ๆ ของไทย

ประเภทสุกร

การแบ่งสุกรตามการใช้ประโยชน์แบ่งได้เป็น 3 ประเภทด้วยกัน (วินัย, 2527)

1. ประเภทมัน (lard type) เป็นสุกรดั้งเดิม เติบโตช้า อ้วนกลม ตัวสั้น สะโพกเล็ก มีมันมาก ได้แก่ สุกรสายพันธุ์พื้นเมืองของไทย

2. ประเภทเนื้อ (meat type) ปรับปรุงมาจากสุกรประเภทมัน รูปร่างสันทัดสั้นกว่าประเภทเบคอน สันหลังโค้ง ไหล่และสะโพกใหญ่เด่นชัด ความหนาและความลึกของลำตัวหนาและลึกกว่าประเภทเบคอน ได้แก่ พันธุ์ดูรอค (Duroc) เบิร์กเชียร์ (Berkshire) แฮมเชียร์ (Hamshire)

3. ประเภทเบคอน (bacon type) รูปร่างใหญ่ ลำตัวยาว มีเนื้อมาก ไขมันน้อย มีความหนาและความลึกของลำตัวน้อยกว่าประเภทเนื้อ ในต่างประเทศนิยมเลี้ยงใช้ทำเนื้อสามชั้นเค็ม (bacon) สุกรประเภทเบคอนได้แก่ พันธุ์แลนด์เรซ (Landrace) ลาร์จไวท์ (Large White)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเลี้ยงสุกรในประเทศไทย

สุกรเป็นสัตว์ที่มีการเลี้ยงทั่วทุกมุมโลก และมีหลายประเทศที่ผลิตเนื้อสุกรเป็นอุตสาหกรรมสำหรับการส่งออก สำหรับประเทศไทย วิธีการเลี้ยงนับว่ายังล้าหลังกว่าบางประเทศมาก ซึ่งที่จริงคนไทยรู้จักการเลี้ยงสุกรมานานแล้ว ซึ่งคนไทยมีวิธีการเลี้ยงเลียนแบบชาวจีนและชาวญวน ด้วยเหตุที่การเลี้ยงสุกรไม่ได้มุ่งหวังเป็นการค้าจริงจัง แต่มุ่งหวังเพื่อเก็บเศษอาหารในครัวเรือน (ปรีชา, 2521) ในปี พ.ศ.2501รัฐบาลโดยกรมปศุสัตว์ได้ตระหนักถึงความสำคัญ ถึงการเลี้ยงสุกรแผนใหม่ โดยมีการจัดตั้งศูนย์บำรุงพันธุ์สุกรในความอุปการะของรัฐบาล (ศ.ส.ร.) มีการนำสุกรพันธุ์ต่าง

ประเทศ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการผลิตดีกว่าสุกรไทยมาเลี้ยงกันมากขึ้น นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาด้านวิชาการ เช่น การวิจัยเกี่ยวกับการผสมพันธุ์ การวิจัยอาหารและการให้อาหาร ฯลฯ ซึ่งมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจวบจนปัจจุบัน (ปรีชา, 2521)

ในปี พ.ศ. 2536 กรมปศุสัตว์นำเข้าสุกรพันธุ์แลนด์เรซ เพศผู้และเพศเมีย จากประเทศแคนาดา อังกฤษ นอร์เวย์และสหรัฐอเมริกา ไปเลี้ยงยังสถานีบำรุงพันธุ์สัตว์ทั่วประเทศ จงเจษฎ์และคณะ (2539) รายงานผลการทดสอบสุกรพันธุ์แลนด์เรซจาก 4 ประเทศ รวม 160 ตัว (เพศผู้และเพศเมียอย่างละ 80 ตัว) พบว่า สุกรพันธุ์แลนด์เรซจากประเทศนอร์เวย์ มีลักษณะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากดีที่สุด แต่ขาไม่แข็งแรง โดยผู้วิจัยได้เสนอให้ผสมพันธุ์กับสายพันธุ์จากประเทศแคนาดา และสหรัฐอเมริกาเพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องขา ประภาสและคณะ (2539) รายงานผลการทดสอบความสามารถในการให้ผลผลิตของแม่สุกรพันธุ์ดูรอค จากประเทศแคนาดา จำนวน 215 ครอก จากศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ทับกวาง สระบุรี สุราษฎร์ธานี และสถาบันวิจัยและทดสอบพันธุ์สุกรนครราชสีมา พบว่าสถานที่เลี้ยงมีผลต่อความสามารถในการให้ผลผลิตของแม่สุกร

ความสามารถในการให้ผลผลิตของแม่พันธุ์แลนด์เรซ ลาร์จไวท์ ดูรอค และลาร์จไวท์ด่าง วินัยและคณะ (2522) ศึกษาอายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัดครั้งแรกของสุกรสาวพันธุ์ลาร์จไวท์ ดูรอค และแลนด์เรซ ที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ทับกวาง โดยตรวจการเป็นสัดทุกวัน พบว่าอายุและการเป็นสัดครั้งแรกของสุกรสาวพันธุ์ลาร์จไวท์ แลนด์เรซ และดูรอค เท่ากับ 195.2, 197.8 และ 204.1 วัน ที่น้ำหนัก 77.2, 77.6 และ 82.8 กิโลกรัมตามลำดับ ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าสุกรสาวพันธุ์ดูรอคเป็นสัดช้ากว่า พันธุ์แลนด์เรซ และ ลาร์จไวท์ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการพัฒนาพันธุ์ของแลนด์เรซ และลาร์จไวท์ ที่เป็นพันธุ์เบคอนเหมือนกัน ส่วนพันธุ์ดูรอคเป็นสุกรพันธุ์เนื้อ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยยังรายงานอีกด้วยว่า การเป็นสัดครั้งแรกของสุกรสาวทั้ง 3 พันธุ์ขึ้นอยู่กับอายุ และน้ำหนักของสุกร ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อกันทางบวก เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้ผลผลิตของแม่สุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ แลนด์เรซ และดูรอค แม่สุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ แลนด์เรซให้จำนวนลูกคลอด และหย่านมมากกว่าแม่สุกรพันธุ์ดูรอค แต่แม่สุกรพันธุ์แลนด์เรซให้ลูกหย่านมน้ำหนักสูงสุด (สุวิทย์และคณะ, 2537)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะการเจริญเติบโตและผลการทดลองสมรรถภาพการเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตของสุกรเป็นลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างหนึ่ง ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตสุกรทั้งหมด สุพัตร์และสมชัย (2525) รายงานผลการทดสอบสุกรพันธุ์แท้ ของศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติว่า พันธุ์สุกรเป็นสาเหตุหลักของความแปรปรวนในกลุ่มลักษณะการเจริญเติบโต สมโภชน์และคณะ (2537) รายงานสมรรถภาพการผลิตของสุกรพันธุ์แท้

ดูรอค แฮมเชียร์ แลนด์เรซ และลาร์จไวท์ พบว่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันที่สูงขึ้นกว่าที่มีการศึกษาและรายงานโดย สุพัตร์และสมชัย (2525) ซึ่งน่าจะเป็นผลจากการคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์ในช่วงเวลาที่ผ่านมา ศรีสุวรรณและคณะ (2541) รายงานว่า ลักษณะคุณภาพซากของสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ ดีเด่นที่สุด ทั้งพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและ four lean cuts เช่นเดียวกับ รายงานของเนรมิตและคณะ (2538) ส่วนประสิทธิภาพการให้อาหารของสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์และแลนด์เรซไม่แตกต่างกัน แต่มีประสิทธิภาพเหนือกว่าพันธุ์ดูรอค ผู้วิจัยเสนอว่าพันธุ์ลาร์จไวท์ อาจเป็นทางเลือกในการใช้เป็นพ่อพันธุ์ผลิตสุกรขุน

ลักษณะคุณภาพซากและการคาดคะเนคุณภาพซาก

อิสระ (2501) รายงานผลการทดสอบคุณภาพซากสุกร 8 กลุ่มพันธุ์ ประกอบด้วย พันธุ์ลาร์จไวท์ แลนด์เลซ เบิร์กเชียร์ ดูรอคเจอซี่ ไหหลำ ควาย ราด และลูกผสมระหว่างดูรอคเจอซี่กับไหหลำ พบว่าสุกรสายพันธุ์พื้นเมือง มีเปอร์เซ็นต์ซากสูงกว่าสุกรพันธุ์ต่างประเทศ แต่สุกรสายพันธุ์พื้นเมืองให้เนื้อน้อยกว่า หนังและมันหนากว่าสุกรพันธุ์ต่างประเทศ ซึ่งช่วยให้นักวิจัยปัจจุบันเข้าใจว่าเหตุใดสุกรสายพันธุ์พื้นเมืองจึงไม่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคที่ระมัดระวังเรื่องสุขภาพ

นิพนธ์และคณะ (2504) รายงานผลการศึกษาคุณภาพสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ เบอร์กเชียร์ สุกรพื้นเมือง และลูกผสมระหว่างสุกรพื้นเมืองกับพันธุ์ต่างประเทศ พบว่าสุกรในยุค 40 ปีก่อนมีความหนาของไขมันสันหลังสูงมาก และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าสุกรทั้งสองกลุ่มพันธุ์ มีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ซาก ความหนาไขมันสันหลัง เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและความยาวซากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอื้อมพรและคณะ (2525) ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพซากสุกรพันธุ์แท้ 3 พันธุ์ ประกอบด้วย ลาร์จไวท์ แลนด์เรซ และดูรอค พบว่า 20 ปีต่อมา สุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ และดูรอค มีความหนาไขมันสันหลังลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าเพศมีผลต่อลักษณะซากของสุกรต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อาหารสำหรับสุกร

อาหารสัตว์นับว่าเป็นต้นทุนสูงสุดในการผลิตสัตว์ คือ มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ แบ่งเป็น

1. วัตถุดิบอาหารสัตว์ และวัตถุดิบทดแทน เช่น วัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงานและโปรตีน
2. กลุ่มสารเสริมในอาหาร (feed additive) เช่น สารเสริมชีวนะและเคมีบำบัด สารโปรไบโอติก เอ็นไซม์ สารเพิ่มความน่ากิน สารปรับปรุงคุณภาพซาก วิตามินและ แร่ธาตุ

ธาตุซีลีเนียม (Selenium, Se)

ธาตุซีลีเนียมจัดเป็นธาตุที่ร่างกายต้องการน้อยมาก (trace element) ถ้ามีมากเกินความต้องการของร่างกาย สัตว์อาจแสดงอาการเป็นพิษออกมาได้ ซึ่งธาตุซีลีเนียมมีคุณสมบัติทางเคมี ดังนี้คือ

- CAS: 7782 – 49 – 2
- SELECTED COMPOUNDS : Hydrogen selenide, H_2Se
  (CAS: 7783 – 07 –5) ; Sodium selenate, Na_2SeO_4
  (CAS: 13410 – 01 –0) ; Sodium selenite, Na_2SeO_3
  (CAS: 10102 – 18 – 8)
- CHEMICAL CLASS : Metals

ความสำคัญของธาตุซีลีเนียม

ในสมัยก่อนธาตุซีลีเนียมถูกมองในด้านของความเป็นพิษต่อตัวสัตว์ จนกระทั่งเมื่อประมาณ 50 กว่าปีที่ผ่านมา นักโภชนศาสตร์เริ่มมองเห็นถึงความสำคัญของธาตุซีลีเนียมที่มีประโยชน์ต่อตัวสัตว์ในด้านโภชนศาสตร์ โดยได้นำธาตุซีลีเนียมมาใช้ในทางอาหารสัตว์มากขึ้น ซึ่งธาตุซีลีเนียมจัดอยู่ในกลุ่มที่ร่างกายต้องการน้อยมาก (trace element) แต่สัตว์จะขาดเสียมิได้ เพราะสัตว์จะแสดงอาการเป็นโรคออกมาได้ โดยธาตุซีลีเนียมมีหน้าที่หลักที่สำคัญ ดังนี้ คือ

1. ทำหน้าที่เป็นแอนตี้ออกซิแด้นท์ (anti – oxidant) ช่วยในการป้องกันการเสื่อมของเซลล์ในร่างกาย จากการทำลายของอนุมูลอิสระเช่นเดียวกับวิตามินอี แต่มีฤทธิ์มากกว่าวิตามินอี 100 เท่า (สาวิตรี, 2542)

2. ช่วยป้องกันการเสื่อมของเซลล์ในร่างกายสัตว์ และเพิ่มภูมิคุ้มกันต่อเชื้อโรค ป้องกันความเครียด ช่วยในระบบสืบพันธุ์ของพ่อ – แม่พันธุ์

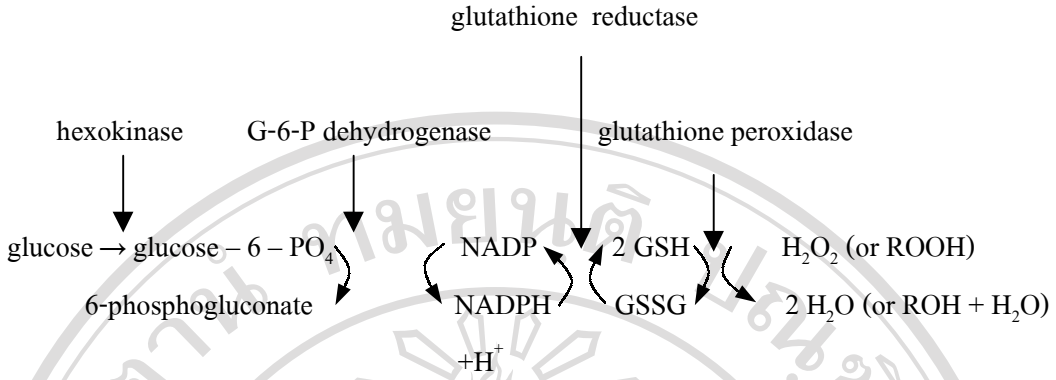
3. ช่วยป้องกันการเกิดอาการกล้ามเนื้อลีบและอาการเนื้อตายที่ตับ

4. ช่วยปรับปรุงคุณภาพซากหรือลดปัญหาลักษณะของเนื้อซีด เหลว และฉ่ำน้ำหรือเนื้อ PSE (pale, soft and exudative) โดยป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากเนื้อ ซึ่งเป็นลักษณะด้อยคุณภาพของเนื้อสุกร คือรสชาติจะไม่นุ่มลิ้น (tenderness) ไม่ชุ่มฉ่ำ (juiciness) (สัญชัย, 2543)

5. เป็นตัวเสริมฤทธิ์การทำงานของวิตามินอีแต่ไม่สามารถแทนวิตามินอีได้ 100 %

6. เป็นส่วนประกอบของเอ็นไซม์ กลูตาไธโอน เปอร์ออกซิเดส (Glutathione Peroxidase) (Rotruck *et al*., 1973) ซึ่งช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ที่จะทำให้เกิดอนุมูลอิสระในร่างกาย ดังแผนภาพที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



แผนภาพที่ 1 แสดงกลไกการทำงานของเอ็นไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส

ที่มา : Tappel (1965)

ผลของธาตุซีลีเนียมในอาหารต่อระดับเอ็นไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดสในเนื้อเยื่อสัตว์

ความสัมพันธ์ระดับธาตุซีลีเนียมที่สัตว์ได้รับและระดับเอ็นไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดสในเนื้อเยื่อที่สัตว์สร้างขึ้น ได้รับความสนใจจากนักโภชนศาสตร์มาก เพราะว่าสามารถใช้ประโยชน์ในการวินิจฉัย การขาดหรือบ่งบอกถึงความต้องการธาตุซีลีเนียมของสัตว์ได้ และสามารถอธิบายถึงผลของเนื้อเยื่อต่าง ๆ ที่เกิดจากการขาดธาตุซีลีเนียมด้วย จากงานทดลองของ Rotruck *et al.* (1972) ที่เสริมธาตุซีลีเนียมตั้งแต่ระดับ < 0.01 ppm. (basal diet) ถึง 5 ppm. (chronically toxic level) ในอาหารหนูหลังหย่านมโดยเลี้ยงหลายสัปดาห์ พบว่าที่ระดับการเสริมธาตุซีลีเนียมต่ำที่สุด มีเอ็นไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (GSH – Px) ลดลงประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ ของระดับการหย่านม และที่ระดับการเสริมธาตุซีลีเนียมสูงที่สุดพบว่ามีเอ็นไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และที่น่าสนใจคือระดับ GSH – Px ไม่ได้มีมากที่สุด ที่ระดับความต้องการธาตุซีลีเนียมของหนู (0.1 ppm.) แต่กลับเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง อาจจะเนื่องมาจากปริมาณของซีลีไนท์ (Selenite) ส่วนเกินที่มีอยู่ (ดังภาพที่ 1) และระดับของ GSH – Px จะสร้างสูงที่สุดที่ 65 วันหลังจากเริ่มการทดลองของทุกระดับการเสริมธาตุซีลีเนียมในอาหารหนู ซึ่งเป็นผลมาจากว่าเป็นอายุของเม็ดเลือดแดงในหนู (Hoekstra *et al.*, 1973) (ดังภาพที่ 2)

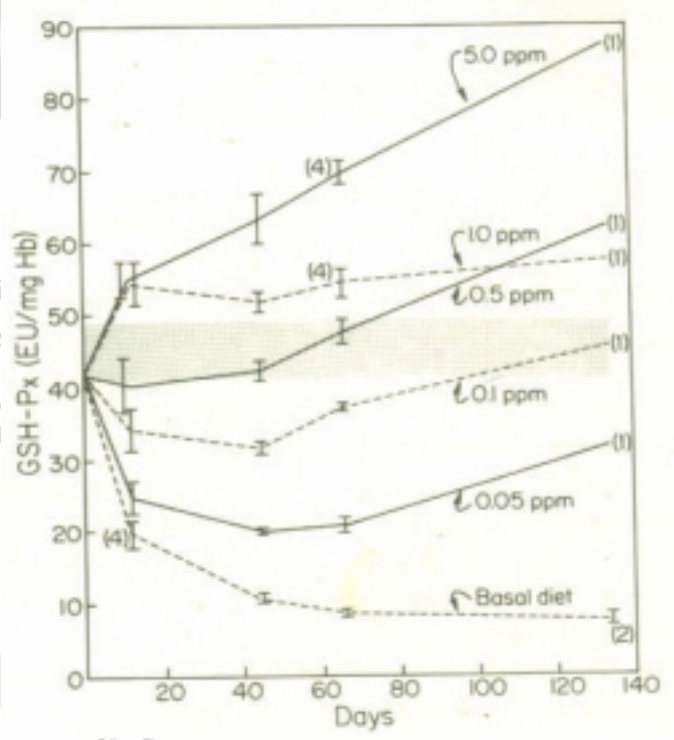
นอกจากนี้จากงานทดลองของ Hoekstra and Foltz (1973) ยังพบว่า GSH – Px ที่ตับจะมีมากสุดที่ระดับการเสริมธาตุซีลีเนียมที่ 1.0 ppm. (ดังภาพที่ 3) ซึ่งตรงข้ามกับ GSH – Px ในเม็ดเลือดแดง (ที่สูงที่สุดที่ระดับการเสริมธาตุซีลีเนียมที่ 5.0 ppm.) อาจจะเนื่องจากว่าที่ระดับการเสริมธาตุซีลีเนียม 5.0 ppm. เป็นระดับที่ตับถูกทำลายแล้ว

จากงานทดลองของ Schwarz *et al.* (1957) ได้ศึกษาผลการขาดธาตุซีลีเนียมต่อเอ็นไซม์กลูตาไธ เปอร์ออกซิเดส (GSH – Px) ในอวัยวะ 7 ส่วน (ตับ ไต หัวใจ ต่อมหมวกไต ปอด สมอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

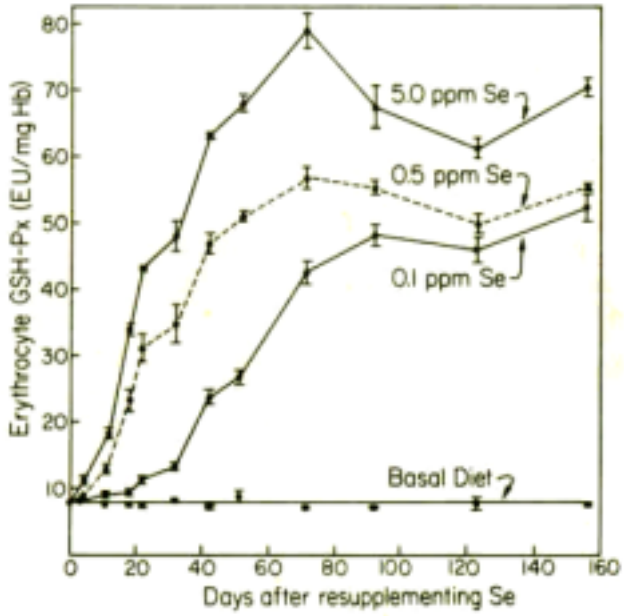
ลูกอัณฑะ) โดยการเสริมธาตุซีลีเนียมในอาหารหนูเพศผู้ที่ระดับ 0, 0.05 และ 0.5 ppm. โดยเลี้ยงหนูทดลอง 13 – 28 สัปดาห์ พบว่าที่สมองระดับของ GSH – Px แตกต่างกันน้อยที่สุด (มีผลน้อยที่สุด) และที่ตับ หัวใจ และปอดจะแตกต่างกันมาก (ดังภาพที่ 4)

Scott and Noguchi (1973) รายงานว่าในพลาสม่าของลูกไก่ที่มีเอ็นไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดสต่ำ ลูกไก่จะแสดงอาการกล้ามเนื้อลีบฝ่อได้ และ Cantor *et al.* (1973) รายงานว่า ซีลีโนเมทไธโอนีน (Selenomethionine) มีประสิทธิภาพในการป้องกันกล้ามเนื้อตับอ่อนถูกทำลายได้ดีกว่าซีลีไนท์ (Selenite) อาจเนื่องมาจากตับอ่อนสามารถนำธาตุซีลีเนียมจากซีลีโนเมทไธโอนีนไปใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์เอ็นไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดสได้มากกว่าธาตุซีลีเนียมที่ได้จากซีลีไนท์



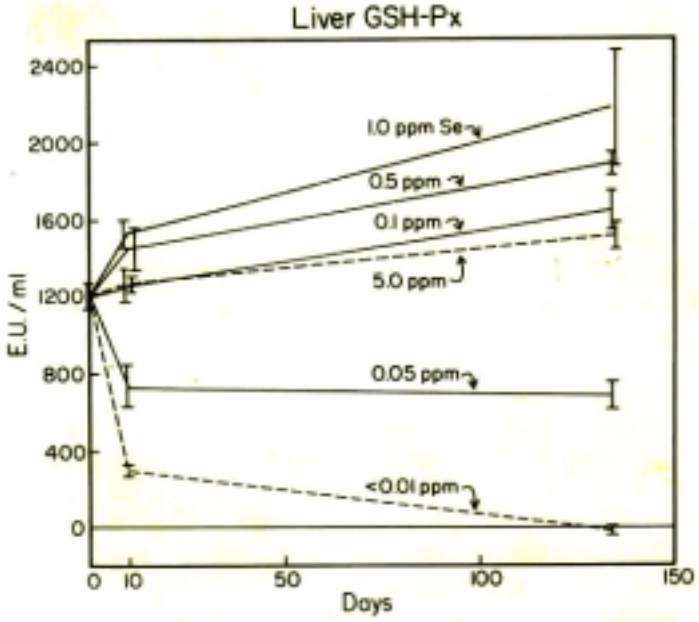
ภาพที่ 1 แสดงระดับ GSH – Px ของหนูที่เสริมซีลีไนท์ในอาหารทดลอง
ที่มา : Rotruck *et al.* (1972)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2 แสดงระดับ GSH – Px ในเม็ดเลือดแดงของหนูหลังการทดลอง 65 วัน

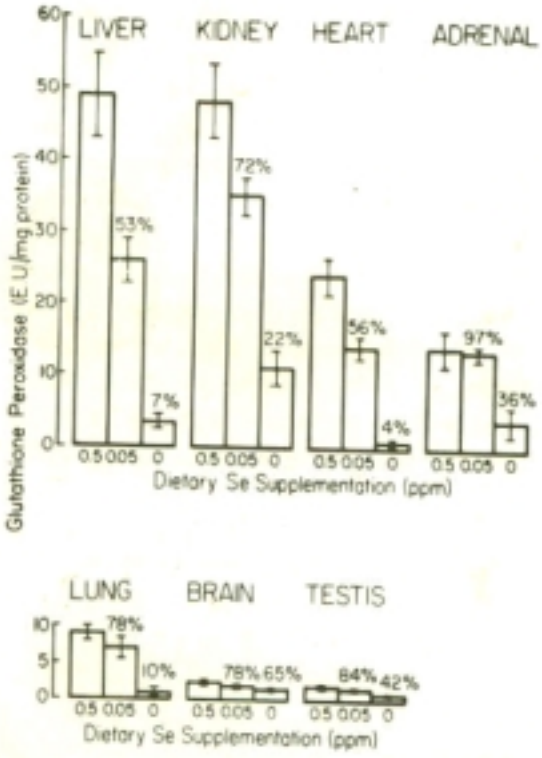
ที่มา : Hoekstra *et al.*(1973)



ภาพที่ 3 แสดงระดับ GSH – Px ในตับของหนูที่เสริมซีลีไนท์ในอาหาร

ที่มา : Hoekstra *et al.* (1973)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4 แสดงความแตกต่างของการสร้าง GSH – Px ในอวัยวะต่าง ๆ ของหนูเพศผู้ที่เสริมธาตุซีลีเนียมในอาหาร

ที่มา : Schwarz *et al.* (1965)

ความต้องการซีลีเนียมของสัตว์

ความต้องการซีลีเนียมของสัตว์ขึ้นอยู่กับรูปแบบของซีลีเนียมที่ใช้เสริมในอาหารสัตว์ เช่น ในรูปของอินทรียสาร หรือ อนินทรียสาร การนำไปใช้ประโยชน์ได้ของซีลีเนียมจะต่างกัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ซีลีเนียมที่อยู่ในรูปของอินทรีย์สารจะนำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่าในรูปของอนินทรียสาร นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณวิตามินอี ที่สัตว์ได้รับเข้าไปอีกด้วย เพราะธาตุซีลีเนียมและวิตามินอี จะทำหน้าที่เสริมซึ่งกันและกัน

Glienke and Ewan (1977) รายงานว่า สูตรอาหารที่มีการเสริมธาตุซีลีเนียม 0.01 – 0.02 ม.ก. และวิตามินอี 100 ไอยู สามารถทำให้อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้ของลูกสุกรเป็นที่น่าพอใจ มีรายงานจาก Van Vleet *et al.* (1973) รายงานว่าการเสริมธาตุซีลีเนียมระดับ 0.06 mg / kg (dry matter) มีความสำคัญอย่างมากกับการตายของลูกสุกรก่อนหรือหลังคลอด การเสริมธาตุซีลีเนียมระดับ 0.03 – 0.05 mg / kg (dry matter) เพียงพอสำหรับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สุกรสาวที่ตั้งท้องแรก และที่ระดับซีลีเนียม 0.1 mg / kg (dry matter) และ วิตามินอี 22 IU / kg (dry matter) มีความจำเป็นสำหรับการดำรงสถานภาพของเนื้อเยื่อ (Piatkowski *et al*., 1979)

Piper *et al*. (1975) รายงานว่า สูตรอาหารที่มีธาตุซีลีเนียมระดับ 0.06 – 0.07 mg / kg (dry matter) เพียงพอที่จะควบคุมโรคเกี่ยวกับสุกรรุ่นได้ ARC (1981) แนะนำให้ใช้ธาตุซีลีเนียมระดับ 0.16 mg / kg (dry matter) ซึ่งเป็นระดับที่ใกล้เคียงที่สุดกับจุดประสงค์ในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Lei *et al*., 1998) NRC (1988) แนะนำการใช้ธาตุซีลีเนียมในระดับที่ลดลงมาจาก 0.28 เหลือ 0.10 mg / kg (dry matter) สำหรับสุกรที่กำลังเจริญเติบโต จากน้ำหนัก 10 – 110 กิโลกรัม และ 0.05 mg / kg (dry matter) สำหรับสุกรเลี้ยงลูกด้วยนม นอกจากนี้ Marin – Guzman *et al*. (1997) รายงานว่า การใช้ธาตุซีลีเนียมในอาหารสำหรับสุกรเพศผู้ ในระดับ 0.05 mg / kg (dry matter) ไม่เพียงพอต่อความสมบูรณ์พันธุ์

มีการนำธาตุซีลีเนียมมาใช้ได้หลายรูปแบบ เช่น ซีลีเนียมในรูปยีสต์ (Se – enriched yeast) โซเดียมซีลีไนท์ หรือโซเดียมซีลีเนท ซึ่งรูปแบบของซีลีเนียมที่ใช้ผสมในอาหารก็มีผลทำให้ความต้องการซีลีเนียมของสัตว์แตกต่างกันไป (Mahan and Parrett, 1996; Mahan and Kim, 1996) ความต้องการธาตุซีลีเนียมสำหรับสัตว์ขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในอาหาร (Lowry *et al*., 1985b) แต่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับระดับธาตุแคลเซียมในอาหาร (Lowry *et al*., 1985a) ความต้องการซีลีเนียมในอาหารสำหรับสุกรหย่านมควรอยู่ในระดับ 0.3 ppm. และ 0.15 ppm. สำหรับสุกรขุนและแม่พันธุ์ (Groce *et al*., 1971, 1973a, b; Ku *et al*.,1973; Mahan *et al*., 1973; Ullrey, 1974; Young *et al*., 1976; Glienke and Ewan, 1977; Wilkinson *et al*., 1977a, b; Mahan and Moxon, 1978a, b, 1984; Piatkowski *et al*., 1979; Meyer *et al*., 1981) อย่างไรก็ตามการใช้ซีลีเนียม อาจจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของสุขภาพสัตว์ และของผู้บริโภคด้วย เช่น ในปี ค.ศ.1974 องค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (The U.S. Food and Drug Administration) แนะนำให้เสริมซีลีเนียมในอาหารสุกรทั่วไปที่ระดับ 0.1 ppm. และปี ค.ศ.1982 แนะนำให้เสริมที่ระดับ 0.3 ppm. ในอาหารสุกรที่มีน้ำหนักไม่เกิน 20 กิโลกรัม ส่วนในประเทศไทยจะจำกัดการเสริมซีลีเนียมในสูตรอาหารสัตว์ได้ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2529)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อาการขาดธาตุซีลีเนียมของสัตว์

ถึงแม้ว่าธาตุซีลีเนียมจัดอยู่ในกลุ่มที่ร่างกายต้องการน้อยมาก (trace element) แต่สัตว์จะขาดเสียมิได้ เพราะสัตว์จะแสดงอาการเป็นโรคออกมาได้ เช่น พบว่าในหนูที่ขาดธาตุซีลีเนียม จะแสดงอาการของโรคเนื้อเยื่อตับตาย (liver necrosis) ออกมาได้ แต่เมื่อเสริมโซเดียมซีลีไนท์ลงในสูตรอาหาร จะสามารถป้องกันโรคดังกล่าวได้ (Schwarz and Foltz, 1957) รวมทั้งธาตุซีลีเนียม

สามารถใช้เสริมในอาหารไก่ เพื่อป้องกันอาการ exudative diathesis (Patterson *et al.*, 1957) นอกจากนี้ยังมีรายงานจาก Schubert *et al.* (1961) พบว่าในลูกแกะที่เลี้ยงทั่วไป และลูกวัวที่เลี้ยงในรัฐ Oregon ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ขาดธาตุซีลีเนียมจะเกิดอาการ muscular degeneration

Grant and Thafvelin (1958) รายงานความสัมพันธ์ระหว่างการขาดซีลีเนียม กับอาการที่ตับถูกทำลายในสุกร และจากรายงานของ Michel *et al.* (1969) พบว่าการเสริมธาตุซีลีเนียมสามารถป้องกันโรคกล้ามเนื้อลีบฝ่อ (white muscle disease) ได้ นอกจากนี้ยังได้รายงานเกี่ยวกับอาการขาดธาตุซีลีเนียมและวิตามินอีในสุกรกลุ่มที่ทำเป็นการค้าในรัฐมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกา

สาวิตรี (2542) ได้สรุปอาการและโรคอันเนื่องมาจากการขาดธาตุซีลีเนียมในสัตว์ต่าง ๆ ดังนี้ คือ โรคกล้ามเนื้อลีบฝ่อ ภูมิคุ้มกันบกพร่อง ประสิทธิภาพในการสืบพันธุ์ต่ำ พบได้ในสัตว์ทุกประเภท โรคเนื้อเยื่อตับตาย อาการที่น้ำซึมออกจากเนื้อหรือเนื้อ PSE พบได้ในสุกร สัตว์ปีก และโค โรคเต้านมอักเสบพบในสุกรและโค โรคมดลูกอักเสบและอาการผิดปกติของหลอดเลือดและน้ำเหลืองพบในสุกร

แหล่งของธาตุซีลีเนียมที่พบในธรรมชาติ

ธาตุซีลีเนียม ที่พบตามธรรมชาติในอาหาร และ พืชอาหารสัตว์ จะมีความแปรปรวนมากขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ส่วนของพืช ฤดูกาลเก็บเกี่ยว และสภาพของธาตุซีลีเนียมในดินที่ปลูกพืช (Muth and Allaway, 1963; Miltimore *et al.*, 1975; Winter and Gupta, 1979; Grant and Sheppard, 1983)

แหล่งของธาตุซีลีเนียมที่พบในอาหารสัตว์ตามธรรมชาติ ได้แก่

1. พืชอาหารสด

พืชอาหารสด เช่นหญ้า จะพบธาตุซีลีเนียม ได้มากกว่าพืชตระกูลถั่ว พืชอาหารสัตว์โดยทั่วไปจะมีธาตุซีลีเนียม ต่ำกว่า 0.05 mg / kg (dry matter) แต่บางชนิดมีต่ำประมาณ 0.02 mg / kg (dry matter) แต่ระดับธาตุซีลีเนียมในแปลงหญ้ามิใช่ดัชนีที่ดีที่สุดที่จะบ่งชี้ถึงความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น (Whelan *et al.*, 1994)

2. ธัญพืช และ เมล็ดธัญพืช

ในธัญพืช และ เมล็ดธัญพืช จะมีระดับธาตุซีลีเนียมแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสถานที่ปลูกพืชนั้น ในประเทศสวีเดน และประเทศนิวซีแลนด์ บางพื้นที่ ในธัญพืชมีธาตุซีลีเนียมต่ำมาก เท่ากับ 0.006 mg / kg (dry matter) ส่วนในแมนนิโตบา ประเทศแคนาดา มีธาตุซีลีเนียมในธัญพืช และ เมล็ดธัญพืช ระหว่าง 0.05 – 3.06 mg / kg (dry matter) (Boila *et al.*; 1993) นอกจากนี้ Miltimore *et al.* (1975) ยังรายงานว่า เมล็ดข้าวสาลีจะมีธาตุซีลีเนียมสูงกว่าข้าวบาเล่ย์และข้าวโอ๊ต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ธาตุซีลีเนียมจากสัตว์

Miltimore *et al.* (1975) พบว่า ปลาป่นแซลมอนและปลาป่นเฮอร์ริงมีธาตุซีลีเนียมเป็นองค์ประกอบอยู่สูง คือ 1.9 mg / kg (dry matter) และ Scott and Thompson (1971) พบว่า ในปลาป่นทูน่ามีธาตุซีลีเนียมสูง เท่ากับ 5.1 – 6.2 mg / kg (dry matter) นอกจากนี้ Moir and Master (1979) ยังพบว่าในเนื้อป่นที่มีการรวบรวมจากโรงฆ่าสัตว์ 8 แห่ง ในทางตะวันตกของออสเตรเลีย มีธาตุซีลีเนียมเป็นองค์ประกอบ ตั้งแต่ 0.11 – 1.14 mg / kg (dry matter)

จากรายงานของ Patrias and Olson (1969) พบว่า ธาตุซีลีเนียมที่มีอยู่ตามธรรมชาติในข้าวฟ่าง ข้าวโพด เนื้อป่น กากถั่วเหลือง และหินปูนที่ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์มีธาตุซีลีเนียมเป็นองค์ประกอบ ดัง Table 2.1

Table 2.1 Selenium concentration in major feed ingredients used in United States swine feeds (Patrias and Olson, 1969)

Ingredient [1]	Origin	No. of Samples	Range (ppm)	Mean (ppm)
Corn	Ill.	31	0.02 –0.15	0.05
Corn	Ind.	17	0.01 – 0.15	0.04
Corn	Iowa	25	0.02 – 0.16	0.05
Corn	Iowa	1	0.32	
Corn	Kan.	1	0.99	
Corn	Mich.	5	0.03 –0.04	0.03
Corn	Mich.	17	0.01 – 0.09	0.03
Corn	Mich.	20	0.01 –0.02	0.01
Corn	Minn.	23	0.02 – 0.19	0.09
Corn	Mo.	4	0.02 – 0.09	0.05
Corn	Nebr.	6	0.04 – 0.81	0.35
Corn	N.Y.	1	0.02	
Corn	N.Dak.	5	0.09 – 0.26	0.19
Corn	Ohio & Ind.	5	0.06 – 0.15	0.09
Corn	S. Dak.	9	0.11 – 2.03	0.40
Corn [2]	Texas.	1	0.11	
Corn	Wise.	5	0.02 – 0.13	0.04
Sorg.gr. [2]	Texas.	1	0.28	
Sorg.gr. [3]	Texas	1	0.07	
Meat meal	Iowa	1	0.84	
Meat meal	Ohio	2	0.13 – 0.24	0.18
SBM (44)	Ill.	2	0.20 – 0.21	0.20
SBM (44)	Iowa	1	1.04	
SBM (44)	Ohio	4	0.05– 0.13	0.10
SBM (44)	Ind.	1	0.09	
Limestone	Ohio	1	0.01	

[1] Sorg.gr., sorghum grain ; SBM, soybean meal.

[2] Dryland, Williamson County.

[3] Irrigated, Baily County.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Ku *et al.* (1973) รายงานว่าธาตุซีลีเนียมที่เป็นองค์ประกอบในเมล็ดธัญพืชที่มาจากพื้นที่ที่ต่างกันในสหรัฐอเมริกา จะมีปริมาณธาตุซีลีเนียมที่ต่างกัน ดัง Table 2.2

Table 2.2 Selenium concentration in complete swine feeds manufactured in the United States (Ku *et al.*, 1972 และ Ku *et al.*, 1973)

Feed	Origin	Sample	Range (ppm)	Mean (ppm)
Wheat – soy	Ark.	1	0.15	
Corn – soy	Idaho	1	0.09	
Corn – soy	Ill.	1	0.04	
Corn – soy	Ind.	1	0.05	
Corn – soy	Iowa	1	0.24	
Corn – soy	Mich.	1	0.04	
Corn – soy	Mich.	1	0.06	
Corn – soy	Mich.	1	0.05	
Corn – soy	Mich.	1	0.04– 0.04	0.04
Corn – soy	Mich.	2	0.05– 0.05	0.05
Corn – soy	Nebr.	2	0.33	
Corn – soy	N.Y.	1	0.04	
Barley – soy	N.Dak.	1	0.41	
Corn – soy	S.Dak.	1	0.49	
Corn – soy	S.Dak.	1	0.30 – 0.45	0.38
Corn – soy	S.Dak.	2	0.24 – 0.44	0.34
Corn – soy	Va.	2	0.03	
Grain – Supp.	Wise.	1	0.18	
Grain – supp.	Wyo.	1	0.16	
		1		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้ประโยชน์ได้ของธาตุซีลีเนียมในสัตว์

โดยทั่วไป ธาตุซีลีเนียมในอาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ จะอยู่ในรูปของ Selenomethionine Selenocystein และ Selenite จากบางรายงาน กล่าวว่า สัตว์กระเพาะเดี่ยวสามารถดูดซึมธาตุซีลีเนียมในรูปแบบของอินทรียสาร และอนินทรียสารไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเท่าเทียมกัน ต่อมารายงานดังกล่าวเป็นที่เข้าใจผิด เพราะเมื่อมีรายงานของ Cantor *et al.* (1975) พบว่าการนำธาตุซีลีเนียมไปใช้ประโยชน์ได้ในไก่ มีประสิทธิภาพของการนำไปใช้ประโยชน์ได้ขึ้นอยู่กับว่านำไปใช้ที่ส่วนใดของร่างกายและแหล่งของซีลีเนียมที่ได้จากพืช มีสัดส่วนของการนำไปใช้ประโยชน์ได้ของสัตว์ในการป้องกันโรคกล้ามเนื้อลีบฝ่อ สูงกว่าแหล่งของซีลีเนียมที่ได้จากสัตว์ Henry and Ammerman (1995) รายงานว่า ปลาป่นทูน่าซึ่งเป็นแหล่งของธาตุซีลีเนียมจะมีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันโรคกล้ามเนื้อลีบฝ่อ และมีประสิทธิภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ได้เท่าเทียมกับ Selenite หลังจากมีการย่อยกรดอะมิโนออกไปแล้ว และซีลีเนียมในข้าวสาลีจะมีประสิทธิภาพสูง ในการป้องกันโรคเนื้อเยื่อตับตาย เนื่องจากธาตุซีลีเนียมในข้าวสาลีอยู่ในรูปของ Selenomethionine ซึ่งสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงกว่า Selenite หรือ Selenocysteine อย่างไรก็ตาม การดูดซึมธาตุซีลีเนียมของสัตว์กระเพาะรวม จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่า และมีความแปรปรวนมากกว่าในสัตว์กระเพาะเดี่ยว

การสะสมธาตุซีลีเนียม

การสะสมธาตุซีลีเนียม ในร่างกายจะคล้ายกับธาตุกำมะถัน คือ จะพบได้ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น เซลล์ และของเหลวต่างๆ ซึ่งในกล้ามเนื้อ จะพบประมาณ 50 – 52 เปอร์เซ็นต์ หนังสัตว์ ขน เขา ประมาณ 14 –15 เปอร์เซ็นต์ โครงสร้าง (กระดูก) ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ตับประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ และในเนื้อเยื่อประมาณ 15 – 18 เปอร์เซ็นต์ (Moustgaard and Wegger, 1975) การสะสมธาตุซีลีเนียม ในเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกายสัตว์ จะมีความผันแปรตามชนิดของสัตว์ อวัยวะต่าง ๆ และสภาพของธาตุซีลีเนียมที่จะพบในร่างกายสัตว์ (Lindberg, 1968) ซึ่งจะพบว่ามีการสะสมธาตุซีลีเนียมในไตสูงที่สุด และอาจจะสูงถึง 15 – 20 เท่า ของอวัยวะส่วนที่มีการสะสมธาตุซีลีเนียมน้อยที่สุด คือ กล้ามเนื้อลาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรายงานของ Lindberg (1968) พบว่าปริมาณการสะสมธาตุซีลีเนียมในเนื้อเยื่อของสุกรที่ปกติและสุกรที่เป็นโรคกล้ามเนื้อลีบฝ่อจะมีปริมาณการสะสมแตกต่างกัน ดัง Table 2.3

Table 2.3 Mean selenium concentration (mg kg^{-1} DM) in the diet and tissues of normal pigs and pigs with nutritional muscular dystrophy (NMD) (Lindberg, 1968)

	Diet	Kidney	Liver	Skeletal Muscle	Heart	Pancreas
Healthy	0.126	11.47 ± 1.18	1.82 ± 0.16	0.52 ± 0.06	1.05 ± 0.10	1.42 ± 0.14
NMD	0.021	2.48 ± 0.29	0.20 ± 0.05	0.16 ± 0.08	0.19 ± 0.09	0.24 ± 0.13

การสะสมธาตุซีลีเนียมในร่างกายรวมทั้งในเลือดและเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของสุกรรุ่น - สุกรขุน สุกรแม่พันธุ์ รวมทั้งลูกสุกรที่ยังไม่หย่านม จะเพิ่มขึ้นตามระดับซีลีเนียมที่มีอยู่ในอาหาร การเสริมซีลีเนียมที่ระดับ 0.1 – 0.3 หรือ 0.5 ppm. การสะสมซีลีเนียมจะมีความแตกต่างกันมากเมื่อใช้เสริมด้วยซีลีเนียมยีสต์กับโซเดียมซีลีไนท์ (Mahan, 1995; Mahan and Kim, 1996; Mahan and Parrett, 1996) สำหรับสุกรแม่พันธุ์สารเอ็นไซม์ Glutathione Peroxidase จะมีระดับซีลีเนียมในซีรัมไม่เกิน 0.1 ppm. เมื่อเสริมด้วยซีลีเนียมยีสต์กับโซเดียมซีลีไนท์ (Mahan and kim, 1996) และในสุกรรุ่น-สุกรขุน ปริมาณการสะสมซีลีเนียมในซีรัมและในเอ็นไซม์ glutathione peroxidase จะสูงสุด เมื่อเสริมซีลีเนียมในอาหารสุกร ที่ระดับ 0.1 ppm. ทั้งในรูปของซีลีเนียมยีสต์ และโซเดียมซีลีไนท์ แต่ผลการตอบสนองต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้ทางชีววิทยาของซีลีเนียมยีสต์ จะต่ำกว่าโซเดียมซีลีไนท์ (Mahan and Parrett, 1996)

นอกจากนี้ยังพบว่ามีการสะสมซีลีเนียม เมื่อคิดเป็นน้ำหนักเปียกที่อวัยวะต่าง ๆ ดังนี้ คือ ที่ไตพบว่า มีซีลีเนียม 1.38 – 1.45 ppm. ตับ 0.48 – 0.97 ppm. กล้ามเนื้อหัวใจ 0.15 – 0.20 ppm. กล้ามเนื้อลาย 0.04 – 0.06 ppm. ตับอ่อน 0.34 – 0.44 ppm. รังไข่ 0.19 – 0.25 ppm. สมองส่วนหน้า 0.07 – 0.09 ppm. และขน 0.21 – 0.49 ppm. (Church *et al.*, 1974)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรายงานของ Ku *et al.* (1973) พบว่าการสะสมธาตุซีลีเนียมใน longissimus muscle ของสุกรที่ได้รับอาหารที่มีธาตุซีลีเนียมอยู่ตามธรรมชาติในรัฐต่าง ๆ ของสหรัฐอเมริกา มีดัง Table 2.4

Table 2.4 Selenium concentration in longissimus muscle of swine receiving only natural dietary selenium (Ku *et al.*, 1973)

State	Diet Se (ppm)	Longissimus muscle Se (ppm)[1]
Ark.	0.15	0.21 (3)
Ldaho	0.09	0.11 (3)
Ill.	0.04	0.06 (3)
Ind.	0.05	0.06 (3)
Iowa	0.24	0.28 (4)
Mich.	0.04	0.05 (3)
Nebr.	0.33	0.31 (4)
N.Y.	0.04	0.05 (3)
N.Dak.	0.41	0.39 (2)
S.Dak.	0.49	0.52 (2)
Va.	0.03	0.03 (3)
Wisc.	0.18	0.12 (3)
Wyo.	0.16	0.31 (4)

[1] Number of pigs in parentheses

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการทดลองของ Ku *et al.* (1973) พบว่าสารที่ได้รับธาตุซีลีเนียมจากอาหารธรรมชาติและอาหารที่เสริมด้วยโซเดียมซีลีไนท์จะมีการสะสมธาตุซีลีเนียมในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ดัง Table 2.5

Table 2.5 Effect of natural dietary selenium levels and sodium selenite supplementation upon selenium concentration in lougissimus muscle, liver and kidney (Ku *et al.*, 1973)

	Michigan State University Trial[1]			South Dakota State Trial[2]		
Item	MSU Basal + 0.4 ppm Se	SDS basal	MSU Basal + 0.4 ppm Se (WD)[3]	MSU Basal + 0.4 ppm Se (NWD)[3]	SDS basal	MSU Basal + 0.4 ppm Se (WD)[3]	MSU Basal + 0.4 ppm Se (NWD)[3]
Natural diet Se (ppm)	0.04	0.44	0.44	0.44	0.24	0.24	0.24
Supplemental Se (ppm)	0.40		0.10	0.10		0.10	0.10
Total grower diet Se (ppm)	0.44	0.44	0.54	0.54	0.24	0.34	0.34
Total finisher diet Se (ppm)	0.44	0.44	0.44	0.54	0.24	0.24	0.34
No. pigs	4	4	4	4	4	4	4
Longissimus muscle Se (ppm)	0.12^{a}	0.48^{n}	0.50^{n}	0.45^{b}	0.31^{d}	0.35^{d}	0.35^{d}
Liver Se (ppm)	0.61^{a}	0.48^{n}	0.96^{v}	0.92^{bc}	0.73^{d}	0.82^{de}	0.90^{e}
Kidney Se (ppm)	2.14^{a}	2.17^{s}	2.45^{a}	2.33^{a}	2.43^{d}	2.59^{d}	2.81^{d}

[1] values in MSU trial with different superscripth ^{abc} are significantly ($p<0.05$) different.

[2] values in SDS trial with different superscripts ^{de} are significantly ($p<0.05$) different.

[3] WD , Se withdrawn 60 days before slaughter ; NWD, Se not withdrawn (fed until slaughter).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อาการเป็นพิษของธาตุซีลีเนียม

ถึงแม้ว่าธาตุซีลีเนียมจะมีประโยชน์ในการนำมาใช้ในรูปอาหารสัตว์ แต่ในการนำมาใช้ควรคำนึงถึงระดับความเป็นพิษของธาตุซีลีเนียมด้วย เพราะถ้าหากใช้ในปริมาณเกินระดับความต้องการของร่างกายสัตว์มาก อาจทำให้สัตว์แสดงอาการเป็นพิษออกมาได้

กรณีที่สัตว์ได้รับธาตุซีลีเนียม มากเกินความต้องการของร่างกายจะทำให้เกิดโรคได้ดังนี้

1. Alkali disease เป็นโรคเรื้อรัง เนื่องจากสัตว์กินพืชที่มีธาตุซีลีเนียมเป็นองค์ประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก คือมีระดับธาตุซีลีเนียม อยู่ระหว่าง 10 – 30 ppm. เช่น ม้าจะมีอาการขนร่วงบริเวณแผงคอและหาง วัวมีอาการขนร่วงที่หาง และขนร่วงทั้งตัวในสุกร (พันทิพา, 2535)

2. Blind stagger เป็นโรคเฉียบพลัน เนื่องจากได้รับธาตุซีลีเนียมจำนวนมาก หลังจากสัตว์กินพืชพวก Astragalas ซึ่งมีธาตุซีลีเนียมสูงถึง 4,000 ppm. สัตว์จะมีอาการตาปิด ลืมตาไม่ขึ้น เดินเซเวียนเป็นรูปวงกลม หรือเดินชนสิ่งของภายในคอก เนื่องจากมองไม่เห็น แสดงอาการอ่อนแอไม่อยากกินอาหารและน้ำ และจะเป็นอัมพาตระยะสุดท้าย และตายในที่สุด (เทอดชัย, 2542)

นอกจากนี้สัตว์จะแสดงอาการพิษในกรณีที่สัตว์ได้รับธาตุซีลีเนียมสูงถึง 50 – 80 เท่าของปริมาณความต้องการธาตุซีลีเนียมในอาหารสัตว์ อาการเกิดพิษคือสัตว์มีอาการเบื่ออาหาร ขนร่วง บวมน้ำ กีบแยกหลุด เกิดการเสื่อมโทรมของตับและไต มีการแทรกซึมของไขมันในตับ (Miller, 1938; Miller and Williams, 1940; Wahlstorm *et al*., 1955; Orstadius, 1960; Lindberg and Lannek, 1965; Herigstad *et al*., 1973) ซึ่งจากการที่สัตว์มีอาการขนร่วงและกีบแยกหลุด เนื่องจากธาตุซีลีเนียมไปแทนที่ธาตุกำมะถัน ในกรดอะมิโนเมทไธโอนีน และซีสเตอีนที่จะนำมาสร้างขน เขา กีบของสัตว์ (พันทิพา, 2535)

สุกรแม่พันธุ์ที่ได้รับซีลีเนียมที่ระดับ 10 ppm. ทำให้อัตราผสมติดต่ำ และลูกสุกรมีขนาดเล็กอ่อนแอ หรือตายเมื่อแรกเกิด (Wahlstrom and Oslan, 1959) ในสุกรรุ่นที่ได้รับธาตุซีลีเนียมที่ระดับ 5 – 8 ppm. จะแสดงอาการผอมแห้ง ขนร่วง ตับแข็งฝ่อ และกีบเน่าหลุด อย่างไรก็ตาม Wahlstrom *et al*. (1955) รายงานว่าการใช้ arsanilic acid 0.02% และ 3-nitro-4-hydroxyphenylarsonic acid 0.005 % ในอาหารสุกร สามารถลดอาการเป็นพิษของธาตุซีลีเนียมที่พบในอาหาร ในรูปซีลีไนท์ 10 ppm. ได้ โดยที่สาร arsenic สามารถยับยั้งขบวนการสังเคราะห์สาร dimethylselenide ซึ่งสารนี้จะสังเคราะห์ขึ้นเมื่อร่างกายสัตว์ได้รับซีลีเนียมในปริมาณที่มากเกินความต้องการของสัตว์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากงานทดลองของ Miller (1938) พบว่าสุกรที่ได้รับธาตุซีลีเนียมในรูปของโซเดียมซีลีไนท์ในปริมาณสูง จะพบอาการเป็นพิษของธาตุซีลีเนียมในสุกร ดัง Table 2.6

Table 2.6 Toxicity of selenium administered as sodium selenite in a single oral dose to swine Miller (1938)

Pig No.	Initial Wt (kg)	Na Selenite (g)	Se (mg/kg BW)	Observations	Se in tissues (ppm.) Leg muscle	Heart	Liver	Kidney
4282	24	1.20	22.7	Death in 72 hr	T[1]	0.05	2.5	
4754	59	2.28	17.4	Paralyzed ; killed after 18 days	0.02	0.01	1.0	0.3
4737	46	1.31	13.2	Sick and recovered ; killed at 2 ½ months		0.05	0.02	0.2
4730	55	1.57	13.2	Sick and recovered ; killed at 2 ½ months		0.01	0.02	0.5
4683	55	10.5	8.8	Sick and recovered ; killed at 2 ½ months				
4703	55	0.52	4.4	Slightly sick ; killed at 2 ½ months		0.05	0.1	0.2
4746	68	0.33	2.2	No effect				

[1] Trace

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Herigstad (1972) และ Miller (1938) รายงานสุกรที่ได้รับธาตุซีลีเนียมจากอาหารในปริมาณสูง และเลี้ยงเป็นระยะเวลานานต่อเนื่องกัน สุกรจะแสดงอาการเป็นพิษออกมาได้ ดัง Table 2.7

Table 2.7 Toxicity of selenium fed continuously in the diet of swine (Herigstad, 1972; Miller, 1938)

Total Diet Se (ppm)	Suppl. Se (ppm)	Suppl. Se Form	No. Of Pigs	Init. Wt. (kg)	Toxicity (% of total)	Se in tissues (ppm)			
						Skeletal muscle	Heart	Liver	Kidney
T[1]	0		6	5	0			0.18	0.69
0.04	0		6	15	0	0.06	0.12	0.17	1.50
0.09	0.05	Na_2SeO_3	12	15	0	0.08	0.18	0.36	1.88
0.10	0.10	Na_2SeO_3	2	5	0			0.40	1.23
0.10	0.10	Se meth[3]	2	4	0			0.22	0.90
0.14	0.10	Na_2SeO_3	12	15	0	0.09	0.17	0.40	1.82
0.24	0.20	Na_2SeO_3	12	15	0	0.09	0.19	0.40	1.80
0.54	0.50	Na_2SeO_3	96	9	0	0.09			
1.04	1.00	Na_2SeO_3	2	45	0	0.13	0.33	0.80	2.10
5	5	Na_2SeO_3	2	4	0			2.36	2.42
5	5	Se meth	5	4	0			4.90	6.61
5	5	Se corn[4]	5	35	0				
5	7	Na_2SeO_3	2	15	60				
7.5[2]	10	Na_2SeO_3	2	4	0			3.62	3.60
10	10	Se meth	5	5	0			9.92	10.40
10	10	Se corn	8	35	60				
10	10	Na_2SeO_3	16	13	25				
10.5[2]	13	Na_2SeO_3	2	13	31				
13.5[2]	20	Na_2SeO_3	2	5	50			22.1	12.9
20	20	Se meth	2	5	0			12.4	18.8
20	24.5	Na_2SeO_3	2	17	50	0[5]	0[5]	4.0	3.0
25	45	Na_2SeO_3	2	5	100			7.4	7.3
45	45	Se meth	2	4	100			18.0	12.0
45	49	Na_2SeO_3	2	19	100	2.0	5.0	10.0	25.0
49	60	Na_2SeO_3	2	5	100			11.0	4.8
60	60	Se meth	2	5	100			18.0	13.6
60	100	Na_2SeO_3	2	5	100			31.7	27.5
100	100	Se meth	2	5	100			19.2	16.7
100	120	Na_2SeO_3	2	4	100			7.6	2.8
120	120	Se meth	2	5	100			34.5	11.1
120	196	Na_2SeO_3	2	17	100				
196	392	Na_2SeO_3	2	16	100	0[5]	T[6]	3.0	8.5
392	600	Na_2SeO_3	2	4	100			9.3	3.0
600	600	Se meth	2	4	100			27.4	12.8

1. Not determined but probably than 0.02 ppm Se.
2. Estimated.
3. Selenomethionine.
4. Seleniferous com.
5. Below undefined limits of detection.
6. Trace.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การขจัดธาตุซีลีเนียมออกจากร่างกาย

ตามปกติเมื่อสัตว์ได้รับธาตุซีลีเนียมในอาหารเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของธาตุซีลีเนียมในเนื้อเยื่อก็เพิ่มขึ้นด้วย โดยธาตุซีลีเนียมส่วนเกินจะไปสะสมที่อวัยวะส่วนอื่นมากกว่าสะสมที่ไต เนื่องจากร่างกายมีความสามารถในการขจัดธาตุซีลีเนียมส่วนเกินออกมาได้มากทางปัสสาวะ โดยผ่านทางไต (Thomson and Robinson, 1986; Yang *et al.*,1989) ซึ่งโดยธรรมชาติการขจัดธาตุซีลีเนียมออกจากร่างกาย มีอยู่ 3 ทาง คือ ทางปัสสาวะโดยไต ทางอุจจาระโดยระบบทางเดินอาหาร และทางลมหายใจและผิวหนังโดยปอดและหลอดเลือด ซึ่งการขับออกทางปัสสาวะจะเป็นการขับออกหลักของร่างกาย ในกรณีที่ได้รับธาตุซีลีเนียมจากอาหารในปริมาณปกติ (Yang *et al.*, 1989) รวมทั้งการขจัดในรูปแบบอื่น เช่น การสูญเสียธาตุซีลีเนียมที่สะสมในผมหรือขนและเล็บ (Oster *et al.*, 1988)

ธาตุซีลีเนียมที่สัตว์ได้รับทั้งจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ หรือจากการเสริมลงไปในอาหารจะมีการดูดซึมอย่างรวดเร็วทั้งของสัตว์กระเพาะเดี่ยว และสัตว์กระเพาะรวม สำหรับในสุกรและแกะจะมีการดูดซึมธาตุซีลีเนียมที่ลำไส้เล็กตอนล่างมากที่สุด ในขณะที่การขับออกของธาตุซีลีเนียมจะมีมากที่ลำไส้เล็กตอนต้น และจำนวนเล็กน้อยที่มีการขับออกทางน้ำดีและของเหลวที่ผลิตจากตับอ่อน สำหรับในสัตว์กระเพาะรวม ที่อะโบมาซัมและลำไส้ใหญ่ไม่มีการดูดซึม และขับออกของธาตุซีลีเนียมและการดูดซึมธาตุซีลีเนียมในสัตว์กระเพาะเดี่ยวจะมีมากกว่าในสัตว์กระเพาะรวม คือ ประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ และ 35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Moustgaard and Wegger, 1975)

ปริมาณการขับออกหรือการขจัดธาตุซีลีเนียมออกจากร่างกายขึ้นอยู่กับวิธีการที่สัตว์ได้รับการเสริมธาตุซีลีเนียม ระดับของซีลีเนียมในเนื้อเยื่อ และชนิดของสัตว์ เช่น ในแกะที่ได้รับการฉีดธาตุซีลีเนียมทางเส้นเลือด จะมีการขับธาตุซีลีเนียมออกทางปัสสาวะเป็นส่วนใหญ่ และขับออกทางลมหายใจและทางอุจจาระน้อย แต่เมื่อเสริมธาตุซีลีเนียมทางการกิน (ปาก) ของสัตว์จะมีการขับออกทางอุจจาระมาก แต่เมื่อมีการเสริมมากขึ้น การขับออกของธาตุซีลีเนียม ทางการหายใจ การขับออกของธาตุซีลีเนียมค่อนข้างคงที่ และทางปัสสาวะจะขับออกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อมีการเพิ่มระดับการเสริม และหลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง (Moustgaard and Wegger, 1975)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการทดลองของ Groce *et.al.* (1971) และ Groce *et al.* (1937b) พบว่าการสะสมธาตุซีลีเนียมในสุกรเล็ก เมื่อเสริมด้วยโซเดียมซีลีไนท์มีการสะสม ดัง Table 2.8

Table 2.8 Effect of adding various increments of selenium from sodium selenite to diets low in natural selenium upon daily selenium balance in the young pig[1] low in natural selenium upon daily selenium balance in the young pig[1]

Item	Supplementary Se (ppm)				
	Basal[2]	0.05	0.1	0.2	0.5
No. of experiments	2	1	2	1	1
No. of pigs	5	3	5	3	2
Se intake (μg/day)	19.9	47.2	65.4	116.1	244.4
Se retention (% of intake)	48.0	53.8	59.7	41.4	15.2
Se retention (μg/day)	9.6	25.4	39.1	48.1	37.1
Se excretion (% of intake)					
Fecal	41.8	37.5	27.4	32.6	23.6
Urinary	10.1	8.9	12.8	26.0	61.2

[1]Groce *et al.* (1971) และ Groce *et al.* (1973b)

[2]contained 0.04 –0.05 ppm. natural selenium

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ซีลีเนียมกับสมรรถภาพผลิตสุกร

Marin-Guzman *et al.* (1997) รายงานว่า สุกรรุ่นที่ได้รับการเสริมซีลีเนียมจะทำให้มีน้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Daily Gain) สูงกว่ากลุ่มควบคุมถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.01$) การผสม Sodium Selenite 0.1% ในอาหารสุกรพบว่า จะทำให้น้ำหนักตัวสุกรเพิ่มขึ้น (weight gain) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) สอดคล้องกับ Mahan *et al.* (1999) ที่รายงานว่า การเสริม Sodium Selenite ในอาหารสุกรรุ่นและสุกรขุนระดับ 0.05 , 0.1 , 0.2 และ 0.3 ppm. พบว่าการเจริญเติบโตของสุกรรุ่นและสุกรขุนสูงที่สุดในสุกรที่กินอาหารที่เสริมด้วยซีลีเนียมระดับ 0.2 ppm. ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Gain : feed) ของสุกรรุ่นและสุกรขุนจะสูงที่สุดที่การเสริมธาตุซีลีเนียมระดับ 0.1 ppm. และ 0.05 ppm. ตามลำดับ

นอกจากนี้จากรายงานของ Mutetikka and Mahan (1993); Mahan and Kim (1996) พบว่าสุกรที่ได้รับซีลีเนียมมีแนวโน้มที่จะทำให้ไขมันสันหลังลดลงในช่วงตั้งท้อง แล้วลดลงอย่างชัดเจนในช่วงคลอด 29% ($p < 0.01$) และช่วงเลี้ยงลูก 14% ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มซึ่งไม่ได้เสริมธาตุซีลีเนียม และยังพบว่าธาตุซีลีเนียมในนมเพิ่มสูงขึ้นด้วย

ความสัมพันธ์ของธาตุซีลีเนียมกับโลหะหนัก

ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุซีลีเนียม (selenium) และธาตุแคดเมียม (cadmium)

การใช้สารประกอบซีลีเนียมสามารถป้องกันผลเสียที่เกิดจากธาตุแคดเมียม เช่น ด้านการสืบพันธุ์ และการไม่ตกไข่ของรังไข่ (Kar *et al.*,1959; Pařízek *et. al.*, 1968) หรือการทำลายรก Pařízek *et. al.*,1968) รวมทั้งอาการเป็นพิษของแคดเมียมในระยะตั้งครรภ์ (Pařízek *et. al.*, 1968) นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Pařízek *et. al.* (1968) และ Gunn *et al.* (1968) กล่าวว่า การใช้สารประกอบซีลีเนียมสามารถลดอัตราการตายสัตว์ทดลองที่ได้รับธาตุแคดเมียมในปริมาณสูง (ระดับซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์ได้)

Ganther and Baumam (1962) รายงานว่า พ่อ – แม่ พันธุ์ที่เสริมเกลือแคดเมียม จะมีผลต่อเมตาบอลิซึมของธาตุซีลีเนียม โดยจะลดสิ่งที่ขับถ่ายออกในรูปของสารประกอบซีลีเนียมทางกระบวนการหายใจลงได้

ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุซีลีเนียม (selenium) และ เมอร์คิวรี (mercury)

Levander and Argrett (1969) พบว่าการใช้เกลือเมอร์คิวริกจะมีผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมเช่นเดียวกับการใช้เกลือแคดเมียม ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวพอสรุปได้ดังนี้คือ

1. สารประกอบซีลีเนียมจะมีประสิทธิภาพสูงต่อการป้องกันพิษของเกลือแคดเมียม
2. เกลือแคดเมียมและเกลือเมอร์คิวริกมีผลต่อเมตาบอลิซึมของธาตุซีลีเนียมคล้ายคลึงกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ดังนั้นจึงน่าจะเป็นไปได้ที่สารประกอบซีลีเนียมสามารถป้องกันการเป็นพิษของสารประกอบเมอร์คิวริกได้

Pařízek *et. al.*, 1967. รายงานว่าการแสดงอาการของโรคทางพยาธิวิทยาของสารประกอบเมอร์คิวริก (ในรูปอนินทรียสาร) จะไม่แสดงอาการออกมาเมื่อสัตว์ได้รับสารประกอบซีลีเนียมด้วย สัตว์ที่ได้รับสารประกอบเมอร์คิวริกในปริมาณสูง (ระดับที่เป็นอันตรายต่อสัตว์) สามารถจะดำรงชีวิตอยู่ได้ ถ้าสัตว์นั้นได้รับสารประกอบซีลีเนียมนั้นจะไม่เพิ่มการขับออก แต่ในทางตรงกันข้ามจะทำให้มีการสะสมของเมอร์คิวริกในอวัยวะต่าง ๆ มากขึ้น และในเวลาเดียวกันก็ทำให้มีการกระจายเมอร์คิวริกไปทั่วร่างกาย (Pařízek *et. al.*,1971)

นอกจากนี้ Pařízek *et. al.*(1971) ยังมีรายงานว่า การส่งผ่านสารเมอร์คิวริก แม่พันธุ์ไปยังตัวอ่อนในครรภ์ และน้ำนมจะลดลงเมื่อแม่พันธุ์นั้นได้รับสารประกอบซีลีเนียมและในทำนองเดียวกันการใช้ประโยชน์ทางชีววิทยาของธาตุซีลีเนียมจะลดลงเมื่อสัตว์นั้นได้รับสารเมอร์คิวริก

ในสัตว์ที่ได้รับสารประกอบแคดเมียมหรือสารประกอบเมอร์คิวริก ซีลีไนท์หรือซีลีโนเมทไธโอนีน ระดับของโลหะหนักเหล่านี้จะมีจำนวนเพิ่มขึ้นได้ในเลือดหรือพลาสม่า ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของซีลีเนียม (Pařízek *et. al.*, 1971)

จากการทดลองของ Pařízek *et. al.* (1971) รายงานว่า การสะสมเกลือกัมมันตภาพรังสีของแคดเมียมในพ่อพันธุ์หนูภายในไม่กี่ชั่วโมง หลังจากได้รับแคดเมียมกัมมันตภาพรังสีการสะสมแคดเมียมกัมมันตภาพรังสีในพลาสม่าถูกตรวจพบที่ระดับการเสริมซีลีไนท์ 0.1 micro mole / kilogram body weight ดัง table 2.9 และหลังจากการทดลอง 4 วัน หนูที่ดื่มน้ำที่เสริมด้วยซีลีไนท์ 1.5 ppm. จะพบผลการสะสมแคดเมียมกัมมันตะภาพรังสี ดังแสดง Table 2.10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 2.9 The effect of selenite injection on cadmium retention in blood plasma[1] (Pãrízek *et al.*, 1971)

Dose of Sodium selenite (μmole / kg body wt)	No. of rats[2]	Percentage injected dose ^{11m}Cd In 1 ml blood plasma[3]
0	9	0.051 ± 0.008
0.1	9	0.088 ± 0.005
0.2	8	0.174 ± 0.010
0.5	8	0.434 ± 0.029
1.0	8	1.176 ± 0.048
5.0	8	3.176 ± 0.125

[1] $^{115m}CdC1_2$ (10 μ mole/kg body wt) given subcutaneously, simultaneously with sodium selenite intrsaperitoneal injection.

[2] Adult female rats (fasted 24 hr before the injection).

[3] Values are mean ± s.e.

Table 2.10 The effect of selenite in drinking water on cadmium retention in blood plasma[1] (Pãrízek *et a l.*,1971)

Drinking water	Percentage injected dose $^{112\,m}$ Cd In 1 ml blood Plasma[2]
Without addition of selenite	0.043 ± 0.006
With addition of selenite (0.25 ppm Se)	0.052 ± 0.005
With sddition of selenite (1.5 ppm Se)	0.360 ± 0.053

[1] Adult female rats were given water for days with added sodium selenite. $^{115\,m}$ CdC1[2] (10 μ mole/kg body wt) was given subcutaneously 2 hr before decapitation and blood – plasma collection. Eight animals in each group.

[2] Values are mean ± s.e.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อิทธิพลของสารประกอบเมอร์คิวริกต่อความเป็นพิษของซีลีเนียมในรูปเมทธิล

Pařízek *et al.* (1971) รายงานว่า การแสดงการเป็นพิษของธาตุซีลีเนียมขึ้นอยู่กับว่าซีลีเนียมที่มีอยู่ในร่างกายจะอยู่ในรูปแบบใด เช่น จากงานทดลองเสริม dimethylselenide ในอาหารหนูเพศผู้ที่มีสารประกอบเมอร์คิวริก เพื่อดูความเป็นพิษของ dimethylselenide ต่ออัตราการตายของหนูเพศผู้ พบว่ามีการตายของหนูเพศผู้สูงขึ้น และจากงานทดลองของ Schroeder *et al.* (1967) พบว่า อัตราการตายของหนูเพศผู้จะสูงกว่าหนูเพศเมีย เมื่อเสริมธาตุซีลีเนียมในระดับที่สูงในอาหารทดลอง

ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุซีลีเนียมและวิตามินอี

จากการค้นพบว่าธาตุซีลีเนียมเป็นองค์ประกอบของเอ็นไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส สามารถอธิบายได้ถึงความสัมพันธ์ของธาตุซีลีเนียมกับวิตามินอี ไขมันไม่อิ่มตัว และกรดอะมิโน ที่มีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบ

จากการที่ธาตุซีลีเนียมเป็นองค์ประกอบของเอ็นไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (GSH – Px) ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการทำลายสารประกอบ H_2O_2 และลิปิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (ROOH) รวมทั้งสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์อื่น ๆ วิตามินอีก็จะทำหน้าที่โดยการลดการสร้างสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารลิปิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งความสัมพันธ์ของธาตุซีลีเนียมและวิตามินอี พอสรุปได้ดังนี้ (Hoekstra *et al.*, 1973)

1. ถ้าร่างกายสัตว์ขาดทั้งธาตุซีลีเนียมและวิตามินอีในเนื้อเยื่อสัตว์ก็จะมีการสร้างสาร H_2O_2 และ ROOH มาก เพราะร่างกายสัตว์ขาดวิตามินอีที่จะไปลดการสร้างสาร H_2O_2 และ ROOH และขาดธาตุซีลีเนียมที่จะเป็นตัวเร่งการทำลายสาร H_2O_2 และ ROOH ได้

2. ถ้าร่างกายสัตว์มีธาตุซีลีเนียมมาก แต่ขาดวิตามินอี และมีไขมันไม่อิ่มตัวมาก ความสามารถในการทำลายสาร ROOH จะมีมากเกินไปในอวัยวะส่วนที่มี GSH – Px ต่ำ (เช่น สมองไก่ รกหนู) แต่จะไม่มีการทำลายสาร ROOH มากเกินไปในอวัยวะที่มี GSH – Px สูง (เช่น ตับหนู) ดังนั้นอาจเกิดการทำลายสมองและการดูดกลับของตัวอ่อนในครรภ์ได้ง่าย ฯลฯ ซึ่งอาการดังกล่าวไม่สามารถป้องกันได้ด้วยแร่ธาตุซีลีเนียม แต่สามารถป้องกันได้โดยวิตามินอี

3. ถ้าร่างกายสัตว์มีวิตามินอีมาก แต่ขาดธาตุซีลีเนียม จะมีการป้องกันการผลิตสาร ROOH และการทำลายเซลล์เยื่อบุ (membrane) ได้ แต่อวัยวะบางส่วน เช่น ตับอ่อนไม่สามารถป้องกันการถูกทำลายจากการสร้างสาร H_2O_2 ได้ ซึ่งอาจจะเป็นเพราะอวัยวะส่วนนี้มี GSH – Px ต่ำ ดังนั้น H_2O_2 จะทำลายโปรตีนที่มีกลุ่ม SH เป็นองค์ประกอบ (ไม่ใช่เมมเบรน) บางชนิดได้ และรวมไปถึงการทำลายเซลล์อื่นด้วย

4. สัตว์บางชนิดที่มีการผลิต H_2O_2 ในตับสูง (เช่นหนู) จะไวต่อการถูกทำลายที่ตับจากการขาดธาตุซีลีเนียมและวิตามินอีเป็น 2 เท่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ผลข้างเคียงของวิตามินอีต่อความต้องการธาตุซีลีเนียมคือ ถ้ามีวิตามินอีค่อนข้างน้อย การผลิต ROOH มีมาก ความต้องการ GSH – Px จะมีมาก ดังนั้นร่างกายจะต้องการธาตุซีลีเนียมมากตามไปด้วย ในทางตรงกันข้ามถ้าร่างกายมีวิตามินอีมาก การสร้าง ROOH มีน้อย และความต้องการ GSH – Px ก็จะมีน้อย ทำให้ความต้องการธาตุซีลีเนียมน้อยตามไปด้วย

6. ผลข้างเคียงของธาตุซีลีเนียมต่อความต้องการวิตามินอี ถ้าร่างกายสัตว์ขาดธาตุซีลีเนียม การผลิต GSH – Px ก็จะต่ำ การสร้าง ROOH จะมีมาก ทำให้ร่างกายต้องการวิตามินอีมาก เพื่อที่จะควบคุมหรือหยุดการสร้างสาร ROOH ไม่ให้มีมากเกินไป ในทางตรงข้าม ถ้าร่างกายสัตว์มีธาตุซีลีเนียมมาก การสร้าง GSH – Px ก็จะมีมาก ทำให้ร่างกายต้องการวิตามินอีน้อย เพราะมีวิตามินอีเพียงพอต่อการควบคุมการสร้างสาร ROOH ไม่ให้มากเกิน จนเกิดการทำลายเซลล์ได้

คีเลต (Chelate)

ปัจจุบันในทางโภชนศาสตร์ได้มีการนำเอาสารประกอบคีเลต เช่น ซีลีเนียมคีเลต คอปเปอร์คีเลต ซิงค์คีเลต ฯลฯ มาใช้เสริมในสูตรอาหารเพื่อเลี้ยงสัตว์มากขึ้น โดยมีจุดประสงค์ต่าง ๆ กัน เช่น เพื่อการปรับปรุงสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ หรือเพิ่มภูมิคุ้มกันโรคให้กับสัตว์

คีเลต มาจากภาษากรีกคือคำว่า คีเล (Chele) ซึ่งหมายถึง ก้ามปู (lobster claw) ในภาษาอังกฤษหมายถึงจับติดกัน ในทางเคมีจึงกล่าวว่าคีเลตเป็นสารเคมีที่อยู่ในรูปของสารประกอบเชิงซ้อนเป็นวง (cyclic ring complexion) ที่มีความเสถียรระหว่างโลหะทรานซิชั่นไอออนบวก (ธาตุที่มีประจุบวก) ใด ๆ ยึดติดกับกลุ่มสารโพลีเดนเนทลิแกนด์ที่มีไอออน หรือโมเลกุลลบใด ๆ อย่างใกล้ชิดด้วยพันธะโคออดิเนท โควาเลนท์ (coordinate covalent) (พันทิพา, 2538)

โลหะทรานซิชั่นไอออน

โลหะทรานซิชั่นไอออน คือ แร่ธาตุที่อยู่ในสภาวะไม่เสถียรซึ่งมีพลังงานสูงมาก และพร้อมที่จะทำปฏิกิริยาทันทีกับสารใด ๆ ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งแร่ธาตุเหล่านี้มักมีประจุบวก 2 เป็นส่วนใหญ่ และอาจมีประจุบวก 1 หรือ บวก 3 บ้าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิแกนด์ (Ligand)

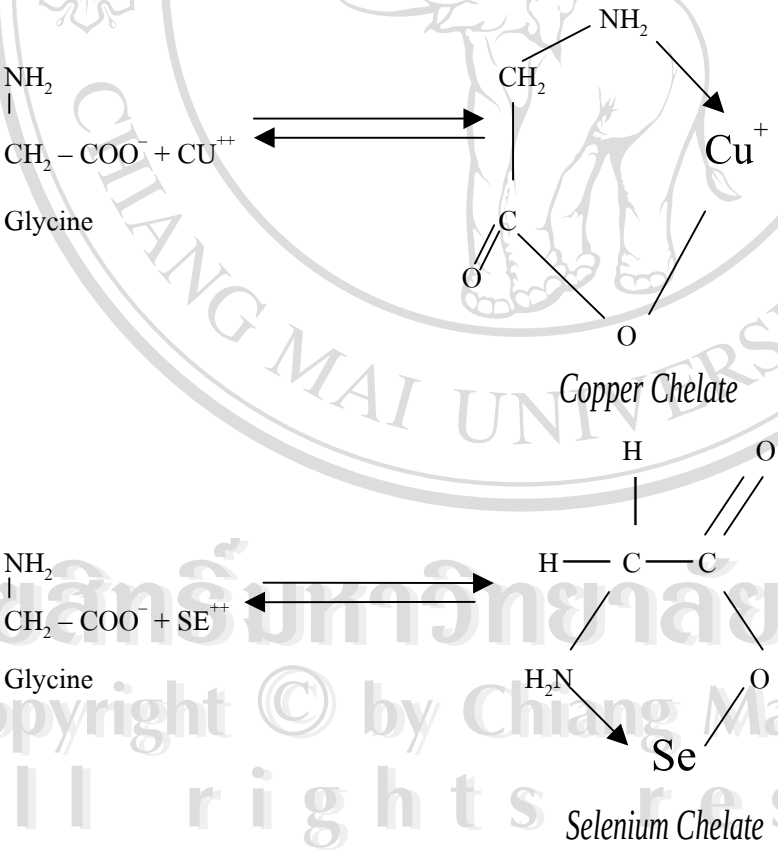
หมายถึง โมเลกุลหรือ ไอออนลบใด ๆ ที่ไปรวมตัวกับโลหะทรานซิชั่นไอออนบวก เพื่อทำให้ไอออนของโลหะนั้นเสถียรยิ่งขึ้น หรืออาจเรียกโมเลกุลลิแกนด์ว่า คอมเพล็กซิงเอเจนต์ (complexing agent) หรือเมทัลไบด์ดิ่งเอเจนต์ (metal binding agent) แต่สำหรับกรณีคีเลต ลิแกนด์ต้องเป็นชนิดพิเศษที่เรียกว่า โพลีเดนเนตลิแกนด์ คือ 1 กลุ่มลิแกนด์จะต้องมีคอนเนอร์อะตอม (มีประจุลบ) ตั้งแต่ 2 ขึ้นไป และทำให้เกิด Metal Chelate (metal complex) เป็นรูปวงแหวน (พันทิพา, 2538) ในสภาพ

ร่างกายคนและสัตว์ โอกาสที่ธาตุไอออนบวกจะละลายหรือรวมตัวกับน้ำหรือสารละลายแอมโมเนีย โซเดียมคลอไรด์ กรดเกลือ ฯลฯ ในสภาพทางเดินอาหารของร่างกายมีมากถึง 90 % จึงมีโอกาสที่แร่ธาตุนั้นจะเกิดเป็นสารเชิงซ้อนทั้งที่เสถียรและไม่เสถียรซึ่งจะมีผลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้ของสัตว์ คืออาจจะถูกขับทิ้งหรือใช้ประโยชน์ได้ไม่ตรงเป้าหมาย หรือถูกจับอยู่ในรูปแตกตัวได้ยาก

การจำแนกกลุ่มของคีเลต (พันทิพา, 2538)

1. คีเลตมีหน้าที่เป็นตัวขนส่งและกักเก็บประจุธาตุ คือแร่ธาตุที่อาศัยลิแกนด์เป็นตัวแพร่ธาตุนี้ไปยังเป้าหมายได้สะดวกและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ลิแกนด์เหล่านี้ได้แก่

1.1 กรดอะมิโน เช่น ไกลซีน ซีสเตอีน ฮีสติดีน ซึ่งต่างก็มีคุณสมบัติพิเศษในการรวมตัวกับแร่ธาตุหรือเรียกว่าเป็น metal binding agent เช่น ไกลซีน+ทองแดง (Cu) และ ไกลซีน+ซีลีเนียม (Se) ดังแสดงในแผนภาพที่ 2



แผนภาพที่ 2 แสดงสูตรโครงสร้างของ Copper Chelate และ Selenium Chelate

ที่มา : พันทิพา (2538)

1.2 Ethylenediaminetetra acetic acid (EDTA) และสารสังเคราะห์คล้ายลิแกนด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2. คีเลตซึ่งใช้กับกระบวนการเมตาบอลิซึม เป็นคีเลตซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติในพืช, สัตว์ และจุลินทรีย์โดยเฉพาะในร่างกายสัตว์มีการสร้างขึ้นตามปกติเพราะการใช้ไอออนธาตุ (metalion) จำเป็น ต้องอยู่ในรูปของคีเลตจึงจะเข้าสู่กระบวนการเมตะบอลิซึมได้ คีเลตเหล่านี้ได้แก่ ฮีโมโกลบิน ไซโตโครมเอ็นไซม์ วิตามินบี 12 และคลอโรฟิลล์ (ในพืช)

3. กลุ่มคีเลตที่คอยรบกวนการใช้ประโยชน์ได้ของไอออนบวกที่จำเป็นบางตัว ซึ่งเกิดขึ้นโดยอุบัติเหตุ และไม่มีประโยชน์กับสัตว์ในทางชีววิทยาเลย เช่น ไฟติคเอซิด-ซิงค์คีเลต (Phytic acid-zinc chelate) ซึ่งมีค่าเสถียรสูงกว่าเดิมมากและไม่แตกตัวง่าย ๆ

ในสภาพธรรมชาติสารคีเลตมีทั้งอินทรีย์คีเลต (คือการที่แร่ธาตุไปรวมตัวกับลิแกนด์เป็นสารอินทรีย์) และอนินทรีย์คีเลต ซึ่งสารอินทรีย์ของแร่ธาตุสัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่า เพราะประจุแร่ธาตุจะปลดปล่อยออกมาจากสารอินทรีย์คีเลตที่บริเวณผนังลำไส้ได้อย่างสม่ำเสมอ แร่ธาตุจึงถูกดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่า ดังนั้นการทำให้เกิดอินทรีย์คีเลตจึงเป็นการป้องกันไม่ให้ไอออนแร่ธาตุไปยึดติดกับลิแกนด์ เพื่ออยู่ในรูปอินทรีย์ที่จะไม่ละลายและใช้ประโยชน์ได้น้อย เช่น Phytate Phosphorus หรือ Oxalate Calcium

ปัจจุบันนี้ นักโภชนศาสตร์สัตว์พบว่าแร่ธาตุที่อยู่ในสภาพธรรมชาติไม่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ เนื่องจากอยู่ในสภาพที่ใช้ประโยชน์ได้น้อย เช่น ซิงค์ออกไซด์ คอปเปอร์ซัลเฟต โซเดียมซิลิไนท์ โซเดียมซีลีเนท ฯลฯ ประกอบกับการมีช่องว่างระหว่างความต้องการแร่ธาตุและการนำไปใช้ประโยชน์ได้ของสัตว์จะกว้างออกไปทุกที เนื่องจากมีปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของสัตว์ เพื่อปรับปรุงคุณภาพซากหรือผลผลิตให้ดีขึ้นสัตว์ที่ให้ผลผลิตสูงความต้องการแร่ธาตุก็จะสูงตามไปด้วย

2. การทำลายล้างแร่ธาตุในสภาพธรรมชาติของมนุษย์มีมากขึ้นเช่น การระเบิดหิน หักล้างถางป่า

3. เนื่องจากมีการแก่งแย่งการดูดซึมระหว่างแร่ธาตุด้วยกันเอง

4. มีการเพิ่มความตระหนักในบทบาทแร่ธาตุปลีกย่อยของอาหารสัตว์มากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ซีลีเนียมในรูปอะมิโนแอซิดคีเลต

โดยปกติแล้วซีลีเนียมที่เติมลงในอาหารจะอยู่ในรูปของอนินทรีย์แร่ธาตุ เช่น โซเดียมซีลีไนท์ และโซเดียมซีลีเนท ซึ่งจะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้น้อยกว่าในรูปคีเลต ซึ่งจัดว่าเป็นอินทรียสารซีลีเนียมในรูปกรดอะมิโนแอซิดคีเลต คือ แร่ธาตุซีลีเนียมที่จับกับกรดอะมิโน 1 โมเลกุล ด้วยพันธะโควาเลนด์ และเกิดเป็นโครงสร้างคีเลตที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย ทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับลำไส้ได้มาก ดังนั้นจึงสามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้มากกว่าซีลีเนียมที่จับกับเปปไตด์สายยาว ๆ เช่น

ซีลีเนียม ซึ่งมีพันธะยาวและน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า ต้องมีการแตกตัวของโมเลกุลก่อนการดูดซึม ซึ่งเป็นการเสียสภาพคีเลตก่อนการดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย

เมื่อซีลีเนียมคีเลตที่เป็นกรดอะมิโนเข้าสู่ร่างกาย จนสามารถไปสู่เป้าหมายได้อย่างรวดเร็ว เช่น ที่ตับและกล้ามเนื้อ ในขณะเดียวกันกรดอะมิโนที่เป็นตัวคีเลตเองก็นำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายต่อไปได้ เช่น เข้าสู่วัฏจักรเครบ เพื่อผลิตพลังงานแก่ร่างกายหรือนำไปสร้างโปรตีนในร่างกายต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved