บทที่ 5

การอภิปรายผลการวิจัย

ผลของการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในข้าวขาวและข้าวกล้องพันธุ์ต่าง ๆ ทั่วประเทศ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 ถึง 4.3 จะแสดงให้เห็นว่าค่าของปริมาณสารหนูไม่สูงมากนัก แต่เนื่องจากในปัจจุบันค่าเกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด (maximum acceptable concentration) ของสารหนูในข้าวภายในประเทศยังไม่มีกำหนดไว้ ดังนั้น จึงไม่สามารถเปรียบเทียบกับผลที่ได้รับจากการวิจัยนี้ได้ว่ามีค่าแตกต่างกันเพียงใด อย่างไรก็ตามถ้าเปรียบเทียบกับปริมาณของสารหนูในข้าวและอาหารที่รายงานไว้ในต่างประเทศ (ตารางที่ 5.1) จะเห็นได้ชัดเจนว่าปริมาณสารหนูจากผลการศึกษานี้มีค่าต่ำกว่า

ค่าระดับมูลฐานของสารหนูในข้าวสำหรับประเทศไทย ยังไม่มีกำหนดไว้เช่นกัน ฉะนั้น จึงเป็นการลำบากที่จะระบุชี้ชัดลงไปว่าปริมาณสารหนูจากรายงานนี้เป็นค่าที่ควรจะมีอยู่ในธรรมชาติจริง ๆ หรือเป็นค่าซึ่งเป็นผลของการกระทำให้เปรอะเปื้อนแล้ว

ตารางที่ 5.1 ปริมาณของสารหนูในข้างและอาหารที่รายงานไว้ในต่างประเทศ

ประเภทของสารตัวอย่าง	ปริมาณสารหนูติดตามน้ำหนักสด	วารสารอ้างอิง
อาหารปกติ (Normal diet)		
สหรัฐอเมริกา	0.4-0.9 มิลลิกรัม/วัน	Schroeder และ Balassa(1966)
ยุโรปตะวันตก	0.1 มิลลิกรัม/วัน	Hamilton และ Minski (1973)
ญี่ปุ่น	0.07-0.17 มิลลิกรัม/วัน	Nakao, M. (1960)
อาหารที่มีพิษ (Toxic diet)	5-50 มิลลิกรัม/วัน	Bowen, H.J,M. (1966)
เกณฑ์ที่ยอมรับให้มีในอาหาร (Maximum legal limit)		
สหรัฐอเมริกา	2.6 ไมโครกรัม/กรัม	Schroeder และ Balassa(1966)
สหราชอาณาจักร	1.0 ไมโครกรัม/กรัม	Schroeder และ Balassa(1966)
ข้าว		
ทั่ว ๆ ไป	0.1-0.5 ไมโครกรัม/กรัม	Schroeder และ Balassa(1966)
เกาหลี	0.06-1.2 ไมโครกรัม/กรัม	Lee, R. et.al. (1973)
สหรัฐอเมริกา	น้อยกว่า 0.1 ไมโครกรัม/กรัม	William A. et.al.(1969)
ปริมาณที่รับประทานแล้วเป็นอันตรายทันที (Acute Lethal Dose)	100-300 มิลลิกรัม	Bowen, H.J.M. (1966)

ปริมาณของสารหนูในข้าวกล้องส่วนใหญ่พบว่ามีค่าสูงกว่าในข้าวขาวทั้งชนิดข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ปริมาณที่แตกต่างกันระหว่างข้าวกล้องและข้าวขาวคือปริมาณที่ควรจะมีอยู่ในรำ ซึ่งได้แสดงค่าไว้แล้ว เช่นกันในตารางที่ 4.1 และ 4.2 จากตารางดังกล่าวจะพบว่าปริมาณของสารหนูในข้าวกล้องของข้าวบางพันธุ์มีค่าสูงมาก อาทิ เช่น ข้าวขาวปากหม้อ 148 จากบางเขน และข้าวตะเภาแก้ว จากคลองหลวงมีสารหนูเท่ากับ 0.9907 ± 0.0148 และ 0.7619 ± 0.2547 ไมโครกรัมต่อกรัมตามลำดับ แต่ปริมาณของสารหนูที่มีในข้าวขาวมีค่าเพียง 0.1172 ± 0.0241 และ 0.0122 ± 0.0022 ไมโครกรัมต่อกรัมตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าส่วนใหญ่ของสารหนูจะไปสะสมอยู่ในรำ แต่ในบางกรณีค่าของสารหนูในข้าวกล้องและข้าวขาวมีปริมาณใกล้เคียงกันมาก เช่นในข้าวเหลืองประทิว 123 จากโคกสำโรง และข้าวนางมล เอส 4 จากราชบุรี จากการลองประเมินค่าอัตราส่วนของสารหนูในข้าวกล้องและข้าวขาว พบว่า ค่าที่ได้ไม่คงที่ และแปรไปตามชนิดของพันธุ์ข้าว และสถานที่เพาะปลูก

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ที่จะสำรวจปริมาณของสารหนูในข้าวขาวและในรำ แต่ในทางปฏิบัติไม่อาจจะเก็บตัวอย่างรำจากโรงสี โดยหลีกเลี่ยงการเปรอะเปื้อนได้ จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ข้าวกล้องแทน และถือผลแตกต่างของสารหนูในข้าวทั้งสองอย่างนั้นเป็นปริมาณสารหนูที่ควรจะมีในรำ

ปริมาณของสารหนูในรำข้าวน่าจะมีความสำคัญมากเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากมนุษย์บริโภครำข้าวทั้งทางตรงและทางอ้อม กล่าวคือ ในทางตรงบริโภคจากการใช้น้ำมันรำ น้ำมันพืช เป็นต้น ในทางอ้อมนั้นบริโภคจากเนื้อสัตว์ เช่น เป็ด ไก่ หมู ฯลฯ ซึ่งจะเปลี่ยนสารหนูจากรำข้าว ซึ่งใช้เป็นอาหารมาสะสมอยู่ในสัตว์นั้น ๆ แทนในลักษณะลูกโซ่อาหาร (food chain)

ข้าวที่ใช้ในการทดลองเป็นข้าวพันธุ์หลักและเพาะปลูกในแปลงทดลองของกองการข้าว กรมวิชาการเกษตร ในการทนุบำรุงรักษาต้นข้าวนั้นทางกรมวิชาการเกษตรได้ใช้ปุ๋ยแอมโมฟอสท์ (ammophost) สูตร 16:20:0

(อัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสต่อโปแตสเซียม) ประมาณ 30 กิโลกรัมต่อเนื้อที่ 1 ไร่ และใช้ยาปราบศัตรูพืช บี เอช ซี (B.H.C. คือ 1, 2, 3, 4, 5, 6 - Hexa chlorocyclohexane) และเซวิน (sevin คือ 1-naphthyl N-methyl carbamate) ซึ่งเป็นปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืชชนิดสามัญ ซึ่งกสิกรนิยมใช้กันทั่ว ๆ ไป แต่สำหรับข้าวในแปลงทดลองนี้อาจจะใช้ในปริมาณที่มากกว่า ทั้งปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืช จากผลของการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในข้าวและรำ มีข้าวบางชนิดที่มีปริมาณสารหนูค่อนข้างสูงจึงทำให้มีความสนใจเกิดขึ้นว่าสารหนูนั้นจะมาจากทางใด อาทิ เช่น จากดิน จากปุ๋ย จากยาปราบศัตรูพืช จากน้ำ จากอากาศ ฯลฯ จึงทดลองวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในดินแต่ละแห่งที่ใช้เพาะปลูกพันธุ์ข้าวชนิดเดียวกันขั้นแรกก่อน รวมทั้งปุ๋ยที่ใช้ด้วย ผลการวิเคราะห์ในปุ๋ยแอมโมฟอสท์ พบว่า มีสารหนู 0.3591±0.0443 ไมโครกรัมต่อกรัม สำหรับปริมาณสารหนูในดินนั้นได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ปริมาณสารหนูในข้าวและดินในบริเวณเดียวกันของสถานีทดลองข้าวจังหวัดต่าง ๆ

พันธุ์ข้าว	สถานีทดลองข้าว	ปริมาณสารหนู (ไมโครกรัมต่อกรัม)		
		ดิน	ข้าวกล้อง	ข้าวขาว
ดอกมะลิ 105	ชุมแพ	0.8100	0.0177±0.0016	0.0133±0.0007
	ชัยนาท	2.0830	0.0380±0.0078	0.0336±0.0112
	พาน	0.4036	0.1474±0.0424	0.1178±0.0115
ขาวปากหม้อ 148	บางเขน	0.5064	0.9907±0.0148	0.1172±0.0241
	พิมาย	0.3628	0.2806±0.0374	0.2258±0.0595
เหนียวสันป่าตอง	แพร่	0.2963	0.1810±0.0077	0.0133±0.0039
	สกลนคร	0.0543	0.2936±0.0276	0.2068

จากการวิเคราะห์ขั้นต้น แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารหนูในดินและในข้าวไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างเด่นชัด และอาจจะนำมาสรุปได้อย่างคราว ๆ ว่า อาจจะมีการเปรอะเปื้อนเกิดขึ้นในบางท้องที่ เช่นในกรณีของข้าวขาวปากหม้อ 148 สารหนูในดินที่บางเขนและที่พิมายมีอัตราส่วนที่แตกต่างกันประมาณ 1.4 เท่า แต่ปริมาณสารหนูในข้าวกล้องแตกต่างกัน 3.5 เท่า และข้าวขาวแตกต่างกัน 0.52 เท่าเป็นต้น เหตุผลซึ่งอาจจะนำมาสรุปได้อาจจะเป็นได้ว่ามีการเปรอะเปื้อนเกิดขึ้นจากน้ำ และ/หรืออากาศ ซึ่งเป็นสิ่งที่เติมลงไป(input) หรืออาจเกิดจากสภาพของเนื้อดิน(soil matrix) ฯลฯ อย่างไรก็ตามข้อมูลที่นำมาเสนอนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะกระตุ้นให้มีการศึกษาวิจัยต่อเนื่องไป ทั้งนี้ เนื่องจากข้าวเป็นอาหารหลักของประชาชนในประเทศ และเป็นสินค้าหลักที่สำคัญในการส่งออกของประเทศอีกประการหนึ่งด้วย ที่ควรจะคำนึงถึง คือ ปุ๋ยที่ใช้ ปุ๋ยที่นำมาใช้เป็นปุ๋ยอนินทรีย์ที่สังเคราะห์ขึ้น ฉะนั้น อาจจะมีสารหนูเป็นสารเจือปนอยู่ได้ ดังได้แสดงให้เห็นเป็นตัวอย่างในที่นี้แล้ว ฉะนั้น ในการศึกษาทดลองขั้นต่อไป ควรจะวิเคราะห์แต่ละชุด (batch) ของปุ๋ยที่นำไปใช้ เพราะปริมาณสารหนูที่มีอยู่ อาจจะไม่คงที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับการสังเคราะห์ปุ๋ยแต่ละชุดนั้น ๆ นอกจากนั้นยาปราบศัตรูพืช น่าจะนำมาคำนึงถึงเช่นกัน ถึงแม้ว่า ยาปราบศัตรูพืชนั้นจะเป็นชนิดที่ไม่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบแต่อาจจะมีสารหนูเจือปนอยู่ได้จากขบวนการสังเคราะห์เช่นกัน ในการศึกษาทดลองนี้มีความตั้งใจจะสำรวจวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวด้วย แต่เนื่องจากเวลาไม่เอื้ออำนวย เพราะเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูต้องหยุดเพื่อเปลี่ยนแกนเชื้อเพลิงเป็นเวลานาน ทำให้งานวิเคราะห์นิวตรอนแอคติเวชั่นไม่สามารถดำเนินต่อไปได้

วิธีวิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษานี้มีความเชื่อถือได้สูงมาก ดังได้แสดงผลการทดสอบเที่ยงตรงไว้ในตารางที่ 3.3 และความแน่นอนของการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในสารตัวอย่างมาตรฐาน Kale สำหรับค่าเคมีคัลด์ยีลด์ของการกลั่นสารหนูออกจากข้าวตัวอย่าง ได้ตรวจสอบโดยใช้สารหนู-76 เป็นสารติดตาม พบว่า สามารถกลั่นสารหนูออกมามีค่าใกล้เคียงกับร้อยละ 100 อย่างไรก็ตามในการดำเนินการศึกษาทดลองนี้ เพื่อให้เกิดความมั่นใจยิ่งขึ้นอีก จึงนำสิ่งที่กลั่นได้

(distillate) มาตกตะกอนซ้ำอีกครั้งหนึ่ง และปรับแก้เคมิคัลยีลด์ให้เป็นร้อยละ 100 จากปริมาณของสารหนูตัวพาที่เติมลงไป ขีดจำกัดของเทคนิคการวิเคราะห์ภายใต้สภาวะเช่นนี้พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.001 ไมโครกรัม

ผลการวิเคราะห์ที่รายงานไว้ เป็นค่าสารหนูพร้อมค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (6) ซึ่งเป็นผลจากการวิเคราะห์ข้าวตัวอย่างเดียวกันอย่างน้อย 3 ชุด ของการวิเคราะห์ โดยแต่ละครั้งของการวิเคราะห์จะประกอบไปด้วยข้าวตัวอย่างและสารหนูมาตรฐานที่นำเข้าอาบรังสีนิวตรอนพร้อมกัน ปริมาณของสารหนูที่รายงานคิดเป็นไมโครกรัมต่อกรัมของข้าว ในบางกรณีในการศึกษาวิจัยนี้อาจมีบางค่าที่รายงานไว้เป็นค่าเดียว โดยไม่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทั้งนี้ เนื่องจากเครื่องปฏิกรณ์ฯ ได้หยุดทำงานดังได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น จึงไม่สามารถวิเคราะห์ซ้ำได้ แต่เนื่องจากวิธีนี้มีความแน่นอนสูงดังได้กล่าวมาแล้ว จึงเชื่อได้แน่ว่าค่านั้นเป็นค่าที่ถูกต้องจริง

ดังที่ได้เคยกล่าวไว้แล้วในบทที่ 1 ว่าสารหนูอาจจะใช้เป็นสารกระตุ้นทำให้มีความต้องการอาหารเพิ่มขึ้น และได้มีผู้รายงานไว้ว่า (Goulding,1971) มีการใช้สารหนูเป็นตัวกระตุ้นในการเลี้ยงสัตว์ในต่างประเทศด้วย ในประเทศไทยเคยมีบทความลงในหนังสือพิมพ์สยามรัฐ (ลูกไพร ณ ปากช่อง, 2519) ว่ามีข้อสงสัยที่อาจวินิจฉัย สรุปได้ว่ามีการนำเอาสารหนูเข้ามาใช้ผสมเป็นอาหารไก่เพื่อกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ในฟาร์มแห่งหนึ่งแถวบริเวณปากช่อง ถ้าเป็นเช่นนั้นจริงย่อมเป็นสิ่งที่น่าจะเป็นอันตรายอย่างยิ่ง ทั้งทางตรงคือการบริโภคไก่นั้นโดยตรง และทางอ้อมคือการทำให้สภาวะแวดล้อมสกปรกหรือเป็นพิษเกิดขึ้นได้

จากผลการทดลองนี้ ถ้าใช้ค่าสูงสุดของสารหนูในข้าวข้าวเจ้า คือ 0.3206 ไมโครกรัมต่อกรัม มาคำนวณปริมาณสารหนูที่อาจตกค้างอยู่ในร่างกาย โดยใช้ข้อมูลของ นางวีณะ วีระไวทยะ (2518) แห่งกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งระบุว่าคนในเมืองและนอกเมืองรับประทานข้าวเฉลี่ยคนละ 341.6 กรัมต่อวัน และ 389 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และถ้าครึ่งชีวิตทางชีววิทยา (biological

half-life)* ของสารหนูมีค่าเท่ากับ 280 วัน** จะพบว่า คนในเมืองและคนนอกเมืองมีปริมาณสารหนูตกค้างอยู่ในร่างกายเป็นปริมาณ 0.109 ไมโครกรัมต่อวัน และ 0.124 ไมโครกรัมต่อวัน หรือ 25.26 มิลลิกรัมต่อปี และ 29.97 มิลลิกรัมต่อปี ตามลำดับ ซึ่งค่านี้เมื่อเทียบกับปริมาณที่ยอมให้มีได้ในอาหารปกติจากตารางที่ 5.1 จะพบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำกว่ามาก

สำหรับค่าสูงสุดของสารหนูในข้าวขาวเหนียว มีค่าใกล้เคียงกับข้าวขาวเจ้ามาก คือ 0.3212 เมื่อเปรียบเทียบกับ 0.3206 ฉะนั้น ปริมาณสารหนูที่อาจตกค้างอยู่ในร่างกายของคนในเมืองและนอกเมือง อาจจะอนุโลมใช้ค่าของข้าวขาวเจ้าได้

ถึงแม้ว่าผลของการศึกษาในครั้งนี้ ยังไม่อาจจะประเมินค่าระดับมูลฐานได้ เนื่องจากว่าขาดข้อมูลที่สำคัญอีกหลายประการแต่ก็อาจเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจหรือหน่วยราชการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสวัสดิภาพของประชากร ที่จะร่วมกันดำเนินการศึกษาเพิ่มเติมอันจะนำไปสู่การประเมินค่าระดับมูลฐานของสารหนูในข้าวและค่าเกณฑ์ที่กำหนดสูงสุดของสารหนูในข้าวได้ต่อไป

---

* คือเวลาที่สารนั้น ๆ ถูกขับออกครึ่งหนึ่ง

** Recommendation of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 2, Pergaman Press, Oxford (1959)