บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีบางประการของกากซิตริก (Citric acid waste) และมูลวัว (Cow dung) ก่อนการทดลองเพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเพื่อใช้ในการอธิบายความเป็นประโยชน์ต่อดินและความเป็นประโยชน์ต่อการดูดซับโลหะหนักในดิน และผลต่อการเปลี่ยนรูปฟอร์มของแคดเมียมในดิน และมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพพร้อมใช้ทางชีวภาพของโลหะหนักในดินที่มีต่อสิ่งมีชีวิต (ไส้เดือนดิน) การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีบางประการในดิน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคดเมียมในดินด้วย

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีบางประการของกากซิตริก (Citric acid waste) ที่ใช้ในการศึกษา พบว่า กากซิตริก (Citric acid waste) นั้นมีค่า pH ที่ 4.9 ซึ่งมีสภาพเป็นกรด ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) พบว่ามีค่า 0.45 ds m^{-1} ค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (OC) และปริมาณอินทรียวัตถุในดินเท่ากับ 22.00 และ 49.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับซึ่งถือว่ามีปริมาณที่สูงมาก และ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ในดินเท่ากับ 0.46 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่งผลต่ออัตรา C:N สูงมาก (47.83) และค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ต่อพืชสูงมากเท่ากับ 491 mg/kg และปริมาณของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K), แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. Ca), แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. Mg) ในดินเท่ากับ 250, 1,250 และ 24 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งมีอยู่ในระดับสูงมาก ยกเว้นค่าแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. Mg) ในดินอยู่ในระดับที่ต่ำ นอกจากนั้นพบว่า กากซิตริก (Citric acid waste) มีโลหะหนักปนเปื้อน ได้แก่ Fe, Mn, Zn, Cr, Cu, Ni, Cd, Pb, Hg, Se ซึ่ง Fe เป็นโลหะหนักที่พบในปริมาณมากกว่าโลหะหนักชนิดอื่น และปริมาณโลหะหนักแคดเมียมในกากซิตริก (Citric acid waste) พบประมาณ 0.39 mg/kg ซึ่งถือว่าน้อยมากในกากของเสียที่จะมาใช้ในการผลิตเป็นปุ๋ยหมักที่เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์หลายชนิดในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ และได้สารอินทรียวัตถุที่มีความคงทนโดยปริมาณแคดเมียมไม่เกิน 5 mg/kg

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีบางประการของมูลวัว (Cow dung) ที่ใช้ในการศึกษา พบว่า มูลวัว (Cow dung) นั้นมีค่า pH ที่ 9.23 ซึ่งมีสภาพเป็นด่างสูง ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) พบว่ามีค่า 1.58 ds m^{-1} ค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (OC) และปริมาณอินทรียวัตถุในดินเท่ากับ 24.23 และ 54.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับซึ่งถือว่ามีปริมาณทีสูงมาก และ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ในดินเท่ากับ 1.35 เปอร์เซ็นต์ซึ่งถือว่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับกากซิตริกและ ส่งผลต่อค่าอัตรา C:N แคบกว่ามาก (17.95) เมื่อเปรียบเทียบกับอัตรา C:N ของกากซิตริก (47.83) และค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ต่อพืชสูงมากเท่ากับ 485 mg/kg และปริมาณของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K), แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. Ca), แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. Mg) ในดินเท่ากับ 131, 2,158 และ 45 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งมีอยู่ในระดับปริมาณที่สูงมาก ยกเว้นค่าแมกนิเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. Mg) ในดินอยู่ในระดับที่ต่ำ และปริมาณโลหะหนักของมูลวัว (Cow dung) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า โลหะหนักที่พบในมูลวัว (Cow dung) ได้แก่ Fe, Mn, Zn, Cr, Cu, Cd, และพบ Fe สูงกว่าโลหะหนักชนิดอื่นซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับกากซิตริก และปริมาณโลหะหนักแคดเมียมในมูลวัว (Cow dung) พบประมาณ 0.03 mg/kg ซึ่งถือว่าน้อยมากในกากของเสียที่จะมาใช้ในการผลิตเป็นปุ๋ยหมักที่เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่เกิดจาก

กิจกรรมของจุลินทรีย์หลายชนิดในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ และได้สารอินทรียวัตถุที่มีความคงทน โดยปริมาณแคดเมียมไม่เกิน 5 mg/kg

การวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่ใช้ในการศึกษาก่อนการทดลองพบว่า ปริมาณแคดเมียมในชุดดินน้ำพองมีปริมาณแคดเมียมทั้งหมด 0.003 mg/kg และชุดดินพิมายมีปริมาณแคดเมียมทั้งหมด 0.045 mg/kg ในกากซิตริกและมูลวัวมีปริมาณแคดเมียม 0.39 และ 0.33 mg/kg ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณแคดเมียมที่สะสมในดินและกากของเสียอุตสาหกรรม และผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* ก่อนการทดลอง พบว่า มีปริมาณแคดเมียมสะสมทั้งหมด 0.182 mg/kg ที่ใช้ในการทดลอง ถือว่ามีปริมาณน้อยมากและเป็นตัวอย่างที่เหมาะสมในการศึกษาในครั้งนี้

โดยดินที่มีสภาพเป็นกรดนั้นแคดเมียมสามารถละลายออกมาอยู่ในรูปที่อิสระในสารละลายดินที่พืชพร้อมใช้และสิ่งมีชีวิตได้ (Koolhaas and Van Gestel, 2004) ซึ่งการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของดินแต่ละชนิดที่แตกต่างกันมีผลต่อการแลกเปลี่ยนแคทไอออนในดิน โดยค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) เป็นตัวบ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน และเป็นปัจจัยที่สามารถบอกถึงความสามารถในการดูดซับโลหะหนักในดิน (Alloway, 1995) ซึ่งพบว่าชุดดินพิมายมีปริมาณค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูงกว่าชุดดินน้ำพอง ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน มีความสำคัญต่อการบ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน และมีบทบาทสำคัญต่อการดูดซับโลหะหนัก

2. การศึกษาผลกระทบสารพิษแคดเมียมต่อไส้เดือนดิน

ในการทดลองเบื้องต้นศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากตะกอนอุตสาหกรรมการเกษตรและอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดินน้ำพองโดยเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่แตกต่างกันต่อไส้เดือนดินพันธุ์ African Night Crawler *(Eudrillus eugeniae)* ที่ 2 วัน และ 7 วัน การหลีกเลี่ยงสารมลพิษแคดเมียมของไส้เดือนดินผลการศึกษาการหลีกเลี่ยงสารพิษแคดเมียมในดินน้ำพองของไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่แตกต่าง พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของปริมาณแคดเมียมสูงขึ้นส่งผลต่อการหลีกเลี่ยงสารพิษแคดเมียมเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ จากการศึกษาผลของการหลีกเลี่ยงสารพิษแคดเมียมของไส้เดือนดิน สามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพเนื่องจากการที่สิ่งมีชีวิตไส้เดือนดินสามารถทนต่อสภาพการสะสมของแคดเมียมได้นั้น จะมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต แสดงว่าไส้เดือนดินมีการตอบสนองต่อผลแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ

2.1 ผลของแคดเมียมที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมในลำตัวไส้เดือนดินพันธุ์ African Night Crawler *(Eudrillus eugeniae)* หลังการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ 15 วันที่ระดับของแคดเมียมที่แตกต่างกัน พบว่าการสะสมของปริมาณแคดเมียมในลำตัวไส้เดือนดินมีการเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเปอร์เซ็นต์ของการปนเปื้อนแคดเมียมในลำตัวของไส้เดือนดิน *(Eudrillus eugeniae)* ระดับความเข้มข้นของแคดเมียม 0, 12.5,37.5,50,125,187.5 mg/kg ดังนี้ 87.08%, 87.99%, 93.15%, 94.41%และ 94.59% ตามลำดับ แสดงว่าทุกระดับความเข้มข้นของแคดเมียมมีผลต่อการสะสมแคดเมียมในลำตัวไส้เดือนดินไม่แตกต่างกันเนื่องจากเปอร์เซ็นต์การสะสมแคดเมียมในลำตัวไส้เดือนดินไม่แตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และการปนเปื้อนแคดเมียมในดินที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) ที่ 15 วัน กิจกรรมของไส้เดือนดินมีผลต่อการลดลงของแคดเมียมในดินโดยไส้เดือนดินสามารถช่วยลดแคดเมียมในดินได้จากการศึกษาพบว่า เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่ 15 วัน Vermicompost ระดับของแคดเมียมมีการลดลงทุกระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในแต่ละตัวอย่าง และเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 15 วัน Compost ที่ไม่มีการใส่ไส้เดือนดิน กับตัวอย่างที่ใส่ไส้เดือนดินลงไป 15 วัน Vermicompost พบว่าทุกระดับความเข้มข้นของแคดเมียมแต่ละตัวอย่างผลของการลดลงของแคดเมียมใน15 วัน Vermicompost ที่ใส่ไส้เดือนดินจะลดลงได้ดีกว่าใน 15 วัน Compost ที่ไม่มีการใส่ไส้เดือนดิน โดยการลดลงของแคดเมียมในแต่ละตัวอย่างมีผลมาจากค่า pH ที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลต่อการสะสมแคดเมียมลดลง ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเคลื่อนย้ายของโลหะหนักในดินคือ ค่า pH เป็นความสัมพันธ์ในทางกลับกันของการลดลงของโลหะหนักในดิน

2.2 ผลการศึกษาปริมาณของการปนเปื้อนแคดเมียมในดินน้ำพองโดยปริมาณแคดเมียมทั้งหมด (mg/kg) ในลำตัวของไส้เดือนดิน และ เปอร์เซ็นต์การลดลงของแคดเมียมในดิน ที่ 15 วันหลังการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) พบว่าการสะสมของปริมาณแคดเมียมในลำตัวไส้เดือนดินมีการเพิ่มสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แปรผันกับระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเปอร์เซ็นต์การสะสมในลำตัวไส้เดือนดินหลังการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่ 15 วัน การสะสมของแคดเมียมในลำตัวของไส้เดือนดิน จะสูงในความเข้มข้นของแคดเมียมที่น้อย และเมื่อความเข้มข้นของแคดเมียมเพิ่มสูงขึ้นการสะสมของแคดเมียมในลำตัวของไส้เดือนดินจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อมีการเพิ่มระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน ดังนั้นการลดลงของปริมาณแคดเมียมโดยการสะสมในลำตัวของไส้เดือนดินมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณแคดเมียมในดิน ประสิทธิภาพของการสะสมแคดเมียมในลำตัวของไส้เดือนดินที่ลดลง มีอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดินที่เพิ่มสูงขึ้น และความสัมพันธ์ระหว่างการสะสมของปริมาณแคดเมียมในดินและในลำตัวของไส้เดือนดินหลังการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่ 15 วัน พบว่า เมื่อระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่เพิ่มสูงขึ้นมีผลต่อการสะสมของแคดเมียมในดินและในลำตัวของไส้เดือนดินเพิ่มสูงขึ้น จากค่าความสหสัมพันธ์ R^2=0.929 และ 0.951 แสดงว่าไส้เดือนดินสามารถเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพในดินที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมได้

2.3 ผลการศึกษาปริมาณของการปนเปื้อนแคดเมียมในดินน้ำพองของปริมาณแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) มีความแตกต่างกันระหว่างการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost: CP) ในชุดดินน้ำพอง พบว่า การลดลงของปริมาณสารพิษแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) มีความสัมพันธ์กับค่า pH ของดิน โดยกิจกรรมของไส้เดือนดินมีผลต่อการลดลงของแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) ในดินโดยไส้เดือนดินสามารถช่วยลดแคดเมียมในดินพร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability)ได้ และจากการศึกษาพบว่า เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) ที่ 15 วัน ที่ระดับของแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) มีการลดลงในทุกระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่แตกต่างกันในดินน้ำพอง และ พบว่าในดินน้ำพองที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมที่แตกต่างกันในแต่ละตัวอย่างมีการลดลงของแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) โดยในการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) ที่ 15 วัน จะลดลงได้ดีกว่าในการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือน

ดิน (Compost: CP) ที่15 วัน โดยการลดลงของแคดเมียมในแต่ละตัวอย่างมีผลมาจากค่า pH ที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลต่อการสะสมแคดเมียมลดลง อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

จากความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของปริมาณการสะสมของแคดเมียมทั้งหมดในดิน (Total Cd), แคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability), แคดเมียมทั้งหมดในลำตัวไส้เดือนดิน หลังการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่ 15 วัน ค่า pH ในดินที่เปลี่ยนแปลงหลังการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP), การลดลงของปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดิน(Total Cd), การลดลงของแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) หลังการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) และการสะสมของปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในลำตัวไส้เดือนดิน เป็นผลให้มีการลดลงของแคดเมียมในดินมีการลดลงได้หลังจากกระบวนการการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) จากความสัมพันธ์ของการลดลงของปริมาณแคดเมียมในดิน แสดงว่าการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) สามารถช่วยลดการสะสมของปริมาณของแคดเมียมทั้งหมดในดินและแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) ได้อีกทั้งยังช่วยเพิ่มประโยชน์ของปริมาณธาตุอาหารในดินได้อีกด้วย ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเคลื่อนย้ายของโลหะหนักในดินคือ ค่า pH เป็นความสัมพันธ์ในทางกลับกันของการลดลงของโลหะหนักในดิน คือ 1. การที่ pH ของดินเพิ่มขึ้นสาเหตุมาจากการเพิ่มของไอออนลบบริเวณผิวหน้าดิน เป็นผลทำให้มีการแลกเปลี่ยนการดูดยึดของแคทไอออนบวก 2. การเพิ่มขึ้นของค่า pH ในดินสาเหตุมาจากการเปลี่ยนรูปฟอร์มของหมู่ hydroxyl (OH^-) ของโลหะแคทไอออนมีการเข้าไปแทนที่ตำแหน่งพื้นผิวได้ดีกว่าโลหะแคทไอออน (Naidu et al., 1994) 3. การเพิ่มขึ้นของค่า pH ทำให้เกิดการตกตะกอนของโลหะเช่นเดียวกับโลหะ hydroxide (Paulose et al., 2006)

3. ผลการศึกษาการทดลองศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากตะกอนอุตสาหกรรมการเกษตรและอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดินชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm)

3.1 การศึกษาผลกระทบสารมลพิษแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ระดับความเข้มข้นของปริมาณแคดเมียมที่แตกต่างกัน (0, 5, 50 mg/kg) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน พบว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไปจากเริ่มต้นที่ 0 วันและสิ้นสุดที่ 60 วัน พบว่า ปริมาณสารมลพิษแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) มีปริมาณแคดเมียมลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันพบว่า การเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินมีการลดลงของปริมาณแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) ได้ดีกว่ากระบวนการที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) จากการสะสมของระดับแคดเมียมที่แตกต่างกันระหว่างชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) ทั้งกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) เมื่อวันแรกที่ระดับความเข้มข้น 5 mg/kg การสะสมการสะสมของปริมาณสารมลพิษแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) พบว่าในดินพิมาย มีปริมาณแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) เข้มข้นสูงกว่าใน

ดินน้ำพองมี แต่ที่ระดับความเข้มข้นที่ 50 mg/kg พบว่า ปริมาณการสะสมปริมาณสารมลพิษแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ(Bioavailability) ของในชุดดินน้ำพองมีปริมาณสูงกว่าในชุดดินพิมาย ดังนั้นการมีกิจกรรมของปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) มีส่วนช่วยให้ปริมาณแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) ลดลง เพราะ แคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) เป็นผลมาจากกิจกรรมของไส้เดือนดิน (earthworm) และจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์สามารถเปลี่ยนสารพิษแคดเมียมให้อยู่ในรูปที่ไม่พร้อมใช้ทางชีวภาพ และช่วยลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดินที่ผ่านกระบวนการนี้ และคุณสมบัติของดินแต่ละชนิดมีผลต่อการสะสมปริมาณสารมลพิษแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) แตกต่างกันด้วย

3.2 การศึกษาผลกระทบสารมลพิษแคดเมียมทั้งหมด (Total Cd) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ระดับความเข้มข้นของปริมาณแคดเมียมที่แตกต่างกัน (0, 5, 50 mg/kg) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน เมื่อระยะเวลาผ่านไปจากเริ่มต้นที่ 0 วันและสิ้นสุดที่ 60 วัน พบว่า ปริมาณสารมลพิษแคดเมียมทั้งหมดในชุดดินน้ำพอง (Ng)และในชุดดินพิมาย (Pm) มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันพบว่า การเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินมีประสิทธิภาพการลดลงของปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดินดีกว่ากระบวนการที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน(Compost) ทุกระดับความเข้มข้นของสารมลพิษแคดเมียม ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารมลพิษแคดเมียมทั้งหมด (Total Cd) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และในชุดดินพิมาย (Pm) ผลการศึกษาผลกระทบประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารมลพิษแคดเมียมทั้งหมด (Total Cd) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และในชุดดินพิมาย (Pm) พบว่า ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารมลพิษแคดเมียมทั้งหมด(Total Cd) มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงลดลงของสารมลพิษแคดเมียมทั้งหมดในดินทั้งสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณแคดเมียมทั้งหมด (Total Cd) ในดินในกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) จะลดลงมากในช่วงของการหมักที่ 15 วัน โดยช่วงของเปอร์เซ็นต์การลดลงประมาณ 70-95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost: CP) ในช่วงเวลาเดียวกันเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณแคดเมียมทั้งหมด (Total Cd) ในดินประมาณ 55-84 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost)และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันพบว่า การเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน(Vermicompost) มีประสิทธิภาพเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณแคดเมียมทั้งหมด(Total Cd) ในดินดีกว่ากระบวนการที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน(Compost) ทุกระดับความเข้มข้นของสารมลพิษแคดเมียม

3.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการปนเปื้อนแคดเมียมในลำตัวของไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) ที่ผ่านกระบวน การทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน พบว่า ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่แตกต่างกัน (0, 5, 50 mg/kg) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost : VCP) เมื่อระยะเวลาผ่านไปเมื่อสิ้นสุดที่ 60 วัน พบว่า ปริมาณสารมลพิษแคดเมียมที่ปนเปื้อนแคดเมียมในลำตัวของไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* ในชุดดินน้ำพอง (Ng)

และชุดดินพิมาย (Pm) มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างดินทั้งสองชนิดพบว่า การเปลี่ยนแปลงของการปนเปื้อนแคดเมียมในลำตัวของไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินเมื่อสิ้นสุดที่ 60 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักแคดเมียมที่สะสมอยู่ภายในตัวไส้เดือนดินพันธุ์อื่นๆจากงานวิจัยของต่างประเทศ แสดงดังตารางที่ 27 พบว่า ไส้เดือนดินต่างชนิดกันมีความสามารถในการสะสมโลหะหนักแคดเมียมภายในตัวไส้เดือนดินได้แตกต่างกัน และจากการศึกษานี้พบว่า ไส้เดือนดินในชุดดินที่ต่างกัน มีผลต่อค่าสหสัมพันธ์การสะสมสารพิษของสิ่งมีชีวิต (Bioconcentration Factor) ที่ต่างกันอีกด้วย ซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ค่าสหสัมพันธ์การสะสมสารพิษของสิ่งมีชีวิต (Bioconcentration Factor) ของไส้เดือนดินในดินชุดน้ำพองมีค่าสูงกว่าชุดดินพิมาย โดยมีค่าสหสัมพันธ์การสะสมสารพิษของสิ่งมีชีวิต (Bioconcentration Factor) ในชุดดินน้ำพองและชุดดินพิมาย เฉลี่ยเท่ากับ 25.89 และ 20.08 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องด้วยคุณสมบัติทางเคมีของดินที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 27 แสดงปริมาณโลหะหนักแคดเมียมที่สะสมอยู่ภายในตัวไส้เดือนดิน

สายพันธุ์	การปนเปื้อน Cdในดิน (mg/kg)	การปนเปื้อน Cd ในลำตัวไส้เดือนดิน (mg/kg)	Bioconcentration Factor	เอกสารอ้างอิง
L.rubellus	0.08	15.05	188.00	Kruse and Barrett(1985)
A.tuberculata	0.06	3.80	6.30	Pietz et al. (1984)
A.tuberculata	1.00	12.00	12.00	Pietz et al. (1984)
L.rubellus	7.30	66.00	9.00	Morgan et al. (1986)
A.tuberculata	0.30	4.40	14.60	Beyer et al. (1987)
Mixed spp.	0.35	5.70	16.20	Hook (1974)

ที่มา : Edwards and Bohlen, 1996 อ้างใน อานัฐ, 2549

4. การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารต่างๆ ในดินที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost)

4.1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) และปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ในการทดลองเบื้องต้นการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากตะกอนอุตสาหกรรมการเกษตรและอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในชุดดินน้ำพอง โดยเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

1) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินที่ค่า pH, %OC (organic carbon), Total N, ค่า C/N ratio ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) และปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) หลัง 15 วันเมื่อมีกระบวนการของไส้เดือนดิน (Vermicompost) เกิดขึ้น จะมีการเพิ่มขึ้นของค่า pH ได้ดีกว่าการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost: CP) และค่า pH ในดินมีความสัมพันธ์ต่อการลดลงของแคดเมียมในดินด้วย

2) การเปลี่ยนแปลงของค่า C:N ratio ระหว่างการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost: CP) ในชุดดินน้ำพอง พบว่าค่า C:N ratio มีค่าลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการที่ 15 วัน โดยมีการลดลงของค่า C:N ratio ในปุ๋ยหมัก และความเข้มข้นของแคดเมียมที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า C:N ratio ในดิน ดังนั้นเมื่อมีกระบวนการของกิจกรรมของไส้เดือนดิน (Vermicompost) เกิดขึ้น จะมีการลดลงของค่า C:N ratio ได้ดีกว่าการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน(Compost: CP) และเมื่อมีความเข้มข้นของแคดเมียมเพิ่มสูงขึ้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า C:N ratio

3) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (%OC) ระหว่างการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost: CP) ในชุดดินน้ำพอง มีค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ดังนั้นเมื่อมีกระบวนการของกิจกรรมของไส้เดือนดิน (Vermicompost) เกิดขึ้นจะมีการเพิ่มของปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (%OC)ในดิน ได้ดีกว่าการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost: CP)

4) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ระหว่างการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost: CP) ในชุดดินน้ำพอง มีค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ดังนั้นเมื่อมีกระบวนการของกิจกรรมของไส้เดือนดิน (Vermicompost) เกิดขึ้น จะมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ได้ดีกว่าการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost:CP)

5) การศึกษาปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน ที่ 0 และ 15 วัน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ที่ 15 วัน พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) มีค่าเพิ่มสูงขึ้นทุกระดับระดับความเข้มข้นของแคดเมียม ต่างๆ และในแต่ละตำรับการทดลองผลของระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดย เมื่อมีปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมสูงขึ้นปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) จะลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับระดับของแคดเมียมที่สูง ดังนั้นระดับความเข้มข้นของปริมาณแคดเมียมที่เพิ่มสูงขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) ของการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน

6) การศึกษาแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน ที่ 0 และ 15 วัน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ที่ 15 วันพบว่า ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อสิ้นสุดกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่ 15 วัน และในแต่ละตำรับการทดลองผลของระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเมื่อมีปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมสูงขึ้นปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) จะลดลงแตกต่างกัน

7) การศึกษาแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน ที่ 0 และ 15 วัน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ที่ 15 วันพบว่า ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียม มีค่าเพิ่มสูงขึ้นทุกระดับระดับความเข้มข้นของแคดเมียมและในแต่ละตำรับการทดลองผลของระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อมีปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมสูงขึ้นปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) จะลดลงไปด้วย

8) การศึกษาฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน ที่ 0 และ 15 วัน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) ที่ 15 วันพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียม ต่างๆ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) มีค่าเพิ่มสูงขึ้นทุกระดับระดับความเข้มข้นของแคดเมียมและในแต่ละตำรับการทดลองผลของระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)เมื่อมีปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมสูงขึ้นปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) จะลดลงไปด้วย

4.2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) และปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) การทดลองการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากตะกอนอุตสาหกรรมการเกษตรและอิทธิพลต่อการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดินโดยการใช้กากอุตสาหกรรมการเกษตรในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) ที่ระดับความเข้มข้นของปริมาณแคดเมียมที่แตกต่างกัน (0, 5, 50 mg/kg) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน

1) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารมลพิษแคดเมียมทั้งหมดที่มีผลต่อค่า pH, %OC (organic carbon), Total N, ค่า C/N ratio ในดินน้ำพอง (Ng) และในชุดดินพิมาย (Pm) พบว่า การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารหลังผ่านการหมักและบ่มที่ 60 วัน โดยที่ค่า C:N ratio ที่การทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost :VCP) ลดลง เป็นผลให้การย่อยสลายกากของเสียอุตสาหกรรมได้ดีเนื่องจากไส้เดือนดินใช้กากของเสียเป็นอาหารและปลดปล่อยปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ของพืชเพิ่มสูงขึ้น ดังนี้ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic carbon) , ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total nitrogen), ปริมาณโพแทสเซียม, แคลเซียม, แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K, Ca, Mg) และ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) เมื่อเปรียบเทียบกับการที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) พบว่า ประสิทธิภาพการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์หลังผ่านการหมักและบ่มที่ 60 วันระหว่างการปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) และที่ไม่มีไส้เดือนดิน(Compost) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยหลังจากที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินทั้งสองชนิดมีปริมาณธาตุอาหารมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นดังนี้

2) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และในชุดดินพิมาย (Pm) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) เท่ากับ 68.33 % ในชุดดินน้ำพอง และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) เท่ากับ 52.11 % หลังจากการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน Vermicompost: VCP ที่ไม่ใส่สารมลพิษแคดเมียมหลังการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่ 60 วัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความแตกต่างของระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินทั้ง 2 ชนิด คือ ชุดดินน้ำพอง และชุดดินพิมาย พบว่า เมื่อมีความเข้มข้นของแคดเมียมเพิ่มสูงขึ้นทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในแต่ละตำรับการทดลองผลของระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยเมื่อมีปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมสูงขึ้นปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) จะลดลงไปด้วย

3) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และในชุดดินพิมาย (Pm) พบว่า ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) ที่ 30 วัน พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การเพิ่มขึ้นของปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) เพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนโดยพบว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) เท่ากับ 74.67 % ในชุดดินน้ำพอง และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) เท่ากับ 68.94 % หลังจากการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน Vermicompost: VCP ที่ไม่ใส่สารมลพิษแคดเมียม หลังการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่ 30 วัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความแตกต่างของระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินทั้ง 2 ชนิด คือ ชุดดินน้ำพอง และชุดดินพิมาย พบว่า เมื่อมีความเข้มข้นของแคดเมียมเพิ่มสูงขึ้นทำให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในแต่ละตำรับการทดลองผลของระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดย เมื่อมีปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมสูงขึ้นปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) จะลดลงไปด้วยแสดงว่าปริมาณของสารแคดเมียมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca)ได้ และช่วงเวลาของการทำปุ๋ยหมักมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca)

4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และในชุดดินพิมาย (Pm) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน(Vermicompost) และการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (Compost) พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียม ต่างๆ ที่ 60 วัน พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)ในชุดดินน้ำพอง (Ng) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) เท่ากับ 93.68 % ในชุดดินพิมาย (Pm) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) เท่ากับ 88.69 % หลังจากการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน Vermicompost: VCP ที่ไม่ใส่สารมลพิษแคดเมียมซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความแตกต่างของระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินทั้ง 2 ชนิด คือ ชุดดินน้ำพอง และชุดดินพิมาย พบว่า เมื่อมีความเข้มข้นของแคดเมียมเพิ่มสูงขึ้นทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในดินน้ำพอง และในดินพิมายลดลงเพียงเล็กน้อย ดังนั้นในแต่ละตำรับการทดลองผลของระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดย เมื่อมีปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมสูงขึ้นปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) จะลดลงไปด้วย แสดงว่าปริมาณของสารแคดเมียมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ได้ และช่วงเวลาของการทำปุ๋ยหมักมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P)

5. ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรและไส้เดือนดิน (Vermicompost) ในการจัดการดินปนเปื้อนแคดเมียมในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) ในอัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่แตกต่างกัน

5.1 การศึกษาธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และในชุดดินพิมาย (Pm) ผลของการเปลี่ยนแปลงของค่า pH มีค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน ดังนั้นเมื่อมีกระบวนการของกิจกรรมของไส้เดือนดิน(Vermicompost) และกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรเกิดขึ้น จะทำให้มีการเพิ่มขึ้นของค่า pH ได้ดีกว่าการทำปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่กากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรร่วมด้วย โดยในการใส่อัตราส่วนของกากของเสียต่อดิน (400g/400 g) ในชุดดินน้ำพอง และการใส่อัตราส่วนของกากของเสียต่อดิน (600g/400 g)ในชุดดินพิมาย (Pm) โดยการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-ด่าง pH ในดินนั้นมีความสัมพันธ์ต่อการลดลงของแคดเมียมในดินด้วย

ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และในชุดดินพิมาย (Pm) พบว่า เมื่อมีการใส่กากของเสียในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) เพิ่มสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และเมื่อผ่านการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) ที่ 60 วัน การเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic carbon) มีการลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic carbon) ในแต่ละอัตราส่วนในช่วงของเวลาไม่มีความแตกต่างกัน โดยในช่วงที่ 0 วัน ถึง 60 วัน ของ (Ng0) พบว่า การเปลี่ยนแปลงการเพิ่มประมาณ 14.28 % ในอัตราส่วนทำให้การเพิ่มของปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic carbon) ได้ดีคือ อัตราส่วน Ng200 กากของเสียต่อดิน (200g/400g) โดยเปอร์เซ็นต์การลดลงประมาณ 83.80 % ในดินพิมาย การเปลี่ยนแปลงการเพิ่มประมาณ 30.16 % ในอัตราส่วนทำให้การเพิ่มของปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) ได้ดีคือ อัตราส่วน Ng200, Ng400, Ng600 %(กากของเสียต่อดิน) (200g, 400g, 600g /400g) โดยเปอร์เซ็นต์การลดลงประมาณ 45.95-50.29 % โดยการศึกษาปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพกิจกรรมของไส้เดือนดินในการย่อยสลายกากของเสียเพื่อการปลดปล่อยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

1. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และในชุดดินพิมาย (Pm) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแต่ละอัตราส่วนพบว่า เมื่อมีการใส่กากของเสียในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) เพิ่มสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามอัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่เพิ่มสูงขึ้นทุกช่วงเวลา และเมื่อผ่านการกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) ที่ 60 วัน การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) มีการเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ในแต่ละอัตราส่วนในช่วงของเวลาไม่มีความแตกต่างกัน โดยในช่วงที่ 0 วัน ถึง 60 วัน พบว่า การเปลี่ยนแปลงการเพิ่มขึ้น

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประมาณ 35.71 % และ 35.93 % ในอัตราส่วนทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ได้ดีคือ อัตราส่วน Ng200 (กากของเสียต่อดิน) (200g/400g) โดยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นประมาณ 62.54 % ในชุดดินน้ำพอง และอัตราส่วน Ng200 (กากของเสียต่อดิน) (200g/400g) โดยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นประมาณ 36.26 % ในชุดดินพิมาย

2. ค่า C/N ratio โดยใช้อัตราส่วนของ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแต่ละอัตราส่วนพบว่า เมื่อมีการใส่กากของเสียในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทำให้ค่า C/N ratio ลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามอัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่เพิ่มสูงขึ้นทุกช่วงเวลา และเมื่อผ่านการกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) ที่ 60 วัน การเปลี่ยนแปลงของค่า C/N ratio มีลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า C/N ratio ในแต่ละอัตราส่วนในช่วงของเวลาไม่มีความแตกต่างกัน โดยในช่วงที่ 0 วัน ถึง 60 วัน ในชุดดินน้ำพอง (Ng) Ng0 พบว่า การเปลี่ยนแปลงการลดลงประมาณ 6.91 % และในอัตราส่วนทำให้มีการลดลงของค่า C/N ratio ได้ดีคือ อัตราส่วน Ng200 (กากของเสียต่อดิน) (200g/400g) โดยเปอร์เซ็นต์การลดลงประมาณ 84.43 %และในดินพิมาย (Pm) (Pm0) พบว่า การเปลี่ยนแปลงการลดลงประมาณ 44.24 % และในอัตราส่วนทำให้มีการลดลงของค่า C/N ratio ได้ดีคือ อัตราส่วน Pm200 (กากของเสียต่อดิน)(200g/400g) โดยเปอร์เซ็นต์การลดลงประมาณ 44.29 % ซึ่งไม่แตกต่างกันกับอัตราส่วนที่ไม่ใส่กากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตร

3. ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) ในชุดดินน้ำพอง (Ng)และในชุดดินพิมาย (Pm) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแต่ละอัตราส่วนพบว่า เมื่อมีการใส่กากของเสียในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) เพิ่มสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามอัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่เพิ่มสูงขึ้นทุกช่วงเวลา และเมื่อผ่านการกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) ที่ 60 วัน การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) มีการเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) ในแต่ละอัตราส่วนในช่วงของเวลามีความแตกต่างกัน โดยในช่วงที่ 0 วัน ถึง 60 วัน ของ ในชุดดินน้ำพอง (Ng0) พบว่า การเปลี่ยนแปลงการเพิ่มขึ้นประมาณ 42.17 % และในอัตราส่วนที่ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) ได้ดีคือ อัตราส่วน Ng600 (กากของเสียต่อดิน)(100g/400g) โดยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นประมาณ 84.37 % และในชุดดินพิมาย (Pm) (Pm0) พบว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) เพิ่มขึ้นประมาณ 56.80 % และในอัตราส่วนที่ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) ได้ดีคือ อัตราส่วน Pm600 (กากของเสียต่อดิน)(0g/400g) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) ของชุดดินพิมายมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันโดยบางช่วงมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) โดยในช่วงของ 0 วัน ถึง 30 วัน มีการเพิ่มสูงขึ้นแต่หลังจากหลัง 30 วัน มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) ลดลงทุกอัตราส่วนของแต่ละหน่วยการทดลอง

4. ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และในดินพิมาย (Pm) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแต่ละอัตราส่วนพบว่า เมื่อมีการใส่กากของเสียในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) เพิ่มสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามอัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่เพิ่มสูงขึ้นทุกช่วงเวลา และเมื่อผ่านการกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) ที่ 30 วัน การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) มีการเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) ในแต่ละอัตราส่วนในช่วงของเวลา ในช่วงที่ 0 วัน ถึง 30 วัน ของชุดดินน้ำพอง (Ng0) การเปลี่ยนแปลงการเพิ่มขึ้นประมาณ 34.11 % และในอัตราส่วนที่ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) ได้ดีคือ อัตราส่วน Ng600 (กากของเสียต่อดิน) (600g/400g) โดยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นประมาณ 64.61 % หลังการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินและในชุดดินพิมาย (Pm0) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) เพิ่มขึ้นประมาณ 75.70 % และในอัตราส่วนที่ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca)ได้ดีคือ อัตราส่วน Pm600 (กากของเสียต่อดิน)(0g/400g) ส่วนในอัตราส่วนต่างๆ มีอัตราการเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 45-49 %

5. ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) ในชุดดินพิมาย (Pm) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแต่ละอัตราส่วนพบว่า เมื่อมีการใส่กากของเสียในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) เพิ่มสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามอัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่เพิ่มสูงขึ้นทุกช่วงเวลา และเมื่อผ่านการกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) ที่ 30 วัน การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) มีการเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) ในแต่ละอัตราส่วนในช่วงของเวลา ในช่วงที่ 0 วัน ถึง 30 วัน ในดินน้ำพอง (Ng0) พบว่า การเปลี่ยนแปลงการเพิ่มขึ้นประมาณ 8.33 % และในอัตราส่วนที่ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) ได้ดีคือ อัตราส่วน Ng600 (กากของเสียต่อดิน)(600g/400g) โดยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นประมาณ 79.33 % หลังการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน และในชุดดินพิมาย (Pm0) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) เพิ่มขึ้นประมาณ 59.90 % และในอัตราส่วนที่ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg)ได้ดีคือ อัตราส่วน Pm600 (กากของเสียต่อดิน)(600g/400g) โดยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นประมาณ 61.42 % ซึ่งเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันระหว่าง Pm0 และ Pm600

6. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และในชุดดินพิมาย (Pm) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแต่ละอัตราส่วนพบว่า เมื่อมีการใส่กากของเสียในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) เพิ่มสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามอัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่เพิ่มสูงขึ้นทุกช่วงเวลา และเมื่อผ่านการกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) ที่ 30 วัน การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) มีการเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ในแต่ละอัตราส่วนในช่วงของเวลา ในช่วงที่ 0 วัน ถึง 30 วัน ของ

(Ng0) พบว่า การเปลี่ยนแปลงการเพิ่มขึ้นประมาณ 8.33 % และในอัตราส่วนที่ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P)ได้ดีคือ อัตราส่วน Ng600 (กากของเสียต่อดิน)(600g/400g) โดยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นประมาณ 79.33 % ในชุดดินพิมาย (Pm0) พบว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) เพิ่มขึ้นประมาณ 59.90 % และในอัตราส่วนที่ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ได้ดีคือ อัตราส่วน Pm600 (กากของเสียต่อดิน)(600g/400g) โดยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นประมาณ 61.42 % ซึ่งเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันระหว่าง Pm0 และ Pm600 หลังการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน

5.2 การศึกษาปริมาณแคดเมียมในดินที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน โดยการใส่แคดเมียมลงในการทดลองที่ความเข้มข้น 50 mg/kg ทุกหน่วยการทดลองพบว่า เมื่อมีการใส่กากของเสียในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณสารมลพิษแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) ลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามอัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่เพิ่มสูงขึ้นทุกช่วงเวลา และเมื่อผ่านการกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) ที่ 60 วัน การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารมลพิษแคดเมียมที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (Bioavailability) มีการลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ทุกช่วงเวลาของการทำการทดลอง และทุกอัตราส่วนที่แตกต่างกันด้วย และการศึกษาปริมาณสารมลพิษแคดเมียมทั้งหมดในดิน (Total Cd) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) เมื่อมีการใส่กากของเสียในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณสารมลพิษแคดเมียมทั้งหมดในดิน (Total Cd) ลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามอัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่เพิ่มสูงขึ้นทุกช่วงเวลา และเมื่อผ่านการกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) ที่ 60 วัน การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารมลพิษแคดเมียมทั้งหมดในดิน (Total Cd) มีการลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ทุกช่วงเวลาของการทำการทดลอง และทุกอัตราส่วนที่แตกต่างกันด้วย

5.3 การศึกษาปริมาณแคดเมียมในไส้เดือนดินที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) โดยใช้อัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่แตกต่างกันในชุดดินน้ำพอง (Ng) และดินพิมาย (Pm) ที่ 0, 15, 30, 60 วัน จากการศึกษาการสะสมของปริมาณแคดเมียมในไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* หลังการทำการปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน พบว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไปเมื่อสิ้นสุดที่ 60 วัน ปริมาณสารมลพิษแคดเมียมที่ปนเปื้อนแคดเมียมในลำตัวของไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) มีปริมาณสูงในตำรับที่ 1 (Ng0 และ Pm0) คือ ในชุดดินน้ำพอง (Ng) เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองอื่นๆ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$) กับตำรับที่ไม่ใส่กากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตร โดยเมื่อมีการใส่กากของเสียเพิ่มขึ้นการสะสมของแคดเมียมในไส้เดือนดินจะลดลง และจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และในชุดดินพิมายเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองอื่นๆ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$) กับตำรับที่ไม่ใส่กากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตร โดยเมื่อมีการใส่กากของเสียเพิ่มขึ้นการสะสมของแคดเมียมในไส้เดือนดินจะลดลง และจะเพิ่มขึ้นในตำรับ Pm200 และจะลดลงในตำรับที่มี

อัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างดินทั้งสองชนิดพบว่า การเปลี่ยนแปลงของการปนเปื้อนแคดเมียมในลำตัวของไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินเมื่อสิ้นสุดที่ 60 วัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยประสิทธิภาพของการสะสมปริมาณแคดเมียมในลำตัวของไส้เดือนดินในดินน้ำพองจะดีกว่าในชุดดินพิมาย เนื่องจากความเข้มข้นของปริมาณแคดเมียมในไส้เดือนดินของดินน้ำพองมีปริมาณการสะสมสูงกว่าชุดดินพิมาย และการสะสมปริมาณแคดเมียมในไส้เดือนดินในดินทั้งสองชนิดพบว่า เมื่อมีการปนเปื้อนแคดเมียมในดิน ไส้เดือนดินและกากของเสียอุตสาหกรรมมีส่วนช่วยในการลดการปนเปื้อนแคดเมียมในดินได้ แสดงว่าไส้เดือนดินสามารถสะสมแคดเมียมในลำตัว

5.4 การใช้อัตราส่วนของกากของเสียอุตสาหกรรมที่แตกต่างกัน ศึกษาการเจริญเติบโตในไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost: VCP) ในชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) ที่ 0, 15, 30, 60 วันผลการแพร่ขยายพันธุ์โดยศึกษาจำนวนไข่ของไส้เดือนดิน (Cocoon) และจำนวนตัวของลูกไส้เดือนดินที่เกิดขึ้นหลังกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) พบว่า ในชุดดินน้ำพองอัตราการแพร่ขยายพันธุ์ในชุดดินน้ำพอง (Ng) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ของการเพิ่มขึ้นของจำนวนไข่ของไส้เดือนดิน (Cocoon) และจำนวนตัวของลูกไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* โดยในตำรับทดลอง Ng0 ที่ไม่มีการใส่กากของเสียอุตาสาหกรรมการเกษตรมีการแพร่ขยายพันธุ์น้อยมากโดยจากการทดลองอัตราการตายหลังจากผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินมีอัตราการตายสูงประมาณ 73.33% เป็นผลให้การเพิ่มการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินในตำรับทดลองนี้ต่ำไปด้วย และเมื่อมีการเพิ่มอัตราของปริมาณกากของเสียเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีอัตราการอยู่รอดของไส้เดือนและอัตราการตายของไส้เดือนต่ำด้วย โดยที่ตำรับการทดลองที่มีอัตราการใส่กากของเสียในตำรับทดลอง Ng400 และ Ng600 พบว่า อัตราการตายของไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* ไม่มีการตายของไส้เดือนดินเกิดขึ้น เป็นผลให้มีการแพร่ขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินโดยมีจำนวนไข่ของไส้เดือนดิน (Cocoon) และจำนวนตัวของลูกไส้เดือนดินที่เกิดขึ้นหลังกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) ตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตร

5.5 อัตราการแพร่ขยายพันธุ์ในชุดดินพิมาย (Pm) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ของการเพิ่มขึ้นของจำนวนไข่ของไส้เดือนดิน (Cocoon) และจำนวนตัวของลูกไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* โดยในตำรับทดลอง Pm0 ที่ไม่มีการใส่กากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตรมีการแพร่ขยายพันธุ์น้อย โดยจากการผลทดลองอัตราการตายหลังจากผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินอัตราการตายไม่มีผลต่อการแพร่ขยายของไส้เดือนดิน โดยเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของไส้เดือนดินสูง แต่อัตราการขยายพันธุ์ต่ำ เนื่องจากจำนวนไข่ของไส้เดือนดิน (Cocoon) และจำนวนตัวของลูกไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* มีจำนวนต่ำ แต่เมื่อมีการเพิ่มอัตราของปริมาณกากของเสียเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีอัตราการอยู่รอดของไส้เดือนดินสูงและอัตราการตายของไส้เดือนดินต่ำด้วย โดยที่ตำรับการทดลองที่มีอัตราการใส่กากของเสียในตำรับทดลอง Pm400 และ Pm 600 พบว่า อัตราการตายของไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* มีการตายของไส้เดือนดินประมาณ 13.33% และไม่มีอัตราการตายของไส้เดือนดินในตำรับ Pm600 เป็นผลให้มีการแพร่ขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินโดยมีจำนวนไข่ของไส้เดือนดิน

(Cocoon) และจำนวนตัวของลูกไส้เดือนดินที่เกิดขึ้นหลังกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) ตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนกากของเสียอุตสาหกรรมการเกษตร

5.6 การเปรียบเทียบจำนวนของไข่ (Cocoon) ของไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* ระหว่างชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน พบว่า การแพร่ขยายพันธุ์ของจำนวนไข่ของไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยในดินน้ำพองจะมีการแพร่ขยายพันธุ์ในอัตราที่ต่ำกว่าในชุดดินพิมาย ทุกตำรับการทดลองยกเว้นที่อัตราของปริมาณกากของเสียต่อดิน (200g/400g) ที่มีการแพร่ขยายพันธุ์ต่ำในชุดดินพิมาย แต่ส่วนมากแล้วจำนวนไข่ของไส้เดือนดินหลังการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินในชุดดินพิมายการแพร่ขยายจะสูงกว่าในชุดดินน้ำพอง โดยอัตราการอยู่รอดของไส้เดือนดินในชุดดินพิมายจะสูงกว่าในดินน้ำพองดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

5.7 การเปรียบเทียบจำนวนลูกของไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* ระหว่างชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินพิมาย (Pm) ที่ผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน พบว่า การแพร่ขยายพันธุ์ของจำนวนลูกของไส้เดือนดิน *Eudrillus eugeniae* มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยในดินน้ำพองจะมีการแพร่ขยายพันธุ์ขอลูกไส้เดือนดินในอัตราที่ต่ำกว่าในชุดดินพิมาย ทุกตำรับการทดลองยกเว้นที่อัตราของปริมาณกากของเสียต่อดิน (200g/400g) ที่มีการแพร่ขยายพันธุ์ต่ำในชุดดินพิมาย แต่ส่วนมากแล้วจำนวนลูกของไส้เดือนดินหลังการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินในชุดดินพิมายการแพร่ขยายจะสูงกว่าในชุดดินน้ำพอง โดยการที่การเปรียบเทียบระหว่างสองชุดดิน เพื่อทำให้ทราบความเป็นไปได้ในการขยายพันธุ์ การอยู่รอดในดินที่แตกต่างกันเนื่องจากคุณสมบัติของดินทั้งสองชนิดแตกต่างกัน ดังนั้นการแพร่ขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินก็แตกต่างกัน จึงหา แนวทางในการใช้กากของเสียในการจัดการดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมที่แตกต่างกันโดยอัตราการอยู่รอดของไส้เดือนดินในชุดดินพิมายจะสูงกว่าในชุดดินน้ำพองดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น