รายงายวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การศึกษาโภชนะของ แหนแดง แหนเป็ด และใบไชยา ทดแทนแหล่งโปรตีนในอาหารข้น

โดย

นายพงศ์พันธุ์ นันทะศรี

สำนักพิพิธภัณฑ์เกษตรเฉลิมพระเกียรติ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว (องค์การมหาชน)

ปีงบประมาณ 2565

รายงายวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การศึกษาโภชนะของ แหนแดง แหนเป็ด และใบไชยา ทดแทนแหล่งโปรตีนในอาหารข้น

โดย

นายพงศ์พันธุ์ นันทะศรี

สำนักพิพิธภัณฑ์เกษตรเฉลิมพระเกียรติ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว (องค์การมหาชน)

ปีงบประมาณ 2565

สารบัญ

เนื้อเรื่อง **หน้า**

สารบัญ ..... **ก**

สารบัญตาราง ..... **ค**

สารบัญตารางภาคผนวก ..... **ง**

บทคัดย่อ ..... **จ**

คำนำ ..... **ฉ**

1.2 วัตถุประสงค์ ..... **ช**

1.3 ขอบเขตงานวิจัย ..... **ช**

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **1**

2.1 พืชอาหารสัตว์เพื่อทดแทนแหล่งโปรตีน ประกอบด้วย 1

2.1.1 แหนแดง (Azolla) 1

2.1.2 แหนเป็ด (Duckweed) 4

2.1.3 ผักชายา (ไชยา) 5

2.2 วัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีน ประกอบด้วย 7

2.2.1 กากถั่วเหลือง 7

2.2.2 ปลาป่น 8

ข้อจำกัดในการใช้ 10

2.3 วัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งพลังงาน ประกอบด้วย 10

2.3.1 รำละเอียด 10

2.3.2 ปลายข้าว 12

2.3.3 ข้าวโพดบด 13

2.4 วัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งให้แร่ธาตุ 15

2.4.1 กระดูกป่น 15

วิธีการศึกษา **16**

3.1 การวางแผนการทดลอง 16

3.2 วัสดุอุปกรณ์การดำเนินงาน 17

3.3 วิธีการดำเนินการ 17

3.3 วันเวลาและสถานที่ 17

3.4 สถานที่ 17
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล 17
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 18
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล 19
สรุปผลการทดลอง 26
นิยามศัพท์เฉพาะ 27
บรรณานุกรม 28
ภาคผนวก 31

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 องค์ประกอบและร่าตุอื่นๆ แหนแดง (ที่มา : ประยูร และบรรหาญ, 2545)..... 2
ตารางที่ 2 ตัวอย่างการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแหนแดง 3
ตารางที่ 3 องค์ประกอบเคมีของแหนเป็ดจากการวิเคราะห์โดยวิธี Proximart Analysis..... 4
ตารางที่ 4 Proximate compositions (% dry weights) of commercial diet and fresh duckweed..... 5
ตารางที่ 5 แสดงองค์ประกอบแร่ธาตุของใบไชยา ในมิลิกรัม/100 กรัม..... 7
ตารางที่ 6 แสดงองค์ประกอบทางเคมี และค่าพลังงานของใบไชยา 7
ตารางที่ 7 แสดงส่วนประกอบทางเคมีถั่วเหลืองและกากถั่วเหลือง 8
ตารางที่ 8 แสดงปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของปลาป่น..... 9
ตารางที่ 9 แสดงคุณค่าทางโภชนะของรำละเอียด..... 11
ตารางที่ 10 แสดงคุณค่าทางโภชนะของปลายข้าว 13
ตารางที่ 11 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวโพด(DM basis)..... 14
ตารางที่ 12 แสดงปริมาณวัตถุดิบในการทำอาหารสัตว์ 16
ตารางที่ 13 แสดงองค์ประกอบทางเคมีอาหารที่มีส่วนผสมแหนแดง 9 เปอร์เซ็นต์ 19
ตารางที่ 14 ระดับโปรตีนในอาหารไก่กระทงและไก่ไข่ 20
ตารางที่ 15 แสดงองค์ประกอบทางเคมีอาหารที่มีส่วนผสมแหนเป็ด 9 เปอร์เซ็นต์..... 21
ตารางที่ 16 แสดงองค์ประกอบทางเคมีอาหารที่มีส่วนผสมใบไชยา 9 เปอร์เซ็นต์ 22
ตารางที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ยคุณค่าทางโภชนะอาหาร..... 22

สารบัญตารางภาคผนวก

หน้า

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์วาเรียนซ์วัตถุแห้ง Analysis of Variance Table : dm.....31

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์วาเรียนซ์โปรตีน Analysis of Variance : cp.....31

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์วาเรียนซ์โปรตีน Analysis of Variance : cf.....31

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์วาเรียนซ์ไขมัน Analysis of Variance : ee.....31

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์วาเรียนซ์อินทรีย์วัตถุ Analysis of Variance : om.....31

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์วาเรียนซ์เถ้า Analysis of Variance TableResponse : ash 31

การศึกษาโภชนะของ แหนแดง แหนเป็ด และใบไชยา ทดแทนแหล่งโปรตีนในอาหารข้น

นายพงศ์พันธุ์ นันทะศรี

บทคัดย่อ

แหนแดง แหนเป็ด และใบไชยา เป็นแหล่งของโปรตีนที่อยู่ในธรรมชาติ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนะ แหนแดง แหนเป็ด และใชไชยา เป็นแหล่งโปรตีนผสมในอาหารสัตว์ เพื่อหาคุณค่าทางโภชนะ เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื้อใย แคลเซียม และฟอสฟอรัส วัตถุดิบอาหารที่ใช้ผสม ประกอบด้วย รำละเอียด 500 กรัม ปลายข้าว 100 กรัม ข้าวโพดบด 100 กรัม กากถั่วเหลือง 100 กรัม ปลาป่น 100 กรัม กระดูกป่น 10 กรัม และพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง แหนแดงบดแห้ง แหนเป็ดแห้ง และใบไชยาบดแห้ง ผสมในแต่ละกลุ่ม ๆ ละ 90 กรัม หรือ 9 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design : CRD) กลุ่มทดลองแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ได้แก่ กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม (อาหารสำเร็จรูปทางการค้า) พบว่ามีค่า วัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย ไขมัน และ เถ้า มีค่าเท่ากับ 91.02, 18.31, 6.81, 4.48 และ 14.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 อาหารที่มีส่วนผสมแหนแดง 90 กรัม พบว่ามีค่า วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย ไขมัน และ เถ้า มีค่าเท่ากับ 89.42, 84.26, 16.48, 42.89, 11.62, 5.26 และ 15.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปรับ on dry matter basis โปรตีนเท่ากับ 18.43 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 3 อาหารที่มีส่วนผสมแหนเป็ด 90 กรัม พบว่ามีค่า วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย ไขมัน เถ้า มีค่าเท่ากับ 89.95, 84.75, 16.36, 42.45, 12.95, 4.90 และ 15.25 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปรับ on dry matter basis โปรตีนเท่ากับ 18.43 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 4 อาหารที่มีส่วนผสมใบไชยา 90 กรัม พบว่ามีค่า วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย ไขมัน และ เถ้า มีค่าเท่ากับ 88.66, 84.5, 16.59, 40.23, 13.13, 4.54 และ 15.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปรับ on dry matter basis โปรตีนเท่ากับ 18.71 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยจากการศึกษาเปอร์เซ็นต์โปรตีนในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในกลุ่มอาหารควบคุมมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 18.31 เปอร์เซ็นต์ ในกลุ่มที่ 2, 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อปรับ on dry matter basis ระดับวัตถุแห้งที่ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 20.13, 18.43, 18.19 และ 18.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในกลุ่มที่ 1, 2, 3, และ 4 มีค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง เท่ากับ 91.02, 89.42, 89.95 และ 88.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลการศึกษาไขมันในอาหารข้น พบว่า ในกลุ่ม 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยไขมัน เท่ากับ 4.48, 5.26, 4.90 และ 4.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม ในกลุ่มที่ 2 อาหารที่มีส่วนผสมแหนแดง 9 เปอร์เซ็นต์มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 5.26 เปอร์เซ็นต์ ในการใช้แหนแดง แหนเป็ด และใบไชยา ทดแทนแหล่งโปรตีนอาหารมีราคาต่ำกลุ่มควบคุม ถูกกว่า 1.66 บาทต่อกิโลกรัม หรือ ถูกกว่ากระสอบละ 49 บาท ด้วยเหตุนี้ แหนแดง แหนเป็ด และใบไชยาจึงสามารถเป็นอาหารต้นทุนต่ำและปลอดสารเร่งผลผลิต

คำนำ

อาหารสัตว์เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์และให้ผลผลิต ในปัจจุบันเกษตรกรมีการพัฒนาอาหารสัตว์เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและมีคุณค่าโภชนะต่อความต้องการของสัตว์แต่ละชนิด พิพิธภัณฑ์การเกษตรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว โซนนวัตกรรมเกษตรเศรษฐกิจพอเพียง ได้จัดแสดงเรื่องพันธุกรรมสัตว์เศษฐกิจ หรือสัตว์เลี้ยงในวิถีเกษตร เช่น ไก่ไข่ เป็ดไข่ สุกร แพะ และ โค-กระบือ และมีการพัฒนาสูตรอาหารเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ในรูปแบบอาหารสัตว์ปลอดสารเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและผู้ผลผลิตด้านการเกษตรที่ปลอดภัย และเผยแพร่การผลิตอาหารสัตว์ที่มีโภชนะอาหารต่อความต้องการของสัตว์เลี้ยงแต่ละชนิดให้กับเกษตรกรผู้ที่สนใจการทำเกษตรแบบพึ่งตนเอง มุ่งเน้นการลดทุนนำวัตถุดิบที่หาได้ในท้องถิ่นมาเป็นวัตถุดิบเพื่อลดต้นเพิ่มผลผลิต

สมาคมผู้เลี้ยงสุกรแห่งชาติ (2565) รายงานว่าปัจจุบันการเลี้ยงและการผลิตปศุสัตว์มีการพัฒนาจากในอดีต มีการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ หรือระดับอุตสาหกรรมครบวงจร การปรับปรุงพันธุ์สัตว์ให้มีผลผลิตสูง นำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต การจัดการดูแลสุขภาพเพื่อป้องกันโรคระบาดลดความสูญเสีย ขณะเดียวกันจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ภาวะโลกร้อน ภัยแล้ง น้ำท่วมราคาน้ำมันดิบ และสภาวะเศรษฐกิจโลก ต่างก็มีผลกระทบต่อปริมาณและราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์มากขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลให้การจัดการอาหารสัตว์ทั้งการประกอบสูตรและการพัฒนาอาหาร เพื่อให้ได้อาหารสัตว์ที่เหมาะสมกับสัตว์ในแต่ละช่วงอายุ ช่วยให้ประสิทธิภาพการผลิตดี ในต้นทุนการผลิตที่เหมาะสม และได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่า ในปี 2558 ปริมาณถั่วเหลืองโลกเพิ่มขึ้น แต่อาจมีปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเป็นกระทบบ้างเล็กน้อย เช่น สถานการณ์ทางการเมือง การกว้านซื้อถั่วเหลืองของจีนในประมาณมากก็อาจกระทบต่อราคาได้ในระยะสั้น (สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย, 2565) ได้รายงานว่า ประเทศไทยมีความต้องการปริมาณอาหารสัตว์ในปี 2565 อยู่ที่ 19.08 ล้านตัน ในขณะที่การเติบโตของวัตถุดิบหลักในอาหารสัตว์มีแนวโน้มทรงตัวหรือเติบโตไม่ทันต่อความต้องการใช้ และในการผลิตอาหารสัตว์ 19.02 ล้านตันนี้ กว่า 60% หรือประมาณ 11 ล้านตัน เป็นการใช้วัตถุดิบที่นำเข้าจากต่างประเทศ โดยวัตถุดิบที่นำเข้า คือเมล็ดถั่วเหลืองกากถั่วเหลือง ประมาณ 7 ล้านตัน ในขณะที่ผลผลิตเมล็ดถั่วเหลืองในประเทศมีเพียง 30,000 ตัน ส่วนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นำเข้า 3.8 ล้านตัน จากความต้องการรวม 8.6 ล้านตัน ผลิตได้เองเพียง 4.8 ล้านตัน

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาอาหารไก่ไข่รูปแบบปลอดสาร นำวัตถุดิบที่หาได้จากท้องถิ่นและเศษเหลือที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม เข้ามาผสมในอาหารสัตว์เพื่อการลดต้นทุนด้านการผลิตและเป็นอาหารสัตว์ที่ปลอดสาร ถ้ามีงานวิจัยนี้ จะทำให้ทราบว่าในอาหารมีโภชนะเท่าไรเพียงพอต่อความต้องการหรือไม่ และเป็นแนวทางการพัฒนาอาหารในครั้งต่อไป เพื่อเผยแพร่ให้กับเกษตรกรสามารถพึ่งตนเองได้มากยิ่งขึ้น สร้างความมั่งคั่งและยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนะของ แหนแดง แหนเป็ด และใบไชยา ทดแทนแหล่งโปรตีนในอาหารข้น

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 กลุ่มตัวอย่าง/อาหาร 4 สูตร สูตรที่ 1 อาหารควบคุม สูตรที่ 2 อาหารที่มีส่วนผสมแหนแดง สูตรที่ 3 อาหารที่มีส่วนผสมแหนเป็ด และสูตรที่ 4 อาหารที่มีส่วนผสมผงใบไชยา

1.3.2 พื้นที่ทำการผสมอาหาร สัตว์เลี้ยงในวิถีเกษตร สำนักงานพิพิธภัณฑ์การเกษตรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว

1.3.3 ศูนย์ฝึกอบรมและวิจัยทางการเกษตร 100 ไร่ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

1.3.4 ระยะเวลา 6 มีนาคม 2565 ถึง 30 กันยายน 2565

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พืชอาหารสัตว์เพื่อทดแทนแหล่งโปรตีน ประกอบด้วย

2.1.1 แหนแดง (Azolla)

แหนแดง (Azolla) เป็นเฟิร์นชนิดหนึ่งที่มีขนาดเล็ก พบในเขตร้อนและเขตอบอุ่น อาศัยอยู่ทั่วไปบริเวณ น้ำนิ่ง เช่น คู หนอง บึง แหนแดงเปรียบเสมือนโรงงานผลิตปุ๋ยไนโตรเจนทางชีวภาพ โดยผ่านกระบวนการ ตรึงไนโตรเจนจากอากาศของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยมีอัตราของการตรึงไนโตรเจนสูงถึงวันละ 300 – 600 กรัมต่อไร่ ทำให้แหนแดงมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง 3 – 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวได้เป็นอย่างดี Sanginga and Van Hove ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบไนโตรเจนและกรดอมิโนทั้งหมดของสายพันธุ์แหนแดงได้รายงานว่า แหนแดงสายพันธุ์ AnAzolla microphylla มีปหล่งกรดอมิโนที่ดีที่สุด 4 สายพันธุ์ microphylla เหมาะสำหรับเป็นแหล่งโปรตีนสำหรับสัตว์ สายพันธุ์ Azolla ทั้งหมดมีสัดส่วนของกรดอะมิโนใกล้เคียงกัน กรดอะมิโนที่จำเป็น (55%) กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (45%) ได้แก่ ลิวซีน ไลซีน อาร์จีนีน และฟีนีลานีน+ไทโรซีนเป้นกรดอะมิโนที่จำเป้นหลักในขณะที่ เมไทโอนีนและซิลทีนมีปริมาณที่น้อย

ครรชิต ชมภูพันธุ์ และคณะ (2558) ได้ศึกษาผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของแหนแดงแห้งและหมักแห้งเพื่อเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่ การเลี้ยงแหนแดงในบ่อทดลอง จำนวน 4 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ เลี้ยงในบ่อในระยะเวลาที่แตกต่างกันคือ 0, 7, 14, และ 21 วัน ผลการทดลองพบว่าแหนแดงที่เลี้ยง 0, 7, 14, และ 21 วัน มีผลผลิต 60, 332, 594 และ กรัม/ตร.ม. ($p<0.05$) ซึ่งสาโรช และคณะ (2542) ได้รายงานไว้ว่าแหนเป็ดสามารถให้ผลผลิตได้ถึง 25 เท่า ภายใน 1 เดือน จากผลการวิเคราะห์แหนแห้งที่เลี้ยง อายุ 7 วัน มีโปรตีนสูงสุดคือ 29.25 เปอร์เซ็นต์และเมื่อเยื้อใยต่ำสุด 9.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคุณค่าทางโภชนะแหนจะผันแปรอย่างกว้างขว้าง ขึ้นอยู่กับตระกลูและปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำและการปนเปื้อนโดยวัตถุอื่น

กุลยาภัสร์ และคณะ(2555) ศึกษาการใช้ประโยชน์จากแหนแดงอบแห้งในอาหารไก่เนื้ออาหารถูกแบ่งเป็น 2 ช่วงอายุ 0 - 21 วันและ 21 - 42 วัน ระดับโปรตีน 23 และ 21 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ประกอบด้วย ปลาป่น กากถั่วเหลือง ปลายข้าว ข้าวโพด และไวตามิน แร่ธาตุ โดยใช้แหนแดงทดแทนกากถั่วเหลือง 5, 10, 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ไก่ช่วงอายุ 0-20 วัน ที่ใช้แหนแดงทดแทนกากถั่วเหลือง 5-20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการได้และอัตราการเจริญเติบโตมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) อย่าไรก็ตามการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่มีความแตกต่างทางสถิติ
ช่วงอายุ 21-42 วัน การใช้แหนแดงทนแทน อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเป็นอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำกว่ากลุ่มควบคุม การใช้แหนแดงจึงเหมาะสำหรับการใช้อาหารไก่เนื้อในช่วงอายุ 0 - 20 วัน ในระดับ 5 – 20 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1 องค์ประกอบและร่าตุอื่นๆ แหนแดง

องค์ประกอบ	**อัตราร้อยละ**
น้ำหนักแห้ง	5 - 7
โปรตีน	13 - 30
ไขมัน	3.1
เซลลูโลส	8.5 - 11.7
ไนโตรเจน (N)	3-5
คาร์บอน (C)	41 - 45
ฟอสฟอรัส (P)	0.2 - 1.6
โปแตสเซียม (K)	0.3 - 0.6
แคลเซียม (Ca)	0.5 - 1.7
แมกนีเซียม (Mg)	0.2 - 0.7
ก้ามะถัน (S)	0.2 - 0.7
ซิลิกา (Si)	0.2 - 3.5
โซเดียม (Na)	0.2 - 1.3
คลอรีน (Cl)	0.6 - 0.8
อลูมิเนียม (Al)	0.04 - 0.6
เหล็ก (Fe)	0.04 - 0.6

ที่มา : ประยูร และบรรหาญ, 2545

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแหนแดง

	วัตถุแห้ง	โปรตีน	เยื่อใย	ไขมัน	เถ้า	NDF	ADF	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
Basak et. al., 2002	90.8	25.78	15.71	3.47	15.76	NA	NA	NA	NA
Khatun et. al., 1999	90.5	28.5	12.3	NA	16.9	44.5	33.4	NA	NA
Alalade and Lyayi 2006	NA	21.4	12.7	2.7	16.2	36.8	47.08	1.16	1.29
Tamang and Samanta1993	90.2	23.4	12.7	2.7	NA	NA	NA	NA	NA

ที่มา: Basak, et. al., 2002
Khatun, et. al., 1999
Alalade and Lyayi, 2006
Tamang and Samanta, 1993
NA = Data not available
NDF = netural detergent fibre
ADF = Acid detergent fibre

วันดี และคณะ (2555) ศึกษาการย่อยและใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะที่มีอยู่ในแหนแดง เพื่อนำไปไปใช้ประกอบการทำสูตรอาหารสุกร ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าแหนแดง มีโปรตีน เยื่อใย ไขมัน เถ้าแคลเซียม และฟอสฟอรัส เท่ากับ 20.21, 15.53, 2.80, 16.39, 1.14 และ1.24 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ มีพลังงานรวม 3,633kcal/kg และการย่อยได้ปรากฏตลอดทางเดินอาหารสุกรของโภชนะในแหนแดงวัดในสุกรน้ำหนักเฉลี่ย 30 กก. การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย ไขมัน เท่ากับ 75.31, 70.88, 57.09 และ83.39% ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ และมีพลังงานย่อยและพลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 2,371 และ2,253 kcal/kg และจากการทดสอบการย่อยได้ของอาหารที่มีส่วนผสมของแหนแดงในอาหาร ข้าวโพด กากถั่วเหลือง ที่ระดับ 0, 5, 7.5 และ10 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสุกรระยะรุ่นพบว่าสามารถใช้แหนแดงผสมในอาหาร 5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลต่อการย่อยได้ของโปรตีน ($P>0.05$) แต่จะส่งผลกระทบต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้งไขมัน และเยื่อใย ($P<0.05$) เมื่อใช้แหนแดงในอาหารสุกรตั้งแต่ 5 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป

2.1.2 แหนเป็ด

แหนเป็ด (Duckweed) เป็นพืชลอยน้ำขนาดเล็ก เจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ได้ดีในน้ำนิ่ง เช่น หนอง บึง หรือสระน้ำทั่วไป ที่มีธาตุอาหารและอินทรียวัตถุอุดมสมบูรณ์ ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของน้ำค่อนข้างเป็นกลาง แหนที่พบในประเทศไทย (เต็ม สมิตินันทน์, สำนักหอพรรณไม้) จัดอยู่ในวงศ์ Lemnaceae มี 3 สกุล ได้แก่สกุล Lemnaมี 3 ชนิด คือ– Lemna minor L. แหนเล็ก (กลาง) – Lemna perpusilla Torr. กาแหน (เหนือ) แหน (กลาง,เหนือ) มีชื่อสามัญเรียกว่า Lesser duckweed – Lemna trisulca L แหนเล็ก หรือเรียกโดยทั่วไปว่าแหนเป็ดเล็กจัดเป็นวัชพืชที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (วิลาส รัตนานุกูล, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) Rusoff et al. (1980) รายงานว่า แหนเป็ดเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีองค์ประกอบของโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นสูง มีปริมาณโปรตีนประมาณ 20 – 40 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยประมาณ 4 – 6 เปอร์เซ็นต์นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบของกรดไขมันอิสระอยู่อย่างสมบูรณ์ (William et al., 1978) คลังความรู้ SCIMATH ได้รายงานว่า แหนเล็ก หรือเรียกโดยทั่วไปว่าแหนเป็ดเล็กจัดเป็นวัชพืชที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีโปรตีนประมาณ 20 - 40 เปอร์เซ็นต์ ใยประมาณ 4 - 6 เปอร์เซ็นต์ และยังเป็นพืชที่มีกรดไขมันอิสระอยู่อย่างสมบูรณ์ นิยม นำไปตากแห้งทำเป็นปุ๋ย เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์หรือผสมในอาหารของสัตว์ เช่น อาหารของเป็ด ห่าน ปลา ไก่ นกกระทา และสุกร เป็นต้น

ตารางที่ 3 องค์ประกอบเคมีของแหนเป็ดจากการวิเคราะห์โดยวิธี Proximart Analysis

องค์ประกอบ	**เปอร์เซ็นต์**
วัตถุแห้ง	90.11
โปรตีน	18.47
ไขมัน	0.51
เยื้อใย	38.86
เถ้า	5.17

โยษิตา และคณะ (2565) ศึกษาการใช้ผงกะเพราแดงและแหนเป็ดในอาหารไก่ไข่พันธุ์ไฮ-ไลน์ บราวน์ อายุ 18 สัปดาห์ ที่เลี้ยงแบบกึ่งปล่อยกึ่งขังที่ผงแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 12 ซ้ำ ๆ ละ 12 ตัว ทั้งหมด 108 ตัว กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 เสริมผงกะเพราแดง 0.50 เปอร์เซ็นต์ และเสริมผงแหนเป็ดใหญ่ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารควบคุม ผลการทดลองพบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ และผลผลิต ไม่มีความแตกต่าง ($p>0.05$) เปอร์เซ็นต์การกินได้ในกลุ่มที่เสริมแหนเป็ดใหญ่สูงกว่ากลุมที่เสริมกะเพราแดง ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุมควบคุม สีของเปลือกไข่ ความแข็งแรงของเปลือกไข่ ดัชนีไข่แดง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) สีของไข่แดงและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของกลุ่มเสริมผงแหนเป็ดใหญ่มีค่าสูงที่สุด ($P<0.05$)

สุริยา และคณะ, 2564 ศึกษาการเสริมแหนเป็ดเล็ก (Lemna minor L.) ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่ แหนเป็ดเล็กบดแห้ง 3 ระดับ (เปอร์เซ็นต์) 0, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ การทดลองใช้ระยะเวลา 8 สัปดาห์ผลการทดลองพบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่เสริมแหนเป็ด

เล็กระดับ 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักไข่สูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่เสริมแหนเป็ดเล็กระดับ 3 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่น้ำหนักไข่ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมแหนเป็ดเล็กระดับ 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p>0.05$) การเสริมแหนเป็ดเล็กเสริมในอาหารไก่ไข่ระดับ 0 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ไข่ ปริมาณการกินอาหารต่อวัน ความสูงของไข่ขาว สีของไข่แดง ค่า Haugh unit และ ความหนาของเปลือกไข่ ($p>.05$) ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าการเสริมแหนเป็ดเล็ก ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์เป็นระดับที่เหมาะสมในเสริมในอาหารไก่ไข่

ภาณุมาศ และคณะ (2560) ได้การศึกษาผลของการใช้แหนเป็ดสดกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ใช้แหนเป็ดในอาหารปริมาณที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต คุณค่าทางโภชนาการ สารสีของเนื้อปลา และต้นทุนการผลิตปลาดุกรัสเซีย โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 กลุ่ม ในสัดส่วน อาหารสำเร็จรูป : แหนเป็ด ที่ 100, 90:10 และ 70:30 ตามลำดับ ให้อาหารในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักตัว/วัน มีระบบน้ำหมุนเวียน ระเวลาเลี้ยง 60 วัน พบว่ากลุ่มที่ 3 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.43±0.57 ดีกว่า กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีค่า 1.70±0.76 และ 1.82±0.35 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลา ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยสารสีแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาที่ T2 และ T3 มีค่า 27.12±0.21 และ 26.91±1.75 ไมโครกรัม/กรัม มากกว่า กลุ่มที่ 1 มีค่า 7.35±0.56 ไมโครกรัม/กรัม และต้นทุนการผลิตในของกลุ่มที่ 3 แตกต่างจากกลุ่มที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4 Proximate compositions (% dry weights) of commercial diet and fresh duckweed

Parameters	commercial	diet fresh duckweed
Fat (%)	7.67±0.23	5.17±0.38
Fiber (%)	6.82±0.88	5.50±1.64
Protein (%)	24.56±1.97	24.30±1.22
Ash (%)	12.35±0.08	18.05±0.40
Moisture (%)	8.32±0.03	10.14±0.02
Carbohydrate (%)	40.28±1.71	36.84±0.89

ที่มา : ภาณุมาศ, 2560

2.1.3 ผักชายา (ไชยา)

ผักชายา (ไชยา) หรือคะน้าเม็กซิกัน เป็นพืชท้องถิ่นแถบอเมริกาใต้เชื่อว่ามีถิ่นกำเนิดในคาบสมุทรยูกาตันของประเทศเม็กซิโก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M.Johnst ต้นชายาได้นำเข้ามาในเมืองไทยน่าจะไม่ถึง 10 ปี ต้นชายาเป็นไม้พุ่มมีอายุหลายปี อยู่ในวงศ์เดียวกับยางพาราและสบู่ใบมีลักษณะกว้างมีแฉกตั้งแต่แต่ 3 แฉกขึ้นไป ชายาเป็นพืชที่ปลูกได้ง่าย ทนฝน ทนแล้ง และทนต่อการทำลายของแมลงได้เป็นอย่างดีเป็นแหล่งของโปรตีน วิตามิน แคลเซียม โพแทสเซียมและเหล็กที่มีคุณภาพดี และยังเป็นแหล่งที่อุดมสมบูรณ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ (สุบรรณ,

2562) จากการศึกษา เพิ่มสิน และคณะ (2564) ศึกษาการใช้ใบไชยาบดผงในสูตรอาหารไก่ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและน้ำหนักซากในไก่ตะเภาแก้ว ในสูตรอาหารควบคุมที่ระดับการใช้ที่แตกต่างกัน คือคือ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ศึกษาในไก่ที่มีอายุ 2 สัปดาห์(A1) และ อายุไก่ 4 สัปดาห์(A2) ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักไก่แต่ละกลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เปอร์เซ็นต์การกินได้ อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) อาหาร ส่วนเปอร์เซ็นต์ซาก ปีกบน สันนอกสันใน สะโพก โครง เครื่องในรวม เนื้อน่อง หัวและคอ แข้ง และเลือด ไม่มีผลกระทบของไก่ที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร (ศูนย์วิจัยหลากหลายทางชีวภาพ เฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษา, 2563) รายงานว่า ใบไชยามีสารกลูโคไซด์ เป็นสารที่อยู่ในผักไชยาดิบ การนำผักไชยามารับประทานต้องทำให้สุกก่อน เพื่อทำลายฤทธิ์ของสารพิษ ให้นำไปต้ม หรือ ผัด อย่างน้อย 1 นาที และห้ามต้มในภาชนะอะลูมิเนียม เพราะ อาจทำให้น้ำพิษ ทำให้ท้องร่วง กระบวนการผลิตอาหารสัตว์ควรนำใบไชยามาตากแดด หรืออบเพื่อลดสารพิษ

สุบรรณ และคณะ (2562) ได้กล่าวถึง การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของ Babalola and Alabi (2015) พบว่าใบชายามีโปรตีน 31.14% วัตถุแห้ง และยังมีแร่ธาตุในปริมาณสูง รวมทั้งยังมีโภชนะอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ได้แก่ กรดแอสคอบิค ไทอามีน ไรโบฟลาวิน และเบต้าแคโรทีน ในปริมาณ 165, 0.12, 0.15และ 0.094 มิลลิกรัม/100กรัม ตามลำดับ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ใบชายาทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารข้นโดยใช้เทคนิคการผลิตแก๊สในหลอดทดลอง ทำการศึกษา 5 ทรีทเมนต์ ซึ่งใช้ใบชายาบด (CLM) ทดแทนกากถั่วเหลือง (SBM) ในสัดส่วน SBM:CLM ที่ 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 ตามลำดับ การใช้ใบชายาบดทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารข้นส่งผลต่อจลนศาสตร์การผลิตแก๊ส โดยค่า a, b และ a+b มีค่าเพิ่มขึ้นส่วนค่า c มีค่าลดลง ($P<0.05$) ปริมาณแก๊สสะสมที่ 96 h กลุ่ม SBM:CLM ที่ 50:50, 25:75 และ 0:100 มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การย่อยได้ของอินทรียวัตถุในหลอดทดลอง (IVOMD) ในชั่วโมงที่ 12 กลุ่มที่ใช้สัดส่วน SBM:CLM ที่ 50:50 มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) และในชั่วโมงที่ 24 ในกลุ่มที่ใช้สัดส่วน SBM:CLM ที่ 50:50, 25:75 และ 0:100 มีค่าIVOMDสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) โดยมีค่าอยู่ที่ 84.2, 85.1 และ 84.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยใบชายาบด 100 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเข้มข้นของ NH3-N มีค่าสูงที่สุดโดยมีค่าอยู่ที่ 17.3 mg/dL ซึ่งสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) จากข้อมูลผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยใบชายาบด สามารถช่วยปรับปรุงกระบวนการหมัก จลนศาสตร์การผลิตแก๊สและการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในหลอดทดลอง

จากการศึกษาของ Babalola1 and Alabi (2015) ผลของกรรมวิธีแปรรูปองค์ประกอบโภชนาการ ไฟโตเคมิคอล และคุณสมบัติต้านสารอาหารของใบชายา คุณค่าทางโภชนการจากสารสกัดโปรตีนสูงถึง (3.76+- 0.06%) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณไขมันของกลุ่มที่ลวกไม่มีความแตกต่างกัน ปริมาณเถ้าลดลงคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กากที่เหลือจากการสกัดมีค่าพลังงาน 89.79 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 22.96 เยื้อใย 4.07 ปริมาณคัลคาลอยด์และฟลาโวนอยด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 5 แสดงองค์ประกอบแร่ธาตุของใบไชยา ในมิลิกรัม/100 กรัม

สารอาหาร	สด	ใบต้ม	ใบลวก	สารสกัดจากใบ	สารตกค้าง
แคลเซียม	218.30	158.40	174.0	168.30	60.20
เหล็ก	8.17	6.47	6.97	5.67	4.10
แมกกานีส	53.00	50.30	45.00	35.23	25.00
ฟอสฟอรัส	155.00	135.00	115.00	140.0010	65.67

ที่มา : ดัดแปลกจาก Babalola and Alabi (2015)

ตารางที่ 6 แสดงองค์ประกอบทางเคมี และค่าพลังงานของใบไชยา

รายการ	ใบสด	ใบลวก	ใบต้ม	สารกัดจากใบ	สารตกค้าง
ความชื้น	86.30	82.4	83.90	89.30	68.10
โปรตีน	3.60	3.20	3.50	3.76	2.57
ไขมัน	0.47	0.30	0.30	0.23	0.10
เถ้า	2.67	2.2	2.50	1.70	2.20
เยื้อใย	2.2010	1.90	1.90	0.13	4.07
คาร์โบฮเดรต	4.0	10	9.90	4.88	22.96
ค่าพลังงาน	40.69	44.02	54.40	34.93	89.79

ที่มา : ดัดแปลงจาก Babalola and Alabi (2015)

2.2 วัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีน ประกอบด้วย

2.2.1 กากถั่วเหลือง

กากถั่วเหลืองเป็นอาหารโปรตีนจากพืชที่ดีที่สุด ได้จากการนำถั่วเหลืองไปสกัดน้ำมันออก มีหลายวิธี เช่น วิธีอัดแน่น (hydraulic process) วิธีอัดเกลียว (screw process) และวิธีสกัดด้วยสารเคมี (solvent process) ซึ่งจะมีคุณภาพแตกต่างกัน โดยจะมีโปรตีนประมาณ 43, 45 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กากถั่วเหลืองในประเทศส่วนใหญ่เป็นชนิดไม่กะเทาะเปลือก ส่วนพวกที่นำเข้าจากจีนหรือบราซิลมีทั้งชนิดกะเทาะและไม่กะเทาะเปลือก ปริมาณการใช้สูตรอาหารควรอยู่ระหว่าง 20 – 25 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสุกร และในอาหารสัตว์ปีกไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันในถั่วเหลืองมีคุณสมบัติเป็นยาระบายเล็กน้อยและอาจมีผลทำให้ไขมันในร่างกายสัตว์มีลักษณะเหลว แต่ความเป็นจริงในกากถั่วเหลืองมีน้ำมันน้อยเกินกว่าจะก่อให้มีผลเสียนี้แต่ให้คำนึงถึงเมื่อมีกรณีใช้ถั่วเหลืองเมล็ดเป็นอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาหารสุกร ในปัจจุบันมีการผลิตถั่วเหลือง ไขมันเต็ม (full fat soybean) จากวิธีการนึ่ง หรือต้มแล้วนำมาบด หรือการใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์กับถั่ว ทั้งเมล็ดแล้วนำมาเลี้ยงสัตว์ เมล็ดกากถั่วเหลืองเป็นอาหารแหล่งโปรตีนที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ดี เพราะมีโปรตีนสูงถึง 34 เปอร์เซ็นต์ และเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูงมีกรดอะมิโนจำเป็น (Essential amino acid) หลายชนิด แต่มี Cystine และ Methionineในระดับต่ำ มีฟอสฟอรัสสูง แต่มีแคลเซี่ยม และวิตามินบีต่ำ การใช้เมล็ดถั่วเหลืองดิบเลี้ยงสัตว์ จะทำให้สัตว์ได้รับประโยชน์จากโปรตีนไม่เต็มที่ มีการเจริญเติบโตต่ำ หรือ

ชงักการเจริญเติบโต เพราะเมล็ดถั่วเหลืองดิบมีสารยับยั้งการใช้ประโยชน์จากโปรตีน (Trypsin Inhibitor) มีเอ็นไซม์ยูรีเอส (Urease enzyme) ซึ่งจะย่อยโปรตีนในเมล็ดถั่วเหลืองให้สลายไปเรื่อยๆ ทำให้ปริมาณและคุณภาพของโปรตีนลดลงในขณะที่เก็บรักษาไว้ แต่สารทั้ง 2 ชนิดนี้ถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน ดังนั้น ในการนำเมล็ดถั่วเหลืองไปเลี้ยงสัตว์ จึงควรนำไปทำให้สุกหรือผ่านความร้อนเสียก่อน เพื่อเป็นการลดปริมาณสาร Trypsin Inhibitor และเอ็นไซม์ยูรีเอส เมล็ดถั่วเหลืองที่นำมาใช้ผสมในอาหารสัตว์มี 2 ชนิดคือ

1. กากถั่วเหลือง (Soybean meal) เป็นผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำมันพืช โดยปริมาณโปรตีนของกากถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับวิธีการสกัด น้ำมัน และขนาดของเมล็ด
2. ถั่วเหลืองเอ็กซ์ทรูด หรือถั่วเหลืองไขมันเต็ม (Extruded soybean หรือ Full fat soybean) เป็นถั่วเหลืองที่ได้จากการนำเมล็ดถั่วเหลืองไปทำให้สุก โดยไม่มีการสกัดน้ำมันออก

ตารางที่ 7 แสดงส่วนประกอบทางเคมีถั่วเหลืองและกากถั่วเหลือง

ส่วนประกอบทางเคมี	ถั่วเหลืองเมล็ดอบ(1)	กากถั่วเหลือง(2)	กาถั่วเหลือง(3)
ความชื้น	10	8	8
โปรตีน	38	45	45
ไขมัน	18	0-1	50
แป้ง NFE	24	33	32
เยื้อใย	5	7	3
เถ้า	5	6	6

จากการศึกษา ชูศักดิ์ และคณะ (2562) การศึกษาการใช้กากถั่วเหลืองหมักเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหาร ลูกสุกรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยเลี้ยงด้วย อาหารเสริมกากถัวเหลืองหมักในระดับ 0, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร อาหารแต่ละสูตรใช้เลี้ยงสุกร 3 สายเลือด (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ x ดูร็อค) จำนวน 4 คอก คอกละ 2 ตัว เป็นเพศผู้ตอนและเพศเมียอย่างละ 1 ตัว จำนวนสุกรทั้งหมด 24 ตัว โดยมีน้ำหนักเริ่มทดลองเฉลี่ย9.65±0.07 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับอาหารเสริมกากถั่วเหลืองหมักที่ 100เปอร์เซ็นต์ และ 50เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารมีอัตราการเจริญเติบโต (ADG) เพิ่มสูงกว่าสูตรกากถั่วเหลืองปกติ (0.505±0.013, 0.441±0.012 ,0.409±0.016, $P<0.05$) ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักในสุกรที่ได้รับสูตรอาหารกากถัวเหลืองปกติ มีค่าสูงกว่าสูตรอาหารกากถั่วเหลืองหมัก 50เปอร์เซ็นต์ และสูตรอาหารกากถั่วเหลืองหมัก 100เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำสุด (2.14±0.09,2.01±0.05, 1.77±0.40, $P<0.05$) ดังนั้นการใช้กากถั่วเหลืองหมักในสูตรอาหารสามารถเพิ่มสมรรถภาพการผลิตสุกรได้

2.2.2 ปลาป่น

ปลาป่น (Fish Meal) ปลาป่น คืออาหารหลักในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เพราะเป็นแหล่งโปรตีนที่ดีสำหรับสัตว์ แถมยังมีประโยชน์อีกหลายอย่าง เป็นส่วนประกอบในการผลิตอาหารสัตว์ต่าง ๆ กระบวนการผลิตปลาป่นจะเริ่มจากการเลือกสรรปลาสดจากเรือประมง ปลาและกระดูกปลาสดจากห้องเย็น รวมทั้ง จากโรงงานปลากระป๋องต่าง ๆ โดยปลาป่นที่มีโปรตีนสูงนั้น จะผลิตจากปลาทั้งตัว

เช่นพวกปลาเป็ด เศษปลาเล็กปลาน้อยเช่น ปลากระตัก ปลาแป้น ปลาวัว ปลาหลังเหลือง ปลาซิว ปลาทูเล็ก ปลาหลังเขียว ปลาทูแขก เป็นต้น ส่วนปลาป่นที่มีระดับโปรตีนต่ำลงมา อาจจะผลิตจากปลาตัวเล็ก ปลาแล่ ปลาและกระดูกปลาสดจากโรงงานห้องเย็น และจากโรงงานปลากระป๋อง เช่น ปลาทรายแดง ปลาตาโต ปลาจวด ปลาซาร์ดีน ปลาแมคเคอเรล และปลาทูน่า จากนั้นจะนำวัตถุดิบสด มาผ่านการต้ม บีบ และอบแห้ง คัดแยกโลหะและสิ่งปลอมปน บดละเอียด ก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ ให้โปรตีนสูงและมีคุณภาพดี มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 55 เปอร์เซ็นต์ (Goodthaifeed, 2017) ปลาป่นทำสุกโดยการใช้ไอน้ำร้อนหรือลมร้อนพ่นผ่านตัวปลาทำให้สุกแล้วบีบเอาน้ำออก โปรตีน ≈ 65% มีไลซีน เมทไธโอนีน และทริปโตเฟนสูง มีแร่ธาตุ 21 เปอร์เซ็นต์, Ca 8 เปอร์เซ็นต์, P 3.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งของ Vit. B = B12, Riboflavin, Choline สารช่วยเจริญเติบโต (Animal protein factor) (ประภากร, 2565)

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของปลาป่น

รายการ	ปลาป่น	ปลาป่น	ปลาป่น
ส่วนประกอบ(%)	60%	55%	50%
ความชื้น	8	8	8
โปรตีน	60	55	49.1
ไขมัน	10	8	-
เยื่อใย	-	1.0	-
เถ้า	19	26	-
แคลเซียม	5	7.7	-
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้	3	3.8	-
กรดอะมิโน (%)			
ไลซีน	4.57	4.15	3.53

ที่มา : Goodthaifeed (2017)

บุณฑริกา และ คณะ (2559) ได้ศึกษาการประเมินคุณค่าทางทางโภชนะในอาหารที่ผลิตจากวัตถุดิบโปรตีนทดแทนจากแปลงปลูกเกษตรปลอดสารพิษต่อการเจริญเติบโตของปลานิล โดยศึกษาอาหารที่ผลิตจากวัตถุดิบโปรตีนทดแทนจากแปลงเกษตรปลอดสารพิษต่อการเจริญเติบโตของปลานิล กำหนดให้ชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ใช้รำละเอียดจาก แปลงเกษตรปลอดสารพิษ 100 เปอร์เซ็นต์อาหารผสม (ปลาป่น ผสมกับรำละเอียดและเมล็ดข้าวโพดอบแห้ง จากแปลงเกษตรปลอดสารพิษ) และอาหารที่นิยมใช้เลี้ยงปลาทั่วไป ตามลำดับ พบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมมีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนัก (75.36±25.99 กรัม) ดีที่สุด โดยองค์ประกอบทางเคมี ในแต่ละชุดอาหารทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงปลานิล โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ความชื้น วัตถุแห้ง และ คาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับ 20.0, 7.5, 7.8, 8.7, 6.4 93.6 และ 49.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ข้อจำกัดในการใช้

ปลาป่นมีราคาแพง เนื่องจากปลาป่นมีราคาแพง ดังนั้นจึงใช้เป็นส่วนประกอบ แต่ไม่ใช่ส่วนประกอบหลัก ในสูตรอาหาร แต่ก็ขาดไม่ได้เพราะมีความจำเป็นมาก

มีการปลอมปนด้วยวัสดุอื่นที่มีราคาถูก อาทิ ทราย เปลือกหอยบด ยูเรีย ขนไก่ เป็นต้น ทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง จะต้องระมัดระวังในการนำมาใช้ เนื่องจากปลาป่นอาจจะมีส่วนผสมหรือสิ่งปลอมปนได้ จึงควรเลือกซื้อให้ดี

การใช้ปลาป่นระดับสูงเกินกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ นอกจากจะทำให้อาหารผสมมีราคาแพง ยังมีผลทำให้เนื้อสุกร และไข่กลิ่นคาวปลาด้วย การเลือกใช้ปลาป่นจึงใช้ให้เหมาะสมกับสูตรอาหารสัตว์แต่ละชนิด

ปลาป่นมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ มีโปรตีนแตกต่างกันมาก ต้องระวังในการเลือกซื้อปลาป่นให้ได้คุณภาพตามต้องการ มิฉะนั้นจะมีผลทำให้สูตรอาหารที่คำนวณไว้ไม่เพียงพอกับความต้องการของสัตว์ได้ดังนั้นการเลือกซื้อปลาป่น จึงควรเลือกปลาป่นที่ได้คุณภาพ จากแหล่งที่ไว้ใจได้

2.3 วัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งพลังงาน ประกอบด้วย

2.3.1 รำละเอียด

รำละเอียด เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว เช่นเดียว กับปลายข้าว แต่ว่ารำละเอียดมีไขมันเป็นส่วนประกอบอยู่ในระดับค่อนข้างสูงมาก (ประมาณ 12-13 เปอร์เซ็นต์) และเป็นไขมันที่หืนได้ง่าย ในภาวะที่อากาศร้อน และมีความชื้นในอากาศสูง รวมทั้งมีการถ่ายเทอากาศไม่ดีเช่นสภาวะการเก็บรำละเอียดในกระสอบป่านธรรมดา รำละเอียดจะเริ่มหืนเมื่อเก็บไว้ 30-40 วัน และไม่เหมาะที่จะนำมาเลี้ยงสัตว์ รำเลียดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดหนึ่งที่ใช้กันมากในการประกอบสูตรอาหารสุกรหรือสัตว์ปีก (สุกัญญา, 2539) พีร์สุตา และ รักษิต (2564) ได้รายงานว่า รำละเอียดเกิดจากผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสีข้าวเพื่อให้ได้ข้าวสารที่สูงตาม ไปด้วย โดยในการขัดสีข้าวเปลือก 100 กิโลกรัม นั้น พบว่าจะทำให้ได้ข้าวสาร 50 กิโลกรัม ข้าวหัก 19 กิโลกรัม รำหยาบ 10 กิโลกรัม รำละเอียด 1 กิโลกรัม และแกลบ 20 กิโลกรัม (Krochta et al.,1994) เมื่อเปรียบกับปริมาณ ข้าวสารในประเทศไทยที่ผลิตได้ในปี พ.ศ. 2560 พบว่า จะทำให้ได้ รำหยาบและรำละเอียดประมาณ 3.44 และ 0.34 ล้านตัน ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่สูงมาก ทำให้มีการนำผลพลอยได้ดังกล่าวมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ (วนิดา, 2562)

พีร์สุตา และ รักษิต (2564) ได้ศึกษาผลของเอนไซม์รวมที่รำละเอียดต่อคุณถาพซากไก่เนื้อ โดยทำการเลี้ยงไก่เนื้อพันธุ์ Ross 308 ให้กินอาหารทั้งหมด 5 สูตร คือ สูตร 1 อาหารควบคุม, สูตรที่ 2 อาหารที่เสริมรำละเอียด 7.5 เปอร์เซ็นต์ ไก่เล็กและ 12.5 เปอร์เซ็นต์ ไก่โต สูตรที่ 3 อาหารที่เสริมรำละเอียด 7.5 เปอร์เซ็นต์ และไก่โตเอนไซม์รวม, สูตรที่ 4 อาหารเสริมรำละเอียด 10 เปอร์เซ็นต์ ไก่เล็ก และ 15 เปอร์เซ็นต์ไก่โต และสูตรที่ 5 อาหารที่เสริมรำละเอียด 10 เปอร์เซ็นต์ และ 15 เปอร์เซ็นต์ไก่โต+เอมไซม์ พบว่าไม่เกิดอิทธิพลร่วมระหว่างอาหารกับเพศ ($p>0.05$) ทั้งนี้พบว่า เพศผู้และเมียอาหารทุกสูตรให้เปอร์เซ็นต์ซากสด อก สะโพก น่อง ปีก หัว คอ กึ๋น หัวใจ ไขมัน และซี่โครงไม่มีความแตกต่าง

กันทางสถิติ (P>0.05) แต่ในสูตรอาหารที่ 5 น้ำหนักก่อนเชือด น้ำหนักหลังเชือดและน้ำหนักเครื่องใน สูงกว่าอาหารทุกสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)

ตารางที่ 9 แสดงคุณค่าทางโภชนะของรำละเอียด

องค์ประกอบ	**รำละเอียด (%)**
Dry matter	91.5
Crude protein	13.0
Crude fat	13.0
Carbohydrates	
Simple sugars	0.16
Sucrose	2.69
Oligosaccharides	0.06
Starch	36.6
Fiber fractions	
Acid detergent fiber	5.12
Neutral detergent fiber	13.5
Total dietary fiber	15.5
Non-starch polysaccharides	8.85
Arabinose	1.79
Xylose	2.03
Mannose	0.19
Galactose	0.48
Glucose	3.52
Ash	7.68

ที่มา : Sanchez et.al (2019)

นันทนา และ คณะ (2553) คุณค่าทางโภชนะและค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของรำละเอียด กากเมล็ดนุ่นและกากมะพร้าวในโคเนื้อพื้นเมืองไทย ใช้อาหารที่แตกต่างกัน 4 สูตร คือ อาหารสูตรพื้นฐาน, อาหารสูตรพื้นฐานร่วมกับรำละเอียด, อาหารสูตรพื้นฐานร่วมกับกากเมล็ดนุ่น และอาหารสูตรพื้นฐานร่วมกับกากมะพร้าว กำหนดให้โคกินอาหารแบบจำกัดในปริมาณ 1.2 เท่าของความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ ผลการทดลองพบว่ารำละเอียดกากเมล็ดนุ่น และกากมะพร้าว มีค่าโภชนะที่ย่อยได้รวมทั้งหมด (74.29, 68.22 และ 51.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ค่าพลังงานที่ย่อยได้ (14.68, 9.01 และ 11.18 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (12.35, 7.44 และ 9.93 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (p>0.05)

2.3.2 ปลายข้าว

ปลายข้าว (Rice broken) เป็นผลพลอย ได้จากการสีขาว ซึ่งจะได้ส่วนของปลายข้าวประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ปลายข้าวจัดได้ว่าเป็น วัตถุดิบที่ให้โปรตีนน้อยแต่มีแหล่งของกรดอะมิโนหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ เช่น อาหารไก่และสุกร (นฤมล, 2548) ปลายข้าวเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวหลังจากผ่านกระบวนการคัดแยกและการกะเทาะเปลือกออก (ชมัยพร, 2560) ได้รายงานว่า จะได้ส่วนของปลายข้าวอยู่ ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ปลายข้าวจัดได้ว่าเป็นวัตถุดิบที่ให้พลังงานที่มีความสำคัญ โดยมีองค์ประกอบทางเคมีคือ มีความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 8 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.9 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 1.0 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 0.7 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.03 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.04 เปอร์เซ็นต์ และกรดอะมิโนที่ จำเป็น เช่น เมไธโอนีน 0.27 เปอร์เซ็นต์ ไลซีน 0.27 เปอร์เซ็นต์ และทริปโตเฟน 0.10 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น และยังมีพลังงานที่สัตว์ปีกจะใช้ได้ 3,500 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม (สำนักพัฒนาอาหารสัตว์, 2560) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดที่มีความชื้น 13 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 8 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ กรดอะมิโนที่จเป็น เช่น เมไธโอนีน 0.19 เปอร์เซ็นต์ และไลซีน 0.25 เปอร์เซ็นต์ และทริปโตเฟน 0.09 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น และมีพลังงานที่จำเป็น 3,370 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม (Verma et al., 1992) ซึ่งจะเห็นได้ว่าปลายข้าวและข้าวโพดมีคุณค่าทางโภชนะใกล้เคียงกันแต่ปลายข้าวไม่มีสารอะฟลาท็อกซิน ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์ปีกและสัตว์อื่นๆ (Anon, 2004) และยงัสามารถเก็บไวใช้ได้นานโดยไม่เหม็นหืน

ชมัยพร เภ้าอาจ (2560) ได้ศึกษาการใช้ปลายข้าวทดแทนข้าวโพดในอาหารนกกระทาเพื่อลดต้นทุนการผลิต ได้รายงานว่า ปลายข้าว (Broken rice)เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวหลังจากผ่านกระบวนการคัดแยกและการกะเทาะเปลือกออก ซึ่งจะได้ส่วนของปลายข้าวอยู่ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ปลายข้าว เป็นวัตถุดิบที่ให้พลังงานที่มีความสำคัญโดยมีองค์ประกอบทางเคมีคือ มีความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 8 เปอร์เซ็นต์ ไขมนั 0.9เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 1.0 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 0.7 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.03 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.04 เปอร์เซ็นต์ และกรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น เมไธโอนีน 0.27เปอร์เซ็นต์ ไลซีน 0.27 เปอร์เซ็นต์ และทริปโตเฟน 0.10 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 10 แสดงคุณค่าทางโภชนะของปลายข้าว

ส่วนประกอบ	**(เปอร์เซ็นต์)**
ความชื้น	12
โปรตีน	8
ไขมัน	0.9
เยื่อใย	1.0
เถ้า	0.7
แคลเซียม	0.03
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้	0.04
กรดอะมิโน	**(เปอร์เซ็นต์)**
ไลซีน	0.27
เมทไธโอนีน	0.27
เมทไธโอนีน + ซีสตีน	0.32
ทริปโตเฟน	0.10
ทรีโอนีน	0.36
ไอโซลูซีน	0.45
อาร์จินีน	0.36
ลูซีน	0.71
เฟนิลอะลานีน+ไทโรซีน	1.15
ฮิสติดีน	0.18
เวลีน	0.53
ไกลซีน	0.71

ที่มา : (กองอาหารสัตว์, 2005)

2.3.3 ข้าวโพดบด

ข้าวโพด เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในอาหารไก่ และสุกรโดยเฉพาะในอาหารไก่จะนิยมใช้มากเพราะนอก จะเป็นแหล่งให้พลังงานแล้วในข้าวโพดเมล็ดสีเหลืองยังมีแคโรทีน ซึ่งช่วยทำให้สีของเนื้อไก่ และไข่แดงเข้มขึ้น ตามความนิยมของผู้บริโภคอีกด้วย และทั้งนี้ข้าวโพดบด ยังใช้งานง่ายและให้คุณค่าทางอาหารที่สูงด้วย และมีราคาที่ไม่แพง ทำให้ประหยัดต้นทุน (bestinterfeed, 2565) ข้าวโพดที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์มีการปลูกอยู่หลายสายพันธุ์ แต่พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยคือ พันธุ์กัวเตมาลา พียี 12(Rep.1) กัวเตมาลา พีบี 12 (Rep.2) พีบี 5 ข้าวโพดเหนียว และโอเปค - 2 มีเมล็ดตั้งแต่สีขาวสีเหลืองไปจนถึงสีแดง ขนาดของเมล็ดขึ้นอยู่กับพันธุ์โดยทั่วไปจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ในช่วง 0.5-0.8 ซม. ก่อนนำมาเลี้ยงสัตว์จึงต้องบดก่อนเพื่อช่วยให้การย่อยและการผสมได้ผลดีขึ้นที่บดแล้วจะมีขนาดประมาณ

1 - 8 มม. (Goodthaifeed, 2565) ข้าวโพดบดที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในอาหารไก่ และสุกรโดยเฉพาะในอาหารไก่จะนิยมใช้มากเพราะนอก จะเป็นแหล่งให้พลังงานแล้วในข้าวโพดเมล็ดสีเหลืองยังมีแคโรทีน ซึ่งช่วยทำให้สีของเนื้อไก่ และไข่แดงเข้มขึ้น ตามความนิยมของผู้บริโภคอีกด้วย และข้าวโพดบด ยังใช้งานง่ายและให้คุณค่าทางอาหารที่สูงด้วย และมีราคาที่ไม่แพง ทำให้ประหยัดต้นทุน คุณสมบัติของข้าวโพดบด ให้พลังงานสูง มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในสุกรและสัตว์ปีเท่ากับ 3,168 และ 3,370 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม มีโปรตีนต่ำประมาณ 8 - 9 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดอะมิโนไลซีน ทริฟโตเฟน และเมทไธไอนีนต่ำ มีระดับแคลเซียมต่ำแต่ฟอสฟอรัสสูง มีไวตามินบี 1 (ไทอามิน) และไนอะซินสูงแต่ไนอะซินอยู่ในรูปที่สัตว์นำไปใช้ ข้าวโพดเมล็ดสีขาวกับสีเหลืองมีคุณค่าและปริมาณสารอาหารเหมือนกันต่างกันที่ข้าวโพดเมล็ด สีเหลืองมี ปริมาณแคโรทีนหรือไวตามินเอสูงกว่า ข้าวโพดที่มีความชื้นสูงจะขึ้นราได้ง่าย และการปนเปื้อนของสารพิษหลายชนิดโดยเฉพาะที่สำคัญ คือ อะฟลาท็อกซินซึ่งเกษตรกรควรจะระวังอย่างยิ่งในการนำมาใช้เลี้ยงสัตว์

ตารางที่ 11 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวโพด(DM basis)

ส่วนประกอบ	จินดา (2539)	กองอาหารสัตว์ (2551)	ฉัตรชัย (2552)	Delaboy et al.(2003)	Wilkerson et al.(1997)
วัตถุแห้ง	85.0	87.0	-	90.7	85.8
โปรตีนย่อยได้	6.7	-	-	-	-
โภชนะที่ย่อยได้รวม	8.7	-	-	-	-
โปรตีนรวม	3.9	2.5	6.7	3.6	10.4
ไขมัน	3.9	4.0	3.8	11.3	4.5
เยื้อใย	6.2	2.5	-	-	-
คาร์โบไฮเดรต	69.2	-	-	-	-
เถ้า	1.2	1.3	1.3	-	-
NDF	-	-	71.3	70.6	75.9
ADF	-	-	6.5	3.2	-

ที่มา : มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2.4 วัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งให้แร่ธาตุ

2.4.1 กระดูกป่น

นายอภินันท์ จันทร์ทอง (2557) ศึกษากระดูกป่นและไดแคลเซียมฟอสเฟตเป็นแหล่งแร่ธาตุที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของอาหารหรับเลี้ยงโคเนื้อเป็นแหล่งของ แคลเซี่ยมและฟอสฟอรัส ซึ่งกระดูกป่นเป็นผลพลอยได้จากโรงฆ่าสัตว์โดยการนำกระดูกมาทำให้สุกแลวบดมีองค์ประกอบทางเคมีคือความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส เท่ากับ 5.0, 13.0, 11.6, 1.0, 71.0, 27.0 และ 12.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนไดแคลเซียมฟอสเฟต แคลเซียม 24 เปอร์เซ็นต์ และ ฟอสฟอรัส 18 เปอร์เซ็นต์

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น จะเห็นได้ว่า วัตถุดิบซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเกษตร เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานสำหรับสัตว์ และพืชที่หาได้ง่ายจากท้องที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน แต่เมื่อนำมาผสมหรือเสริม ก็จะสามารถทดแทนแหล่งโปรตีนหรือแหล่งพลังงานได้ อีกทั้งเป็นการลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ การจากทดลอง รำละเอียดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีปริมาณไขมัน คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายและพลังงานรวมทั้งหมดอยู่สูง ใบไชยามีสารพิษมีสารพิษไกลโคไซค์ ที่อาจส่งผลกระทบกับสุขภาพไก่ งานวิจัยข้างต้น ทำให้เห็นว่าสามรถนำใบไชยามาใช้ทำหารสัตว์ได้ และสามารถใช้เลี้ยงไก่ตั้งแต่ 2-4 สัปดาห์ ไม่มีผลกระทบกับเปอร์เซ็นต์ซาก แหนเป็ดเมื่อนำมาผสมอาหารกไก่ไข่มีผลต่อการเพิ่มสีของไข่แดงและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ แหนแดงเป็นพืชที่หาได้ง่ายในเกือบทุกพื้นที่ของประเทศไทย เลี้ยงง่ายมีการเจริญเติบโตเร็ว และมีแหล่งโภชนะอาหารที่ดีเหมาะสำหรับนำมาเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ จากการวิเคราะห์แหนแดง อายุ 7 วันมีโปรตีนสูงถึง 29.25 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

วิธีการศึกษา

3.1 การวางแผนการทดลอง

การศึกษาคุณค่าโภชนะของ แหนแดง แหนเป็ด และใชไชยา โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design : CRD) เพื่อหาคุณค่าทางโภชนะ เถ้า, โปรตีน, ไขมัน, เยื้อใย, แคลเซียม, และฟอสฟอรัส

กลุ่มทดลองแบ่งเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 4 ซ้ำ หรือ วิเคราะห์จำนวน 4 ครั้ง ได้แก่

- กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม (อาหารสำเร็จรูปทางการค้า)
- กลุ่มที่ 2 รำละเอียด 500 กรัม ปลายข้าว 100 กรัม ข้าวโพดบด 100 กรัม กากถั่วเหลือง 100 กรัม ปลาป่น 100 กรัม กระดูกป่น 10 กรัม แหนแดง 90 กรัม
- กลุ่มที่ 3 รำละเอียด 500 กรัม ปลายข้าว 100 กรัม ข้าวโพดบด 100 กรัม กากถั่วเหลือง 100 กรัม ปลาป่น 100 กรัม กระดูกป่น 10 กรัม แหนเป็ด 90 กรัม
- กลุ่มที่ 4 รำละเอียด 500 กรัม ปลายข้าว 100 กรัม ข้าวโพดบด 100 กรัม กากถั่วเหลือง 100 กรัม ปลาป่น 100 กรัม กระดูกป่น 10 กรัม ใบไชยา 90 กรัม

ตารางที่ 12 แสดงปริมาณวัตถุดิบในการทำอาหารสัตว์

วัตถุดิบ กลุ่มที่ 1(อาหารควบคุม)	กลุ่มที่ 2 (กรัม)	กลุ่มที่ 3 (กรัม)	กลุ่มที่ 4 (กรัม)
รำละเอียด	500	500	500
ปลายข้าว	100	100	100
ข้าวโพดบด	100	100	100
กากถั่วเหลือง	100	100	100
ปลาป่น	100	100	100
กระดูกป่น	10	10	10
แหนแดง	90	0	0
แหนเป็ด	0	90	0
ใบไชยา	0	0	90
รวม	1,000	1,000	1,000

3.2 วัสดุอุปกรณ์การดำเนินงาน

1. รำละเอียด	จำนวน	1,500	กรัม
2. ปลายข้าว	จำนวน	300	กรัม
3. ข้าวโพดบด	จำนวน	300	กรัม
4. กากถั่วเหลือง	จำนวน	300	กรัม
5. ปลาป่น	จำนวน	300	กรัม
6. แหนแดง	จำนวน	90	กรัม
7. แหนเป็ด	จำนวน	90	กรัม
8. ใบไชยา	จำนวน	90	กรัม
9. กระดูกป่น	จำนวน	30	กรัม
10. ถังผสมอาหาร	จำนวน	3	ถัง
11. ตาชั่งดิจิตอล	จำนวน	1	เครื่อง

3.3 วิธีการดำเนินการ

1) นำแหนแดง แหนเป็ด และใบไชยา มาผึงแดด 2 วัน หรืออบด้วยอุณหภูมิ 60 องศา ให้มีความชื้นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์

2) นำแหนแดง แหนเป็ด และใบไชยา บดละเอียด เก็บบรรจุถุงปิดปากถุงให้สนิท

3) นำวัตถุดิบอาหารผสมมาชั่งตามอัตราส่วน ดังตาราง ที่ 1 ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน บรรจุถุง ๆ ละ 1 กิโลกรัม ปิดปากถุงให้สนิท ปล่อยทิ้งไว้อุณหภูมิปกติ ระยะเวลา 3 วัน

4) ส่งตัวอย่าง ให้กับห้องปฏิบัติการศูนย์ฝึกอบรมและวิจัยทางการเกษตร 100 ไร่ มหาลัยราชภัฏนครราชสีมา

3.3 วันเวลาและสถานที่

เริ่มดำเนินการ	วันที่ 3 มีนาคม 2565
เสร็จสิ้น	วันที่ 30 กันยายน 2565

3.4 สถานที่

บริเวณพื้นที่โซนสัตว์เลี้ยงในวิถีเกษตร สำนักงานพิพิธภัณฑ์เกษตรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว (องค์การมหาชน)

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

นำตัวอย่าง กลุ่มละ 1000 กรัม ส่งตรวจหาค่าโภชนะ และนำค่าโภชนะ จากศูนย์ฝึกอบรมและวิจัยทางการเกษตร 100 ไร่ มหาลัยราชภัฏนครราชสีมามาวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการทดลอง มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variances : ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนะ ของแหนแดง แหนเป็ด และใบไชยา ทดแทนแหล่งโปรตีนในอาหารข้น ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม คือ พบว่ามีค่า วัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย ไขมัน และ เถ้า มีค่าเท่ากับ 91.02, 18.31, 6.81, 4.48 และ 14.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

กลุ่มที่ 2 คือ รำละเอียด 500 กรัม ปลายข้าว 100 กรัม ข้าวโพดบด 100 กรัม กากถั่วเหลือง 100 กรัม ปลาป่น 100 กรัม แหนแดง 90 กรัม และกระดูกป่น 10 กรัม พบว่ามีค่า วัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย ไขมัน และ เถ้า มีค่าเท่า กับ 89.42, 16.48, 11.62, 5.26 และ 15.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สาโรช และคณะ (2542) ได้รายงานไว้ว่าแหนแดงสามารถให้ผลผลิตได้ถึง 25 เท่า ภายใน 1 เดือน จากผลการวิเคราะห์แหนแห้งที่เลี้ยง อายุ 7 วัน มีโปรตีนสูงสุดคือ 29.25 เปอร์เซ็นต์และเมื่อเยื้อใยต่ำสุด 9.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคุณค่าทางโภชนะแหนจะผันแปร ขึ้นอยู่กับตระกลูและปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำ และการปนเปื้อนโดยวัตถุอื่น เมื่อนำแหนแดงแห้งมามาเป็นผสมในอาหารสัตว์ 9 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่า วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย ไขมัน และ เถ้า มีค่าเท่ากับ 89.42, 84.26, 16.48, 42.89, 11.62, 5.26 และ 15.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปรับ on dry matter basis โปรตีนเท่ากับ 18.43 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 13 แสดงองค์ประกอบทางเคมีอาหารที่มีส่วนผสมแหนแดง 9 เปอร์เซ็นต์

องค์ประกอบเคมี	**เปอร์เซ็นต์**
DM,	89.42
OM,	84.26
CP,	16.36
CF,	11.62
EE,	5.26
Ash,	15.25
CP ปรับ on dry matter basis	18.74
NFE	42.89
ความชื้น	10.05

ประภากร (2560) ได้กล่าวว่า อาหารไก่ไข่เล็ก เป็นอาหารที่ต้องการความสมดุลของโภชนะสูง เนื่องจากอยู่ในช่วงกำลังเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณภาพของโปรตีน โดยจะผสมมีกรดอะมิโนที่สมดุลรูปแบบของอาหารส่วนใหญ่จะเป็นอาหารเม็ดบี้แตก (crumble feed) มีระดับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ อาหารไก่ไข่รุ่น โดยจะลดระดับโปรตีนในอาหารลง รูปแบบของอาหารจะเป็นอาหารเม็ดบี้แตกหรืออัดเม็ดขนาดเล็ก มีระดับโปรตีนประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ไก่ไข่ระยะวางไข่มีความต้องการแคลเซียมเพิ่มขึ้นเพื่อใช้สร้างเปลือกไข่ ความต้องการโปรตีนเพิ่มขึ้นจากระยะไก่ระยะไข่ โดยจะขึ้นอยู่กับอัตราการไข่รูปแบบ อาหารเม็ดบี อาหารผง อาหารอัดเม็ด แต่ส่วนใหญ่จะให้ในรูปอาหารผง มีระดับโปรตีนประมาณ 14.5 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 14 ระดับโปรตีนในอาหารไก่กระทงและไก่ไข่

ชนิดสัตว์ปีก	ระดับโปรตีนในอาหาร(%)
ไก่กระทง 0 - 4 สัปดาห์	23
ไก่กระทง 5 - 8 สัปดาห์	20
ไก่ไข่ 0 - 5 สัปดาห์	20
ไก่ไข่ 6 - 14 สัปดาห์	16
ไก่ไข่ 15 - 30 สัปดาห์	12
ไก่ไข่ 21 สัปดาห์ขึ้นไป	16

ที่มา: อุทัย, 2529.

ในสัตว์ปีกมีการนำแหนแดงมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผสมในอาหารเพราะว่าแหนแดงมีปริมาณโปรตีนที่ดี และสามารถใช้ในสัตว์ปีกได้สูงถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ดังรายงานของ Basak,et al.(2002) ได้รายงานการใช้ แหนแดง (A. pinnata) เพื่อทดแทนโปรตีนในสูตรอาหารไก่เนื้อ ในระดับ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร เป็นระยะเวลานาน 7 สัปดาห์ พบว่า น้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่ได้รับแหนแดงในสูตรอาหารในสัปดาห์ที่ 1-4 ไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม แต่น้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่ได้รับแหนแดงในสูตรอาหารในสัปดาห์ที่ 5-7 มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีแนวโน้มว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแหนแดงในสูตรอาหารมากขึ้นจะทำให้น้ำหนักของไก่เนื้อลดลง

กลุ่มที่ 3 คือ รำละเอียด 500 กรัม ปลายข้าว 100 กรัม ข้าวโพดบด 100 กรัม กากถั่วเหลือง 100 กรัม ปลาป่น 100 กรัม แหนเป็ด 90 กรัม และกระดูกป่น 10 กรัม พบว่ามีค่า วัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย ไขมัน และ เถ้า มีค่าเท่ากับ 89.95, 16.36, 12.95, 4.90 และ 15.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Rusoff et al. (1980) รายงานว่า แหนเป็ดเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีองค์ประกอบของโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นสูง มีปริมาณโปรตีนประมาณ 20 – 40 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยประมาณ 4 – 6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแห้งมาผสมสูตรอาหารที่ 9 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีโปรตีนเท่ากับ 16.36 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 12.95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเมื่อนำแหนเป็ดแห้งมามาเป็นผสมในอาหารสัตว์ 9 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่าวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย ไขมัน และ เถ้า มีค่าเท่ากับ 89.95, 84.75, 16.36, 42.45, 12.95, 4.90 และ 15.25 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปรับ on dry matter basis โปรตีนเท่ากับ 18.43 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 15 แสดงองค์ประกอบทางเคมีอาหารที่มีส่วนผสมแหนเป็ด 9 เปอร์เซ็นต์

องค์ประกอบเคมี	เปอร์เซ็นต์
DM,	89.95
OM,	84.75
CP,	16.36
CF,	12.95
EE,	4.9
Ash,	15.25
CP ปรับ on dry matter basis	18.43
NFE	42.45
ความชื้น	10.05

สุริยา และคณะ, 2564 ได้รายงานว่า ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่เสริมแหนเป็ดเล็กระดับ 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้มีน้ำหนักไข่สูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่เสริมแหนเป็ดเล็กระดับ 3 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่น้ำหนักไข่ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมแหนเป็ดเล็กระดับ 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p>0.05$) การเสริมแหนเป็ดเล็กเสริมในอาหารไก่ไข่ระดับ 0, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ไข่ ปริมาณการกินอาหารต่อวัน ความสูงของไข่ขาว สีของไข่แดง ค่า Haugh unit และ ความหนาของเปลือกไข่ ($p>.05$) ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าการเสริมแหนเป็ดเล็ก ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์เป็นระดับที่เหมาะสมในเสริมในอาหารไก่ไข่

กลุ่มที่ 4 คือ รำละเอียด 500 กรัม ปลายข้าว 100 กรัม ข้าวโพดบด 100 กรัม กากถั่วเหลือง 100 กรัม ปลาป่น 100 กรัม ใบไชยา 90 กรัม และกระดูกป่น 10 กรัม พบว่ามีค่า วัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย ไขมัน และ เถ้า มีค่าเท่ากับ 88.66, 16.58, 13.13, 4.54 และ 15.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สุบรรณ และคณะ (2562) ได้กล่าวถึง การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของ Babalola and Alabi (2015) พบว่าใบชายามีโปรตีน 31.14 เปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้ง และยังมีแร่ธาตุในปริมาณสูง รวมทั้งยังมีโภชนะอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ได้แก่ กรดแอสคอบิค ไทอามีน ไรโบฟลาวิน และเบต้าแคโรทีน ในปริมาณ 165, 0.12, 0.15และ 0.094 มิลลิกรัม/100กรัม จากการศึกษาเมื่อนำใบไชยาแห้งมามาเป็นผสมในอาหารสัตว์ 9 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่า วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย ไขมัน และ เถ้า มีค่าเท่ากับ 88.66, 84.5, 16.59, 40.23, 13.13, 4.54 และ 15.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปรับ on dry matter basis โปรตีนเท่ากับ 18.71 เปอร์เซ็นต์

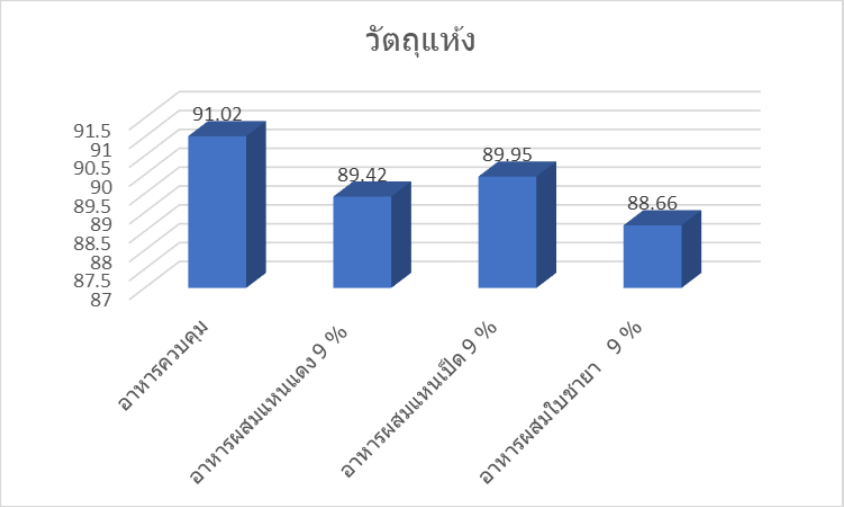
ตารางที่ 16 แสดงองค์ประกอบทางเคมีอาหารที่มีส่วนผสมใบไชยา 9 เปอร์เซ็นต์

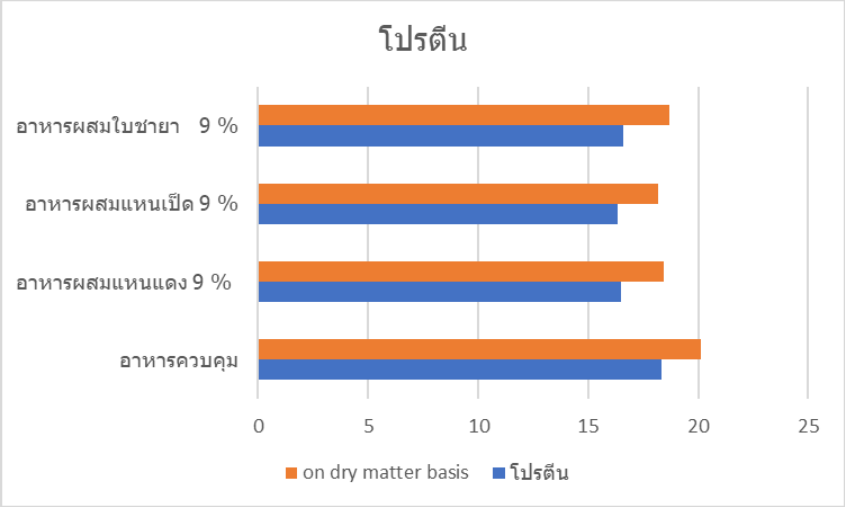
องค์ประกอบเคมี	**เปอร์เซ็นต์**
DM,	88.66
OM,	84.5
CP,	16.59
CF,	13.13
EE,	4.54
Ash,	15.50
CP ปรับ on dry matter basis	18.71
NFE	40.23
ความชื้น	10.05

ตารางที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ยคุณค่าทางโภชนะอาหาร

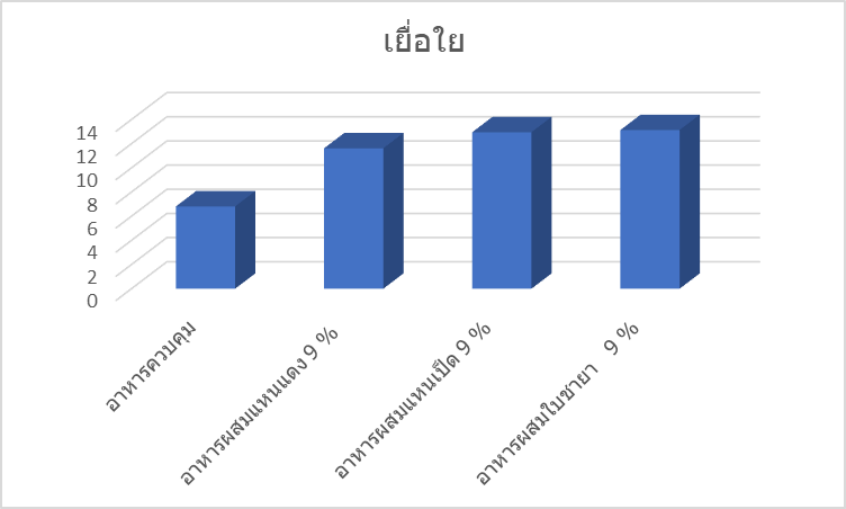
กลุ่มทดลอง	**ชนิดของโภชนะ**				
	DM (%)	CP(%)	CF(%)	EE(%)	Ash(%)
อาหารควบคุม	91.02[a]	18.31[a]	6.81[b]	4.48	14.67
อาหารที่มีส่วนผสมแหนแดง 9 %	89.42[c]	16.48[b]	11.62[a]	5.26	15.74
อาหารที่มีผสมส่วนแหนเป็ด 9 %	89.95[b]	16.36[b]	12.95[a]	4.90	15.25
อาหารที่มีผสมส่วนไชยา 9 %	88.66[d]	16.58[b]	13.13[a]	4.54	15.50

ผลจากการศึกษาคุณทางโภชนะของแหนแดง แหนเป็ด และใบไชยา ทดแทนแหล่งโปรตีนในอาหารข้น พบว่า ในกลุ่มที่ 1, 2, 3, และ 4 มีค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง เท่ากับ 91.02, 89.42, 89.95 และ 88.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

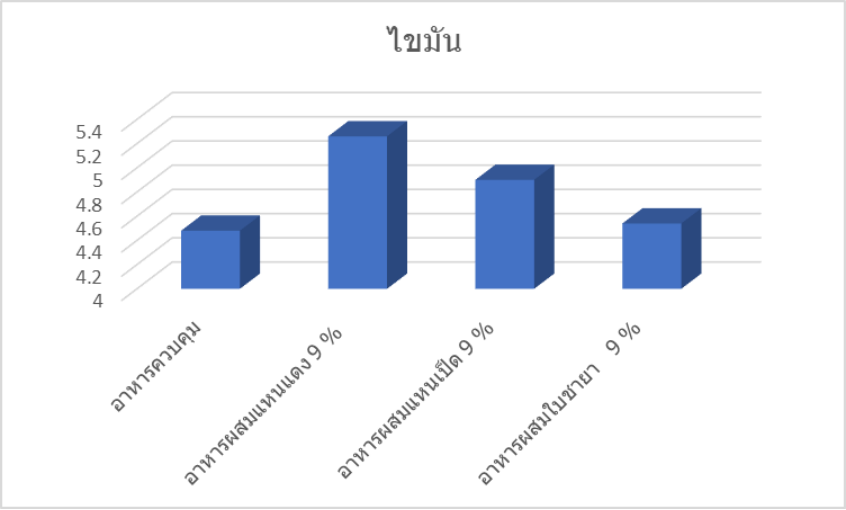




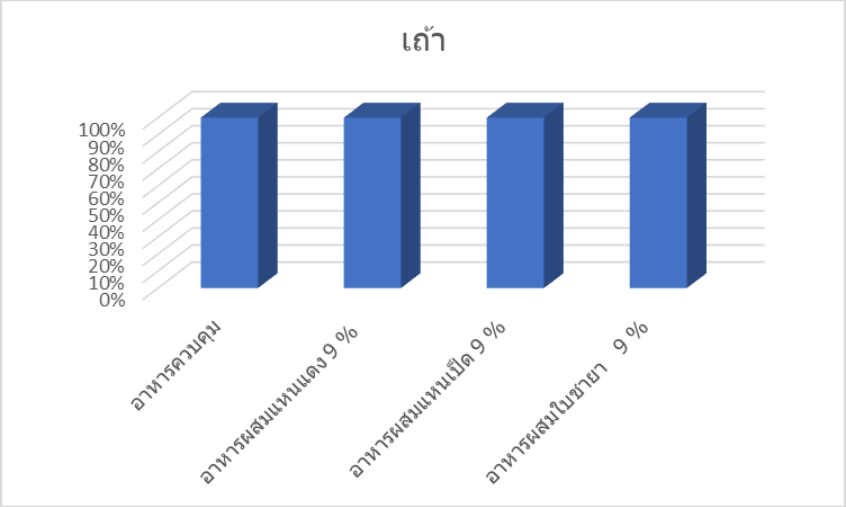
ผลจากการศึกษาคุณทางโภชนะของแหนแดง แหนเป็ด และใบไชยา ทดแทนแหล่งโปรตีนในอาหารข้น พบว่า ค่าเฉลี่ยโปรตีน ในกลุ่มอาหารควบคุมมีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 18.31 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากอาหารที่มีส่วนผสมแหนแดง 9 เปอร์เซ็นต์, แหนเป็ด 9 เปอร์เซ็นต์ และใบไชยา 9 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยโปรตีน เท่ากับ 16.48, 16.36 และ 16.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มอาหารที่มีส่วนผสม แหนแดง 9 เปอร์เซ็นต์, แหนเป็ด 9 และ ใบไชยา 9 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อปรับ on dry matter basis ระดับวัตถุแห้งที่ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 20.13, 18.43, 18.19 และ 18.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ผลการศึกษาเยื่อในอาหารข้น พบว่า ในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยเยื่อใยเท่ากับ 6.81, 11.62, 12.95 และ 13.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในกลุ่มอาหาควบคุม มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 6.81 แตกต่างจากกลุ่มที่ 2, 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 มีค่ากับ 11.62, 12.95 และ 13.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ผลการศึกษาไขมันในอาหารข้น พบว่า ในกลุ่ม 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยไขมัน เท่ากับ 4.48, 5.26, 4.90 และ 4.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม ในกลุ่มที่ 2 อาหารที่มีส่วนผสมแหนแดง 9 เปอร์เซ็นต์มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 5.26 เปอร์เซ็นต์



ผลการศึกษาเถ้ามนอาหารข้น พบว่า ในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.67, 15.74, 15.25 และ 15.50 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนะ ของแหนแดง แหนเป็ด และใบไชยา ทดแทนแหล่งโปรตีนในอาหารข้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของ โปรตีน ของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อนำมาปรับค่า on dry matter basis จะได้โปรตีน 20.13, 18.43, 18.19 และ 18.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัตว์ต้องการโปรตีนเพื่อเป็นส่วนประกอบของร่างกาย เช่น เลือด ฮอร์โมน เอ็นไซม์ กล้ามเนื้อ อวัยวะส่วนต่างๆ รวมถึงผลผลิต เช่น ไข่ นม หรืออุ้มท้อง (กรมปศุสัตว์, 2021) โดย Babalola and Alabi (2015) ได้รายงานว่า ในใบชายามีโปรตีนสูงถึง 31.14 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำใบไชยาตากแห้งผสมอาหารในกลุ่มที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงถึง 18.71 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยโปรตีนในกลุ่มที่ 2, 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) องค์ประกอบทางเคมีในอาหารสัตว์จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับวัตถุดิบอาหารและความต้องการโภชนะของสัตว์แต่ละชนิด กรมปศุสัตว์ (2021) ได้รายงานว่าโปรตีนในอาหาร สุกร 22 - 15 เปอร์เซ็นต์ ไก่เนื้อ 22 - 18 เปอร์เซ็นต์ ไก่ไข่สาว 18 - 13 เปอร์เซ็นต์ ไก่ไข่ 16-18 เปอร์เซ็นต์ อุทัย (2529) ได้รายงานว่า ไก่ไข่ระยะวางไข่ต้องการโปรตีนที่ 16 เปอร์เซ็นต์ ประภากร (2560) ได้รายงายความต้องการโภชนะไก่ไข่แต่ละช่วงอายุ ไก่ไข่เล็กต้องการโปรตีนที่ 18 เปอร์เซ็นต์ ไก่ไข่รุ่นต้องการโปรตีนที่ 15 เปอร์เซ็นต์ และไก่ไข่ระยะวางไข่ต้องการโปรตีนที่ 14.5 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการวิเคราะห์ไขมันในอาหาร พบว่า ในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 4.48, 5.26, 4.90 และ 4.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ไขมันจัดเป็นโภชนะที่มีความจำ เป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของสัตว์ ในการผลิตอาหารสัตว์มักเติม ไขมันลงในอาหารของสัตว์ เพื่อเพิ่มพลังงานในสูตรอาหาร (กรมปศุสัตว์, 2021) ผลของค่าคาร์โบไฮเดรต ของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 พบว่ามีค่าเท่ากับ 45.76, 42.89, 42.45 และ 40.23 ตามลำดับ คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานเพื่อใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต แป้งในพืช และไกลโคเจนในตับและกล้ามเนื้อของสัตว์ จะถูกย่อยสลายเป็นกลูโคส ซึ่งเป็นสารเริ่มต้นในการสร้าง ATP (บุญล้อม ,2546) ค่าเฉลี่ยเยื่อใย พบว่า มีค่าเท่ากับ 6.81, 11.62, 12.95 และ 13.13 มีความแตกต่างกันอย่างมีนับสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อาหารข้น (Concentrates) หมายถึง วัตถุดิบอาหารสัตว์หรืออาหารผสมที่มีเยื่อใยต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษา เถ้า พบว่า มีค่าเท่ากับ 14.67, 15.74, 15.25 และ 15.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อใช้แหนแดง แหนเป็ด และใบไชยาทดแทนแหล่งโปรตีนอาหารมีราคาต่ำกลุ่มควบคุม ถูกกว่า 1.66 บาทต่อกิโลกรัม หรือ ถูกกว่ากระสอบละ 49 บาท ด้วยเหตุนี้ แหนแดง แหนเป็ด และใบไชยา จึงสามารถเป็นอาหารต้นทุนต่ำและปลอดสารเร่งผลผลิต จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนะ ของแหนแดง แหนเป็ด และใบไชยา ทดแทนแหล่งโปรตีนในอาหารข้น ควรศึกษาข้อกำจัดในการใช้ ก่อนผสมวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิด การศึกษาการวิเคราะห์โภชนะอาหารสัตว์ในครั้งนี้เป็นการพัฒนาอาหารสัตว์เพื่อให้เหมาะสมกับสัตว์ละชนิดควรนำไปใช้ทดลองเลี้ยงจริงในลำดับต่อไป

นิยามศัพท์เฉพาะ

1.อาหารสัตว์ (Food or feed) หมายถึง สิ่งที่สัตว์กินเข้าไปแล้วไม่ก่อให้เกิดโทษต่อสัตว์ สามารถย่อยและดูดซึมได้ สัตว์จะเปลี่ยนอาหารให้เป็นผลผลิตต่างๆ เช่น เนื้อ นม ไข่ ขน เขา และอื่นๆ นอกจากนี้สัตว์ยังใช้อาหารเพื่อดำรงชีพและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรออีกด้วย ส่วนที่ไม่สามารถย่อยได้จะถูกขับออกจากร่างกาย (วิลัย, 2550)

2. อาหารข้น (Concentrated) หมายถึง อาหารที่มีปริมาณของโภชนะต่อหน่วยน้ำหนักสูง มีเยื่อใยต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ และมีการย่อยได้สูงกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ อาหารข้นเป็นอาหารทุกชนิดที่เราใส่เติมลงไปในสูตรอาหารเพื่อให้ได้โภชนะเบื้องต้น คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ในสูตรอาหารสูงขึ้น

บรรณานุกรม

กุลยาภัสร์วุฒิจารี, อัจฉรา พวงน้ำอ่าง, เทวนิทร์ ทองมูล และ วันดี ทาตระกูล. 2555. การใช้ประโยชน์จากแหนแดงอบแห้งในอาหารไก่เนื้อ. การประชุมวชิาการงานเกษตรนเรศวรครั้งที่ 10.

ครรชิต ชมภูพันธุ์, บัวเรียม มณีวรรณ, นรินทร์ ทองวิทยา และ กฤดา ชูเกียรศิร. 2558. ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของแหนแดงแห้งและหมักแห้งเพื่อเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่. วารสารสัตวศาสตร์แห่งประเทศไทย ปี 2. ฉบับพิเศษ 1. หน้า 313-316.

ชมัยพร เภ้าอาจ. การใช้ปลายข้าวทดแทนข้าวโพดในอาหารนกกระทาเพื่อลดต้นทุนการผลิต. 2560. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

พีร์สุตา คาภิระแปง และ นายรักษิต กล่ำทอง. 2564. ผลของการใช้เอนไซม์รวมในอาหารที่มีร าละเอียดต่อคุณภาพซากของไก่เนื้อ. คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยศิลปากรวิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี

นันทนา มูลมาตย์, Makoto Otsuka, ศุภชัย อุดชาชน และ กฤตพล สมมาตย์. 2553. การประเมินคุณค่าทางโภชนะและค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของรำละเอียด กากเมล็ดนุ่น และกากมะพร้าวในโคเนื้อพื้นเมืองไทย. นิพนธ์ต้นฉบับ. Nutritive Value and MetabolizableEnergy Evaluation of Rice Bran, หน้า 383.

นฤมล เถื่อนกูล. 2548. ปลายข้าวกับจุลินทรีย์เกี่ยวข้องกันได้อย่างไร. บทความวิชาการ. วิทย์พิบูลสาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

บุณฑริกา ทองดอนพุ่ม, กิตติมา วานิชกูล และ ลลิตา ศิริวัฒนานนท์. 2559. การประเมินคุณค่าทางทางโภชนะในอาหารที่ผลิตจากวัตถุดิบโปรตีนทดแทนจากแปลงปลูกเกษตรปลอดสารพิษต่อการเจริญเติบโตของปลานิล. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

เบสท์อินเตอร์ฟีด. 2565. ข้อจำกัดในการใช้ปลาป่น. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก https://www.bestinterfeed.com. (7 กันยายน 2565)

ปาริฉัตร ครองสิน, เมย์วิกา น้อยบัว และ ณรกมล เลาห์รอดพันธุ์. 2558. ผลของระดับแหนเป็ดเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ “พิบูลสงครามวิจัย 2558”.

โยษิตา นวลละออง, บัวเรียม มณีวรรณ์1, ทองเลียน บัวจูม และ พชรพร ตาดี. 2565. ผลของการเสริมผงกะเพราแดงและแหนเป็ดใหญ่ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่คุณภาพไข่ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และโภชนะของไข่ไก่ที่เลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย. แก่นเกษตร 50 ฉบับที่ 1. หน้า 51 - 61.

วันดี ทาตระกูล, ทินกร ทาตระกูล และ กุลยาภัสร์ วุฒิจารี. 2555. ประสิทธิภาพการย่อยได้ของแหนแดงในอาหารสุกรรุ่น. แก่นเกษตร40 ฉบับพิเศษ 2. หน้า 468-471.

เพิ่มสิน สุริยพันตรี, ศรีโตช รัฐฐา, พีรกูร อนุชานุรักษ์, สุภา ศรียงยศ และ ทิวากร อำพาพล. 2564. การใช้ใบไชยาบดผงในสูตรอาหารไก่ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและน้ำหนักซากในไก่ตะเภาแก้ว. วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี Agriculture and Technology Journal. ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2564| Vol.2 No.1 January – April 2021.

ภาณุมาศ อัมพรสวัสดิ์, จงกล พรมยะ, , บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และ ชนกันต์ จิตมนัส. 2560. ผลของแหนเป็ดสดต่อการเจริญเติบโต คุณค่าทางโภชนาการและต้นทุนการผลิตปลาดุกรัสเซียในระบบน้ำหมุนเวียน. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง ปีที่ 11. ฉบับที่ 2 กรกฎาคม -ธันวาคม 2560

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2539. การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์.ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิยาเขตกำแพงแสน , นครปฐม .193 หน้า

สุริยา แก้วกอง, สนทยา มูลศรีแก้ว, ชูศักดิ์พูลมา, กิตติยา ปังสันเทียะ, จิรวรรณ จันทวงค์ และ พิทวัส คือสูงเนิน. 2560. ผลของการเสริมแหนเป็ ดเล็ก (Lemna minor L.) ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 5, หน้าที่ 506-511.

สุบรรณ ฝอยกลาง, ศรัญญา ม่วงทิพย์มาลัย, ตะวัน คำภีร์, จุฑารักษ์ กิติยานุภาพ, ชุติกาญจน์ ศรทองแดง, เมธา วรรณพัฒน์, อานนท์ ปะเสระกัง และ อนุสรณ์ เชิดทอง. 2562. ผลของการทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยใบชายาบดต่อจลนศาสตร์การผลิตแก๊ส ความสามารถในการย่อยได้และกระบวนการหมักโดยใช้เทคนิคการผลิตแก๊ส ในหลอดทดลอง. แก่นเกษตร 47 ฉบับพิเศษ 2 : (2562).

สามคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย. 2565. ปัญหาต้นทุนวัตถุดิบอาหารสัตว์พุ่งสูง. AMARIN TV. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก https://www.amarintv.com/spotlight/insight/detail/24204. (26 กันยายน 2565)

สมาคมผู้เลี้ยงสุกรแห่งชาติ. สถานการณ์สินค้าสุกร และแนวโน้ม. 2565. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก https://www.swinethailand.com/. (3 มีนาคม 2565)

คลังความรู้SCIMATH. 2553. แหนเป็ด. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก https://www.scimath.org/article-biology/item/270-duckweed. (29 สิงหาคม 2565).

องค์การสวนพฤกษศาสตร์. 2554. แหนเป็ดใหญ่. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://www.qsbg.org/Database/Botanic_Book%20full%20option/search_detail.asp?botanic_id=1637. (5 มีนาคม 2565)

อภินันท์ จันทร์ทอง. 2557. ผลของการใช้กระดูกป่นและไดแคลเซียมฟอสเฟตขุนโคเนื้อ. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก https://agr.rmutsv.ac.th/agr/sites/default/files/banner/download-file/Student/17..pdf ผลของการใช้กระดูกป่นและไดแคลเซียมฟอสเฟตขุนโคเนื้อ.pdf. (2 มีนาคม 2565).

Goodthaifeed. 2017. กากถั่วเหลือง. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก www.goodthaifeed.com/กากถั่วเหลือง-soybean-meal.

Goodthaifeed. 2017. ปลาป่น. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก www.goodthaifeed.com/x]kxjo-soybean-meal.

Babalola, J.O. and O.O. Alabi. 2015. Effect of processing methods on nutritional composition, phytochemicals, and antinutrient properties of chaya leaf (Cnidoscolus aconitifolius). Afr. J. Food Sci. 9(12):560-565

Biplob Basak, Md. Ahsan Habib Pramanik, Muhammad Siddiqur Rahman, Sharif Uddin Tarafdar and Bimol Chandra Roy, Department of Poultry Science, Department of Dairy Science, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Bangladesh. 2002. Azolla (Azolla pinnata) as a Feed Ingredient in Broiler Ration. © Asian Netw ork for Scientific Information 2002. International Journal of Poultry Science 1. 29-34.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์วาเรียนซ์วัตถุแห้ง Analysis of Variance Table Response: dm

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
trt	5.9036	1.96788	955.34	3.64e-06 ***
Residuals	4 0.0082 0.00206			

CV = 0.05056452

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์วาเรียนซ์โปรตีน Analysis of Variance TableResponse: cp

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
trt	5.1342	1.71140	20.144	0.007075 **
Residuals	4 0.3398 0.08496			

CV = 1.720791

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์วาเรียนซ์โปรตีน Analysis of Variance Table Response: cf

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
trt	3 58.216	19.4053	35.361	0.000134 ***
Residuals	7 3.841 0.5488			

CV = 3.482162

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์วาเรียนซ์ไขมัน Analysis of Variance TableResponse: ee

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
trt	3 0.56747	0.189156	7.7476	0.1165
Residuals	2 0.04883 0.024415			

CV = 3.196471

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์วาเรียนซ์อินทรีย์วัตถุ Analysis of Variance TableResponse: om

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
trt	3 1.2664	0.42212	1.3783	0.3703
Residuals	4 1.2250 0.30625			

CV = 0.6532565

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์วาเรียนซ์เถ้า Analysis of Variance TableResponse: ash

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
trt	3 1.2664	0.42212	1.3783	0.3703
Residuals	4 1.2250 0.30625			

CV = 3.620292