

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ฉ |
| สารบัญ | ช |
| สารบัญตาราง | ญ |
| สารบัญตารางผนวก | ฎ |
| สารบัญภาพ | ณ |
| อักษรย่อ | ด |
| | |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 2 |
| 1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| | |
| บทที่ 2 การตรวจเอกสาร | 4 |
| 2.1 ลักษณะพฤกษศาสตร์ของอ้อย | 5 |
| 2.2 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาของอ้อย | 8 |
| 2.3 การใช้อ้อยทั้งต้น (Whole sugarcane plant, WSP) เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง | 15 |
| 2.4 การหาค่าการย่อยได้โดยทดลองกับสัตว์ (<i>in vivo</i> digestibility) | 17 |
| 2.5 การย่อยได้ในโคและแกะ | 18 |
| 2.6 การประเมินคุณค่าของอาหาร โดยวิธีวัดการเกิดแก๊ส (gas production method) | 20 |
| 2.7 การประเมินคุณค่าทางอาหารด้วยเทคนิคถุงไนลอน (nylon bag technique) | 21 |
| 2.8 การทำนายปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้โดยอาศัยค่าการย่อยสลายจากวิธีถุงไนลอน | 22 |
| | |
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง | 24 |
| 3.1 การหาการย่อยได้ของอาหารในโคและแกะ (<i>in vivo</i> digestibility) | 24 |
| 3.2 การศึกษาคุณสมบัติการย่อยสลายในรูเมน โดยใช้ถุงไนลอน (<i>in sacco</i> degradation characteristics) | 29 |
| 3.3 การศึกษาหาการย่อยได้แบบ <i>in vitro</i> โดยวิธี gas production | 31 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|-----------|
| 3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ | 34 |
| 3.5 สถานที่ทำการวิจัย | 34 |
| 3.6 ระยะเวลาทำทดลอง | 34 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล | 36 |
| 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อย | 36 |
| 4.2 ปริมาณต้นอ้อยแห้งที่สัตว์กินได้ (Voluntary Feed Intake) | 38 |
| 4.3 การย่อยได้และพลังงานของต้นอ้อยแห้งทดลองในโคและแกะ | 40 |
| 4.4 ลักษณะการย่อยสลายของต้นอ้อยในกระเพาะรูเมนโดยวิธีดูงในล่อน | 46 |
| 4.5 การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและพลังงานโดยวิธีวัดปริมาณแก๊ส | 49 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง | 53 |
| เอกสารอ้างอิง | 54 |
| ภาคผนวก | 59 |
| ประวัติผู้เขียน | 87 |

สารบัญตาราง

ตารางที่

| | หน้า |
|---|------|
| 1 พื้นที่ปลูกและผลผลิตอ้อยของภาคต่างๆ ในประเทศไทย Planted area and product of sugarcane in different parts of Thailand | 4 |
| 2 องค์ประกอบของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตในส่วนต่างๆ ของต้นอ้อย Composition of carbohydrate in different parts of sugarcane stalk | 6 |
| 3 ส่วนประกอบของลำต้นอ้อยและน้ำอ้อย Chemical composition of millable cane and cane juice | 7 |
| 4 องค์ประกอบเคมีของยอดอ้อย ต้นอ้อย และอ้อยทั้งต้น Chemical composition of sugarcane top, stalk and whole plant. | 10 |
| 5 ค่าเฉลี่ย(และพิสัย)ขององค์ประกอบของต้นอ้อยปอกเปลือกอย่างเดียวและเมื่อรวมกับยอดอ้อย Average values (and range) for composition of derinded sugarcane (DSC) and without and with the top | 11 |
| 6 ค่าพลังงานของยอดอ้อย ต้นอ้อย อ้อยทั้งต้น และขานอ้อย Energy values of sugarcane top (ST), stalk (SS), whole plant (WSP) and bagasse | 11 |
| 7 องค์ประกอบทางเคมีและค่าการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการของอ้อยสดทั้งต้น Chemical composition and <i>in vitro</i> dry matter digestibility of fresh sugarcane | 12 |
| 8 การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางอาหารของอ้อยภายหลังการตัดเก็บนำมากองไว้ในที่ร่ม Nutritive value changing of WSP after storage under shade | 13 |
| 9 การทำนายปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอัตราการเจริญเติบโตของโค โดยใช้ค่าลักษณะการย่อยสลายที่ได้จากสมการ และหาค่าสหสัมพันธ์ในการทำนาย Prediction of DMI and DDM and the growth rate of steers from degradation characteristic from the equation , with regression coefficients used to derive predicted value of Y variables from the factors of this equation | 23 |
| 10 องค์ประกอบทางเคมี พลังงานและน้ำตาลของต้นอ้อยสด อ้อยแห้งและอาหารข้น ที่ใช้ในการทดลอง (% วัตถุแห้ง) Chemical composition , energy and sugar content of fresh, dried sugarcane stalks (DSS) and concentrate mixture (%DM basis) | 36 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่

| | หน้า |
|--|------|
| 11 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ประกอบด้วยต้นอ้อยแห้งระดับต่างๆ Chemical composition of diets at different level of dried sugarcane stalks | 37 |
| 12 ปริมาณวัตถุดิบที่สัตว์ทดลองกินได้ในสูตรอาหารที่มีต้นอ้อยแห้งระดับต่างๆ DMI of experimental animals fed with diets at different level of dried sugarcane stalks | 38 |
| 13 สมการทำนายปริมาณวัตถุดิบที่กินได้เมื่อให้อ้อยเป็นอาหารเดียว Regression equation for prediction DMI when dried sugarcane stalks fed as sole diets | 39 |
| 14 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะและสมดุลไนโตรเจนในโคและแกะ ตลอดจน ค่าพลังงานของอาหารสูตรต่าง ๆ Digestion coefficient of nutrients, nitrogen balance and energy value of diets | 40 |
| 15 ร้อยละของโภชนะจากต้นอ้อยแห้ง การย่อยได้ของต้นอ้อยแห้งในอาหารและสมการถดถอย Percentage of nutrients from DSS, digestibility of the diets and regression equation | 43 |
| 16 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ และพลังงานของต้นอ้อยแห้งตลอดจน สมดุลไนโตรเจนในโคและแกะคำนวณจากสมการถดถอย Digestibility coefficient of nutrient, energy content of dried sugarcane stalks and nitrogen balance in cows and sheep predicted from regression equation | 44 |
| 17 พลังงานย่อยได้, พลังงานเมแทบอลิซ และพลังงานสุทธิของต้นอ้อยแห้งในโคและแกะ ที่คำนวณจาก TDN เทียบกับค่าจาก DE Digestible, metabolizable and net energy of DSS in cows and sheep calculated from TDN compared to those from DE | 45 |
| 18 สมการทำนายค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ และ โปรตีน ตลอดจนโภชนะ ย่อยได้รวม พลังงานย่อยได้ และปริมาณวัตถุดิบที่กินได้ในโคโดยใช้ค่าที่ได้จากแกะ Prediction equations for digestibility of dry matter, organic matter and crude protein as well as TDN, DE and dry matter intake for cows based upon sheep data | 45 |
| 19 ค่าร้อยละของวัตถุดิบที่หายไปของต้นอ้อยแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ Dry matter disappearance (%) of dried sugarcane stalks at various incubation time | 46 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่

| | หน้า |
|--|------|
| 20 ค่าการย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยแห้งที่วัดโดยวิธีสูงในถ่อน Degradation characteristic of dried sugarcane stalks incubated <i>in sacco</i> | 47 |
| 21 ประสิทธิภาพในการย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยแห้งที่อัตราการไหลผ่านระดับต่างๆ Effective degradation of dried sugarcane stalks at various outflow rate | 48 |
| 22 ปริมาณแก๊สจากกระบวนการย่อยสลายต้นอ้อยแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ Gas production (ml/200 mgDM) from incubated of dried sugarcane stalks at various incubation time | 49 |
| 23 ปริมาณแก๊สที่ 24 ชั่วโมง ปริมาณโปรตีน เถ้า ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ พลังงานเมแทบอลิซึม และพลังงานสุทธิ ของต้นอ้อยแห้ง Gas production at 24 hr, CP, Ash, OMD, ME and NEL of dried sugarcane stalks | 50 |
| 24 ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ พลังงานเมแทบอลิซึม และพลังงานสุทธิ จากการศึกษานโคและแกะเทียบกับที่ประเมินด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊ส OMD, ME and NEL from <i>in vivo</i> digestibility study with cows and sheep compared with the values calculated from <i>in vitro</i> gas production | 51 |
| 25 การย่อยสลายของวัตถุแห้ง และอินทรีย์วัตถุอย่างแท้จริง และ PF ของต้นอ้อยแห้ง Truly degraded DM and OM (%) and partitioning factor (PF) of dried sugarcane stalks | 51 |

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่

| | หน้า |
|--|------|
| 1 ปริมาณอาหารที่โคกินได้เต็มที่ในระยะเตรียมการ (14วัน) คิดเป็นวัตถุดิบแห้ง Amount of diet voluntary consumed by cows during 14 days of preliminary period (DM basis) | 60 |
| 2 ปริมาณอาหารที่แกะกินได้เต็มที่ในระยะเตรียมการ (14วัน) คิดเป็นวัตถุดิบแห้ง Amount of diet voluntary consumed by sheep during 14 days of preliminary period (DM basis) | 61 |
| 3 ค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้งในโคที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน Digestibility of DM of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in cattle | 62 |
| 4 ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุในโคที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน Digestibility of OM of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in cattle | 63 |
| 5 ค่าการย่อยได้ของโปรตีนในโคที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน Digestibility of CP of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in cattle | 64 |
| 6 ค่าการย่อยได้ของไขมันในโคที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน Digestibility of EE of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in cattle | 65 |
| 7 ค่าการย่อยได้ของ NDF ในโคที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน Digestibility of NDF of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in cattle | 66 |
| 8 ค่าการย่อยได้ของ ADF ในโคที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน Digestibility of ADF of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in cattle | 67 |
| 9 ค่าการย่อยได้ของ NFC ในโคที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน Digestibility of NFC of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in cattle | 68 |
| 10 ค่าโภชนะย่อยได้รวม (TDN) ในโคที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน TDN (%) of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in cattle | 69 |
| 11 ค่าพลังงานย่อยได้ในโคที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน DE (Mcal/kgDM) of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in cattle | 70 |
| 12 ค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้งในแกะที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน Digestibility of DM of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in sheep | 71 |

สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่

หน้า

| | | |
|----|--|----|
| 13 | ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุในแกะที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน Digestibility of OM of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in sheep | 72 |
| 14 | ค่าการย่อยได้ของโปรตีนในแกะที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน Digestibility of CP of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in sheep | 73 |
| 15 | ค่าการย่อยได้ของไขมันในแกะที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน Digestibility of EE of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in sheep | 74 |
| 16 | ค่าการย่อยได้ของ NDF ในแกะที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน Digestibility of NDF of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in sheep | 75 |
| 17 | ค่าการย่อยได้ของ ADF ในแกะที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน Digestibility of ADF of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in sheep | 76 |
| 18 | ค่าการย่อยได้ของ NFC ในแกะที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน Digestibility of NFC of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in sheep | 77 |
| 19 | ค่าโภชนะย่อยได้รวม (TDN) ในแกะที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน TDN (%) of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in sheep | 78 |
| 20 | ค่าพลังงานย่อยได้ในแกะที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน DE (Mcal/kgDM) of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in sheep | 79 |
| 21 | ค่าสมดุลไนโตรเจนในโคที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน Nitrogen balance of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in cattle | 80 |
| 22 | ค่าสมดุลไนโตรเจนในแกะที่ได้รับต้นอ้อยแห้งที่ระดับต่างๆ กัน Nitrogen balance of diets containing different levels of dried sugarcane stalk in sheep | 81 |
| 23 | ค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของต้นอ้อยแห้งที่หายไปทีชั่วโมงต่างๆ DM disappearance (%) of dried sugarcane stalk (DSS) at various incubation time | 82 |
| 24 | ค่าการย่อยสลายจากเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของต้นอ้อยแห้งที่หายไปทีชั่วโมงต่างๆ Degradation characteristic from DM disappearance (%) of dried sugarcane stalk (DSS) at various incubation time | 82 |

สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่

| | หน้า |
|--|------|
| 25 ค่าปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นของต้นอ้อยแห้ง (200 มก.) ที่ชั่วโมงต่างๆ Gas volume of dried sugarcane stalk (200 mg) at various incubation time (ml) | 83 |
| 26 ค่าปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นของต้นอ้อยแห้ง (500 มก.) ที่ชั่วโมงต่างๆ Gas volume of dried sugarcane stalk (500 mg) at various incubation time (ml) | 84 |
| 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบของต้นอ้อยแห้ง ในโคและแกะ Analysis of variance of dry matter digestibility of dried sugarcane stalk in cattle and sheep | 85 |
| 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุของต้นอ้อยแห้ง ในโคและแกะ Analysis of variance of organic matter digestibility of dried sugarcane stalk in cattle and sheep | 85 |
| 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนของต้นอ้อยแห้ง ในโคและแกะ Analysis of variance of crude protein digestibility of dried sugarcane stalk in cattle and sheep | 85 |
| 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันของต้นอ้อยแห้ง ในโคและแกะ Analysis of variance of ether extract digestibility of dried sugarcane stalk in cattle and sheep | 85 |
| 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ NDF ของต้นอ้อยแห้ง ในโคและแกะ Analysis of variance of neutral detergent fiber digestibility of dried sugarcane stalk in cattle and sheep | 85 |

สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่

| | หน้า |
|--|------|
| 32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ ADF ของต้นอ้อยแห้ง ในโคและแกะ Analysis of variance of acid detergent fiber digestibility of dried sugarcane stalk in cattle and sheep | 86 |
| 33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ NFC ของต้นอ้อยแห้ง ในโคและแกะ Analysis of variance of non structural carbohydrate digestibility of dried sugarcane stalk in cattle and sheep | 86 |
| 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ TDN ของต้นอ้อยแห้งในโคและแกะ Analysis of variance of total digestible nutrients of dried sugarcane stalk in cattle and sheep | 86 |
| 35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานย่อยได้ของต้นอ้อยแห้งในโคและแกะ Analysis of variance of digestible energy of dried sugarcane stalk in cattle and sheep | 86 |
| 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานเมแทบอลิซของต้นอ้อยแห้งในโคและ วิธีวัดปริมาณแก๊ส Analysis of variance of metabolizable energy of dried sugarcane stalk in cattle and gas production method | 86 |

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 1 แผนภาพชื่อชนิดของอาหารที่ได้จากอ้อยที่เป็นชื่อสามัญและชื่อสากล Common name and international feed name arise from sugarcane. | 8 |
| 2 ผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาลที่นำมาใช้เลี้ยงโคได้ (Preston and Willis, 1974) By-products for cattle feeding which arise during normal sugar production (Preston and Willis, 1974) | 14 |
| 3 การปอกเปลือกอ้อยทั้งต้นที่นำมาเลี้ยงโค (Pigden, 1972 อ้าง โดย Preston and Willis, 1974) Derinding of sugarcane for cattle feeding (Pigden, 1972 cited by Preston and Willis, 1974) | 14 |
| 4 คอกโคทดลองและอุปกรณ์ในการเก็บปัสสาวะ Cattle metabolism cage and urine collector | 35 |
| 5 กรงแกะทดลอง Sheep metabolism cage | 35 |
| 6 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างค่าการย่อยได้ของ NDF กับปริมาณ NDF ที่ได้จาก ต้นอ้อยแห้งในสูตรอาหาร Relationship between % digestibility of NDF and % NDF from dried sugarcane stalks in diets | 41 |
| 7 เปรอ์เซ็นต์การย่อยสลายของต้นอ้อยแห้งในกระเพาะรูเมนที่เวลาต่างๆ <i>In sacco</i> DM degradation (%) of dried sugarcane stalks at various incubation time | 47 |
| 8 ปริมาณแก๊สที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายของต้นอ้อยแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ Gas production (ml) of dried sugarcane stalks at various incubation time | 50 |

อักษรย่อ

| | | |
|--------------------|---|--|
| ADG | = | average daily gain |
| ADF | = | acid detergent fiber |
| ADL | = | acid detergent lignin |
| BW | = | body weight |
| BW ^{0.75} | = | metabolic bodyweight |
| CF | = | crude fiber |
| CP | = | crude protein |
| DDM | = | digestible dry matter |
| DDMI | = | digestible dry matter intake |
| DE | = | digestible energy |
| DM | = | dry matter |
| DMD | = | dry matter digestibility |
| DMI | = | dry matter intake |
| DSC | = | derinded sugarcane |
| DSS | = | dried sugarcane stalk |
| ED | = | effective degradation |
| EE | = | ether extract |
| FSS | = | fresh sugarcane stalk |
| GE | = | gross energy |
| g/d | = | gram per day |
| IVDMD | = | <i>in vitro</i> dry matter digestibility |
| IVOMD | = | <i>in vitro</i> organic matter digestibility |
| L | = | lag time |
| ME | = | metabolizable energy |
| MFP | = | metabolic fecal protein |

| | | |
|------|---|--------------------------------|
| mg | = | milligram |
| ml | = | milliliter |
| NDF | = | neutral detergent fiber |
| NDS | = | neutral detergent solution |
| NE | = | net energy |
| NEL | = | net energy for lactation |
| NFC | = | non fiber carbohydrate |
| NFE | = | nitrogen free extract |
| NPN | = | non protein nitrogen |
| OM | = | organic matter |
| OMD | = | organic matter digestibility |
| PF | = | partitioning factor |
| RDS | = | ruminal degradable substance |
| RUS | = | ruminal undegradable substance |
| SCFA | = | short chain fatty acid |
| SS | = | sugarcane stalk |
| TDDM | = | truly degraded dry matter |
| TDN | = | total digestible nutrients |
| TDOM | = | truly degraded organic matter |
| WSP | = | whole sugar cane plant |