ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
E47279

METABOLIZABLE ENERGY REQUIREMENTS AND ENERGETIC EFFICIENCY FOR GROWTH IN THAI NATIVE BEEF CATTLE

MISS NATTHAMON TANGJITWATTANACHAI

A THESIS FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
KHON KAEN UNIVERSITY
2010

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
E47279
b0025240

METABOLIZABLE ENERGY REQUIREMENTS AND ENERGETIC EFFICIENCY FOR GROWTH IN THAI NATIVE BEEF CATTLE

MISS NATTHAMON TANGJITWATTANACHAI

A THESIS FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY

KHON KAEN UNIVERSITY

2010

METABOLIZABLE ENERGY REQUIREMENTS AND ENERGETIC EFFICIENCY FOR GROWTH IN THAI NATIVE BEEF CATTLE

MISS NATTHAMON TANGJITWATTANACHAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY IN ANIMAL SCIENCE

GRADUATE SCHOOL KHON KAEN UNIVERSITY

2010

THESIS APPROVAL

KHON KAEN UNIVERSITY

FOR

DOCTOR OF PHILOSOPHY

IN ANIMAL SCIENCE

Thesis Title: Metabolizable Energy Requirements and Energetic Efficiency for Growth in Thai Native Beef Cattle

Author: Miss Natthamon Tangjitwattanachai

Thesis Examination Committee:

Assoc. Prof. Dr. Virote Pattarajinda	Chairperson
Assoc. Prof. Dr. Worapong Suriyapat	Member
Assoc. Prof. Dr. Kritapon Sommart	Member

Thesis Advisor:

..... Advisor

(Assoc. Prof. Dr. Kritapon Sommart)

....

(Assoc. Prof. Dr. Lampang Manmart) (Assoc. Prof. Dr. Anan Polthanee)

Dean, Graduate School Dean, Faculty of Agriculture

Copyright of Khon Kaen University

นัทธมน ตั้งจิตวัฒนาชัย. 2553. **ความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้และประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รศ.ดร. กฤตพล สมมาตย์

บทคัดย่อ

E 47279

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและประเมินค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทยที่เลี้ยงในสภาพเขตร้อนชื้นของประเทศไทย โดยแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1: การทดลองในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทยด้วยวิธีการชำแหละแบบเปรียบเทียบร่วมกับการวัดสมรรถนะการเจริญเติบโต และศึกษาผลของระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ต่ออัตราการเจริญเติบโต, รูปแบบกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก, แมทาบอไลท์ในกระแสเลือด และคุณภาพซากในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทย โดยใช้โคเนื้อรุ่นเพศผู้พันธุ์พื้นเมืองไทยที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 94.30 ± 16.5 กิโลกรัม จำนวน 24 ตัว ในวิธีการชำแหละแบบเปรียบเทียบ และจำนวน 18 ตัวในวิธีการวัดสมรรถนะการเจริญเติบโต ใช้แผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 6 ซ้ำ โดยกำหนดให้น้ำหนักตัวเป็นบล็อก และทำการสุ่มสัตว์ให้ได้รับระดับของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในอาหาร 3 ระดับ คือ 1.3 เท่าของระดับเพื่อการดำรงชีพ, 1.7 เท่าของระดับเพื่อการดำรงชีพ และให้กินแบบเต็มที่ โดยมีระยะเวลาทดลองนาน 136 วัน ผลการทดลองพบว่า ปริมาณการกินได้ของอาหาร, ปริมาณโภชนะที่ได้รับจากอาหาร และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเพิ่มขึ้น *(P<0.05)* ตามระดับปริมาณของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้แบบเชิงเส้นตรง พลังงานที่สูญเสียออกมาในรูปมูลและความร้อนทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น *(P<0.05)* เมื่อปริมาณของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้เพิ่มขึ้น *(P<0.05)* ปริมาณโปรตีนและไขมันที่สะสมในร่างกายเพิ่มขึ้นเมื่อเมื่อปริมาณของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้เพิ่มขึ้น และส่งผลให้ค่าพลังงานที่ร่างกายสามารถกักเก็บได้มีค่าเพิ่มสูงขึ้น *(P<0.05)* แบบเชิงเส้นตรงเมื่อปริมาณของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของพลังงานที่กินได้ที่เพิ่มสูงขึ้นไม่ส่งผลต่อกระทบต่อค่าความสามารถในการย่อยได้, รูปแบบกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก, แมทาบอไลท์ในกระแสเลือด และคุณภาพซาก *(P>0.05)*

E 47279

การประเมินค่าความต้องการพลังงานโดยการชำแหละแบบเปรียบเทียบ พบว่าเมื่อนำข้อมูลค่าพลังงานที่ร่างกายสามารถกักเก็บได้และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้มาสร้างความสัมพันธ์แบบเส้นตรงได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานที่ร่างกายสามารถกักเก็บได้ต่อพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้เป็น ER = $(0.41)_{(0.03)}$ MEI - $(199.58)_{(27.74)}$ (R^2 = 0.9134, N = 18, RSD = 3.3331, $P<0.001$) ซึ่งจากสมการนี้สามารถประเมินค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพได้เท่ากับ 485.47 KJ/kgEBW$^{0.75}$/d และพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพได้เท่ากับ 332.05 KJ/kgEBW$^{0.75}$/d, KJ/kgBW$^{0.75}$/d โดยมีค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพเท่ากับ 0.68 และค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.41 สำหรับการประเมินค่าความต้องการพลังงานด้วยวิธีการวัดสมรรถนะการเจริญเติบโต พบว่าเมื่อนำข้อมูลค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันและค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้มาสร้างความสัมพันธ์แบบเส้นตรงได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ต่ออัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเป็น MEI = $(390.61)_{(39.75)}$ + $(35.42)_{(3.49)}$ ADG (R^2 = 0.8239, N = 18, RMSE = 33.34, $P<0.001$) ซึ่งจากสมการนี้สามารถประเมินค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพได้เท่ากับ 390.61 KJ/kgBW$^{0.75}$/d และประเมินค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต 1 g/kg BW$^{0.75}$/d เท่ากับ 35.42 KJ/kgBW$^{0.75}$/d จากการทดลองครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มปริมาณพลังงานที่กินได้สามารถส่งผลให้ปริมาณพลังงานที่ร่างกายสามารถกักเก็บได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทยเพิ่มสูงขึ้น

การทดลองที่ 2: การทดลองในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพและค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทย โดยใช้วิธีการวัดพลังงานของสัตว์จากการหายใจ โดยใช้โคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทยจำนวน 15 ตัว ที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 268±26 กิโลกรัม ใช้แผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 5 ซ้ำ ทำการสุ่มสัตว์ให้ได้รับระดับของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในอาหาร 3 ระดับ คือ 1.1 เท่าของระดับเพื่อการดำรงชีพ, 1.5 เท่าของระดับเพื่อการดำรงชีพ และ 1.9 เท่าของระดับเพื่อการดำรงชีพ ผลการทดลองพบว่าปริมาณการกินได้ของอาหารและโภชนะเพิ่มสูงขึ้น($P<0.05$) เมื่อระดับพลังงานที่กินได้เพิ่มสูงขึ้น ค่าความสามารถในการย่อยได้ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นค่าความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางกลับมีค่าลดลง เมื่อค่าการกินได้ของพลังงานเพิ่มสูงขึ้น สำหรับค่าสมดุลทางพลังงาน พบว่า พลังงานที่สูญเสียในรูปของมูลและพลังงานความร้อนตลอดจนปริมาณพลังงานที่ร่างกายสามารถกักเก็บได้มีค่าเพิ่มขึ้น($P<0.05$) เมื่อพลังงานที่กินได้มีค่าเพิ่มสูงขึ้น แต่ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันในด้านของพลังงานที่สูญเสียในรูปของปัสสาวะ

E 47279

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าพลังงานที่ร่างกายสามารถกักเก็บได้และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้มาสร้างความสัมพันธ์แบบเส้นตรง พบว่า ได้ความสัมพันธ์เป็น ER = $0.5324_{(0.0895)}$-$(283.1124)_{(64.4211)}$MEI (n=15, R^2=0.7793, RSD=9.5176, *P<0.01*) ซึ่งจากสมการนี้สามารถประเมินค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพได้เท่ากับ 531.76 KJ/kgBW$^{0.75}$/d และค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.53

การทดลองที่ 3: การทดลองในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการประเมินค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทยด้วยวิธีการวิเคราะห์อภิมานจากข้อมูลการทดลองให้อาหารระยะยาวและการทดลองวัดค่าสมดุลพลังงานจากการวัดการหายใจ โดยการสังเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ใช้ชุดข้อมูลจากงานทดลองที่วัดค่าสมดุลพลังงานจำนวน 4 งานทดลอง และชุดข้อมูลจากงานทดลองที่มีการให้อาหารระยะยาว จำนวน 7 งานทดลอง โดยจัดแบ่งการประมวลผลข้อมูลเป็น 3 ประเภท คือ (1) โครุ่นเพศผู้ระยะกำลังเจริญเติบโต (2) โคเพศผู้ที่โตเต็มวัย และ (3) โคเนื้อเพศผู้รวมทั้งหมด จากการประมวลผลข้อมูล พบว่าสามารถประเมินค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพได้เท่ากับ 370.95, 527.47 และ 450.71 KJ/kgBW$^{0.75}$/d ในโครุ่นเพศผู้ระยะกำลังเจริญเติบโต โคเพศผู้ที่โตเต็มวัย และโคเนื้อเพศผู้ทั้งหมด ตามลำดับ โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานที่กักเก็บได้และพลังงานที่กินได้เป็น ER = $(-222.57)_{(79.94)}$ + $0.60_{(0.02)}$ MEI (n=34, R^2=0.70, RSD=14.48, *P<0.001*), ER = $(-283.95)_{(49.03)}$ + 0.63 $_{(0.03)}$ MEI (n=62, R^2=0.64, RSD=11.62, *P<0.001*) และ ER = $(-232.09)_{(67.80)}$ + $0.44_{(0.12)}$ MEI (n=25, R^2=0.45, RSD=8.54, *P<0.001*) ในโครุ่นเพศผู้ระยะกำลังเจริญเติบโต โคเพศผู้ที่โตเต็มวัย และ โคเนื้อเพศผู้ทั้งหมด ตามลำดับ ซึ่งสามารถประเมินค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพได้เท่ากับ 0.60, 0.44 และ 0.63 ในโครุ่นเพศผู้ระยะกำลังเจริญเติบโต โคเพศผู้ที่โตเต็มวัย และ โคเนื้อเพศผู้ทั้งหมด ตามลำดับ

จากงานทดลองให้อาหารระยะยาว สามารถประเมินค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพได้เท่ากับ 479.19, 544.09 และ 488.81 KJ/kgBW$^{0.75}$/d ในโครุ่นเพศผู้ระยะกำลังเจริญเติบโต โคเพศผู้ที่โตเต็มวัย และ โคเนื้อเพศผู้ทั้งหมด ตามลำดับ โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานที่กักเก็บได้และพลังงานที่กินได้เป็น MEI = 479.19 $_{(112.83)}$ + 27.40 $_{(9.25)}$ ADG (n=13, R^2=0.54, RSD=51.38, *P<0.05*), MEI = 544.09 $_{(86.07)}$ + 18.43 $_{(6.64)}$ ADG (n=11, R^2=0.89, RSD=63.19, *P<0.05*) และ MEI = 488.81 $_{(59.19)}$ + 26.67 $_{(5.34)}$ ADG (n=24, R^2=0.64, RSD=39.42, *P<0.001*) ในโครุ่นเพศผู้ระยะกำลังเจริญเติบโต โคเพศผู้ที่โตเต็มวัย และโคเนื้อเพศผู้ทั้งหมด ตามลำดับ

Natthamon Tangjitwattanachai. 2010. **Metabolizable Energy Requirements and Energetic Efficiency for Growth in Thai Native Beef Cattle.** Doctor of Philosophy Thesis in Animal Science, Graduate School, Khon Kaen University.

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Kritapon Sommart

ABSTRACT

E 47279

The aims of this research were to determine the metabolizable energy requirements for maintenance and for gain of Thai native cattle under humid tropical conditions in Thailand. This study consisted of 3 experiments, as follows:

Experiment 1: The objectives were to determine metabolizable energy requirements for maintenance and for gain of Thai native cattle by comparative slaughter technique and long-term feeding trial, and to study the effect of metabolizable energy intake on growth performance, nutrients digestibility, rumen fermentation, carcass traits and blood metabolites in growing Thai native cattle. Eighteen yearling male Thai native cattle were randomly allocated to one of three dietary treatments (1.3M, 1.7M and *ad libitum* intakes) in a randomized complete block design (RCBD). Animals were fed dietary energy treatments in individual pens with free access to drinking water and mineral block for 136 days. The results showed that feed intake increased significantly *($P<0.05$)* with increasing metabolizable energy intake. Average daily gain and average body size gain were increased with increasing metabolizable energy intake. The energy loss in feces, energy retention and heat production increased significantly *($P<0.05$)* with increasing metabolizable energy intake, but the energy loss in urine was not *($P>0.05$)* significantly affected with increasing metabolizable energy intake. The protein deposition, fat deposition and energy retention were influenced *($P<0.05$)* with increasing metabolizable energy intake. Digestibility of all nutrients were not influenced *($P>0.05$)* by metabolizable energy intake. Ruminal pH and ammonia nitrogen concentration were not significantly different between treatments. Blood urea nitrogen and glucose were not affected by increasing metabolizable energy intake *($P>0.05$)*. Moreover, the levels of metabolizable energy intake did not *($P>0.05$)* affect carcass traits.

E47279

From the comparative slaughter technique, the metabolizable energy requirement for maintenance and net energy requirement for maintenance of Thai native beef cattle were 485.47 KJ/kgEBW$^{0.75}$/d and 332.05 KJ/kgEBW$^{0.75}$/d, respectively. The highly significant linear relationship was obtained, ER = $(0.41)_{(0.03)}$MEI - $(199.58)_{(27.74)}$ (R^2 = 0.91, N = 18, RSD = 3.33, *P<0.01*). The efficiency of metabolizable energy for maintenance and for growth from this current study were estimated to be 0.68 and 0.41, respectively. From the long-term feeding trial, the metabolizable energy requirement for maintenance and net energy requirement for maintenance of Thai native beef cattle were 390.61 KJ/kgEBW$^{0.75}$/d. The linear relationship was obtained, MEI = $(390.61)_{(39.75)}$ + $(35.42)_{(3.49)}$ ADG (R^2 = 0.82, N = 18, RMSE = 33.34, *P<0.01*). Requirements to support growth can be estimated 1 g/kgBW$^{0.75}$ gain was 35.42 KJ/kgBW$^{0.75}$/d.

This current study showed that growth performance can be improved by increasing metabolizable energy intake, without influencing the concentration of ammonia nitrogen and blood metabolites.

Experiment 2: This study was conducted to evaluate metabolizable energy requirements for maintenance in Thai native beef cattle by using indirect calorimetry method. Fifteen Thai native beef cattle were randomly allocated to one of three dietary treatments in a completely randomized design (CRD) with 3 metabolizable energy intake (MEI) levels (1.1M, 1.5M and 1.9M) for 116 days. The oxygen consumption, carbon dioxide, and methane production were calculated for heat production measurement. The results showed that feed intake and nutrient intake were influenced *(P<0.05)* by level of metabolizable energy intake. Digestibility of all nutrients except neutral detergent fiber were not significantly *(P>0.05)* affected by the difference of metabolizable energy intake. Energy loss in feces and heat production were increased *(P<0.05)* with increasing metabolizable energy intake. Energy loss in urine was not different *(P>0.05)* across all treatments. Estimates of maintenance requirements were measured by using simple linear regression analysis (regressing nutrients intake (g/kgBW$^{0.75}$/d) against nutrients retention (g/kgBW$^{0.75}$/d)). The finding revealed that the relationships were highly significant *(P<0.01)* and the R^2 values was 0.78. A significant simple linear relationship between energy retention (ER) on metabolizable energy (MEI) were obtained, ER = $0.53_{(0.09)}$-$(283.11)_{(64.42)}$ MEI (n=15, R^2=0.78, RSD=9.52, *P<0.01*). The analysis of intercepts results in a common requirement for NE_m of 283.11 KJ/kgBW$^{0.75}$/d, and the efficiency of

E 47279

metabolizable energy for growth of 0.53. Metabolizable energy requirement for maintenance was determined to be 531.76 KJ/kgBW $^{0.75}$/d.

Experiment 3: A meta-analysis was conduct to estimate the metabolizable energy requirement in Thai native cattle. Data were extracted from 4 energy balance trial and 7 long-term feeding trial studies. A database was constructed and analyzed to determine metabolizable energy requirements (ME_m) using mixed linear model analysis by regressing energy (ER) against metabolizable energy intake (MEI) and metabolizable energy intake against average daily gain (ADG). The results of balance trial estimation, indicated that, ME_m of bull was 527.47 KJ/kgBW$^{0.75}$/d, equation obtained; ER = $(-232.09)_{(67.80)}$ + $0.44_{(0.12)}$ MEI (n=25, R^2=0.45, RSD=8.54, *P<0.01*), which is higher than that for steer of 370.95 KJ/kgBW$^{0.75}$/d, equation obtained; ER = $(-222.57)_{(79.94)}$ + $0.60_{(0.02)}$ MEI (n=34, R^2=0.70, RSD=14.48, *P<0.01*). The ME_m of pool data was 450.71 KJ/kgBW$^{0.75}$/d, equation obtained; ER = $(-283.95)_{(49.03)}$ + $0.63_{(0.03)}$MEI (n=62, R^2=0.64, RSD=11.62, *P<0.01*).

In long-term feeding trial, the ME_m was 544.09 KJ/kgBW$^{0.75}$/d for bull, 479.19 KJ/kgBW$^{0.75}$/d for steer and 488.81 KJ/kgBW$^{0.75}$/d for pool data. The following equations were obtained; MEI = $479.19_{(112.83)}$ + $27.40_{(9.25)}$ ADG (n=13, R^2=0.54, RSD=51.38, *P<0.05*) for steer, MEI = 544.09 $_{(86.07)}$ + 18.43 $_{(6.64)}$ ADG (n=11, R^2=0.89, RSD=63.19, *P<0.05*) for bull and MEI = $488.81_{(59.19)}$ + $26.67_{(5.34)}$ ADG (n=24, R^2=0.64, RSD=39.42, *P<0.01*) for pool data. In conclusion, the results from this thesis are ranged from 390.61-488.81 KJ/kgBW$^{0.75}$/d. This finding indicated that the metabolizable energy for maintenance of Thai native cattle is less than beef cattle in temperate zone approximately 7-9 %. (compared with reported by NRC (1976) (540 KJ/kgBW$^{0.75}$/d) and ARC (1980) (527 KJ/kgBW$^{0.75}$/d). The summary from this current study are demonstrate that increased energy intake level can improve energetic efficiency and tend to decreased energy loss, which involving to animal feed resources can be used with greatest effectiveness.

I wish to dedicate this thesis to my beloved parents Mr. Chatchawan and Mrs.Pekeng and respected teachers and advisors who gave me the knowledge and experience and I also wish to dedicate it to all animals used in this research.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my appreciation and sincere thanks to Assoc. Prof. Dr. Kritapon Sommart for his supervision and kindliness during my period of study. My appreciation and sincere thanks to Assoc. Prof. Dr. Virote Pattarajinda and Assoc.Prof. Dr. Worapong Suriyapat members of examination committee, for their review and comments in my work. I wish to sincerely thank Mr. Norman Mangnall at Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, for English editing my thesis.

Particular thanks are due to Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University (KKU) for their generous contributions towards the funding and facilities of the program which made this thesis possible. Furthermore, thanks are also due to all my colleagues and friends in the Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University for their assistance and friendship during my study.

Thanks are also due to Khon Kaen Animal Nutrition Research and Development Center (KKANRDC) In addition, Mr. Supachai Udchachon, Mr. Ittiphon Phaowphaisal, Mrs. Pimpaporn Pholsen, Mrs. Rumphrai Narmsilee, senior researcher and the technical laboratories staff at Animal Nutrition Division, Department of Livestock Development (DLD) of Thailand for provision of facilities and assistance during the experimental work.

I would like to express my appreciation and sincere thanks to Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS) which gave me the opportunity to participate in the Visiting Research Fellowship Program 2009 (Project Site Type), which I appreciated for the good planning and organization of the program. Additional thanks to JIRCAS President and all staff or people whom I cannot mention for their support, hard work and friendship. Special thanks are also to Dr. Makoto Otsuka and Dr. Akio Takenaka for their organization during my stay which made the experiment possible as well as being good friends.

I personally would also like to express sincere gratitude to the following persons: my husband, Mr. Denpong Sakhong, my daughter and my son, Natthanicha and Natchanon Sakhong for their stimulus and encouragement for my work, Mr. Anan Chaokaur, Mr. Arun Phromloungsri, Miss Wantanee Polviset, Mr. Peerapot Nitipot and graduate student under Sustainable Thai Beef, Dairy and Native Cattle Productivity Improvement Technology Research Program for their simplicity, generosity, hospitality, providence, sacrifice, cheerfulness, and friendship during my study.

I respectfully express my genuine gratitude to my beloved parents, Chatchawan and Pekeng Seatang and all my relatives for their support and encouragement for this study.

Natthamon Tangjitwattanachai

TABLE OF CONTENTS

	Page
ABSTRACT (IN THAI)	i
ABSTRACT (IN ENGLISH)	iv
DEDICATION	vii
ACKNOWLEDGEMENTS	viii
LIST OF TABLES	xi
LIST OF FIGURES	xiii
LIST OF ABBREVIATIONS	xiv
CHAPTER I BACKGROUND	1
1.1 Introduction	1
1.2 Objectives	3
1.3 Anticipated Outcome	3
CHAPTER II LITERATURE REVIEWS	4
2.1 Beef cattle production	4
2.2 Energy system for ruminants	10
2.3 Energy utilization in ruminants	13
2.4 Energy Requirement of ruminants	19
2.5 Factors affecting energy requirements	27
CHAPTER III EXPERIMENT 1: METABOLIZABLE ENERGY REQUIREMENT OF YEARLING THAI NATIVE CATTLE BY COMPARATIVE SLAUGHTER TECHNIQUE	30
3.1 Part 1: Metabolizable Energy Requirement for Maintenance and Growth of Yearling Thai Native Cattle by Using Feeding Trial Method	30
3.2 Part 2: Metabolizable Energy Requirement for Maintenance and Growth of Yearing Thai Native Cattle by Using Balance Trial Method	41

TABLE OF CONTENTS (CONTINUED)

	Page
3.3 Part 3: Growth Performance, Nutrients Digestibility, Rumen Fermentation and Bloodmetabolites in Yearling Thai Native Cattle Fed Various Metabolizable Energy Intake	68
CHAPTER IV EXPERIMENT 2: METABOLIZABLE ENERGY REQUIREMENT OF GROWING THAI NATIVE CATTLE BY USING INDIRECT ANIMAL CALORIMETRY	81
4.1 Introduction	81
4.2 Materials and Methods	82
4.3 Results and Discussion	86
4.4 Conclusions	92
CHAPTER V A META-ANALYSIS: METABOLIZABLE ENERGY REQUIREMENT FOR MAINTENANCE OF THAI NATIVE CATTLE FED UNDER HUMID TROPICAL CONDITION IN THAILAND	93
5.1 Introduction	93
5.2 Materials and Methods	94
5.3 Results and Discussion	97
5.4 Conclusions	102
CHAPTER VI GENERAL CONCLUSION	104
REFERENCE	106
APPENDIX	128
CURRICULUM VITAE	144

LIST OF TABLES

		Page
Table 2.1	Thai native cattle and exotic purebred or crossbred beef cattle populations in Thailand (2002-2009)	7
Table 2.2	Database of the metabolizable energy requirement for maintenance (ME_m) of cattleof various types	24
Table 3.1.1	Ingredients and chemical composition of feeds	32
Table 3.1.2	Metabolizable energy intake and average daily gain of Thai native beef cattle fed diets containing various metabolizable energy intake	36
Table 3.1.3	Description data of animals and metabolizable energy intake for prediction of metabolizable energy requirements for maintenance and for growth in Thai native beef cattle	38
Table 3.2.1	Ingredients and chemical composition of feeds	43
Table 3.2.2	Energy partition and energetic efficiency of Thai native beef cattle fed diets containing various metabolizable energy intake	49
Table 3.2.3	Empty body composition and empty body component gain of Thai native beef cattle fed diets containing various metabolizable energy intakes	51
Table 3.2.4	Carcass compositions of Thai native beef cattle fed diets containing various metabolizable energy intake	58
Table 3.2.5	Carcass quality of Thai native beef cattle fed diets containing various metabolizable energy intake	60
Table 3.2.6	Wholesale cuts and retail cut from Thai style cutting of Thai native beef cattle fed diets containing various metabolizable energy intake	61
Table 3.2.7	Effect of dietary energy intake on meat chemical composition of Thai native beef cattle	64
Table 3.2.8	Meat acceptable of Thai native beef assessed by consumer test	65
Table 3.2.9	Effect of dietary energy intake and muscle type on fatty acid composition in meat of Thai native beef cattle	66

LIST OF TABLES (CONTINUED)

		Page
Table 3.3.1	Ingredients and chemical composition of feeds	70
Table 3.3.2	Effect of metabolizable energy intake (1.3M, 1.7M and *ad libitum*) on energy partition and energetic efficiency of Thai native beef cattle	73
Table 3.3.3	Effect of metabolizable energy intake (1.3M, 1.7M and *ad libitum*) on nutrient intake and digestibility of Thai native beef cattle	75
Table 3.3.4	Effect of metabolizable energy intake (1.3M, 1.7M and *ad libitum*) on average daily gain and average body size gain of Thai native beef cattle	77
Table 3.3.5	Effect of metabolizable energy intake (1.3M, 1.7M and *ad libitum*) on ruminal pH, ammonia nitrogen, blood urea nitrogen and blood glucose concentration of Thai native beef cattle	79
Table 4.1	Ingredients and chemical composition of feed in experiment	83
Table 4.2	Nutrients intake and digestibility of Thai native cattle fed various energy levels	87
Table 4.2	Energy metabolism of Thai native cattle fed various energy levels	89
Table 5.1	Summary database of energy balance studies and long-term feeding trial Studies for prediction of metabolizable energy requirements for maintenance	100
Table 5.2	Regression of energy retention on ME intake and ME intake on average daily gain to describe energy utilization by Thai native steer and bull	101
Table 5.3	The accuracy evaluation of equations for predicted metabolizable energy requirement for maintenance of Thai native cattle	102

LIST OF FIGURES

		Page
Figure 2.1	The beef cattle population in the world (A) and beef cattle population in South-East Asia (B) in 2008 (FAOSTAT, 2009)	4
Figure 2.2	The beef cattle population in Thailand by year from 2004-2009 (adapted from DLD, 2010)	5
Figure 2.3	Beef cattle population in Thailand by regions from 2004-2009	6
Figure 2.4	The frozen beef import values of Thailand by year from 2004-2008 (adapted from DLD, 2009)	8
Figure 2.5	The energy partition and loss of energy in animal metabolism Source: Pond et al. (2005)	12
Figure 2.6	The relation between energy retention, metabolizable energy (ME) intake and fasting metabolism	15
Figure 3.1.1	Relationship between metabolizable energy intake (MEI, KJ/kgBW$^{0.75}$/d) and average daily gain (ADG, g/kgBW$^{0.75}$/d) of Thai native cattle describes equation; MEI = $(390.61)_{(39.75)}$ + $(35.42)_{(3.49)}$ ADG (R^2 = 0.8239, N = 18, RMSE = 33.34, *P<0.001*)	39
Figure 3.2.1	Relationship between energy retention (ER, KJ/kgEBW$^{0.75}$/d) and metabolizable energy intake (MEI, KJ/kgEBW$^{0.75}$/d) of Thai native cattle described by equation; ER = $(0.41)_{(0.0349)}$ MEI - $(199.58)_{(27.74)}$ (R^2 = 0.9134, N = 18, RSD = 3.3331, *P<0.001*)	53
Figure 3.2.2	Relationship between log heat production (HE, KJ/kgEBW$^{0.75}$/d) and metabolizable energy intake (MEI, KJ/kgEBW$^{0.75}$/d) of Thai native cattle describes equation; HE = $(0.0004)_{(0.00002)}$ MEI + $(2.5212)_{(0.0199)}$ (R^2 = 0.9461, N = 18, RSD = 0.0003, *P<0.001*)	55
Figure 4.1	Relationship between energy retention (ER, KJ/kgBW$^{0.75}$/d) and metabolizable energy intake (MEI, KJ/kgBW$^{0.75}$/d) describes equation, ER = $(-283.1124)_{(SE=64.4211)}$ + $0.5324_{(SE=0.0895)}$ MEI (n=15, R^2=0.7793, RSD=9.5176, *P<0.01*)	91

LIST OF ABBREVIATIONS

ADF	Acid detergent fiber
ADFI	Acid detergent fiber intake
AFFRC	Agriculture Forestry and Fisheries Research Council
AFRC	Agricultural and Food Research Council
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
ARC	Agricultural Research Council
Blk	Block
BW	Body weight
$BW^{0.75}$	Metabolic body weight
C	Carbon
°C	Degree Celsius
cal	Calorie
CH_4	Methane
cm	Centimeter
CP	Crude protein
CO_2	Carbon dioxide
CS	Comparative slaughter
DE	Digestible energy
DEI	Digestible energy intake
DLD	Department of Livestock Development
DM	Dry matter
EBW	Empty body weight
ER	Energy retention
FAOSTAT	Statistical database of Food and Agriculture Organization
FE	Fecal energy
FHP	Fasting heat production
FT	Feeding trial
g	Gram
GE	Gross energy

LIST OF ABBREVIATIONS (CONTINUED)

GEI	Gross energy intake
GLM	General linear model
HE	Heat energy
HI	Heat increment
HP	Heat production
IC	Indirect calorimetry
J	Joule
JIRCAS	Japan International Research Center for Agricultural Sciences
Kcal	Kilo calorie
k_g	Efficiency of utilization of metabolizable energy for growth
kg	Kilogram
$kgBW^{0.75}$	Kilogram of metabolic body weight
$kgEBW^{0.75}$	Kilogram of metabolic empty body weight
kgDM	Kilogram dry matter
KJ	Kilo joule
KKANRDC	Khon Kaen Animal Nutrition Research and Development Center
KKU	Khon Kaen University
k_m	Efficiency of utilization of metabolizable energy for maintenance
M	Maintenance
Max.	Maximum
ME	Metabolizable energy
ME_g	Metabolizable energy requirement for growth
MEI	Metabolizable energy intake
ME_m	Metabolizable energy requirement for maintenance
Min.	Minimum
MJ	Mega joule
MPB	Mean proportional bias
MPE	Mean prediction error
N	Nitrogen

LIST OF ABBREVIATIONS (CONTINUED)

NE	Net energy
NE_m	Net energy requirement for maintenance
NDF	Neutral detergent fiber
NDFI	Neutral detergent fiber intake
NRC	National Research Council
OMI	Organic matter intake
P	Probability
R^2	Coefficient of determination
RCBD	Randomized complete block design
RSD	Residual standard deviation
SD	Standard deviation
SEM	Standard error of mean
SI	International System of Units
TDN	Total digestible nutrients
UE	Urinary energy
WTSR	Working Committee of Thai Feeding Standards for Ruminants