บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. อุปกรณ์การทดลอง

1.1 อุปกรณ์ และเครื่องมือ

	ชื่อเครื่องมือ	โมเดล	บริษัท	ประเทศ
1.	เครื่องกลั่นโปรตีน	-	Gerhardt	เยอรมัน
2.	เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)	2842	Sarorius GmBH	เยอรมัน
3.	เครื่องเซนตริฟิวจ์ (Centrifuge)	Megafuge 1.0	Heraeus	เยอรมัน
4.	เครื่องไตเตรท	NW 2.5 mm	Brand	เยอรมัน
5.	เครื่องย่อยโปรตีน	1002 Distilling unit	Tecator	สวีเดน
6.	เครื่องย่อยเยื่อใย	EV26	Gerhardt	เยอรมัน
7.	เครื่องวอร์เทกซ์ (Vortex mixer)	G-560E	Scientific Industries Inc.	อเมริกา
8.	เครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet)	1043 Extraction unit	Tecator	สวีเดน
9.	เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	DU 7500	BECKMAN	เยอรมัน
10.	ซัคชั่น ปั๊ม (Suction pump)	VDEO530	W. Krannich	เยอรมัน
11.	ตู้อบ (Oven)	DEV	Heraeus	เยอรมัน
12.	เตาเผา (Muffle furnaces)	MR260E	Heraeus	เยอรมัน
13.	ถ้วยกระเบื้องเคลือบ	109	Haldenwanger	เยอรมัน
14.	โถดูดความชื้น (Desicator)	GL32	Glaswerk wertheim	เยอรมัน
15.	ธิมเบิล (Fat extraction thimble)	NO.2800258	Whatman	อังกฤษ
16.	บีกเกอร์ ขนาด 50, 100 และ 150 มล.	NO.1000	Pyrex	อเมริกา
17.	บีกเกอร์ ขนาด 200 มล.	NO.1005	Pyrex	อเมริกา
18.	บีกเกอร์ ขนาด 500 มล.	NO.26500	Kimax	อเมริกา
19.	บีกเกอร์ ขนาด 1000 มล.	NO.27060	Kimax	อเมริกา

20. ปิเปต (Pipett) ขนาด 1, 2 และ 5 มล.	-	Volac	อเมริกา
21. วอลูเมทริค ฟลาสค์ ขนาด 100 มล.	NS12/12	SCHOTT	เยอรมัน
22. วอลูเมทริค ฟลาสค์ ขนาด 250 มล.	NS14/23	SCHOTT	เยอรมัน
23. หลอดทดลอง ขนาด 1.2 x 10 และ 1.5 x 1.5 ซม.	No.9820	Pyrex	เยอรมัน
24. เครื่องวัดพลังงาน	C400	IKA	เยอรมัน
25. วอเตอร์บาร์ท (Water bath)	-	W. Krannich	เยอรมัน
26. เครื่องอินสตรอน (Instron)	5565	-	เยอรมัน
27. เครื่องมินอลตร้า (Minolta)	CR 300	-	ญี่ปุ่น
28. เครื่องพีเอชมิเตอร์ (pH meter)	191	Knick	เยอรมัน
29. เครื่องเตาอบไฟฟ้า (Convection oven)	-	-	ญี่ปุ่น
30. หลอดกลั่นโปรตีน (Kjeldahl flask)	-	Gerhardt	เยอรมัน
31. อุปกรณ์กรอง (Bucher Funnels)	-	Haldenwanger	เยอรมัน
32. กระดาษกรอง เบอร์ 41	-	Whatman	อังกฤษ
33. เครื่อง HPLC apparatus	MPD-2L	Shimadzu	ญี่ปุ่น
34. ไซริงค์แก้ว (Syringe Perfection)	2x0788	Shimadzu	ญี่ปุ่น
35. HPLC packed column	Inertsil C8	Shimadzu	ญี่ปุ่น
36. Column HPLC	Lichrospher RP-18	STE Co. Ltd.	เยอรมัน
37. Millipore	MPXX3001200	GL Science Inc.	ญี่ปุ่น
38. ตู้แช่แข็ง (Freeezer)	FC-27	Sharp	ไทย
39. เครื่องวัดพื้นที่ (Planimeter)	LI 3100	Li-*COR*	อเมริกา
40. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Kilogram)	No.161840	Berkel	ไทย
41. Hot plate Thermolyne	Cimarec 3	Northern chemical	ไทย
42. เตาเผาเถ้า (Thermolyne)	1300 Furnace	Sybron	เยอรมัน
43. กระบอกตวง ขนาด 10, 25 มล.	In 20 C	Witeg	เยอรมัน
44. กระบอกตวง ขนาด 50, 100 มล.	No.3022	Pyrex	อเมริกา
45. หม้ออบความดันไอน้ำ (Korimat)	KA 120	-	เยอรมัน
46. เครื่องซีล (Polysealer)	210E	Muster Mfg Co. Ltd.	-
47. เครื่องแพ็คสูญญากาศ (Webomatic)	C15-HL	Food equipment	เยอรมัน
48. เครื่องวัดรังสี (Radioimmunoassay)	1209 RACKBETA	LKB	ฟินแลนด์

Chiang Mai University

49. ตราชั่ง 500 กรัม	-	Tanita	ญี่ปุ่น

1.2 สารเคมี

ชื่อสารเคมี	เกรด	ยี่ห้อ
1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (Conc. Sulfuric acid)	Analytical reagent	Lab-scan
2. กรดไฮโดรคลอริค (Hydrochloric acid)	Analytical reagent	Lab-scan
3. น้ำกลั่น (Deionized water)	Deionized water	-
4. พูไมซ์ สโตน (Pumice stone)	Analytical reagent	BDH
5. ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	Analytical reagent	Merck
6. เมทธานอล (Methanol)	HPLC grade	Merck
7. 3-methylindole	Analytical reagent	Sigma
8. 2-methylindole	Analytical reagent	Fluka
9. เอ็นเฮปเทน (n-hexane 99 %)	HPLC grade	Lab-scan
10. อะซิโตไนไตร์ล (Acetonitrile)	HPLC grade	Merck
11. Antifoaming agent	Analytical reagent	Fluka
12. กรดอะซิติค (Acetic acid)	Analytical reagent	J.T. Baker
13. โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride)	Analytical reagent	Merck
14. คลอโรฟอร์ม (Chloroform)	Analytical reagent	Merck
15. 2-Thiobarbituric acid	Analytical reagent	Fluka
16. กรดบอริก (Boric acid)	Analytical reagent	Merck
17. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)	Analytical reagent	Merck
18. กรดไนตริก (Nitric acid)	Analytical reagent	BDH
19. โปแตสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride)	Analytical reagent	BDH
20. เอธานอล (Ethanol)	Analytical reagent	BDH
21. แอนติซีรัม (Antiserum)	Analytical reagent	-
22. ไฮโดรเจนฟอสเฟต (Hydrogen phosphate)	Analytical reagent	BDH
23. Chacoal suspention	Analytical reagent	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้สุกรลูกผสม 3 สายพันธุ์ จำนวน 36 ตัว แบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ คือ

2. การศึกษาด้านสมรรถภาพการผลิต (performance)

2.1 แผนการทดลอง

วางแผนแบบ CRD (Completely Random Design) (จรัญ, 2540) โดยใช้สุกรพันธุ์ลูกผสม 3 สายพันธุ์ (แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์ x ซีเกอร์) น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 30 กิโลกรัม จำนวน 36 ตัว โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 9, 9, 10 และ 8 ตัว ตามลำดับ เลี้ยงขังคอกเดี่ยว (ภาพที่ 15) ที่มีรางอาหารและน้ำสะอาดกินตลอดเวลา สุ่มจัดสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่ม ตามน้ำหนักที่เข้าฆ่าต่างๆ กัน ดังนี้

กลุ่มที่ 1 : นำสุกรเข้าฆ่าที่น้ำหนักเฉลี่ย 90 กิโลกรัม

กลุ่มที่ 2 : นำสุกรเข้าฆ่าที่น้ำหนักเฉลี่ย 100 กิโลกรัม

กลุ่มที่ 3 : นำสุกรเข้าฆ่าที่น้ำหนักเฉลี่ย 110 กิโลกรัม

กลุ่มที่ 4 : นำสุกรเข้าฆ่าที่น้ำหนักเฉลี่ย 120 กิโลกรัม

2.2 อาหารสัตว์ทดลอง ประกอบด้วย สูตรอาหารสุกรรุ่น (30-60 กก.) และสุกรขุน (60 กก. จนถึงเข้าฆ่าตั้งแต่ 90-120 กก.) อาหารสุกรรุ่น ประกอบด้วย อาหารพื้นฐาน ได้แก่ ข้าวโพด กากถั่วเหลือง เป็นหลัก (ตารางที่ 16) ประกอบด้วยโปรตีน 18 % พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) 3265 kcal/kg และระยะสุกรขุน ใช้ระดับโปรตีน 15 % พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) 3265 kcal/kg ให้อาหารแบบเต็มที่ (NRC, 1998)

2.3 การจัดการสุกร

สุกรจะได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ เริ่มการทดลองสุกรที่มีน้ำหนัก 30 กิโลกรัม จนกระทั่งถึงน้ำหนักเข้าฆ่าที่ 90, 100, 110 และ 120 กิโลกรัม ตามลำดับในแต่ละกลุ่มการทดลอง ทำการบันทึกข้อมูล น้ำหนักเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง รวมทั้งในแต่ละช่วงระยะการขุน สุ่มเก็บอาหารตัวอย่างมาวิเคราะห์ทางโภชนะศาสตร์

<u>การวิเคราะห์</u>

1. อัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัม/วัน) $=$ $\dfrac{\text{น้ำหนักที่เพิ่ม (กิโลกรัม)}}{\text{จำนวนวัน}}$

2. อัตราแลกเนื้อ $=$ $\dfrac{\text{น้ำหนักอาหารที่กิน (กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่ม (กิโลกรัม)}}$

2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

- กรงสำหรับชั่งน้ำหนักสุกร ขนาด 58 กิโลกรัม
- ตราชั่งอาหาร ขนาด 60 กิโลกรัม และเครื่องชั่งน้ำหนักสุกร ขนาด 175 กิโลกรัม
- เครื่องผสมอาหาร ขนาด 1000 กิโลกรัม

การบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ผล

- น้ำหนักสุกรเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง รวมทั้งในแต่ละช่วงระยะเวลาการขุน คือ 30-60 กก. และ 60 กก. จนกระทั่งน้ำหนักฆ่า ในแต่ละกลุ่ม 90, 100, 110 และ 120 กก. ตามลำดับ
- ปริมาณอาหารที่ให้และเหลือในแต่ละครั้ง
- วิเคราะห์อาหารหาปริมาณ ความชื้น วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน อินทรีย์วัตถุ เยื่อใย เถ้า โดยวิธี proximate analysis (AOAC, 1995) และค่าพลังงานในอาหาร โดยใช้ adiabatic bomb calorimeter
- การคำนวณหาปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น จำนวนวันที่เลี้ยงเฉลี่ย การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราแลกเนื้อ และต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักที่เพิ่ม 1 กก.

3. การศึกษาด้านคุณภาพซากสุกร (carcass quality)

3.1 สุกรเพศผู้

- นำสุกรเพศผู้ในแต่ละกลุ่มเข้าฆ่าที่น้ำหนักเฉลี่ย 90, 100, 110, และ 120 กก. ตามลำดับ ตามวิธีการฆ่าสุกรแบบสากล (สัญชัย, 2543) ดังภาพที่ 16 และ 17
- ชั่งน้ำหนักสุกร (live weight) ที่ผ่านการอดอาหารมาแล้วอย่างน้อย 8-12 ชม.

- ทำการบันทึกลักษณะซากต่างๆ และอวัยวะภายในในแต่ละกลุ่มน้ำหนัก
- การคำนวณเปอร์เซ็นต์ซาก (dressing percentage) ของสุกร แนะนำโดย สัญชัย (2534)

$$\text{Dressing percentage} = \frac{(\text{น้ำหนักซากสด} - 3\%\ \text{ของน้ำหนักซากสด})}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}} \times 100\%$$

$$\text{หรือ เปอร์เซ็นต์ซาก} = \frac{\text{น้ำหนักซากเย็น}}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}} \times 100\%$$

Figure 15 Boar pens in this experiment

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

Figure 16 Exsanguination of boars

Figure 17 Chilling carcass in cold storage room (3 $\pm$ 1°C)

Table 16 Feed composition for growing (30-60 kg) and finishing pigs (60-slaughter weight) diets

Ingredients	**Diets**	
	Growing diet	**Finishing diet**
Yellow corn	35.73	37.62
Broken rice	28.00	32.00
Soybean meal	23.59	14.45
Rice bran	7.00	11.00
Fish meal	2.50	2.50
Dicalcium phosphate	1.00	0.54
Tallow	0.93	0.64
Limestone	0.50	0.50
Salt	0.50	0.50
Vitamin mineral premix	0.25	0.25
Total	100.00	100.00
Cost, baht/kg[a]	7.10	6.77
Calculated Composition		
ME, kcal/kg	3265.00	3265.00
Crude protein, %	18.00	15.00
Crude Fiber, %	3.70	3.60
Crude fat, %	4.00	4.30
Calcium, %	0.65	0.50
Phosphorus, avail %	0.57	0.45
Lysine, %	1.00	0.78
Methionine + Cystine, %	0.61	0.53
Tryptophan, %	0.22	0.17
Threonine, %	0.68	0.56

[a] Compositon was based on the prices (bath/kg) when the experiment was conducted during June-November 1999.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

3.2 ศึกษาลักษณะซากบางประการ (สัญชัย, 2543)

1. ชั่งน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากสด และน้ำหนักซากเย็น (ภายหลังแช่เย็นที่ 3 °C เป็นเวลา 24 ชม.)
2. ทำการวัดความยาวซาก (carcass length) โดยวัดจากตำแหน่งซี่โครงซี่แรกถึงหัวกระดูก lumbar โดยใช้สายวัด
3. ความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย วัด 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งซี่โครงซี่แรก ซี่โครงซี่สุดท้าย และกระดูกสะโพก (lumbar) โดยใช้ backfat probe (ภาพที่ 18)
4. ส่วนเนื้อแดงที่ได้ (lean meat) เป็นการประเมินจากตารางเทียบเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง พิจารณาจาก น้ำหนักซากสด พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และความหนาของไขมันสันหลังที่ตำแหน่งซี่โครงที่ 10 และ 11
5. พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye area) จากเนื้อสันนอกบริเวณตำแหน่งซี่โครงที่ 10 และ 11 โดยใช้กระดาษลอกลาย ทำซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อใช้ในการวัดด้วยเครื่องวัดพื้นที่ (planimeter)
6. ชั่งน้ำหนักหัว อวัยวะภายในและเลือด เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมีชีวิต

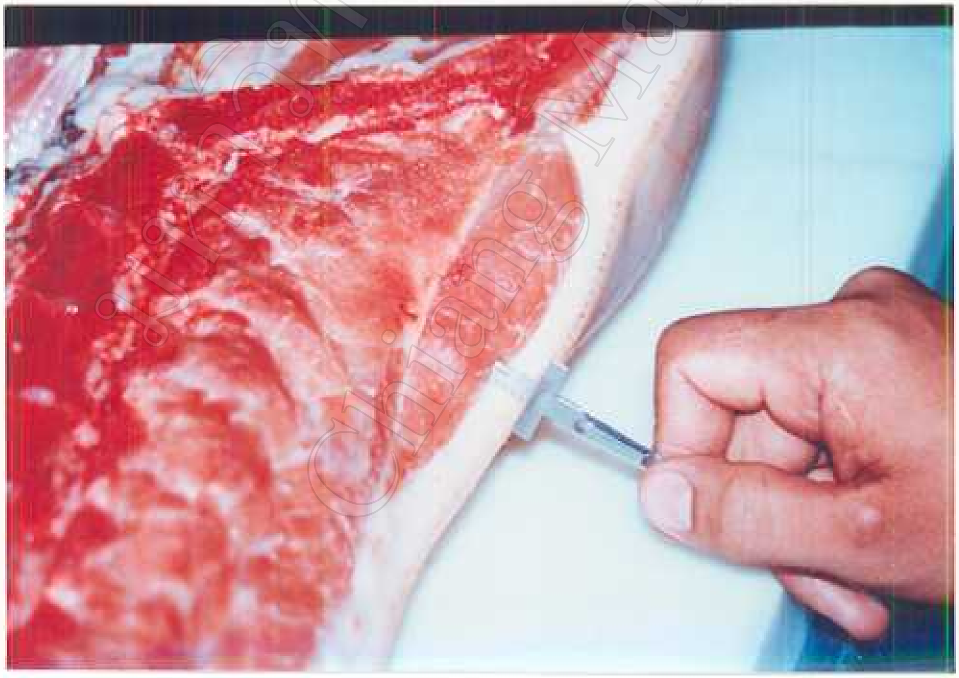

Figure 18 Backfat thickness measurement

3.3 การตัดแต่งซากสุกรแบบไทย (Thai style cutting) อ้างโดย สัญชัย (2534)

การตัดแต่งซากทั้งซีกขวา และซีกซ้าย ดังภาพที่ 19 แยกส่วนต่างๆ ของเนื้อกระดูก ไขมัน และหนัง จากนั้นชั่งน้ำหนักแต่ละชิ้นส่วนที่ได้ ทั้งเนื้อ กระดูก ไขมัน หนัง หัว เลือด

และอวัยวะภายในต่างๆ และคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น (% of chilled carcass weight)

Figure 19 Thai style cutting of boars

4. การศึกษาด้านคุณภาพเนื้อของสุกร (meat quality)

4.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH values)

สุกรที่ผ่านขบวนการฆ่าแล้ว จะถูกนำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ภายหลังจากสัตว์ตาย 45 นาที (pH_1) ด้วย pH meter (Model 191, Knick, D-Berlin) ตามขั้นตอนดังนี้ : วัดอุณหภูมิของซากก่อน ซึ่งมีค่าประมาณ 37 °C ทำการเตรียมความพร้อมของเครื่องมือใช้เครื่องวัด pH ทุกครั้ง จะต้องทดสอบปรับค่ากับสารละลาย buffer ในช่วงของสารละลายมาตรฐานของค่า pH ที่สูงและต่ำกว่า (pH = 7 และ pH = 4.01) และที่บริเวณปลายแท่ง electrode ต้องมีการแช่น้ำกลั่นทุกครั้งเมื่อมีการวัดค่า pH ส่วนการเก็บรักษาแท่ง electrode จะแช่ในสารละลาย KCl เสมอ (ภาพที่ 20)

- ทำการวัดที่ตำแหน่งกล้ามเนื้อสันนอก โดยสอดแท่ง electrode เข้ากล้ามเนื้อระหว่างซี่โครงที่ 13 และ 14 โดยแทงลึกประมาณ 4 ซม. ส่วนบริเวณสะโพก (*Semimembranosus*) แทงลึกประมาณ 4-6 ซม. ของซากสุกรซีกซ้าย ดังภาพที่ 21
- นอกจากนี้จะทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างอีกครั้ง ภายหลังจากสัตว์ตาย 24 ซม. และผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C ที่ตำแหน่งเดียวกันของซากสุกรซีกซ้าย

Figure 20 pH meter

Figure 21 pH measurement at *Semimembranosus*

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

4.2 การตัดแต่งซากสุกรแบบไทยเพื่อเก็บเนื้อและไขมันสันหลังตัวอย่าง

จากการศึกษาจะใช้ซากสุกรซีกซ้าย ทำการตัดแต่งบริเวณกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) เพื่อทำการเก็บเนื้อและไขมันสันหลังตัวอย่าง ดังนี้ (ตารางที่ 17)

Table 17 Meat and fat samples of Thai style cutting for analysis

Spare rib	Meat quality	Fat quality
9-10	Chemical composition	Fat firmness
10-11	Lean/Fat/Bone ratio	Skatole
11-12	Drip loss	Rancidity
12-13	Colour	Rest
13-14	Shear force	
14-15	Panel test	
15-16	Rest	

Figure 22 Loin chop composition of boars

4.3 ค่าสีของเนื้อ (meat colour)

ค่าสีของเนื้อสันนอกจะทำการวัดเนื้อตัวอย่างจำนวน 5-6 ตำแหน่ง ด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter CR - 300 บันทึกค่าเฉลี่ย L* (ความสว่าง), a* (แดง-เขียว), b* (เหลือง-น้ำเงิน) ดังแสดงในภาพที่ 24

Figure 23 Pork loin for colour measurement

Figure 24 Colour measurement of loin

4.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity, WHC) ซึ่งมีวิธีการวัดได้หลายแบบ คือ

4.4.1 ค่าการสูญเสียน้ำ (drip loss)

วิธีนี้ใช้ตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกหนา 2.5 ซม. ที่เก็บไว้ ทำการตัดแต่งเนื้อเยื่อไขมันออก ชั่งน้ำหนักก่อน (W_1) ห่อด้วยผ้าก๊อต และบรรจุในถุงพลาสติก ปิดปากถุงให้แน่นกันลมเข้าออก (sealed) จากนั้นใช้เชือกหรือตะขอเกี่ยวแขวนไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 25) จากนั้นจึงนำเนื้อสันออกจากถุงโดยซับของเหลวที่ติดมากับเนื้อสันด้วยกระดาษทิชชู แล้วชั่งน้ำหนักไว้ (W_2) การสูญเสียน้ำหนักหาได้โดยวิธีการของ (Honickel, 1987 อ้างโดย สัญชัย, 2543) คิดเป็นร้อยละเปอร์เซ็นต์จากการสูญเสียก่อนและหลังแช่เย็น

$$\%\ \text{drip loss} = \left\{\frac{W_1 - W_2}{W_1}\right\} \times 100$$

Figure 25 Chilled pork for drip loss measurement

4.4.2 ค่าการสูญเสียน้ำในเนื้อภายหลังการแช่แข็ง (thawing loss)

โดยการนำเนื้อตัวอย่างแช่แข็งที่ – 20 °C ตั้งไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 °C นาน 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักก่อนแช่แข็ง (W_1) และภายหลังการแช่เย็น (W_2) คิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย เช่นกัน ดังสมการ

$$\%\ \text{thawing loss} = \left\{\frac{W_1 - W_2}{W_1}\right\} \times 100$$

4.4.3 ค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการปรุงอาหาร (cooking loss)

ใช้เนื้อตัวอย่างจากการทำ thawing loss ชั่งน้ำหนักก่อน (W_1) จากนั้นจะนำเนื้อดังกล่าว ไปวัดอุณหภูมิของเนื้อ โดยใช้เข็มวัดอุณหภูมิเริ่มต้น แล้วบรรจุใส่ถุง vacuum ก่อนที่จะนำไปต้ม ใช้แท่งเหล็กที่ใช้วัดอุณหภูมิเนื้อเสียบคาไว้กับเนื้อตัวอย่าง แล้วจึงนำไปต้มในเครื่องหม้อความดันไอน้ำ (Korimat) ตั้งอุณหภูมิเครื่องไว้ที่ 80 °C และ จับเวลาในการที่จะทำให้เนื้อมีอุณหภูมิใจกลาง 72 °C จากนั้นจึงเอาออก เมื่อถึงเวลาดังกล่าว ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วจึงทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (W_2) คิดเทียบเป็นร้อยละเปอร์เซ็นต์การสูญเสียเช่นกัน ส่วนเนื้อตัวอย่างที่ได้จะบรรจุใส่ถุงพลาสติกอีกครั้งเพื่อจะนำไปใช้ในการวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่อไป

$$\%\ \text{cooking loss} = \left\{\frac{W_1 - W_2}{W_1}\right\} \times 100$$

4.4.4 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear values)

นำเนื้อสันนอกตัวอย่างที่ผ่านการวัดค่าการสูญเสียจากการปรุงอาหาร (cooking loss) มาแล้ว ใช้หัวเจาะ (core) เนื้อให้ได้ตัวอย่างประมาณ 6 ชิ้น ทำการวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ โดยเครื่อง Instron (Model 5565) ด้วยใบมีด หัววัดกำลัง 5 KN (Warner Bratzler Shear) แนะนำโดย สัญชัย (2543) ดังแสดงในภาพที่ 26

Figure 26 Shear force measurement of loin by Instron (Model 5565)

4.4.5 สัดส่วน (proportion) ของเนื้อ กระดูก ไขมัน และหนัง

เลาะแยกแต่ละส่วนที่ได้ ทั้งเนื้อแดง ไขมัน กระดูก และหนัง ทำการชั่งน้ำหนัก คิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งชิ้นของเนื้อสัน

4.4.6 คุณค่าทางโภชนะ (nutritive values) ของเนื้อและไขมัน

วิเคราะห์ทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะจากเนื้อสันนอกตัวอย่างที่ผ่านการบดละเอียดมาแล้ว วิธีของ AOAC Analysis, (1965) cited by Jon (1990)

4.4.7 การตรวจชิม (panel test)

โดยวิธีการนี้ใช้หลักการพิจารณาด้านประสาทสัมผัสทางกายภาพ และให้คะแนนลักษณะที่ใช้ในการพิจารณา ได้แก่

* สีของเนื้อ (colour) * กลิ่นและรส (flavour)
* ลักษณะเนื้อ (texure of meat) * การยอมรับหรือความพอใจโดยรวม (acceptance)

ในการทดลองนั้นใช้เนื้อสันนอกที่มีความหนา 2.5 ซม. ทำการตัดแต่งเนื้อเยื่อไขมัน และเศษเนื้อออก ชั่งน้ำหนักก่อน (W_1) หลังจากนั้น นำเนื้อตัวอย่างแต่ละกลุ่มการทดลองอบด้วยเครื่องเตาอบไฟฟ้า (convection oven) ตั้งอุณหภูมิ 200 °C กำลังไฟ 400 W วัดอุณหภูมิก่อนและหลังอบ เมื่ออุณหภูมิใจกลางเนื้อ 72 °C ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 12 นาที ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (W_2) เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียระหว่างการย่าง ดังสมการ

$$\% \text{ grilling loss} = \left\{ \frac{W_1 - W_2}{W_1} \right\} \times 100$$

จากนั้นนำเนื้อที่ได้มาตัดให้มีขนาดสม่ำเสมอกัน คือ 1.5 x 1.5 ซม. โดยใช้เขียงสำหรับตัดเนื้อที่เตรียมไว้ ดังภาพที่ 27 ใส่ในจานพลาสติกแต่ละท่าน ในการศึกษานี้จะใช้บุคคลที่ทำการคัดเลือกมาแล้ว จำนวน 6 คน สำหรับการทดสอบชิม (ภาพที่ 28) มีขั้นตอนดังนี้ แนะนำโดย ไพโรจน์ (2535)

1. ในการทดสอบชิมแต่ละครั้ง จะต้องเตรียมความพร้อมทั้ง พื้นที่ทำการชิม วาง แผนการจัดห้อง ที่นั่งแต่ละท่าน แสงไฟในห้องตรวจชิม อุปกรณ์ในการทดสอบชิม น้ำดื่ม และช่วงเวลาในการชิม ควรจะเป็นเวลาเดียวกัน ซึ่งเป็นช่วงเวลา 14.30 – 15.30 น. เพื่อใช้ในการศึกษา
2. ผู้ทดสอบชิมจะได้รับแบบฟอร์มในการให้คะแนนสำหรับการตรวจชิมเนื้อซึ่งประกอบด้วย 4 ลักษณะ คือ ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ซึ่งคะแนนจะมีตั้งแต่ 1-5 ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้ทดสอบชิม (เช่น ความนุ่ม 1 = เหนียวมาก 5 = นุ่มที่สุด)
3. ก่อนทดสอบชิม ผู้ชิมจะต้องดื่มน้ำก่อน เพื่อเป็นการล้างปากทุกครั้ง ก่อนที่จะชิมตัวอย่างต่อไป จากนั้นจึงเริ่มให้คะแนนในแต่ละลักษณะ ตัวอย่างแต่ละครั้งของการประเมินผล ไม่ควรเกิน 6 ตัวอย่าง เพื่อไม่ให้เกิดความสับสน และมีความผิดพลาดน้อยที่สุด
4. ภายหลังการตรวจชิม ควรที่จะเตรียมน้ำดื่ม และส้มเขียวหวานแก่ผู้ทดสอบชิมเพื่อเป็นการลดกลิ่น และล้างปากนั่นเอง

Figure 27 Chopping block for panel test

Figure 28 Panelist for panel test

Chiang Mai University

การตรวจชิมเนื้อ

ชื่อ ....เพศ.....................................อายุ..................

วันที่...............................

ขั้นตอนการตรวจชิมเนื้อ

1. บ้วนปากด้วยน้ำที่สะอาด
2. ชิมตัวอย่างเนื้อชิ้นแรก พร้อมกับประเมินผลของการตรวจชิมลงในฟอร์มการตรวจชิม
3. รับประทานผลไม้สลับ 1 ชิ้น
4. บ้วนปากด้วยน้ำสะอาด
5. ชิมเนื้อตัวอย่างชิ้นต่อไปและปฏิบัติตามข้อ 3, 4 และ 5 วนเวียนไปจนครบทุกตัวอย่าง

แบบประเมินผลการตรวจชิมเนื้อ

ตัวอย่างเนื้อเบอร์	ความนุ่ม	รสชาติ	ความชุ่มฉ่ำ	ความพอใจโดยรวม
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

หมายเหตุ :

ความนุ่มมี	5 ระดับ คือ	1 = เหนียวที่สุด	5 = นุ่มที่สุด
รสชาติมี	5 ระดับ คือ	1 = ไม่ดีเลย	5 = ดีที่สุด
ความชุ่มฉ่ำมี	5 ระดับ คือ	1 = แห้งที่สุด	5 = ฉ่ำที่สุด
ความพอใจโดยรวมมี	5 ระดับ คือ	1 = ไม่ชอบเลย	5 = ชอบที่สุด

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

5. การศึกษาด้านคุณภาพไขมันของสุกรเพศผู้ (fat quality)

5.1 ค่าความเข้มข้นของสกาโทล (skatole) ในไขมันสันหลัง (Dehnhard *et al.*, 1993)

อุปกรณ์และวิธีการ

- เครื่อง HPLC system (High Performance Liquid Column)
- อุปกรณ์ภายในเครื่อง L – 6000 HPLC pump, AS – 2000 autosample, L- 1050 fluorescence detector, LKB column oven, LiChrospher RP – 18 column (particle size 5 μm)
- ตัวอย่างไขมันสันหลัง ประมาณ 10 –20 กรัม ที่เก็บไว้ที่ – 20 °C

การเตรียม **internal standard** และ **mobile phase**

- เตรียมสารละลาย 2-methylindole ใน methanol จำนวน 25 นาโนกรัม
- เตรียมสารละลายกรดอะซิติค ความเข้มข้น 0.02 M : สารละลาย 2 - propanol อัตราส่วน 70:30 (v/v) สำหรับสารละลาย mobile phase

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างไขมันเพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของ Skatole

ตัวอย่างไขมันที่ผ่านความร้อน 4 นาที ที่ 180 W ด้วยไมโครเวฟ

↓

ดูดไขมันมา 100 μl ใส่ในหลอดทดลอง ที่มี n – hexane 1 มล.

↓

เติม 2 – methylindole 25 นาโนกรัม เขย่าเป็นเวลา 30 วินาที

↓

เติม acetonitrile – water (75 : 25) 1 มล. เขย่าผสม 30 วินาที

↓

centrifuge ที่ 3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที สารละลายจะถูกแยกออกเป็น 2 ชั้น

↓

ดูดสารละลาย n – hexane จะออก ส่วน acetonitrile - water ที่อยู่ชั้นล่าง ดูดใส่ autosample vials 1 มล.

↓

วิเคราะห์หาปริมาณสาร Skatole ด้วยเครื่อง HPLC (ภาพที่ 29)

นำค่าพื้นที่ใต้กราฟของสัดส่วนระหว่าง ไขมันตัวอย่าง กับ internal standard ที่ได้มาเทียบกับกราฟเส้นตรง ซึ่งเป็นกราฟของ standard curve ที่มีความเข้มข้นของระดับ Skatole ที่ 10, 100, 200 และ 400 นาโนกรัม ตามลำดับ เพื่อใช้ในการประเมินค่าความเข้มข้นของระดับ Skatole ในไขมันสันหลังตัวอย่างต่อไป ซึ่งแต่ละตัวอย่างจะทำซ้ำ 2 ซ้ำ ขึ้นไป

การตั้งระบบการทำงานของเครื่อง

- อัตราไหล : 1.1 มล./นาที
- อุณหภูมิเครื่องอบ : 50 °C
- excitation wave length : 275 nm
- emission wave length : 345 nm

Figure 29 HPLC apparatus (High Performance Liquid Chromatography)

5.2 ค่าความแน่นของไขมัน (fat firmness) อ้างโดย สัญชัย (2543)

นำตัวอย่างไขมันสันหลังที่ผ่านการแช่แข็งแล้วที่ -20 °C มาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (thaw) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาหลอมเหลวด้วยตู้อบไมโครเวฟ ที่ 450 W เป็นเวลา 12 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นดูดไขมันเหลว (molten fat) ที่ได้ ด้วย syringe glass ประมาณ 10 มล. ใส่ในขวดแก้วขนาดเล็ก จำนวน 2 หลอด นำไปเก็บแช่แข็ง ที่ – 20 °C เพื่อรอการวัด การวัดจะต้องนำขวดแก้วมาตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 45 นาที จากนั้นนำไปแช่ใน water bath ที่ 4 °C นาน 30 นาที นำไปวัดความแน่น (firmness) ด้วยเครื่อง Instron (Model 5565) ใช้หัวดันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. หัววัดกำลัง 100 N (Puncture PS STUBS, England) และกำหนดระยะทางของหัววัดจากพื้นผิวไขมัน ถึงใจกลางไขมันประมาณ 15มม. บันทึกค่าแรงที่ได้หน่วยมิลลินิวตัน (mN), พลังงาน (mJ), ระยะทาง (mm)

Figure 30 Fat firmness measurement

5.3 ค่าการหืนของเนื้อและไขมัน (rancidity) โดยวิธีของ Thiobarbituric acid (TBA test) (Rossell, 1994)

เตรียมสารละลาย Thiobarbituric acid reagent ละลายสาร thiobarbituric จำนวน 0.2883 กรัม ในสารละลายกรดอะซิติค ความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการอุ่นเบาๆ ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล. ด้วยกรดอะซิติค 90 เปอร์เซ็นต์ ใน volumetric flask ปริมาตร 100 มล.

การวิเคราะห์ โดยทำการชั่งเนื้อหรือไขมันตัวอย่างมา 10 กรัม ปั่นกับน้ำกลั่น 50 มล. เทใส่ใน distillation flask ล้างด้วยน้ำกลั่นอีกจำนวน 47.5 มล. เติมสารละลายกรดเกลือ (HCl) ความเข้มข้น 4 (N) โมลาร์ 2.5 มล. เพื่อเป็นการปรับ pH 1.5 จากนั้นจึงเติม anti foaming เพื่อป้องกันการเกิดฟองระหว่างการกลั่น ทำการกลั่นจนได้ของเหลว 50 มล. (ภายในเวลา 10 นาที หลังเดือด) ปิเปตของเหลวที่ได้ 5 มล. ใส่ในหลอดแก้วที่มีฝาปิด เติมสารละลาย TBA ที่เตรียมไว้จำนวน 5 มล. ปิดฝา นำไปต้มน้ำเดือด 35 นาที รอให้เย็น เขย่าแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank คำนวณค่า TBA ดังสมการ

$$TBA\ value = 7.8 \times O.D.\ (mg\ malonaldehyde/kg)$$

Figure 31 Spectrophotometer for measuring rancidity in meat and fat

Figure 32 Serum sample for measuring testosterone by RIA test

Figure 33 Radioimmunoassay (RIA)

Chiang Mai University

การวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในซีรัม (blood serum) (Wasser *et al.*, 1993)

ซีรัม 100 μl เติม ethanol 3 ml

↓ เขย่าต่อเนื่องเป็นเวลา 30 วินาที

centrifuge 1000 rpm 10 นาที

↓

เจือจาง Supernatant ด้วย PBS 1 : 20

↓

ตัวอย่างซีรัม (ภาพที่ 32) สารละลายมาตรฐาน 50 μl

↓

เติม antiserum 100 μl

↓ Vortex, ทิ้งไว้ 1 ชม.4 °C

เติม ^{3}H-P$_{4}$ (hydrogen phosphate) 100 μl

↓ Vortex, 4 °C overnight

เติม chacoal suspention 250 μl

↓ Vortex, ทิ้งไว้ 20 นาที 4 °C

Centrifuge 3000 x g 4 °C, 15 นาที

↓

แยกส่วนที่เป็น bound form ออกมา

↓

เติมสารละลาย Scintillation 1 ml

↓ Vortex, เก็บไว้ในที่มืด overnight

นำไปวัดพลังงานรังสีด้วยเครื่อง 1209 RACKBETA (ภาพที่ 33)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

การวิเคราะห์ทางสถิติ

1. ทดสอบความแปรปรวนของประชากรโดยวิธี Levene test for Homogeneity of Variances
2. วิเคราะห์ความแปรปรวนของ สมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ คุณภาพไขมัน โดยวิธี One – way Analysis of Variance (กรณีความแปรปรวนเท่ากัน) และโดยวิธี Kruskal – Wallis H test (กรณีความแปรปรวนไม่เท่ากันและข้อมูลที่ต้องทดสอบคือ สถิตินอนพาราเมตริกซ์)
3. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference Test (จรัญ, 2540) โดยใช้โปรแกรม SPSS/for windows (กัลยา, 2542)

สถานที่ทำการวิจัยและรวบรวมข้อมูล

1. สถานที่ใช้ในการทดลองหมวดสุกร และวิเคราะห์โภชนะในอาหารสัตว์ทดลอง ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. ทำการศึกษาลักษณะซากสุกรที่ศูนย์ฝึกอบรมเทคโนโลยีเนื้อสัตว์แห่งชาติ (National Meat Technology and Training Center) ถนนห้วยแก้ว ต. สุเทพ อ. เมือง จ. เชียงใหม่
3. ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
4. ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาการดำเนินงาน	การศึกษาและการทำงาน
เดือนมิถุนายน – พฤศจิกายน 2542	ทำการเลี้ยงสุกร และวิเคราะห์อาหารทดลอง
เดือนพฤศจิกายน 2542	ฆ่าสุกร เพื่อศึกษาคุณภาพซาก
เดือนธันวาคม 2542 - มีนาคม 2543	ศึกษาคุณภาพเนื้อสุกร
เดือนมีนาคม - เมษายน 2543	ศึกษาคุณภาพไขมันสุกรในบางส่วน
เดือนเมษายน 2543 – กุมภาพันธ์ 2544	ทำการประเมินระดับสาร Skatole ในไขมันสันหลัง โดยใช้เครื่อง HPLC และรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล