

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 โปรตีน (Protein)

โปรตีนเป็นสารอาหารที่สำคัญตัวหนึ่ง ทั้งนี้เพราะโปรตีนทำหน้าที่สำคัญหลายอย่างในร่างกาย เช่น เป็นส่วนประกอบหลักของกล้ามเนื้อและอวัยวะในต่างๆ ของร่างกาย เป็นส่วนประกอบสำคัญของเม็ดเลือดแดง ภูมิคุ้มกันของร่างกายต่อเชื้อโรคหรือต่อสารแปลกปลอมอื่นๆ ซึ่งเป็นโปรตีนอยู่ในน้ำเลือด เอนไซม์ทุกตัว และฮอร์โมนในร่างกาย โปรตีนยังทำหน้าที่สำคัญอื่นๆ ต่อร่างกายอีกมากมาย นอกจากนี้โปรตีนยังเป็นส่วนประกอบของผลผลิตของสัตว์ชนิดต่างๆ เช่น ไข่ นม ขน กีบ คิวหนัง และอื่นๆ ดังนั้นโปรตีนจึงจำเป็นที่สัตว์ต้องได้รับจากอาหารสม่ำเสมอและในปริมาณที่พอเพียงสำหรับการเจริญเติบโต และการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย (สาโรช และ เขามาลัย, 2530; สุชีพ, 2522; อุทัย, 2529; NRC, 1988; Cunha, 1977)

2.1.1 ส่วนประกอบทางเคมีของโปรตีน

โปรตีนเป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ที่ซับซ้อนมาก ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไนโตรเจน ไฮโดรเจน และออกซิเจน นอกจากนี้ยังมีธาตุกำมะถัน ฟอสฟอรัส เหล็ก ทองแดง และแมงกานีส อยู่บ้างเล็กน้อย (Cunha, 1977) โปรตีนมีไนโตรเจนในปริมาณมาก และมีสัดส่วนค่อนข้างคงที่ คือ ประมาณ 16% หน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของโปรตีน คือ กรดอะมิโน (Amino acid) ซึ่งต่อกันแบบ Peptide linkage เหมือนลูกโซ่ที่ติดต่อกันเป็นสายยาว หรืออาจจะพันไปพันมารวมกันเป็นกลุ่ม เป็นเกลียว หรือขดเป็นวง เพราะมีการเชื่อมกันระหว่างกรดอะมิโนด้วย Hydrogen bond หรือ Disulfide linkage (Pfander, 1969)

โปรตีนเป็น Polymer ของกรดอะมิโน กรดอะมิโนที่พบในธรรมชาติมีประมาณ 100 ชนิด ดังนั้นจึงสามารถต่อกันเกิดเป็นโปรตีนได้หลายชนิดไม่มีที่สิ้นสุด จึง

ทำให้โปรตีนแต่ละชนิดมีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวและไม่ซ้ำกัน ซึ่งจะถูกกำหนดโดยสาย Nucleotides ใน DNA โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของพืชหรือสัตว์จะเกิดขึ้นจากการต่อกันของกรดอะมิโน 22 ชนิด การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของสัตว์จะขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดอะมิโนในระดับเซลล์ที่จะเพียงพอในการนำไปสังเคราะห์โปรตีน (Easter, 1986)

กรดอะมิโนประมาณครึ่งหนึ่งของร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นเอง โดยขบวนการเมตาโบลิซึมของเซลล์โดยผ่านตัวกลางต่างๆ กรดอะมิโนกลุ่มนี้เรียกว่า กรดอะมิโนชนิดไม่จำเป็น (Non-essential amino acid) และส่วนกรดอะมิโนที่เหลือจำเป็นต้องได้รับจากภายนอกเรียกว่า กรดอะมิโนชนิดจำเป็น (Essential amino acid) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงกรดอะมิโนที่จำเป็นและไม่จำเป็น

กรดอะมิโนที่จำเป็น	กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น
Lysine	Glycine ^{1/}
Tryptophan	Serine ^{2/}
Methionine	Alanine
Valine	Norleucine
Histidine	Aspartic acid
Phenylalanine	Glutamic acid
Leucine	Hydroxyglutamic acid
Isoleucine	Cystine ^{3/}
Threonine	Citrulline
Arginine	Proline ^{4/}
	Hydroxyproline
	Tyrosine ^{5/}

1/ จำเป็นสำหรับไก่

2/ จำเป็นสำหรับไก่

3/ สามารถใช้ทดแทน Methionine ได้ 50-70%

4/ จำเป็นสำหรับไก่

5/ สามารถใช้ทดแทน Phenylalanine ได้ 30%

ที่มา : ดัดแปลงจาก Cunha (1977); Lewis and Annison (1974); NRC (1988); Wiseman (1987)

2.1.2 คุณภาพของโปรตีน

เมื่อโปรตีนจากอาหารผ่านเข้าสู่ระบบย่อยอาหาร โปรตีนจะถูกย่อยออกเป็นหน่วยย่อยของการคละมิโน แล้วกรดอะมิโนเหล่านี้จะรวมกันขึ้นใหม่เป็นโปรตีนของกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อต่างๆ ซึ่งมีเนื้อเยื่อแต่ละชนิดของร่างกายจะประกอบด้วยกรดอะมิโนเฉพาะอย่างที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นถ้าหากขาดกรดอะมิโนตัวใดตัวหนึ่งที่แตกต่างกันดังกล่าว โดยเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็นซึ่งร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้ ร่างกายอาจไม่สร้างกล้ามเนื้อหรือโปรตีนขึ้นได้ คือ การขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นตัวใดตัวหนึ่ง ย่อมมีผลให้จำกัดการใช้กรดอะมิโนตัวอื่นๆ ดังนั้นโปรตีนที่จะทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตดีและผลผลิตสูงนั้น นอกจากจะมีในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการแล้ว กรดอะมิโนที่จำเป็นจะต้องมีอยู่ในปริมาณและสัดส่วนที่เหมาะสมกับความต้องการด้วย จึงจะถือว่าเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี (NRC, 1979) ในทางตรงกันข้าม หากโปรตีนในอาหารประเภทใดมีปริมาณและสัดส่วนของกรดอะมิโนที่จำเป็นมีในอาหารน้อยกว่าความต้องการของสัตว์ ร่างกายสามารถนำโปรตีนในอาหารนั้นมาไปใช้ได้น้อย สัตว์จะมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ จัดได้ว่าเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพเลว เช่น โปรตีนในเมล็ดธัญพืชต่างๆ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ปลายข้าว รำข้าว เป็นต้น ดังนั้นการใช้เมล็ดธัญพืชเหล่านี้แต่เพียงอย่างเดียวเลี้ยงสัตว์ มักจะทำให้ขาดกรดอะมิโนที่จำกัดได้ เพราะเมล็ดธัญพืชแต่ละชนิดจะมีกรดอะมิโนที่จำกัดแตกต่างกัน ดังตารางที่ 2 โดยเฉพาะสัตว์ระยะเจริญเติบโตซึ่งมีการสะสมโปรตีนในร่างกายสูง จะมีผลให้อัตราการเจริญเติบโตช้าลง ในทางปฏิบัติเราจะต้องปรับปรุงคุณภาพของโปรตีนในเมล็ดธัญพืชให้สูงขึ้น ซึ่งอาจจะทำได้โดยผสมเมล็ดธัญพืชกับอาหารโปรตีนคุณภาพดี เช่น กากถั่วเหลือง ปลาป่น หรือโดยการเสริมกรดอะมิโนตัวที่ขาดหรือมีไม่พอกับความต้องการด้วยกรดอะมิโนสังเคราะห์ (Cunha, 1977)

ตารางที่ 2 กรดอะมิโนที่จำกัดในวัตถุดิบอาหารสัตว์

Feedstuffs	Order of limitation				
	First	Second	Third	Fourth	Fifth
Soybean meal	Methionine	Threonine	Valine	Lysine	Isoleucine
Meat and bone	Tryptophan	Methionine	Isoleucine	Threonine	Histidine
Corn	Lysine	Tryptophan	Isoleucine	Threonine	Valine
Milo	Lysine	Threonine	Methionine	Isoleucine	Tryptophan
Wheat	Lysine	Threonine	Methionine	Valine	Isoleucine
Barley	Lysine	Threonine	Methionine	Isoleucine	Valine
Corn-soybean meal	Lysine	Methionine	Threonine	Isoleucine	Tryptophan

ที่มา : Cunha (1977)

2.1.3 ความต้องการโปรตีนของสุกร

ความต้องการโปรตีนของสุกรขึ้นอยู่กับน้ำหนัก เพศ อายุ หรือระยะเวลาของการเจริญเติบโตของสุกร สุกรรุ่น สุกรขุน สุกรตั้งท้อง หรือสุกรให้นม (Lewis and Annison, 1974) ความต้องการโปรตีนของสุกรที่กำลังเจริญเติบโตจะต้องคำนึงถึงความสมดุลของกรดอะมิโนในอาหาร เพื่อให้เพียงพอความต้องการของสัตว์ตามมาตรฐานของสภาวิจัยแห่งชาติอเมริกา (NRC, 1979 และ Crampton, 1956)

NRC (1979) รายงานว่า ความต้องการโปรตีนของสุกร 0-8 สัปดาห์ จะเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดีที่สุด เพื่อเร่งการเจริญเติบโตให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และลดปริมาณโปรตีนลงในสุกรหย่านม สุกรรุ่น และสุกรขุน ตามลำดับ สุกรเล็กต้องการอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงกว่าสุกรใหญ่ ทั้งนี้เพราะสุกรเล็กโตเร็วกว่าสุกรใหญ่ โดยเฉพาะอย่าง

ยั้งในส่วนของกล้ามเนื้อ ดังนั้นถ้าหากผู้เลี้ยงให้อาหารที่มีโปรตีนต่ำกว่าระดับที่ต้องการจะทำให้ลูกสุกรแคะแกรนไม่โตและสมบูรณ์เท่าที่ควร Church และ Pond (1988) กล่าวว่า สุกรเล็กต้องการอาหารที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง และจะลดลงเมื่อสุกรมีขนาดโตเต็มที่ สุกรที่ให้ผลผลิต เช่น ในระยะอุ้มท้องหรือให้แม่จะต้องการเปอร์เซ็นต์โปรตีนเพิ่มขึ้น เพราะจะนำไปใช้ในกระบวนการ Metabolism ของร่างกายและในการสร้างน้ำนม NRC (1988) ได้แนะนำความต้องการโปรตีนในสุกรรุ่น-ขุน คือ 15 และ 13 เปอร์เซ็นต์ และความต้องการปริมาณโปรตีนต่อวันเท่ากับ 285 และ 404 กรัม ดังตารางที่ 3

Russell และคณะ (1987) รายงานว่า เมื่อลดระดับโปรตีนในสุกรรุ่นที่ระดับ 11 เปอร์เซ็นต์ เสริมกรดอะมิโน วาลีน ทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น การเสริมไอโซลูซีนอย่างเดียวนำไม่ทำให้การเจริญเติบโตดีขึ้น และเมื่อเสริมทั้งวาลีนและไอโซลูซีนทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น Sell และคณะ (1989) รายงานว่า สุกรรุ่นที่ให้โปรตีนต่ำและขาดทรีโอนีนจะทำให้สมรรถนะลดลง และเมื่อมีการเสริมไลซีน ไอโซลูซีน และทรีโอนีน จะทำให้สมรรถนะและการเจริญเติบโตดีขึ้น

Yen และคณะ (1986) รายงานว่า สุกรรุ่นน้ำหนัก 25-55 กิโลกรัม ต้องการโปรตีน 209.6, 176.0 และ 176.0 กรัม/กิโลกรัม ไลซีน 13.5, 12.5 และ 11.5 กรัม/กิโลกรัมในสุกรเพศผู้ เพศผู้ตอน และเพศเมีย ตามลำดับ มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ในสุกรน้ำหนัก 50-90 กิโลกรัม พบว่ามีความต้องการโปรตีน 143, 120 และ 131 กรัม/กิโลกรัม ไลซีน 9.2, 7.5 และ 8.3 กรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 958, 816 และ 870 กรัม/วัน ในสุกรเพศผู้ เพศผู้ตอน และเพศเมีย ตามลำดับ Whitemore และคณะ (1988) รายงานว่า ความต้องการโปรตีนของสุกรน้ำหนัก 75 กิโลกรัม ที่มีการสร้างโปรตีนมากที่สุด คือ 130, 105 และ 120 กรัม/กิโลกรัม สำหรับสุกรเพศผู้ เพศผู้ตอน และเพศเมีย ตามลำดับ

Kemm และคณะ (1990) ได้ศึกษาระดับโปรตีน 3 ระดับ คือ 197, 168 และ 137 กรัม/กิโลกรัม แล้วเสริมกรดอะมิโนที่จำเป็น ไลซีน 63.4 เมทไทโอนีน 21.8 ซีสดีน 15.8 ทรีโอนีน 35.1 ลูซีน 67.7 ไอโซลูซีน 28.0 วาลีน 40.5 เพนนิลอลานีน 35.5 ไทโรซีน 24.6 และฮีสติดีน 26.8 กรัม/กิโลกรัมโปรตีน ในสุกรรุ่นเพศผู้และเพศเมีย พบว่าระดับของโปรตีนไม่มีผลต่อการสะสมกรดอะมิโนในร่างกาย

ตารางที่ 3 ความต้องการโภชนาการและประสิทธิภาพของสัตว์โดยให้อาหารเต็ม (90% Dry matter)

Intake and Performance Levels	Swine Liveweight (kg)				
	1-5	5-10	10-20	20-50	50-110
Expected feed intake (g/day)	250	460	950	1,900	3,110
Expected efficiency (feed/gain)	1.25	1.84	2.11	2.71	3.79
Digestible energy intake (kcal/day)	850	1,560	3,230	6,460	10,570
Metabolisable energy intake (kcal/day)	805	1,490	3,090	6,200	10,185
Energy concentration (kcal ME kg/diet)	3,220	3,240	3,250	3,260	3,275
Protein (%)	24	20	18	15	13
Protein (g/day)	60	92	171	285	404
Requirement (% or amount/kg diet)					
Nutrient					
Indispensable amino acids (%)					
Arginine	0.60	0.50	0.40	0.25	0.10
Histidine	0.36	0.31	0.25	0.22	0.18
Isoleucine	0.66	0.65	0.53	0.46	0.38
Leucine	1.00	0.85	0.70	0.60	0.50
Lysine	1.40	1.15	0.95	0.75	0.60
Methionine + cystine	0.68	0.58	0.48	0.41	0.34
Phenylalanine + tyrosine	1.10	0.94	0.77	0.66	0.55
Threonine	0.80	0.68	0.56	0.48	0.40
Tryptophen	0.20	0.17	0.14	0.12	0.10
Valine	0.80	0.68	0.56	0.48	0.40
Mineral element					
Calcium (%)	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50
Phosphorus, total (%)	0.70	0.65	0.60	0.50	0.40

ที่มา : NRC (1988)

แต่มีแนวโน้มว่าสุกรเพศผู้มีการสะสมกรดอะมิโนดีกว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ และทำการฆ่าเพื่อศึกษาลักษณะซาก พบว่าสุกรเพศผู้ให้เปอร์เซ็นต์ซากดีกว่าเพศเมีย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามในระดับที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ คือ สุกรที่ได้รับซีสตัน 17.1 และ 14.3 กรัม/กิโลกรัมโปรตีน ที่สุกรน้ำหนัก 30 และ 90 กิโลกรัมตามลำดับ

Campbell และคณะ (1985) ได้ศึกษาระดับโปรตีนในสุกรรุ่นน้ำหนัก 20-45 กิโลกรัม ระดับโปรตีนตั้งแต่ 93-238 กรัม/กิโลกรัม พบว่าที่ระดับ 175 กรัม/กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงสุด คือ มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 770 กรัม และประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 2.10 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Campbell และคณะ (1984) รายงานว่า สุกรรุ่นมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดที่ระดับโปรตีน 164-186 กรัม/กิโลกรัม

Rao และ McCracken (1990) รายงานว่า ความต้องการโปรตีนของสุกรน้ำหนัก 33-88 กิโลกรัม เกินกว่า 370 กรัม/วัน ไส้ขึ้น 26 กรัม/วัน แต่ระดับที่มี การเจริญเติบโตสูงสุด คือ 447.8 กรัม/วัน ไส้ขึ้น 26.3 กรัม/วัน ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด คือ 1.02 กิโลกรัม Le Dividich และ Canope (1978) รายงานว่า ความต้องการโปรตีนของสุกรรุ่นที่เหมาะสมคือ 16 เปอร์เซ็นต์ เพศไม่แสดง ความแตกต่างในด้านการเจริญเติบโต แต่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเพศเมียดีกว่าเพศผู้ Tyler และคณะ (1983) รายงานว่า ความต้องการโปรตีนของสุกรเพศผู้น้ำหนัก 30.7-97.8 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 16-18 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันดีที่สุด 0.85 กิโลกรัม และถ้าให้โปรตีนในระดับที่สูงกว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวจะลดลง และยังทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น Oyeleke และคณะ (1985) รายงานว่า เมื่อให้โปรตีนมากกว่า 22 เปอร์เซ็นต์ในสุกรขุน ถึงแม้สุกรจะมีการเจริญเติบโตดี แต่ปริมาณการกินได้จะเริ่มลดลง

2.2 พลังงาน (Energy)

พลังงานในอาหารสัตว์ส่วนใหญ่ได้มาจากคาร์โบไฮเดรตและไขมัน โดยเฉพาะไขมันเป็นแหล่งพลังงานที่ให้ความเข้มข้นมากกว่า 2.25 เท่าของคาร์โบไฮเดรต (Pond and Maner, 1974)

ความต้องการพลังงานของสัตว์จะขึ้นอยู่กับโภชนาอื่นๆ เช่น โปรตีนหรือกรดอะมิโนแร่ธาตุ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสมดุลของสูตรอาหาร นอกจากนี้ยังขึ้นกับชนิดของสัตว์ อายุ และการให้ผลผลิต (ARC, 1981) โดยปกติแล้วสัตว์จะได้รับอาหารพลังงานจากโภชนาประเภทแป้ง (น้ำตาล) และไขมันจากอาหารเป็นหลัก อาหารจะถูกย่อยด้วยน้ำย่อยที่กระเพาะและลำไส้ จนในที่สุดจะได้น้ำตาลกลูโคส สามารถดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กเข้าสู่เส้นเลือด และเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ไขมันในอาหารก็เช่นเดียวกันจะถูกย่อยสลายด้วยน้ำย่อยที่กระเพาะและลำไส้เล็ก จนในที่สุดจะได้กรดไขมันชนิดต่างๆ ซึ่งมีขนาดเล็กพอที่จะดูดซึมผ่านลำไส้เล็กเข้าสู่ระบบน้ำเหลือง และเป็นประโยชน์ต่อร่างกายได้ ทั้งน้ำตาลและกรดไขมันที่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายนี้สัตว์จะนำไปเผาผลาญเพื่อให้เกิดพลังงาน เพื่อใช้ในการทำงานของอวัยวะต่างๆ รวมทั้งใช้เพื่อการเจริญเติบโตของสัตว์

2.2.1 ความสำคัญของพลังงาน

อุทัย (2529) กล่าวว่า สัตว์นอกจากต้องการโปรตีนจากอาหารเพื่อนำมาใช้สร้างเป็นโปรตีนชนิดต่างๆในร่างกายแล้ว สัตว์ยังต้องการพลังงานเพื่อใช้ในการทำงานของอวัยวะต่างๆเพื่อการดำรงชีวิต เช่น การเต้นของกล้ามเนื้อหัวใจ การทำงานของกระบังลมเพื่อการหายใจเข้าออก การย่อยการดูดซึมอาหาร การผลิตและการระบายความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ และอื่นๆอีกมากมาย

Whittemore และ Morgan (1990); Close และ Fowler (1988) ได้แบ่งหน้าที่ของพลังงานในร่างกายได้ดังนี้คือ

-เพื่อการดำรงชีวิต (Maintenance) พลังงานส่วนนี้ใช้ในขบวนการที่เกิดขึ้นเป็นปกติของการดำรงชีวิตโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเหล่านี้ การเก็บรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ โดยการระบายความร้อนออกจากร่างกาย หากอากาศร้อน

เกินไปหรือเพิ่มความร้อนในร่างกาย หากอากาศหนาว การกินอาหาร การย่อย การดูดซึม และแปรรูปอาหาร ให้อยู่ในสภาพที่ร่างกายต้องการ การหายใจและกิจกรรมประจำวันที่เกิดขึ้นเป็นปกติในการดำรงชีพ (สาร์โซ และ เขาวมาลย์, 2530)

- เพื่อการสร้างผลิตผล(Production) เป็นพลังงานที่ใช้ในการสร้างผลิตผล ซึ่งคงอยู่ในรูปของการเจริญเติบโต ทั้งท้อง ไขมัน ให้ไข่ และยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของเนื้อแดง (Henry *et al.*, 1988)

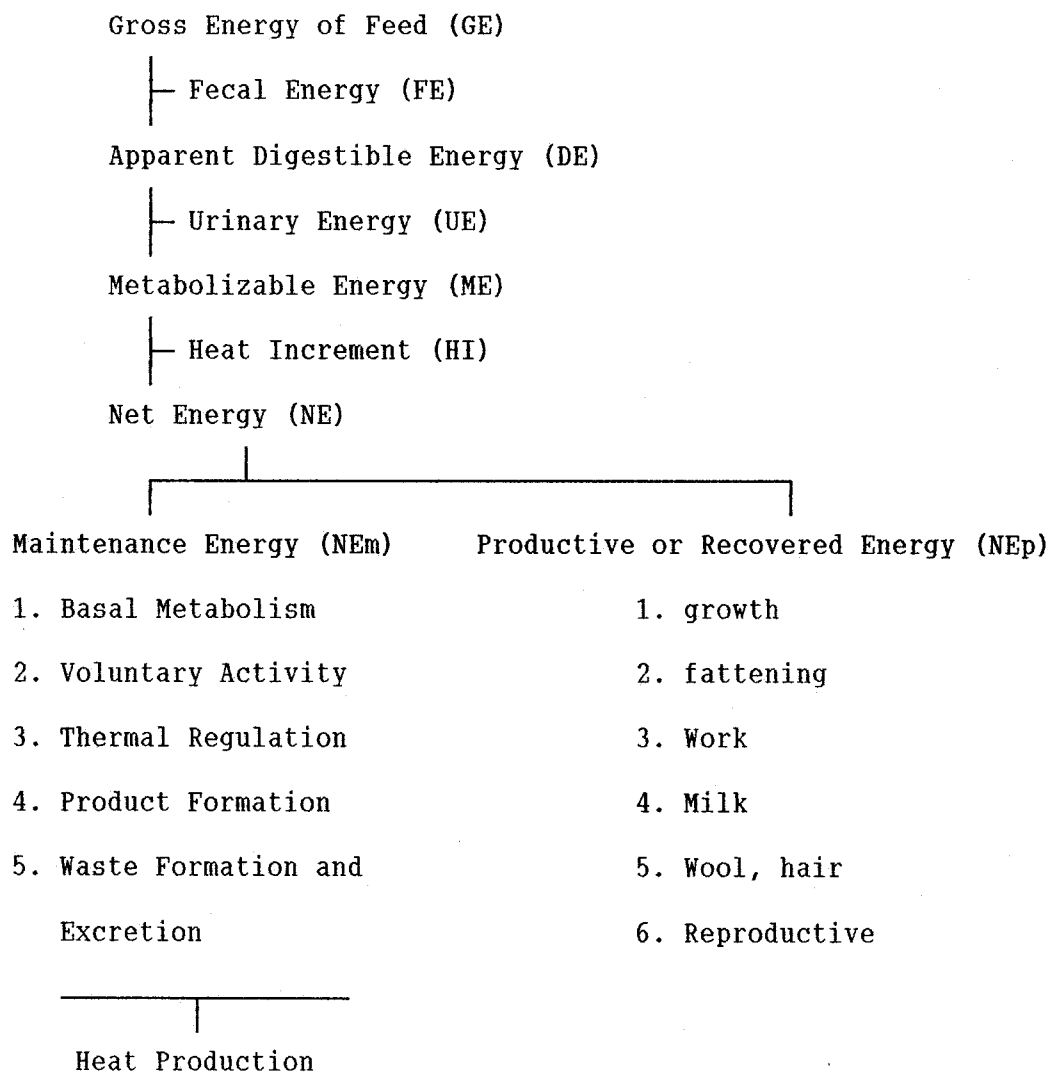
2.2.2 ความต้องการพลังงานของสุกร

Fowler และคณะ (1979) กล่าวว่า ความต้องการพลังงานของสุกรจะขึ้นอยู่กับ พันธุกรรม เพศ น้ำหนักตัว และสภาพแวดล้อมหรืออุณหภูมิ ความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (NRC, 1988) ในสุกรน้ำหนัก 20-50 และ 50-110 กิโลกรัม คือ 3,260 และ 3,275 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมอาหาร Davies และ Lucas (1972) รายงานว่า ระดับพลังงานในการดำรงชีพของสุกรที่มี FCR ดีที่สุด คือ 2.7 M สำหรับสุกร 30 กิโลกรัม และ 3.0 M สำหรับสุกรน้ำหนัก 50, 70 และ 90 กิโลกรัม (M = Food Required for Maintenance)

Church และ Pond (1988) ได้อธิบายรูปแบบของพลังงานในอาหารที่ผ่านระบบทางเดินอาหาร ดังแสดงในรูปที่ 1

Beech และคณะ (1991) ได้ศึกษาน้ำตาลซูโครสเป็นแหล่งพลังงานต่อการที่ใช้ประโยชน์ได้ของพลังงานและการสะสมโปรตีนในอาหารสุกรรุ่น 20-50 กิโลกรัม สูตรที่ 1 ระดับพลังงาน 14 MJDE/kg สูตรที่ 2 ระดับพลังงาน 15 MJDE/kg ใช้ข้าวสาลีผสมกับ Iso-energetic และเติมซูโครสกับน้ำมันพืช ผลการทดลองพบว่าอาหารทั้ง 2 สูตรช่วยเพิ่มการใช้พลังงาน พลังงานสุทธิ และเพิ่มการสะสมไขมัน แต่ไม่มีผลในการสะสมโปรตีน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Beech และคณะ (1990)

Campbell และคณะ (1983) ศึกษาถึงอิทธิพลของระดับอาหารพลังงานในสุกรรุ่น 20-45 กิโลกรัม ระดับพลังงาน 14.5-29.4 MJDE/day (210 กรัมโปรตีน/กิโลกรัม) พบว่าระดับพลังงานไม่มีผลต่อเพศและการเจริญเติบโต เมื่อให้ระดับพลังงานเกินกว่าที่กำหนด คือ 34.2 MJDE/day เพศและการเจริญเติบโตแสดงความ



รูปที่ 1 รูปแบบของพลังงานในอาหารที่ผ่านระบบทางเดินอาหาร

ที่มา : Church และ Pond (1988)

GE = พลังงานที่อยู่ในอาหาร หรือพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเผาผลาญในอาหารทั้งหมด

ME = พลังงานที่เป็นประโยชน์ที่เกิดจากการ Metabolism และ ME มีอยู่ประมาณ 70-80% ของ DE

NE = พลังงานที่สะสมหรือเก็บไว้เพื่อทดแทนส่วนที่หายไป และเสริมสร้างร่างกาย

HI = พลังงานที่เกิดขึ้นเนื่องจากการ Metabolism

FE = พลังงานที่ย่อยไม่ได้จะถูกขับถ่ายออกจากร่างกายในรูปของมูลสัตว์

UE = พลังงานที่ไม่ถูกใช้ประโยชน์ในการ Metabolism และจะถูกขับออกมาทางปัสสาวะ

แตกต่าง ในเพศผู้พลังงานที่น้อยได้เพิ่มขึ้น น้ำหนักตัวและการสะสมโปรตีนเพิ่มขึ้น ใน ห่านองเดียวกัน เพศเมียพลังงานที่น้อยได้เพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นแต่น้อยกว่าเพศผู้ ส่วน FCR และการสะสมไขมันเพิ่มขึ้น

Campbell และคณะ (1985) ได้ศึกษาผลของเพศและระดับการกินได้ ของพลังงานต่อการเจริญเติบโตและการสะสมโปรตีนในสุกรน้ำหนัก 48 และ 90 กิโลกรัม พบว่าเพศผู้มีการเจริญเติบโตดีกว่าเพศเมีย และทั้งเพศผู้และเพศเมียมีการสะสมโปรตีน เมื่อเพิ่มระดับพลังงานเป็น 33 MJDE/day แต่ไม่แสดงความแตกต่าง และที่ 90 กิโลกรัม สุกรมีการสะสมไขมันเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับระดับของพลังงานที่กินได้ ในเพศเมียดีกว่าเพศผู้ Seerley และคณะ (1978) รายงานว่า สุกรน้ำหนัก 55-96 กิโลกรัม ที่เลี้ยงในฤดูร้อน และฤดูหนาวระดับพลังงานไม่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน เท่ากับ .74 และ .77 กิโลกรัม ที่ระดับพลังงาน 3,350 และ 3,700 kcal ตามลำดับ แต่การเพิ่มไขมันสัตว์ที่ระดับ 9 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร จะทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น 3 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ซากและไขมันสันหลังเพิ่มขึ้น ส่วนพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันจะลดลง

2.3 ความสัมพันธ์ของโปรตีนและพลังงาน

Scrimshaw (1979) รายงานว่า ความสัมพันธ์ของโปรตีนและพลังงานในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์จะต้องมีอัตราส่วนที่เหมาะสม ความผันแปรของโปรตีนและพลังงานยัง ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ ลักษณะทางพันธุกรรม การเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และกิจกรรมของสัตว์

2.3.1 ความสัมพันธ์ของโปรตีนและพลังงานในอาหารสุกร

NRC (1988) ได้แนะนำระดับความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้ และ โปรตีนในอาหารสุกรระยะ 10-20, 20-50 และ 50-110 กิโลกรัม เป็น 3,250, 3,260 และ 3,275 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมตามลำดับ ส่วนความต้องการโปรตีนจะอยู่ใน ระดับ 18, 15 และ 13 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นปริมาณความต้องการต่อวัน

สุกรขนาดคังกล่าวต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้วันละ 3,090, 6,200 และ 10,185 กิโลแคลอรี และต้องการปริมาณโปรตีนต่อวันเท่ากับ 171, 285 และ 404 กรัมตามลำดับ

อุทัย (2527) กล่าวว่า สุกรนอกจากต้องการโปรตีนจากอาหารเพื่อนำมาใช้สร้างเป็นโปรตีนชนิดต่างๆในร่างกายแล้ว สุกรยังต้องการพลังงานเพื่อใช้ในการทำงานของอวัยวะต่างๆเพื่อการดำรงชีวิต และเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต แต่ถ้าอาหารนั้นมีระดับพลังงานในอาหารไม่พอเพียงแก่ความต้องการแล้ว โปรตีนดังกล่าวก็ไม่สามารถเป็นประโยชน์แก่สัตว์ได้อย่างเต็มที่ ฉะนั้นในสูตรอาหารสัตว์จึงจำต้องปรับระดับพลังงานให้เพียงพอแก่ความต้องการของสัตว์ด้วย นอกจากระดับโปรตีนและพลังงานที่เพียงพอแล้ว สัดส่วนของโปรตีนและพลังงานต้องอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสมด้วย Cooke และคณะ (1972) รายงานว่า สัดส่วนของพลังงานและโปรตีนไม่เหมาะสมกัน เช่น การขาดโปรตีนหรือพลังงานอย่างใดอย่างหนึ่ง จะมีผลไปจำกัดการใช้ประโยชน์ของอีกอย่างหนึ่ง นอกจากนี้อุทัย (2529) ยังกล่าวว่า สุกรหรือสัตว์ปีกจะกินอาหารจนกระทั่งได้ปริมาณพลังงานใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมดพอเพียงกับความต้องการของร่างกาย หากสูตรอาหารมีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ต่ำกว่าปกติ สัตว์ก็ย่อมจะกินอาหารเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันนี้หากไม่ลดระดับของโภชนาอื่นในสูตรอาหารลง สัตว์ก็ย่อมจะได้รับโภชนาเหล่านั้นมากเกินไปเกินความต้องการทำให้เกิดการสูญเสียเปล่าๆ หรือในทางตรงกันข้ามหากสูตรอาหารมีระดับของพลังงานใช้ประโยชน์ได้สูงกว่าปกติ สัตว์จะกินอาหารน้อยลง ทั้งนี้เพื่อปรับให้การได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้รวมทั้งหมดนั้นพอดีกับความต้องการ ในกรณีหากไม่ปรับระดับโภชนาอื่นๆ เช่น โปรตีน และกรดอะมิโนในสูตรอาหารให้สูงขึ้น สัตว์จะได้รับปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนต่างๆไม่พอเพียงกับความต้องการของร่างกาย ซึ่งจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตของสัตว์ลดลง Cunha (1977) ก็กล่าวไว้เช่นกันว่า ระดับพลังงานและโปรตีนที่เพียงพอและสมดุลกัน จะช่วยให้สุกรสามารถใช้ประโยชน์โภชนาในอาหารได้ดีขึ้น

2.3.2 ความสัมพันธ์ของโปรตีนและพลังงานในอาหารสุกรต่ออัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร

พิชัย (2534) ได้ศึกษาถึงความสำคัญระหว่างระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารสุกร ผลการทดลองพบว่า สมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกรในระยะรุ่น-ขุน และ

ตลอดการทดลอง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่าสุกรที่กินอาหารโปรตีนต่ำ ในระยะสุกรรุ่น และกินอาหารโปรตีนสูงในระยะสุกรขุน จะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงใน ระยะสุกรขุน สำหรับการทดสอบตลอดระยะรุ่น-ขุน พบว่าสุกรที่กินอาหารรูปแบบโปรตีนต่ำ พลังงานสูง (LH) มีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าสุกรที่กินอาหารรูปแบบอื่นเล็กน้อย คุณภาพซากของสุกรที่กินอาหารทุกรูปแบบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่าสุกร ที่กินอาหารรูปแบบ LH จะมีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันมากกว่าสุกรที่กินอาหารรูปแบบอื่นเล็กน้อย ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม 1 กก. แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่า สุกรที่กินอาหารรูปแบบ LH จะมีต้นทุนถูกกว่ารูปแบบอื่นเล็กน้อย ระดับโปรตีนในอาหาร ระยะสุกรรุ่นไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระดับโปรตีนในอาหารระยะสุกรขุน

Chiba และคณะ (1991b) ได้ศึกษาถึงความต้องการของกรดอะมิโนกับ ระดับพลังงานในสุกรน้ำหนัก 20-50 กิโลกรัม พบว่าต้องมีการปรับระดับของไขมันตาม ระดับของพลังงานที่เพิ่มขึ้น และยังพบว่าสัดส่วนที่สุกรมีการสร้างโปรตีนดีที่สุด คือ 3.0 g/Mcal DE ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chiba และคณะ (1991a)

Reddy และคณะ (1986) ได้ศึกษาระดับโปรตีนและพลังงานต่อสมรรถนะ และการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารในสุกรรุ่น โดยใช้โปรตีน 2 ระดับ 16 เปอร์เซ็นต์ และ 14 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 2 ระดับ คือ 3.0 Mcal DE/kg และ 2.7 Mcal DE/kg พบว่าอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร รวมทั้งต้นทุนการผลิต ต่อ กิโลกรัมในสุกรอาหาร 16 เปอร์เซ็นต์โปรตีน และพลังงาน 3.0 Mcal DE/kg เฉลี่ย แล้วดีที่สุด

จากรายงานของ พรวิธพา และคณะ (2524) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของ ระดับโปรตีนและพลังงานในสุกรพันธุ์แท้ลาร์จไวท์เฟสคูและเฟสเมีย พบว่าในสุกรรุ่นน้ำหนัก 25-60 กิโลกรัม อาหารที่มีพลังงานและโปรตีนตามมาตรฐาน NRC ประสิทธิภาพการผลิต และต้นทุนการผลิต โดยเฉลี่ยแล้วดีที่สุด ส่วนในสุกรขุนน้ำหนัก 60-90 กิโลกรัม พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำจะกินอาหารมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อัตราการ เจริญเติบโตใกล้เคียงกับสุกรพวกที่ได้รับอาหารพลังงานตาม NRC แต่เมื่อพิจารณาถึงความ สัมพันธ์ของระดับโปรตีนและพลังงานแล้ว ปรากฏว่าแนวโน้มของสุกรที่มีประสิทธิภาพการ ผลิตสูงสุด คือ สุกรพวกที่ได้รับอาหารต่ำกว่า NRC คือ 3,000 kcal DE/kg 14

เปอร์เซ็นต์โปรตีน สุกเกอร์เหล่านี้ถึงแม้ในระยะสุกรรุ่นจะมีประสิทธิภาพการผลิตต่ำสุด แต่เมื่อสุกรโตขึ้นสุกรจะมีอัตราการเจริญเติบโตชัดเจน คือ ในระยะนี้สุกรจะมีอัตราการเจริญเติบโตได้วันละประมาณ 700 กรัม ซึ่งเป็นอัตราการเจริญเติบโตที่สูงที่สุด จึงใช้เวลาในการเพิ่มน้ำหนักตัวน้อยและต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุด

Kephart และ Sheritt (1990) ได้ศึกษาการเสริมกรดอะมิโนในอาหารสุกรรุ่นที่ระดับโปรตีน 17 เปอร์เซ็นต์ และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ไลซีนในสูตรเปรียบเทียบ และในสูตรอาหารที่มีข้าวโพดและกากถั่วเหลือง โดยมีการเสริม L-Threonine, L-Isoleucine, DL-Methionine และ L-Valine ที่ระดับโปรตีนต่ำ 10.9 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอัตราการเจริญเติบโตไม่แสดงความแตกต่าง และยังพบว่าการเพิ่มโปแตสเซียม(K) จะช่วยให้การย่อยดีขึ้น แต่ไม่เพิ่มการสะสม K

จุฑารัตน์ และ ศรีสกุล (2531) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของการเพิ่มระดับพลังงานและโปรตีนในสูตรอาหาร ต่อประสิทธิภาพในการขุนของระยะการขุนตอนต้น ในสุกรลูกผสมทางการค้าเพศผู้ต่างสายพันธุ์ 3 สายพันธุ์ ระหว่าง ดุริโอก ลาร์จไวท์ และ แลนด์เรซ และสุกรลูกผสม 2 สายพันธุ์ ระหว่าง แลนด์เรซกับลาร์จไวท์ พบว่าสูตรอาหารที่ได้รับอาหารพลังงานและโปรตีนสูง (3,318 Kcal ME, 18.02%) มีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่ามาก แต่อาหารและสายพันธุ์มีอิทธิพลร่วมกันด้วย กล่าวคือ สุกรลูกผสม 3 สายพันธุ์ ที่ได้รับอาหารสูตรพลังงานและโปรตีนสูง จะมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าสุกรลูกผสม 3 สายพันธุ์ที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานและโปรตีนต่ำ (3,054 Kcal ME, 16.13%) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่สุกรลูกผสม 2 สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างทางด้านการเจริญเติบโต แต่พบว่าสุกร 2 สายพันธุ์กลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงานและโปรตีนสูง มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Kennelly และ Aherne (1980) ได้ศึกษาการเพิ่มเยื่อใยในสูตรอาหารที่ระดับความแตกต่างของระดับพลังงานและโปรตีน ต่ออัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพซาก อาหารทดลอง 4 สูตร ดังนี้ สูตรที่ 1 พลังงาน 14.1 MJ DE/kg 17.1% โปรตีน และ 4.1 เยื่อใย ในสูตรที่ 2, 3 และ 4 22% ข้าวโอ๊ต 9.8, 9.6 และ 10.2% เยื่อใยตามลำดับ พลังงาน 12.2, 12.5 และ 14.9 MJ DE/kg และ 17.0,

14.4 และ 17.3% โปรตีนตามลำดับ โดยให้อาหารเต็มที่ พบว่าในสูตรที่ 1 สุกหรือน้ำหนัก 22-92 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันสูงที่สุด และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุด คือ 0.81 และ 3.25 กิโลกรัมตามลำดับ

Campbell และคณะ (1985) ได้ศึกษาถึงเพศและระดับการกินได้ของพลังงานในอาหารสุกร 48-90 kg ต่อการสะสมโปรตีนและอัตราการเจริญเติบโตพบว่าในเพศผู้มีการเจริญเติบโตดีกว่าเพศเมีย อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นกับระดับพลังงานที่เพิ่มขึ้น แต่ระดับการกินได้ไม่แสดงความแตกต่าง ที่น้ำหนัก 90 kg ตัวผู้จะได้รับไขมันมากกว่าโปรตีน และยังพบว่าความต้องการพลังงานในการดำรงชีพ 13.9 MJ DE/day และ 12.4 MJ DE/day ในตัวผู้และตัวเมียตามลำดับ

Cook และคณะ (1972) ได้ศึกษาอิทธิพลของอาหารพลังงานและโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะในสุกรรุ่นลูกผสมลาร์จไวท์ แลนด์เรซ เพศเมีย อาหารทดลองโปรตีน 6 ระดับ คือ 15.5, 17.4, 20.2, 22.3, 25.3 และ 27.3 เปอร์เซ็นต์ ระดับพลังงาน 3,500 Kcal อาหารมีความสมดุลย์ของกรดอะมิโน และยังมีการเสริมกรดอะมิโนสังเคราะห์ คือ Lysine Methionine และ Tryptophan ผลการทดลองพบว่า อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร แสดงความแตกต่างที่ระดับโปรตีน 15.5 ถึง 17.4 เปอร์เซ็นต์ 651, 721 กรัม/วัน และ 2.48, 2.26 ตามลำดับ แต่ระดับที่ให้เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงสูงที่สุดที่ระดับโปรตีน 22.3 เปอร์เซ็นต์

Giles และคณะ (1987) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของกรดอะมิโนต่อระดับพลังงานในสุกรรุ่น สูตรอาหารที่มีข้าวบาร์เลย์ผสมถั่วเหลือง ระดับพลังงาน 14.1 MJ DE/kg และสูตรอาหารที่มีข้าวสาลีผสมถั่วเหลือง ระดับพลังงาน 14.1 MJ DE/kg ระดับของไลซีน 7.0 ถึง 14.0 กรัม/กก. ให้อาหาร 2 แบบ คือ ให้เต็มที่ กับจำกัดอาหาร จากผลการทดลองพบว่า อัตราการเจริญเติบโตของการให้อาหารแบบเต็มที่ไม่มีผลต่อระดับของไลซีน แต่อัตราการเจริญเติบโตจะเพิ่มขึ้นตามระดับของไลซีน และที่ระดับ 12.0 กรัม/ไลซีน มีการเจริญเติบโตดีที่สุด และการให้อาหารแบบจำกัดก็มีการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นตามระดับของไลซีน นอกจากนั้นยังพบว่าในสูตรอาหารที่มีข้าวสาลีผสมถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตสูงที่สุดที่ระดับไลซีน 11.2 กรัม/กก. และ 13.1 กรัม/กก. ในสุกรเพศผู้และเพศเมียตามลำดับ ผลต่อคุณภาพซาก ความหนาไขมันสันหลัง ไขมันในซาก และ

การสะสมโปรตีนในซาก ไม่แสดงความแตกต่างต่อระดับของไขมัน ในการให้อาหารแบบเต็มทีและการให้แบบจำกัดอาหาร จะทำให้ระดับไขมันในซากลดลงและต่ำที่สุดที่ระดับไขมัน 12.0 กรัม/กก.

2.3.3 ความสัมพันธ์ของระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารสุกรต่อคุณภาพซาก

Taverner และคณะ (1977) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของระดับโปรตีนและพลังงานในสุกรเพศผู้ เพศเมีย และสุกรเพศผู้ตอน ระดับโปรตีน 14.6 ถึง 22.7 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่าสุกรเพศผู้ให้เนื้อแดงใน hams มากกว่าสุกรสาวและสุกรเพศผู้ตอน และความหนาไขมันสันหลังน้อยกว่าสุกรเพศผู้ตอน ซึ่งสุกรเพศผู้และสุกรเพศเมียมีการเจริญเติบโตดีที่สุดที่ระดับ 19.6 เปอร์เซ็นต์โปรตีน และสุกรเพศผู้ตอนมีการเจริญเติบโตสูงสุดที่ระดับ 18.4 เปอร์เซ็นต์โปรตีน และสัดส่วนของเนื้อแดงใน hams สูงสุดที่ระดับ 21.0 เปอร์เซ็นต์โปรตีนในสุกรเพศผู้ และ 20 เปอร์เซ็นต์ในสุกรสาวและสุกรเพศผู้ตอน

Rao และ McCracken (1991) ได้ศึกษาผลของระดับพลังงานที่กินได้ต่อโปรตีนและ Energy Metabolism ของสุกรเพศผู้ ต่อการสร้างเนื้อแดงสุกรน้ำหนัก 33 ถึง 88 กิโลกรัม ให้โปรตีน 5 ระดับ คือ 80, 100, 120, 140 และ 160 กรัม/กิโลกรัม พบว่าอัตราการเจริญเติบโต การสะสมไนโตรเจน การสะสมพลังงาน ค่าของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ เพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้น และความต้องการพลังงานในการดำรงชีพ คือ $0.982 \text{ MJ ME/kg M}^{0.63}/\text{day}$

Cromwell และคณะ (1978) ได้ศึกษาผลของระดับพลังงานและโปรตีนต่อสมรรถนะและการสร้างเนื้อแดงในสุกรรุ่น-ขุน ระดับโปรตีน 12 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 2,900 ถึง 3,670 kcal ผลการทดลองพบว่าสูตรอาหารที่มีระดับโปรตีน 16% พลังงาน 3,240 kcal มีการเจริญเติบโตดีที่สุด 766 กรัม/วัน ไขมันสันหลัง 3.85 เซนติเมตร พันทหน้าตัดเนื้อสัน 35.4 ตารางเซนติเมตร และให้เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง 56.7% มากกว่าสูตรอาหารที่มีระดับโปรตีน 12% พลังงาน 3,240 kcal ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโต 598 กรัม/วัน พันทหน้าตัดเนื้อสัน 29.9 และ 56.4% เนื้อแดงตามลำดับ

Weldon และคณะ (1991) ได้ศึกษาผลของการเพิ่มโปรตีนและพลังงาน ในระยะอู้มท้อง ต่อการพัฒนาของต่อมน้ำนมในสุกรท้องแรก พบว่าโปรตีนไม่มีผลต่อการ สร้างต่อมน้ำนม แต่การเพิ่มระดับพลังงานสูงขึ้นจะมีการพัฒนาของต่อมน้ำนมดีขึ้น

Willis และ Maxwell (1984) ได้ศึกษาอิทธิพลของการกินได้ของ ระดับโปรตีนและพลังงานต่ออัตราการผลิตเต้านม Reproductive Performance, Nitrogen balance และคุณภาพซากในสุกรสาวท้องแรก ระดับโปรตีน 146, 255 และ 364 กรัม/วัน และพลังงานสองระดับ 6,200 และ 7,440 kcal DE/day ผลการ ทดลองพบว่า ระดับของโปรตีนและพลังงานแสดงความแตกต่างทั้งการให้น้ำหนักตัวและ Reproductive Performance การสะสมไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเมื่อระดับโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่ ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนและการย่อยได้ลดลง เมื่อระดับการกินได้ของโปรตีนเพิ่มขึ้น

Seerley และคณะ (1978) รายงานว่า สุกรที่ได้รับอาหารโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 2 ระดับ 3,350 และ 3,700 kcal สุกรที่ได้รับอาหารพลังงานสูง มีความหนาไขมันสันหลัง 3.6 ซม. เปอร์เซ็นต์ซาก 73.3% ขณะที่สุกรที่ได้รับอาหาร พลังงานต่ำมีความหนาไขมันสันหลังเท่ากับ 3.4 ซม. และเปอร์เซ็นต์ซาก 77.3% แต่เปอร์เซ็นต์ของ Ham, Loin และ Lean cut ของสุกรที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำมีค่า 23.8, 19.1 และ 60.4% ส่วนสุกรที่ได้รับอาหารพลังงานสูงมีค่าเท่ากับ 23.8, 18.6 และ 59.6% ตามลำดับ

Johansen และคณะ (1993) รายงานว่า สุกรที่ได้รับอาหารโปรตีน 15.8% ไขมัน .85% จะให้เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงมากกว่าสุกรที่ได้รับอาหารโปรตีน 17.5% ไขมัน 1.0% คือ 59.0 และ 58.6% ตามลำดับ แต่ไม่แสดงความแตกต่าง และยังพบว่า สุกรเพศเมียให้เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง 59.8% มากกว่าสุกรเพศผู้ตอนซึ่งให้เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง 57.4%

Seerley และคณะ (1964) ได้ศึกษาผลของโปรตีนและพลังงานต่อ สมรรถนะและคุณภาพซาก พบว่าอาหารที่มีโปรตีนสูง พลังงานสูง (14.4% CP, 2,025 kcal) มีความหนาไขมันสันหลังบางกว่าสุกรที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำ พลังงานสูง (12.5% CP, 2,036 kcal) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.58 และ 1.76 นิ้วตามลำดับ พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน

แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.15 และ 3.91 ตารางนิ้วตามลำดับ และยังพบว่าเมื่อเพิ่มระดับพลังงานในอาหาร จะทำให้เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเท่ากับ 49.8 และ 48.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

Wagner และคณะ (1963) รายงานว่า การเพิ่มระดับโปรตีนขึ้นสูงกว่า 13 เปอร์เซ็นต์ นอกจากจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตดีขึ้นแล้ว ยังช่วยลดความหนาไขมันสันหลัง (13% CP, 1,170 kcal/lb) เท่ากับ 1.71 นิ้ว เมื่อลดระดับพลังงาน (13% CP, 950 kcal/lb) ความหนาไขมันสันหลังมีค่าเท่ากับ 1.49 นิ้ว และช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงจาก 50% เป็น 52.7% ที่ระดับโปรตีนและพลังงานดังกล่าว และยังพบว่าสุกรเพศเมียให้เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง 52.2% มากกว่าสุกรเพศผู้ตอนซึ่งให้เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง 50.5%