โปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ

พงศ์พิชาญ สุคนธนิตย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการผลิตสัตว์
สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2550

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการผลิตสัตว์

ชื่อเรื่อง

โปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ

โดย

พงศ์พิชาญ สุคนธนิตย์

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ ทองวิทยา)

วันที่ 14 เดือน พ.ย. พ.ศ. 2550

กรรมการที่ปรึกษา .....

(อาจารย์ ดร.วีรศักดิ์ ปรกติ)

วันที่ 14 เดือน พ.ย. พ.ศ. 2550

กรรมการที่ปรึกษา .....

(อาจารย์ดำเกิง ชำนาญค้า)

วันที่ 14 เดือน พ.ย. พ.ศ. 2550

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง สรวมศิริ)

วันที่ 14 เดือน พ.ย. พ.ศ. 2550

สำนักงานบัณฑิตศึกษารับรองแล้ว .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.เทพ พงษ์พานิช)

ประธานคณะกรรมการบัณฑิตศึกษา

วันที่ 23 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 2550

ชื่อเรื่อง โปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ
ชื่อผู้เขียน นายพงศ์พิชาญ สุคนธนิตย์
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการผลิตสัตว์
ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ ทองวิทยา

บทคัดย่อ

โปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ เป็นโปรแกรมช่วยคำนวณสูตรอาหารสัตว์ให้มีต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์ต่ำที่สุด โดยเกษตรกรสามารถเลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพและราคาถูกในท้องถิ่น ทำให้สูตรอาหารมีปริมาณโภชนะครบถ้วนตามที่สัตว์ต้องการและเป็นสูตรที่มีราคาถูกเกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้ โปรแกรมแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ การจัดเก็บข้อมูลของวัตถุดิบ และความต้องการโภชนะของสัตว์ พร้อมทั้งสามารถเรียกดูและแก้ไขข้อมูลที่บันทึกไว้แล้วได้ ในส่วนของการคำนวณสูตรอาหารจะเลือกข้อมูลจากฐานข้อมูล และรายงานผลการคำนวณพร้อมทั้งบันทึกสูตรอาหาร กระบวนการผสมอาหารจากสูตรอาหารที่มีการจัดการข้อมูลคลังวัตถุดิบสำหรับการตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบที่คงเหลือในคลัง

โปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจใช้ Microsoft Visual Basic.NET ในการพัฒนา และใช้ Microsoft Access เป็นฐานข้อมูล บนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP ส่วนของการคำนวณสูตรอาหารสัตว์ใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้นในการคำนวณและปรับสูตรอาหารสัตว์

Title	Livestock Feed Formulation Programme
Author	Mr. Phongphichan Sukhontanit
Degree of	Master of Science in Animal Production
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professsor Dr. Narin Thongwittaya

ABSTRACT

Livestock Feed Formulation Programme has been developed to calculate feed formula for livestocks at the lowest feed cost by allowing farmers to select local but good quality raw feed materials to allow animals to receive complete nutrient requirement as needed and farmers to be able to apply the programme by themselves. The programme is divided into two operations: data collection of raw feed materials and calculation of the nutrient requirement of animals. In addition, the program allows the display of data and modification of database. On feed formulation, the program uses database and reports including records and process of feed mixing based on formula from the remaining amount of raw materials.

This program used Microsoft Visual Basic.NET for development and Microsoft Access as database with Microsoft Windows XP as an operating system. The feed formulation itself employed the technique of linear programming model and also during modification of raw materials.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ ทองวิทยา ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.วีรศักดิ์ ปรกติ และอาจารย์ดำเกิง ชำนาญค้า กรรมการที่ปรึกษาที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา และตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณอาจารย์ และบุคลากรเจ้าหน้าที่ทุก ๆ ท่านในภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์ให้ความรู้และคำปรึกษาเกี่ยวกับการผลิตสัตว์เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้อนุเคราะห์เงินทุนอุดหนุนในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ รวมทั้งเจ้าหน้าที่สำนักงานบัณฑิตศึกษาที่คอยให้คำชี้แนะในเรื่องหลักสูตรการเรียนต่าง ๆ ด้วยดี อีกทั้งยังมี พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการผลิตสัตว์ ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและกำลังใจด้วยดีมาโดยตลอด

เหนือสิ่งอื่นใด กราบขอบพระคุณ คุณพ่อถาวร และคุณแม่วรรณารัตน์ สุคนธนิตย์ที่คอยอบรมสั่งสอนให้เป็นคนดี และสนับสนุนด้านทุนการเรียนจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งกำลังใจที่ดีจากพี่กิตติและน้องจุฑาวรรณ สุคนธนิตย์ และคุณวราภรณ์ ทองสเวสตร์

นายพงศ์พิชาญ สุคนธนิตย์

พฤศจิกายน 2550

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อ	(4)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(6)
สารบัญเรื่อง	(7)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(9)
สารบัญตารางภาคผนวก	(10)
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	1
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
ประเภทของโภชนะในอาหารสัตว์	3
ความต้องการโภชนะของสัตว์	10
การประกอบสูตรอาหารสัตว์	12
ขั้นตอนการใช้โปรแกรมเชิงเส้นแก้ปัญหา	19
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	38
ระยะเวลาที่ทำวิจัย	38
วัสดุอุปกรณ์	38
การออกแบบระบบของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ	38
งบประมาณที่ใช้ในการวิจัย	56
บทที่ 4 ผลการวิจัย	57
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	67
สรุปผลการวิจัย	67
ข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก	71
ภาคผนวก ก ตารางภาคผนวก	72
ภาคผนวก ข ประวัติผู้วิจัย	80

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	กรดอะมิโนที่จำเป็น และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น	4
2	คอมพิวเตอร์ที่เหมาะสำหรับใช้งานโปรแกรม Visual Basic.NET	37
3	หน้าที่การทำงานแต่ละกระบวนการของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ	44
4	รายละเอียดกระบวนการของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ	44
5	ชนิดและค่าของคุณสมบัติของเขตข้อมูล	51
6	โครงสร้างฐานข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์	52
7	โครงสร้างฐานข้อมูลประเภทของวัตถุดิบอาหารสัตว์	53
8	โครงสร้างฐานข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์	53
9	โครงสร้างฐานข้อมูลประเภทของสัตว์	55
10	โครงสร้างฐานข้อมูลการบันทึกสูตรอาหารสัตว์	55
11	โครงสร้างฐานข้อมูลรายละเอียดสูตรอาหารสัตว์	55

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	แผนผังระบบงานของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ	40
2	แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 1 ของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ	41
3	แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 2 ของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ ส่วนข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์	42
4	แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 2 ของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ ส่วนข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์	42
5	แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 2 ของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์ส่วนเศรษฐกิจ คลังวัตถุดิบอาหารสัตว์	43
6	ผังโครงสร้างของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ	50
7	แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล (entity-relationship diagram) ของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ	50
8	หน้าจอการทำงานหลักของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ	58
9	หน้าจอการเพิ่มข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์และราคา	59
10	หน้าจอการเรียกดูแก้ไขข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์และราคา	60
11	หน้าจอการเพิ่มข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์	60
12	หน้าจอการเรียกดูแก้ไขข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์	61
13	หน้าจอการคำนวณสูตรอาหารสัตว์	62
14	หน้าจอรายงานผลการคำนวณสูตรอาหารสัตว์	63
15	หน้าจอการทดสอบสูตรอาหารสัตว์	63
16	หน้าจอรายงานผลการทดสอบสูตรอาหารสัตว์	64
17	หน้าจอคำนวณปริมาณการผสมอาหารสัตว์จากสูตรอาหารสัตว์	65
18	หน้าจอแจ้งผลการตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบในคลัง	66

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวก		หน้า
1	ความต้องการโภชนะของไก่ ตามมาตรฐาน National Research Council (1994)	73
2	ความต้องการโภชนะของสุกร ตามมาตรฐาน National Research Council (1988)	75
3	ความต้องการโภชนะของโค ตามมาตรฐาน National Research Council (1989)	76
4	ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์	77

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ก่อตั้งเมื่อ ๒๔๗๙ สำนักหอสมุด

บทที่ 1
บทนำ

อาหารสัตว์ หมายถึง สิ่งที่สัตว์กินเข้าไปแล้วไม่เกิดโทษต่อสัตว์ สามารถย่อยและดูดซึมในร่างกายของสัตว์ได้ สัตว์จะเปลี่ยนสารอาหารให้เป็นผลผลิตต่าง ๆ เช่น เนื้อ นม ไข่ ขน เขา และอื่น ๆ นอกจากนี้สัตว์ยังใช้อาหารเพื่อการดำรงชีพและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรออีกด้วย การเลือกใช้อาหารที่ดีและมีคุณภาพมาเลี้ยงสัตว์จะทำให้ผู้เลี้ยงได้รับผลตอบแทนสูง ด้วยเหตุนี้ผู้เลี้ยงสัตว์จึงต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการเลือกใช้อาหารและการให้อาหารสัตว์ที่ถูกต้อง ทั้งนี้มีจุดประสงค์ที่สำคัญคือ ลดต้นทุนค่าอาหารให้มากที่สุด เนื่องจากในการเลี้ยงสัตว์ มีต้นทุนค่าอาหารประมาณ 70% ของต้นทุนทั้งหมด ขณะเดียวกันก็ต้องจัดการให้สัตว์ให้ผลผลิตสูงสุดด้วย

การนำเอาความรู้ด้านการวิจัยและเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับการดำเนินงานจะช่วยให้การผลิตอาหารสัตว์ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดยิ่งขึ้น ในส่วนกระบวนการประกอบสูตรอาหารได้มีการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ เพื่ออำนวยความสะดวกทำให้เกษตรกรสามารถคิดคำนวณหรือพัฒนาสูตรอาหาร ให้มีความเหมาะสมกับความต้องการของสัตว์ และสถานการณ์ปัญหาวัตถุดิบในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม โปรแกรมช่วยคำนวณสูตรอาหารสัตว์ทั้งระบบภาษาไทยและต่างประเทศ ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันมีราคาสูง และไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างครบถ้วน โดยเฉพาะในด้านการจัดการคลังวัตถุดิบอาหารสัตว์ ที่จะช่วยให้เกษตรกรสามารถตรวจสอบข้อมูลวัตถุดิบที่มีอยู่จริงและนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสม การพัฒนาโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์ให้มีรูปแบบการทำงานตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้จะส่งผลให้กระบวนการผลิตอาหารสัตว์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

พัฒนาโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์ให้ใช้งานได้ง่าย และให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์สามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ บันทึกและจัดการข้อมูลคลังวัตถุดิบอาหารสัตว์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เมื่อทำโปรแกรมได้สำเร็จจะเกิดประโยชน์คือ ได้โปรแกรมสำหรับใช้ในการคำนวณสูตรอาหารที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ ซึ่งเป็นโปรแกรมแสดงเป็นภาษาไทยสามารถใช้งานได้สะดวกและเข้าใจง่าย และเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์สามารถใช้โปรแกรมในการจัดการข้อมูลคลังวัตถุดิบอาหารสัตว์

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ประเภทของโภชนะในอาหารสัตว์

โภชนะในอาหารสัตว์มีหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทก็มีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป แบ่งอาหารเป็นหมวดหมู่ต่าง ๆ ตามความใกล้เคียงกันขององค์ประกอบทางเคมีได้ 6 ประเภท ดังนี้ (สมชาย, 2549)

1. น้ำ (water) เป็นสิ่งจำเป็นต่อร่างกายของสัตว์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทางตรงคือ เซลล์ใช้น้ำสำหรับปฏิกิริยาในเซลล์ ทางอ้อมคือ เป็นตัวพาสารอาหารและออกซิเจนไปให้เซลล์และพาของเสียและคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากเซลล์ (สิริพันธุ์, 2542) ในร่างกายสัตว์จะมีน้ำเป็นองค์ประกอบ 60 – 80 เปอร์เซ็นต์ สัตว์อายุน้อยร่างกายจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่มากกว่าสัตว์อายุมาก หากสัตว์ขาดน้ำเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำในร่างกาย สัตว์จะรู้สึกไม่สบาย เยื่อชุ่มต่าง ๆ แห้ง กระวนกระวาย กล้ามเนื้อทำงานไม่ปกติ หายใจขัด และหากสัตว์ขาดน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีอยู่ในร่างกาย สัตว์อาจตายได้ (ธาตรี, 2548)

สัตว์เลี้ยงควรได้รับน้ำที่สะอาดอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงที่มีอากาศร้อนจะมีความต้องการน้ำสูงเป็นพิเศษ ปริมาณน้ำในวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันและมีผลต่อลักษณะของอาหารด้วย ยกตัวอย่างเช่น หญ้าสดจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่สูงทำให้มีส่วนที่เป็นวัตถุแห้งต่ำ ตรงกันข้ามกับอาหารสัตว์พวกธัญพืชจะมีองค์ประกอบที่เป็นน้ำอยู่น้อย เป็นต้น (กฤตพล, 2543) น้ำที่ให้สัตว์กินต้องเป็นน้ำที่สะอาด ไม่มีสิ่งเจือปน หากสัตว์ได้รับน้ำที่ไม่สะอาดจะมีผลต่อสุขภาพของสัตว์ได้

2. โปรตีน (protein) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของสารอินทรีย์ ประกอบด้วย คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) และไนโตรเจน (N) บางครั้งอาจจะมีกำมะถัน (S) ฟอสฟอรัส (P) และเหล็ก (Fe) รวมอยู่ด้วย โปรตีนจะพบในเซลล์ที่มีชีวิตทุกเซลล์ เมื่อโปรตีนถูกสลายตัวด้วยน้ำ (hydrolysis) ไม่ว่าในกรดหรือด่างเข้มข้น จะแตกตัวออกเป็นสารเล็ก ๆ เรียกว่า กรดอะมิโน หรือ amino acid (สิริพันธุ์, 2542)

ชนิดของกรดอะมิโน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

(1) กรดอะมิโนที่จำเป็น (essential or indispensable amino acids) ได้แก่ กรดอะมิโนที่มีในวัตถุดิบในระดับต่ำไม่พอเพียงกับความต้องการของร่างกายหรือร่างกาย

สังเคราะห์ไม่ได้หรือสังเคราะห์ได้ แต่ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร ซึ่งมีความจำเป็นต่อร่างกายของสัตว์

(2) กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (nonessential or dispensable amino acids) ได้แก่ กรดอะมิโนที่มีอยู่ในอาหารเพียงพอหรือร่างกายสังเคราะห์ได้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ไม่จำเป็นต้องเสริม

ตาราง 1 กรดอะมิโนที่จำเป็น และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น

กรดอะมิโนที่จำเป็น	**กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น**
ไอโซลูซีน (isoleucine)	ไกลซีน (glycine)
ลูซีน (leucine)	อะลานีน (alanine)
ไลซีน (lysine)	เซอรีน (serine)
เมทไธโอนีน (methionine)	ซีสทีน (cystine)
ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine)	ซีสทีอีน (cysteine)
ทรีโอนีน (threonine)	ไทโรซีน (tyrosine)
ทริปโตเฟน (tryptophan)	โปรลีน (proline)
วาลีน (valine)	ไฮดรอกซิโปรลีน (hydroxyproline)
อาร์จินีน (arginine)	กรดแอสปาร์ติก (aspartic acid)
ฮิสทิดีน (histidine)	กรดกลูตามิก (glutamic acid)
ไกลซีน (glycine)*	

หมายเหตุ: *ในสัตว์ปีกที่มีการเจริญเติบโตรวดเร็วเพิ่มอีกชนิดคือ ไกลซีน (glycine)

ที่มา: จรัส (2539)

โปรตีนจัดเป็นโภชนะที่สำคัญชนิดหนึ่ง สัตว์ต้องได้รับในปริมาณที่เพียงพอในแต่ละวัน เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงตามต้องการ โปรตีนทำหน้าที่หลายอย่างในร่างกายสัตว์ ซึ่งสัตว์ต้องได้รับในปริมาณที่เพียงพอจึงจะทำให้สัตว์ดำรงชีวิตและให้ผลผลิตได้เต็มที่ แหล่งของโปรตีนในอาหารจากสัตว์ได้จากปลาป่น ส่วนแหล่งอาหารโปรตีนจากพืชส่วนมากจะได้จากเมล็ดพืชน้ำมัน

3. คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) เป็นโภชนะหลักที่ให้พลังงานในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้พลังงานในการดำรงชีวิตของสัตว์ ประกอบไปด้วยธาตุหลัก 3 ธาตุ คือ คาร์บอน

ไฮโดรเจน และออกซิเจน โดยมีสัดส่วนของไฮโดรเจนต่อออกซิเจนเท่ากับ 2 ต่อ 1 รายละเอียดเกี่ยวกับคาร์โบไฮเดรตมีดังนี้

ประเภทของคาร์โบไฮเดรต แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

(1) คาร์โบไฮเดรตอย่างง่าย (simple carbohydrate) ได้แก่ น้ำตาลที่ได้จากธรรมชาติและทำให้บริสุทธิ์ มีดังนี้

(1.1) น้ำตาลเชิงเดี่ยว (simple sugar) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กสุด ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส (glucose) กาแลคโตส (galactose) และฟรัคโตส (fructose) เป็นต้น

(1.2) น้ำตาลสองชั้น (secondary sugar) ประกอบด้วยน้ำตาลเชิงเดี่ยว 2 ชนิดมาเชื่อมตัวต่อกัน ได้แก่ ซูโครส (sucrose) แลคโทส (lactose) และมอลโทส (maltose)

(2) คาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน (complex carbohydrates) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยน้ำตาลเชิงเดี่ยวจำนวนมากมาเชื่อมต่อกัน ส่วนใหญ่จะเรียกว่า น้ำตาลหลายชั้น (polysaccharides) เมื่อร่างกายสัตว์ย่อยแล้วจะได้น้ำตาลเชิงเดี่ยว แบ่งออกเป็น

(2.1) แป้ง (starch) ประกอบด้วย กลูโคสมาเชื่อมต่อกันเป็นเส้นยาว ถ้าเชื่อมต่อกันเป็นเส้นตรงจะเรียกว่า อะมิโลส (amylose) แต่ถ้าเชื่อมต่อกันเป็นกิ่งแขนงจะเรียกว่า อะมิโลเพคติน (amylopectin)

(2.2) ใยอาหาร (dietary fiber) เป็นส่วนของเส้นใยพืช ส่วนใหญ่สัตว์กระเพาะเดี่ยวจะย่อยใยอาหารไม่ได้ แต่สัตว์กระเพาะรวมสามารถย่อยได้โดยอาศัยจุลินทรีย์ในกระเพาะเป็นตัวช่วยย่อย เป็นน้ำตาลหลายชั้น ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เป็นต้น

(2.3) ไกลโคเจน (glycogen or animal starch) ร่างกายจะสะสมไกลโคเจนไว้ที่ตับซึ่งสามารถดึงมาใช้เป็นพลังงานได้

(2.4) ไคติน (chitin) เป็นองค์ประกอบของเปลือกนอกของแมลง เช่น กุ้ง ปู เป็นต้น

แหล่งของคาร์โบไฮเดรตในอาหารสัตว์ส่วนใหญ่จะอยู่ในพืชประเภทหัว หรือพวกเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ ได้แก่ ข้าวโพด ข้าว มันต่าง ๆ เป็นต้น ร่างกายสัตว์ จะต้องย่อยคาร์โบไฮเดรตเป็นกลูโคสก่อนจึงจะดูดซึมไปใช้ได้

4. ไขมัน (lipids) มีพลังงานสูงกว่าคาร์โบไฮเดรต 2.25 เท่า จากความแตกต่างระหว่างสัดส่วนของไขมันที่อิ่มตัว ณ ที่อุณหภูมิห้องไขมันจะแข็งตัว ส่วนน้ำมันจะเป็นของเหลว (liquid) โดยทั่วไปหากไขมันอยู่ในสภาพแข็งตัวเรียกว่า ไข (fat) และเมื่ออยู่ในสภาพของเหลวเรียกว่า น้ำมัน (oil) ไขมันประกอบด้วยธาตุหลัก คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ไขมันไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ใน อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม และเบนซิน

กรดไขมันแบ่งออกตามความต้องการของร่างกายได้เป็น 2 ประเภท คือ

(1) กรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential fatty acid) เป็นกรดไขมันที่ร่างกายสัตว์สังเคราะห์ได้ไม่เพียงพอ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว เช่น กรดโอลิอิค (oleic acid) กรดลิโนลีอิค (linoleic acid) ส่วนใหญ่จะพบในน้ำมันพืช และน้ำมันตับปลา

(2) กรดไขมันที่ไม่จำเป็น (non – essential fatty acid) เป็นกรดไขมันที่ร่างกายสัตว์ได้รับจากอาหารและสามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ ส่วนมากเป็นกรดไขมันที่อิ่มตัว พบทั้งในพืชและสัตว์ ได้แก่ กรดบิวทีริค (butylic acid) ซึ่งพบในไขมันนม กรดคาโปรอิค (capoic acid) พบในน้ำมันพืช กรดอะแรคซิดิค (arachidic acid) พบในน้ำมันถั่ว เป็นต้น

5. แร่ธาตุ (minerals) เป็นโภชนะที่มีความจำเป็นต่อสุขภาพและการให้ผลผลิตของสัตว์เลี้ยง ถ้าผู้เลี้ยงสัตว์ขาดการดูแลเอาใจใส่ในเรื่องแร่ธาตุในอาหาร อาจมีผลกระทบทำให้ผลผลิตต่ำลง และขณะเดียวกันก็อาจก่อให้เกิดปัญหาเรื่องโรคและปัญหาทางด้านการสืบพันธุ์ตามมาอีกด้วย (กฤตพล, 2543) แร่ธาตุมีจำนวนมากมายหลายชนิด แต่ที่มีความสำคัญต่อร่างกายของสัตว์มีประมาณ 17 ชนิด

แร่ธาตุแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

(1) แร่ธาตุหลัก (major minerals หรือ macro minerals) เป็นแร่ธาตุที่ร่างกายต้องการมากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป หรือเป็นแร่ธาตุที่มีอยู่ในร่างกายสัตว์มากกว่า 5 กรัม ได้แก่ แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) โซเดียม (Na) โปตัสเซียม (K) คลอรีน (Cl) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S)

(2) แร่ธาตุรองหรือแร่ธาตุปลีกย่อย (minor minerals หรือ micro minerals หรือ trace minerals) เป็นแร่ธาตุที่ร่างกายต้องการน้อยกว่า 100 มิลลิกรัมต่อวัน หรือเป็นแร่ธาตุที่มีอยู่ในร่างกายสัตว์น้อยกว่า 5 กรัม ได้แก่ เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) แมงกานิส (Mn) ไอโอดีน (I) สังกะสี (Zn) ฟลูออลีน (F) โคบอลท์ (Co) โมลิบดีนัม (Mo) ซีลีเนียม (Se) ซิลิกอน (Si) และนิเกิล (Ni) เป็นต้น ในกลุ่มแร่ธาตุรองหรือแร่ธาตุปลีกย่อยนี้มีแร่ธาตุบางชนิดถ้าสัตว์ได้รับมากเกินไปจะเป็นพิษหรือเป็นอันตราย เรียกว่า แร่ธาตุที่เป็นพิษ (toxic minerals) ได้แก่ ทองแดง โมลิบดีนัม ฟลูออลีน สารหนู และซีลีเนียม เป็นต้น (ดำรง และคณะ, 2546)

แหล่งของแร่ธาตุในอาหารสัตว์ ได้แก่ เปลือกหอยป่น หินปูนป่น กระดูกป่น และแกลบกุ้ง เป็นต้น

6. วิตามิน (vitamins) จัดว่าเป็นโภชนะที่เป็นสารอินทรีย์ที่ร่างกายมีความต้องการในแต่ละวันในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เพื่อทำหน้าที่เฉพาะอย่างในร่างกาย จำเป็นสำหรับ

การดำรงชีวิตให้เป็นปกติ จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของสัตว์ วิตามินบางอย่างร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร วิตามินจะไม่ให้พลังงานหรือเป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อใด ๆ แต่มีความสำคัญต่อร่างกาย ทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ (coenzyme) ทำให้น้ำย่อยทำงานได้อย่างสมบูรณ์

วิตามินแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

(1) วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน (fat soluble vitamins) ได้แก่ วิตามิน เอ ดี อี และเค ตามธรรมชาติจะอยู่ร่วมกับไขมันในวัตถุดิบอาหารสัตว์ การดูดซึมต้องอาศัยน้ำดี (bile) วิตามินพวกนี้สะสมในร่างกายสัตว์ได้ในรูปของเนื้อเยื่อไขมัน และสามารถดึงมาใช้ได้ในช่วงที่ร่างกายขาดสารอาหาร

(2) วิตามินที่ละลายได้ในน้ำ (water soluble vitamins) ที่สำคัญได้แก่ วิตามินบี 1 บี 2 บี 6 บี 12 ไนอะซิน กรดแพนโธทินิก กรดโฟลิค ไบโอติน และโคลีน วิตามินพวกนี้ละลายน้ำได้ ในอาหารมักพบในปริมาณที่มากพอ ไม่สามารถสะสมในร่างกายสัตว์ได้ ถ้าสัตว์ได้รับมากเกินจะถูกขับออกมาทางปัสสาวะ ยกเว้นวิตามินบี 12 ร่างกายสามารถสะสมไว้ได้

การจำแนกวัตถุดิบอาหารสัตว์

วัตถุดิบอาหารสัตว์ (feedstuffs) หมายถึง สารใด ๆ ก็ตามที่ให้โภชนะที่เกิดประโยชน์แก่สัตว์ที่กินเข้าไป โดยวัตถุดิบอาหารสัตว์อาจได้มาจากแหล่งธรรมชาติ เช่น พืช สัตว์ ฯลฯ หรืออาจได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี เช่น กรดอะมิโน วิตามินต่าง ๆ หรือทางชีววิทยา เช่น โปรตีนจากพืชหรือสัตว์เซลล์เดียวก็ได้ วัตถุดิบอาหารสัตว์จำแนกออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ดังนี้ (จรัส, 2539)

1. อาหารหยาบ (roughages) หมายถึง วัตถุดิบที่มีโภชนะต่อหน่วยน้ำหนักต่ำมีเยื่อใยสูงกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ แบ่งออกเป็น 3 พวก คือ

(1) อาหารหยาบสด (green roughages หรือ green forages) อาหารหยาบที่อยู่ในสภาพสด มีความชื้นสูง 70 – 85 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ พืชที่ตัดสดมาให้สัตว์กิน (soiling crops) และพืชอาหารสัตว์ในทุ่งที่สัตว์เข้าไปแทะเล็ม (pasture crops) อาหารหยาบสดประกอบด้วย

(1.1) พืชตระกูลหญ้า (gramineae) ได้แก่ หญ้าขน (para grass หรือ mauritius grass) หญ้ากินนี (guinea grass) หญ้าเนเปียร์ (napier grass) หญ้ารูซี่ (ruzi grass) ฯลฯ พืชตระกูลหญ้าเป็นพืชที่ให้คาร์โบไฮเดรตเป็นหลัก (แป้งหรือเยื่อใย)

(1.2) พืชตระกูลถั่ว (leguminosae) ได้แก่ ถั่วลายหรือถั่วเซนโตรซีมา (centrosema) ถั่วซีราโตร (siratro) ถั่วสไตโล (stylo) ฯลฯ พืชตระกูลถั่วจะให้คุณค่าทางโภชนะโปรตีนสูงกว่าพืชอื่น มักปลูกผสมกับหญ้าทำเป็นทุ่งหญ้าผสมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้แก่สัตว์

(1.3) พืชอาหารอื่น ๆ (others) ได้แก่ ผักตบชวา (water hyacinth) ต้นข้าวโพด (corn stem) ต้นข่าวฟ่าง (sorghum stem) ฯลฯ

(2) อาหารหยาบแห้ง (dry roughages หรือ dry forages) อยู่ในรูปที่มีความชื้นไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ เพื่อจุดประสงค์ในการเก็บรักษาไว้ใช้ในยามขาดแคลนอาหาร โดยนำอาหารหยาบสดมาระเหยความชื้นออกด้วยการตากแดด 2 – 3 วัน หรือการอบด้วยความร้อนให้เหลือความชื้นไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในสภาพที่เชื้อราและราเมือกเจริญได้ยาก จึงสามารถเก็บได้นานขึ้น อาหารหยาบแห้ง ได้แก่ พืชแห้ง (hay) เป็นพืชที่เก็บเกี่ยวในระยะที่มีคุณค่าทางอาหารสูงแล้วนำมาระเหยความชื้นออกไป นอกจากนี้อาหารหยาบแห้งยังรวมถึงฟางข้าว (rice straws) อีกด้วย

(3) อาหารหยาบหมัก (ensile roughages หรือ ensile forages) อยู่ในรูปที่มีความชื้น 70 – 75 เปอร์เซ็นต์ ระดับ pH ประมาณ 4.2 ในหลุมหมักที่มีสภาพไร้ออกซิเจน เพื่อจุดประสงค์ในการเก็บรักษาไว้ใช้ในยามขาดแคลนอาหาร และสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานนับสิบปี ถ้าไม่เปิดหลุมหมัก โดยการนำอาหารหยาบสดที่เก็บเกี่ยวในระยะคุณค่าทางอาหารสูง และมีปริมาณของ คาร์โบไฮเดรตมากพอ มีความชื้น 70 – 75 เปอร์เซ็นต์ นำมาสับเป็นท่อนเล็ก ๆ บรรจุอัดแน่นลงหลุมหมักหรือบ่อหมัก (silo) ปิดปากหลุมหมักให้สนิทแน่นป้องกันไม่ให้อากาศเล็ดลอดเข้าไป ประมาณ 21 วัน ขบวนการหมักก็จะเสร็จสมบูรณ์ ตัวอย่างอาหารหยาบหมัก ได้แก่ พืชหมัก (silage) แต่ถ้าใช้อาหารหยาบสดที่มีความชื้น 55 – 60 เปอร์เซ็นต์มาทำการหมัก เรียกว่า พืชหมักแห้ง (haylages) ในประเทศไทยหลุมหมักที่นิยมใช้กันมาก คือ หลุมหมักแบบวางนอนใต้ดิน (trench silo)

2. อาหารข้น (concentrate) หมายถึง วัตถุดิบที่มีความเข้มข้นของโภชนะต่อหน่วยน้ำหนักสูง มีเยื่อใยต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ แบ่งออกเป็น 2 พวก ได้แก่

(1) อาหารหลักหรืออาหารพลังงาน (basal feed หรือ energy feed) คือ วัตถุดิบที่มีพลังงานสูงหรือมีคาร์โบไฮเดรตมาก มีโปรตีนต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ที่เรียกว่า อาหารหลัก เพราะเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในปริมาณมากถึง 50 – 80 เปอร์เซ็นต์ ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ ได้แก่

(1.1) ได้จากพืช ได้แก่ ธัญพืช เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ปลายข้าว รำละเอียด เป็นต้น พืชหัว เช่น มันสำปะหลัง (มันเส้น) มันเทศ เป็นต้น และน้ำมันพืชต่าง ๆ

(1.2) ได้จากสัตว์ เช่น ไขมันโค (tallow) ไขมันสุกร (lard) เป็นต้น

(1.3) อื่น ๆ เช่น กากน้ำตาล (molasses) เป็นต้น

(2) อาหารเสริม (supplements) คือ วัตถุดิบที่เสริมลงไปในอาหารหลัก ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์เพื่อให้มีโภชนะครบสมบูรณ์ตามความต้องการของสัตว์ แบ่งย่อยออกเป็น

(2.1) อาหารเสริมโปรตีน (protein supplements) คือ วัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีน มีโปรตีนมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่

(2.1.1) ได้จากพืช ได้แก่ ผลพลอยได้จากขบวนการแปรรูปอาหาร พลังงาน เช่น ส่าเหล้า ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมพืชน้ำมัน เช่น กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง กากมะพร้าว กากเมล็ดฝ้าย กากเมล็ดนุ่น กากเมล็ดปาล์ม กากเมล็ดยางพารา เป็นต้น ใบพืชต่าง ๆ เช่น ใบกระถิน ใบมันสำปะหลัง ใบปอ เป็นต้น

(2.1.2) ได้จากสัตว์ เช่น ปลาป่น เนื้อป่น เลือดป่น เป็นต้น

(2.1.3) ได้จากการสังเคราะห์ เช่น โปรตีนจากพืชหรือสัตว์เซลล์เดียว (single cell proteins) เช่น ยีสต์ เป็นต้น กรดอะมิโนสังเคราะห์ เช่น ไลซีน เมทไธโอนีน ฟีนิลอะลานีน เป็นต้น

(2.2) อาหารเสริมแร่ธาตุ (mineral supplements) คือ วัตถุดิบที่มีความเข้มข้นของแร่ธาตุสูง เสริมลงไปในอาหารหลักเพื่อให้มีแร่ธาตุครบสมบูรณ์ตามความต้องการของสัตว์ ได้แก่

(2.2.1) วัตถุดิบที่เป็นแหล่งของแคลเซียม เช่น หินปูน ($CaCO_3$) ปูนขาว (CaO) เปลือกหอยป่น

(2.2.2) วัตถุดิบที่เป็นแหล่งของแคลเซียมและฟอสฟอรัส เช่น กระดูกป่น ไดแคลเซียมฟอสเฟต

(2.2.3) วัตถุดิบที่เป็นแหล่งของโซเดียมและคลอรีน เช่น เกลือ

(2.2.4) วัตถุดิบที่เป็นแหล่งของโปตัสเซียม เช่น กากน้ำตาล

(2.3) อาหารเสริมวิตามิน (vitamin supplements) คือ วัตถุดิบที่เสริมลงไปในอาหารหลักเพื่อให้วิตามินครบสมบูรณ์ตามความต้องการของสัตว์ ได้แก่

(2.3.1) วัตถุดิบที่เป็นแหล่งของวิตามินเอ เช่น พืชที่มีแคโรทีน

(2.3.2) วัตถุดิบที่เป็นแหล่งของวิตามินดี เช่น พืชแห้งที่ตากแดด (field cured hay)

(2.3.3) วัตถุดิบที่เป็นแหล่งของวิตามินอี เช่น รำละเอียด

(2.3.4) วัตถุดิบที่เป็นแหล่งของวิตามินเค เช่น ใบกระถิน

(2.3.5) วัตถุดิบที่เป็นแหล่งของวิตามินซี เช่น ผลไม้รสเปรี้ยว (citrus fruits)

(2.3.6) วัตถุดิบที่เป็นแหล่งของวิตามินบีรวม เช่น ธัญพืชต่าง ๆ

3. สารเสริมอาหาร หรือวัตถุเติมในสูตรอาหารสัตว์ (feed additives) ไม่ใช่โภชนะโดยตรง เป็นสารที่เติมลงไปในอาหารเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพอาหาร ทำให้สัตว์ใช้ประโยชน์จากอาหารได้มากขึ้น ใช้เสริมในสูตรอาหารสัตว์เพื่อจุดประสงค์ต่าง ๆ ดังนี้

(1) เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เช่น ยาปฏิชีวนะ อาทิ เพนิซิลลิน (penicillin) อ๊อกซีเตตราไซคลีน (oxytetracycline) รูเมนซิน (rumensin) เป็นต้น

(2) เพื่อเร่งการเจริญเติบโต เช่น ฮอร์โมนสังเคราะห์หรือสารคล้ายฮอร์โมน อาทิ ไดเอทธิล สทิลเบสทรอล (diethyl stilbestrol; DES) เมเลนเจสทรอล อาซีเตท (melengestrol acetate; MGA) ซินโนเวกซ์ (synovex) เซอรานอล (zeranol) หรือราลโกร (ralgro)

(3) เพื่อถ่ายพยาธิ เช่น ไทอาเบนดาโซล (thiabendazole) ปิเปอราซีน (piperazine)

(4) เพื่อปรุงรสชาติ เช่น กากน้ำตาล (molasses)

(5) เพื่อป้องกันหืน เช่น เอทธอไซควิน (ethoxyquin) บิวทีเลทไฮดรอกซีโทลีน (butylated hydroxy toluene; BHT) บิวทีเลทไฮดรอกซีอานีโซล (butylated hydroxy anisole; BHA)

(6) เพื่อป้องกันเชื้อรา เช่น เบนโซเอท (benzoate) ควิโนซาลีน (quinoxalene)

(7) เพื่อป้องกันโรคบิด (coccidiostat) เช่น แอมโพรเลียม (amprolium) บิวทีโนเรท (butynorate)

(8) เพื่อรักษาโรค เช่น ฟูราโซลีโดน (furazolidone) จุนสี (copper sulfate)

ความต้องการโภชนะของสัตว์

สัตว์แต่ละชนิดต้องการโภชนะแตกต่างกันออกไป สัตว์บางชนิดต้องการอาหารข้นที่มีโภชนะครบถ้วนมากกว่าอาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูง เช่น สุกร ไก่ เป็นต้น แต่สัตว์บางชนิดต้องการอาหารที่มีเยื่อใยสูงเป็นหลักแล้วเสริมด้านอาหารข้น เช่น โค กระบือ แพะ แกะ เป็นต้น สัตว์ต่างเพศและต่างอายุกันมีความต้องการโภชนะที่แตกต่างกันออกไป สัตว์ที่อยู่คนละสภาพแวดล้อมก็ต้องการโภชนะที่แตกต่างกันออกไป เช่น สัตว์เขตหนาวจะต้องการพลังงานมากกว่าสัตว์เขตร้อน แต่โดยสรุปแล้วสัตว์ต้องการโภชนะเพื่อการดำรงชีพ การสืบพันธุ์และการให้ผลผลิต ซึ่งสามารถกล่าวถึงรายละเอียดความต้องการโภชนะในสัตว์เลี้ยงได้ดังนี้

1. จุดประสงค์ของความต้องการโภชนะในการคำนวณสูตรอาหารเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ที่ทำเป็นอุตสาหกรรมนั้น จำเป็นต้องทำให้อาหารมีโภชนะครบถ้วนตามความต้องการของสัตว์ เพื่อสัตว์จะได้นำไปใช้ในด้านต่าง ๆ สัตว์จำเป็นต้องได้อาหารครบทั้ง 5 หมู่ และได้รับน้ำที่สะอาดสำหรับดื่มกิน เมื่อสัตว์กินอาหารก็จะได้รับโภชนะต่าง ๆ เข้าสู่ร่างกายเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ดังนี้ (บุญเสริม และบุญล้อม, 2542)

(1) เพื่อการดำรงชีพ (maintenance) เพื่อให้ร่างกายมีชีวิตอยู่ได้ โดยทำให้กระบวนการต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ (vital process) สามารถดำเนินไปได้ โดยสัตว์ไม่มีการเพิ่มหรือสูญเสียน้ำหนักตัว กระบวนการดังกล่าวได้แก่ การหายใจ การสูบฉีดโลหิต การย่อยอาหาร การขับถ่าย รวมทั้งกิจกรรมปกติ เช่น การยืน เดิน กิน และนอน เป็นต้น

(2) เพื่อการเจริญเติบโต (growth) สัตว์ที่อายุน้อยต้องการอาหารที่มีโภชนะครบถ้วนมากกว่าสัตว์อายุมาก ทั้งนี้เพื่อนำสารอาหารที่ได้ไปสร้างเป็นโครงสร้างของร่างกาย ได้แก่ กระดูก และกล้ามเนื้อ ทำให้สัตว์เจริญเติบโตได้เป็นปกติ

(3) เพื่อการสืบพันธุ์ (reproduction) สัตว์จะมีการเจริญพันธุ์เมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว สัตว์เพศผู้ต้องการอาหารไปเพื่อสร้างระบบสืบพันธุ์ที่สมบูรณ์และผลิตเชื้ออสุจิ ส่วนสัตว์เพศเมียจะนำอาหารไปสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียที่เรียกว่า ไข่ หากสัตว์ได้รับสารอาหารไม่ครบถ้วน ระบบสืบพันธุ์และความสมบูรณ์พันธุ์ของสัตว์ก็จะไม่เกิด สัตว์อาจจะไม่แสดงอาการเป็นสัด หรือผสมไม่ติดได้

(4) เพื่อการให้ผลผลิต (production) สารอาหารที่สัตว์กินเข้าไปนอกจากใช้เพื่อการดำรงชีพ เพื่อการเจริญเติบโต และเพื่อการสืบพันธุ์แล้ว สัตว์ยังใช้อาหารไปสร้างเป็นผลผลิตต่าง ๆ ได้แก่ เนื้อ นม ไข่ ขน เขา เป็นต้น ถ้าสัตว์ได้รับสารอาหารไม่เพียงพอสัตว์ก็จะให้ผลผลิตต่ำหรือไม่ให้ผลผลิตเลยก็ได้

(5) เพื่อทำให้อ้วน (fattening) ในกรณีที่เราเลี้ยงสัตว์ไว้เพื่อต้องการเนื้อ การให้อาหารจำเป็นมากเนื่องจากร่างกายสัตว์จะเปลี่ยนอาหารให้เป็นกล้ามเนื้อและไขมัน หากเราขุนสัตว์แล้วสัตว์ได้รับอาหารดีเพียงพอก็จะทำให้สัตว์เลี้ยงอ้วน เพื่อรอการชำแหละนำไปเป็นอาหารและแปรรูปต่อไป

(6) เพื่อเป็นแรงงาน (work) มีสัตว์หลายประเภทที่มนุษย์นำมาใช้แรงงาน เช่น ช้าง ม้า โค กระบือ ลา และล่อ เป็นต้น สัตว์เหล่านี้ต้องใช้แรงงาน ดังนั้นจึงมีความต้องการอาหารที่มีโภชนะครบถ้วน เพื่อเปลี่ยนโภชนะเหล่านั้นให้เป็นพลังงานไว้สำหรับการใช้งานของมนุษย์ได้

2. ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการโภชนะของสัตว์ มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อความต้องการโภชนะของสัตว์เลี้ยง ซึ่งมีผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อความต้องการโภชนะของ

สัตว์ ทั้งเพื่อการดำรงชีพ การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ การให้ผลผลิต การทำให้อ้วน และการให้แรงงาน ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านั้นมีดังต่อไปนี้ (สิริวิทธ์, 2527)

(1) ชนิดของสัตว์ มีผลต่อความต้องการโภชนะ สัตว์เล็ก เช่น ไก่มีความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักมากกว่าสัตว์ใหญ่ เช่น โค กระบือ ทั้งนี้เพราะอัตราการใช้พลังงานพื้นฐานมีความเกี่ยวข้องกับพื้นที่ผิวของร่างกาย ซึ่งพื้นที่ผิวเกี่ยวพันกับขนาดของสรีระของสัตว์ชนิดต่าง ๆ ด้วย

(2) เพศ อายุ และขนาด สัตว์เพศผู้ต้องการอาหารมากกว่าสัตว์เพศเมียและเติบโตเร็วกว่า สัตว์อายุน้อยต้องการอาหารที่มีโปรตีนสูงกว่าสัตว์อายุมาก สัตว์ที่มีขนาดลำตัวใหญ่ต้องการอาหารมากกว่าสัตว์ที่มีขนาดลำตัวเล็กกว่า

(3) ชนิดและระดับของผลผลิต สัตว์ที่ตั้งท้องต้องการโภชนะมากกว่าสัตว์ที่ไม่ท้อง และในช่วงสุดท้ายของการตั้งท้องจะต้องการโภชนะมากกว่าระยะแรกของการตั้งท้อง สัตว์ที่กำลังให้นมลูกต้องการโภชนะมากกว่าสัตว์ที่ไม่ให้นม ไก่ที่กำลังไข่ต้องการโภชนะมากกว่าไก่ที่ไม่ได้ไข่ เป็นต้น

(4) สุขภาพของสัตว์ สัตว์มีสุขภาพไม่ดีหรือป่วยก็จะกินอาหารลดลง

(5) สภาพของสัตว์ สัตว์อ้วนจะกินอาหารมากกว่าสัตว์ผอม เป็นต้น

(6) สภาพแวดล้อม ส่วนใหญ่หมายถึงสภาพภูมิอากาศ ถ้าอากาศร้อนสัตว์จะกินน้ำมากมีผลทำให้กินอาหารลดลง ส่วนสัตว์เขตหนาวจะกินอาหารมากกว่าสัตว์เขตร้อน เนื่องจากต้องการพลังงานจากอาหารไปสร้างความอบอุ่นให้กับร่างกาย การเลี้ยงสัตว์ในสภาพคอกที่ชื้นแฉะจะทำให้สัตว์เสียความร้อนออกจากร่างกายได้ง่าย จึงต้องการพลังงานสูงกว่าสัตว์ที่เลี้ยงในสภาพคอกที่แห้ง

การประกอบสูตรอาหารสัตว์

อาหารสัตว์เริ่มมีการใช้มาแล้วมากกว่า 60 ปี และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในปี ค.ศ. 1930 เริ่มมีการเสริมอาหารข้นให้กับสัตว์ร่วมกับการปล่อยให้สัตว์หากินเองในทุ่งหญ้า ต่อมาในปี ค.ศ. 1990 โรงงานผลิตอาหารสัตว์เริ่มมีการผลิตอาหารผสมสำหรับปศุสัตว์โดยผลิต 1,000 ตันต่อสัปดาห์ ปัจจุบันสิ่งที่ต้องพิจารณาในการผลิตอาหารสำหรับปศุสัตว์คือ การเปลี่ยนแปลงของราคาวัตถุดิบ ซึ่งทำให้มีความยุ่งยากในการเลือกวัตถุดิบที่จะนำมาประกอบอาหารสัตว์เพื่อให้ได้อาหารที่มีราคาถูก (Gene and Bill, 1992)

การคำนวณและผสมอาหารสัตว์ไว้ใช้เอง เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์ เพราะสามารถผลิตอาหารสัตว์ให้มีราคา คุณภาพและปริมาณ ตรงกับความต้องการอย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม ผู้ผลิตอาหารสัตว์ควรมีความรู้หรือพื้นฐานด้านอาหารสัตว์เป็นอย่างดี เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกสูตรอาหารที่คำนวณว่าเหมาะสมกับความต้องการของสัตว์ มีความน่ากินและราคาถูกหรือไม่

พันทิพา และเพทาย (2535) กล่าวว่า การผลิตอาหารให้มีคุณภาพดีต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ หลายประการคือ

1. ต้องทราบปริมาณโภชนะที่สัตว์ต้องการ (nutrient requirement) และระดับที่เกินความต้องการ (allowances) โดยสัตว์แต่ละประเภทจะมีความต้องการแตกต่างกันไป เช่น

- สัตว์ที่อายุต่างกันมีความต้องการโภชนะต่างกัน เช่น ลูกสุกรอายุแรกเกิดถึง 3 สัปดาห์ ต้องการโปรตีน 20 – 23% สุกรที่อายุเกิน 3 สัปดาห์ปริมาณความต้องการโปรตีนจะลดลงเหลือ 18% เป็นต้น

- สัตว์ต่างเพศจะมีการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ทำให้ความต้องการปริมาณโภชนะแตกต่างกันด้วย เช่น สุกรหนุ่มต้องการอาหารโปรตีน 18% ในขณะที่แม่สุกรต้องการโปรตีน 14 – 16%

นอกจากนี้ ควรพิจารณาจุดประสงค์ของการผลิต เช่น ต้องการผลิตสุกรพันธุ์ หรือสุกรขุน ซึ่งการให้อาหารก็จะแตกต่างกันด้วย

2. ควรทราบเกี่ยวกับข้อมูลส่วนประกอบของโภชนะในวัตถุดิบอาหารสัตว์ แต่ละชนิด และเข้าใจเกี่ยวกับการอ่านตารางส่วนประกอบของโภชนะในวัตถุดิบอาหารสัตว์ให้ถูกต้อง รวมถึงทราบเกี่ยวกับข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างอาหารสัตว์

3. ควรทราบราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ถูกต้อง และทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างราคาอาหารกับคุณค่าอาหาร เพื่อจะได้เลือกใช้วัตถุดิบได้เหมาะสม

4. ควรทราบเกี่ยวกับข้อจำกัดในการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละประเภท

5. หากไม่มีการใช้กรดอะมิโนเสริมในอาหาร สัดส่วนระหว่างโปรตีนจากสัตว์ต่อโปรตีนจากพืช ไม่ควรกว้างกว่า 1 ต่อ 3

6. สูตรอาหารที่คำนวณควรคำนึงถึงความน่ากินด้วย ไม่ควรให้เป็นฝุ่นมากจะทำให้สัตว์กินได้น้อย เพราะฝุ่นจะเข้าจมูกและรู้สึกฝืดคอ

นอกจากนี้ เมธา และฉลอง (2533) กล่าวว่า การประกอบสูตรอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องมีความยุ่งยากน้อยกว่าสูตรอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว (ไม่เคี้ยวเอื้อง) โดยเฉพาะความต้องการกรดอะมิโนแต่ละชนิดของสัตว์ ในสัตว์เคี้ยวเอื้องไม่ค่อยคำนึงถึงมากนักเนื่องจากสัตว์เคี้ยว

เอื้องได้รับโปรตีนจากจุลินทรีย์ที่ผ่านมายังลำไส้เล็กเป็นแหล่งกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) ซึ่งคาดว่าเพียงพอกับความต้องการของสัตว์

จารุรัตน์ (2528) กล่าวว่า ปัจจัยในการคำนวณสูตรอาหารสัตว์มีดังนี้

1. ต้องทราบข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์ที่จะคำนวณสูตรอาหาร ซึ่งหาได้จากตารางมาตรฐานการให้อาหารสัตว์ เช่น National Research Council (1984; 1988; 1989; 1994)

2. พิจารณาเลือกวัตถุดิบอาหารสัตว์ในการประกอบสูตรอาหาร ให้มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดและมีคุณค่าทางโภชนะเพียงพอกับความต้องการของสัตว์

3. ต้องทราบปริมาณส่วนประกอบทางเคมีหรือโภชนะต่าง ๆ ที่มีอยู่ในวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่จะใช้ผสมในสูตรอาหาร

4. ต้องคำนึงถึงวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิด ที่มีข้อจำกัดต่อการใช้ในสูตรอาหาร เช่น วัตถุดิบที่มีสารพิษควรใช้ในระดับที่ไม่เป็นพิษกับสัตว์

5. ต้องคำนึงถึงระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในสูตรอาหาร ให้อยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม

6. ปัจจัยอื่น ๆ ที่ต้องคำนึงถึง คือ

- เกลือ สูตรอาหารจะผสมเกลือมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณเกลือที่มีอยู่แล้วในวัตถุดิบ

- ไขมัน ควรใช้ในปริมาณที่เหมาะสม เพราะอาหารที่มีไขมันสูงจะหืนเร็วและไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน

- ไวตามินและแร่ธาตุพรีมิกซ์ โดยทั่วไปจะใช้ในปริมาณน้อยและมักกำหนดไว้แล้วโดยบริษัทผู้ผลิต

นอกจากนี้ เมธา และฉลอง (2533) กล่าวว่า การประกอบสูตรอาหารต้องคำนวณในรูปน้ำหนักแห้งของอาหาร หลังจากได้ส่วนประกอบสูตรอาหารเรียบร้อยแล้วจึงเปลี่ยนจากน้ำหนักแห้งเป็นน้ำหนักสดเพื่อสะดวกในการผสมหรือให้อาหารแก่สัตว์

จารุรัตน์ (2528) กล่าวว่า มาตรฐานการให้อาหารสัตว์ (feeding standard) หมายถึง ตารางมาตรฐานที่แสดงปริมาณความต้องการโภชนะของสัตว์แต่ละชนิดในแต่ละช่วงอายุเพื่อการดำรงชีพ และให้ผลผลิตต่าง ๆ เช่น การเจริญเติบโต การสะสมไขมัน การให้นมและการให้ไข่ เป็นต้น ตารางนี้อาจแสดงในรูปความต้องการปริมาณโภชนะของสัตว์ในแต่ละวัน หรือปริมาณความต้องการโภชนะต่อหน่วยน้ำหนักของสัตว์ ข้อมูลต่าง ๆ เป็นข้อมูลเฉลี่ยโดยทั่วไปของสัตว์เลี้ยงแต่ละชนิด ที่ได้จากการรวบรวมผลงานค้นคว้าและวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ มาตรฐานการให้อาหารสัตว์ที่นิยมใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน คือ มาตรฐานการให้อาหารสัตว์ของสหรัฐอเมริกา

(National Research Council, NRC) และมาตรฐานการให้อาหารสัตว์ของประเทศอังกฤษ (Agricultural Research Council, ARC)

นอกจากมาตรฐานการให้อาหารที่กล่าวมาแล้ว ประเทศในเขตร้อนบางประเทศได้ริเริ่มจัดทำมาตรฐานการให้อาหารสัตว์ของตนเองขึ้น เนื่องจากการเลี้ยงในสภาพแวดล้อมต่างกันจะมีผลให้ความต้องการโภชนะบางอย่างของสัตว์แตกต่างกันด้วย อย่างไรก็ตามในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีการจัดทำมาตรฐานการให้อาหารสัตว์ขึ้นมาอย่างจริงจัง ส่วนมากยังคงยึดแนวทางการให้อาหารตามมาตรฐานของประเทศในทวีปยุโรป

การเลือกวัตถุดิบที่จะนำมาประกอบหรือผสมเป็นอาหารสูตรต่าง ๆ สำหรับใช้เลี้ยงสัตว์นั้นมีความสำคัญมาก เพราะถ้าหากเราได้วัตถุดิบที่ดี สะอาด ใหม่ และไม่มีสิ่งเจือปนแล้วก็จะได้อาหารผสมที่มีคุณภาพสูง ตรงกันข้ามหากเราได้วัตถุดิบอาหารที่มีคุณภาพต่ำ มีสิ่งเจือปนหรือมีกลิ่นเหม็น เมื่อนำมาประกอบเป็นสูตรอาหารจะได้อาหารที่มีคุณภาพต่ำ การเลือกวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้น ดำรง และคณะ (2546) ได้กล่าวถึงหลักการเลือกวัตถุดิบอาหารไว้ดังนี้

1. วัตถุดิบนั้นหาได้ง่ายและมีปริมาณมากในท้องถิ่น ซึ่งราคามักจะถูกกว่าโดยเฉพาะอาหารที่เป็นพวกอาหารหลัก อันได้แก่อาหารที่เป็นแหล่งพลังงาน จำเป็นต้องใช้เป็นปริมาณมากในสูตรอาหาร

2. วัตถุดิบนั้นควรมีคุณภาพดีราคาถูก ผู้ประกอบสูตรอาหาร ควรคิดด้วยว่าฤดูกาลใดวัตถุดิบชนิดใดมีราคาถูกควรใช้วัตถุดิบชนิดนั้น ๆ

3. วัตถุดิบควรปราศจากสารพิษ วัตถุดิบที่มีสารพิษทำให้คุณภาพสูตรอาหารต่ำลงและมีผลเสียต่อผลผลิตของสัตว์ ดังนั้นก่อนนำวัตถุดิบที่มีสารพิษมาใช้ ควรทำลายหรือลดระดับสารพิษให้น้อยลงจนอยู่ในระดับที่ปลอดภัยแก่สัตว์เสียก่อน

4. วัตถุดิบนั้นควรมีลักษณะทางกายภาพที่ดี เพื่อให้สัตว์ชอบกินและสามารถกินอาหารนั้นได้ตามความต้องการของร่างกาย เช่น ขนาดอนุภาคเหมาะสมตามชนิดและอายุของสัตว์ มีสี กลิ่นและรสชาติ ชวนกิน เป็นต้น

5. คุณภาพของวัตถุดิบควรมีความสม่ำเสมอ ซึ่งมีความสำคัญมากในการควบคุมคุณภาพของอาหารสัตว์ที่ผลิต ถ้าวัตถุดิบที่นำมาใช้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอในแต่ละครั้งที่ผสม จะทำให้ได้อาหารไม่ดีหรือต้องปรับสูตรอยู่เสมอ ๆ มีผลทำให้สัตว์ชะงักการกินอาหารได้

การคำนวณเพื่อให้สูตรอาหารมีสารอาหารชนิดต่าง ๆ ในปริมาณที่ครบตามความต้องการ มีหลายวิธี เช่น

1. วิธีลองผิดลองถูก เป็นวิธีการคำนวณโดยคาดเดาว่า ในอาหารผสมควรจะใช้วัตถุดิบแต่ละชนิดในปริมาณหรือสัดส่วนเท่าใด จึงจะได้อาหารผสมที่มีโภชนะตรงตามความต้องการของสัตว์

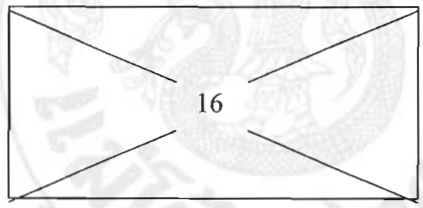
2. วิธีคำนวณโดยใช้เพียร์สันสแควร์ (Pearson's square method) เป็นการคำนวณโดยอาศัยรูปสี่เหลี่ยม ใช้ได้เฉพาะเมื่อมีวัตถุดิบอาหารสัตว์เพียงสองชนิดหรือสองกลุ่ม และปริมาณโภชนะที่ต้องการคำนวณจะต้องมีหน่วยเป็นร้อยละเท่านั้น โดยปริมาณโภชนะที่ต้องการจะต้องมีค่าอยู่ระหว่างปริมาณโภชนะที่มีอยู่ในวัตถุดิบทั้งสองกลุ่ม

การคำนวณด้วยวิธีเพียร์สันสแควร์ มีขั้นตอนในการคำนวณดังนี้

2.1 จำแนกวัตถุดิบออกเป็น 2 กลุ่ม

- กลุ่มอาหารหลัก ได้แก่ ข้าวโพด
- กลุ่มอาหารเสริมโปรตีน ได้แก่ กากถั่วเหลือง

2.2 นำปริมาณโภชนะที่ต้องการมาใส่ลงไปตรงกลางของเพียร์สันสแควร์



2.3 ต้องการประกอบสูตรอาหารจำนวน 100 กิโลกรัม

ข้าวโพด + กากถั่วเหลือง จำนวน 36 ส่วน เป็นข้าวโพด 28 ส่วน เป็นกากถั่วเหลือง 8 ส่วน ดังนั้น ข้าวโพด + กากถั่วเหลือง จำนวน 100 กิโลกรัม

เป็นข้าวโพด (28/36) x 100 = 77.78 กก.

เป็นกากถั่วเหลือง (8/36) x 100 = 22.22 กก.

3. วิธีคำนวณโดยตั้งสมการพีชคณิต เป็นการคำนวณหาปริมาณวัตถุดิบในสูตรอาหาร โดยตั้งสมการขึ้นมาจากปริมาณโภชนะที่มีอยู่ในวัตถุดิบแต่ละชนิด และปริมาณโภชนะที่ต้องการให้มีในอาหาร แล้วคำนวณหาปริมาณวัตถุดิบที่จะใช้ในอาหารผสม

ตัวอย่างเช่น ต้องการประกอบสูตรอาหารสุกรให้มีโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วัตถุดิบ คือ ข้าวโพดซึ่งมีโปรตีน 8 เปอร์เซ็นต์ และกากถั่วเหลืองซึ่งมีโปรตีน 44 เปอร์เซ็นต์ มีวิธีคำนวณดังนี้ (จรัส, 2539)

3.1 กำหนดตัวแปร

x = จำนวนข้าวโพดที่ใช้ในสูตรอาหารนี้

y = จำนวนกากถั่วเหลืองที่ใช้ในสูตรอาหารนี้

3.2 สร้างสมการ จากเงื่อนไข

3.2.1 เงื่อนไขที่ 1 จำนวนข้าวโพดกับกากถั่วเหลือง รวมกันเท่ากับ 100 จะได้สมการ

$$x + y = 100 \quad \text{..... (1)}$$

3.2.2 เงื่อนไขที่ 2 จำนวนโปรตีนจากข้าวโพดกับโปรตีนจากกากถั่วเหลือง รวมกันเท่ากับ 16 จะได้สมการ

$$(8/100)x + (44/100)y = 16 \quad \text{..... (2)}$$

จาก (2) x 100 จะได้ $8x + 44y = 1600$ ..... (3)

จาก (1) x 8 จะได้ $8x + 8y = 800$ ..... (4)

จาก (3) – (4) จะได้

$$36y = 800$$

$$y = 800/36$$

$$= 22.22$$

3.3 แทนค่า y ในสมการ (1)

$$x + 22.22 = 100$$

$$x = 100 - 22.22$$

$$= 77.78$$

นั่นคือ สูตรอาหารสุกรนี้ประกอบด้วย ข้าวโพด 77.78 เปอร์เซ็นต์ กับกากถั่วเหลือง 22.22 เปอร์เซ็นต์

4. วิธีการคำนวณโดยการแทนที่ เป็นการคำนวณที่ใช้ในการปรับปริมาณโภชนะบางอย่างในสูตรอาหาร โดยการลดปริมาณวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดหนึ่งแล้วเพิ่มปริมาณวัตถุดิบอีกชนิดหนึ่ง มักใช้ในกรณีที่มีสูตรอาหารเดิมอยู่แล้วแต่ต้องการปรับปริมาณโภชนะในสูตรอาหารใหม่

5. การคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทั่วไปเป็นการคำนวณสูตรอาหารโดยใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์ ที่เรียกว่า โปรแกรมเชิงเส้น (linear programming) ช่วยในการ

เลือกใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีส่วนประกอบทางเคมี และมีราคาแตกต่างกัน มาผสมให้ได้สูตรอาหารที่มีโภชนะตรงตามความต้องการของสัตว์และมีราคาถูกที่สุด

โปรแกรมเชิงเส้น เป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมา เพื่อใช้ในการวางแผนการผลิต และการจัดการด้านต่าง ๆ โดยจะชี้ให้เห็นทางเลือกในการผลิต และการจัดการที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัญหา ในด้านการเกษตรถูกนำมาใช้เพื่อการวิเคราะห์ และวางแผนการผลิตทางการเกษตรเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรการเกษตรที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้ต้นทุนต่ำที่สุด เช่น การผสมอาหารเพื่อให้ได้โภชนะครบตามต้องการ แต่ใช้ต้นทุนต่ำสุด (ชูศักดิ์, 2532)

วรวิทย์ และคณะ (2548) กล่าวว่า การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้นพัฒนามาจากแนวความคิดริเริ่มของนักคณิตศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์หลายคน เริ่มตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่สอง ในปี ค.ศ. 1823 Jean Baptist Fourier นักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ให้ความสนใจนำเทคนิคดังกล่าวมาใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่ง ต่อมา Kantorovish นักคณิตศาสตร์ชาวรัสเซียได้ให้ความสนใจประยุกต์เทคนิคนี้เพื่อนำไปแก้ปัญหาการวางแผน และในปี ค.ศ. 1928 Von Neumann เริ่มใช้ทฤษฎีสูงสุด – ต่ำสุดในทฤษฎีของ Game มาพัฒนา และนำไปใช้แก้ปัญหาทางการขนส่ง ต่อมาในปี ค.ศ. 1945 George Stigler นักเศรษฐศาสตร์ ได้ใช้เทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อกำหนดปริมาณอาหารให้มีจำนวนวิตามินและเกลือแร่ครบตามความต้องการต่ำสุดของร่างกาย โดยเสียค่าต้นทุนอาหารต่ำสุด

อย่างไรก็ตาม การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้นมีการศึกษาอย่างจริงจัง ในปี ค.ศ. 1947 G. B. Dantzig และ M. Wood ซึ่งร่วมงานกันในกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา ได้ใช้วิธีคณิตศาสตร์และเทคนิคที่เกี่ยวข้อง มาแก้ปัญหาทางการวางแผนโครงงานในกองทัพ โดยเริ่มจัดรูปองค์กรทั้งหมดให้มีความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เป็นลักษณะเชิงเส้น และคิดค้นวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า วิธีซิมเพล็กซ์ (simplex method) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับแก้ปัญหาทางโปรแกรมเชิงเส้นที่มีประสิทธิภาพมาก ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปในการนำเทคนิคนี้ไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย เช่น ทางด้านการเกษตร ใช้เทคนิคนี้กับการจัดสรรปัจจัยที่มีอยู่อย่างจำกัด เช่น ที่ดิน น้ำ ปุ๋ย แรงงาน และเงินลงทุน ช่วยให้สามารถตัดสินใจปลูกพืชให้เหมาะสมกับฤดูกาล และความต้องการของตลาด จึงทำให้ได้รับผลกำไรสูงขึ้น เพราะมีการผลิตที่ไม่มากเกินความต้องการ ส่งผลให้ราคาสินค้าดีขึ้นด้วย (วรวิทย์ และคณะ, 2548)

ชูศักดิ์ (2532) กล่าวว่า ลักษณะทั่วไปของโปรแกรมเชิงเส้นที่ใช้ในการวิเคราะห์การผลิต และการจัดการทางการเกษตร ที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีวัตถุประสงค์ที่แน่นอน โดยทั่วไป คือ เพื่อให้ได้กำไรสูงสุด หรือให้เสียต้นทุนต่ำสุด

2. มีทางเลือกหรือวิธีการต่าง ๆ โดยมีทางที่จะทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้หลายทางเลือก แต่จะมีเพียงบางทางเลือกเท่านั้นที่จะทำให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ภายใต้ข้อจำกัดทางด้านปัจจัยการผลิต

3. มีข้อจำกัดหรือข้อกำหนดในการผลิต แบ่งข้อจำกัดเหล่านี้ออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

3.1 ข้อจำกัดขั้นสูงสุด เป็นข้อจำกัดที่ได้กำหนดจำนวนขั้นสูงสุด เช่น รำละเอียดไม่ควรใช้เกิน 30 เปอร์เซ็นต์ในอาหารสุกรเล็ก เพราะจะทำให้สุกรท้องร่วง

3.2 ข้อจำกัดขั้นต่ำสุด เป็นข้อจำกัดที่ได้กำหนดไว้ที่ต่ำสุด เช่น สูตรอาหารไก่เนื้อจะต้องมีโปรตีนอย่างน้อย 18 เปอร์เซ็นต์

3.3 ข้อจำกัดเท่า เป็นข้อจำกัดที่กำหนดถึงจำนวนที่แน่นอนไว้ เช่น ต้องใช้พรีมิกซ์ในปริมาณที่กำหนด

ขั้นตอนการใช้โปรแกรมเชิงเส้นแก้ปัญหา

พันทิพา และเพทาย (2535) กล่าวถึง ขั้นตอนการใช้โปรแกรมเชิงเส้นแก้ปัญหาแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้างรูปแบบของโปรแกรมเชิงเส้น (formulation of linear programming models) เช่น ต้องการคำนวณสูตรอาหารสุกรขุน จะต้องรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาให้ได้มากที่สุด กำหนดขอบเขตของปัญหาที่เกิดขึ้นให้ชัดเจนแล้วค้นหาตัวแปร หรือกำหนดตัวแปรของปัญหาก่อน (decision variables) แล้วตั้งสัญลักษณ์ทางพีชคณิต เช่น ในรูปอักษร X, Y, Z หรือ $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n$

ขั้นต่อมาจะเป็นการสร้างสมการเป้าหมาย หรือสมการจุดประสงค์ (objective function) โดยมีเป้าหมายที่ต้องการหาค่าที่เหมาะสมเพียงเป้าหมายเดียว โดยจะเป็นค่าสูงสุดหรือต่ำสุดก็ได้ เช่น กำไรสูงสุด หรือต้นทุนต่ำสุด โดยรูปแบบสมการเป้าหมายสามารถเขียนได้ดังนี้

สมการที่ต้องการค่าสูงสุด (maximization) คือ $\text{Max } Z = Z_1X_1 + Z_2X_2 + \ldots + Z_nX_n$ โดยกำหนดให้

Z หมายถึง กำไรทั้งหมดในการผลิต

Z_n หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร X_n ในสมการเป้าหมาย

X_n หมายถึง ตัวแปรทางเลือกที่ต้องการหาค่า n = 1, 2, 3, …, n

สมการที่ต้องการค่าต่ำสุด (minimization) คือ $\text{Min } C = C_1X_1 + C_2X_2 + \ldots + C_nX_n$

โดยกำหนดให้

C หมายถึง ต้นทุนทั้งหมดในการผลิต

C_n หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร X_n ในสมการเป้าหมาย

X_n หมายถึง ตัวแปรทางเลือกที่ต้องการหาค่า n = 1, 2, 3, …, n

ขั้นต่อมาจะเป็นการสร้างสมการข้อจำกัด (building the constraints) นั่นคือต้องหาว่าเป้าหมายที่ต้องการผลิตให้ต้นทุนต่ำสุดนั้นมีข้อจำกัดอะไรบ้าง เช่น ค่าโภชนะต่าง ๆ ในวัตถุดิบเป็นต้น แล้วนำข้อจำกัดนั้นมาสร้างสมการในรูปแบบของสมการแบบเส้นตรง (linear equation) หรือ อสมการแบบเส้นตรง (linear inequalities)

ลักษณะของการสร้างสมการเส้นตรงแบบมีข้อจำกัด ซึ่งมีค่าเท่ากับที่กำหนดหรือที่ต้องการ นั่นคือ

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n = b_m$$

ลักษณะการสร้างอสมการเส้นตรง โดยข้อจำกัดสามารถมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าหรือเท่ากับที่กำหนดไว้ นั่นคือ

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

หรือ

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n \geq b_m$$

โดยกำหนดให้

a_{mn} หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร x_n ในสมการข้อจำกัดข้อที่ m เมื่อ m = 1, 2, 3, …, m และ n = 1, 2, 3, …, n

b_m หมายถึง จำนวนจำกัดของข้อจำกัดข้อที่ m

x_n หมายถึง ตัวแปรทางเลือกที่ต้องการหาค่า n = 1, 2, 3, …, n

คำตอบที่ได้มานั้นค่าตัวแปรจะเป็นลบไม่ได้ นั่นคือ ตัวแปรทุกตัวต้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าศูนย์ (all positive value) หมายความว่า $X_n \geq 0$, n = 1, 2, 3, …, n

รูปแบบของโปรแกรมเชิงเส้นจึงสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ (ชูศักดิ์, 2532)

(1) ส่วนที่เป็นสมการเป้าหมาย

$$\text{Min } C = C_1X_1 + C_2X_2 + \ldots + C_nX_n$$

(2) ส่วนที่เป็นสมการข้อจำกัด

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n \quad \geq \quad b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n \quad \geq \quad b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n \quad \geq \quad b_m$$

และอยู่ภายใต้เงื่อนไข $X_n \geq 0$ และ $n = 1, 2, 3, \ldots, n$

โดยกำหนดให้

C	หมายถึง	ต้นทุนทั้งหมดในการผลิต
C_n	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร X_n ในสมการเป้าหมาย
a_{mn}	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร X_n ในสมการข้อจำกัดข้อที่ m เมื่อ $m = 1, 2, 3, \ldots, m$ และ $n = 1, 2, 3, \ldots, n$
b_m	หมายถึง	จำนวนจำกัดของข้อจำกัดข้อที่ m
X_n	หมายถึง	ตัวแปรทางเลือกที่ต้องการหาค่า $n = 1, 2, 3, \ldots, n$

2. การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น (model solution) เมื่อสร้างรูปแบบของปัญหาโปรแกรมเส้นตรงได้แล้ว ขั้นถัดมา คือการหาผลลัพธ์ หรือหาค่าตัวแปรที่เราสร้างขึ้นมา ซึ่งสามารถหาได้หลายวิธี เช่น วิธีกราฟ (graphical method) หรือ วิธีซิมเพล็กซ์ (simplex method) เป็นต้น เนื่องจากการคำนวณสูตรอาหารสัตว์โดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้นจะมีตัวแปรมากกว่า 2 ตัวขึ้นไป การแก้ปัญหาโดยใช้วิธีซิมเพล็กซ์จะเหมาะสมที่สุด เพราะเป็นวิธีการคำนวณอย่างมีระบบซึ่งเป็นการคำนวณซ้ำ ๆ กัน จนกว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุด

ชูศักดิ์ (2532) กล่าวว่า การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นโดยวิธีซิมเพล็กซ์มีหลักสำคัญที่ใช้ในการคำนวณ คือจะเริ่มต้นด้วยการเลือกเอาแผนการผลิตอย่างใดอย่างหนึ่งที่เป็นไปได้ (feasible plan) แล้วคำนวณหาสมการที่จะทำให้เกิดกำไรเพิ่ม หรือต้นทุนที่จะลดลง ทั้งนี้แล้วแต่วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ เช่น ในกรณีที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้รับกำไรสูงสุด การคำนวณจะเลือกเอากิจกรรมที่จะทำให้เกิดกำไรเพิ่มเข้ามาในแผน แต่จะทำให้กิจกรรมนั้นมีจำนวนเท่าใดจะขึ้นอยู่กับปัจจัย หรือข้อจำกัดที่มีอยู่ รวมถึงความเป็นไปได้ในการผลิตด้วยการคำนวณจะทำซ้ำ ๆ จนกระทั่งนำกิจกรรมเข้ามาในแผนแล้วไม่ทำให้กำไรเพิ่มขึ้น ก็จะถือว่าเป็นคำตอบที่เหมาะสม (optimum solution)

ในปี ค.ศ. 1947 Dantzig ได้เสนอระเบียบการซิมเพล็กซ์ ซึ่งเป็นระเบียบการหาจุดมุมหรือจุดปลายสุดของบริเวณคำตอบที่เป็นไปได้ นั่นก็คือจุดที่จะทำให้ค่าคำตอบที่เป็นไปได้ขั้น

ฐาน มีการคำนวณซ้ำ หรือที่เรียกว่า iteration เขียนในรูปของตาราง เรียกว่าตารางซิมเพล็กซ์ (simplex tableau) โดยเริ่มต้นด้วยการหาคำตอบฐานชุดแรก ซึ่งจะก่อให้เกิดคำตอบฐานชุดอื่น ๆ ที่จะนำไปสู่คำตอบที่ดีที่สุด ที่ทำให้ได้ค่าของสมการเป้าหมายมีค่าสูงสุดหรือต่ำสุด ต่อมาในปี ค.ศ. 1961 Charnes และ Cooper ได้พัฒนาการหาคำตอบด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ โดยคิดวิธีการ Big M method ที่จะกำหนดตัวแปรเทียม (artificial variable) เข้าไปในสมการข้อจำกัด ซึ่งตัวแปรเทียมเหล่านี้จะไม่มีความหมายต่อปัญหานั้น แต่จะเป็นเพียงตัวแปรที่เข้ามาช่วยในการกำหนดคำตอบชุดแรกเท่านั้น นั่นคือ ตัวแปรเทียมนี้จะต้องมีค่าเป็นศูนย์ในตารางสุดท้าย หรือเมื่อมีคำตอบที่เหมาะสม (ศรี, 2531)

ยืน (2548) กล่าวว่า วิธีซิมเพล็กซ์ มีหลักการที่เกี่ยวข้องกับหลักความสัมพันธ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. สมการเป้าหมายที่ต้องการได้ค่าสูงสุด (maximization) มีความสัมพันธ์กับสมการได้ค่าต่ำสุด (minimization) ดังนี้

$$\text{Max } C = C_1X_1 + C_2X_2 + \ldots + C_nX_n$$

$$\text{Min } C = -\text{Max } Z = -(C_1X_1 + C_2X_2 + \ldots + C_nX_n)$$

2. ในอสมการใด ๆ ถ้าคูณเครื่องหมายลบเข้าไป จะทำให้เปลี่ยนเครื่องหมายอสมการไปในทางตรงข้าม เช่น

$$a_1x_1 + a_2x_2 \geq b$$

$$-a_1x_1 - a_2x_2 \leq -b$$

3. สมการใด ๆ อาจแทนได้ด้วยอสมการสองอสมการที่มีเครื่องหมายทั้งมากกว่าและน้อยกว่า ดังตัวอย่าง

สมการ $a_1x_1 + a_2x_2 = b$

สามารถเขียนแทนได้ใหม่เป็น $a_1x_1 + a_2x_2 \leq b$ และ $a_1x_1 + a_2x_2 \geq b$

4. ในบางกรณี อสมการมีค่าสมบูรณ์ (Absolute value) สามารถเปลี่ยนเป็นอสมการ สองอสมการได้เช่นเดียวกัน ดังตัวอย่าง

$$|a_1x_1 + a_2x_2| \leq b$$

สามารถเขียนแทนได้ใหม่เป็น $a_1x_1 + a_2x_2 \geq -b$ และ $a_1x_1 + a_2x_2 \leq b$

ขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีซิมเพล็กซ์ (สมคิด, 2530)

ขั้นตอนการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น โดยวิธีซิมเพล็กซ์ มีดังนี้

ขั้นที่ 1 การเปลี่ยนรูปแบบโปรแกรมเชิงเส้นจากลักษณะที่เป็นอสมการให้เป็นสมการ ซึ่งแบ่งอธิบายได้เป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 สมการข้อจำกัดที่มีเครื่องหมาย $\leq$ จะเปลี่ยนเป็น = ต้องเติมตัวแปรเข้าไป เรียกตัวแปรที่เพิ่มเข้าไปนี้ว่า ตัวแปรส่วนขาด (slack variable) เช่น

อสมการ $X_1 + X_2 \leq 5$

ทำให้เป็นสมการ $X_1 + X_2 + S_1 = 5$ (S_1 = slack variable)

กรณีที่ 2 สมการมีเครื่องหมาย $\geq$ จะเปลี่ยนเป็น = จะต้องนำตัวแปรไปลบออกจากสมการ เรียกตัวแปรที่นำไปลบหรือหักออกนี้ว่า ตัวแปรส่วนเกิน (surplus variable) เช่น

อสมการ $X_1 + X_2 \geq 5$

ทำให้เป็นสมการ $X_1 + X_2 - S_2 = 5$ (S_2 = surplus variable)

เนื่องจากตัวแปรส่วนขาดและตัวแปรส่วนเกินจะไม่มีผลต่อสมการเป้าหมาย การปรับสมการเป้าหมายให้มีตัวแปรเหล่านี้อยู่ด้วยนั้น สัมประสิทธิ์ของตัวแปรส่วนขาดหรือตัวแปรส่วนเกินในสมการเป้าหมายจะมีค่าเป็นศูนย์

นอกจากนี้ในกรณีเมื่อให้ $X_1, X_2, \ldots, X_n = 0$ จะได้ $S_1, S_2, \ldots, S_n$ เป็นลบ ซึ่งเป็นบริเวณที่เป็นไปไม่ได้ ดังนั้นจึงต้องใช้ตัวแปรเทียม (artificial variable) ซึ่งจะทำให้การแก้ปัญหาอยู่เหนือกว่าเส้นกำหนดขอบเขตจึงเป็นจุดในบริเวณที่เป็นไปได้ (feasible area)

จากสมการข้อจำกัด

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n \geq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n \geq b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n \geq b_m$$

สามารถเปลี่ยนจากอสมการเป็นสมการได้ดังนี้

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n - S_1 = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n - S_2 = b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n - S_3 = b_m$$

ขั้นที่ 2 สร้างตารางเริ่มต้นของวิธีซิมเพล็กซ์ จากสมการเป้าหมายและสมการข้อจำกัดที่เปลี่ยนจากอสมการให้เป็นสมการแล้ว มีรูปแบบดังนี้

ส่วนที่เป็นสมการเป้าหมาย

$$\text{Min } C = C_1X_1 + C_2X_2 + \ldots + C_nX_n$$

ส่วนที่เป็นสมการข้อจำกัด

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n - S_1 = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n - S_2 = b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n - S_n = \quad b_m$$

คำตอบพื้นฐาน (basic variable)	แถวที่	X_1	X_2	X_n	S_1	S_2	S_n	ค่าด้านขวามือ (right hand side)
Min C	0	C_1	C_2	C_n	0	0	0	0
S_1	1	a_{11}	a_{12}	a_{1n}	1	0	0	b_1
S_2	2	a_{21}	a_{22}	a_{2n}	1	1	0	b_2
S_n	n	a_{m1}	a_{m2}	a_{mn}	0	0	1	b_m

ตารางนี้เป็นตารางเริ่มต้นของวิธีซิมเพล็กซ์ ซึ่งแสดงการแก้สมการขั้นต้นเพื่อหาจุดเริ่มต้น โดยกำหนดให้ X_1, X_2 และ X_n เป็นตัวแปรนอกคำตอบ (non basis variable) คือตัวแปรที่กำหนดให้เป็นศูนย์ก่อน และกำหนดค่าของ C เท่ากับ 0 ด้วยเช่นกัน ส่วนค่าของ S_1, S_2 และ S_n ซึ่งค่านี้เป็นคำตอบพื้นฐาน (basic variable) เมื่อใส่ค่าต่าง ๆ ในตารางเรียบร้อยแล้ว ขั้นต่อไปจะเป็นการใช้หลักเกณฑ์ของวิธีหาคำตอบด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ โดยใช้หลักการหมุนจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง

ขั้นที่ 3 การเลือกตัวแปรนอกคำตอบ (non basic variable) มาเป็นตัวแปรในคำตอบ นั่นคือจะเลือกเอาตัวแปรที่สมมุติให้เป็นศูนย์ไว้ก่อนตัวใดตัวหนึ่ง เข้ามาเป็นตัวที่มีค่าในคำตอบ กรณีที่ต้องการทำให้ค่าสมการเป้าหมายสูงสุด พิจารณาแถวแรก (แถวที่ 0) ว่าค่าสัมประสิทธิ์คอลัมน์ใดมีค่าน้อยที่สุด หรือกรณีหาค่าสมการเป้าหมายต่ำสุด วิธีเลือกตัวแปรตัวใดจะเข้ามาเป็นตัวแปรคำตอบพื้นฐานจะเลือกจากคอลัมน์ที่มีค่าเลขบวกสูงที่สุด คอลัมน์ของตัวแปรที่จะดึงเข้ามาเป็นตัวแปรในคำตอบนี้ เรียกกว่า ไพวอทคอลัมน์ (pivot column) หรือคอลัมน์ที่จะยึดเป็นหลักหมุนต่อไป ส่วนแถวไหนที่จะเป็นแถวที่ยึด คือจะเป็นค่าของตัวแปรในคำตอบนั้น ดูจากค่า b หารด้วยค่าสัมประสิทธิ์ในคอลัมน์นั้น แถวใดมีค่าต่ำสุดให้ถือแถวนั้นเป็นแถวหลัก (ยกเว้นแถวที่ 0) เราเรียกแถวหลักนี้ว่า ไพวอทโรว์ (pivot row)

ขั้นที่ 4 การทำตัวแปรนอกคำตอบให้มาเป็นตัวแปรในคำตอบ เมื่อเราได้ตัวที่จะยึดเป็นหลักจากการดำเนินการตามขั้นที่ 2 แล้ว ขั้นต่อมาทำตัวที่เป็นหลักนั้นให้เท่ากับ 1 โดยเอาตัวคงที่คูณหรือหารตลอดแถว แล้วทำให้ตัวอื่น ๆ ในคอลัมน์หลักเป็นศูนย์ทั้งหมด โดยวิธีเดียวกันคือคูณแถวหลักด้วยตัวคงที่แล้วนำไปบวกหรือลบกับแถวอื่น ๆ เพื่อทำให้ตัวเลขอื่นในไพวอทคอลัมน์เป็นศูนย์ ซึ่งจะทำให้ตัวแปรที่ตรงกับไพวอทคอลัมน์นั้นเป็นตัวแปรในคำตอบ

ขั้นที่ 5 การไปถึงจุดซึ่งให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดนั้น เมื่อดำเนินการจบขั้นที่ 4 แล้ว จะดำเนินการซ้ำขั้นที่ 3 และ 4 ตามลำดับ ต่อไปอีก ในกรณีต้องการทำให้ค่าสมการเป้าหมายสูงสุด ตัวสัมประสิทธิ์ที่อยู่บนแถว 0 ต้องเป็นเลขบวกทั้งหมด แต่ในกรณีต้องการทำให้ค่าสมการเป้าหมายต่ำสุดต้องเป็นลบทั้งหมด จึงเป็นตารางที่ให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด

ชนิดของคำตอบในโปรแกรมเชิงเส้น มีดังนี้

1. Unique Optimal Solution มีคำตอบที่ดีที่สุดเพียงคำตอบเดียว

2. Alternative Optimal Solution มีคำตอบที่ดีที่สุดหลายคำตอบ

3. Unbounded Solution มีคำตอบเป็นอนันต์

4. Infeasible Solution ไม่มีคำตอบ

ตัวอย่างการแก้ปัญหาโดยวิธีซิมเพล็กซ์กรณีโปรแกรมเชิงเส้นแบบสูงสุด (สมคิด, 2530)

โรงงานหนึ่งต้องการผลิตสินค้า 2 ชนิดให้มีกำไรมากที่สุด โดยการทำงานของเครื่องจักรจะใช้เวลาเตรียมวัตถุดิบ 15 ชั่วโมงและขึ้นรูป 10 ชั่วโมง ซึ่งการผลิตสินค้าทั้ง 2 ชนิด มีขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและการขึ้นรูปโดยแต่ละชนิดใช้เวลาดังนี้

ชนิด A เตรียมวัตถุดิบ 3 ชั่วโมง และขึ้นรูป 5 ชั่วโมง ทำกำไร 10 บาทต่อหน่วย

ชนิด B เตรียมวัตถุดิบ 5 ชั่วโมง และขึ้นรูป 2 ชั่วโมง ทำกำไร 6 บาทต่อหน่วย

กำหนดให้ A เป็น X_1 และ B เป็น X_2

สมการเป้าหมายเพื่อให้ได้ผลกำไรสูงสุด	Max Z	=	$10X_1 + 6X_2$	..... (1)
สมการข้อจำกัดส่วนเตรียมวัตถุดิบ	$3X_1 + 5X_2$	≤	15	..... (2)
สมการข้อจำกัดส่วนขึ้นรูป	$5X_1 + 2X_2$	≤	10	..... (3)
	โดยที่ X_1, X_2	≥	0	

การเปลี่ยนรูปแบบโปรแกรมเชิงเส้นจากลักษณะที่เป็นอสมการให้เป็นสมการในกรณีนี้สมการข้อจำกัดที่มีเครื่องหมาย ≤ จะเปลี่ยนเป็น = ต้องเติมตัวแปรส่วนขาดเข้าไป ดังนี้

แปลงอสมการให้เป็นสมการ

จาก (2) แปลงอสมการ ≤ ให้เป็นสมการ โดยบวกด้วยตัวแปรส่วนขาด (S_1) จะได้

$$3X_1 + 5X_2 + S_1 = 15 \quad \text{..... (4)}$$

จาก (3) แปลงอสมการ ≤ ให้เป็นสมการ โดยบวกด้วยตัวแปรส่วนขาด (S_2) จะได้

$$5X_1 + 2X_2 + S_2 = 10 \quad \text{..... (5)}$$

จาก (1) แปลงให้มีสมการเป้าหมายมีค่าเท่ากับ 0 จะได้

$$Z - 10X_1 - 6X_2 - 0S_1 - 0S_2 = 0 \quad \text{..... (6)}$$

จากสมการข้างต้นนำสัมประสิทธิ์ของตัวแปรมาเขียนในรูปของตารางดังนี้

แถวที่ 0 นำสมการ (6) มาใส่ตาราง ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร $X_1 = -10$ และ $X_2 = -6$

แถวที่ 1 นำสมการ (4) มาใส่ตาราง ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร $X_1 = 3$, $X_2 = 5$, $S_1 = 1$ และ R.H.S. = 15

แถวที่ 2 นำสมการ (5) มาใส่ตาราง ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร $X_1 = 5$, $X_2 = 2$, $S_2 = 1$และ R.H.S. = 10

จากสมการข้างต้นนำสัมประสิทธิ์ของตัวแปรมาเขียนในรูปของตารางจะได้ดังนี้

	แถวที่	X_1 ↓	X_2	S_1	S_2	R.H.S.	Ratio
	0 (Z)	-10	-6	0	0	0	
	1 (S_1)	3	5	1	0	15	15/3
←	2 (S_2)	5	2	0	1	10	10/5

พิจารณาแถวที่ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่าน้อยที่สุดคือ – 10 จึงเลือก X_1 เป็นตัวแปรขาเข้า และพิจารณา 15/3 > 10/5 ดังนั้นจึงเลือก S_2 เป็นแถวขาออก

การปรับค่าสัมประสิทธิ์ของ X_1 ในแถวที่ 2 ให้เป็น 1 ทำได้โดย นำแถวที่ 2 หารด้วย 5

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	R.H.S.
2	5	2	0	1	10
หารด้วย 5	5/5	2/5	0/5	1/5	10/5
แถวที่ 2 ใหม่	1	2/5	0	1/5	2

การปรับค่าสัมประสิทธิ์ X_1 ในแถวที่ 0 ให้เป็นศูนย์ ทำได้โดย นำ 10 คูณแถวที่ 2 ใหม่ แล้วบวกกับแถวที่ 0

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	R.H.S.
แถว 2 ใหม่คูณ 10	10	4	0	2	20
แถวที่ 0	-10	-6	0	0	0
แถว 0 ใหม่	0	-2	0	2	20

การปรับค่าสัมประสิทธิ์ X_1 ในแถวที่ 1 ให้เป็นศูนย์ ทำได้โดย นำ -3 คูณแถวที่ 2 ใหม่ แล้วบวกกับแถวที่ 1

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	R.H.S.
แถว 2 ใหม่คูณ -3	-3	-6/5	0	-3/5	-6
แถวที่ 1	3	5	1	0	15
แถว 1 ใหม่	0	19/5	1	-3/5	9

จัดค่าตัวแปรเข้าไปใหม่และพิจารณาแถวที่ 0 เพื่อเริ่มการคำนวณรอบต่อไป

	แถวที่	X_1	X_2 ↓	S_1	S_2	R.H.S.	Ratio
	0 (Z)	0	-2	0	2	20	
←	1 (S_1)	0	19/5	1	-3/5	9	9 x (5/19)
	2 (X_1)	1	2/5	0	1/5	2	2 x (5/2)

จะเห็นได้ว่าในแถว 0 ค่าสัมประสิทธิ์ยังไม่เป็นบวกทั้งหมด โดย -2 เป็นค่าน้อยที่สุด จึงเลือก X_2 เป็นตัวแปรขาเข้า และ 9 x (5/19) < 2 x (5/2) ดังนั้นจึงเลือกแถวที่ 1 เป็นตัวแปรขาออก

ดำเนินวิธีการซิมเพล็กซ์ต่อไป โดยปรับค่าสัมประสิทธิ์ของ X_2 ในแถวที่ 1 ให้เป็น 1 ทำได้โดยนำแถวที่ 1 หารด้วย 19/5

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	R.H.S.
1	0	19/5	1	-3/5	9
หารด้วย 19/5	0/(19/5)	19/5/(19/5)	1/(19/5)	-3/5/(19/5)	9/(19/5)
แถวที่ 1 ใหม่	0	1	5/19	-3/19	45/19

การปรับค่าสัมประสิทธิ์ X_2 ในแถวที่ 0 ให้เป็นศูนย์ ทำได้โดย นำ 2 คูณแถวที่ 1 ใหม่ แล้วบวกกับแถวที่ 0

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	R.H.S.
แถว 1 ใหม่คูณ 2	0	2	10/19	-6/19	90/19
แถวที่ 0	0	-2	0	2	20
แถว 0 ใหม่	0	0	10/19	32/19	470/19

การปรับค่าสัมประสิทธิ์ X_2 ในแถวที่ 2 ให้เป็นศูนย์ ทำได้โดย นำ -2/5 คูณแถวที่ 1 ใหม่ แล้วบวกกับแถวที่ 2

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	R.H.S.
แถว 1ใหม่คูณ (-2/5)	0	-2/5	-2/19	6/95	-18/19
แถวที่ 2	1	2/5	0	1/5	2
แถว 2 ใหม่	1	0	-2/19	25/95	20/19

จัดค่าตัวแปรเข้าไปใหม่จากตารางข้างล่าง พบว่าในแถวที่ 0 เป็นบวกทั้งหมดแล้ว คำตอบที่เหมาะสมที่สุดคือ $X_1 = 20/19$, $X_2 = 45/19$ และ Max Z มีค่า 470/19 ดังนั้น โรงงานจะผลิตสินค้าชนิด A จำนวน 20/19 หน่วย และสินค้าชนิด B จำนวน 45/19 หน่วย จะมีกำไรสูงสุดคือ 470/19 บาท

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	R.H.S.
0 (Z)	0	0	10/19	32/19	470/19
1(X_2)	0	1	5/19	-3/19	45/19
2 (X_1)	1	0	-2/19	25/95	20/19

เทคนิคตัวแปรเทียม (artificial variables techniques)

กรณีที่มีข้อจำกัดอยู่ในรูปอสมการชนิด $\leq$ เมื่อเปลี่ยนข้อจำกัดให้อยู่ในรูปสมการ จะใช้ตัวแปรขาด (slack variables) บวกเข้าทางซ้ายของอสมการเดิม แล้วให้ตัวแปรขาดนี้เป็นคำตอบมูลฐานเริ่มต้นที่เป็นไปได้ (initial basic feasible solution) แต่ถ้าข้อจำกัดอยู่ในรูป $\geq$ หรือ = การกำหนดคำตอบมูลฐานเริ่มต้นที่เป็นไปได้ จะต้องอาศัยการแต่งเติมข้อจำกัดเดิมด้วยตัวแปรเทียม (artificial variables) ซึ่งจะมี 2 วิธี คือ

1. วิธี **Big M** มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 เขียนรูปแบบปัญหาเดิมให้อยู่ในรูปมาตรฐาน

ขั้นที่ 2 เติมตัวแปรเทียมเข้าทางซ้ายมือของสมการที่ได้จากข้อจำกัดเดิม ซึ่งอยู่ในรูป $\geq$ หรือ = และ ตัวแปรเทียมมีค่า ≥ 0

ขั้นที่ 3 เมื่อเติมตัวแปรเทียมในข้อจำกัดแล้ว สมมุติให้ค่าตัวแปรเป็น M ซึ่งเป็นบวกและมีค่าใหญ่มากๆ ให้เป็นสัมประสิทธิ์ของตัวแปรเทียมในฟังก์ชันเป้าหมาย

- ถ้าฟังก์ชันเป้าหมายต้องการค่าสูงสุดจะกำหนด -M เท่าของตัวแปรเทียมบวกเข้าไปในฟังก์ชันเป้าหมายนี้

- ถ้าฟังก์ชันเป้าหมายต้องการค่าต่ำสุดจะกำหนด +M เท่าของตัวแปรเทียมบวกเข้าไปในฟังก์ชันเป้าหมายนี้

ขั้นที่ 4 ให้ตัวแปรเทียมเป็นคำตอบมูลฐานเริ่มต้นที่เป็นไปได้ และเนื่องจากในสมการเป้าหมายมีตัวแปรเทียมอยู่ เมื่อตัวแปรเทียมเป็นตัวแปรมูลฐานเริ่มต้น จึงต้องทำให้สัมประสิทธิ์ของตัวแปรเทียมในสมการเป้าหมายเป็น 0 แล้วจึงสร้างตารางซิมเพล็กซ์เริ่มต้น

ขั้นที่ 5 พิจารณาตัวแปรมูลฐานเข้าและตัวแปรมูลฐานออก เพื่อปรับปรุงค่าของตัวแปรให้ได้ผลตามเป้าหมาย โดยใช้หลักการซิมเพล็กซ์

2. วิธี **Two phase** เนื่องจากวิธี Big M นั้น การคิดค่าตัวเลขอาจผิดพลาดได้ง่าย เพราะติดค่า M และในบางครั้งเมื่อวิเคราะห์ไปแล้วได้ผลออกมาว่าปัญหานั้นไม่มีคำตอบ ดังนั้นเพื่อให้การคำนวณทำได้ง่ายขึ้น และเป็นการตรวจสอบก่อนว่าปัญหานั้นมีคำตอบหรือไม่ จึงมีการใช้เทคนิคสองเฟส ช่วยในการแก้ปัญหาตัวแปรเทียม ดังนี้

- เฟสที่ 1 ถ้าปัญหาเดิมต้องการหาค่าสูงสุด ให้สร้างสมการเป้าหมายใหม่เป็นหาค่าสูงสุดของค่าลบผลบวกของตัวแปรเทียม ถ้าปัญหาเดิมต้องการหาค่าต่ำสุด ให้สร้างสมการเป้าหมายใหม่เป็นหาค่าต่ำสุดของผลบวกของตัวแปรเทียม นั่นคือตารางเริ่มต้นของเฟสที่ 1 จะไม่พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการเป้าหมาย

ใช้ข้อจำกัดของปัญหาเดิม แล้วสร้างตารางซิมเพล็กซ์วิเคราะห์ปัญหา ถ้าตารางสุดท้ายได้ค่าฟังก์ชันเป้าหมายเป็น 0 แสดงว่าปัญหานั้นมีคำตอบ ให้ทำเฟสที่ 2 ต่อไป ถ้าค่าฟังก์ชันเป้าหมายในระยะที่ 1 ไม่เป็น 0 แสดงว่าปัญหานั้นไม่มีคำตอบ เพราะไม่สามารถหาตัวแปรมูลฐานใหม่ที่จะเข้าแทนที่ตัวแปรเทียมได้ จึงไม่ต้องทำเฟสที่ 2 อีก

- เฟสที่ 2 เมื่อได้ค่าฟังก์ชันเป้าหมายใหม่เป็น 0 ให้ใช้คำตอบมูลฐานเหมาะสมที่ได้จากเฟสที่ 1 เป็นตารางเริ่มต้นโดยใช้เป้าหมายเดิมและข้อจำกัดเดิม แล้วใช้วิธีซิมเพล็กซ์ต่อไปจนกระทั่งได้คำตอบที่เหมาะสม

ตัวอย่างการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นแบบต่ำสุด โดยวิธี Two phase

ถ้าต้องการผสมสูตรอาหารให้มีโปรตีน 10 หน่วยและพลังงาน 15 หน่วย และราคาต่ำสุด โดยใช้ข้าวโพดที่มีโปรตีน 5 หน่วยและพลังงาน 20 หน่วย ราคา 30 บาท/ก.ก. กับ รำละเอียดที่มีโปรตีน 15 หน่วยและพลังงาน 10 หน่วย ราคา 40 บาท/ก.ก (กำหนดข้าวโพดเป็น X_1 และรำละเอียดเป็น X_2)

สมการเป้าหมายเพื่อใช้ต้นทุนต่ำสุด $C = 30X_1 + 40X_2$ ..... (1)

สมการข้อจำกัดของโปรตีน $5X_1 + 15X_2 \geq 10$ ..... (2)

สมการข้อจำกัดของพลังงาน $20X_1 + 10X_2 \geq 15$ ..... (3)

โดยที่ $X_1, X_2 \geq 0$

แปลงอสมการให้เป็นสมการ

จาก (2) แปลงอสมการ $\geq$ ให้เป็นสมการ โดยลบด้วยตัวแปรส่วนเกิน (S_1) และบวกด้วยตัวแปรเทียม (A_1) จะได้

$$5X_1 + 15X_2 - S_1 + A_1 = 10 \quad \text{..... (4)}$$

จาก (3) แปลงอสมการ $\geq$ ให้เป็นสมการโดยลบด้วยตัวแปรส่วนเกิน (S_2) และบวกด้วยตัวแปรเทียม (A_2) จะได้

$$20X_1 + 10X_2 - S_2 + A_2 = 15 \quad \text{..... (5)}$$

จาก (1) แปลงให้สมการเป้าหมายมีค่าเท่ากับ 0 และ นำตัวแปรเทียม (A_1 และ A_2) ไปลบ จะได้

สมการเป้าหมาย $C - 30X_1 - 40X_2 - A_1 - A_2 = 0$ ..... (6)

จากสมการข้างต้นนำสัมประสิทธิ์ของตัวแปรมาเขียนในรูปของตารางดังนี้

แถวที่ 0 นำสมการ (6) มาใส่ตาราง เนื่องจากการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นวิธีซิมเพล็กซ์แบบ Two phase ในเฟสที่ 1 เป็นการทดสอบว่าสมการนี้มีคำตอบที่เป็นไปได้หรือไม่ โดยจะไม่พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร X_1 และ X_2 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร X_1 และ X_2 ในแถว 0 จึงเท่ากับ 0 และใส่ค่าค่าตัวสัมประสิทธิ์ของของ A_1 และ A_2 เท่ากับ -1

แถวที่ 1 นำสมการ (4) มาใส่ตาราง ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร $X_1 = 5$, $X_2 = 15$, $S_1 = -1$, $A_1 = 1$ และ R.H.S. = 10

แถวที่ 2 นำสมการ (5) มาใส่ตาราง ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร $X_1 = 20$, $X_2 = 10$, $S_2 = -1$, $A_2 = 1$ และ R.H.S. = 15

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	R.H.S.
0 (C)	0	0	0	0	-1	-1	0
1 (A_1)	5	15	-1	0	1	0	10
2 (A_2)	20	10	0	-1	0	1	15

ขั้นแรกต้องทำให้ สัมประสิทธิ์ของ A เป็น 0 โดยการนำแถวที่ 0 บวกกับแถวที่ 1 และ 2 จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ในแถวที่ 0 ใหม่ดังนี้

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	R.H.S.
0 (C)	0	0	0	0	-1	-1	0
1 (A_1)	5	15	-1	0	1	0	10
2 (A_2)	20	10	0	-1	0	1	15
แถวที่ 0 ใหม่	25	25	-1	-1	0	0	25

นำแถวที่ 0 ใหม่ไปใส่ในตารางจะได้ตารางคำตอบพื้นฐานเริ่มต้น เพื่อใช้วิธีซิมเพล็กซ์ตรวจสอบสมการเป้าหมาย ว่ามีคำตอบที่เป็นไปได้หรือไม่

Iteration 1- Phase 1

แถวที่	X_1 ↓	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	R.H.S.	Ratio
0 (C)	25	25	-1	-1	0	0	25	
1 (A_1)	5	15	-1	0	1	0	10	10/5 = 2
← 2 (A_2)	20	10	0	-1	0	1	15	15/20 = 0.75

การพิจารณาแถวที่ 0 ในกรณีโปรแกรมเชิงเส้นแบบต่ำสุด จะพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่ามากที่สุดคือเป็นตัวแปรขาเข้า ในกรณีนี้พบว่า X_1 และ X_2 มีค่าเท่ากันคือ 25 ให้เลือกตัวแปรแรก นั่นคือ X_1 เป็นตัวแปรขาเข้า และพิจารณาอัตราส่วนของค่า R.H.S. กับ ค่าสัมประสิทธิ์ในสดมภ์ X_1 ในแถวที่ 1 และ 2 พบว่า 10/5 > 15/20 ดังนั้นจึงเลือกแถวที่ 2 (A_2) เป็นแถวขาออก

การปรับค่าสัมประสิทธิ์ของ X_1 ในแถวที่ 2 ให้เป็น 1 ทำได้โดย นำแถวที่ 2 หารด้วย 20

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	R.H.S.
2	20	10	0	-1	0	1	15
หารด้วย 20	20/20	10/20	0/20	-1/20	0/20	1/20	15/20
แถวที่ 2 ใหม่	1	0.50	0	-0.05	0	0.05	0.75

การปรับค่าสัมประสิทธิ์ X_1 ในแถวที่ 0 ให้เป็นศูนย์ ทำได้โดย นำ -25 คูณแถวที่ 2 ใหม่ แล้วบวกกับแถวที่ 0

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	R.H.S.
แถว 2 ใหม่คูณ (-25)	-25	-12.50	0	1.25	0	-1.25	-18.75
แถวที่ 0	25	25	-1	-1	0	0	25
แถว 0 ใหม่	0	12.5	-1	0.25	0	-1.25	6.25

การปรับค่าสัมประสิทธิ์ X_1 ในแถวที่ 1 ให้เป็นศูนย์ ทำได้โดย นำ -5 คูณแถวที่ 2 ใหม่ แล้วบวกกับแถวที่ 1

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	R.H.S.
แถว 2 ใหม่คูณ (-5)	-5	-2.50	0	0.25	0	-0.25	-3.75
แถวที่ 1	5	15	-1	0	1	0	10
แถว 1 ใหม่	0	12.5	-1	0.25	1	-0.25	6.25

จัดค่าตัวแปรเข้าไปใหม่และพิจารณาแถวที่ 0 เพื่อเริ่มการคำนวณรอบต่อไป จะเห็นได้ว่าในแถว 0 ค่าสัมประสิทธิ์ยังไม่เป็นลบทั้งหมด โดย 12.5 เป็นค่ามากที่สุด จึงเลือก X_2 เป็นตัวแปรขาเข้า และ 6.25/12.5 < 0.75/0.5 ดังนั้นจึงเลือกแถวที่ 1(A_1) เป็นตัวแปรขาออก

Iteration 2 - Phase 1

แถวที่	X_1	X_2 ↓	S_1	S_2	A_1	A_2	R.H.S.	Ratio	
0 (C)	0	12.5	-1	0.25	0	-1.25	6.25		
← 1 (A_1)	0	12.5	-1	0.25	1	-0.25	6.25	6.25/12.50	= 0.5
2 (X_1)	1	0.50	0	-0.05	0	0.05	0.75	0.75/0.50	= 1.5

การปรับค่าสัมประสิทธิ์ของ X_2 ในแถวที่ 1 ให้เป็น 1 ทำได้โดย นำแถวที่ 1 หารด้วย 12.5

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	R.H.S.
1	0	12.5	-1	0.25	1	-0.25	6.25
หารด้วย 12.5	0/12.5	12.5/12.5	-1/12.5	0.25/12.5	1/12.5	-0.25/12.5	6.25/12.5
แถวที่ 1 ใหม่	0	1	-0.08	0.02	0.08	-0.02	0.50

การปรับค่าสัมประสิทธิ์ให้ X_2 ในแถวที่ 0 ให้เป็นศูนย์ ทำได้โดย นำ -12.5 คูณแถวที่ 1 ใหม่ แล้วบวกกับแถวที่ 0

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	R.H.S.
แถว 1 ใหม่ คูณ (-12.5)	0	-12.5	1	-0.25	-1	0.25	-6.25
แถวที่ 0	0	12.5	-1	0.25	0	-1.25	6.25
แถว 0 ใหม่	0	0	0	0	-1	-1	0

การปรับค่าสัมประสิทธิ์ให้ X_2 ในแถวที่ 2 ให้เป็นศูนย์ ทำได้โดย นำ -0.5 คูณแถวที่ 1 ใหม่ แล้วบวกกับแถวที่ 2

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	R.H.S.
แถว 1 ใหม่ คูณ (-0.5)	0	-0.50	0.04	-0.01	-0.04	0.01	-0.25
แถวที่ 2	1	0.50	0	-0.05	0	0.05	0.75
แถว 2 ใหม่	1	0	0.04	-0.06	-0.04	0.06	0.50

จัดค่าตัวแปรเข้าไปใหม่จากตารางข้างล่างพบว่าค่าทางขวามือ (R.H.S.) แถว 0 เป็น 0 แล้ว แสดงว่ามีคำตอบที่เหมาะสม จึงทำ เฟสที่ 2 ต่อ โดยนำค่าสัมประสิทธิ์จากตารางสุดท้ายของเฟสที่ 1 มาเป็นตารางแรกของ เฟสที่ 2 ยกเว้นค่าในแถว 0 จะนำมาจากสมการเป้าหมายเริ่มต้น

Iteration 3 - Phase 1

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	R.H.S.
0 (C)	0	0	0	0	-1	-1	0
1 (X_2)	0	1	-0.08	0.02	0.08	-0.02	0.5
2 (X_1)	1	0	0.04	-0.06	-0.04	0.06	0.5

ตารางเริ่มต้นเฟสที่ 2 ให้นำค่าคำตอบมูลฐานของสมการข้อจำกัดที่ได้จากเฟสที่ 1 เป็นตารางเริ่มต้น ส่วนสมการเป้าหมายจะนำมาจากสมการเป้าหมายเริ่มต้น นั่นคือ

แถวที่ 0 นำสมการ (6) มาใส่ตาราง ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร $X_1 = -30$ และ $X_2 = -40$

แถวที่ 1 นำคำตอบมูลฐานของแถวที่ 1 ในตารางสุดท้ายของเฟสที่ 1 มาใส่ตารางเริ่มต้นของเฟสที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร $X_1 = 0$, $X_2 = 1$, $S_1 = -0.08$, $S_2 = 0.02$ และ R.H.S. = 0.50

แถวที่ 2 นำคำตอบมูลฐานของแถวที่ 2 ในตารางสุดท้ายของเฟสที่ 1 มาใส่ตารางเริ่มต้นของเฟสที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร $X_1 = 1$, $X_2 = 0$, $S_1 = 0.04$, $S_2 = -0.06$ และ R.H.S. = 0.50

จะได้ตารางเริ่มต้นของเฟสที่ 2 ดังนี้

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	R.H.S.
0 (C)	-30	-40	0	0	0
1 (X_2)	0	1	-0.08	0.02	0.50
2 (X_1)	1	0	0.04	-0.06	0.50

เมื่อได้ตารางเริ่มต้นของเฟสที่ 2 ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของ X_1 และ X_2 ในแถว 0 ให้เป็น 0 โดยนำ 40 คูณแถวที่ 1 บวกกับ 30 คูณแถวที่ 2 แล้วบวกกับแถวที่ 0 เดิมจะได้ดังนี้

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	R.H.S.
0 (C) เดิม	-30	-40	0	0	0
แถวที่ 1(X_2) คูณ 40	0	40	-3.2	0.8	20
แถวที่ 2 (X_2) คูณ 30	30	0	1.2	-1.8	15
0 ใหม่	0	0	-2	-1	35

นำค่าสัมประสิทธิ์ของแถว 0 ใหม่เข้าไปใส่ในตารางเฟสที่ 2 ได้ดังนี้

Iteration 1 - Phase 2

แถวที่	X_1	X_2	S_1	S_2	R.H.S.
0 (C)	0	0	-2	-1	35
1 (X_2)	0	1	-0.08	0.02	0.50
2 (X_1)	1	0	0.04	-0.06	0.50

จากตารางข้างบนพบว่าค่าในแถว 0 เป็นลบทั้งหมดแล้ว คำตอบที่เหมาะสมที่สุดคือ $C = 35$, $X_1 = 0.5$ และ $X_2 = 0.5$ นั่นคือ ต้องใช้ข้าวโพด 0.5 หน่วย และรำละเอียด 0.5 หน่วย จะได้สูตรอาหารที่มีโปรตีน 10 หน่วยและพลังงาน 15 หน่วย ราคา 35 บาท/ก.ก. เป็นราคาที่ถูกที่สุด

Gene and Bill (1992) กล่าวว่า โปรแกรมเชิงเส้นเป็นเครื่องมือพื้นฐานของอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ของโลก เพราะช่วยในการพัฒนาให้นักโภชนศาสตร์สามารถเลือกวัตถุดิบที่จะนำมาผสมอาหารให้ครบตามความต้องการที่กำหนดไว้ โดยมีราคาต่ำสุด (least – cost feed formulation) อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงสัตว์ให้ได้กำไรสูงสุดนอกจากการผลิตอาหารให้มีโภชนะครบความต้องการของสัตว์และราคาต่ำสุดแล้ว จะต้องมีองค์ประกอบของพันธุ์สัตว์ที่เจริญเติบโตดีและการจัดการที่ดีด้วย

วุฒิชัย และสมภพ (2539) กล่าวว่าโปรแกรมเชิงเส้นเป็นที่นิยมในการใช้ผลิตอาหารสัตว์ ด้วยเหตุผลต่อไปนี้ คือ

1. เงื่อนไขการคำนวณจะนำมาแทนค่าด้วยสมการเส้นตรงที่มีการคำนวณเป็นระบบ

2. การคำนวณผลลัพธ์ของโปรแกรมเชิงเส้นตรงมีประสิทธิภาพสูงและแม่นยำ

3. มีความสะดวกในการวิเคราะห์ตัวแปรสำหรับตัดสินใจ โดยการกำหนดเป้าหมายแบบสูงสุดและต่ำสุด

ในทางตรงกันข้าม เนรมิต และคณะ (2535) กล่าวว่าการคำนวณด้วยโปรแกรมเชิงเส้นมักจะประสบปัญหาในการทำงานดังนี้ คือ

1. สูตรอาหารที่ได้อาจไม่สะดวกในการผสม ผู้ประกอบสูตรอาหารไม่สามารถควบคุมส่วนประกอบสูตรอาหารให้ง่ายต่อการผสมได้

2. โปรแกรมอาจไม่ตัดสินใจเลือกใช้วัตถุดิบอาหารชนิดที่มีความเหมาะสมแก่การผสม แม้ว่าวัตถุดิบนั้นจะทำให้อาหารน่ากินมากขึ้น

3. สูตรอาหารที่ได้มีสูตรเดียวจะเป็นสูตรอาหารที่มีราคาต่ำสุด ในขณะเดียวกันก็มีช่วงปลอดภัย (Safety margin) น้อยที่สุดด้วย ในบางครั้งการเพิ่มราคาสูตรอาหารในช่วงนี้ขึ้นอีกเล็กน้อยจะทำให้ช่วงปลอดภัยมากขึ้นให้ผลคุ้มค่าต่อการลงทุน

4. การคำนวณสูตรอาหารบางครั้งไม่สามารถทำได้ เนื่องจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ไม่สามารถทำได้ตามสภาวะที่กำหนด และตามวัตถุดิบอาหารที่เลือก

อย่างไรก็ตาม การคำนวณแบบโปรแกรมเชิงเส้น เป็นที่ยอมรับกันและมีการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย และปัจจุบันได้มีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น ทำให้สามารถคำนวณได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว โดยเฉพาะในวงการอาหารสัตว์โปรแกรมเชิงเส้นได้ถูกบรรจุลงไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณสูตรอาหารสัตว์ ซึ่งโรงงานอาหารสัตว์ต่าง ๆ ทั่วโลกนิยมใช้กัน

แม้ว่าจะมีโปรแกรมที่ช่วยในการคำนวณโปรแกรมเชิงเส้น เช่น MPL (mathematical programming language), LINDO แต่เนื่องจากโปรแกรมเหล่านี้มีการทำงานที่กว้าง การนำมาประยุกต์เพื่อคำนวณสูตรอาหารสัตว์ จะต้องจัดเตรียมข้อมูลมากทำให้ยุ่งยาก และมีหลายขั้นตอน ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้พัฒนาการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อใช้ในการคำนวณสูตรอาหาร โดยตรง เช่น BILL, FORMAT, MIXIT เป็นต้น แต่โปรแกรมเหล่านี้นอกจากจะมีราคาแพงแล้ว ประสิทธิภาพการทำงานต่าง ๆ อาจไม่สามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรไทยได้ดีเท่าที่ควร เนื่องจากข้อมูลพื้นฐานที่ใช้พัฒนาโปรแกรมเป็นข้อมูลของประเทศที่ผลิตโปรแกรมนั้น การสร้างโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์จากการใช้ข้อมูลภายในประเทศ รวมถึงทราบความต้องการของผู้ใช้งาน จะทำให้โปรแกรมที่ได้มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการผลิตอาหารสัตว์ในประเทศไทยยิ่งขึ้น

การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันมีเครื่องมือหลายชนิดที่อำนวยความสะดวกในการพัฒนาโปรแกรม สุรสิทธิ์ และนันทนี (2546) กล่าวว่า Visual Basic เป็นเครื่องมือพัฒนาโปรแกรมที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถเรียนรู้ และใช้งานได้ง่าย ใช้สร้างโปรแกรมระดับเบื้องต้น จนถึงระดับที่มีความสลับซับซ้อนสูง

Visual Basic.NET เป็นรุ่นล่าสุดของภาษาวิชวลเบสิก (visual basic) ที่บริษัทไมโครซอฟท์ได้พัฒนามาอย่างต่อเนื่อง มีเครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนาซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ซึ่งการสร้างโปรแกรมใน VB.NET นั้นจะเป็นการเลือกเครื่องมือมาออกแบบหน้าจอของโปรแกรมที่จะสร้าง โดยเรียกการเขียนโปรแกรมลักษณะนี้ว่า Visual Programming การเขียนโปรแกรมลักษณะนี้ไม่จำเป็นต้องเขียนคำสั่งต่าง ๆ ทำให้สามารถพัฒนาโปรแกรมได้อย่างสะดวก รวมถึงสามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ได้หลายอย่างด้วยกัน เช่น โปรแกรมบนอินเตอร์เน็ต และโปรแกรมเกี่ยวกับฐานข้อมูล เป็นต้น (ธาริน, 2546)

ตาราง 2 คอมพิวเตอร์ที่เหมาะสำหรับใช้งานโปรแกรม Visual Basic.NET

ส่วนประกอบ	ความต้องการขั้นต่ำ	ความต้องการที่แนะนำ
โปรเซสเซอร์ (CPU)	Pentium || 450 MHz ขึ้นไป	Pentium ||| 733 MHz ขึ้นไป
หน่วยความจำ (RAM)	128 MB	256 MB
พื้นที่ว่างของฮาร์ดดิสต์	3 GB	3 GB
การ์ดจอแสดงผล (VGA)	800 x 600, 256 colors	1024 x 768, 16 bit High colors
ซีดีรอม (CD-ROM)	จำเป็นต้องใช้ CD-ROM	CD-ROM ความเร็ว 32x ขึ้นไป
ระบบปฏิบัติการ (O/S)	Microsoft Windows NT4/2000/XP	Microsoft Windows NT4/2000/XP

ที่มา: ธาริน (2546)

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการวิจัยครั้งนี้เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2547 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2550

วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP ขึ้นไป
2. โปรแกรม Microsoft Visual Basic.NET
3. โปรแกรมฐานข้อมูล Microsoft Access
4. เครื่องพิมพ์
5. เอกสารข้อมูลการแก้ปัญหาลีเนียร์โปรแกรมด้วยวิธีซิมเพล็กซ์
6. เอกสารข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์ และข้อมูลส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์

การออกแบบระบบของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ

โปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ แบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นฐานข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ในระบบฐานข้อมูล Microsoft Access และส่วนที่เป็นการคำนวณจะใช้เทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้น (linear programming) โดยใช้ Microsoft Visual Basic.NET ในการพัฒนาโปรแกรม

การออกแบบโปรแกรม ประกอบด้วย

1. เครื่องหมายและสัญลักษณ์ที่ใช้ใน Diagram
2. แผนผังระบบงาน (context diagram) เพื่อแสดงภาพรวมของการทำงานของโปรแกรม
3. แผนภาพกระแสข้อมูล (data flow diagram) เพื่อแสดงการเชื่อมโยงการทำงานระหว่างกระบวนการต่าง ๆ ด้วยการไหลของข้อมูล

4. การแสดงรายละเอียดของกระบวนการ (list of process description) เพื่ออธิบายหน้าที่การทำงานของแต่ละกระบวนการ พร้อมทั้งแจกแจงรายละเอียดการไหลเข้าและการไหลออกของข้อมูลแต่ละกระบวนการ ที่แสดงไว้ในแผนภาพกระแสข้อมูลว่าประกอบด้วยข้อมูลอะไรบ้าง

5. ผังโครงสร้าง (structure chart) เพื่อแสดงโครงสร้างในการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด ทั้งในระดับภาพรวมและระดับย่อย

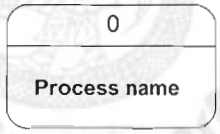
6. แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล (entity-relationship diagram หรือ E-R diagram) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชื่อของตัวแปร (entity)ในฐานข้อมูล พร้อมทั้งแสดงว่ารายละเอียดของตัวแปร (attribute) มีอะไรบ้าง

7. พจนานุกรมข้อมูล (data dictionary) เพื่อแสดงโครงสร้างของตารางในฐานข้อมูล

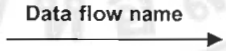
เครื่องหมายและสัญลักษณ์ที่ใช้

เครื่องหมายและสัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนผังระบบงาน และแผนภาพกระแสข้อมูลมีดังนี้

1. สัญลักษณ์แทนการประมวลผล (process)

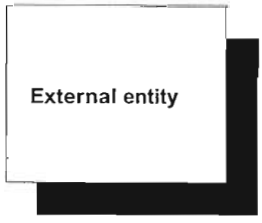


2. สัญลักษณ์แทนการไหลของข้อมูล (data flow)



3. สัญลักษณ์แทนแหล่งเก็บข้อมูล (data store)

4. สัญลักษณ์แทนสิ่งที่อยู่นอกระบบ (user group)



แผนผังระบบงาน (context diagram)

เป็นการแสดงภาพรวมของการทำงานของโปรแกรม ดังภาพ 1

นักวิชาการเป็นผู้ดูแลระบบงาน สามารถเพิ่ม ลบ และแก้ไข ข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์ ส่วนประกอบทางเคมีและราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์

เกษตรกร เป็นผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถเรียกดู และใช้งานการคำนวณสูตรอาหารที่ต้องการ

A คือ ข้อมูลส่วนประกอบทางเคมีและราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์

B คือ รายงานข้อมูลส่วนประกอบทางเคมีและราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์

C คือ ข้อมูลความต้องการ โภชนะของสัตว์

D คือ รายงานข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์

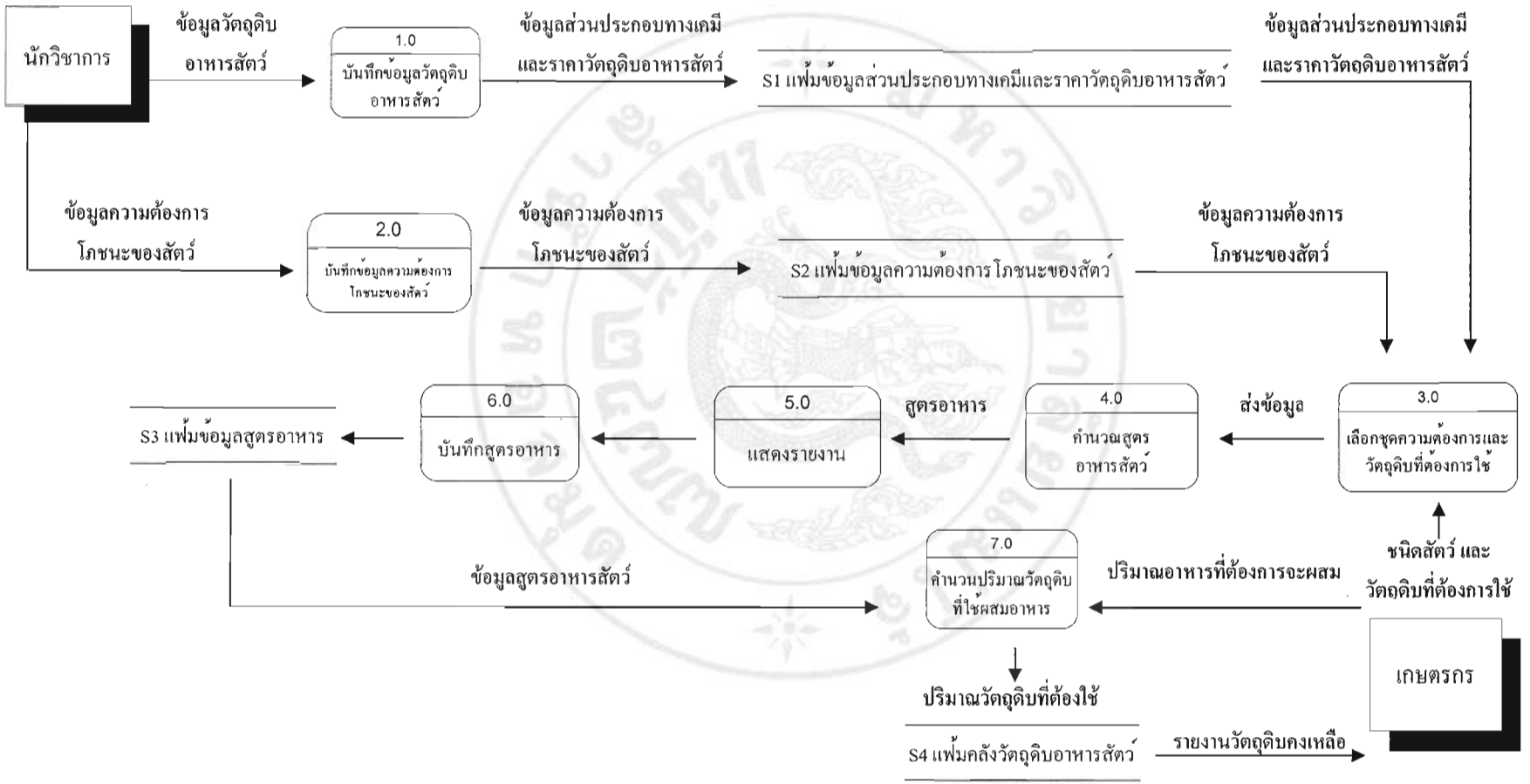
E คือ ชนิดสัตว์ และชนิดและปริมาณวัตถุดิบอาหารที่ต้องการใช้ผสมอาหารสัตว์

F คือ รายงานผลการคำนวณสูตรอาหารสัตว์และปริมาณวัตถุดิบที่เหลือในคลัง

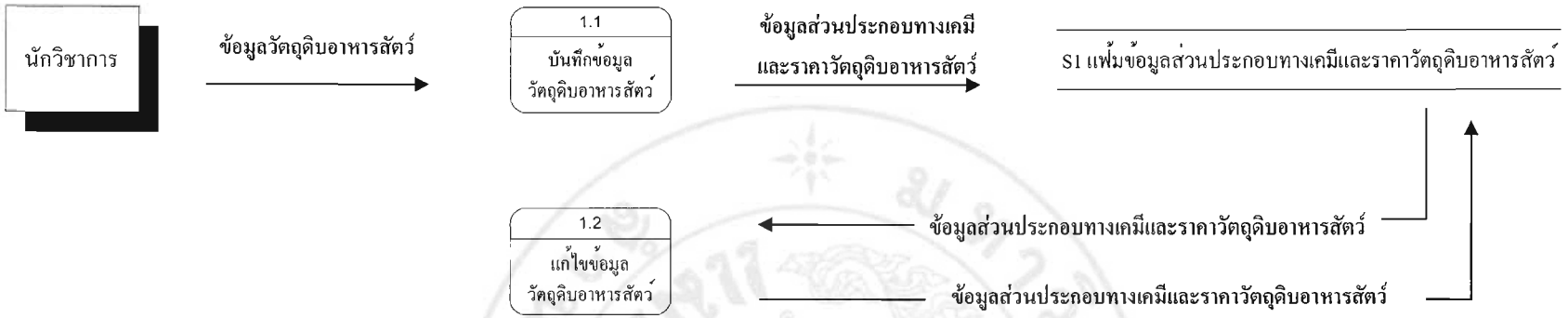
ภาพ 1 แผนภาพแสดงข้อมูลแผนผังระบบงานของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ

แผนภาพกระแสข้อมูล (data flow diagram)

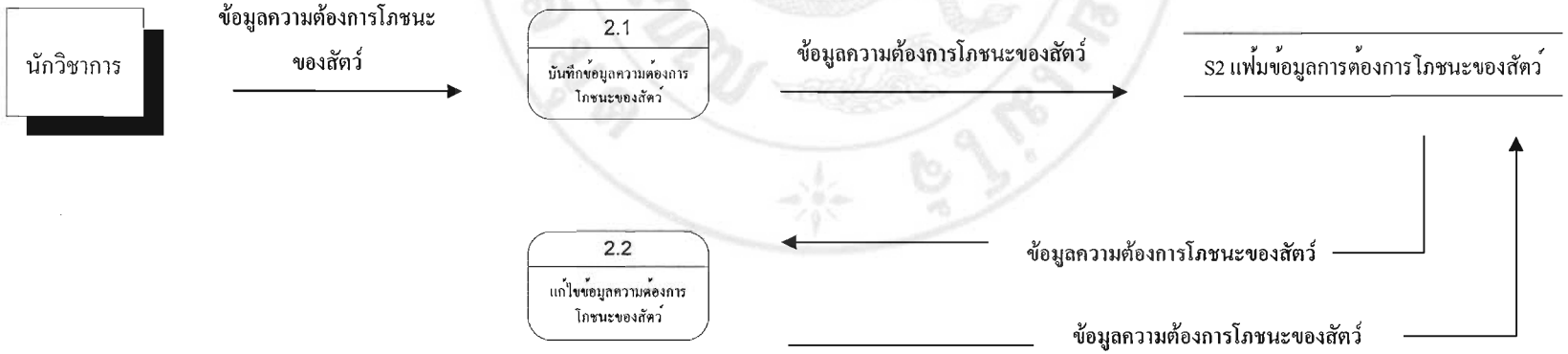
แผนภาพกระแสข้อมูลแสดงการเชื่อมโยงการทำงานระหว่างกระบวนการต่าง ๆ ของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจด้วยการไหลของข้อมูล ดังภาพ 2 - 5



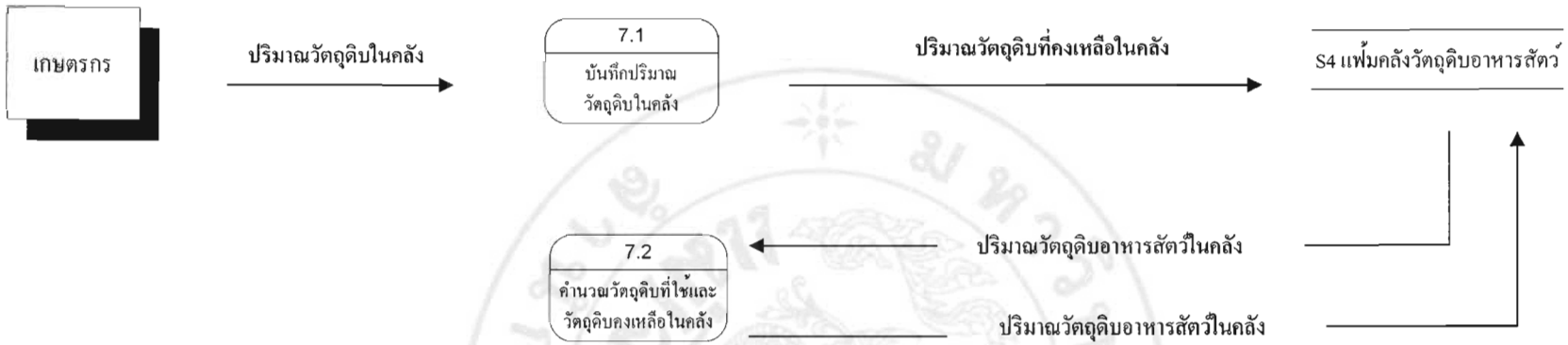
ภาพ 2 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 1 ของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ



ภาพ 3 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 2 ของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจส่วนข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์



ภาพ 4 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 2 ของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจส่วนข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์



ภาพ 5 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 2 ของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจส่วนคลังวัตถุดิบอาหารสัตว์

การแสดงรายละเอียดของกระบวนการ (list of process description)

ตาราง 3 หน้าที่การทำงานแต่ละกระบวนการของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ

No.	Process name	Description
1.0	Feedstuff	ข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์
1.1	Add_Feedstuff	บันทึกข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์
1.2	Edit_Feedstuff	แก้ไขข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์
2.0	Nutrient_Livestock	ข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์
2.1	Add_Nutrient_Livestock	บันทึกข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์
2.2	Edit_Nutrient_Livestock	แก้ไขข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์
3.0	SelectData	เลือกความต้องการของสัตว์ และวัตถุดิบอาหารที่ใช้
4.0	FeedFormulation	คำนวณสูตรอาหารสัตว์
5.0	Print_FeedFormulation	รายงานผลการคำนวณสูตรอาหารสัตว์
6.0	Save_FeedFormulation	บันทึกผลการคำนวณสูตรอาหารสัตว์
7.0	FeedMix	คำนวณปริมาณวัตถุดิบที่จะใช้ผสมอาหาร
7.1	Save_FeedStock	บันทึกปริมาณวัตถุดิบในคลัง
7.2	FeedStock	คำนวณปริมาณวัตถุดิบที่คงเหลือในคลัง

ตาราง 4 รายละเอียดกระบวนการของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ

Process name	1.0 Feedstuff
Description	ข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์
Data in	รหัสวัตถุดิบอาหารสัตว์
	ชื่อวัตถุดิบอาหารสัตว์
	ประเภทของวัตถุดิบอาหารสัตว์
	ปริมาณพลังงาน (ME)
	ปริมาณพลังงานที่ย่อยได้ (DE)
	ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN)
	ปริมาณพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_m)

ตาราง 4 (ต่อ)

Process name	1.0 Feedstuff
Data in	ปริมาณพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NE_g)
	ปริมาณโปรตีน
	ปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้
	ปริมาณแคลเซียม
	ปริมาณฟอสฟอรัส
	ปริมาณอาร์จินีน
	ปริมาณฮีสทีดีน
	ปริมาณไอโซลูซีน
	ปริมาณลูซีน
	ปริมาณไลซีน
	ปริมาณเมทไธโอนีน+ซีสทีน
	ปริมาณฟีนิลอะลานีน+ไธโรซีน
	ปริมาณทรีโอนีน
	ปริมาณทริปโตเฟน
	ปริมาณวาลีน
	ปริมาณไกลซีน+เซอรีน
	ปริมาณกรดลิโนลีอิค
	ราคาวัตถุดิบอาหาร
	ปริมาณวัตถุดิบในคลัง
Data out	ชื่อวัตถุดิบอาหารสัตว์
	ประเภทของวัตถุดิบอาหารสัตว์
	ปริมาณพลังงาน (ME)
	ปริมาณพลังงานที่ย่อยได้ (DE)
	ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN)
	ปริมาณพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_m)
	ปริมาณพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NE_g)

ตาราง 4 (ต่อ)

Process name	1.0 Feedstuff
Data out	ปริมาณโปรตีน
	ปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้
	ปริมาณแคลเซียม
	ปริมาณฟอสฟอรัส
	ปริมาณอาร์จินีน
	ปริมาณฮีสทีดีน
	ปริมาณไอโซลูซีน
	ปริมาณลูซีน
	ปริมาณไลซีน
	ปริมาณเมทไธโอนีน+ซีสทีน
	ปริมาณฟีนิลอะลานีน+ไธโรซีน
	ปริมาณทรีโอนีน
	ปริมาณทริปโตเฟน
	ปริมาณวาลีน
	ปริมาณไกลซีน+เซอรีน
	ปริมาณกรดลิโนลีอิค
	ราคาวัตถุดิบอาหาร
	ปริมาณวัตถุดิบในคลัง
Logic summary	ข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์ในฐานข้อมูล
Process name	1.1 Add_Feedstuff
Description	เพิ่มข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์
Logic summary	เพิ่มข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์ลงในฐานข้อมูล
Process name	1.2 Edit_Feedstuff
Description	แก้ไขข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์
Logic summary	แก้ไขข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์จากฐานข้อมูล

ตาราง 4 (ต่อ)

Process name	2.0 Nutrient_Livestock
Description	ข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์
Data in	รหัสของสัตว์
	ชื่อของสัตว์
	ประเภทของสัตว์
	ปริมาณพลังงานที่สัตว์ต้องการ (ME)
	ปริมาณพลังงานที่ย่อยได้ (DE) ที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN) ที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_m) ที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NE_g) ที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณโปรตีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณแคลเซียมที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณอาร์จินีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณฮีสทีดีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณไอโซลูซีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณลูซีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณไลซีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณเมทไธโอนีน+ซีสทีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณฟีนิลอะลานีน+ไธโรซีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณทรีโอนีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณทริปโตเฟนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณวาลีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณไกลซีน+เซอรีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณกรดลิโนลีอิคที่สัตว์ต้องการ

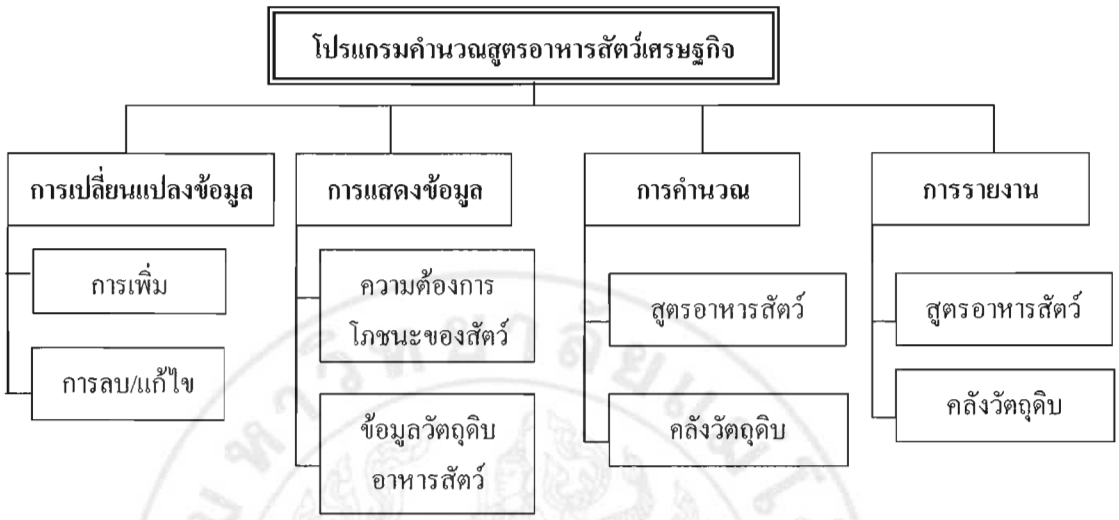
ตาราง 4 (ต่อ)

Process name	2.0 Nutrient_Livestock
Data out	ชื่อของสัตว์
	ประเภทของสัตว์
	ปริมาณพลังงานที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณพลังงานที่ย่อยได้ (DE) ที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN) ที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณพลังงานเพื่อการดำรงชีพ (NE_m) ที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต (NE_g) ที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณโปรตีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณแคลเซียมที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณอาร์จินีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณฮีสทีดีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณไอโซลูซีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณลูซีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณไลซีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณเมทไธโอนีน+ซีสทีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณฟีนิลอะลานีน+ไธโรซีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณทรีโอนีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณทริปโตเฟนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณวาลีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณไกลซีน+เซอรีนที่สัตว์ต้องการ
	ปริมาณกรดลิโนลีอิคที่สัตว์ต้องการ
Logic summary	ข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์ในฐานข้อมูล

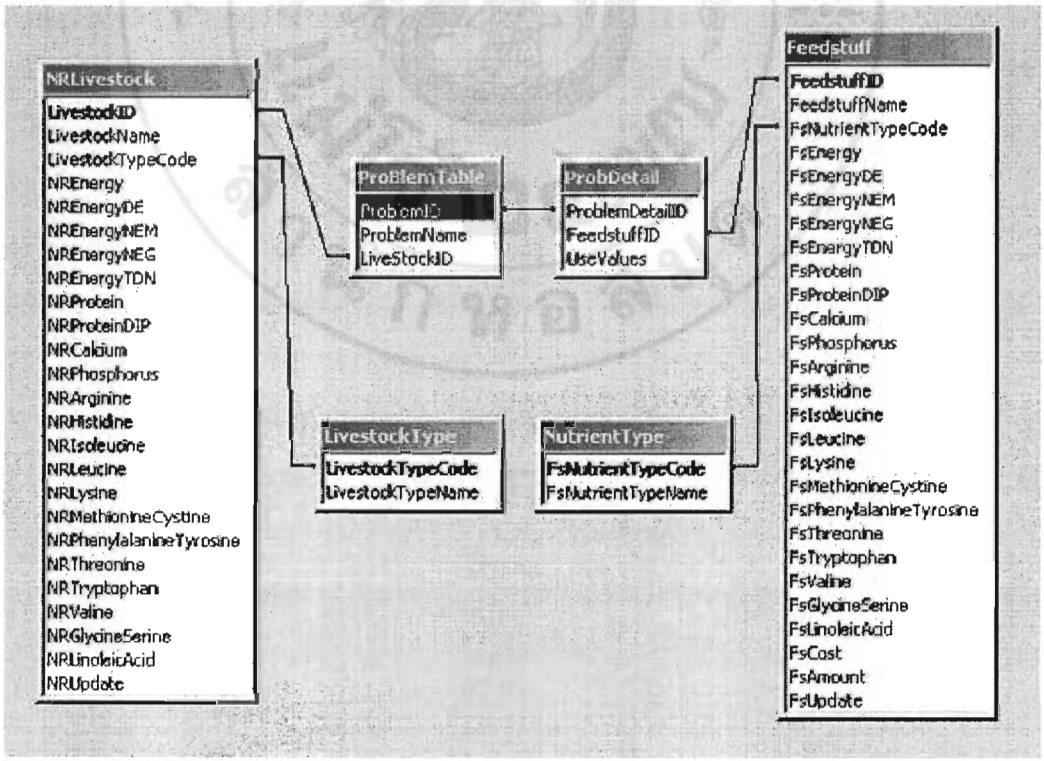
ตาราง 4 (ต่อ)

Process name	1.1 Add_Nutrient_Livestock
Description	เพิ่มข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์
Logic summary	เพิ่มข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์ลงในฐานข้อมูล
Process name	1.2 Edit_Nutrient_Livestock
Description	แก้ไขข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์
Logic summary	แก้ไขข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์จากฐานข้อมูล
Process name	3.0 SelectData
Description	เลือกความต้องการของสัตว์ และวัตถุดิบอาหารที่ใช้
Logic summary	เลือกความต้องการของสัตว์ และวัตถุดิบอาหารที่ใช้จากฐานข้อมูล
Process name	4.0 FeedFormulation
Description	คำนวณสูตรอาหารสัตว์
Logic summary	คำนวณสูตรอาหารสัตว์ด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น
Process name	5.0 Print_FeedFormulation
Description	รายงานผลการคำนวณสูตรอาหารสัตว์
Logic summary	รายงานผลการคำนวณสูตรอาหารสัตว์ ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรและราคา
Process name	6.0 Save_FeedFormulation
Description	บันทึกผลการคำนวณสูตรอาหารสัตว์
Logic summary	บันทึกผลการคำนวณสูตรอาหารสัตว์ลงในฐานข้อมูล
Process name	7.0 FeedMix
Description	ปริมาณวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่จะใช้ผสมอาหาร
Logic summary	คำนวณปริมาณวัตถุดิบที่จะใช้ผสมอาหารโดยใช้สูตรอาหารจากฐานข้อมูล
Process name	7.1 Save_FeedStock
Description	ปริมาณวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่คงเหลือในคลัง
Logic summary	บันทึกปริมาณวัตถุดิบอาหารสัตว์ในคลังลงในฐานข้อมูล
Process name	7.2 FeedStock
Description	ปริมาณวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่คงเหลือในคลัง
Logic summary	คำนวณปริมาณวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่คงเหลือในคลัง

ผังโครงสร้าง (structure chart) แสดงโครงสร้างการทำงานของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ ดังภาพ 6



ภาพ 6 ผังโครงสร้างของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ



ภาพ 7 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล (entity-relationship diagram) ของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ

พจนานุกรมข้อมูล (data dictionary)

โครงสร้างแฟ้มข้อมูลของฐานข้อมูล Microsoft Access

Text เก็บข้อมูลทั้งตัวอักษรและตัวเลขที่ไม่ได้ใช้ในการคำนวณ เก็บได้ยาวถึง 255 อักขระ

Memo เก็บข้อมูลเป็นข้อความยาวๆ ได้โดยจองเนื้อที่ของฮาร์ดดิสต์ได้ถึง 64,000 อักขระ

Number เก็บข้อมูลเป็นตัวเลขสำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์

Date/time เก็บข้อมูลที่เป็นวันที่และเวลา

Currency เก็บข้อมูลที่เป็นค่าเงินเพื่อป้องกันการปัดเศษทิ้งในการคำนวณ

AutoNumber ให้ค่าตัวเลขลำดับที่ไม่ซ้ำกัน โดยเพิ่มที่ละ 1

Yes/No เก็บข้อมูลชนิดตรรกะ ที่มีเพียง 2 ค่า ใช่/ไม่ใช่ ถูก/ผิด หรือ ปิด/เปิด

คุณสมบัติของเขตข้อมูล (field properties)

เป็นส่วนที่กำหนดว่าข้อมูลที่ต้องการเก็บเป็นข้อมูลประเภทใด สามารถกำหนดขนาดของข้อมูลเพื่อจองเนื้อที่ในฮาร์ดดิสต์ได้ 5 แบบ ดังนี้

ตาราง 5 ชนิดและค่าของคุณสมบัติของเขตข้อมูล

Field size	ทศนิยมสูงสุด	ช่วงข้อมูลที่เก็บได้	ขนาดข้อมูล (ไบท์)
Byte	0	0 – 255	1
Integer	0	-32,768 ถึง 32,767	2
Long integer	0	-2,147,483,648 ถึง 2,147,483,647	4
Single	7	-3.402823×10^{38} ถึง 3.402823×10^{38}	4
Double	15	-1.79769×10^{308} ถึง 1.79769×10^{308}	8

โครงสร้างฐานข้อมูลโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์ (database structure)

ตาราง 6 โครงสร้างฐานข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์

File name : Feedstuff

Description : ตารางแสดงส่วนประกอบทางเคมี ราคาและปริมาณวัตถุดิบอาหารสัตว์ในคลัง

Field name	Type	Length	Format	Description	Constraint
FeedstuffID	Text	6	ตัวเลข	รหัสวัตถุดิบอาหารสัตว์	Primary Key
FeedstuffName	Text	50	อักษร	ชื่อวัตถุดิบอาหารสัตว์	Null
FsNutrientTypeCode	Text	2	ตัวเลข	รหัสประเภทของวัตถุดิบ	Null
FsEnergy	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณพลังงาน (ME)	Null
FsEnergyDE	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณพลังงานที่ย่อยได้ (DE)	Null
FsEnergyNEM	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_m)	Null
FsEnergyNEG	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NE_g)	Null
FsEnergyTDN	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN)	Null
FsProtein	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณโปรตีน	Null
FsProteinDIP	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้	Null
FsCalcium	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณแคลเซียม	Null
FsPhosphorus	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณฟอสฟอรัส	Null
FsArginine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณอาร์จินีน	Null
FsHistidine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณฮีสทีดีน	Null
FsIsoleucine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณไอโซลูซีน	Null
FsLeucine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณลูซีน	Null
FsLysine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณไลซีน	Null
FsMethionineCystine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณเมทไธโอนีน+ซีสทีน	Null
FsPhenylalanineTyrosine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณฟีนิลอะลานีน+ไธโรซีน	Null
FsThreonine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณทรีโอนีน	Null

ตาราง 6 (ต่อ)

Field name	Type	Length	Format	Description	Constraint
FsTryptophan	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณทริปโตเฟน	Null
FsValine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณวาลีน	Null
FsGlycineSerine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณไกลซีน+เซอรีน	Null
FsLinoleicAcid	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณกรดลิโนลีอิค	Null
FsCost	Number	single	ตัวเลข	ราคาวัตถุดิบอาหาร	Null
FsAmount	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณวัตถุดิบในคลัง	Null
FsUpdate	Date/Time	single	ตัวเลข	วันที่บันทึกข้อมูลล่าสุด	Null

ตาราง 7 โครงสร้างฐานข้อมูลประเภทของวัตถุดิบอาหารสัตว์

File name : NutrientType

Description : ตารางแสดงประเภทของวัตถุดิบอาหารสัตว์

Field name	Type	Length	Format	Description	Constraint
FsNutrientTypeCode	Text	2	ตัวเลข	รหัสประเภทของวัตถุดิบ	Primary Key
FsNutrientTypeName	Text	50	อักษร	ชื่อประเภทของวัตถุดิบ	Null

ตาราง 8 โครงสร้างฐานข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์

File name : NRLivestock

Description : แสดงความต้องการโภชนะของสัตว์

Field name	Type	Length	Format	Description	Constraint
LivestockID	Text	6	ตัวเลข	รหัสของสัตว์	Primary Key
LivestockName	Text	50	อักษร	ชื่อของสัตว์	Null
LivestockTypeCode	Text	2	ตัวเลข	รหัสประเภทของสัตว์	Null
NREnergy	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณพลังงานที่สัตว์ต้องการ	Null
NREnergyDE	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณพลังงานที่ย่อยได้ที่สัตว์ต้องการ	Null

ตาราง 8 (ต่อ)

Field name	Type	Length	Format	Description	Constraint
NREnergyNEM	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ(NE_m) ที่สัตว์ต้องการ	Null
NREnergyNEG	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NE_g) ที่สัตว์ต้องการ	Null
NREnergyTDN	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN) ที่สัตว์ต้องการ	Null
NRProtein	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณโปรตีนที่สัตว์ต้องการ	Null
NRProteinDIP	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ที่สัตว์ต้องการ	Null
NRCalcium	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณแคลเซียมที่สัตว์ต้องการ	Null
NRPhosphorus	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ที่สัตว์ต้องการ	Null
NRArginine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณอาร์จินีนที่สัตว์ต้องการ	Null
NRHistidine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณฮีสทีดีนที่สัตว์ต้องการ	Null
NRIsoleucine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณไอโซลูซีนที่สัตว์ต้องการ	Null
NRLeucine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณลูซีนที่สัตว์ต้องการ	Null
NRLysine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณไลซีนที่สัตว์ต้องการ	Null
NRMethionineCystine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณเมทไธโอนีน+ซีสทีนที่สัตว์ต้องการ	Null
NRPhenylalanineTyrosine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณฟีนิลอะลานีน+ไธโรซีนที่สัตว์ต้องการ	Null
NRThreonine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณทรีโอนีนที่สัตว์ต้องการ	Null
NRTryptophan	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณทริปโตเฟนที่สัตว์ต้องการ	Null
NRValine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณวาลีนที่สัตว์ต้องการ	Null
NRGlycineSerine	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณไกลซีน+เซอรีนที่สัตว์ต้องการ	Null
NRLinoleicAcid	Number	single	ตัวเลข	ปริมาณกรดลิโนลีอิคที่สัตว์ต้องการ	Null
NRUpdate	Date/Time	single	ตัวเลข	วันที่บันทึกข้อมูลล่าสุด	Null

ตาราง 9 โครงสร้างฐานข้อมูลประเภทของสัตว์

File name : LivestockType

Description : ตารางแสดงประเภทของสัตว์

Field name	Type	Length	Format	Description	Constraint
LivestockTypeCode	Text	2	ตัวเลข	รหัสประเภทของสัตว์	Primary Key
LivestockTypeName	Text	50	อักษร	ชื่อประเภทของสัตว์	Null

ตาราง 10 โครงสร้างฐานข้อมูลการบันทึกสูตรอาหารสัตว์

File name : ProBlemTable

Description : ตารางแสดงข้อมูลสูตรอาหารสัตว์

Field name	Type	Length	Format	Description	Constraint
ProblemID	AutoNumber	Long Integer	ตัวเลข	รหัสสูตรอาหาร	Primary Key
ProblemName	Text	50	อักษร	ชื่อสูตรอาหาร	Null
LiveStockID	Text	50	อักษร	รหัสของสัตว์	Null

ตาราง 11 โครงสร้างฐานข้อมูลรายละเอียดสูตรอาหารสัตว์

File name : ProbDetail

Description : ตารางแสดงรายละเอียดสูตรอาหารสัตว์

Field name	Type	Length	Format	Description	Constraint
ProblemDetailID	Text	50	อักษร	รหัสสูตรอาหาร	Primary Key
FeedstuffID	Text	50	อักษร	รหัสของวัตถุดิบอาหารสัตว์	Null
UseValues	Number	Double	ตัวเลข	จำนวนวัตถุดิบในสูตรอาหาร	Null

งบประมาณที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้งบประมาณดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. หมวดค่าจ้าง	
ค่าพิมพ์เอกสาร	3,000 บาท
ค่าจัดทำปกและเข้าเล่มฉบับสมบูรณ์	4,000 บาท
2. หมวดค่าใช้จ่าย	
ค่าจัดทำสำเนาเอกสาร	3,000 บาท
ค่าใช้จ่ายบริหารงานทั่วไป	5,000 บาท
3. หมวดวัสดุและอุปกรณ์	
เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์	30,000 บาท
แผ่น CD-RW (100x40)	4,000 บาท
ค่าวัสดุสิ้นเปลือง	3,000 บาท
งบประมาณทั้งสิ้น	56,000 บาท
(ห้าหมื่นหกพันบาทถ้วน)	

บทที่ 4
ผลการวิจัย

โปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ พัฒนาโปรแกรมโดยออกแบบการใช้งานเป็นภาษาไทย มีส่วนการทำงานของโปรแกรมแบ่งเมนู (Menu Program) เป็นการจัดการข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์ การจัดการข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์ การคำนวณสูตรอาหารสัตว์ และคลังวัตถุดิบอาหารสัตว์ แสดงโครงสร้างได้ดังนี้

การออกแบบเมนูของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ

เมนูของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจประกอบไปด้วย

1. ข้อมูลหลัก
    - 1.1 วัตถุดิบอาหารสัตว์
        - เพิ่มข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์ ปริมาณในคลังและราคาวัตถุดิบ
        - แก้ไขข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์ ปริมาณในคลังและราคาวัตถุดิบ
    - 1.2 ความต้องการโภชนะของสัตว์
        - เพิ่มข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์
        - แก้ไขข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์
    - 1.3 ออกจากโปรแกรม
2. คำนวณสูตรอาหาร
    - 2.1 คำนวณสูตรอาหารสัตว์
    - 2.2 ทดสอบสูตรอาหารสัตว์
    - 2.3 ผสมอาหารสัตว์จากสูตรอาหารสัตว์ที่บันทึกไว้
3. คลังวัตถุดิบ
    - 3.1 ตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบในคลัง
4. ช่วยเหลือ
    - 4.1 วิธีใช้โปรแกรม
    - 4.2 ความต้องการของโปรแกรม
    - 4.3 เกี่ยวกับโปรแกรม

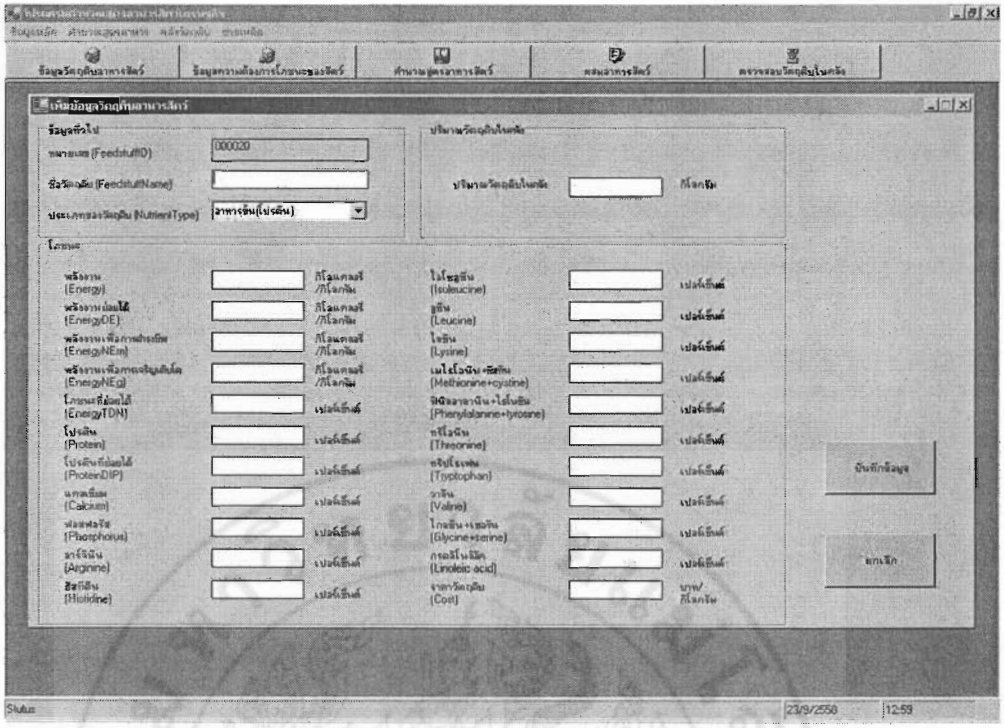
การออกแบบหน้าจอการทำงานของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ

หน้าจอการทำงานเป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรม มีรายละเอียดดังนี้

1. หน้าจอการทำงานหลักของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ ประกอบด้วย เมนูการใช้งานในส่วนต่าง ๆ และปุ่มเรียกการใช้งานในส่วนของโปรแกรมย่อยต่าง ๆ เพื่อการใช้งานโปรแกรมได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ดังภาพ 8

ภาพ 8 หน้าจอการทำงานหลักของโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ

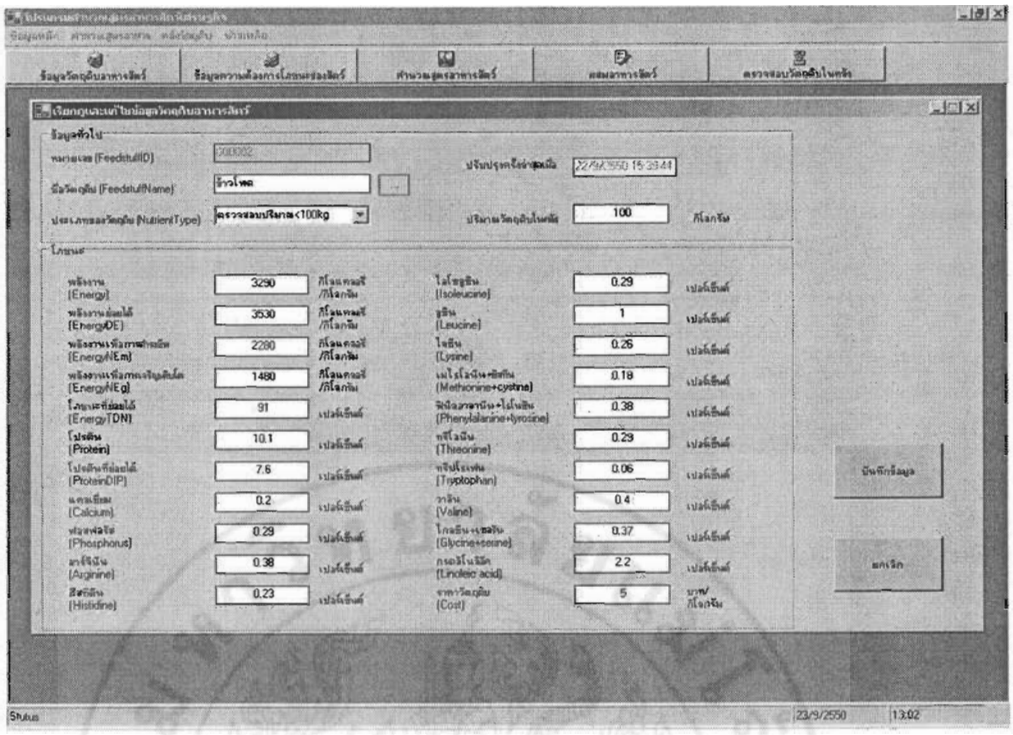
2. หน้าจอเพิ่มข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์ การทำงานของโปรแกรมจะสร้างหมายเลขประจำตัววัตถุดิบต่อจากหมายเลขประจำตัววัตถุดิบล่าสุดในฐานข้อมูลโดยอัตโนมัติ ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถกรอกข้อมูลชื่อวัตถุดิบ ประเภทของวัตถุดิบ ปริมาณโภชนะในวัตถุดิบ ราคาวัตถุดิบ และปริมาณวัตถุดิบในคลัง ดังภาพ 9 เมื่อกดปุ่มบันทึกโปรแกรมจะเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล Microsoft Access เพื่อนำมาใช้ในส่วนการคำนวณสูตรอาหารสัตว์และการจัดการคลังวัตถุดิบต่อไป



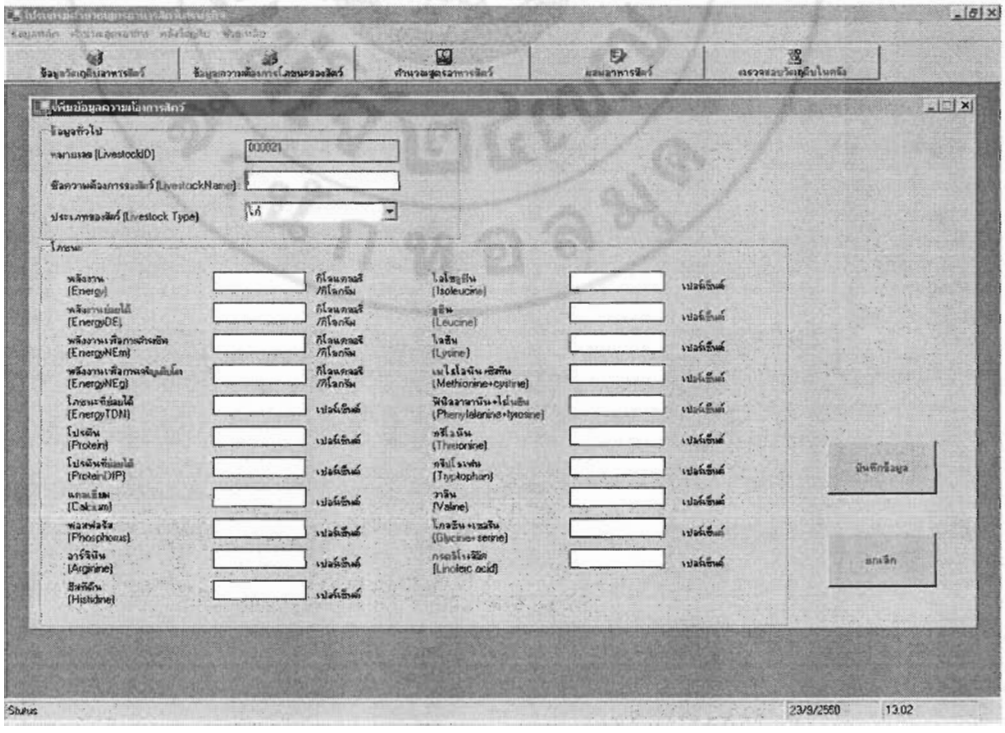
ภาพ 9 หน้าจอการเพิ่มข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์และราคา

3. หน้าจอเรียกดูและแก้ไขข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์ สามารถเรียกดูข้อมูลวัตถุดิบจากฐานข้อมูลโดยใส่หมายเลขประจำตัววัตถุดิบนั้น โปรแกรมจะแสดงข้อมูลชื่อวัตถุดิบ ประเภทของวัตถุดิบ ปริมาณโภชนะในวัตถุดิบ ราคาวัตถุดิบ และปริมาณวัตถุดิบในคลัง และสามารถแก้ไขข้อมูลได้ ดังภาพ 10

4. หน้าจอเพิ่มข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์ การทำงานของโปรแกรมจะสร้างหมายเลขประจำตัวชุดความต้องการโภชนะของสัตว์ ต่อจากหมายเลขประจำตัวชุดความต้องการโภชนะของสัตว์ล่าสุดในฐานข้อมูลโดยอัตโนมัติ ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถกรอกข้อมูลชื่อชุดความต้องการโภชนะของสัตว์ ประเภทของสัตว์ ปริมาณความต้องการโภชนะของสัตว์ ดังภาพ 11 เมื่อกดปุ่มบันทึกโปรแกรมจะเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล Microsoft Access เพื่อนำมาใช้ในส่วนการคำนวณสูตรอาหารต่อไป

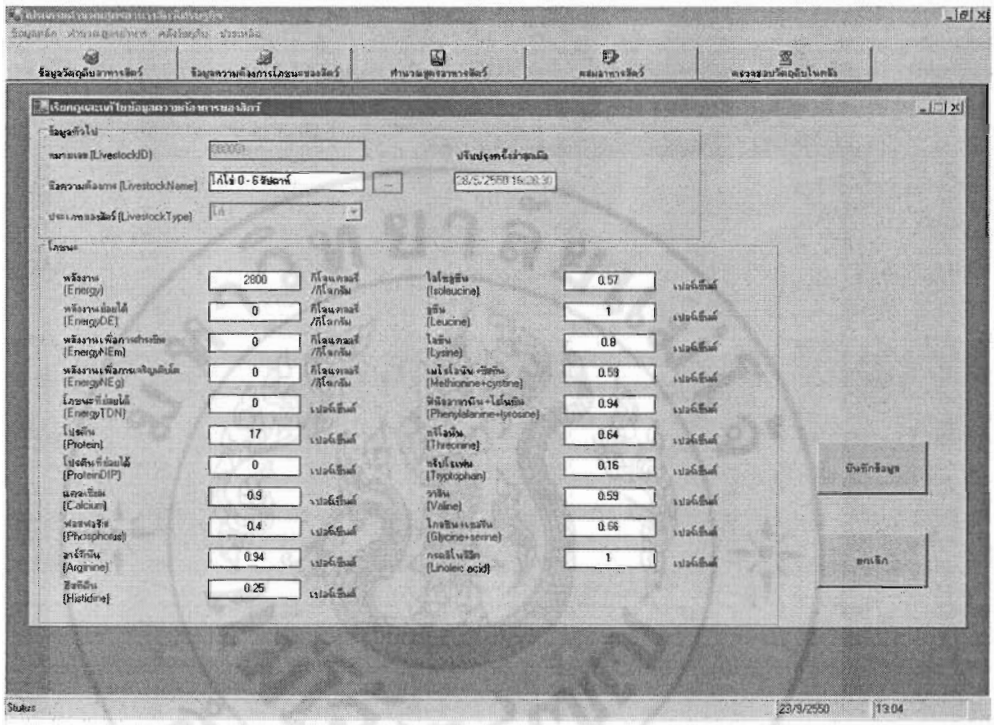


ภาพ 10 หน้าจอการเรียกดูแก้ไขข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์และราคา



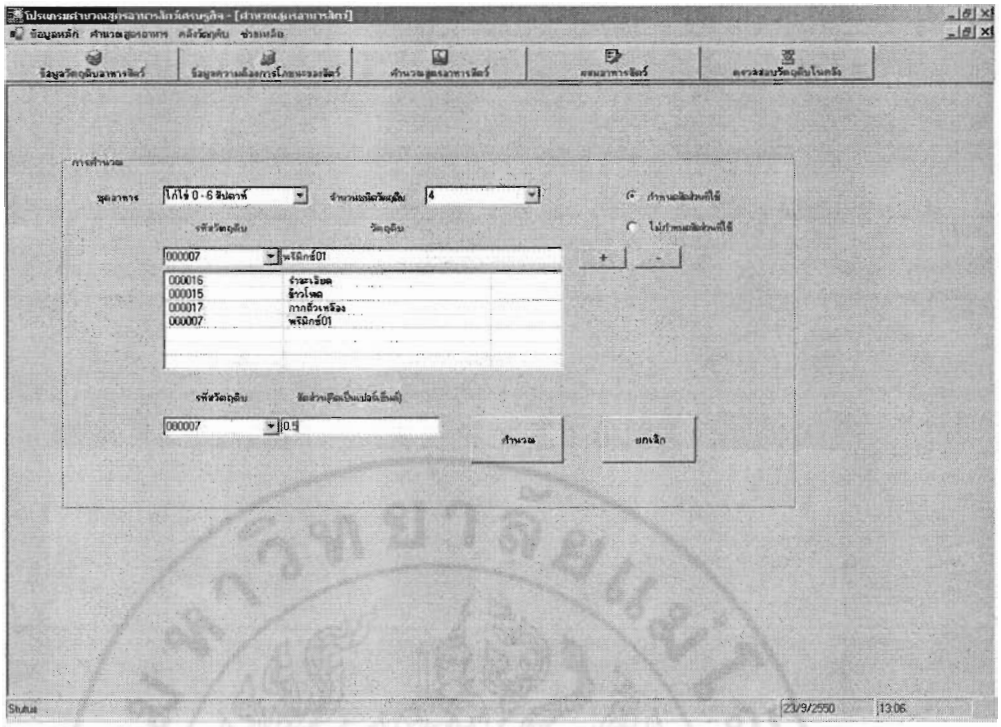
ภาพ 11 หน้าจอการเพิ่มข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์

5. หน้าจอเรียกดูและแก้ไขข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์ สามารถเรียกดูข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์จากฐานข้อมูล โดยใส่หมายเลขประจำตัวชุดความต้องการโภชนะของสัตว์นั้น โปรแกรมจะแสดงข้อมูลชื่อชุดความต้องการโภชนะของสัตว์ ประเภทของสัตว์ ปริมาณความต้องการโภชนะของสัตว์ และสามารถแก้ไขข้อมูลได้ ดังภาพ 12



ภาพ 12 หน้าจอการเรียกดูแก้ไขข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์

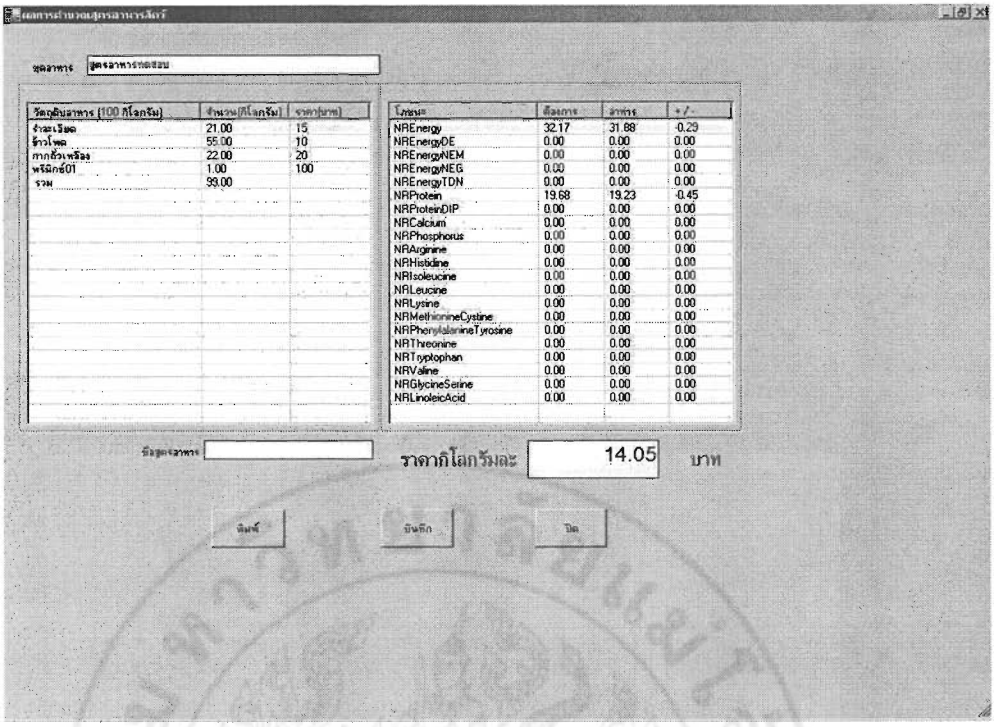
6. หน้าจอคำนวณสูตรอาหารสัตว์ มีการออกแบบเพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเลือกชุดความต้องการโภชนะของสัตว์ และวัตถุดิบจากฐานข้อมูลที่บันทึกไว้ ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์วัตถุดิบจะต้องใช้ไม่ต่ำกว่า 3 ชนิดและไม่เกิน 20 ชนิด และมีปุ่มคำนวณเพื่อให้โปรแกรมทำงานในส่วนคำนวณและแสดงผลการคำนวณต่อไป ดังภาพ 13



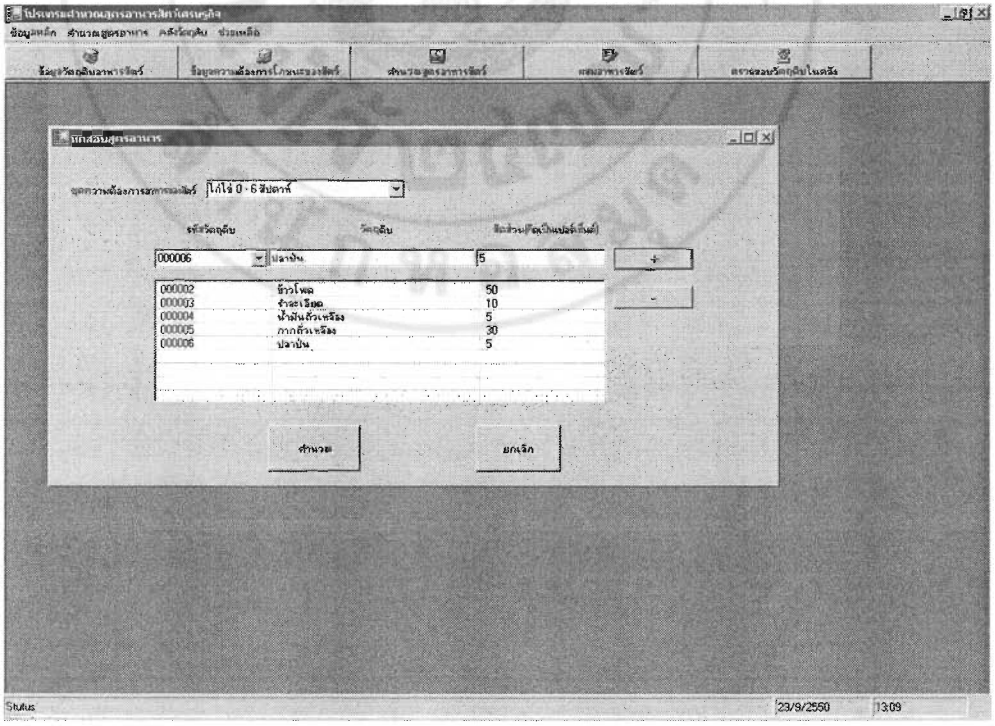
ภาพ 13 หน้าจอการคำนวณสูตรอาหารสัตว์

7. หน้าจอรายงานผลการคำนวณสูตรอาหารสัตว์ ใช้สำหรับแสดงรายงานผลการคำนวณสูตรอาหารโดยโปรแกรมจะนำข้อมูลจากขั้นตอนการเลือกชุดความต้องการโภชนะของสัตว์ และวัตถุดิบมาคำนวณโดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น เพื่อให้ได้สูตรอาหารที่มีโภชนะครบถ้วนตามที่กำหนด มีต้นทุนราคาอาหารสัตว์ต่ำสุด และแสดงรายงานผลการคำนวณสูตรอาหารสัตว์ ดังภาพ 14 โดยตารางทางซ้ายจะเป็นข้อมูลปริมาณวัตถุดิบที่ต้องใช้ในสูตรอาหารคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ และตารางทางขวามือจะเป็นปริมาณโภชนะในสูตรอาหาร รวมถึงการเปรียบเทียบกับปริมาณโภชนะที่สัตว์ต้องการ และแสดงราคาของสูตรอาหารที่คำนวณได้คิดเป็นหน่วยบาทต่อกิโลกรัม สามารถบันทึกข้อมูลที่คำนวณได้เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการผสมอาหารสัตว์และจัดการคลังวัตถุดิบต่อไป

8. หน้าจอทดสอบสูตรอาหารสัตว์ มีการออกแบบเพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถนำสูตรอาหารที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีอื่น เพื่อทดสอบสูตรอาหารสัตว์นั้นว่ามีโภชนะเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์หรือไม่ โดยสามารถเลือกชุดความต้องการโภชนะของสัตว์ และวัตถุดิบจากฐานข้อมูลที่บันทึกไว้ และใส่ปริมาณวัตถุดิบที่จะใช้ในสูตรอาหารเป็นเปอร์เซ็นต์ และมีปุ่มคำนวณเพื่อให้โปรแกรมทำงานในส่วนคำนวณและแสดงผลการคำนวณต่อไป ดังภาพ 15

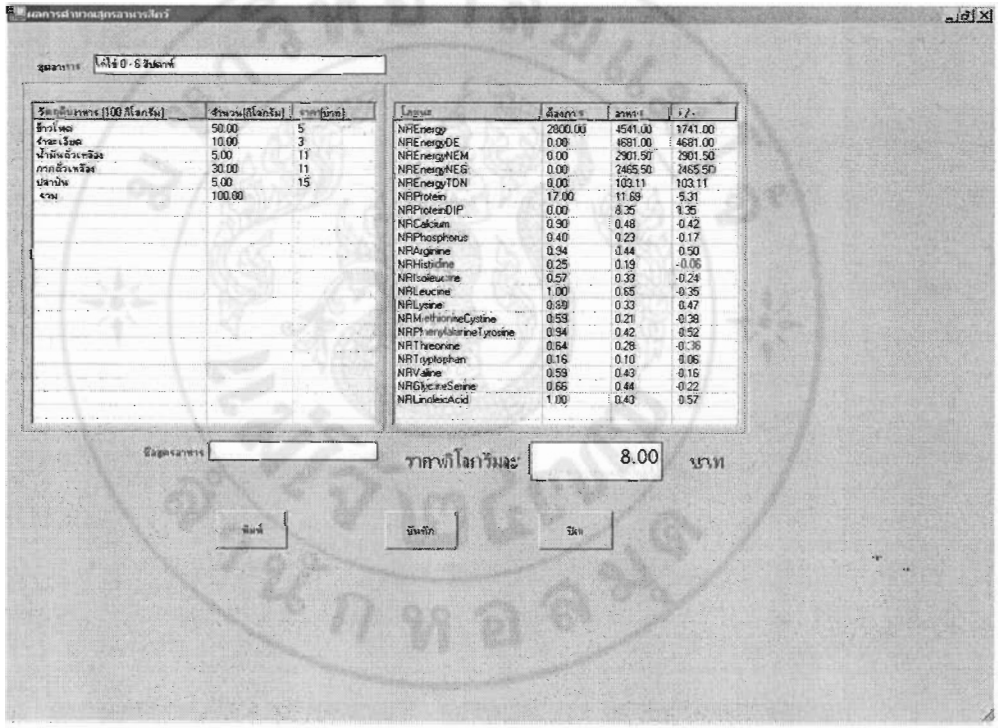


ภาพ 14 หน้าจอรายงานผลการคำนวณสูตรอาหารสัตว์



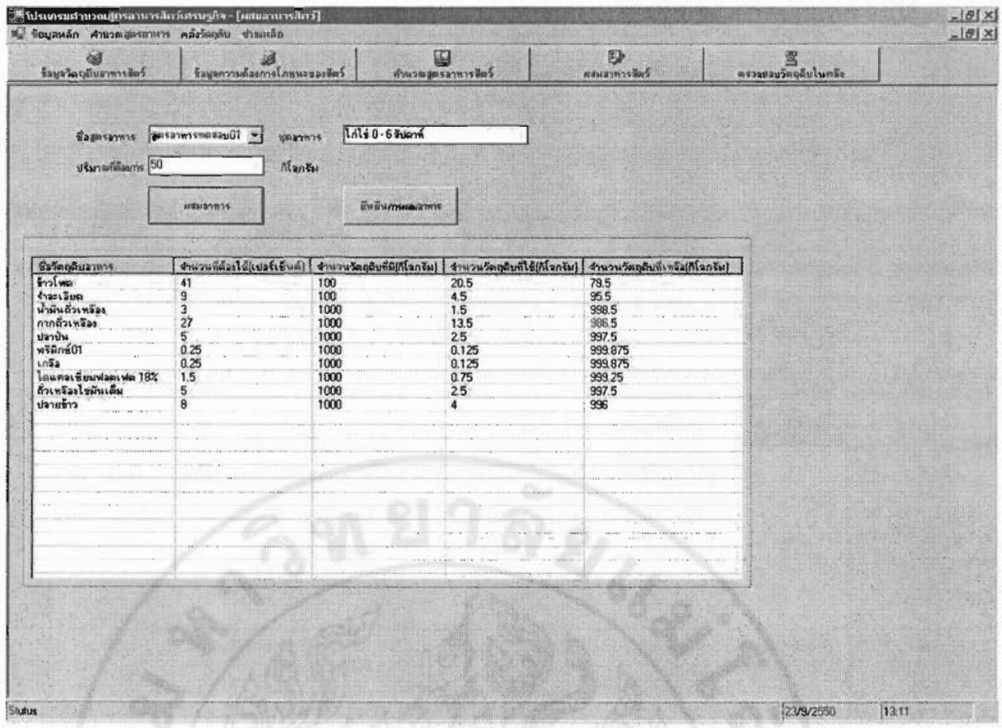
ภาพ 15 หน้าจอการทดสอบสูตรอาหารสัตว์

9. หน้าจอรายงานผลการทดสอบสูตรอาหารสัตว์ ใช้สำหรับแสดงรายงานการทดสอบสูตรอาหาร โดยโปรแกรมจะนำข้อมูลจากขั้นตอนการเลือกชุดความต้องการโภชนะของสัตว์ และปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรอาหารสัตว์มาคำนวณ เพื่อทดสอบว่าสูตรอาหารสัตว์นั้นมีโภชนะเท่าใด และแสดงรายงานผลการทดสอบสูตรอาหารสัตว์ ดังภาพ 16 โดยตารางทางซ้ายจะเป็นข้อมูลปริมาณวัตถุดิบที่กำหนดไว้ในสูตรอาหารคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ และตารางทางขวามือจะเป็นปริมาณโภชนะในสูตรอาหาร รวมถึงการเปรียบเทียบกับปริมาณโภชนะที่สัตว์ต้องการ และแสดงราคาของสูตรอาหารที่คำนวณได้คิดเป็นบาทต่อกิโลกรัม สามารถบันทึกข้อมูลที่คำนวณได้เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการผสมอาหารสัตว์และจัดการคลังวัตถุดิบต่อไป



ภาพ 16 หน้าจอรายงานผลการทดสอบสูตรอาหารสัตว์

10. หน้าจอคำนวณปริมาณการผสมอาหารสัตว์จากสูตรอาหาร สามารถเลือกสูตรอาหารสัตว์ที่ได้บันทึกไว้จากการคำนวณสูตรอาหารสัตว์หรือทดสอบสูตรอาหารสัตว์ และใส่ปริมาณที่ต้องการจะผสมอาหารสัตว์โดยมีหน่วยเป็นกิโลกรัม เมื่อกดปุ่มผสมอาหาร โปรแกรมจะคำนวณปริมาณวัตถุดิบที่ต้องใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ พร้อมทั้งตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบในคลังว่าเพียงพอต่อการผสมอาหารหรือไม่ และรายงานปริมาณวัตถุดิบที่เหลือในคลังเมื่อผลิตอาหารสัตว์ไปแล้ว ดังภาพ 17



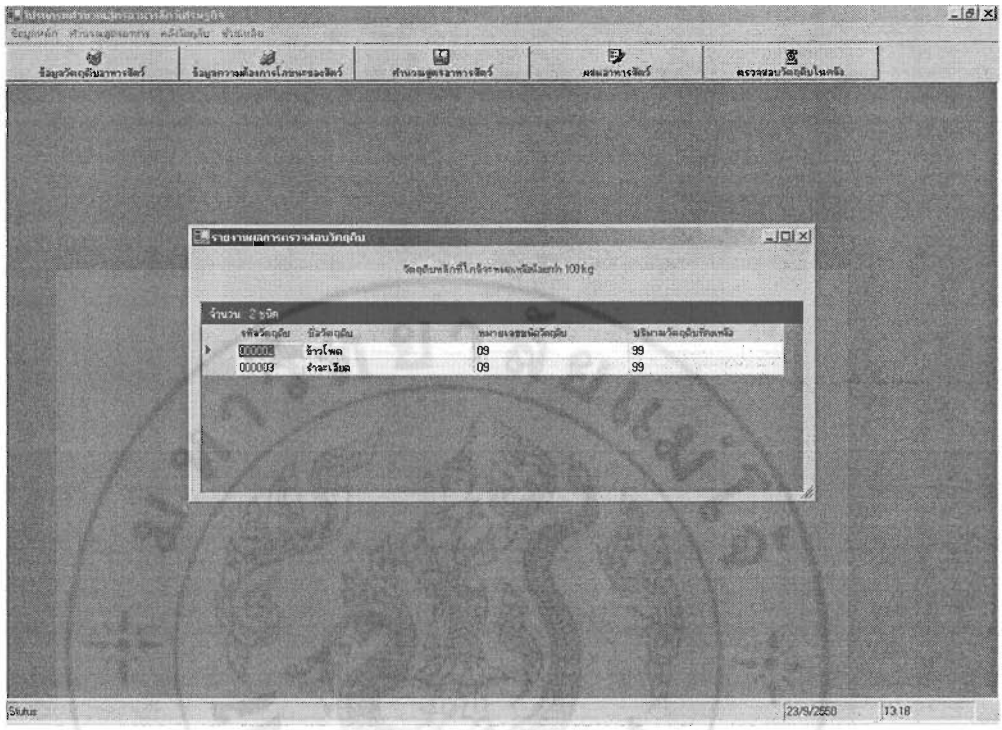
ภาพ 17 หน้าจอคำนวณปริมาณการผสมอาหารสัตว์จากสูตรอาหารสัตว์

11. หน้าจอการตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบในคลัง เมื่อใช้งานโปรแกรมในส่วนตรวจสอบวัตถุดิบในคลัง จะมีการตรวจสอบว่ามีวัตถุดิบในคลังชนิดใดบ้างที่มีต่ำกว่าปริมาณที่กำหนดไว้ และจะแสดงผลให้ผู้ใช้โปรแกรมได้ทราบ ดังภาพ 18 นอกจากนี้ เมื่อเปิดโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์ ขั้นแรกโปรแกรมจะตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบในคลังโดยอัตโนมัติ หากพบว่าวัตถุดิบมีปริมาณเหลือน้อยกว่าที่กำหนดไว้ โปรแกรมจะแจ้งเตือนพร้อมทั้งบอกปริมาณวัตถุดิบที่คงเหลือ เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมจัดหาวัตถุดิบมาเพิ่มเติมให้เพียงพอสำหรับการผสมอาหารสัตว์ต่อไป

โปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เขียนและพัฒนาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic.NET ข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์ และความต้องการโภชนะของสัตว์ จะเก็บไว้ในฐานข้อมูล Microsoft Access ซึ่งสามารถเพิ่มข้อมูลใหม่ และเรียกดูข้อมูลที่บันทึกไว้แล้วเพื่อแก้ไขได้

การคำนวณสูตรอาหารสัตว์ใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น เพื่อให้ได้สูตรอาหารที่มีโภชนะครบถ้วนตามที่กำหนดและมีราคาต่ำสุด จากการทดสอบโปรแกรมพบว่าในการคำนวณตัวแปรวัตถุดิบหรือตัวแปรความต้องการโภชนะของสัตว์ที่มีค่าเป็น 0 หรือตัวแปรนั้นไม่มีข้อมูลปริมาณโภชนะ จะทำให้เกิดปัญหาทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้การคำนวณด้วยวิธีซิมเพล็กซ์มี

การคำนวณที่ซับซ้อน อาจทำให้ความคลาดเคลื่อนจากการปัดทศนิยมและทำให้ไม่สามารถแสดงผลการคำนวณได้



ภาพ 18 หน้าจอแจ้งผลการตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบในคลัง

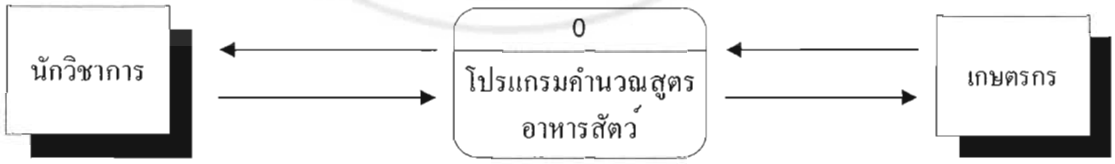
อย่างไรก็ตามโปรแกรมนี้สามารถใช้ในส่วนทดสอบสูตรอาหารเพื่อคำนวณและปรับสูตรอาหารให้มีโภชนะครบตามความต้องการและสามารถบันทึกข้อมูลได้ ซึ่งผู้ใช้โปรแกรมสามารถเลือกสูตรอาหารจากที่บันทึกไว้และกำหนดปริมาณอาหารที่จะผสม โดยโปรแกรมจะคำนวณปริมาณวัตถุดิบที่ต้องใช้ และบันทึกปริมาณวัตถุดิบที่คงเหลือในคลังวัตถุดิบโดยอัตโนมัติ

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

โปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจเป็นโปรแกรมช่วยคำนวณสูตรอาหารสัตว์ (สัตว์ปีก สุกร และโค) และต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์ โดยคำนึงถึงการเลือกใช้วัตถุดิบอาหารที่มีต้นทุนราคาถูก โดยที่สูตรอาหารมีปริมาณความต้องการโภชนะของสัตว์ครบถ้วน รวมถึงการจัดการข้อมูลคลังวัตถุดิบเพื่อตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบที่มีเหลือในคลัง ซึ่งจะทำให้การจัดการข้อมูลทำได้อย่างสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรมการจัดการฟาร์มเลี้ยงสัตว์ได้

โปรแกรมแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนคือการจัดเก็บข้อมูล และการแสดงข้อมูล ในส่วนของข้อมูลประกอบด้วย ข้อมูลขององค์ประกอบทางเคมี ปริมาณวัตถุดิบในคลัง และราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ ข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์ การคำนวณสูตรอาหารสัตว์ การรายงานผลการคำนวณสูตรอาหารสัตว์ และการบันทึกสูตรอาหารที่คำนวณได้ โดยใช้ Microsoft Visual Basic.NET ในการพัฒนาโปรแกรม และใช้ Microsoft Access เป็นฐานข้อมูลบนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP ทั้งนี้รูปแบบการใช้งานของโปรแกรมออกแบบให้ใช้งานได้สะดวกรวดเร็ว ซึ่งทำให้ผู้ไม่มีความรู้ทางด้านอาหารสัตว์ เช่น เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ทั่วไปสามารถใช้งานได้



จากภาพเป็นการแสดงภาพรวมการทำงานของโปรแกรม ตามประเภทของผู้ใช้งาน โดยนักวิชาการ เป็นผู้ดูแลระบบงาน สามารถเพิ่มและแก้ไขข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์ และส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์ เกษตรกรเป็นผู้ใช้งาน (โปรแกรม) สามารถเรียกดูรายงานผลการคำนวณอาหารสัตว์ ใช้สูตรเพื่อผสมอาหารสัตว์ และตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบที่เหลือในคลัง

ข้อเสนอแนะ

จากการเขียนโปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์ เพื่อให้การใช้งานสะดวกและมีประโยชน์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาโปรแกรมต่อไปดังนี้คือ

1. เนื่องจากบางครั้งข้อมูลวัตถุดิบอาหารสัตว์หรือความต้องการโภชนะของสัตว์ที่ต้องใช้ในการคำนวณสูตรอาหารสัตว์อาจมีอยู่ไม่ครบถ้วน จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์ได้ จึงแนะนำให้พัฒนาการคำนวณสูตรอาหารสัตว์ให้สามารถคำนวณเฉพาะตัวแปรที่มีข้อมูลปริมาณโภชนะเท่านั้น

2. สูตรอาหารที่ได้บางสูตรอาจมีความน่ากินต่ำหรือปริมาณวัตถุดิบไม่สะดวกแก่การผสม ผู้ใช้โปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์เศรษฐกิจ ควรมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอาหารสัตว์เพื่อสามารถพิจารณาเลือกวัตถุดิบ ทำให้อาหารที่ผสมมีคุณค่าครบตามความต้องการของสัตว์ และมีความน่ากิน

3. พัฒนาโปรแกรมให้ไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับโปรแกรมการจัดการฟาร์มอื่น ๆ และสามารถใช้งานในระบบเครือข่ายได้

เอกสารอ้างอิง

กฤตพล สมมาตร์. 2543. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการผลิตสัตว์เบื้องต้น : หลักการผลิตโคและกระบือ.** ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 94 น.

กองอาหารสัตว์. 2550. **ความรู้ด้านอาหารสัตว์.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.dld.go.th/nutrition/Nutrition_Knowlage/nutrition_1.htm (20 มกราคม 2550).

จรัส สว่างทัพ. 2539. **หลักการเลี้ยงสัตว์.** บุรีรัมย์: สาขาวิชาสัตวบาล คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏบุรีรัมย์. 365 น.

จารุรัตน์ เศรษฐภักดี. 2528. **อาหารสัตว์เศรษฐกิจ.** สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. 264 น.

ชูศักดิ์ จันทนพศิริ. 2532. **ลิเนียร์โปรแกรมมิ่งสำหรับการวางแผนการผลิตทางการเกษตร.** เชียงใหม่: ภาควิชาเศรษฐศาสตร์และสหกรณ์การเกษตร คณะธุรกิจการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. 188 น.

ดำรง กิตติชัยศรี, จรัส สว่างทัพ, ธาตรี จีราพันธุ์, สมพร ดวนใหญ่ และ ศรีน้อย ชุ่มคำ. 2546. **เอกสารประมวลสาระวิชาหลักการเลี้ยงสัตว์.** บุรีรัมย์: สาขาวิชาสัตวบาล คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏบุรีรัมย์.

ธาตรี จีราพันธุ์. 2548. **หลักการผลิตสัตว์.** นครสวรรค์: คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 458 น.

ธาริน สิทธิธรรมชารี. 2546. **คู่มือการเขียนโปรแกรม Microsoft Visual Basic.NET ฉบับสมบูรณ์.** กรุงเทพฯ: ซัคเซส มีเดีย. 536 น.

เนรมิต สุขมณี, อุทัย คันโธ และ ชินะทัตร์ นาคะสิงห์. 2535. โปรแกรมสำเร็จรูป "CAFF" คำนวณสูตรอาหารสัตว์. **สัตวเศรษฐกิจ.** 10(210): 70 – 74.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2542. **พื้นฐานสัตวศาสตร์.** เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 186 น.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์ และ เพทาย พงษ์เพียจันทร์. 2535. **การจัดการฟาร์มด้วยลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์. 178 น.

เมธา วรรณพัฒน์ และ ฉลอง วชิราภากร. 2533. **เทคนิคการให้อาหารโคเนื้อและโคนม.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ฟันนี่พับบลิชชิ่ง. 142 น.

ยืน ภู่วรวรรณ. 2548. **วิธีซิมเพล็กซ์.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.school.net.th/library/snet2/ knowledge_math/simplex/simplex.htm (7 มกราคม 2548).

วรวิทย์ ตะริโย, คะแนนรัชต์ สมสุข และ ประสาน ฐิติอังกูร. 2548. **การโปรแกรมเชิงเส้นตรง.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://regelearning.payap.ac.th/docu/cs352/PDF_file/Chapter02.pdf (29 มกราคม 2548).

วุฒิชัย วุฒาพาณิชย์ และ สมภพ สุทธิพรพาณิชย์. 2539. มิกซ์ฟีด 1.0 โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปภาษาไทย สำหรับงานผสมอาหารสัตว์. **สุกรสาส์น.** 23(90): 33 – 43.

ศรี วรกุลสวัสดิ์. 2531. **การโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: แสงจันทร์การพิมพ์. 317 น.

สมคิด แก้วสนธิ. 2530. **ลิเนียร์โปรแกรม: หลักและการประยุกต์.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 184 น.

สมชาย ศรีพูล. 2549. **หลักการเลี้ยงสัตว์.** [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.nsru.ac.th/e-learning/animals/ lesson7_1.php (10 มิถุนายน 2549).

สิริพันธุ์ จุลกรังคะ. 2542. **โภชนศาสตร์เบื้องต้น.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 282 น.

สิริวิทธ์ สโรบล. 2527. **เอกสารการสอนชุดวิชา เกษตรทั่วไป 3 : สัตว์เศรษฐกิจ หน่วยที่ 1 – 7.** นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สุรสิทธิ์ คิวประสพศักดิ์ และ นันทนี แขวงโสภา. 2546. **อินไซท์ Visual Basic .NET ฉบับสมบูรณ์.** กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น. 536 น.

Gene, M. and R. Bill. 1992. **Animal Feed Formulation : Economics and Computer Applications.** New York: Van Nostrand Reinhold. 166 p.

National Research Council. 1984. **Nutrient Requirement of Beef Cattle.** 6th ed. Washington, DC.: National Academy Press. 90 p.

_____. 1988. **Nutrient Requirement of Swine.** 9th ed. Washington, D.C.: National Academy Press. 96 p.

_____. 1989. **Nutrient Requirement of Dairy Cattle.** 6th ed. Washington, D.C.: National Academy Press. 168 p.

_____. 1994. **Nutrient Requirement of Poultry.** 9th ed. Washington, D.C.: National Academy Press. 176 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวก 1 ความต้องการโภชนะของไก่ ตามมาตรฐาน National Research Council (1994)

พันธุ์ไก่	อายุ (สัปดาห์)	พลังงาน (กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม)	โปรตีน (%)	แคลเซียม (%)	ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (%)	อาร์จีนีน (%)	ฮีททีดีน (%)	ไอโซลูซีน (%)	ลูซีน (%)	ไลซีน (%)
ไก่ไข่	0 - 6	2800	17	0.90	0.40	0.94	0.25	0.57	1.00	0.80
ไก่ไข่	6 - 12	2800	15	0.80	0.35	0.78	0.21	0.47	0.80	0.56
ไก่ไข่	6 - 12	2850	14	0.80	0.30	0.62	0.16	0.37	0.65	0.42
ไก่ไข่	มากกว่า 18	2850	16	1.80	0.35	0.72	0.18	0.42	0.75	0.49
ไก่เนื้อ	0 - 3	3200	23	0.90	0.70	1.44	0.35	0.80	1.35	1.20
ไก่เนื้อ	3 - 6	3200	20	0.90	0.70	1.20	0.30	0.70	0.18	1.00
ไก่เนื้อ	6 - 9	3200	18	0.90	0.70	1.00	0.26	0.60	1.00	0.85

ตารางภาคผนวก 1 (ต่อ)

พันธุ์ไก่	อายุ (สัปดาห์)	เมทไธโอนีน+ซีสทีน (%)	ฟีนิลอะลานีน+ไธโรซีน (%)	ทรีโอนีน (%)	ทริปโตเฟน (%)	วาลีน (%)	ไกลซีน+เซอรีน (%)	กรดลิโนลีอิค (%)
ไก่ไข่	0 - 6	0.59	0.94	0.64	0.16	0.59	0.66	1.00
ไก่ไข่	6 - 12	0.49	0.78	0.53	0.13	0.49	0.54	1.00
ไก่ไข่	6 - 12	0.39	0.63	0.35	0.10	0.38	0.44	1.00
ไก่ไข่	มากกว่า 18	0.44	0.70	0.44	0.11	0.43	0.50	1.00
ไก่เนื้อ	0 - 3	0.93	1.34	0.75	0.23	0.82	1.50	1.00
ไก่เนื้อ	3 - 6	0.72	1.17	0.65	0.20	0.72	1.00	1.00
ไก่เนื้อ	6 - 9	0.60	1.00	0.56	0.17	0.62	0.70	1.00

ตารางภาคผนวก 2 ความต้องการโภชนะของสุกร ตามมาตรฐาน National Research Council (1988)

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	พลังงานที่ย่อยได้ (DE) (กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม)	โปรตีน (%)	แคลเซียม (%)	ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (%)	อาร์จีนีน (%)	ฮีททีดีน (%)	ไอโซลูซีน (%)	ลูซีน (%)
1-5	3700	27.00	0.90	0.70	0.33	0.31	0.85	1.01
5-10	3500	20.00	0.80	0.60	0.25	0.23	0.63	0.75
10-20	3370	18.00	0.65	0.55	0.23	0.20	0.56	0.68
20-35	3380	16.00	0.60	0.50	0.20	0.18	0.50	0.60
35-60	3390	14.00	0.55	0.45	0.18	0.16	0.44	0.52
60-100	3395	13.00	0.50	0.40	0.16	0.15	0.41	0.48

ตารางภาคผนวก 2 (ต่อ)

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ไลซีน (%)	เมทไธโอนีน + ซีสทีน (%)	ฟีนิลอะลานีน + ไธโรซีน (%)	ทรีโอนีน (%)	ทริปโตเฟน (%)	วาลีน (%)	ไกลซีน + เซอรีน (%)	กรดลิโนลีอิค (%)
1-5	1.28	0.76	1.18	0.76	0.20	0.85	0.00	0.10
5-10	0.95	0.56	0.88	0.56	0.15	0.63	0.00	0.10
10-20	0.79	0.51	0.79	0.51	0.13	0.56	0.00	0.10
20-35	0.70	0.55	0.70	0.45	0.12	0.50	0.00	0.10
35-60	0.61	0.40	0.61	0.38	0.11	0.44	0.00	0.10
60-100	0.57	0.30	0.57	0.37	0.10	0.41	0.00	0.10

ตารางภาคผนวก 3 ความต้องการโภชนะของโค ตามมาตรฐาน National Research Council (1989)

พันธุ์โค	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (กิโลกรัม)	โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (%)	พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม)	พลังงานเพื่อการเจริญเติบโต (กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม)	โปรตีนที่ย่อยได้ (%)	โปรตีน (%)	แคลเซียม (%)	ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (%)
พ่อโค	300	1.00	64.00	1400	780	6.30	10.20	0.31	0.26
พ่อโค	500	0.70	61.00	1320	700	5.10	8.80	0.18	0.18
พ่อโค	800	0.00	55.00	1170	0	4.80	8.50	0.18	0.18
โคสาวอุ้มท้อง	350	0.80	58.00	1240	600	5.10	8.80	0.21	0.21
โคนมเลี้ยงลูก	400	0.00	52.00	1090	0.00	5.40	9.20	0.28	0.28
แม่โคนมแห้ง	400	0.00	52.00	1090	0.00	2.80	5.90	0.18	0.18
โคเนื้อเพศผู้ตอน	150	1.10	86.00	2070	1370	11.10	15.60	0.76	0.54
โคเนื้อเพศผู้ตอน	350	1.30	83.60	1980	1310	6.90	10.80	0.32	0.28
โคเนื้อเพศเมีย	200	0.50	58.00	1240	600	5.80	9.60	0.23	0.22
โคเนื้อเพศเมีย	400	0.30	55.00	1170	500	4.80	8.50	0.18	0.18

ตารางภาคผนวก 4 ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์

วัตถุดิบอาหาร	พลังงาน (กิโลแคลลอรี่/ กิโลกรัม)	โปรตีน (%)	แคลเซียม (%)	ฟอสฟอรัส (%)	อาร์จีนีน (%)	ฮีททีดีน (%)	ไอโซลูซีน (%)	ลูซีน (%)	ไลซีน (%)
ปลายข้าว	3400	14.80	0.03	0.18	0.40	0.18	0.35	0.65	0.27
ข้าวโพด	3290	10.10	0.02	0.29	0.38	0.23	0.29	1.00	0.26
รำละเอียด	3510	14.00	0.06	1.38	0.98	0.33	0.56	1.02	0.61
น้ำมันถั่วเหลือง	7300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
กากถั่วเหลือง	2930	51.50	0.38	0.75	3.14	1.17	1.96	3.39	2.69
มันสำปะหลัง	3400	2.00	0.22	0.10	0.12	0.03	0.07	0.12	0.10
ถั่วเหลืองไขมันเต็ม	3250	37.00	0.26	0.60	2.80	1.00	2.00	2.80	2.10
ปลาป่น	3070	71.20	4.08	2.70	3.81	1.59	3.06	4.98	5.07
L - ไลซีน	3990	94.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.80
DL - เมทไธโอนีน	5020	58.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
หินฝุ่น	0	0.00	38.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ไดแคลเซี่ยมฟอตเฟต 18%	0	0.00	32.00	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางภาคผนวก 4 (ต่อ)

วัตถุดิบอาหาร	เมทไธโอนีน+ซีสทีน (%)	ฟีนิลอะลานีน+ไธโรซีน (%)	ทรีโอนีน (%)	ทริปโตเฟน (%)	วาลีน (%)	ไกลซีน+เซอรีน (%)	กรดลิโนลีอิค (%)
ปลายข้าว	0.30	0.50	0.28	0.09	0.50	0.50	0.39
ข้าวโพด	0.18	0.38	0.29	0.06	0.40	0.37	2.20
รำละเอียด	0.26	0.57	0.53	0.21	0.76	0.70	0.00
น้ำมันถั่วเหลือง	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
กากถั่วเหลือง	0.66	2.16	1.72	0.74	2.07	2.29	0.40
มันสำปะหลัง	0.07	0.12	0.07	0.02	0.09	0.08	0.00
ถั่วเหลืองไขมันเต็ม	1.15	3.00	1.41	0.50	1.80	2.00	8.00
ปลาป่น	1.95	2.75	2.82	0.78	3.46	3.68	0.20
L - ไลซีน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DL - เมทไธโอนีน	98.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
หินฝุ่น	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ไดแคลเซี่ยมฟอตเฟต 18%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางภาคผนวก 4 (ต่อ)

วัตถุดิบอาหาร	โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด(%)	พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม)	พลังงานเพื่อการเจริญเติบโต (กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม)	โปรตีนที่ย่อยได้ (%)	พลังงานที่ย่อยได้ (กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม)	ราคา
ปลายข้าว	66.00	1430	850	9.60	3500	7.00
ข้าวโพด	91.00	2280	1480	7.60	3530	5.00
รำละเอียด	77.20	2200	1520	12.02	3920	3.00
น้ำมันถั่วเหลือง	100.00	5840	5840	0.00	7300	11.00
กากถั่วเหลือง	81.00	1930	1290	43.80	3840	11.00
มันสำปะหลัง	0.00	0	0	0.00	3250	2.38
ถั่วเหลืองไขมันเต็ม	0.00	0	0	0.00	3540	11.80
ปลาป่น	79.00	1910	1270	49.17	3480	15.00
L - ไลซีน	0.00	0	0	0.00	4250	95.00
DL - เมทไธโอนีน	0.00	0	0	0.00	5280	98.00
หินฝุ่น	0.00	0	0	0.00	0	1.00
ไดแคลเซี่ยมฟอตเฟต 18%	0.00	0	0	0.00	0	11.00

ที่มา: กองอาหารสัตว์ (2550)

ภาคผนวก ข

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายพงศ์พิชาญ สุคนธนิตย์

วันเดือนปีเกิด 4 กันยายน 2524

ภูมิลำเนา จังหวัดนครปฐม

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2542 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม กรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2546 วท.บ. (สาขาอาหารสัตว์) มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ประวัติการฝึกงาน พ.ศ. 2545 นักศึกษาฝึกงาน โรงงานอาหารสัตว์ บริษัทสหฟาร์มจำกัด

ผลงานทางวิชาการ

พงศ์พิชาญ สุคนธนิตย์ และ นรินทร์ ทองวิทยา. 2549. ผลของการใช้น้ำมันที่ใช้แล้วในอาหารไก่กระทงต่อสมรรถภาพการผลิต. น 185 – 192. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 ระหว่างวันที่ 25 -26 พฤษภาคม 2549 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.** เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

พงศ์พิชาญ สุคนธนิตย์, นรินทร์ ทองวิทยา, วีรศักดิ์ ปรกติ และ ดำเกิง ชำนาญค้า. 2550. โปรแกรมคำนวณสูตรอาหารสัตว์. *ใน* **เสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 1 วันที่ 26 ตุลาคม 2550 ณ ห้อง 303 อาคาร 70 ปี แม่โจ้สร้างปัญญาเพื่อแผ่นดิน มหาวิทยาลัยแม่โจ้**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.