



บทที่ 5

วัตุดิบอาหารสัตว์ปีก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภากร ธาราฉาย

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี




มหาวิทยาลัยแม่โจ้


มหาวิทยาลัยชั้นนำทางการเกษตรในระดับนานาชาติ

การจำแนกวัตถุดิบอาหารสัตว์

- จำแนกได้ 2 ประเภท ได้แก่
 1. **อาหารหยาบ (Roughages)** หมายถึง วัตถุดิบอาหารสัตว์หรืออาหารผสมที่มีเยื่อใย (Crude fiber) ตั้งแต่ 18% ขึ้นไป เยื่อใยนี้สัตว์กระเพาะเดี่ยวย่อยได้ยาก เช่น หญ้า ฟางข้าว แกลบ พืชหมัก หญ้าหมัก ฯลฯ
 2. **อาหารข้น (Concentrates)** หมายถึง วัตถุดิบอาหารสัตว์หรืออาหารผสมที่มีเยื่อใยต่ำกว่า 18%

- อาหารชั้นสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มตามปริมาณโภชนะ ได้ดังนี้
 1. **อาหารให้พลังงาน อาหารฐาน หรืออาหารหลัก (Basal feed)** หมายถึง วัตถุดิบอาหารที่มีเยื่อใยไม่เกิน 18% และมีปริมาณโปรตีนรวม (Crude protein) ไม่เกิน 16% เช่น รำข้าว ข้าวโพด ปลายข้าว รำละเอียด ฯลฯ
 2. **อาหารเสริมโปรตีน (Protein supplement)** หมายถึง วัตถุดิบอาหารที่มีเยื่อใยไม่เกิน 18% และมีปริมาณโปรตีนรวมมากกว่า 16% มักใช้ผสมกับอาหารพลังงานเพื่อยกระดับโปรตีนให้สูงขึ้น แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่
 1. อาหารโปรตีนจากสัตว์ เช่น ปลาป่น เนื้อป่น ฯลฯ
 2. อาหารโปรตีนจากพืช เช่น กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง กากฝ้าย ฯลฯ
 3. อาหารที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non-protein nitrogen) นิยมใช้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น ยูเรีย เป็นต้น

- 
3. **อาหารเสริมแร่ธาตุ (Mineral supplement)** หมายถึง วัตถุประสงค์อาหารสัตว์ที่ให้สัตว์กินเพื่อเพิ่มแร่ธาตุให้กับสัตว์ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่
 1. อาหารเสริมแร่ธาตุหลัก หมายถึง แร่ธาตุที่สัตว์ต้องการในปริมาณสูง เช่น เกลือ กระจกปูน เปลือกหอยปูน หินปูน ฯลฯ
 2. อาหารเสริมแร่ธาตุปลีกย่อย หมายถึง แร่ธาตุที่สัตว์ต้องการในปริมาณน้อย เช่น Co, Mn, Se ฯลฯ
 4. **อาหารเสริมวิตามิน (Vitamin supplement)** หมายถึง วัตถุประสงค์ที่เสริมให้แก่สัตว์ เพื่อให้ได้รับวิตามินอย่างเพียงพอ แบ่งออกเป็น 2 พวก ได้แก่
 1. อาหารเสริมวิตามินจากธรรมชาติ เช่น ยีสต์ ผักสด หญ้าสด น้ำมันปลา
 2. วิตามินสังเคราะห์หรือสกัดจากวัตถุประสงค์ต่าง ๆ
 5. **อาหารเสริมอื่น** ซึ่งไม่ใช่อาหารสัตว์โดยตรง ไม่ให้โภชนะ เช่น ยาปฏิชีวนะ สารให้กลิ่น น้ำย่อยต่าง ๆ ฮอร์โมน ยาถ่ายพยาธิ ฯลฯ



อาหารชั้นแหล่งพลังงาน : จากคาร์โบไฮเดรต



มหาวิทยาลัยแม่โจ้
มหาวิทยาลัยชั้นนำทางการเกษตรในระดับนานาชาติ

ข้าวและผลิตภัณฑ์จากข้าว

(Rice and rice product)

- เมื่อนำข้าวเปลือกมาสีจะได้
 - ข้าวสาร 50%
 - ปลายข้าว 16%
 - รำละเอียด 9%
 - แกลบหรือเปลือกข้าว 25%
- สัมพันธ์ขึ้นกับชนิด/ประเภทโรงสีข้าว

ข้าวเปลือก (Paddy rice, rough rice)

- ข้าวเปลือกมีเยื่อใยสูง ก่อนนำมาใช้ต้องบดเสียก่อน ยกเว้น ในสัตว์ปีกสามารถให้ทั้งเมล็ดได้
- ข้าวเปลือกบด (Ground rough rice หรือ ground paddy rice) คือ ข้าวเปลือกทั้งเมล็ดนำมาบดโดยไม่ต้องกะเทาะเปลือกออกก่อน สามารถใช้เลี้ยงสัตว์ แทนการใช้ปลายข้าวและรำได้
- โปรตีน 8% ไขมัน 2.1% เยื่อใย 8.6% เถ้า 4.5% แป้งรวม 63.7% พลังงานใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 3,100 Kcal/kg (สารโรซ 2547)

รำหยาบ (Rough rice bran)

- รำหยาบประกอบด้วย แกลบ เปลือกชั้นในที่ติดกับเมล็ด (Bran) จมูกข้าว (Germ) ปลายข้าว (Shipped หรือ broken หรือ brewers rice) และอาจจะมีส่วนของเมล็ดข้าวติดมาบ้าง
- มีโปรตีนประมาณ 4-7% ไขมัน 2-5% และมีเยื่อใยประมาณ 25-39% มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 800-1,300 Kcal/kg (สารโซช 2547)
- รำข้าว เมื่อสีออกมาใหม่ ๆ จะมีความน่ากินสูงมาก แต่ถ้าเก็บไว้นาน ๆ จะมึ้กลิ้นหืน เนื่องจากมีไขมันสูง ส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว
- รำข้าวเจ้าจะหืนช้ากว่ารำข้าวเหนียว
- ไม่ควรเก็บรำสดไว้นานเกิน 1 สัปดาห์

รำละเอียด หรือรำอ่อน หรือรำข้าวขัด หรือ รำข้าวขาว (Rice polishing)

- บ้านเรา แบ่งรำละเอียดออกเป็น 2 แบบ ได้แก่
- **รำละเอียด (Rice polishing)** ได้จากการนำข้าวกล้องมากัดให้เป็นข้าวขาว รำละเอียดประกอบด้วยส่วนของเปลือกชั้นในที่ติดกับเมล็ด และส่วนของแกลบชั้นเล็ก ๆ นิยมนำมาใช้เลี้ยงสัตว์
- **รำข้าวขาว หรือรำข้าวขัด (Rice polishing, white)** ได้จากการขัดข้าวขาวให้ผิวหายขรุขระ เก็บไว้ได้นานกว่ารำละเอียด
- โปรตีน 12-13% พลังงานใช้ประโยชน์ได้ 2,980 Kcal ME_n/kg มีไขมันประมาณ 13-15% เป็นแหล่งของไรโอามีน ในอาเซียน (NRC, 1994; สารوخ, 2547)
- เป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นได้แก่ Linoleic acid ใช้ในอาหารไก่กระทงได้ไม่เกิน 20% ใช้ในอาหารไก่ไข่ และไก่พ่อ-แม่พันธุ์ได้ไม่เกิน 30% เนื่องจากมีเยื่อใยสูงและจะทำให้อาหารมีความฟ้ามมากเกินไป (สารوخ 2547)

รำโรงสีเล็ก หรือรำผสม (Rice mill feed)

- ได้จากโรงสีขนาดเล็ก หรือเรียกว่า รำป็นแก้ว
- เป็นรำที่มีรำละเอียด ปลายข้าวและแกลบปะปนกัน
- มีมากตามชนบท
- คุณภาพไม่แน่นอน
- พลังงานใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 1,500 Kcal/kg (สารโรซ 2547)

รำข้าวนึ่งก่อนสี (Parboiled rice bran, preboiled rice bran)

- ได้จากการสีข้าวเปลือกที่แช่น้ำร้อนไว้ประมาณ 40-60 นาที จนความชื้นประมาณ 30% จากนั้นนำไปนึ่ง แล้วตากหรืออบให้แห้ง
- รำที่ได้มีทั้งรำหยาบและรำละเอียด มีสีคล้ำ ถ้าแช่นานจะมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว
- เก็บได้นานกว่ารำละเอียดธรรมดา
- มีไขมันสูงเกิน 18% โรงงานสกัดน้ำมันรำต้องการรำชนิดนี้
- ข้าวที่สีแล้ว มักส่งขายต่างประเทศเพื่อทำเป็นอาหารเร่งด่วน เช่นเดียวกับบะหมี่และ/หรือโจ๊กสำเร็จรูป

รำสกัดน้ำมัน (Rice polishing bran, solvent extracted)

- เป็นรำละเอียดที่สกัดน้ำมันออกโดย Solvent
- รำละเอียด 1,000 กก. สกัดได้น้ำมัน 135 กก. ได้รำสกัด 787 กก. สูญเสีย 78 กก. (ความชื้น)
- มีเยื่อใยไม่เกิน 14% โปรตีนไม่ต่ำกว่า 14%
- ความน่ากินลดลง เพราะเป็นฝุ่น ฝืดคอ
- ถ้าทำให้แห้งไม่ถูกต้องจะทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง
- สามารถใช้แทนรำสดได้ แต่ต้องปรับระดับไลซีนให้เหมาะสม

ข้อควรระวังในการใช้รำสด

- รำสด หืนได้ง่าย เพราะมีไขมันอยู่สูง อย่าเก็บไว้นานเกิน 1 เดือน
- วิธีดูรำใหม่-เก่า
 - กลิ่น รำใหม่จะหอม รำเก่าจะมีกลิ่นหืน
 - รสชาติ รำใหม่จะออกหวานนิด ๆ รำที่หืนจะมีรสออกขม
 - รำใหม่จะมีความหยุ่นมากกว่า รำเก่าจะจับตัวเป็นก้อน
 - สี รำเก่าสีจะเข้มกว่ารำใหม่
- การเก็บรักษา
 - ใช้สารกันหืน หรือสารกันบูด
 - Benzoic acid ไม่เกิน 0.1% ของน้ำหนัก
 - BHA ไม่เกิน 0.02% ของไขมันที่มีอยู่
 - Ethoxyquin ไม่เกิน 0.015%

- การปลอมปนรำ
 1. ใช้รำเก่าปนรำใหม่
 2. ใช้รำสกัดน้ำมันมาปน
 3. ใช้รำหยาบหรือแกลบบดให้ละเอียดมาปน
 4. ใช้ซังข้าวโพดบดละเอียดปน
 5. ใช้หินฝุ่นปน
- การปลอมปน วิธี 1-3 ตรวจสอบโดยการชิม ดม ดูด้วยแว่นขยาย 10 เท่า
- การปลอมปนวิธี 4-5 ทดสอบโดยการให้ตกตะกอนในสารละลายคาร์บอนเตตราคลอไรด์ ถ้าเป็นหินฝุ่นจะตกตะกอนเร็วมาก ถ้าเป็นแกลบ หรือซังข้าวโพดจะแขวนลอยอยู่ด้านบน และค่อย ๆ ตกตะกอนช้า ๆ

ปลายข้าว (Broken rice หรือ Brewer's rice)

1. ปลายข้าว A_1 (A_1 Broken rice) เป็นเมล็ดข้าวที่แตกหักเนื่องจากการสีข้าว มักนำไปหมักทำเบียร์ จึงมีชื่อเรียกว่า Brewer's rice ใช้ทำอาหารคนได้ เช่น เส้นบะหมี่ ฯลฯ และใช้เป็นอาหารสัตว์
2. ปลายข้าว C_3 (C_3 Rice milling) เป็นพวกจมูกข้าวหรือคัพภะเป็นส่วนใหญ่ อาจมีรำข้าวปนมาด้วย มีโปรตีนสูงกว่า A_1
 - ปลายข้าวมีโภชนะย่อยได้สูงเท่ากับเมล็ดธัญพืชอื่น ๆ
 - ให้พลังงานมากกว่าข้าวโพดประมาณ 6%
 - โปรตีน 8.7% พลังงานใช้ประโยชน์ได้ 2,900 Kcal ME_n/kg (NRC, 1994)
 - สามารถใช้แทนข้าวโพดในอาหารสัตว์ปีกได้ 100 % (สาโรช, 2547)


- ไก่กระทงและไก่ไข่ ถ้าใช้ปลายข้าวมาก ทำให้ผิวหนังซีด ไข่แดงสีซีดลง เนื่องจากขาดสารสีพวกแซนโทฟิลล์ (Xanthophyll)
- ปลายข้าวหนึ่งไม่นิยมใช้เลี้ยงสัตว์ เพราะมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว
- ปลายข้าวเจ้าและปลายข้าวเหนียว ให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่ปลายข้าวเหนียวจะให้พลังงานสูงกว่าปลายข้าวเจ้าเล็กน้อย
- **ข้อควรระวัง**
 - เก็บในที่แห้ง ไม่ให้เกิดเชื้อรา
 - ปลายข้าวเหนียวใช้มากอาจทำให้อุจจาระติดกัน

ข้าวโพด (Corn หรือ maize)

- ชนิดของข้าวโพด

1. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หรือข้าวโพดไร่ (Field corn) มี 2 ชนิด
ตามลักษณะของเมล็ด

1. ข้าวโพดหัวบวม หรือหัวบุบ (Dent corn) เมื่อเมล็ดแห้งแล้วตรงส่วนหัวบนสุดจะมีรอยบุบลงไป ซึ่งเป็นส่วนของแป้งสีขาว (White starch) มักมีโปรตีนน้อยกว่าข้าวโพดหัวแข็ง มีตั้งแต่เมล็ดสีขาวไปจนถึงสีเหลือง
2. ข้าวโพดหัวแข็ง (Flint corn) ส่วนบนสุดของเมล็ดมักมีสีเหลืองและจะแข็งมากแห้ง มีสารคริปโตแซนทีน (Cryptoxanthin) สัตว์จะเปลี่ยนไปเป็นวิตามิน เอ ช่วยให้สีไข่แดงเข้ม ผิวหนัง ปาก เนื้อและแข็งมีสีเหลืองเข้มขึ้น เป็นที่นิยมของตลาด

- 
2. **ข้าวโพดหวาน (Sweet corn)** เป็นข้าวโพดที่คนรับประทานเมื่อแก่เต็มที่เมล็ดมักจะใสและเหนียว
 3. **ข้าวโพดคั่ว (Pop corn)** เป็นข้าวโพดที่คนรับประทาน มีสีและขนาดแตกต่างกัน ถ้าเมล็ดแหลมมักเรียกว่า ข้าวโพดข้าว (Rice corn) ถ้าเมล็ดกลมเรียก ข้าวโพดไข่มุก (Pearl corn)
 4. **ข้าวโพดแป้ง (Flour corn)** เมล็ดมีหลายสี ตั้งแต่สีขาวไปถึงสีน้ำเงิน
 5. **ข้าวโพดเทียน (Wax corn)** เป็นข้าวโพดที่คนรับประทาน แป้งมีลักษณะเฉพาะ คือ นุ่มเหนียว เพราะมีแป้ง Amylopectin ส่วนข้าวโพดอื่นจะมีแป้ง Amylose จึงทำให้แป้งค่อนข้างแข็ง

การใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1. เมล็ดข้าวโพดบด (Ground corn, cracked corn หรือ corn meal)
 1. ปกติหมายถึง ข้าวโพดที่สีออกจากฝักแล้วนำมาบดหรือทำให้แตก
 2. ไม่ควรบดให้ละเอียดเกินไป เพราะสัตว์จะไม่ชอบกิน
 3. ถ้าจะเก็บไว้นาน ต้องมีความชื้นไม่เกิน 12%

คุณค่าทางอาหารของข้าวโพด

- โปรตีนรวม 8.5% (NRC, 1994)
- แป้ง 65%
- เยื่อใยต่ำ
- พลังงาน (3,350 Kcal ME_n/kg) (NRC, 1994)
- ไขมัน 3-6% กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง
- ข้าวโพดมีโปรตีน 2 ชนิด
 - Zein (ซีน หรือ เซอิน) เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากขาด Lysine และ Tryptophan
 - Glutelin (กลูเทลิน) เป็นโปรตีนคุณภาพดีกว่า เพราะมี Lysine และ Tryptophan สูงกว่า

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

- มีการปรับปรุงพันธุ์ให้ข้าวโพดมี ไลซีนสูง คือ พันธุ์โอเพค-2 (Opaque-2) หรือ เรียกว่า ข้าวโพดไลซีนสูง (High lysine corn)
- พันธุ์ฟลาวรี-2 (Floury-2) มีโปรตีนสูงกว่า มีกรดอะมิโนหลายตัว สูงกว่าพันธุ์โอเพค-2

องค์ประกอบของกรดอะมิโนในข้าวโพดธรรมา Opaque-2 และ Flourey-2

Amino acid	% of protein		
	Normal	Opaque-2	Flourey-2
Protein	10.0	11.1	13.6
Lysine	1.3	3.7	3.4
Tryptophan	0.5	1.2	0.9
Cystine	1.2	1.8	3.4
Methionine	1.4	1.8	1.6

พันทิพา (2548) หน้า 207

ข้อจำกัดในการใช้ข้าวโพด

- ข้าวโพดมี Riboflavin, Niacin และ Choline ต่ำ
- มี Ca, Na และ Cl ต่ำ ในสูตรอาหารข้าวโพดหลัก ควรเติม หินปูนปน เปลือกหอยปน และเกลือลงไปด้วย
- ข้าวโพดประกอบด้วย Zein ทำให้ขาดกรดอะมิโนจำเป็น เช่น ไลซีน ทริปโตเฟน
- ข้าวโพดมี Carotene สูง ควรเสริมวิตามิน A ลงไปด้วย เพื่อป้องกันการสลายตัวของ Carotene
- ถ้าความชื้นสูงอาจพบเชื้อรา *Aspergillus flavus* สร้างสารพิษ Aflatoxin

ปัญหาของการใช้ข้าวโพด

- **ฤดูกาลและราคา**
 - นอกฤดูกาลผลิตและต้นฤดูกาลผลิต ราคาจะสูง แล้วค่อยลดลงเรื่อย ๆ ในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยว
 - ราคาข้าวโพดในประเทศ ขึ้นกับราคาตลาดโลกและการส่งออก
- **การควบคุมความชื้น** ปกติ จะปล่อยให้แก่แห้งในไร่ เมื่อหักฝักมาจะมีความชื้น 28-30% เมื่อตากแห้งทั้งฝักจะมีความชื้น 18-20% เมื่อสีเอาเมล็ดออกจากฝัก แล้วตากอีกที่จะมีความชื้น 15-16%
- **ข้อเสียของข้าวโพดขึ้น**
 - เกิดการหมักร้อน (Fermentation) ทำให้เชื้อรา *Aspergillus* spp. เจริญ
 - ความร้อนจากการหมักทำให้แมลงวางไข่ ฝักไข่แล้วทำลายเมล็ดข้าวโพด เช่น ดวงงวง ฯลฯ

ข้าวฟ่าง (Sorghum, Sorghum vulgare)

- ข้าวฟ่างที่นิยมปลูกในไทย มี 4 ชนิด ได้แก่
 - **Grain sorghum** ปลูกเพื่อเอาเมล็ด มีหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์ Milo เมล็ดสีแดง, พันธุ์ Hegari และลูกผสม Hegari เมล็ดสีขาวมีขนาดใหญ่กว่าพันธุ์ Milo และพันธุ์ Kaoliang
 - **Sweet sorghum** มีลำต้นหวาน นำมาหีบน้ำตาล หรือเป็นอาหารสัตว์
 - **Grass sorghum** หญ้าอาหารสัตว์ เช่น พันธุ์ Johnson
 - **Broom corn** ใช้ดอกทำไม้กวาด
- ลำต้นสามารถใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ได้ แต่จะมีสารพิษคือ Prussic acid หรือ เรียกอีกชื่อหนึ่งคือ Hydrocyanic acid ในลำต้นอยู่สูง

การใช้เมล็ดข้าวฟ่างเลี้ยงสัตว์

- เป็นแหล่งพลังงาน
- ราคาถูกกว่าข้าวโพด
- เป็นพืชทนแล้งได้ดี ต้องการปุ๋ยน้อย
- โปรตีน 8.8-11.0% พลังงาน 3,288 Kcal ME_n/kg (NRC, 1994)

ข้อแตกต่างระหว่างข้าวฟ่างกับข้าวโพด

- โปรตีน ข้าวฟ่างมีโปรตีน 11% ข้าวโพดมี 8-11% แต่โปรตีนคุณภาพต่ำกว่าเพราะขาด 1) ไลซีน 2) ทรีโอนีน 3) เมทไธโอนีน+ซีสทีน และ 4) ทริปโตเฟน
- ข้าวฟ่างมี Niacin สูงกว่าข้าวโพด
- ข้าวฟ่างมีไขมันน้อย ไม่มี Carotene เลย
- ความน่ากินต่ำกว่าข้าวโพด
- ข้าวฟ่างพันธุ์สีแดง มีรสขม (มีสาร Tannin สูง)
- ข้าวฟ่างมีสารพิษ คือ กรดไฮโดรไซยานิก (Hydrocyanic acid) เป็นอันตรายต่อสัตว์

ผลพลอยได้จากโรงงาน

- ต่างประเทศมีโรงงานทำแป้งจากข้าวฟ่าง มีผลพลอยได้ จัดเป็นแหล่งอาหารเสริมโปรตีน ได้แก่
 1. **Sorghum gluten feed** เป็นส่วนที่เหลือจากการสกัดเอาแป้ง Gluten และ Germ ออกแล้ว มีรสขมเล็กน้อย
 2. **Sorghum gluten meal** เป็นส่วนที่เหลือจากการสกัดเอาแป้งส่วน Germ และ Bran ออกไปแล้ว ไม่เหมาะที่จะใช้ในสัตว์ปีก
 3. **Grain sorghum germ cake** เป็นส่วนของ Germ ของเมล็ดข้าวฟ่างที่ถูกอัดเอาน้ำมันออกไปแล้ว

มันสำปะหลัง (Cassava, tapioca, manihot, manioc, manioca, yuca)

- นิยมใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์ในกลุ่มประชาคมยุโรปและอเมริกา
- ประเทศไทยไม่นิยม เนื่องจาก มีแหล่งวัตถุดิบอื่น
- มีโปรตีนต่ำ เยื่อใยสูง มีสารพิษ Hydrocyanic acid (HCN) สูง
- การจำแนกมันสำปะหลัง
 1. มันสำปะหลังชนิดหวาน มี HCN ต่ำ มักนำมาใช้เป็นอาหารคนและทำผลิตภัณฑ์ เช่น แป้งมัน
 2. มันสำปะหลังชนิดขม มี HCN สูงกว่า มักใช้เป็นอาหารสัตว์

รูปแบบการใช้มันสำปะหลัง

- **มันเส้น (Cassava ship)** คือ หัวมันที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 4-5 ซม. ตากแดด ปอกหรือไม่ปอกก็ได้ ประเทศไทยไม่นิยมปอกเปลือก
- **มันอัดเม็ด (Cassava pellet)** คือ มันเส้นที่ป่นแล้วนำมาอัดเม็ด เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ซม. ยาว 2 ซม. ข้อดีคือ ช่วยเพิ่มการย่อยได้ ช่วยทำลาย HCN ลดอาหารเป็นฝุ่น ยืดอายุการเก็บรักษาและประหยัดพื้นที่
- **มันป่น (Cassava meal)** เป็นหัวมันที่หั่นให้บางแล้วอบแห้ง จากนั้นนำไปบดให้ละเอียด (ยุโรปเรียกว่า Native form)
- **มันหัก (Cassava broken root)** เป็นเศษหัวมันจากการเก็บเกี่ยว ลักษณะคล้ายมันเส้น แต่มีขนาดใหญ่กว่า คุณค่าทางโภชนาการเหมือนมันเส้น

กฎเกณฑ์การใช้มันสำปะหลังเลี้ยงสัตว์

1. สูตรอาหารมันสำปะหลัง ต้องเสริมวิตามินและแร่ธาตุให้ครบ
2. สูตรมันสำปะหลังมักมีเยื่อใยและแร่ธาตุสูง จึงต้องค้ำนึ่งไม่ให้สูงเกินไป
3. อาหารโปรตีนเสริม ต้องมีคุณภาพดี และควรเสริมเมทไอนีนด้วย
4. ถ้าใช้มันสำปะหลังเกิน 30% ควรอัดเม็ด
5. อาหารสัตว์ปีกถ้าใช้มันสำปะหลังเกิน 30% ควรเสริมสารสีหรือไบฟิซสีเขียวด้วย
6. การใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานทดแทน ควรมีราคาต่ำกว่าข้าวโพด 60% ขึ้นไปจึงจะคุ้ม

หลักการคิดราคา

ข้าวโพด 1 กก. = มันสำปะหลัง 0.8 กก. + กากถั่วเหลือง 0.15 กก. + ไขมัน 0.05 กก.

ราคามันเทียบคุณค่าเท่าข้าวโพด

$$= (\text{ราคามัน 1 กก.} \times 0.8) + (\text{ราคากากถั่วเหลือง 1 กก.} \times 0.15) + (\text{ราคาไขมัน} \times 0.05)$$

กากน้ำตาลหรือ หางน้ำตาล (Molasses)

- กากน้ำตาล มี C H O มาก และมีธาตุ Ca P และมี K สูง มี Biotin, Choline, Niacin และ Pantothenic acid แต่มีโปรตีนต่ำ
- นิยมใช้ในอาหารสัตว์ปีกและสุกร เพื่อเป็นสารปรุงรสและเป็นสารเกาะติด (Binder) สำหรับการอัดเม็ด
- อาหารที่ผสมกากน้ำตาลจะมีอายุการเก็บสั้นลง ขึ้นราได้ง่าย
- สัตว์ปีกใช้ได้ถึง 25% ไม่ส่งผลต่อการให้ผลผลิต แต่มูลเหลว
 - ไก่เล็กใช้ไม่เกิน 1%
 - ไก่ใหญ่ใช้ไม่เกิน 5%

ข้าวสาลี (Wheat)

ผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลี

- **รำข้าวสาลี (Wheat bran)** เป็นส่วนเปลือกนอกผิวหยาบของเมล็ดข้าวสาลี ที่ได้จากการขัดสี
 - มีความฟ้าม พลังงานต่ำ เยื่อใยสูง (8-12%) มีคุณสมบัติเป็นยาระบาย ไม่นิยมใช้ในอาหารสุกรและสัตว์ปีก ใช้ได้ไม่ควรเกิน 10% เนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรตชื่อ Arabinoxylan ทำให้ท้องร่วง
 - โปรตีน 15.7% พลังงาน 1,300 Kcal ME_n/kg (NRC, 1994)
- **แป้งข้าวสาลี (Wheat flour)** ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่ อาจมีรำ จมูกและเศษตกค้างจากการสีบ้าง มีเยื่อใยไม่เกิน 1.5% มี Arabinoxylan ผสมอยู่ ทำให้มูลไก่และเหนียวติดกัน วัสดุรองพื้นเปียก

- **Wheat mill run** ประกอบด้วย รำข้าวสีลีหยาบ รำละเอียด Wheat short จมูกข้าวสาลี แป้งสาลี และส่วนตกค้างจากการสี ส่วนนี้ ได้จากกระบวนการสีปกติ จะต้องมีเยื่อใย ไม่เกิน 9.5%
- **Wheat middling** ประกอบด้วยรำละเอียด Wheat short จมูกข้าวสาลี แป้งขาวสาลีและส่วนตกค้างจากการสี ต้องมีเยื่อใยไม่เกิน 9.5% มี โปรตีนและพลังงานสูงกว่ารำข้าวสาลี
 - โปรตีน 15% พลังงาน 2,000 Kcal ME_n/kg (NRC, 1994)
- **Wheat short** ประกอบด้วยรำละเอียด จมูกข้าวสาลี แป้งและส่วนตกค้างจากการสี ส่วนนี้เป็นส่วนที่ได้จากการสีปกติ ต้องมีเยื่อใยไม่เกิน 7%
 - โปรตีน 16.5% พลังงาน 2,162 Kcal ME_n/kg (NRC, 1994)

- **Wheat red dog** ประกอบด้วยส่วนตกค้างจากการสีเป็นส่วนใหญ่ มีรำละเอียด จมูกข้าว แป้ง ปนมาบ้าง เป็นส่วนที่ได้จากกระบวนการสีปกติ มีเยื่อใยไม่เกิน 4%
 - โปรตีน 15.3% พลังงาน 2,568 Kcal ME_n/kg (NRC, 1994)
- **Defatted wheat germ mill หรือ Wheat germ oil หรือ กากจมูกข้าวสาลี** เป็นส่วนของจมูกข้าวสาลีที่แยกเอาน้ำมันออกแล้ว มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 30%
- **Ground wheat screening** หมายถึง เมล็ดข้าวสาลีที่บดผ่านตะแกรง มีขนาดเมล็ดสม่ำเสมอเท่ากับขนาดของตะแกรงที่บดผ่าน

การใช้ข้าวสาลีอบ (ทั้งเมล็ด) เลี้ยงไก่

ข้าวสาลี	ไก่เนื้อ		ไก่ไข่-ไก่พันธุ์	
	0-4 wk	4-8 wk	4-20 wk	ระยะไข่
Wheat bran, %	8	20	15	10
Wheat short, %	10	20	25	20
Wheat middling,%	15	20	25	20
Wheat screening (ข้าวสาลีอบทั้งเมล็ด), %	10	20	25	15

ที่มา : พันทิพา (2547)

สามารถใช้ข้าวสาลีอบในอาหารอัดเม็ดได้ไม่เกิน 10% เนื่องจาก อาหารอัดเม็ดจะแตกได้ง่าย



- Whole wheat

- Grain, Hard red winter โปรตีน 14% พลังงาน 2,900 Kcal
ME_n/kg (NRC, 1994)

- Grain, Soft white winter โปรตีน 11.5% พลังงาน 3,120 Kcal
ME_n/kg (NRC, 1994)

ข้าวโอต (Oat)

- ข้าวโอตนิยมใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ม้าและสุกร
- ไนโตรเจนใช้น้อย เนื่องจาก มีเยื่อใยสูงและพลังงานต่ำ
- เยื่อใย 23-35% (เฉลี่ย 27%)
- โปรตีน 7-15% คุณภาพต่ำ เนื่องจากขาด Methionine, Histidine และ Tryptophan
- ไนโตรเจน อาจให้กินแบบโรยบนพื้นคอก (Top dressing) ในอัตรา 0.5 กก./ไก่พันธุ์ระยะไก่อ่อน 100 ตัว ในช่วงบ่าย (กรณีจำกัดอาหาร)
- เมล็ดข้าวโอต มีโปรตีน 11.4% พลังงาน 2,550 Kcal ME_n/kg (NRC, 1994)

เมื่อสีข้าวโอต จะได้ส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- **Oat groats** คือ เมล็ดข้าวโอตที่เอาเปลือกออกแล้ว มีโปรตีน 16% เยื่อใย ไม่เกิน 2%
- **Oat dust** ประกอบด้วย Hair ที่อยู่ระหว่างผิวนอกและเนื้อใน และเปลือก
- **Meal seed** คือ ประกอบด้วย Husk และส่วนของ Endosperm ของเมล็ดที่มีขนาดเล็ก ถ้าเครื่องสีดี จะมีส่วนนี้น้อย คุณภาพจะผันแปรมาก เยื่อใย 14-28 โปรตีน 3-9%

- **Oat hulls** คือ ส่วนเปลือกชั้นนอกสุดที่ได้จากการสี จะมี Oat dust ปนมาบ้าง มีเยื่อใยไม่เกิน 27%
- **Feeding oat meal** ได้จากโรงงานที่บดข้าวโอตทั้งชนิดที่กะเทาะเปลือกแล้ว (Oat groats) และยังไม่ได้กะเทาะเปลือกออก ประกอบด้วย Oat grouts ที่หักหรือแตกเป็นเศษ หรือส่วนของแฉ่ง หรือส่วนเปลือก (Hull) ที่ละเอียดปะปนมาบ้าง แต่เยื่อใยต้องไม่เกิน 4%

- **Clipped oat by-product** ได้จากโรงงานที่ตัดส่วนปลายของเมล็ดที่ยื่นออกไป ประกอบด้วย Hair และ Hull อาจมีเมล็ดข้าวโอตที่ไม่แก่ติดมาด้วย แต่ไม่ควรมีส่วนเปลือก (Hull) ติดมามากเกินไป
- **Oat mill by-product** เป็นส่วนที่ได้จากการสีข้าวโอต ประกอบด้วย Oat hulls ส่วนของข้าวโอต มีเยื่อใยไม่เกิน 25%

การใช้ข้าวโอตในอาหารไก่

- อายุ 0-4 สัปดาห์ ไม่ควรเกิน 10%
- ไก่เนื้อ 4-8 สัปดาห์ ไม่เกิน 25%
- ไก่ไข่-ไก่พันธุ์ 4-20 สัปดาห์ ไม่เกิน 25%
- ระยะไข่ ไม่เกิน 20%
- ข้อจำกัด มี β -glucan ประกอบอยู่สูง

ข้าวบาร์เลย์ (Barley)

- ต่างประเทศนิยมใช้ มีเยื่อใยต่ำ 10-14% โปรตีน 6-14% มีไขมันต่ำ น้อยกว่า 2%
- ข้อเสีย มี β -glucan ประกอบอยู่สูง ทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง
- Barley grain โปรตีน 11.0% พลังงาน 2,640 Kcal ME_n/kg (NRC, 1994)
- Barley grain pacific coast โปรตีน 9.2% พลังงาน 2,620 Kcal ME_n/kg (NRC, 1994)



- การใช้

- กระทบระยะไถ่เล็ก 0-4 สัปดาห์ ไม่เกิน 10%
- ไถ่กระทบระยะไถ่รุ่น 8-8 สัปดาห์ ไม่เกิน 15%
- ไถ่ไขและไถ่พันธุ์ 4-20 สัปดาห์ ไม่เกิน 20%
- ไถ่โตเต็มที่ (ไขและพันธุ์) ไม่เกิน 15%

ข้าวไรย์ (Rye)

- เมล็ดข้าวไรย์ มีส่วนประกอบคล้ายเมล็ดข้าวสาลี แต่ไม่น่ากิน จึงไม่ค่อยนิยมนำมาเลี้ยงสัตว์ปีก
- Grain โปรตีน 12.1% พลังงาน 2,626 Kcal ME_n/kg (NRC, 1994)



อาหารชั้นแหล่งพลังงาน : จากไขมัน



มหาวิทยาลัยแม่โจ้
มหาวิทยาลัยชั้นนำทางการเกษตรในระดับนานาชาติ

- ไขมันให้พลังงานมากกว่าคาร์โบไฮเดรต 2.25 เท่า
- ช่วยเพิ่มความน่ากิน ลดการเป็นผุ่่น
- เพิ่มความหนาแน่นของอาหาร
- ลดพลังงานความร้อนที่สูญเสียจากการย่อยอาหาร

โปรตีน 1 กรัม ให้พลังงาน 4 Kcal/g

คาร์โบไฮเดรต 1 กรัม ให้พลังงาน 4 Kcal/g

ไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9 Kcal/g

การใช้แหล่งพลังงานจากไขมัน

- ค่าพลังงานของไขมันมีความแปรปรวนขึ้นกับ
 - ปริมาณของไขมันที่เติม
 - แหล่งของไขมันและชนิดของไขมัน
 - ชนิดของน้ำมันที่ติดไปกับวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละประเภท

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและประสิทธิภาพของ ไขมัน


1. การคงรูป (Stability)

- ไขมันที่นำมาใช้ไม่ควรมีการเปลี่ยนรูปอีกต่อไป
- การวัดค่าคงรูป นิยมใช้ Active Oxygen Method (O.A.M.) โดยวัดระยะเวลาที่เหนี่ยวนำให้ไขมันมีค่า Peroxide ระยะต่าง ๆ ไปจนการถูก Oxidized อย่างสมบูรณ์
 - ค่า O.A.M. ของไขมัน 20 ชั่วโมง เท่ากับสภาพธรรมชาติ 300 วัน
- การยืดเวลาการถูก Oxidized โดยใช้สารกันหืน (Antioxidant)
 - BHT (Butylate hydroxy tuluen)
 - BHA (Butylate hydroxy anisole)
 - Ethoxquin

2. ความบริสุทธิ์ (Purity)

- สารปนเปื้อนในไขมัน ได้แก่
 - ความชื้น (Moisture)
 - สารที่ไม่ละลาย (Insoluble)
 - สารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับด่าง (Unsaponification)
- **ความชื้นสูง** จะทำให้เสื่อมเร็ว โดยกระบวนการ Hydrolysis และประสิทธิภาพของสารกันหืนลดลง
- **PE (Polyethylene)** ที่ปนเปื้อนในน้ำมัน/ไขมัน เนื่องจากการใช้ภาชนะที่เป็นพลาสติก กรดไขมันสามารถละลาย Polyester ได้ ซึ่งจะกลายเป็นคราบแข็งเกาะติดกับอุปกรณ์ผสมอาหาร
 - ค่า PE ไม่ควรเกิน 30 มก./กก.

MIU
ไม่ควรเกิน 2%

- 
- สารปนเปื้อนที่ต้องไม่มี ได้แก่ ยาฆ่าแมลง
 - DDT, DDD, DDE ไม่เกิน 0.5 ppm
 - Dieldrin ไม่เกิน 0.3 ppm
 - PCB ไม่เกิน 2.0 ppm

3. กรดไขมันอิสระ (Free fatty acid, FFA)

- เป็นสารที่เกิดจากไขมัน (Neutral fat หรือ Triglyceride) ถูกไฮโดรไลซ์ ระหว่างการย่อย ได้กรดไขมัน ซึ่งร่างกายดูดซึมเอาไปใช้ประโยชน์ได้
- กรดไขมันไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์

4. องค์ประกอบของไขมัน (Fatty acid profile)

- เป็นการวัดส่วนประกอบของกรดไขมันในไลปิด
- กรดไขมันแต่ละชนิดมีส่วนประกอบทางเคมีและคุณลักษณะทางฟิสิกส์ต่างกัน
- ส่วนใหญ่จะมี C อะตอมเลขคู่
- Chain ยาวขึ้นจะทำให้อุณหภูมิจุดหลอมเหลวสูงขึ้น
- ตำแหน่งและจำนวนแขนพันธะคู่มีผลต่ออุณหภูมิจุดหลอมเหลว

กรดไขมันในอาหารสัตว์ส่วนใหญ่จะเป็น

กรดไขมันอิ่มตัว	กรดไขมันไม่อิ่มตัว
C12 (Lauric acid)	C18:1 (Oleic acid)
C14 (Myristic acid)	C18:2 (Linoleic acid)
C15 (Palmitic acid)	C18:3 (Linolenic acid)
C18 (Stearic acid)	
C20 (Arachidic acid)	

ที่มา : พันทิพา (2548) หน้า 242

ไขมันที่เป็นอาหารสัตว์ (Fat and oil feed grade)

1. ไขมันที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรด (Acidulated soapstock หรือ Acid oil)

- เป็นไขมันที่ได้จากพื้นและสัตว์ เป็นส่วนที่เหลือจากการทำสบู่หรือผลิตภัณฑ์ข้างเคียง
- มีการชะล้าง Free mineral acid ออกจนหมด
- คุณสมบัติ ต้องประกอบด้วย
 - ไขมัน ไม่น้อยกว่า 95%
 - ความชื้น ไม่เกิน 5%
 - สารที่ไม่ละลาย ไม่เกิน 5%
 - สารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับต่าง ไม่เกิน 5%
 - ค่า pH = 4 ขึ้นไป
 - หากเติมสารกันหืนต้องระบุไว้ด้วย

2. ไช้สัตว์ (Tallow)

- จะต้องสะอาด ไม่มีโรคติดต่อ
- คุณสมบัติ
 - ไขมันไม่น้อยกว่า 98%
 - ความชื้น ไม่เกิน 2%
 - สารที่ไม่ละลายไม่เกิน 2%
 - สารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับต่าง ไม่เกิน 2%
 - กรดไขมันอิสระ ไม่เกิน 12.5%
 - ค่า PE ไม่ควรเกิน 30 มก./กก.
 - หากเติมสารกันหืนต้องระบุไว้ด้วย

3. น้ำมันชนิดข้นหรือไขชั้น (Greases)

- มีทั้งสีขาวและสีเหลือง
- ผ่านการทำความสะอาด ปราศจากโรค
- เป็นไขมันที่ได้จากเศษอาหารในภัตตาคาร
- คุณสมบัติ
 - ไขมันไม่น้อยกว่า 98%
 - ความชื้น ไม่เกิน 2%
 - สารที่ไม่ละลายไม่เกิน 2%
 - สารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับต่าง ไม่เกิน 2%
 - กรดไขมันอิสระไม่เกิน 15%
 - หากเติมสารกันหืนให้ระบุไว้ด้วย

4. ไขมันปนสำหรับผสมอาหารสัตว์ (Blended feeding fat)

- เป็นไขมันที่แยกจากเศษเนื้อสัตว์ ไขมันสัตว์ชนิดชั้น (Animal grease) ไขมันสัตว์จากเศษอาหารในภัตตาคาร น้ำมันพืชหรือไขสบู่ (Acidulated soapstock) ปะปนกันอยู่โดยไม่สามารถระบุแหล่งที่มาได้
- คุณสมบัติ
 - ต้องไม่มีไขมันชนิดสีน้ำตาลปะปน
 - มีไขมัน ไม่น้อยกว่า 95%
 - ความชื้นไม่เกิน 5%
 - สารที่ไม่ละลาย ไม่เกิน 5%
 - สารที่ไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยากับต่าง ไม่เกิน 5%
 - pH ไม่ต่ำกว่า 4
 - หากเติมสารกันหืนต้องระบุไว้ด้วย

5. ไขมัน หรือ น้ำมันพืช (Vegetable fat or oil)

- สกัดจากเมล็ดพืชน้ำมัน เรียกชื่อตามแหล่งที่มา : น้ำมันถั่วเหลือง ฯลฯ
- ไขมันส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ Glyceride
- คุณสมบัติ
 - ไม่มีกรดไขมันอิสระ หรือสารอื่นปนมากนัก
 - มีไขมัน ไม่ต่ำกว่า 97%
 - ความชื้น ไม่เกิน 3%
 - สารที่ไม่ละลาย ไม่เกิน 3%
 - สารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับด่าง ไม่เกิน 3%
 - สารปนเปื้อนที่ไม่ละลาย ไม่เกิน 1%
 - pH ไม่ต่ำกว่า 4

6. ไขมันหรือน้ำมันที่ผ่านกระบวนการใช้เป็นอาหาร (Hydrolyzed fat or oil, feed grade)

- ได้จากกระบวนการผลิตไขมันเพื่อเป็นอาหารหรือทำสบู่
- แห่ลงจาก พืช สัตว์ หรือผสมพืช-สัตว์
- คุณสมบัติ
 - ไขมัน ไม่น้อยกว่า 95%
 - กรดไขมัน ไม่น้อยกว่า 85%
 - ความชื้น ไม่เกิน 5%
 - สารที่ไม่ละลาย ไม่เกิน 5%
 - สารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับต่าง ไม่เกิน 5%
 - pH ไม่ต่ำกว่า 4


7. เอสเทอร์ (Ester, feed grade)

- ประกอบด้วย Methyl ethyl หรือ Ester ที่มีใช้กลีเซอรไรด์ของกรดไขมันที่ได้จากพืชหรือสัตว์
- คุณสมบัติ
 - ส่วนใหญ่ ประกอบด้วยเอสเทอร์และกรดไขมัน ไม่น้อยกว่า 85%
 - กรดไขมันอิสระ ไม่เกิน 10%
 - สารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับต่าง ไม่เกิน 6% (เป็น Methyl ester 2%)
 - สารที่ไม่ละลาย ไม่เกิน 1%

8. ผลิตภัณฑ์ไขมัน (Fat product, feed grade)

- เป็นผลิตภัณฑ์ไขมัน ที่ไม่อยู่ใน 7 ข้อข้างต้น
- มักมีกรดไขมันต่ำ และสารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับด่างและสารที่ไม่ละลายอยู่สูง
- ผู้ผลิตต้องระบุชั้นคุณภาพไว้ด้วย

- **น้ำมันข้าวโพด (Corn endosperm oil)**
 - น้ำมันสกัดจาก โปรตีนกลูเท็นของข้าวโพด (Corn gluten)
 - ประกอบด้วย กรดไขมันอิสระและกลีเซอไรด์ เป็นส่วนใหญ่
 - มีกรดไขมัน ไม่น้อยกว่า 85%
 - สารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับต่าง ไม่เกิน 14%
 - สารที่ไม่ละลาย ไม่เกิน 1%
 - หากเติมสารกันหืนให้ระบุไว้ด้วย
 - ชื่อทางการค้า เช่น Maize endosperm oil

- 
- น้ำมันพืชที่ผ่านการฟอกหรือทำให้บริสุทธิ์แล้ว (Vegetable oil refinery lipid, feed grade)
 - เป็นน้ำมันพืชที่ผ่านการฟอก หรือทำให้บริสุทธิ์แล้ว ชนิดใช้เลี้ยงสัตว์
 - ได้จากการนำเอาน้ำมันพืชมาเติมต่างเพื่อให้ได้น้ำมันที่กินได้
 - ก่อนผสมอาหารสัตว์ต้องทำให้เป็นกลางด้วยกรดเสียก่อน

- Corn syrup refinery insoluble, feed grade
- เป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียงของการทำน้ำหวานข้าวโพด (Corn syrup)
- ประกอบด้วยไขมันของแป้งข้าวโพดเป็นส่วนใหญ่
- อาจมี โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ปะปนมาบ้าง
- คุณสมบัติ
 - ไขมัน ไม่ต่ำกว่า 50%
 - เถ้าไม่เกิน 7%

อาหารไขมันจากสัตว์ (Feed grade animal fat)

1. ไขมันสัตว์ (Animal fat, feed grade)

- ได้จากการสกัดจากเนื้อเยื่อของสัตว์
- ประกอบด้วย
 - Glyceride ester ของกรดไขมัน
 - ไม่มีกรดไขมันอิสระหรือสารอื่นที่ติดมากับไขมัน
 - มีไขมัน ไม่น้อยกว่า 90%
 - สิ่งปลอมปนและสารที่ทำปฏิกิริยากับต่าง ไม่เกิน 2.5%
 - สารปนเปื้อนที่ไม่ละลาย ไม่เกิน 1%
 - ถ้ามีสารการห็นให้ระบุไว้ด้วย
- การระบุชื่อ ตามแหล่งที่มาว่า Animal fat (Poultry Beef Pork fat) หรือ ไขมันสัตว์ (สัตว์ปีก วัว สุกร)

2. ไขวัว (Beef fat, feed grade)

- สกัดจากเนื้อเยื่อของวัว มีเฉพาะไขมันจากธรรมชาติ ไม่มีกรดไขมันอิสระ หรือสารอื่นที่ได้จากไขมัน
 - มีกรดไขมันทั้งหมดไม่น้อยกว่า 90%
 - สารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับด่างและสิ่งสกปรก ไม่เกิน 1.5%
 - เริมแข็งตัว (Titre) ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 40 °ซ

3. ไชสุกร (Pork fat, feed grade)

- ได้จากการสกัดเนื้อเยื่อสุกร ประกอบด้วยไขมันธรรมชาติ ไม่มีกรดไขมันอิสระหรือสารอื่นที่ติดอยู่กับไขมัน
 - มีกรดไขมันทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 90%
 - สิ่งปลอมปนและสารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับต่าง ไม่เกิน 1.5%
 - ถ้ามีสารกันหืนต้องระบุไว้ด้วย

4. ไช้สัตว์ปีก (Poultry fat, feed grade)

- เป็นไขมันสกัดจากสัตว์ปีก เป็นไขมันตามสภาพธรรมชาติ ไม่มีกรดไขมันหรือสารอื่นที่ปนมากับไขมัน
 - มีกรดไขมันรวมไม่น้อยกว่า 90%
 - สิ่งปลอมปนและสารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับต่างไม่เกิน 3%
 - เริ่มแข็งตัวที่อุณหภูมิ 33 °ซ

5. ไช้สัตว์ (Tallow)

- เป็นไขมันในเนื้อเยื่อสัตว์ถูกสกัดออกมาโดยกระบวนการแยก (Rendering) ซึ่งมี 2 หลักการ ได้แก่
 - การแยกแบบเปียก (Wet rendering)
 - การแยกแบบแห้ง (Dry rendering)

การแยกแบบเปียก

- เป็นวิธีเก่า (ไม่ค่อยนิยมในปัจจุบัน)
- เอาเนื้อเยื่อใส่หม้อความดัน พ่นไอน้ำเข้าไป อุณหภูมิ 230-250 °ซ
- เวลา 3-6 ชั่วโมง จนเนื้อสัตว์จะถูกแยกออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่
 - บนสุดเป็นไขมัน แยกออกโดยการเทออกมา
 - ชั้นกลางเป็นน้ำ
 - ชั้นล่างสุดเป็นโปรตีน

การแยกแบบแห้ง

- เนื้อเยื่อสัตว์ถูกทำให้ร้อนภายในถัง 2 ชั้น
- เนื้อเยื่อที่นำมาแยก ได้แก่ เศษเนื้อจากโรงงานเนื้อกระป๋อง ซึ่งมีไขมันใต้ผิวหนัง ไขมันที่ติดตามอวัยวะต่าง ๆ จากเครื่องในสัตว์ จากกระดูก ไขมันที่แทรกตามกล้ามเนื้อ และไขมันจากซากสัตว์ที่ตาย
- ไขมันที่แยกได้ จะนำไปทำ สบู่อาบน้ำ น้ำมันหล่อลื่น อาหารสัตว์ เซลโลเฟน (Cellophane) ยา เครื่องสำอาง หมึกพิมพ์ ฯลฯ
- ไขมันสัตว์ที่ได้ จะถูกจำแนกออกเป็น 15 เกรด

อาหารไขมันในสัตว์ปีก

- ฤดูร้อน อากาศร้อนทำให้สัตว์กินอาหารน้อยลง ส่งผลให้การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตลดลง
- เนื่องจาก...
 - ต้องการผลิตความร้อนในร่างกายน้อยลง เพื่อป้องกันให้ไม่อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้น
 - ถ้าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเท่ากับหรือมากกว่าอุณหภูมิร่างกายสัตว์ กระบวนการเมตาบอลิซึมจะเป็นเพียงเพื่อการดำรงชีพเท่านั้น
 - ความร้อนจากกระบวนการเมตาบอลิซึมจะถูกขับออก โดยการ หอบ เส้นเลือดขยายตัว ฯลฯ
 - สัตว์จะไม่กินอาหารเพื่อลดกระบวนการเมตาบอลิซึมจากอาหาร (การย่อย)

- ในทางปฏิบัติ
 - ใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงาน เนื่องจาก มีค่า Heat increment ต่ำ แต่ให้พลังงานสูงกว่า โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต
- ปริมาณพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของไขมันในอาหาร ขึ้นกับ
 - ปริมาณของกรดไขมันในอาหาร
 - ปริมาณกรดไขมันอิสระ
 - ปริมาณไขมันในอาหาร
 - อายุของสัตว์

ผลกระทบจาก Extra caloric effect หรือ Synergism

- หมายถึง พลังงานที่เพิ่มขึ้นมานอกเหนือจากพลังงานในไขมันที่เติมลงไป เนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น
 - การเสริมซึ่งกันและกันในด้านพลังงาน (Associative effect) ระหว่างกรดไขมันและไลโปดส์ในอาหาร หรือ
 - ไขมันที่เสริมลงไปจะกำหนดให้ไปดึงไขมันที่สะสมออกมาใช้ หรือ
 - การสร้างไขมันขึ้นในระบบทางเดินอาหารโดยจะลินทรีย์ เช่น กรดไขมันที่ระเหยได้ ฯลฯ
 - ไขมันในอาหารจะช่วยให้การใช้ประโยชน์ของโภชนาอย่างอื่นดีขึ้น เช่น โภชนะที่ละลายในไขมัน ฯลฯ

การเติมไขมันในอาหาร

- การเติมไขมันสามารถช่วยลด Heat stress ได้
- ไขมันมีค่าการย่อยได้สูง คือ 90% ขึ้นไป มีค่า ME ประมาณ 95% ของค่า DE
- ช่วยลดความร้อนที่เกิดจากการย่อยได้ลง
- ให้พลังงานมากกว่า คาร์โบไฮเดรตและโปรตีน 2.25 เท่า

ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหาร ไขมันสำหรับสัตว์ปีก

ชนิดไขมัน	พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Kcal/kg)
ไขมันวัว	6,020-7,690
น้ำมันหมู	7,337
น้ำมันไก่	8,625-8,916
น้ำมันปลา	6,800-8,540
น้ำมันข้าวโพด	9,639-10,811
น้ำมันคาโนล่า	9,210
น้ำมันถั่วเหลือง	8,021-8,650
น้ำมันทานตะวัน	9,659
น้ำมันปาล์ม	5,800-7,710
น้ำมันมะพร้าว	8,812

ที่มา : NRC (1994)

การใช้สารกันหืนในอาหารสัตว์ (Antioxidants)

ระดับสูงสุดของสารกันหืนที่ใช้ในอาหารสัตว์						
ชนิด	ไทย	UAS	เยอรมัน	แคนาดา	EU	ญี่ปุ่น
ชนิดสังเคราะห์						
BHA	0.05%	0.02% ของไขมันในอาหาร	0.15%	เหมือน USA	ขึ้นกับแต่ละประเทศ	อนุญาต
BHT	0.05%	0.02% ของไขมันในอาหาร	0.15%	เหมือน USA	ขึ้นกับแต่ละประเทศ	อนุญาต
EQ	0.015%	0.015%	0.15%	เหมือน USA	ขึ้นกับแต่ละประเทศ	อนุญาต
Propyl gallate	0.01%	0.02% ของไขมันในอาหาร	0.01%	เหมือน USA	ขึ้นกับแต่ละประเทศ	อนุญาต
BTHA	-	0.02%	-	-	-	-


ที่มา : พันทิพา (2548) หน้า 271-272

ต่อ...

ระดับสูงสุดของสารกันหืนที่ใช้ในอาหารสัตว์

ชนิด	ไทย	UAS	เยอรมัน	แคนาดา	EU	ญี่ปุ่น
BTHA	-	0.02%	-	-	-	-
ชนิดที่มีในธรรมชาติ						
Ascorbic acid (Vit. C และ ส่วนประกอบ)	ตามปริมาณที่ เหมาะสม	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด	อนุญาต
Tocopherol (Vit. E และ ส่วนประกอบ)	ตามปริมาณที่ เหมาะสม	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด	ขึ้นกับแต่ละ ประเทศ	อนุญาต
Rasin guaiac	ตามปริมาณที่ เหมาะสม	0.01% ของ ไขมันในอาหาร	-	เหมือน USA	-	-

ที่มา : พันทิพา (2548) หน้า 271-272



อาหารชั้นแหล่งโปรตีน : จากพืชและสัตว์



มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยชั้นนำทางการเกษตรในระดับนานาชาติ

แหล่งโปรตีน

- มี 4 แหล่ง ได้แก่
 1. โปรตีนจากสัตว์ (Animal protein source)
 2. โปรตีนจากพืช (Plant protein source)
 3. กรดอะมิโนสังเคราะห์ (Synthetic amino acids) ไม่มีปัญหาการใช้
 4. Non-protein nitrogen (NPN) เฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้องเท่านั้น



แหล่งโปรตีนจากสัตว์ (Animal protein source)



มหาวิทยาลัยแม่โจ้
มหาวิทยาลัยชั้นนำทางการเกษตรในระดับนานาชาติ

ปลาป่น (Fish meal)

- ปลาป่น (Fish meal)
 - ทำสุกโดยการใช้อุณหภูมิร้อนหรือลมร้อนพ่นผ่านตัวปลา ทำให้สุกแล้วบีบเอาน้ำออก
 - โปรตีน $\approx 65\%$ มีไลซีน เมทไธโอนีนและทริปโตเฟนสูง
 - แร่ธาตุ $\approx 21\%$, Ca $\approx 8\%$, P $\approx 3.5\%$
 - เป็นแหล่งของ Vit. B = B12, Riboflavin, Choline
 - สารช่วยเจริญเติบโต (Animal protein factor)

การแบ่งคุณภาพของปลาป่นในไทย

- ปลาป่นเค็ม

- นำปลาตัวเล็ก ๆ ดิบ มาใส่เกลือตากแห้งแล้วป่น มีโปรตีน 40-43% มีเกลือ 8-15% เป็นปลาป่นคุณภาพต่ำเนื่องจากเกิดการหืนในเนื้อปลา ทำให้มีกลิ่นเหม็นหืน ราคาถูก ชาวประมงทำเอง

- ปลาป่นกร่อย


- คล้ายปลาป่นเค็ม แต่จะนำเอาปลาแช่น้ำทะเลหรือน้ำเกลือ แล้วตากแห้ง มีโปรตีน 45-48% เกลือ 3-4% ใช้ปลาขนาดใหญ่กว่าชนิดแรก เล็กน้อย แต่ยังมีการหืนของไขมัน ตรวจสอบความแตกต่างโดยการชิม

- ปลาปนจืด

- ใช้ปลาตัวใหญ่กว่า ต้มให้สุกแล้วนำมาตากแห้ง โปรตีน 50-55% ไม่มีเกลือผสมอยู่ เกิดการหืนได้เพราะยังมีไขมันสูงอยู่ แต่เกิดช้ากว่า 2 ชนิดแรก

- ปลาปนจืดอัดน้ำมัน

- นำปลาตัวใหญ่มาต้มหรือนึ่งด้วยความดันไอน้ำ แล้วอัดเอาของเหลวซึ่งมีไขมันปนอยู่ออกมา จะได้ปลาปนและของเหลว
- เนื้อปลาปนที่ได้มีโปรตีน 56-60%
- ของเหลวเรียกว่า น้ำคาวปลา (Fish soluble) มีโปรตีน 30% DM
- ส่วนน้ำคาวปลาถ้านำไปเคี่ยวจะได้ปลาข้น (Condensed fish soluble) มีโปรตีน 70-80%

- 
- ปลาปนที่ดีจะต้องใช้ความร้อนไม่เกิน 60°C (ต้องไม่มีกลิ่นไหม้)
 - ถ้าอบที่อุณหภูมิ 100°C จะทำให้การย่อยได้ของไลซีน ลดลง

โภชนะในปลาป่น

- Fish ที่ีมา : NRC (1994)
- Soluble, condensed = โปรตีน 31.5% พลังงาน 1,640 Kcal ME_n/kg
- Soluble, dehydrated = โปรตีน 53.6% พลังงาน 2,830 Kcal ME_n/kg
- Anchovy, mechanical extracted = โปรตีน 64.2% พลังงาน 2,580 Kcal ME_n/kg
- Herring, mechanical extracted = โปรตีน 72.3% พลังงาน 3,190 Kcal ME_n/kg
- Menhaden, mechanical extracted = โปรตีน 60% พลังงาน 2,820 Kcal ME_n/kg
- White Cadidae, Lophillidae, Rajidae mechanical extracted = โปรตีน 62.6% พลังงาน 2,593 Kcal ME_n/kg

ปัญหาการใช้ปลาป่น

1. เนื้อปลาดิบ จะมีสาร Anti enzyme ชื่อ Anti-thiamine ทำให้ Vit.B₁ ที่มีอยู่ทำงานไม่ได้ ทำให้สัตว์แสดงอาการคล้ายขาด Vit.B₁ เป็นโรคเหน็บชาได้
2. ถ้าใช้ในปริมาณสูง สัตว์จะขาด Folic acid
3. มีเชื้อ **Salmonella** และจุลินทรีย์อื่น ๆ ในปลาป่นที่ทำจากปลาเน่า หรือปลาชั้นที่หมัก-เน่า
4. ปลาป่นที่มีกลิ่นเน่าจะมีสาร Biogenic amine โดยเฉพาะ **Histamine** ทั้งในปลาป่นและทางเดินอาหารสัตว์ ทำให้ท้องร่วงและการเจริญเติบโตชะงัก

ความผันแปรของกรดอะมิโนในปลาป่น ขึ้นกับ...

1. ชนิดของปลาและแหล่งจับปลา ปลาน้ำลึกจะมีโปรตีนและกรดอะมิโนมากกว่าปลาน้ำตื้น
2. กระบวนการผลิต
 1. ถ้าเก็บปลาไว้นาน หากเกิดการเน่าจะทำให้ ไลซีน ถูกทำลายไปมาก
 2. วิธีการผลิต การใช้ความร้อนสูง กรดอะมิโนถูกทำลาย (ไลซีน-คาร์โบไฮเดรต) แต่ถ้า เอน้ำคาวปลาออกได้ไม่มาก ปลาจะเก็บได้ไม่นานจะเกิดการหมักเน่า
3. ปริมาณเถ้า ถ้าเถ้าสูงจะทำให้โปรตีนต่ำ (กรดอะมิโนต่ำ) เนื่องจากมีทราย เปลือกหอย เปลือกกุ้ง ปู ติดมามาก หรือเป็นปลาตัวเล็ก ซึ่งเนื้อน้อยกว่าปลาตัวใหญ่
4. การปลอมปน มักใช้ทรายละเอียด เปลือกหอย หินฝุ่น หรือขนไก่ปน
5. อายุการเก็บ พวกอัดน้ำมันเก็บได้ 3-4 เดือน ถ้าไม่อัดน้ำมันจะเก็บได้ไม่นาน ถ้าหีนจะมีรสนและกลิ่นเหม็นหืน

การใช้ปลาปน

1. ควรใช้ปลาปนชนิดอัดน้ำมัน มีคุณภาพดี แต่ราคาสูง
2. สัตว์ปีกเล็ก 8% : สัตว์ปีกโตเต็มที่ 5%
3. ถ้าใช้ชนิดอัดน้ำมันไม่ได้ ให้ใช้ปลาปนกร่อยมาผสม แต่ต้องระวังเปอร์เซ็นต์เกลือ
 1. สัตว์อายุน้อย ใช้ปลาปนกร่อยไม่เกินครึ่งผสมกับปลาปนอัดน้ำมัน ใช้ในสัตว์ขุน-รุ่น แต่ห้ามใช้ในพ่อแม่พันธุ์ หรือ สัตว์เล็ก

เนื้อป่น (Meat meal, meat scrap); เนื้อและกระดูกป่น (Meat and bone meal)

- เนื้อป่น มีโปรตีน 60-70% ไขมัน 3-13%
- เนื้อและกระดูกป่น มีโปรตีน 45-55% ไขมัน 3-13% มีเถ้ามากกว่าเนื้อป่น เป็นแหล่งของ Ca, P และ Mn
- Meat meal โปรตีน 54.4% พลังงาน 2,195 Kcal ME_n/kg, Ca 8.27%, P 4.1% ที่มา : NRC (1994)
- Meat with bone meal โปรตีน 50.4% พลังงาน 2,150 Kcal ME_n/kg, Ca 10.3%, P 5.1% ที่มา : NRC (1994)
- เป็นแหล่งของ B complex เช่น Riboflavin, Choline, Nicotinamide และ B₁₂
- โปรตีนคุณภาพสูง ใช้เป็นแหล่งเสริม Lysine มี Animal protein factor (APF)
- ข้อยเสีย คือ มี Methionine และ Tryptophan ต่ำ

การทำเนื้อปน มี 2 วิธี

1. Dry rendering process

- ฟั่นไอน้ำร้อนไปยังเนื้อ จนน้ำในเนื้อระเหย
- วิธีนี้จะช่วยชะเอาไขมันออกไปด้วย เนื้อปนที่ได้มีน้ำหนักเบา มีกลิ่นเหม็นน้อยกว่า และเก็บไว้ได้นานกว่า

2. Wet rendering process

- อบซากสัตว์ด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน ส่วนที่เป็นน้ำและไขมันจะถูกขจัดออกไปจากซาก
- นำไปเคี้ยวจนตกผลึกในถัง นำไปอบแล้วบด

ความผันแปรของคุณภาพเนื้อป่นและเนื้อและกระดูกป่น

- ขึ้นกับปริมาณเนื้อ และกระดูก ถ้าเนื้อมาก จะมีโปรตีนสูง ถ้ากระดูกมากจะมีโปรตีนต่ำแต่ Ca, P จะสูง ถ้ามีเครื่องในมาก โปรตีนจะอยู่ระดับกลาง ๆ
- ถ้ามีกระดูกมาก ถ้าจะสูง แต่โปรตีนต่ำ ถ้าหากโปรตีนสูงและถ้าสูง ในตรวจสอบการปลอมปน
- การใช้เนื้อและกระดูกป่นในอาหาร จะต้องเสริม Methionine
 - ไก่เล็กใช้ไม่เกิน 8%
 - ไก่รุ่น-โตเต็มที ไม่เกิน 12%

เลือดป่น (Blood meal)

- เลือดป่น (Blood meal)
 - เลือดป่นส่วนใหญ่อำนาจนำเข้า เนื่องจากคนไทยยังนิยมบริโภคเลือด
 - การทำเลือดป่น หรือเลือดแห้ง มี 4 วิธี
 1. Drum drying
 2. Spray drying
 3. Ring drying
 4. Flash-dried
- Blood meal, Vat dried = โปรตีน 81.1% พลังงาน 2,830 Kcal ME_n/kg (NRC, 1994)
- Blood meal, Spray dried or ringed dried โปรตีน 88.9% พลังงาน 3,420 Kcal ME_n/kg (NRC, 1994)

1. Drum drying

- นำเลือดใส่ใน Steam jacketed cooker จนกระทั่งเหลือความชื้น 6-10% จากนั้น นำไปบดด้วยเครื่องบด Hammer mill เลือดปนที่ได้จะมีสีคล้ำ ละลายน้ำค่อนข้างยาก

2. Spray drying

- นำเลือดไประเหยน้ำออกโดยใช้อุณหภูมิต่ำ ภายใต้สุญญากาศ จนเลือดข้น
- จากนั้นนำไปตีให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenized)
- พ่นเข้าไปในห้องที่มีลมร้อนผ่าน เลือดจะแห้งเป็นผงทันที
- เลือดปนที่ได้จะมีขนาดละเอียดกว่าแบบ Drum drying มีความชื้นประมาณ 8% โปรตีน 85%

3. Ring drying

- นำเลือดไปทำให้จับตัวกันเป็นก้อน โดยใช้ไอน้ำพ่นผ่าน จนกระทั่งความชื้นในเลือดเหลือเพียง 30-40%
- นำเลือดที่เป็นก้อนไปตีให้แตกเป็นชิ้นเล็ก ๆ อยู่ในลักษณะ Semi-solid
- ส่งเข้าท่อที่มีลมร้อนเป่าผ่าน จนเลือดแห้งเป็นผง
- วิธีนี้ Lysine จะใช้ประโยชน์ได้ถึง 80%

4. Flash-dried

- ทำให้เลือดตกตะกอน นำตะกอนมาอัดเอาน้ำออก จากนั้นพ่นลมร้อน (400 °ซ) เข้าไป ไม่เกิน 1 นาที เลือดจะแห้ง มีความชื้นไม่เกิน 10% นำมาบดให้เป็นผงละเอียด
- มีคุณค่าทางอาหารสูง โปรตีน 83%
- Lysine ใช้ประโยชน์ได้สูงกว่าแบบ Spray drying

ขนไก่ป่น (Feather meal)

- ขนไก่ป่นผ่านกรรมวิธี (Hydrolyzed feather meal)
 - นำขนไก่มาทำความสะอาด แล้วอบภายใต้ความดันไอน้ำ แล้วทำให้แห้ง จากนั้นนำมาบดเป็นผง
 - โปรตีน 81% พลังงาน 2,360 Kcal ME_n/kg (NRC, 1994)
- ข้อจำกัด
 - มีกรดอะมิโน Methionine, Lysine, Histidine และ Tryptophan ต่ำ
 - ลูกไก่ ใช้แทนปลาป่นได้ 2.5-3%
 - ไก่ไข่ ใช้แทนปลาป่นได้ 4%

แกลบกุ้ง (Shrimp meal)

- แกลบกุ้งเป็นผลพลอยได้จากโรงงานแปรรูปกุ้ง ประกอบด้วย หัว เปลือก ครีบ และบางครั้งอาจมีกุ้งทั้งตัวที่คัดออกด้วยสาเหตุต่าง ๆ ผสมอยู่แล้วนำไปตากหรืออบแห้ง จากนั้นนำมาป่นเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์
- มีโปรตีนเฉลี่ย 51-52% ไขมันประมาณ 3% เยื่อใย 10.4% เถ้า 27% และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 1,650 Kcal/kg (สารโรซ, 2547)
- แกลบกุ้งประกอบด้วยสารไคติน (Chitin หรือ N-acetylate glucosamine polysaccharides ที่ย่อยยาก
- ข้อจำกัดคือ ปริมาณเถ้า แคลเซียมและเกลือ แกลบกุ้งทั่วไปมีเกลืออยู่ประมาณ 3%
- การใช้ในอาหารสัตว์ปีกไม่ควรเกิน 5%



อาหารโปรตีนสังเคราะห์



มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยชั้นนำทางการเกษตรในระดับนานาชาติ


ไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non-protein nitrogen; NPN)

- เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ได้จับตัวกันด้วยพันธะเปปไทด์ (Peptide bonds) เช่น กรดอะมิโนสังเคราะห์ กรดนิวคลีอิก ยูเรีย และเกลือแอมโมเนียมอื่น ๆ เป็นต้น

โปรตีนแท้ (True protein)

- โปรตีนที่ได้จากการสังเคราะห์จากจุลชีพ สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (Single cell protein; SCP) ซึ่งอาจเป็นพืชหรือสัตว์ก็ได้ สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่สามารถสังเคราะห์ผลิต SCP ได้ เช่น
 - แบคทีเรีย
 - รา
 - ยีสต์ และ
 - สาหร่าย

1. **แบคทีเรีย (Bacteria) SCP** จากแบคทีเรียมีโปรตีนสูงที่สุดในจำนวน SCP ทั้งหมด แบคทีเรียที่นิยมนำมาผลิต SCP ได้แก่ *Pseudomonas sp.*, *Methylophilus methylotropus*, *Methylomonas clara* และ *Methylomonas methanica* เป็นต้น
2. **รา (Fungi) SCP** จากราที่ผลิตในเชิงการค้าครั้งแรกผลิตที่ประเทศฟินแลนด์ โดยเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Parcilomyces variottii* จากอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษ

- 
3. **ยีสต์ (Yeast)** ยีสต์ในตระกูล *Saccharomyces* เป็นยีสต์ที่รู้จักกันมานานในอุตสาหกรรมการผลิตแอลกอฮอล์ ขนมอบัง และใช้เป็นอาหารสัตว์ ปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงยีสต์ตระกูลอื่น เช่น *Candida lipolytica*, *C. boidinii*, และ *Pichia agonobii* เป็นต้น
 4. **สาหร่าย (Algae)** สาหร่ายที่มีศักยภาพในการผลิต SCP ได้แก่ สาหร่ายสีเขียว (Green algae) เช่น *Acenedesmus acutus* และ *Chlorella pyrenoidosa* เป็นต้น สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว เช่น *Arthrospira platensis* และ *Spirulina maxima* เป็นต้น



แหล่งโปรตีนจากพืช (Plant protein source)



มหาวิทยาลัยแม่โจ้
มหาวิทยาลัยชั้นนำทางการเกษตรในระดับนานาชาติ

แหล่งโปรตีนจากพืช (Plant protein source)


- แหล่งวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืช ส่วนใหญ่จะได้จากกากของเมล็ดพืชน้ำมัน (By product) ที่ได้จากการแยกเอาน้ำมันออกแล้ว เช่น
 - กากถั่วเหลือง
 - กากถั่วลิสง
 - กากงา
 - กากเมล็ดทานตะวัน
 - กากฝ้าย
 - กากดอกคำฝอย
 - กากนุ่น
 - การเรปซิด
 - การลินซิด
 - กากปาล์ม
 - การเมล็ดยางพารา
 - กากมะพร้าว
 - ฯลฯ

กรรมวิธีการแยคน้ำมัน

1. การแยกโดยวิธีกลโดยใช้แรงอัดหรือบีบเอาน้ำมันออก (Extracted mechanical หรือ Screw pressing) มี 2 วิธีหลัก ๆ ได้แก่
 - Expeller process
 - Hydraulic process
2. การแยกโดยใช้สารเคมีสกัด (Solvent extracted)
 - Trichloroethylene
 - Hexane

กากถั่วเหลือง (Soybean meal, SBM)

- เป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่มีคุณภาพดีที่สุด
- มีกรดอะมิโนจำเป็นหลายตัว แต่มี Cystine และ Methionine ต่ำ
- Methionine จัดเป็น 1st limiting amino acid
- โปรตีน 44-50% ขึ้นกับวิธีการสกัดน้ำมัน
- มี 2 เกรด
 1. กากถั่วเหลือง 44% กากถั่วเหลืองที่มีเปลือกผสมอยู่
 2. การถั่วเหลือง 49% กากถั่วเหลืองที่กะเทาะเอาเปลือกออก โปรตีนอาจสูงถึง 51-52%


- 
- ถั่วเหลืองดิบมีสารพิษ เช่น
 - สารทำให้เกิดการแพ้บวม (Allergenic)
 - สาร Goitrogenic
 - สารต้านการจับตัวเป็นก้อน (Anticoagulant factors)
 - สารยับยั้งทริปซิน (Trypsin inhibitor)

การสังเกตความสุก-ดิบของกากถั่วเหลืองด้วยตาเปล่า

- การถั่วเหลืองที่สุกไม่พอหรือดิบ จะมีสีซีดและมีกลิ่นเหม็นเขียว
- กากถั่วเหลืองที่สุกพอดี จะมีสีน้ำตาลอ่อน กลิ่นหอม
- กากถั่วเหลืองที่สุกมากเกินไป (ไหม้) จะมีสีคล้ำกว่า มีกลิ่นเหม็นไหม้

ข้อสังเกตในการใช้กากถั่วเหลือง

1. กากถั่วเหลืองชนิดอัดน้ำมัน (Expeller process) จะเก็บได้ไม่นาน แต่ถ้าเป็นกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน (Solvent extract) จะเก็บได้นานกว่า
2. กากถั่วเหลืองไม่สุกจริง จะมีสาร Trypsin inhibitor ตกค้างอยู่ จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตช้า หรือชะงักการเจริญเติบโต
3. ถั่วเหลืองดิบจะมีเอนไซม์ยูรีเอส (Urease) ซึ่งจะย่อยโปรตีนในถั่วให้สลายไปเรื่อย ๆ หากเก็บไว้นาน เเปอร์เซ็นต์และคุณภาพของโปรตีนจะลดลงเรื่อย ๆ
4. การใช้กากถั่วเหลืองผสมในอาหารควรเสริมกรดอะมิโนสังเคราะห์ Methionine, Cystine ลงไปด้วย
5. ระวังการขาดวิตามิน B-complex

- 
6. กากถั่วเหลือง มีคุณสมบัติเป็นยาระบายอ่อน ๆ
 7. มี Ca ต่ำ แต่ P สูง
 8. มักมีการปลอมปนด้วย รำข้าว ชั่งข้าวโพด ดิน หิน กากนุ่น กากฝ้าย
 - ถ้าปนด้วยรำข้าวหรือชั่งข้าวโพด จะพบว่า โปรตีนต่ำกว่าปกติ ถ้าปนปกติ
 - ถ้าปนด้วยดิน หิน จะพบว่าปริมาณโปรตีนต่ำกว่าปกติ ถ้าจะสูง ผิดปกติ
 - ถ้าปนด้วยกากเมล็ดพืชอื่น ๆ ดูได้จากลักษณะของกาก เยื่อใย จากกล้อง Sterio

การวัดความสุก-ดิบของถั่วเหลือง

- ค่า Trypsin inhibitor Index (TIU) ไม่ควรเกิน 3 ไมโครกรัม/มก. โปรตีน (เหมาะสม 1.77)
- ค่า Protein dispersibility index (PDI)
 - ถ้าคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดที่ละลายได้ ค่า PDI ประมาณ 75-80% เหมาะสมที่สุด
 - หากสูงกว่า 80% แสดงว่ายังสุกไม่พอ
 - หากต่ำกว่า 75% แสดงว่าสุกเกินไป
 - ถ้าคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมด ค่า DPI ควรอยู่ที่ 20-25%
 - ถ้าต่ำกว่า 15% แสดงว่า สุกเกินไป
- ค่า Urease Index (Δ pH) ควรอยู่ระหว่าง 0.02-0.2 แต่สำหรับไก่ไม่ ควรเกิน 0.15
- ค่า Urease activity ไม่ควรเกิน 0.4 มก.NH₃-N/1 กรัมถั่วแห้ง/นาที่

ถั่วเหลืองไขมันเต็ม (Full fat soybean; FFS)

- หมายถึง ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดที่ถูกทำให้สุกและไม่มี การสกัดไขมันออกแต่อย่างใด
- คุณสมบัติพิเศษ
 - เป็นแหล่งโปรตีน (38%)
 - เป็นแหล่งพลังงาน เพราะมีไขมันอยู่สูง (18%)
 - มีสารพิษ Trypsin inhibitor, Urease เหลือน้อยมาก
 - แป้งมีลักษณะเป็น Gelatin

ระดับการใช้

- โปกะทรง ใช้ได้ถึง 25%
- โปกะไซ ใช้ได้ถึง 27%
- FFS มีไขมันอยู่สูง หากกระบวนการผลิตไม่ดีพอ จะหืนเร็ว เนื่องจากไขมันส่วนใหญ่เป็น Poly-unsaturated fatty acid จึงควรเติม Vit. E ในอาหารให้สูงขึ้น (แนะนำ ทุก ๆ 1 กรัมของ PUFA ควรมีสัดส่วนของ Vit. E ประมาณ 2.5 มก.)

โภชนะในถั่วเหลือง (NRC, 1994)

- Soybean mill feed (ผลพลอยได้จากการผลิตแป้งถั่วเหลือง)
โปรตีน 13.3% พลังงาน 720 Kcal ME_n/kg
- โปรตีนถั่วเหลือง (Protein concentrate) โปรตีน 84% พลังงาน 3,500 kcal ME_n/kg
- เมล็ดถั่วเหลืองผ่านความร้อน โปรตีน 37% พลังงาน 3,300 kcal ME_n/kg
- SBM, solvent extract = โปรตีน 44% พลังงาน 2,230 Kcal ME_n/kg
- SBM, solvent extract without hull = โปรตีน 48.5% พลังงาน 2,440 Kcal ME_n/kg

ถั่วลิสง (Peanut ground nut)

- ถั่วลิสงนำมาคั่วทั้งเมล็ด ใช้เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานได้ ในช่วงที่กักถั่วเหลือง หรือปลาป่นราคาแพง
- ส่วนประกอบทางเคมี ความชื้น 5%, CP 25-30%, Fat 35-50%, CF 2.9% มี Arginine สูง มีกรดไขมันหลายชนิด มี Oleic acid สูง

ข้อเสียของถั่วลิสง

1. เปลือกบางสีชมพูที่หุ้มเมล็ด (Testa หรือ Ski) มีแทนนินสูง (16-19%)
2. ถั่วลิสงดิบ มี Trypsin inhibitor สูง และทนต่อความร้อนมากกว่า Trypsin inhibitor ในถั่วเหลือง
3. เกิดเชื้อราได้ง่าย *Aspergillus flavus* ผลิต Aflatoxin
4. มีไขมันสูง การใช้ปฏิบัติเหมือน FFS
5. สัดส่วนกรดอะมิโนจำเป็นไม่สมดุล ขาด Methionine, Tryptophan และ Lysine แต่มี Arginine สูง การผลิตแบบร้อนแห้ง (คั่ว อบ) จะทำให้การใช้ประโยชน์ของ Methionine-Lysine ต่ำลง
6. มีแร่ธาตุ Ca, Cu, Fe และ Mn ต่ำกว่า กากถั่วเหลือง

กากถั่วลิสง (Peanut meal หรือ Ground nut meal)

- บ้านเราส่วนใหญ่จะอัดน้ำมันด้วยวิธี Screw press
- กากถั่วลิสงอัดน้ำมัน โปรตีน 42% พลังงาน 2,500 Kcal ME_n/kg (NRC, 1994)
- กากถั่วลิสงสกัดน้ำมัน โปรตีน 50.7% พลังงาน 2,200 Kcal ME_n/kg (NRC, 1994)
- ข้อจำกัดการใช้
 1. มี Methionine, Lysine และ Tryptophan ต่ำ แต่มี Arginine สูง
 2. มีแร่ธาตุประมาณ 1 ใน 3 ของกากถั่วเหลือง
 3. มีปัญหา Aflatoxin
 4. กากถั่วเหลืองที่มีไขมันตกค้างสูง จะหืนได้ง่าย ความน่ากินลดลง
 5. มีคุณสมบัติเป็นยาระบายอ่อน ๆ

กากยางพารา (Para rubber seed meal)

- เมล็ดยางพารา หลังจากแยกเอาส่วนของยางออกไปแล้ว สามารถนำกากมาทำเป็นอาหารสัตว์ได้
- มี โปรตีน 53% (เป็นแหล่งโปรตีน)
- กากยางพาราที่จะนำมาเลี้ยงสัตว์ จะต้องกะเทาะเปลือกออกก่อน
- มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับกากถั่วเหลือง แต่มี Methionine ต่ำกว่า
- มีสารพิษ Cyanogenetic glucoside จะเปลี่ยนไปเป็น ไฮยาไนด์ ทำลายได้โดยความร้อน หรือ การสกัดน้ำมันออกจากเมล็ด
- ในอาหารไก่กระตังและไก่ไข่ ใช้ได้ถึง 20%

กากปาล์มชนิดกะเทาะเปลือก หรือ กากเนื้อในปาล์ม (Palm kernel meal)

- กากเมล็ดปาล์มที่มีในประเทศไทยมี 2 ประเภท
 - มาจากการอัดน้ำมัน (Palm kernel cake)
 - มาจากการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายทางเคมี (Palm kernel meal)
- โปรตีน 20% ไขมัน 8% เยื่อใย 15% มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้สำหรับสัตว์ปีก 1,900 Kcal/kg
- โปรตีนในกากเมล็ดปาล์มมักขาดกรดอะมิโนไลซีนและทรีโอนีน
- ไขมันในกากเมล็ดปาล์มอุดมไปด้วยกรดปาล์มมิติก (43%) และโอเลอิก (36%) และมีลิโนเลอิกเพียง 9.1%
- เยื่อใยในกากเมล็ดปาล์มกว่าครึ่งหนึ่งเป็น NDF และมี Galactomannan เช่น β -(1-4)-D-mannan อยู่สูง ซึ่งเยื่อใยเหล่านี้อาจจะถูกย่อยได้และทำให้คุณค่าทางโภชนาการดีขึ้นได้ถ้าหากมีการเสริมเอนไซม์ที่เหมาะสมลงไป

กากมะพร้าว (Coconut meal)

- เป็นผลพลอยได้จากโรงงานทึบหรืออัดน้ำมันหรือสกัดน้ำมันจากมะพร้าวแห้ง (Copra)
- กากมะพร้าวที่ผลิตในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นชนิดอัดน้ำมันโดยเครื่องอัดเกลียว
- โปรตีน 16-25% และมีไขมันตกค้างอยู่ประมาณ 9-16% ผันแปรไปตามโรงงานผลิต
- มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้สำหรับสัตว์ปีก 1,700-2,100 Kcal/kg จึงกล่าวได้ว่ากากมะพร้าวจะมีคุณภาพผันแปรเป็นอย่างมาก (สารโรซ 2547)
- เยื่อใยในกากมะพร้าวส่วนใหญ่จะเป็น NDF (ประมาณ 53%) และมี ADF ประมาณ 27%
- ในเยื่อใยมี Non-starch polysaccharide (NSP ที่ย่อยยาก เช่น Mannan, Galactomannan, Arabinoxlogalactan และอื่น ๆ อยู่สูง
- มีเซลลูโลสประมาณ 13%
- คุณค่าทางโภชนาการของกากมะพร้าวจึงสามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการเติมเอนไซม์พวก Mannanase

- ข้อจำกัดของการใช้กากมะพร้าว คือ
 - มีเยื่อใยสูง
 - ความเข้มข้นของโภชนะต่ำ
 - สามารถดูดซับน้ำได้มาก ทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อยและมีอัตราการย่อยได้ต่ำ
- ไก่กระทงสามารถใช้ได้สูงถึง 25% ถ้ามีการเสริมกรดอะมิโนที่จำเป็นให้เหมาะสมแล้วสามารถใช้ได้ถึง 40%
- ไก่ไข่และไก่พ่อแม่พันธุ์ใช้ได้ถึง 40%
- อย่างไรก็ตาม นักโภชนศาสตร์ส่วนใหญ่แนะนำให้ใช้กากมะพร้าวในอาหารไก่กระทงได้ไม่ควรเกิน 20% เท่านั้น

กากงา (Sesame meal)

- งาเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญในแถบเอเชีย เช่น อินเดีย จีน และพม่า เป็นต้น โดยใช้เป็นอาหารสำหรับมนุษย์
- เมล็ดงามีตั้งแต่เปลือกสีขาว สีเหลือง สีน้ำตาลแดง สีเทา ไปจนถึงสีดำตามสายพันธุ์
- กากงาส่วนใหญ่จะได้จากการอัดน้ำมันโดยเครื่องอัดเกลียวและเป็นการอัดทั้งเมล็ด อาจจะมีบางโรงงานที่จะกะเทาะเปลือกออกบางส่วนก่อนที่จะอัดน้ำมัน
- คุณภาพของกากงาจะผันแปรตามปริมาณของเปลือกที่ปะปนและปริมาณไขมันที่ตกค้าง

- มีโปรตีนเฉลี่ย 40% ไขมัน 6% เยื่อใย 8% พลังงานใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 2,000 Kcal/kg (สารโรซ 2547)
- มีสารออกซาเลท (Oxalates) ซึ่งจะมีอยู่สูงในเปลือก (35 มก./100 กรัม) ซึ่งจะทำให้อาหารมีรสชาติฝืด
- ดังนั้น การกะเทาะเปลือกจะช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับเยื่อใยและรสชาติได้ ทำให้สามารถใช้กากงาในอาหารสัตว์ปีกได้สูงขึ้น
- ในอาหารไก่กระทงสามารถใช้ได้ถึง 7.5% (สารโรซ 2547)
- ในอาหารไก่ไข่สามารถใช้ได้ถึง 6.8% (สารโรซ 2547)

กากเมล็ดฝ้าย (Cotton seed meal)


- การผลิตปุ๋ยฝ้ายทุก ๆ 100 กก. จะมีเมล็ดฝ้ายประมาณ 160 กิโลกรัม เป็นผลผลิตข้างเคียง
- เมล็ดฝ้ายเมื่อผ่านกระบวนการอัดน้ำมันจะได้....
 - กากประมาณ 50%
 - เปลือก 22%
 - น้ำมัน 16% และ
 - โยฝ้าย 7%
- ปัญหาของกากฝ้ายคือ มีสารพิษกอสซิพอล (Gossipol) ซึ่งมักจะอยู่ในต่อมสี (Pigment gland)
- กากฝ้ายมีการผลิต 3 วิธี ได้แก่
 - การอัดน้ำมัน (Expeller หรือ Screw press)
 - การสกัดน้ำมันโดยใช้ตัวทำละลายโดยตรง (Direct solvent) และ
 - การอัดน้ำมันก่อนแล้วจึงตามด้วยการสกัดน้ำมัน (Prepress solvent)

- การอัดน้ำมันจะมีไขมันตกค้างมาก มีสารกอสซิพอลอิสระ (Free gossypol) ต่ำ แต่มีโปรตีนต่ำ เพราะมีไขมันตกค้างอยู่สูง
- ถ้าอัดด้วยแรงดันสูงเกินไปอุณหภูมิก็จะสูงขึ้นซึ่งจะทำให้เกิดการรวมตัวกันของกรดอะมิโนไลซีนกับคาร์โบไฮเดรตชนิดต่าง ๆ รวมทั้งสารสีในเมล็ดฝ้ายเป็นเหตุให้กรดอะมิโนไลซีนอยู่ในสภาพที่สัตรว์นำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง
- วิธี Prepress solvent ด้วยการอัดด้วย Screw press ก่อนแล้วจึงนำมาสกัดน้ำมันด้วยสารเคมี จะมีไขมันต่ำไม่เกิน 1% โปรตีนสูงเกิน 40% และมีคุณภาพสูง
- การใช้วิธี Direct solvent สกัดน้ำมันโดยใช้สารเคมี จะได้โปรตีนสูงและเป็นโปรตีนคุณภาพดีที่สุด ไขมันต่ำ แต่จะมีสารกอสซิพอลอิสระตกค้างมาก เนื่องจากไม่มีความร้อนที่จะไปทำลายสารกอสซิพอล

- การใช้กากเมล็ดฝ้ายในอาหารสัตว์ปีกสามารถใช้ได้ถึง 50% ของปริมาณโปรตีนในอาหาร แต่ต้องมีการเสริมกรดอะมิโนไลซีน เมทไธโอนีนลงไปด้วย

กากเมล็ดผักกาดน้ำมัน กากเรพซีด หรือ กากคาโน ล่า (Rapeseed meal หรือ Canola meal)

- เรพซีดหรือเมล็ดผักกาดน้ำมัน ถือเป็นพืชพลังงานที่ผลิตได้มากเป็นอันดับ 3 รองจากถั่วเหลืองและเมล็ดฝ้าย
- แหล่งผลิตสำคัญได้แก่ คานาดา ยุโรปตะวันตก จีน และอินเดีย
- กากเมล็ดผักกาดน้ำมันมีโปรตีนประมาณ 36-38% มีกรดอะมิโนเมทไธโอนีนและซีนทีนสูง แต่มีกรดอะมิโนไลซีนค่อนข้างต่ำ
- มีสารพิษในกลุ่ม Glucosinolate อยู่หลายตัว เช่น
 - Progoitrin, Gluconapin, Glucobrassicinapin และ 4-hydroxyglucobrassicin ซึ่งอาจมีอยู่สูงถึง 5%
 - มีกรดไขมัน Erucic acid ซึ่งเป็นพิษ
 - สารแทนนิน (Tannin) และสารไซนาปิน (Sinapine) ทำให้รสชาติไม่ดี มีความน่ากินต่ำ

- 
- ต่อมามีนักปรับปรุงพันธุ์พืชได้ปรับปรุงพันธุ์ผักกาดน้ำมันให้มีสาร Glucosinolate และ กรด Erucic acid ต่ำออกมา เรียกว่า **คาโนล่า (Canola)**
 - อาหารไก่ที่กำลังเจริญเติบโตสามารถใช้กากคาโนล่าได้ไม่เกิน 20% และไก่ไข่ไม่เกิน 10%


กากสำเหล้า (Distillers' dried grains) และ/หรือ สำเหล้าแห้ง (Distillers' dried soluble)


- ในการผลิตแอลกอฮอล์ ธัญพืชจะถูกนำไปผสมกับข้าวมอลต์ (เมล็ดข้าวสาลีที่แช่น้ำจนงอก) เพื่อให้เอนไซม์ย่อยแป้งไปเป็นน้ำตาล จากนั้นจะเติมยีสต์ลงไปหมักเพื่อเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์
- กรองเอากากธัญพืชและมอลต์ออกไป
- เมื่อนำกากธัญพืชและมอลต์ไปทำแห้งจะได้กากสำเหล้า (Dried distillers' grains; DDG)
- ของเหลวที่เหลือจากการกรองและกลั่นแอลกอฮอล์แล้ว เมื่อนำไปทำให้แห้งจะได้สำเหล้าแห้ง (Dried distillers' soluble; DDS) ซึ่งจะมีเซลล์และผลผลิตของยีสต์ปะปนอยู่
- ถ้านำ DDG ไปรวมกับ DDS ขายเป็นอาหารสัตว์ในรูปของกากและสำเหล้ารวม (Dried distillers' grain with soluble; DDGS)
- โปรตีน 27-28% ไขมัน 1-2% ใยอาหารสูง 10-12% ใยอาหารละลายน้ำได้ 1-2% ใยอาหารไม่ละลายน้ำได้ 1-2% ใยอาหารไม่ละลายน้ำได้ 1-2%
- แต่มีปริมาณวิตามินบีและวิตามินอีอยู่สูง รวมทั้งวิตามินบี 12 ด้วย
- กากและสำเหล้ารวมสามารถใช้ในอาหารสัตว์ปีกได้ในระดับ 5-10%

- Corn
- DDG = โปรตีน 27.8% พลังงาน 1,972 Kcal MEn/Kg (NRC, 1994)
- DDGS = โปรตีน 27.4% พลังงาน 2,480 Kcal MEn/kg (NRC, 1994)
- DDS = โปรตีน 28.5% พลังงาน 2,930 Kcal MEn/kg (NRC, 1994)

กากเบียร์ (Dried brewers' grains; DBC) และ กากยีสต์ (Dried brewers' yeast; DBY)

- กากเบียร์มีโปรตีนประมาณ 27.3% เยื่อใยประมาณ 15.1% มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ต่ำคือ ประมาณ 2,080 Kcal/kg ส่วนกากยีสต์แห้งมีโปรตีน 43.8% เยื่อใยค่อนข้างต่ำคือ 3.0% มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 1,990 Kcal/kg
- ในกากยีสต์แห้งอุดมสมบูรณ์ด้วยวิตามินบีเกือบทุกชนิด ยกเว้นวิตามินบี 12

- 
- นอกจากนี้ ยังเชื่อว่าในกากยีสต์แห้งมี Unidentified growth factor (UGF) อยู่สูง
 - โปรตีน 25.3% พลังงาน 2,060 Kcal ME_n/kg (NRC 1994)
 - ในอาหารสัตว์ปีกใช้ได้ที่ระดับ 5-12% และสามารถใช้ทดแทนปลาป่นได้ 100%



วัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุ (Mineral source)



มหาวิทยาลัยแม่โจ้
มหาวิทยาลัยชั้นนำทางการเกษตรในระดับนานาชาติ

ดิน (Soil)

- ดินนับเป็นแหล่งแร่ธาตุโดยตรงแหล่งแรกของสัตว์ป่า สัตว์ที่เลี้ยงปล่อยทุ่งหรือสัตว์ที่เลี้ยงขังบนพื้นดิน สัตว์จะกินเมื่อต้องการแร่ธาตุ
- โป่ง

กระดูกสัตว์ (Animal bone)

- **เถ้ากระดูก (Bone Ash)** ได้มาจากการเผากระดูกในสภาพที่มีอากาศผ่านเข้าออกได้ (อุณหภูมิ 600 °ซ) จะต้องมีฟอสฟอรัสประกอบอย่างน้อย 15.3%
- **Bone Black หรือ Bone Charcoal** คือ กระดูกที่เผาในภาชนะปิดจนได้กระดูกผงสีดำคล้ายถ่าน ควรมีฟอสฟอรัสอย่างน้อย 14%
- **Bone Charcoal spent หรือ Spent Black Bone** คือ ส่วนของกระดูกที่เผาจาก Black Bone จนเป็นถ่าน นำไปฟอกสารละลายน้ำตาลให้สะอาด จากนั้น แยกเอาถ่านกระดูกออกมาเผาอีกครั้ง มีฟอสฟอรัสอย่างน้อย 11.5%

- **กระดูกป่น (สุกแล้ว) (Bone Meal, Cooked)** คือกระดูกป่นที่แห้งมาเชื้อแล้ว ได้มากจากการนำกระดูกไปต้มธรรมดา ไม่ได้ใช้ความดันไอน้ำ จะเหลือกระดูกส่วนที่ไม่สลายอีกแล้ว ไขมัน เจลาติน และเศษเนื้อ อาจจะแยกออกหรือไม่แยกก็ได้ ดังนั้นนอกจากจะต้องระบุระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสไว้ข้างถุงแล้ว ยังต้องระบุปริมาณโปรตีนรวมไว้ด้วย ลักษณะมีสีเหลืองอ่อน ๆ หรือสีครีม
- **กระดูกป่น (Bone Meal, Steamed)** คล้ายกับกระดูกป่น (สุกแล้ว) แต่ต่างกันตรงที่กรรมวิธีนี้ทำให้สุกด้วยความดันไอน้ำจนเหลือแต่กระดูกที่ไม่สลายอีกแล้ว พวกไขต่าง ๆ เจลาตินและเศษเนื้อต่าง ๆ ไม่จำเป็นต้องเอาออก แต่ควรรับประกันปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสข้างถุง การอบด้วยไอน้ำพวกไขมัน โปรตีนอาจถูกสกัดออกไปจะเหลือแต่กระดูกส่วนที่ไม่สลายอีกแล้ว อาจมีเลือดหรือไขกระดูกติดมาบ้าง มีลักษณะร่วนกว่า Bone Meal, Cooked ส่วนใหญ่จะมีสีขาวขุ่นเหมือนชอล์คมากกว่า แต่อาจจะมีสีน้ำตาลออกแทนหรือสีเทาปนสีแทน ขนาดจะมีตั้งแต่ละเอียดจนถึง 8 Mesh หรือผ่านตะแกรงเบอร์ 10 ได้ มีกลิ่นเนื้อและกระดูกค่อนข้างแรง

- **Bone Phosphate** เป็นส่วนตะกอนกระดูกที่ได้จากการนำกระดูกไปสกัดเอาส่วนที่สกัดได้ เช่น โปรตีน ไขมันออกไป แล้วแช่ต่อในกรดเกลือ นำสารละลายมาตกตะกอนด้วยอ่างแล้วอบตะกอนให้แห้งจะมีฟอสฟอรัสอย่างต่ำ 17% ใช้เป็นแหล่งเสริมทั้งแคลเซียมและฟอสฟอรัส รู้จักกันทั่วไปในชื่อ Dicalcium Phosphate สำหรับ Dicalcium Phosphate ที่เตรียมจากสารเคมีนั้นจะใช้วิธีเติมสารประกอบแคลเซียมลงไปในการดฟอสฟอริก จะได้ตะกอนของ Dicalcium Phosphate ซึ่งจะมีฟอสฟอรัสอยู่ 18-21% แคลเซียม 25-28%

เปลือกหอยป่น (Shell Flour)

- เป็นแหล่งของ Calcium carbonate มีแคลเซียมประกอบอยู่ไม่น้อยกว่า 33% นิยมใช้มากในอาหารไก่ มีทั้งเปลือกหอยนางรม (Oyster shell) หอยกาบ (Clam shell) มีแคลเซียมไม่น้อยกว่า 35%

เกลือแกง (Salt)

- เป็นแหล่งของโซเดียม (Na) และคลอไรด์ (Chloride) จะต้องมีส่วนประกอบ Sodium chloride ไม่น้อยกว่า 95%

Limestone (Ground, pulverized)

- หินปูนป่นหรือหินปูนขาวป่น มีลักษณะเป็นเม็ดไม่ละเอียดมาก เป็นแหล่งของแคลเซียมในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate) มีแคลเซียมประกอบอยู่ไม่น้อยกว่า 33% สีจะออกสีเทาอ่อนจนถึงเข้ม

Rock phosphate ground (หินฟอสเฟตบด)

- เป็นแหล่งที่ใช้เสริมทั้งแคลเซียมและฟอสฟอรัส สำหรับที่ผลิตขายในต่างประเทศจะมีหลายชนิด
- **Curacao Rock Phosphate** (คยูระโซ) ชื่อนี้เป็นชื่อเกาะในประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นหินฟอสเฟตที่ได้ตามธรรมชาติแท้ ไม่มีสิ่งใดเจือปน ไม่มีการชะล้างหรือแยกสิ่งใด ๆ ออกไป
- **Florida Rock Phosphate** เป็นหินฟอสเฟตที่มีพวกดิน (Colloidal clay) ปนมาด้วย จึงมีลักษณะเป็นผงละเอียดอ่อน มีสีคล้ายทราย มีฟอสฟอรัสไม่ต่ำกว่า 9% แคลเซียมไม่ต่ำกว่า 15% และมีดินเหนียว (Clay) ปะปนมาไม่เกิน 30% และมีฟลูออรีนไม่เกิน 1.5% มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Soft Rock Phosphate หรือ Rock Phosphate Soft

- **Rock Phosphate, Ground, Low Fluorine** เป็นหินฟอสเฟตบดที่มีฟลูออรีนไม่เกิน 0.5%
- **Defluorinated (Rock) Phosphate** เป็นหินฟอสเฟตที่ขจัดเอาฟลูออรีนออกแล้ว โดยขบวนการทั้งความร้อนและทางเคมี มีค่าการใช้ประโยชน์ได้ทางชีววิทยาของฟอสฟอรัสประมาณ 70-75% มีฟลูออรีนอยู่ไม่เกิน 1 ส่วนต่อฟอสฟอรัส 100 ส่วน

Dicalcium Phosphate (DCP)

- เป็นเกลือของแคลเซียมกับกรดฟอสฟอริกที่ขจัดเอาน้ำออกแล้ว มีสูตรเคมี Ca HPO_4 มี F (ฟลูออรีน) ไม่เกิน 1 ส่วนต่อฟอสฟอรัส 100 ส่วน มีแคลเซียม 23-25% และฟอสฟอรัส 18.5% สีของไตแคลเซียมฟอสเฟตจะมีสีขาวจนถึงขาวปนเทา เนื่องจากมีสีขาวละเอียดบางคนจึงเรียกว่า หินแป้ง มีขนาดตั้งแต่เป็นผงไปจนถึงขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร แต่ไม่จำเป็นต้องนำไปบดให้เป็นผง เพราะจะแข็งคล้ายกรวดมีลักษณะเม็ดกลมขาว

Monocalcium Phosphate (MCP)

- ผลิตขึ้นมาใช้ในอาหารสัตว์ เป็นเม็ดกลม ๆ เล็ก ๆ มีสีเขียวมเทา เมื่อทำให้แตกจะเป็นผงสีขาว เป็นเกลือของแคลเซียมกับกรด ฟอสฟอริก มีสูตรทางเคมีเป็น $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ และอยู่ในสภาพแห้ง เป็นผง และมีฟลูออรีนไม่เกิน 1 ส่วนต่อฟอสฟอรัส 100 ส่วน

ปริมาณแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสในวัตถุดิบแหล่งแร่ ธาตุบางชนิดที่นิยมใช้ในอาหารสัตว์ปีก (NRC, 1994)

วัตถุดิบ	แคลเซียม (%)	ฟอสฟอรัส (%)
Bone meal, steamed	29.8	12.5
Calcium carbonate, CaCo ₃	38.0	0
Calcium phosphate, defluorinated	22.0	18.7
Calcium phosphate, monobasic	16.0	21.0
Calcium sulfate, CaSO ₄ 2H ₂ O	22.5	0
Limestone, ground	38.0	0
Meat with bone meal	10.3	5.1
Oyster shell, ground	38.0	0.1
Phosphate, defluorinate	32	18
Phosphate, rock curacao ground	34	14
Phosphate, rock soft	17	9