บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

เห็ดหอม

เห็ดหอมจัดเป็นเห็ดที่ประชาชนรู้จักกันมานาน ในสภาพธรรมชาติจะเจริญได้ดีบนไม้ เห็ดหอมเป็นพืชประเภทเห็ดรา ซึ่งจัดไว้ในกลุ่มโปรติสต้า (Protista) มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Lentinus edodes (Berk.) Shing* มีชื่อเรียกภาษาอังกฤษว่า Black-Mushroom ปลูกมากในประเทศญี่ปุ่น ไต้หวัน และสาธารณรัฐประชาชนจีน (กลุ่มบัณฑิตเกษตรก้าวหน้า, 2538)

เห็ดหอมมีลักษณะทางชีววิทยาดังต่อไปนี้

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Lentinus edodes (Berk.) Shing.*

ชื่อทางสามัญ: Hoang-Ko, Shi-i-ta-ke

class: Basidiomycetes

subclass: Holobasidiomycetidae

order: Agaricaceae

family: Tricholomataceae

genus: Lentinus

species: Edodes (ดีพร้อม, 2525; อนงค์, 2530)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ปัญญา และกิตติพงษ์ (2538) ได้กล่าวว่าเห็ดหอมจัดเป็นเห็ดที่มีส่วนประกอบคล้ายเห็ดทั่วไป จะผิดกันที่ลักษณะ และสีสันของดอก เห็ดหอมมีลักษณะทั่วไปดังนี้

1. หมวกดอก (cap หรือ pileus) เป็นส่วนปลายสุดของดอกที่เจริญเติบโตขึ้นไปในอากาศ หมวกดอกมีลักษณะกลม ผิวหมวกดอกด้านบนจะมีสีน้ำตาล น้ำตาลปนแดง หรือน้ำตาลเข้ม เห็ดหอมที่มีหมวกดอกสีขาวพบน้อยมาก ขนาดของหมวกดอกจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของเห็ดหอม เห็ดหอมบางพันธุ์อาจมีขนหรือเกล็ดหยาบ ๆ ติดอยู่บนหมวกดอกก็ได้

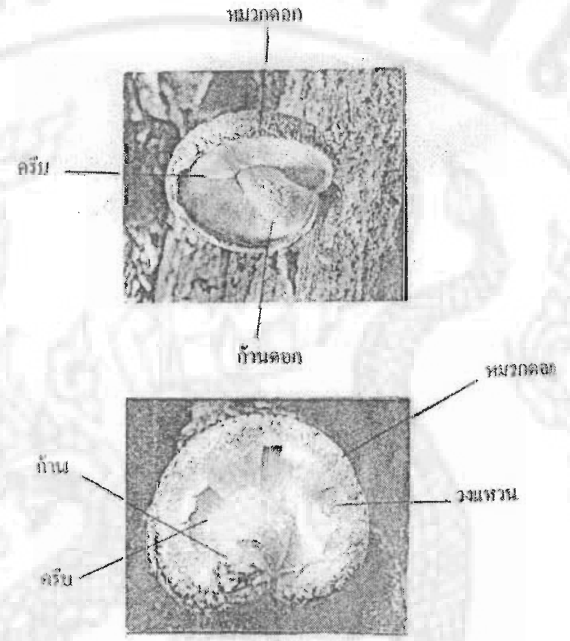
2. ครีบดอก (gills หรือ lamellae) ครีบดอกของเห็ดหอมจะมีลักษณะเป็นแผ่นบางสีขาว เรียงเป็นรัศมีรอบก้านดอก เมื่อดอกเห็ดแก่ ครีบดอกจะมีสีเข้ม

3. สปอร์ (spore) สปอร์ของเห็ดหอมไม่มีสี ผนังสปอร์ บางสปอร์มีลักษณะค่อนข้างกลม เมื่อสปอร์มาอยู่รวมกันจะมีสีขาว ขนาดของสปอร์จะเล็กกว่าสปอร์ของเห็ดฟาง สปอร์ของเห็ดหอม

มีขนาดประมาณ 10.62 x11.25 ไมครอน

4. ก้านดอก (stalk หรือ stipe) ก้านดอกของเห็ดหอมจะมีสีขาว หรือสีน้ำตาลอ่อน แต่ถ้าถูกกับอากาศจะมีสีเข้ม ก้านดอกของเห็ดหอมมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1–2 เซนติเมตร เมื่อดอกเห็ดเจริญเติบโตเต็มที่ ก้านดอกเห็ดหอมจะเหนียวกว่าก้านดอกของเห็ดฟาง

ลักษณะของเห็ดหอม



ภาพ 1 แสดงลักษณะของดอกเห็ดหอม

ที่มา: อานนท์ (2532)

ประโยชน์ของเห็ดหอมทางด้านอาหาร

เห็ดหอมมีกลิ่นหอมและรสหวาน ทั้งนี้เนื่องมาจากมีโปรตีนและน้ำตาลหลายชนิด จึงนิยมนำมาประกอบอาหาร เห็ดหอมมีกรดอะมิโนอยู่ถึง 21 ชนิด กรดอะมิโนที่มีมากที่สุดคือ กรดกลูตา-มิค ซึ่งเป็นสารที่สำคัญต่อรสชาติของเห็ดหอม สารประเภทน้ำตาลที่มีในเห็ดหอม ได้แก่ ทรีฮาโลส (trehalose) ดี-แมนนิทอล (D-mannitol) ดี-อะราบิทอล (D-arabitol) และกลูโคส (glucose) สารต่างๆ ในเห็ดหอมที่มีความสำคัญทางด้านโภชนาการ นอกจากโปรตีนและน้ำตาลชนิดต่าง ๆแล้ว ยังมีกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดมาลิก ฟูมาริค ไฟโรกลูตามิค และกรดซิตริค เป็นต้น (Chang and Quimio, 1997 อ้างโดย พันธุ์ทวี, 2530) เห็ดหอมมีวิตามิน บี1 (thiamine) และบี2 (riboflavin) สูงไม่

แพ้ยีสต์ ทั้งยังเป็นเห็ดชนิดเดียวที่มีวิตามินดี และดี2 อยู่สูงมาก เห็ดหอม 100 กรัม มีปริมาณวิตามินดีถึง 76.9 มิลลิกรัม นอกจากนี้ยังมีธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก ช่วยเสริมสร้างกระดูกให้แข็งแรง รวมทั้งมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวไม่ว่าจะอยู่ในสภาพของดอกสด หรือดอกแห้ง สารที่ทำให้มีกลิ่นหอมคือ guanosine 5'-monophosphate (อานนท์, 2532)

ตาราง 1 แสดงผลการวิเคราะห์โปรตีนและกรดอะมิโนในเห็ดหอม

กรดอะมิโนในโปรตีนจากเห็ด 100 กรัมโดยน้ำหนัก	เห็ดหอม
โปรตีน (protein)	17.5 กรัม
ไอโซลิวซีน (isoleucine)	21.8 มิลลิกรัม
ลิวซีน (leucine)	348 มิลลิกรัม
ไลซีน (lysine)	174 มิลลิกรัม
เมทไทโอนิน (methionine)	84 มิลลิกรัม
ซีสทีน (cystine)	ไม่รายงาน
ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine)	261 มิลลิกรัม
ไทโรซีน (tyrosine)	174 มิลลิกรัม
ทรีโอนีน (threonine)	261 มิลลิกรัม
ทริบโตเฟน (tryptophan)	ไม่รายงาน
วาลีน (valine)	261 มิลลิกรัม
อะจีนีน (arginine)	348 มิลลิกรัม
ฮิสติดีน (histidine)	87 มิลลิกรัม
อะลานีน (alanine)	305 มิลลิกรัม
กรดแอสปาติก (aspartic acid)	392 มิลลิกรัม
กรดกลูตามิค (glutamic acid)	349 มิลลิกรัม
ไกลซีน (glycine)	218 มิลลิกรัม
โปรลีน (proline)	218 มิลลิกรัม
ซีรีน (serine)	261 มิลลิกรัม
กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์	1,784 มิลลิกรัม
กรดอะมิโนทั้งหมด	4,962 มิลลิกรัม

ที่มา: อานนท์ (2532)

ตาราง 2 วิตามินและเกลือแร่ในเห็ดหอม โดยน้ำหนัก 100 กรัม

ชื่อสาร	เห็ดหอม	
	สด (มิลลิกรัม)	แห้ง (มิลลิกรัม)
วิตามินบี 1	1.8	0.4
วิตามินบี 2	4.9	0.9
ไนอาซีน	4.9	11.9
วิตามินซี	-	-
แคลเซียม	98	12
ฟอสฟอรัส	476	171
เหล็ก	8.5	4.0
โซเดียม	61	19
โปแตสเซียม	ไม่รายงาน	380

ที่มา: อานนท์ (2532)

ประโยชน์ของเห็ดหอมทางด้านเภสัช

เห็ดหอมจัดเป็นเห็ดที่มีสรรพคุณทางด้านเภสัช หรือใช้ป้องกันกำจัดโรคได้หลายชนิด จึงถือว่าเห็ดหอมเป็นสมุนไพรชนิดหนึ่งสามารถป้องกันรักษาโรคได้หลายชนิดคือ

1. ช่วยลดไขมันในเส้นเลือด จากการทดลองพบว่าเห็ดหอมมีคุณสมบัติ ลดไขมันในเส้นเลือดของหนูขาวได้ Suzuki and Oshima (1976 อ้างโดย อรุณี, 2530) ได้นำมาทดลองกับคน พบว่าเห็ดหอมมีสาร eritadenin ซึ่งเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการละลายไขมันที่เกาะหรืออุดตันในเส้นเลือด ถ้าบริโภคเห็ดหอมสดวันละ 90 กรัม จะสามารถลดคอเลสเตอรอลลงได้ร้อยละ 1.2 ใน 1 สัปดาห์ และทำให้กรดในน้ำดีสูงขึ้น ซึ่งช่วยป้องกันหรือละลายนิ่วได้

2. ในเห็ดหอมมีสารพวก lentinan pachymaran และ carboxyl methyl pachymaran ซึ่งมีคุณสมบัติต่อต้านโรคมะเร็งและสกัดกั้นการเจริญของเนื้องอกได้

3. ในเห็ดหอมมีสารที่ต่อต้านเชื้อไวรัส คือ สารซีอาติน (zeatin) สามารถใช้รักษาคนไข้ที่เป็นโรคเชื้อไวรัสลงตับ

4. ช่วยต่อต้านเชื้อไวรัสที่ทำให้เกิดโรคไข้หวัดใหญ่ หัด และโปลิโอเพราะในเห็ดหอมมีสารเอซี 2 พี (AC 2P) เป็นสารประเภท polysaccharides ชนิด ß-D glucan

5. ในเห็ดหอมมีพวกดับเบิล-สเตรนด์ อาร์เอ็นเอ (double-strained RNA) ซึ่งมีคุณสมบัติ

ต่อต้านไวรัสและชักนำให้สร้างสารอินเฟอรอน (inferon) ป้องกันไข้หวัดใหญ่ได้

6. ในเห็ดหอมยังมีเอ็นไซม์ โพลีฟีนอล ออกซิเดส (polyphenal oxidase) ช่วยยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็ง ชนิด sarcoma จึงต่อต้านการเป็นเนื้องอกและมะเร็งได้

7. มีวิตามินดีเนื่องจากมีสาร provitamin (ergosterol) ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นวิตามินดีเมื่อร่างกายได้รับแสงแดด ช่วยป้องกันการเป็นโรคกระดูกอ่อน (กลุ่มบัณฑิตเกษตรก้าวหน้า, 2538; สุทธพรรณ และ อรุณี, 2538)

ไก่กระทง (broiler)

ไก่กระทง (broiler) หรือไก่พันธุ์เนื้อ คือ ไก่ที่เลี้ยงเพื่อที่จะขายตัวไก่ มีอายุไม่เกิน 8 สัปดาห์ และมีน้ำหนักประมาณ 2 กิโลกรัม เป็นอาหารประเภทเนื้อสัตว์มีคุณค่าทางอาหารที่สำคัญด้านโปรตีน (สุวรรณ, 2526) ซึ่งในไก่วัยอ่อนจะใช้อาหารน้อย มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารให้เป็นเนื้อสูง เนื้อนุ่มไม่เหนียว ใช้เวลาเลี้ยงสั้น มีอัตราการเสี่ยงน้อย ใช้เวลาและแรงงานน้อย โอกาสที่จะเป็นโรคน้อย และในหนึ่งปีสามารถเลี้ยงได้หลายรุ่น รวมทั้งเป็นที่นิยมบริโภคกันเกือบทั่วโลก ในประเทศไทยนับว่าเป็นสินค้าส่งออกทางเศรษฐกิจที่ทำรายได้ให้กับประเทศเป็นอย่างมาก (ลิขิต, 2532) ปัจจุบันแม้ว่าราคาอาหารสัตว์สูงขึ้นเลยทำให้มีการเติมสารปฏิชีวนะลงในอาหารสัตว์ เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตในสัตว์เลี้ยง เมื่อโตเร็วขึ้นการใช้อาหารก็ลดลง การเติมสารปฏิชีวนะนั้นจะเป็นสาเหตุหลักของการทำให้เกิดการตกค้างของสารปฏิชีวนะ อันก่อให้เกิดผลเสียต่อผู้บริโภค เช่น การแพ้ยา ทำให้เป็นภูมิแพ้ได้ ยังทำให้ฟันและกระดูกเปลี่ยนสี รวมทั้งเป็นสารก่อมะเร็ง (กาญจนี และ คณะ, 2530) การใช้ยาปฏิชีวนะอย่างต่อเนื่องกับไก่ จะส่งผลให้เกิดการดื้อยาปฏิชีวนะชนิดนั้น ๆ มีการตกค้างของยาปฏิชีวนะในเนื้อไก่และผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นผลกระทบที่ทำให้ไม่สามารถส่งออกผลิตภัณฑ์ของไก่สู่ตลาดโลกได้ จึงมีการหาสารเสริมชีวนะ หรือโปรไบโอติค พวกยีสเจอร์ ซึ่งประกอบไปด้วยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ชนิดต่าง ๆ ในกลุ่ม Lactic acid และ Bacteria เช่น *Lactobacillus acidophilus* *Bacillus subtilis* *Streptococcus thermophilus* มาทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะ โดยนำมาหมักร่วมกับก้านเห็ดหอม เพื่อเพิ่มสมรรถภาพของไก่ จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เหล่านี้มีบทบาทในไก่ เช่น กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันต่อเชื้อโรค (Gurkirpal, 1978) ผลิตเอ็นไซม์ที่ช่วยย่อยอาหาร (Jin et al., 2000) ลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด เพิ่มจำนวนเม็ดเลือดขาว (Jin et al., 1998) การใช้ก้านเห็ดหอมหมักกับยีสเจอร์อาจเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ โดยอาจช่วยลดต้นทุนการผลิต และยังเป็นการนำวัตถุดิบเหลือใช้ภายในชุมชนมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกด้วย

ยีสเจอร์ (yeasture)

ยีสเจอร์ เป็นสารเสริมชีวนะ (probiotic) Pollman (1986) ให้ความหมายของโปรไบโอติค ว่า favour of life หมายถึง เพื่อชีวิต ซึ่งมีผลตรงข้ามกับ antibiotic คือจะไปเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในลำไส้เล็กที่อุดมด้วยจุลินทรีย์ที่มีชีวิตอันทรงคุณค่าสร้างเสริมประโยชน์ต่อร่างกายสัตว์ และเอ็นไซม์ที่สำคัญ ๆ เพื่อช่วยย่อยอาหาร

ส่วนประกอบใน 1 กิโลกรัมของยีสเจอร์ ประกอบด้วย

1. ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* 5.0×10^{12} CFU

2. แบคทีเรีย 3 ชนิด ได้แก่ *Lactobacillus acidophilus* 1.0×10^{10} CFU, *Streptococcus faecium* 1.0×10^{10} CFU และ *Bacillus subtilis* 5.0×10^{9} CFU

3. เอ็นไซม์ 5 ชนิด ได้แก่ amylase 2,100,000 IU, protease 237,000 IU, cellulase 113,000 IU, ß-glucanase 20,000 IU และ lipase 70,000 IU (บริษัท เอ ไอ พี จำกัด, 2540)

ยีสเจอร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก คือ ยีสต์คัลเจอร์ (yeast culture) แบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ (beneficial bacteria) และเอ็นไซม์ช่วยย่อย (digestive enzyme)

ยีสต์คัลเจอร์ (yeast culture)

ยีสต์คัลเจอร์ (yeast culture) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยยีสต์ที่มีชีวิต และสารประกอบที่ได้ในขบวนการหมักยีสต์ และยังรวมถึงอาหารที่ใช้เลี้ยงยีสต์ด้วย โดยนำมาทำให้แห้งด้วยวิธีการที่ยังคงความสามารถและความเป็นประโยชน์เอาไว้ ชนิดของยีสต์ที่ใช้ คือ สายพันธุ์ชื่อ *Saccharomyces cerevisiae* อยู่ในรูปแคปซูล (encapsulated) (บริษัท เอ ไอ พี จำกัด, 2540)

ยีสต์ คือ สิ่งมีชีวิต โดยจัดเป็นเชื้อราชนิดหนึ่ง แต่แตกต่างจากเชื้อราทั่วไป คือ จะเป็นเซลล์เดียวหรืออาจเรียกว่า เชื้อราเซลล์เดียว ยีสต์ทั้งหมดมีมากกว่า 600 ชนิด เซลล์ของยีสต์จะหนาและสิ่งที่ประกอบขึ้นเป็นผนังเซลล์ คือโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ นิวคลีอิก แอซิด 15 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 15 เปอร์เซ็นต์ และโพลีแซคคาไรด์ 25 เปอร์เซ็นต์ (เมตตา, 2541)

หน้าที่ของยีสต์ในยีสต์เจอร์ มีดังนี้

1. ยีสต์ช่วยในการกินอาหารของสัตว์ โดยในขณะที่อยู่ในขบวนการหมัก ยีสต์จะหลั่งกรดกลูตามิคออกมาเป็นตัวช่วยทำให้อาหารมีรสชาติน่ากินมากขึ้น ส่งผลให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น

2. ในระหว่างขบวนการหมัก ยีสต์จะปลดปล่อยสารพวกกรดอะมิโน ไวตามินบีคอมเพล็กซ์ และ unidentified growth factor (UGF) ทำให้สัตว์ได้รับสารเหล่านี้มากยิ่งขึ้น สารเหล่านี้จะช่วยเร่งการเจริญเติบโตทั้งในจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร และตัวสัตว์เอง

3. ยีสต์จะมีการสะสมแร่ธาตุต่างๆ ขณะที่อยู่ในขบวนการหมัก เช่น Mg, Ca, Cu, K โดยเมื่อเซลล์ของยีสต์มีการแตกสลายจะมีการหลั่งแร่ธาตุออกมา และจะถูกดูดซึมอย่างรวดเร็ว

4. ยีสต์จะมีการหลั่งพวกเอ็นไซม์ที่ใช้ในการย่อยอาหาร ซึ่งได้แก่ โปรติเอส ไลเปส และอะไมเลส ซึ่งจะช่วยทำให้สัตว์มีการย่อยอาหารได้มากขึ้น ส่งผลให้ได้รับสารอาหารเพิ่มขึ้นด้วย

5. ระหว่างการหมักยีสต์จะมีการหลั่ง acetate ซึ่งเป็นตัวเริ่มต้นในขบวนการผลิตไขมัน

6. ยีสต์คัลเจอร์จะช่วยกระตุ้นให้มีการเจริญเติบโตของพวก *Cellulolytic bacteria* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอาหารพวกเยื่อใย (cellulose)

7. ยีสต์ที่มีชีวิต จะเจริญเติบโตโดยไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนและยังสามารถปรับค่า pH ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องให้พอเหมาะ เพื่อไม่ให้เป็นกรดมากเกินไป

แบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ (beneficial bacteria)

แบคทีเรีย หมายถึง จุลินทรีย์ที่เตรียมขึ้นมาเพื่อใช้เสริมลงในอาหารสัตว์เพื่อปรับจำนวนของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารให้อยู่ในสภาวะสมดุล และเหมาะสม

แบคทีเรียดังกล่าวได้แก่ *Lactobacillus acidophilus* การเกาะติดของ *Lactobacillus acidophilus* ในลำไส้กับ epithelium cell จะเกาะติดแน่นกับวิลไลของลำไส้จนเชื้อโรคไม่สามารถเกาะกับวิลไลของลำไส้ได้ ทำให้เชื้อโรคไม่สามารถก่อโรคได้ (Sanders and Klaenhammer, 2001) *Streptococcus faecium* อยู่ในรูปแคปซูล (encapsulated) และ *Bacillus subtilis* ซึ่งอยู่ในรูป spore เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ที่ช่วยควบคุมปริมาณแบคทีเรียที่เป็นเชื้อโรคไม่ให้มีมากจนเป็นอันตรายต่อสัตว์ ถ้าหากสัตว์ขาดแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์เหล่านี้สัตว์จะอ่อนแอ และง่ายต่อการเกิดโรค

หน้าที่ของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร ได้แก่

1. สร้างไวตามิน และ unidentified growth factor (UGF) ซึ่งไม่เพียงเป็นแหล่งอาหารให้กับพวกจุลินทรีย์ ในระบบทางเดินอาหารเท่านั้น ยังเป็นสารที่ช่วยเร่งการเจริญเติบโต และเป็นตัวเริ่มต้นในขบวนการผลิตไขมัน รวมทั้งกรดอะมิโน เช่น ไลซีน เมทไธโอนีน และกรดอะมิโนที่จำเป็นอื่น ๆ

2. สามารถสร้างเอ็นไซม์ที่ช่วยในการย่อยสารอาหารพวกเยื่อใยและโปรตีน เช่น เซลลูเลส (cellulase) ไซเลส (xylase) ไลเปส (lipase) โปรติเอส (protease) เบต้ากลูคาเนส (ß-glucanase) และอะไมเลส (amylase)

3. สามารถสร้างสารที่มีกลิ่น และรสชาติดีขึ้นทำให้เพิ่มความน่ากินของอาหาร จะช่วยทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น

คุณลักษณะเด่นของแบคทีเรียที่มีในยีสเจอร์ ได้แก่

1. เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ซึ่งมีคุณสมบัติในการทนต่อการย่อยของน้ำย่อย ในทางเดินอาหารได้ดี

2. ไม่เป็นตัวก่อโรค

3. เจริญเติบโตง่าย และมีความสามารถในการยังชีพอยู่ในลำไส้ได้

4. สามารถเคลื่อนเข้าสู่เซลล์บุผิวของลำไส้ และสร้างโคโลนีได้อย่างรวดเร็ว

5. ทนต่อกรด โดยเฉพาะกรดจากน้ำย่อยในกระเพาะ

6. มีความทนทานต่อสภาพแห้งได้นาน สามารถที่จะนำมาผลิตหรือผสมกับอาหารสัตว์ได้

7. มีการใช้อาหารแล้วผลิตกรดแลคติค

8. สามารถต้านยาปฏิชีวนะได้หลายชนิด

9. ไม่มีคุณสมบัติในการถ่ายทอดพันธุกรรมในการต้านยา

10. ไม่ก่อให้เกิดสารพิษหรือสร้างสารพิษ ซึ่งจะสามารถตกค้างในเนื้อสัตว์ได้

11. สามารถสร้างสารปฏิชีวนะได้

12. ช่วยย่อยสลายกากอาหารให้ผลผลิตกรดอะมิโน กรดไขมัน และไวตามิน

13. สามารถทนต่อน้ำดีได้ดี เนื่องจากน้ำดีเป็นตัวจับสารตกค้างเช่น ยา หรือแร่ธาตุบางชนิด

14. ควรเป็นตัวยับยั้งที่ดี เช่น สร้างสารต่อต้านเชื้ออีโคไลได้

หน้าที่แบคทีเรียในยีสเจอร์ ได้แก่

1. เข้าไปยึดเกาะกับผนังลำไส้เล็ก แทนที่แบคทีเรียที่เป็นโทษทำให้แบคทีเรียที่เป็นโทษยึดเกาะผนังลำไส้ไม่ได้

2. สร้างกรดแลคติค ทำให้ลำไส้มีสภาวะเป็นกรดมากขึ้นมีผลให้แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค เช่น *E. coli* *Salmonella* ไม่สามารถเจริญเติบโต

3. สร้างกรดอินทรีย์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งเป็นสารที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรค

4. สร้างเอ็นไซม์ โปรติเอส (protease) อะไมเลส (amylase) ซึ่งช่วยในการย่อยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ทำให้สัตว์สามารถดูดซึมสารอาหารดีขึ้น

5. ช่วยเพิ่มการสร้างน้ำย่อย เบต้า-กาแลคโตซิเดส ให้เข้มข้นขึ้น ทำให้ลูกสุกรสามารถใช้ตาลแลคโตสในน้ำนมดีขึ้น

เอ็นไซม์ช่วยย่อย (digestive enzyme)

เอ็นไซม์ช่วยย่อย (digestive enzyme) มีส่วนประกอบของเอ็นไซม์หลายชนิดได้แก่

1. อะไมเลส (amylase) เป็นเอ็นไซม์ที่ใช้ย่อยแป้ง ได้ผลผลิตเป็นน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลชนิดต่าง ๆ

2. เบต้า-กลูคาเนส (ß-glucanase) เป็นเอ็นไซม์ที่ใช้ย่อยอาหารประเภทแป้งหรือยางไม้ ได้ผลผลิตเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น กลูโคส

3. เซลลูเลส (cellulase) เป็นเอ็นไซม์ที่ช่วยย่อยกากเยื่อใย ได้น้ำตาล

4. โปรติเอส (protease) เป็นเอ็นไซม์ที่ใช้ย่อยโปรตีน ได้ผลผลิตเป็นกรดอะมิโน

5. ไลเปส (lipase) เป็นเอ็นไซม์ที่ใช้ย่อยไขมัน ได้ผลผลิตเป็นกลีเซอรอล และกรดไขมัน (บริษัท เอ ไอ พี จำกัด, 2540)

การเสริมเอ็นไซม์ในอาหาร เอ็นไซม์ที่นำมาใช้ในการผสมอาหารจำแนกออกได้เป็น 2 พวก คือ เอ็นไซม์ที่นำมาผสมในอาหาร เพื่อปรับปรุงคุณภาพของธัญพืช และผลพลอยได้ให้มีคุณค่าสูงขึ้น จำพวกที่สองเป็นเอ็นไซม์ที่นำมาผสมในอาหารเพื่อกระตุ้นการใช้ประโยชน์ของโภชนะเฉพาะชนิด (กุศล, 2539)

ผลดีจากการใช้เอ็นไซม์ช่วยย่อยอาหารในสัตว์จะทำให้การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้นได้ มีรายงานจากบางแห่งระบุว่าการเสริมเอ็นไซม์ที่ย่อยเยื่อใยในสูตรอาหารจะช่วยทำให้การเจริญเติบโตดีขึ้น และการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารดีขึ้น (นวลจันทร์, 2533) ซึ่งสอดคล้องกับชรินทร์ (2539) ที่ว่าการเสริมเอ็นไซม์จะไปช่วยย่อยสารขัดขวางในวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยเฉพาะเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เป็นผลให้การเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของสัตว์ดีขึ้น อย่างไรก็ตามในการเลือกใช้ชนิดเอ็นไซม์ที่จะเสริมในอาหารสัตว์ต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการใช้ และชนิดของสารขัดขวางในวัตถุดิบอาหาร

หน้าที่ของกลุ่มเอ็นไซม์ในยีสต์เจอร์ ได้แก่

1. ย่อยแป้ง เยื่อใย โปรตีน ไขมัน โดยการย่อยแป้ง และเยื่อใยได้เป็นน้ำตาล การย่อยโปรตีนจะได้เป็น กรดอะมิโน ส่วนการย่อยไขมันจะได้เป็นกรดไขมัน และกลีเซอรอล

2. เพิ่มประสิทธิภาพการย่อย และการดูดซึม สารอาหารได้ดียิ่งขึ้นโดยเฉพาะกากเยื่อใย จึงทำให้ใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้อย่างเต็มที่ และสามารถใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีเยื่อใยสูงได้เป็นดีขึ้น

3. การเสริมเอ็นไซม์จะทำให้การดูดซึมในส่วนลำไส้เล็กเพิ่มมากขึ้น การสะสมอาหารที่ย่อยไม่หมดที่ลำไส้ใหญ่จึงน้อยลงทำให้จุลินทรีย์ที่ก่อโรคลดจำนวนลง สัตว์จึงมีสุขภาพดีขึ้น

ตาราง 3 แสดงกลุ่มจุลินทรีย์ และเอ็นไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอาหาร

สารอาหาร	เอ็นไซม์	จุลินทรีย์	ผลที่ได้
cellulose	cellulase	*A. niger*	glucose
		P. funicosum	cellobiose
		T. reesei	
fat, lipid, oil	lipase	*A. niger*	fatty acid
		A. oryzae	glyceral
		R.. arrhizud	monoyteral
glucose	glucanase	*A. niger*	xylose
		A. oryzae	mannose
		T. reesei	arabinose, ribose
protein	protease	*A. niger*	amino acid
		A. oryzae	
		B. licheniformis	
		*B. subtilis**	
starch	amylase	*A. oryzae*	glucose
		B. licheniformis	
		*B. subtilis**	

หมายเหตุ * เป็นแบคทีเรียโปรไบโอติคที่เป็นส่วนประกอบในยีสต์เจอร์
ที่มา: บริษัท เอ ไอ พี จำกัด (2540)

ประโยชน์ที่ได้รับเมื่อใช้ยีสต์เจอร์

1. สัตว์มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง ให้ผลผลิตมากขึ้น
2. ลดอัตราการตายและอัตราการป่วยจากโรคติดเชื้อลง
3. สัตว์มีความต้านทานโรคสูงขึ้น ตอบสนองต่อการทำวัคซีนดีขึ้น
4. สัตว์เจริญเติบโตเร็วขึ้น เนื่องจากย่อยและดูดซึมอาหารดีขึ้น
5. ช่วยลดต้นทุนวัตถุดิบอาหารลง เนื่องจากสัตว์สามารถย่อย และดูดซึมสารอาหารจากวัตถุดิบประเภทเยื่อใยสูง ๆ ได้ดี
6. ช่วยลดปัญหาการดื้อยาในการรักษาโรคเนื่องจากไม่มีการใช้ยาปฏิชีวนะ

7. ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้ยารักษาโรค และยาช่วยย่อย
8. ลดปัญหายาหรือสารตกค้างในเนื้อสัตว์ ไข่ นม
9. ช่วยลดมลภาวะ ในสิ่งแวดล้อมและรักษาสมดุลให้ธรรมชาติ
10. ช่วยให้เจ้าของสัตว์มีกำไรเพิ่มขึ้น มีสุขภาพจิตดี และประสบความสำเร็จในธุรกิจ

ตาราง 4 แสดงอัตราการใช้ยีสเจอร์

	ชนิดของสัตว์	อัตราการใช้ กิโลกรัม/ตัน
สุกร	- ก่อนคลอด ช่วงให้นมลูกและลูกสุกรเลียราง	2
	- แม่สุกรอุ้มท้อง และสุกรเล็กรุ่น	1
	- สุกรขุน	0.5
สัตว์ปีก	- ไก่พันธุ์ ไก่เนื้อ ไก่ไข่ เป็ด ห่าน	1
โค	- ลูกโคเนื้อ	1
	- ลูกโคนม	2
	- โครุ่น โคให้นม	1
สัตว์อื่น ๆ	- กวาง กระต่าย แพะ แกะ สุนัข แมว ม้า	1

หมายเหตุ ในกรณีโคนม สามารถตักให้กินตัวละ 10 กรัม/วัน
ที่มา: บริษัท เอ ไอ พี จำกัด (2540)

การสะสมไขมันช่องท้อง

ไขมันช่องท้อง คือแผ่นไขมันในช่องท้อง มีพื้นที่อยู่ระหว่างกล้ามเนื้อช่องท้องและลำไส้ ตลอดไปจนถึงกระดูกก้นถึงรอบ ๆ cloaca และต่อมเบอร์ซ่า อาจรวมถึงไขมันรอบ ๆ ของกระเพาะบดด้วย (Wiseman, 1984)

สุกิจ และคณะ (2539) รายงานว่า อิทธิพลที่ทำให้เกิดการสะสมไขมันของไก่ คือ อิทธิพลของพันธุกรรม อาหารหรือโภชนะ ส่วนปัจจัยด้านอื่น เช่น อุณหภูมิ แสง และสภาพแวดล้อมนั้นมีอิทธิพลน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับของ Becker et al. (1979) ที่ว่าไขมันช่องท้อง เป็นตัวอย่างที่ชัดในการสะสมของไขมันทั้งหมด ในปัจจุบัน น้ำหนักของร่างกาย และน้ำหนักของไขมันช่องท้องมีผลมาจาก พันธุกรรม อาหาร เป็นต้น และยังสอดคล้องกับของ March et al. (1982) ที่ว่าธรรมชาติของไก่ การที่ไก่กินอาหาร และอายุที่มากขึ้น มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเพิ่มของไขมันช่องท้อง

การสะสมไขมัน โดยเฉพาะในบริเวณช่องท้อง เป็นการสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมากของไก่กระทงเชิงการค้า (Tzeng and Walter, 1981)

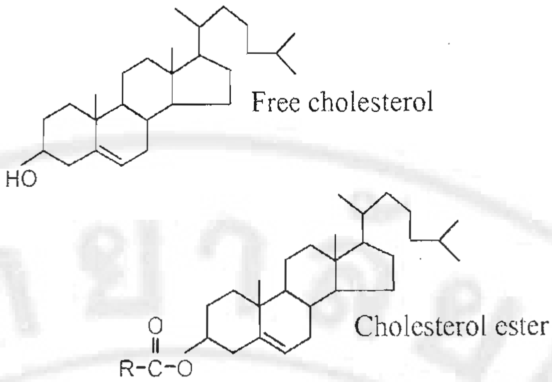
ปริมาณไขมันในช่องท้องสูงจะทำให้ผลิตผลการแปรรูปลดลง เมื่อมีการเอาไขมันออกจากซากพร้อมกับลำไส้ระหว่างการตกแต่งซาก และยังพบอีกว่าถ้าบริเวณใต้ผิวหนังมีปริมาณไขมันมากจะมีผลต่อการถอนขน (สัญชัย, 2543)

ลูกไก่สามารถปรับพลังงานที่กินได้อย่างแท้จริงเมื่อระดับพลังงานเพิ่มขึ้น ปรากฏว่ามีการสะสมของไขมันมากขึ้นเมื่อได้รับพลังงานสูงเทียบกับการได้รับพลังงานต่ำ คืออาหารที่มีพลังงานต่ำจะให้เนื้อสูง ส่วนอาหารที่ให้พลังงานสูงจะให้ไขมันซากที่อายุ 0-6 สัปดาห์ ถ้าอาหารมีโภชนะสมดุล จะมีการสะสมของไขมันเล็กน้อยประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ ของไขมันทั้งหมด (เสาวนิต, 2537)

คอเลสเตอรอล (cholesterol)

คอเลสเตอรอล (cholesterol) เป็นสารประกอบไขมันสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ลักษณะคล้ายขี้ผึ้ง ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ (plasma membrane) และฮอร์โมนมีปริมาณน้อยภายในเซลล์ มีโครงสร้างหลัก คือ cyclopentanoperhydrophenanthren ring ที่มีหมู่ ไฮ-ดรอกซี่ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นขั้วอ่อนในตำแหน่งที่สามของวงแหวน และทำให้คอเลสเตอรอลมีความแข็ง (rigidity) กว่าไขมันชนิดอื่นที่เป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อหุ้มเซลล์ คอเลสเตอรอลมีมากในส่วนพลาสมา (blood plasma) ในรูปของไลโปโปรตีน (lipoprotein) และประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของคอเลสเตอรอลถูกเอสเทอริไฟด์ (esterified) ด้วยกรดไขมันที่มีสายยาว กลายเป็นคอเลสเตอรอลที่อยู่ในรูปเอสเทอร์

คอเลสเตอรอลเป็นสารตั้งต้นของสเตียรอยด์ฮอร์โมน (steroid hormones) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ควบคุมหน้าที่ทางสรีรวิทยา (physiological function) รวมถึงการพัฒนาการทางเพศ (reproductive development) และเมทาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต พืชมีสเตอรอล (sterol) อยู่ในรูปของ sigmasterol และ sitosterol ที่เป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อ แตกต่างกันตรง alphatic side-chain ส่วนเชื้อราเซลล์เดียวและเห็ดรา (yeast and fungi) มีสาร provitamin (ergosterol) เป็นส่วนของเนื้อเยื่อ (อาภัสสรา, 2537)



ภาพ 2 สูตรโครงสร้างคอเลสเตอรอลอิสระ และคอเลสเตอรอลเอสเทอร์
ที่มา: อุษณีย์ (2547)

แหล่งที่มาของคอเลสเตอรอลภายในร่างกายเกิดจาก 2 ปัจจัย คือ

1. จากภายนอกร่างกาย (exogenous source) ซึ่งได้มาจากอาหารที่รับประทานเป็นอาหารที่มีคอเลสเตอรอลสูง เช่น เนื้อสัตว์ต่าง ๆ รวมทั้งเครื่องใน ไข่แดง เป็นต้น

2. จากภายในร่างกาย (endogenous source) สร้างขึ้นจากภายในร่างกายจากกระบวนการเผาผลาญอาหารจำพวกแป้ง น้ำตาล ไขมัน เนื้อสัตว์ โดยอวัยวะที่ทำหน้าที่สังเคราะห์คอเลสเตอรอล คือ ตับ และลำไส้ (สุรินทร์ และคณะ, 2523)

คอเลสเตอรอลที่พบในร่างกายสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. high–density lipoprotein (HDL) เป็น lipoprotein ที่มีขนาดเล็กที่สุดสร้างที่ตับและลำไส้ ประกอบด้วยโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ 40–50 เปอร์เซ็นต์ คอเลสเตอรอล 20 เปอร์เซ็นต์ endogenous ไตรกลีเซอไรด์ 5–10 เปอร์เซ็นต์ high–density lipoprotein (HDL) มีหน้าที่นำคอเลสเตอรอลจากผนังด้านในหลอดเลือดแดงกลับคืนสู่ตับเพื่อเผาผลาญและเปลี่ยนเป็นน้ำดี ขับออกนอกร่างกายทางอุจจาระ high–density lipoprotein (HDL) จึงมีบทบาทช่วยป้องกันการเกิดภาวะหลอดเลือดแข็งกระด้าง (กมลวรรณ, 2539)

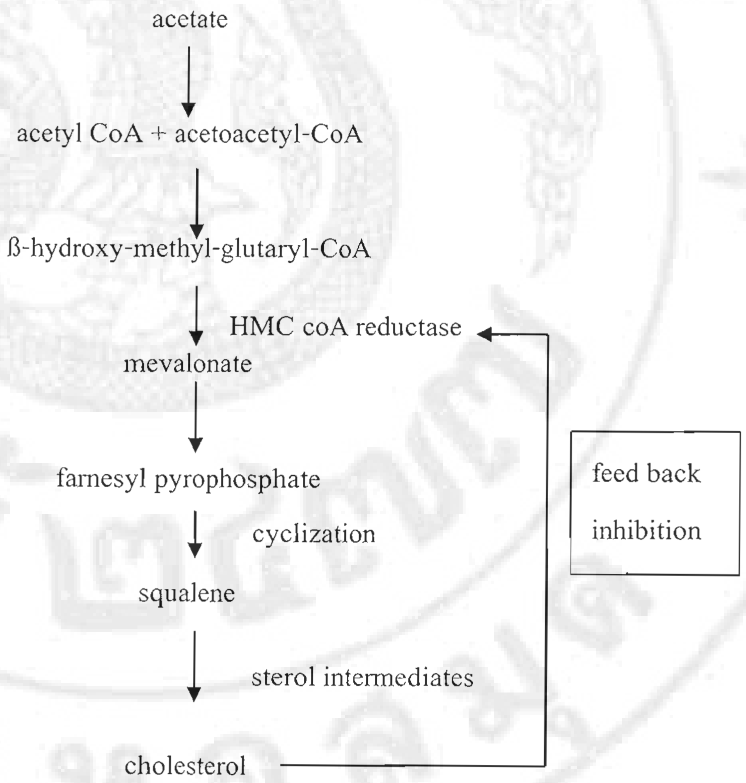
2. low–density lipoprotein (LDL) เป็น lipoprotein ที่ได้จากการย่อย very low-density lipoprotein (VLDL) ที่ประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ 40 เปอร์เซ็นต์ กับคอเลสเตอรอล 30 เปอร์เซ็นต์ ทำหน้าที่ขนถ่าย endogenous ไตรกลีเซอไรด์ไปยังเซลล์ (ธาดา และ นวลทิพย์, 2542)

การสังเคราะห์คอเลสเตอรอล (cholesterol biosynthesis)

ตามรายงานของ Voet and Voet (1995) พบว่าการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกายเริ่มจากการสังเคราะห์ mevalonate เกิดขึ้นโดยการรวม acyl CoA 3 ตัวเข้าด้วยกัน นอก mitochondria และที่เนื้อเยื่อของไมโครโซม (microsome) จะได้ B-hydroxy-B-methyl glutaryl CoA (HMG CoA) ก่อน แล้วเปลี่ยนเป็น mevalonate โดยเอ็นไซม์ HMG CoA reductase ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นได้จำกัด และถูกยับยั้งโดยคอเลสเตอรอลจากอาหาร mevalonate จะถูกเปลี่ยนเป็นสารพวก isoprenoid โดยการเติมหมู่ฟอสเฟต (phosphorylation) จาก adenosine triphosphate (ATP) ได้สารต่าง ๆ คือ 5–monophosphate–5 pyrophosphate และ 5–pyrophosphate–3-monophosphate ซึ่งสารตัวสุดท้ายนี้สลายตัวได้ง่ายมาก โดยการปล่อยหมู่ฟอสเฟต (phosphate) และคาร์บอกซิล (carboxyl) ออกไป ได้สารใหม่ คือ 3–isopentenylpyrophosphate (IPPP) และ isomerize ได้เป็น 3, 3–dimethylalkylpyrophosphate (DMAPP) จะรวมกันเป็นceramyl pyrophosphate (C10) ซึ่งจะไปรวมตัวกับ IPPP อีกโมเลกุลหนึ่ง ได้ farnesyl pyrophosphate (C15) แล้วจึงรวมตัวกันอีกครั้งหนึ่งกลายเป็น squalene (C30) squalene จะเปลี่ยนไปเป็น lanosterol ซึ่งขั้นตอนนี้ ต้องอาศัยออกซิเจนในไมโตคอนเดรีย มีการเปลี่ยนแปลงรูปเป็นวงแหวน โดยจะได้สาร squalene–2–3 epoxide ก่อน เอ็นไซม์ squalene epoxide lanosterol cyclase จะทำให้วงแหวนเปิด กลายเป็น lanosterol ขั้นตอนนี้เรียกว่า ปฏิกิริยา epoxidation การเปลี่ยน lanosterol ไปเป็นคอเลสเตอรอลมีหลายขั้นตอน โดยอาศัยเอ็นไซม์ที่มีอยู่ในไมโครโซม และโปรตีนในไซโตพลาสซึม คือ sterol carrier protein (SCP) เป็นตัวนำสารที่เกิดปฏิกิริยา จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง มีการกำจัดหมู่ methyl ออกไป 3 ตัว และเปลี่ยนตำแหน่งของพันธะคู่ (double bond) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดได้ 2 ทาง ทางแรก คือ จะได้ demosterol เป็นสารระหว่างปฏิกิริยา และอีกทางหนึ่งเป็นที่เกิดมากมี 7–dehydrocholesterol จะเปลี่ยนเป็นคอเลสเตอรอล ในที่สุดคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล คอเลสเตอรอลได้จากหมู่ methyl และ carboxyl ของอะซิเตต อะตอมของออกซิเจนได้จากโมเลกุลของออกซิเจนในไมโครโซมที่ใช้ในระหว่างปฏิกิริยา epoxidation กระบวนการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลเกิดขึ้นใน endoplasmic reticulum

การสร้างคอเลสเตอรอลระยะแรก คือ การสร้าง mevalonate และถูกยับยั้งได้โดยอาหารที่มีคอเลสเตอรอลสูง 7 alpha–hydroxycholesterol และ 20 alpha–hydroxycholesterol สาร 2 ตัวหลังเป็นสารที่เกิดระหว่างปฏิกิริยาการเปลี่ยนคอเลสเตอรอลไปเป็นน้ำดี และสเตียรอยด์ฮอร์โมน รวมทั้งไลโปโปรตีน ที่มีคอเลสเตอรอลเป็นส่วนประกอบ ปฏิกิริยาที่มีอัตราความเร็วจำกัด อีกประการหนึ่ง คือ การเปลี่ยน squalene ไปเป็น lanosterol กล่าวคือ การกินอาหารที่มีไขมันสูง ๆ จะเร่งปฏิกิริยาการสร้างคอเลสเตอรอล และขณะอดอาหารจะเกิดการสร้างน้อยลง ฮอร์โมนจากต่อม

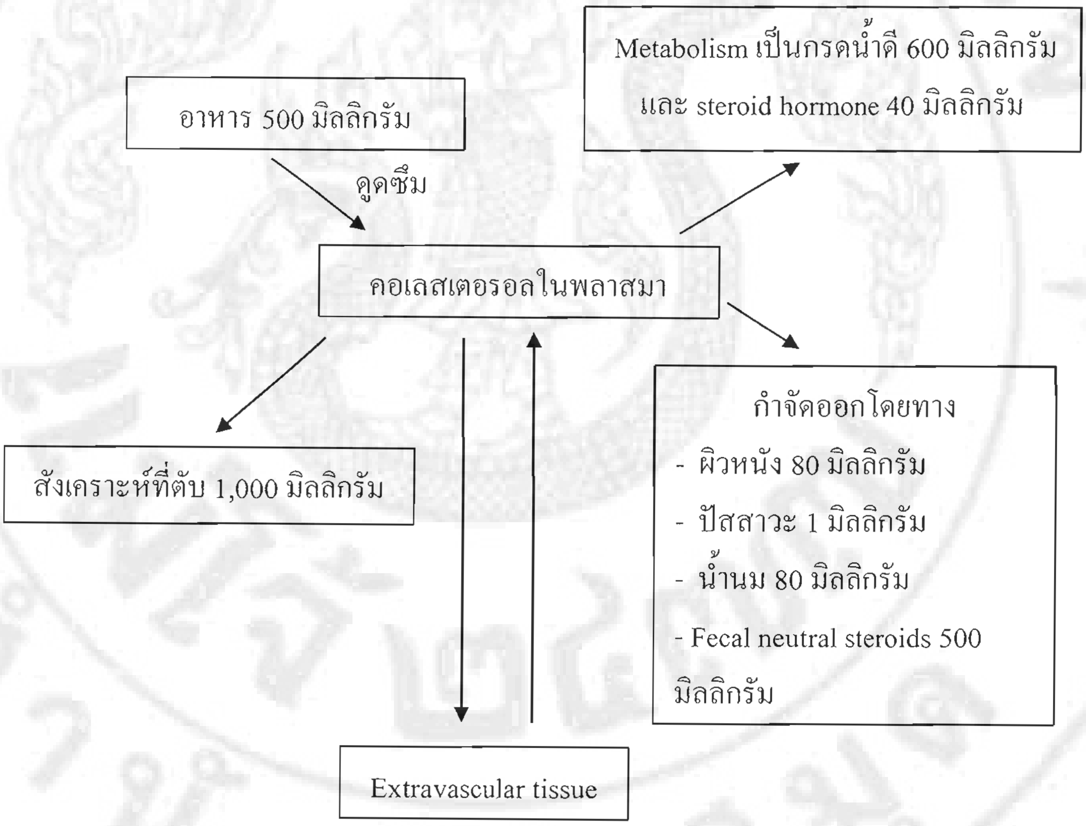
ไทรอยด์อาจเพิ่มการสลายตัวของคอเลสเตอรอลได้ ในภาวะที่มีไทรอยด์ฮอร์โมนต่ำ มักเกิดภาวะคอเลสเตอรอลในเลือดสูง ควบคู่กันไป คอเลสเตอรอลถูกสังเคราะห์ขึ้นที่ตับ สามารถเปลี่ยนเป็นกรดน้ำดี หรือ esterified เป็นคอเลสเตอรอลถูกสังเคราะห์ที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ โดยเอ็นไซม์ acyl CoA cholesterol acyl transferase (ACAT) เป็นคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ ถูกหลั่งออกมาสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตในรูปของสารประกอบเชิงซ้อนไลโปโปรตีน เรียกว่า very low-density lipoprotein (VLDL) เมื่อ very low-density lipoprotein (VLDL) อยู่ในระบบหมุนเวียนโลหิตจะถูกเคลื่อนย้ายไปยังเส้นเลือดฝอยของกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อไขมัน แล้ว very low-density lipoprotein (VLDL) จะถูกเปลี่ยนไปเป็น intermediate density lipoprotein (IDL) และ low-density lipoprotein (LDL) ตามลำดับ คอเลสเตอรอลที่ได้รับจากอาหารอยู่ในรูป low-density lipoprotein (LDL) เข้าเซลล์ได้โดยวิธี receptor mediate endocytosis คอเลสเตอรอลเอสเทอร์ที่อยู่ภายในเซลล์จะถูก hydrolyzed โดยเอ็นไซม์ lysosomal lipase ได้ คอเลสเตอรอลอิสระหรือ esterified อีกครั้งหนึ่ง โดยเอ็นไซม์ acyl CoA cholesterol acyl transferase (ACAT) เพื่อเก็บเป็นเม็ดคอเลสเตอรอล (cholesterolester droplet) (อุษณีย์, 2547)



ภาพ 3 การสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกาย
ที่มา: อุษณีย์ (2547)

การสลายคอเลสเตอรอล

คอเลสเตอรอลในร่างกายจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดน้ำดีเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งกรดน้ำดีสามารถถูกสังเคราะห์โดยตรงจากคอเลสเตอรอลที่ตับ ได้เป็นกรดน้ำดีชนิด primary acid ได้แก่ glycocholic acid และ chenodeoxycholic acid ซึ่งเป็นกรดน้ำดีที่พบได้ในคน กรดน้ำดีที่สร้างจากตับจะถูกส่งไปเก็บที่ถุงน้ำดี (gall bladder) และหลั่งไปที่ลำไส้เล็กเพื่อช่วยย่อยไขมัน และที่ลำไส้เล็ก กรดน้ำดีชนิด primary bile acid จะถูกเปลี่ยนเป็น secondary bile acid คือ deoxycholic และ lithocholic acid จากนั้นกรดน้ำดีบางส่วนจะถูกดูดซึมกลับที่ลำไส้ใหญ่แล้วกลับไปที่ตับ และบางส่วนจะขับออกไปกับอุจจาระ (enterohepation of bile acid) ดังนั้นกรดน้ำดีจึงมีบทบาทสำคัญในการช่วยควบคุมระดับคอเลสเตอรอลในร่างกายให้เป็นปกติ เพราะคอเลสเตอรอลไม่สามารถออกซิไดซ์ (oxidized) จนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำได้ (อุษณีย์, 2547)



ภาพ 4 การเผาผลาญ (metabolism) คอเลสเตอรอลในร่างกาย
ที่มา: อุษณีย์ (2547)

ผลของคอเลสเตอรอลต่อมนุษย์และสัตว์

คอเลสเตอรอลเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ และในสัตว์ด้วย ปกติแล้วในร่างกายมนุษย์จะมีระดับคอเลสเตอรอลใน plasma ประมาณ 200 mg/dL ขึ้นอยู่กับอายุ และปัจจัยอื่น ๆ (Martin, 1981) การมีคอเลสเตอรอลในซีรั่มต่ำ (hypocholesterolemia) ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการได้รับอาหารผิดส่วน หรือการย่อยและดูดซึมที่ลำไส้ไม่ดี หรือเป็นโรคที่ได้รับการถ่ายทอดทางพันธุกรรม เช่น โรค Alpha lipoprotein deficiency (Familial high-density lipoprotein deficiency, Trangier's disease) เนื่องจากขาดเอ็นไซม์ apo A I, apo A II ซึ่งอาจเกิดจากมีการสลายตัวมาก หรือเกิดจากความผิดปกติของยีนที่ควบคุมการสร้าง apo A ทำให้มีคอเลสเตอรอลในเลือดต่ำ ไตรกลีเซอไรด์สูง หรือปกติ high-density lipoprotein deficiency (HDL) ลดลงทำให้มีการคั่งของคอเลสเตอรอลในรูปเอสเทอร์ตามอวัยวะต่าง ๆ เช่น ต่อมทอนซิล ตับ ม้าม ต่อมน้ำเหลือง ทำให้อวัยวะเหล่านี้มีขนาดโตขึ้น และอาจมีไขมันไปเกาะที่เส้นประสาท ทำให้มีอาการทางประสาทร่วมด้วย ซึ่งโรคนี้สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ด้วย ภาวะการเกิด hypocholesterolemia มักพบใน hyperthyroidism; liver disease with hepato-cellular damage การมีคอเลสเตอรอลต่ำ พบว่ายังเป็นสาเหตุในการเกิดอัตราการเสี่ยงในการเป็นมะเร็งด้วย (Siemianowicz et al., 2000) ได้ทำการศึกษาในผู้ป่วยมะเร็งโรคปอดจำนวน 135 คน เปรียบเทียบกับกลุ่มปกติ 39 คน พบว่าผู้ป่วยโรคมะเร็งปอดมีระดับคอเลสเตอรอลในเลือดต่ำยังเป็นสาเหตุของการเกิด hyperthyroidism, liver disease with hepato-cellular damage (Sassolas and Cartier, 1999) โดยเฉพาะการเกิดโรคตับเรื้อรังเนื่องจากตับเป็นอวัยวะสำคัญในการเกิดเมตาบอลิซึมของคอเลสเตอรอล (Arienzo et al., 1998)

หากร่างกายมีคอเลสเตอรอลในปริมาณสูงเกินไปจะถูกสะสมในตับ และเปลี่ยนเป็นกรดน้ำดี ซึ่งเป็นกลไกของร่างกายในการป้องกันการสะสมของสารที่ไม่ละลายน้ำ (water insoluble substance) แต่ถ้าร่างกายไม่สามารถกำจัดคอเลสเตอรอลส่วนเกินออกได้ หรือสะสมในปริมาณมากทำให้เป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ เช่น การเกิด atherosclerosis หรือที่เรียกว่า โรคหลอดเลือดแดงแข็ง ซึ่งเกิดจากการสะสมของคอเลสเตอรอลในปริมาณมาก ๆ มาเกาะอยู่ที่ผนังของหลอดเลือดทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดแคบลง แรงดันเลือดสูงขึ้น เป็นผลให้มีแคลเซียมมาเกาะที่ผนังหลอดเลือดมากขึ้น ทำให้เส้นเลือดเปราะและขาดความยืดหยุ่น ทำให้ผนังเส้นเลือดแตกได้ง่าย โดยเฉพาะถ้าเกิดเหตุการณ์นี้กับหัวใจ เลือดและออกซิเจนจะไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจน้อยลงซึ่งจะทำให้เกิด coronary artery แล้ว ก็จะทำให้เกิดภาวะ myocardiac infraction กว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของผู้ป่วยที่เสียชีวิตด้วยโรคหัวใจ เกิดจาก coronary heart disease (CHD) ที่มีสาเหตุสำคัญคือ atherosclerosis (พรทิพย์, 2536)

มีการพยายามที่จะลดระดับคอเลสเตอรอลทั้งในตัวสัตว์และผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ได้จากสัตว์ การลดระดับคอเลสเตอรอลโดยการเสริมกระเทียมผงในอาหารไก่เนื้อ พบว่าการเสริมกระเทียมผงในระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ ไม่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง แต่ทำให้คอเลสเตอรอลในพลาสมาและในตับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Konjufca et al., 1997) การเสริม *Lactobacillus* ลงในอาหารไก่เนื้อ พบว่าที่ระดับ $1x10^6$ เซลล์/กรัม พบว่ามีคอเลสเตอรอลในซีรั่มต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (Jin et al., 1998)

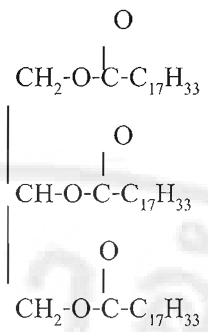
ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride)

ไตรกลีเซอไรด์เป็นชื่อเรียก เอสเทอร์ (ester) ของกลีเซอรอล (glycerol) ที่มีกรดไขมัน 3 โมเลกุล ไตรกลีเซอไรด์ เป็นลิปิดที่มีปริมาณมากที่สุด สัตว์จะสะสมไขมันเมื่อรับประทานอาหารเข้าไปมากกว่าพลังงานที่ใช้ ไตรกลีเซอไรด์ที่บริสุทธิ์จะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีรส รส สี และกลิ่นของ เนย น้ำมันมะกอก และไขมันอื่น ๆ เกิดจากสารประกอบอื่น สมบัติทางกายภาพของไตรกลีเซอไรด์จำนวนมากขึ้นอยู่กับความยาว และความไม่อิ่มตัวของโซ่ไฮโดรคาร์บอนของกรดไขมันในน้ำมัน ไตรกลีเซอไรด์มีความสำคัญมาก เพราะเป็นแหล่งพลังงานที่สะสมไว้ในสัตว์

นอกจากนี้ ไตรกลีเซอไรด์ยังป้องกันการสูญเสียความร้อน และการสะเทือน ชั้นในเนื้อเยื่อไขมันที่อยู่ใต้ผิวหนังจะเป็นฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อน ช่วยให้ร่างกายมีอุณหภูมิที่ปกติ ในอวัยวะต่าง ๆ เช่น ไต จะมีชั้นไขมันหนา ๆ เพื่อช่วยป้องกันการสะเทือน และไขมันใต้ผิวหนังก็ช่วยป้องกันการสะเทือนด้วยเหมือนกัน ส่วนใหญ่ไขมันที่เรากินไปทั้งหมดก็คือไตรกลีเซอไรด์ และทราบกันว่า ไขมันสร้างความอบอุ่นให้แก่ร่างกาย แท้ที่จริงแล้วก็มาจากไตรกลีเซอไรด์ โดยไตรกลีเซอไรด์ 1 กรัมให้ความร้อนแก่ร่างกาย 9 แคลอรี และไตรกลีเซอไรด์ ยังเป็นตัวทำละลายสำหรับวิตามินกลุ่มที่ละลายในไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ ดี อี และ เค (บุญล้อม, 2541)

โครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์

ไตรกลีเซอไรด์เป็นกลีเซอไรด์หนึ่งโมเลกุลที่มีจำนวนกรดไขมัน 3 โมเลกุล ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวทำให้มีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เรียกว่า น้ำมัน (oil) ส่วนไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันอิ่มตัว เป็นส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นของแข็ง เรียกว่า ไขมัน (fat) เช่น ไตรกลีเซอไรด์ที่สะสมไว้ในเซลล์ของสัตว์ ไตรกลีเซอไรด์ไม่สามารถรวมตัวกับน้ำเป็นไมเซลล์ (micelle) ได้ เพราะโมเลกุลมีแต่ส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (อุษณีย์, 2547)



ภาพ 5 แสดงโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์
ที่มา: อุษณีย์ (2547)

การสังเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์

ไตรกลีเซอไรด์จะจับตัวกับกลีเซอรอล 1 โมเลกุล และกรดไขมัน จะถูกเปลี่ยนไปเป็น adenosine triphosphate (ATP) ก่อนจะถูก incorporate เข้าในไตรกลีเซอไรด์ได้ เอ็นไซม์ glycerol kinase จะ activate glycerol แต่เอ็นไซม์ glycerol kinase ไม่พบในกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อไขมัน ดังนั้นกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อไขมัน จะได้ glycerol-3-phosphate จากการรีดักชันของ glycerol intermediate คือ dihydroxyacetone phosphate อาจสรุปการสังเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์ เป็น 3 วิธี คือ

1. monoacylglycerol pathway พบในลำไส้ เริ่มจาก 2-monoacylglycerol และเติม acyl CoA เอ็นไซม์ glycerol kinase จากนั้นรวมกับ acyl CoA 2 โมเลกุลสลายหมู่ฟอสเฟตออก และจับ acyl CoA อีก

2. glycerol pathway เกิดได้ในลำไส้ เริ่มจากกลีเซอรอลถูกเปลี่ยนเป็น glycerol-3–phosphate โดยมีเอ็นไซม์ glycerol kinase จากนั้นรวมตัวกับ acyl CoA 2 โมเลกุลสลายหมู่ฟอสเฟตออกและจับ acyl CoA อีก 1 โมเลกุล

3. dihydroxyacetone phosphate pathway โดยเริ่มจาก dihydroxyacetone phosphate ถูกรีดิวซ์ จนกลายเป็น glycerol-3–phosphate หรือ dihydroxyacetone phosphate อาจจับ acyl CoA เป็น 1-acyl dihydroxyacetone (อุษณีย์, 2547)

dihydroxyacetone phosphate

acyltransferase

dihydroxyacetone phosphate ⟶ acyl-dihydroxyacetone phosphate

↓ acyl-dihydroxyacetone phosphate reductase

glycerol-3-phosphate transferase

glycerol-3-phosphate ⟶ lysophosphatidic acid

↓ l-acylglycerol-3-phosphate acyltransferase

phosphatidic acid

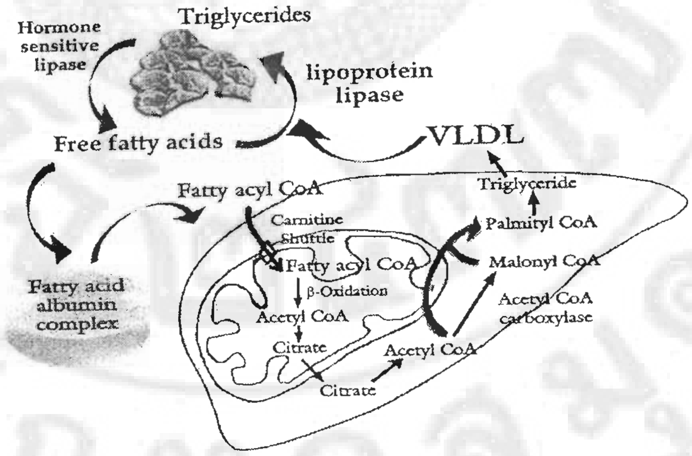
↓ phosphatidic acid phosphatase

diacylglycerol

↓ diacylglycerol acyltransferase

triacylglycerol

ภาพ 6 การสังเคราะห์ไตรกลีเซอร์ไรด์ (The reaction of triglycerides biosynthesis)
ที่มา: อุษณีย์ (2547)



ภาพ 7 การสังเคราะห์และการสลายไตรกลีเซอไรด์ระหว่างเซลล์ตับ และเซลล์ไขมัน
ที่มา: Koolman and Rohm (1966 อ้างโดย อุษณีย์, 2547)

การมีไตรกลีเซอร์ไรด์มาก ทำให้ร่างกายสร้าง acetyl CoA มากผิดปกติ ทำให้เกิดภาวะอ้วน (obesity) เพราะ acetyl CoA จะถูกนำไปสร้างเป็นไตรกลีเซอร์ไรด์สะสมตามเนื้อเยื่อไขมันใต้ผิวหนังมากกว่าปกติ อาจจะสะสมที่ตับได้ (อุษณีย์, 2547) จากการศึกษาของ David (1983) พบว่าองค์ประกอบของไขมันในกล้ามเนื้อส่วนใหญ่จะมีไตรกลีเซอร์ไรด์เป็นองค์ประกอบหลัก การที่ระดับไตรกลีเซอไรด์เพิ่มขึ้น ก็ทำให้ปริมาณของไขมันแทรกในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นด้วย

เม็ดเลือดขาวของสัตว์ปีก

เม็ดเลือดขาวในสัตว์ปีกแต่ละชนิด จะมีจำนวนที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปเม็ดเลือดขาวในสัตว์ปีกจะมีรูปร่างค่อนข้างกลมกว่า และมีจำนวนน้อยกว่าเม็ดเลือดแดง เป็นเซลล์ที่มีนิวเคลียส แต่ไม่มี ฮีโมโกลบิน ทำหน้าที่เก็บกินเชื้อโรค และสิ่งแปลกปลอม โดยจำนวนเม็ดเลือดขาวตามปกติจะแตกต่างกันตามชนิดสัตว์ปีก เพศ (ถ้าเพศผู้จะมีจำนวนมากกว่าเพศเมีย) อายุ (เพิ่มขึ้นตามอายุ) สภาพร่างกาย (ถ้าเป็นโรคติดเชื้อก็จะเพิ่มสูงขึ้น แล้วแต่โรคที่เกิดขึ้น) (วิโรจน์, 2537)

สามารถแบ่งเม็ดเลือดขาวออกได้เป็น 2 กลุ่ม รวม 5 ชนิด คือ

1. granulocyte เม็ดเลือดขาวกลุ่มนี้จะมีเม็ดสีขนาดเล็กหรือใหญ่ ไม่เหมือนกันอยู่ในไซโต-พลาสซึม โดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด

1.1 heterophils มีรูปร่างกลม มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10-15 มิลลิไมครอน ในกรณีที่ร่างกายสัตว์ปีกเกิดการติดเชื้ออย่างรุนแรง จะพบว่าจำนวนของ heterophils สูงมากกว่าระดับปกติในกระแสเลือด และบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการติดเชื้อจะพบว่ามีเม็ดเลือดขาวชนิดนี้เพิ่มมากขึ้น

1.2 eosinophils ขนาดใกล้เคียงกับ heterophils เม็ดสีในไซโตพลาสซึม มีรูปร่างกลม และค่อนข้างใหญ่ ติดสีแดงแกมส้ม ในขณะที่เม็ดสีของ heterophils ติดสีแดงสดใสเมื่อย้อมด้วย Wright's stain ไซโตพลาสซึมติดสีเทาแกมน้ำเงินจาง ๆ ในกรณีที่ร่างกายสัตว์ปีกมีพยาธิภายใน และภายนอกอยู่มาก หรือในภาวะที่มีการแพ้เกิดขึ้น จะพบเม็ดเลือดขาวชนิดนี้มากกว่าระดับปกติในกระแสเลือด

1.3 basophils ขนาด และรูปร่างคล้าย heterophils ซึ่งบางครั้งอาจมีขนาดเล็กกว่า นิวเคลียสติดสีด่างจาง ๆ รูปกลม หรือรูปรี รูปร่างคล้ายเกือกม้า หรือบางครั้งแบ่งเป็นกลีบมีปริมาณมาก และไม่ติดสี เม็ดสีในไซโตพลาสซึมติดสีน้ำเงินแกมม่วง

2. agranulocyte เป็นเม็ดเลือดขาวที่มีเม็ดสีน้อยมาก หรือไม่มีเลย ในไซโตพลาสซึม แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด

2.1 lymphocytes โดยทั่วไปจะมี 3 ชนิดคือ ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ในกระแสเลือด ซึ่งพบว่า เม็ดเลือดขาวขนาดใหญ่พบน้อย และมักไม่เจริญเต็มที่ เม็ดเลือดขาวขนาดกลาง และ

ขนาดเล็กจะเป็นเม็ดเลือดขาวที่โตเต็มที่ และมีหน้าที่โดยตรง เม็ดเลือดขาวชนิดนี้มีจำนวนมากที่สุดในกระแสเลือด

2.2 monocytes เป็นเม็ดเลือดขาวที่มีขนาดใหญ่ที่สุด และมีปริมาณไซโตพลาสซึมมากกว่าของ Lymphocytes ขนาดใหญ่ ไซโตพลาสซึมย้อมติดสีฟ้าแกมเทา มีนิวเคลียสรูปร่างคล้ายเกือกม้า และมีปริมาณน้อยที่สุดในจำนวนเม็ดเลือดขาวทั้ง 5 ชนิด (เกษม และ มัณฑนา, 2527; วิโรจน์, 2540; Stevens and Lowe, no date)