บทที่ 2
เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของฝรั่ง

ฝรั่ง (guava) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Psidium guajava* Linn. จัดอยู่ในวงศ์ Myrtaceae มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปอเมริกา ซึ่งต่อมาได้แพร่กระจายเข้ามายังทวีปเอเชีย ในประเทศไทยถูกนำเข้ามาในสมัยที่เริ่มมีสัมพันธไมตรีกับอเมริกาโดยมิชชั่นนารี่อเมริกันนำเข้ามาแพร่พันธุ์ คนไทยจึงเรียกผลไม้ชนิดนี้ว่า ฝรั่ง โดยฝรั่งมีชื่อเรียกตามภาษาท้องถิ่น มะมั่น มะถ้วยกา (เหนือ) มะปุ่น (สุโขทัย, ตาก) มะแกว (แพร่) บักสีดา (อีสาน) ยาหมู ยามู ชมพู่ (ใต้) (ศูนย์ข้อมูลสมุนไพร, 2530)

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของฝรั่ง

ฝรั่งเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กสูง 5-7 เมตร กิ่งอ่อนเป็นเหลี่ยม ยอดอ่อนและใบอ่อนมีขนนุ่มๆ ปกคลุม เปลือกต้นเรียบมีลายสีน้ำตาลอ่อน ใบเป็นใบเดี่ยวออกตรงกันข้าม เป็นรูปรี หรือรูปไข่ ลักษณะดอกเดี่ยวหรือออกเป็นช่อเล็กๆ 2-3 ดอก ดอกออกตามซอกใบ กลีบดอกสีขาว มีเกสรตัวผู้มาก เป็นฝอย ก้านเกสรไม่ติดกัน ผลกลมโต ผลดิบมีสีเขียว ผลสุกมีสีเขียวอ่อนปนเหลือง มีกลิ่นเฉพาะตัว ภายในมีเนื้อสีขาวนวล หรือสีชมพู มีเมล็ดมากขนาดเท่าหัวไม้ขีด เกือบกลม (วันดี, 2539) ดังแสดงในภาพที่ 2-1 และ 2-2 ฝรั่งมีด้วยกัน 3 กลุ่ม คือ ฝรั่งพันธุ์พื้นเมือง ฝรั่งพันธุ์จีน ฝรั่งพันธุ์อินเดีย (สรัสวดี, 2532) ฝรั่งเป็นแหล่งของวิตามินและแร่ธาตุ โดยเฉพาะวิตามินซี วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 ธาตุเหล็ก แคลเซียม และฟอสฟอรัส (Escrig et al., 2001)

ต้นฝรั่ง

ใบฝรั่ง

ภาพที่ 2-1 ลักษณะของต้น และใบฝรั่ง

ภาพที่ 2-2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของใบ ดอก และผลฝรั่ง
ที่มา: สรศักดิ์ (2531)

2.3 การจำแนกพันธุ์ฝรั่ง

การจำแนกพันธุ์ฝรั่งสามารถจัดจำแนกได้หลายพันธุ์ ได้แก่

2.3.1 ฝรั่งค่อมอินเดีย ฝรั่งเถา เป็นไม้พุ่มเตี้ยคล้ายไม้เลื้อย ผลคล้ายมะกอกฝรั่ง ปลูกง่าย สามารถเพาะได้ด้วยเมล็ด ประมาณ 8 เดือนให้ผล ทนทานต่อน้ำท่วม

2.3.2 ฝรั่งแห้ว ต้นสูงใหญ่ ผลป้อมเป็นพูเล็กน้อย รสหวานกรอบไม่มีเมล็ด

2.3.3 ฝรั่งจีน ต้นสูงปานกลาง มี 2 ชนิด คือ ชนิดผลมีจุกคล้ายลูกสาลี่ เนื้อหนา เมล็ดน้อย รสชาติหวาน ชนิดผลป้อม ไม่มีจุก เนื้อบาง เมล็ดมาก หวานน้อยกว่าชนิดผลกลม ชอบดินชื้นแฉะ สามารถทนน้ำท่วมนาน ๆ ได้

2.3.4 ฝรั่งหลวง ฝรั่งอินเดีย ต้นสูงใหญ่กว่าพันธุ์อื่น ๆ ผลรูปไข่เบี้ยวเป็นพูเล็กน้อย ผิวขรุขระมาก เนื้อหนาหยาบกรอบ รสหวานอมเปรี้ยว

2.3.5 ฝรั่งขี้นก เป็นพันธุ์ดั้งเดิมของไทย มีผลขนาดเล็ก ไส้สีแดง ติดผลเป็นกลุ่ม มีกลิ่นหอม เมื่อสุกสีขาวนวล รสหวาน

2.3.6 ฝรั่งเวียดนาม ได้มีผู้นำมาปลูก เมื่อปี พ.ศ. 2517 ซึ่งเป็นคู่แข่งของฝรั่งอินเดียและฝรั่งจีน สายพันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันได้แก่ ฝรั่งกลมสาลี่ มีผลโต หวานกรอบเนื้อละเอียด ปลูกง่าย ได้ผลเร็ว

2.3.7 บางกอกแอปเปิ้ล เป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่างพันธุ์อินเดียไม่มีเมล็ดกับพันธุ์กลมสาลี่ มีผลขนาดใหญ่น้ำหนักอยู่ระหว่าง 600-1,100 กรัม ผลกลมคล้ายผลแอปเปิ้ล ไม่มีเมล็ดหรือมีเพียง 2-3 เมล็ด เนื้อหนาแน่นและกรอบ (ขวัญตา, 2535)

2.4 ประโยชน์ของฝรั่ง

ใบฝรั่งที่เจริญสมบูรณ์เต็มที่ และผลดิบอ่อนมีรสฝาด ซึ่งฤทธิ์ฝาดสามารถรักษาอาการท้องเสีย (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน, 2541) มีวิตามินซีสูงช่วยป้องกันเลือดออกตามไรฟัน ป้องกันโรคหวัด แคลเซียมในฝรั่งป้องกันกระดูกเปราะและฝันผุ วิตามินบี 1 และวิตามินบี 2 ป้องกันโรคเหน็บชาและช่วยป้องกันไขมันอุดตันในเส้นเลือด (ปรียา, 2552) ต้านการอักเสบ ต้านอาการไอ (Jaiarj et al., 1999) รักษาโรคอหิวาตกโรค มีฤทธิ์ต่อระบบประสาทเนื่องจากสาร เคอร์ซีติน (quercetin) ออกฤทธิ์คล้ายกับ morphine (สมพร, 2542) มีฤทธิ์ยับยั้งการหลั่ง acetylcholine ขัดขวางการเข้าเซลล์ของแคลเซียม ในระบบทางเดินอาหารทำให้ลดการบีบตัวของลำไส้ และลดการเคลื่อนไหวของลำไส้ใหญ่ ออกฤทธิ์ยับยั้งและฆ่าเชื้อรา ยับยั้งแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบ เช่น *Staphylococcus aureus, Shiglla antidysenteriae, Escherichia coli* และ *Salmonella tyhosa* (เพ็ญนภา, 2548; Lin et al., 2002) มีฤทธิ์สมานแผล ลดการดูดซึมผ่านของของเหลว ช่วยลดอาการท้องเดิน (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน, 2541; Vieira et al., 2001) โดยช่วยในการดูดซึมน้ำเข้าสู่ผนังลำไส้จึงทำให้สามารถยับยั้งอาการท้องเสียเฉียบพลันได้ (Lozota et al., 1994)

ตารางที่ 2-1 องค์ประกอบทางโภชนะของผล และใบฝรั่ง

องค์ประกอบ	ผลฝรั่ง[1]	ใบฝรั่ง[2]	ใบฝรั่ง[3]
ความชื้น (%)	80.70	7.16	6.12
คาร์โบไฮเดรต (%)	11.60	-	-
ไขมัน (%)	0.10	3.26	2.66
โปรตีน (%)	0.90	8.47	12.46
เยื่อใย (%)	6.00	2.67	13.85
เถ้า (%)	-	9.66	6.84
พลังงาน (kcal/100 กรัม)	51.00	4.46	4.74
วิตามินเอ (IU/100กรัม)	89.00	-	-
วิตามินซี (มก./100กรัม)	160.00	-	-
วิตามินบี 1 (มก./100 กรัม)	0.06	-	-
วิตามินบี 2 (มก./100 กรัม)	0.13	-	-
แคลเซียม (มก./100 กรัม)	13.00	1.71	1.21
เหล็ก (มก./100 กรัม)	0.50	-	-
ฟอสฟอรัส (มก./100 กรัม)	25.00	0.15	0.23

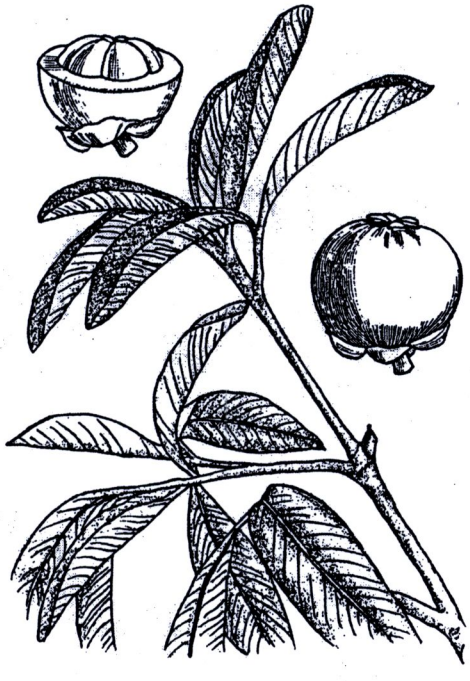
ที่มา: [1]พันธิตร์ (2549) [2]วิรัตน์ (2550) [3]เชนทร์ (2547)

2.5 ความสำคัญของมังคุด

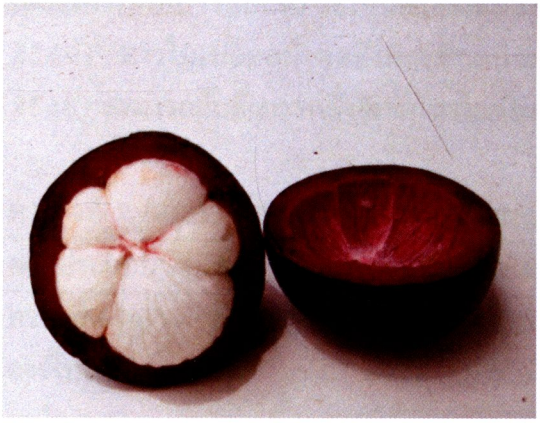
มังคุด (mangosteen) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Garcinia mangostana* Linn. จัดอยู่ในวงศ์ Guttiferae มังคุดเป็นไม้ผลเมืองร้อน แต่ชอบฝนชุ่มฉ่ำ จึงปลูกมากทางภาคใต้ของประเทศไทย เป็นผลไม้ยอดนิยมชนิดหนึ่งของคนไทย ให้ผลผลิตปีละครั้ง คือช่วงย่างเข้าฤดูฝน มังคุดเป็นราชินีผลไม้ ด้วยลักษณะภายนอกของผลที่มีกลีบเลี้ยงติดอยู่ที่หัวขั้วของผลคล้ายมงกุฎของพระราชินี ส่วนเนื้อในมีสีขาวสะอาด มีรสชาติหวานอร่อย (สุขภาพดีด้วยสมุนไพรใกล้ตัว (9), 2541)

2.6 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมังคุด

มังคุดเป็นไม้ผลขนาดกลาง มีความสูงประมาณ 10-25 เมตร ลำต้นตั้งตรง ทรงพุ่มเป็นแบบพีรามิด เปลือกของลำต้นสีน้ำตาลเข้ม ใบใหญ่ หนาและเป็นมัน ใบรูปร่างคล้ายไข่ ค่อนข้างยาว ส่วนของโคนใบเล็กเรียวหรือเป็นมุมป้าน หรือใบกลม ปลายใบแคบและหนาแข็ง ออกดอกเป็นช่อบริเวณปลายกิ่ง มีสีเขียวอมเหลือง ตรงขอบมีสีแดง มีกลีบเลี้ยง 4 กลีบ ผลมังคุดรูปร่างค่อนข้างกลมแบนเล็กน้อย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5-7 เซนติเมตร สีของผลฝรั่งเมื่อสุกจะเป็นสีน้ำตาลเข้มอมม่วงถึงสีม่วงเข้ม มีเปลือกหนา ผลมียางสีเหลือง ภายในผลจะมีเนื้อลักษณะที่นิ่มสีขาว แบ่งเป็นกลีบๆ ประมาณ 4-8 กลีบ (นฤมล, 2548) ดังแสดงในภาพที่ 2-3 และ 2-4



ภาพที่ 2-3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมังคุด
ที่มา: สรศักดิ์ (2531)



เนื้อมังคุด

เปลือกมังคุด

ภาพที่ 2-4 ลักษณะของเนื้อ และเปลือกมังคุด

มังคุดเจริญเติบโตได้ในดินเกือบทุกชนิด ดินที่เหมาะสมเป็นดินเหนียวปนทราย ที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงสามารถอุ้มน้ำและระบายน้ำได้ดี พื้นที่เหมาะสมต่อการปลูกมังคุดควรมีสภาพภูมิอากาศร้อนและชุ่มชื้น คือ มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส และมีฝนตกชุกสม่ำเสมอ ส่วนของเนื้อด้านในของมังคุด (pulp) ประกอบด้วยสารอาหาร วิตามินและเกลือแร่อื่น ๆ อีกหลายชนิด เช่น น้ำตาล กรดอินทรีย์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก นอกจากนั้นกากใยจากเนื้อของมังคุดยังช่วยในการขับถ่าย นอกจากสารอาหารที่อยู่ในเนื้อมังคุดแล้ว เปลือกมังคุด (pericarp) ยังมีสารสำคัญคือ แทนนิน (tannin) และสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มแซนโทน (xanthones) (Asai et al., 1995)

2.7 ประโยชน์ของมังคุด

ในอดีตคนไทยรู้จักการใช้ประโยชน์จากเปลือกมังคุดในการรักษาโรคท้องเสีย ท้องร่วง เรื้อรัง ถ่ายเป็นมูกเลือด เนื่องจากเปลือกมังคุดมีฤทธิ์ สมานรักษาแผลให้หายเร็ว มีฤทธิ์แก้อาการท้องเดิน (นพ และสมพร, 2545) มีแคลเซียมช่วยป้องกันกระดูกเปราะและฝันผุ วิตามินบี 1 และ บี 2 ช่วยในการย่อยอาหารและช่วยป้องกันไขมันอุดตันในเส้นเลือด (ปรียา, 2552) ในเปลือกมังคุดแก่มีสารสีเหลืองชื่อ แซนโทน โดยแซนโทนมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และบรรเทาอาการอักเสบ (Yohikawa et al., 1994) และมีสารแอนโทรไซยานิน (anthrocyanin) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (นพ และสมพร, 2545; Fan and Su, 1998) นอกจากนี้เปลือกมังคุดยังมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีความสามารถสูงกว่า โหระพา ฟ้าทะลายโจร ตะไคร้ แก้วมังกร และเสาวรส (Tachakittirungrod et al., 2007) ช่วยลดการอักเสบ ต้านเชื้อแบคทีเรีย และยับยั้งเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคผิวหนังได้ (วันดี, 2541) เปลือกมังคุดแห้งเมื่อนำไปต้มกับน้ำดื่ม จะช่วยแก้ท้องเสีย ท้องร่วง ถ่ายเป็นมูกเลือด และบิด อีกทั้งยังช่วยระงับการเจริญเติบโตของ

เชื้อโรค ระงับการอักเสบ ใช้เป็นยาล้างแผลสมานแผล แก้แผลเปื่อย แผลเป็นหนอง (รุ่งรัตน์, 2540) สารในเปลือกมังคุดยังมีฤทธิ์กดประสาทส่วนกลาง และเพิ่มความดันเลือด (เพ็ญนภา, 2548) สามารถยับยั้งการหลั่งอิเลคโทรไลต์ในลำไส้ (Pongsakorn et al., 1992)

ตารางที่ 2-2 องค์ประกอบทางโภชนะของผล และเปลือกมังคุด

องค์ประกอบ	ผลมังคุด[1]	เปลือกมังคุด[2]	เปลือกมังคุด[3]
ความชื้น (%)	87.60	–	8.30
คาร์โบไฮเดรต (%)	5.60	14.70	–
ไขมัน (%)	1.00	0.30	2.23
โปรตีน (%)	0.60	0.50	2.99
เยื่อใย (%)	6.00	–	30.72
เถ้า (%)	0.10	-	2.89
พลังงาน (kcal/100กรัม)	3.40	-	3.76
วิตามินซี (มก./100 กรัม)	4.20	4.00	-
วิตามินบี 1 (มก./100 กรัม)	0.03	0.03	-
วิตามินบี 2 (มก./100 กรัม)	0.03	0.02	-
แคลเซียม (มก./100 กรัม)	7.00	10.00	0.10
เหล็ก (มก./100 กรัม)	1.00	0.50	–
ฟอสฟอรัส (มก./100 กรัม)	4.00	10.00	0.04

ที่มา: [1] นพ และสมพร (2545) [2]นันทวัน (2542) [3]ศรีสุดา (2549)

2.8 สารสำคัญในใบฝรั่งและเปลือกมังคุด

สารที่พบได้ในใบฝรั่ง คือ แทนนินมีประมาณ 8-15% เป็นประเภท คอนเดนซ์แทนนิน (condense tannin) ไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน (hydrolysable tannin) และมีสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) นอกจากนี้ยังมีน้ำมันหอมระเหยหลายชนิด เช่น aromadendrene, β-bisabolene, caryophyllene, caryophyllene oxide, longiycyclene และ tertiary sesquiterpene alconol เป็นต้น (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน, 2541) นอกจากนี้ยังมีสารเคอร์ซีติน อยู่ประมาณ 0.36% (นันทวัน, 2542) ในเปลือกมังคุดมีปริมาณสารแทนนินเฉลี่ยประมาณ 11.12% สารแคททีชิน (catechin) และแรชิน (resins) มีฤทธิ์เป็นยาสมาน แก้โรคบิด ท้องร่วง อาการท้องเดิน (สมพร, 2542) โดยผลของมังคุดมีสารประกอบพวกโพลีไฮดรอกซีเซนโทน (polyhydroxyxanthone) เรียกสารเหล่านี้ว่ามังโกสติน (mangostin) เบต้ามังโกสติน (β-mangostin) กาทานิน (gartanin) เอลพาไดออกซีกาทานิน (α-dioxygatanin) แซนโทน

(xanthone) มีประมาณ 0.44% มังโกสตินอี (mangostin-e) นอมังโกสติน (normangostin) และ 6-ไดโอกลูโคไซด์ (6 di-O-glucoside) (นพ และสมพร, 2545)

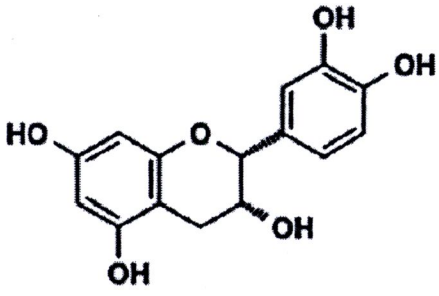
2.8.1 แทนนิน (Tannins)

แทนนินเป็นกลุ่มสารที่พบได้โดยทั่วไปในพืชเกือบทุกชนิด เป็นกลุ่มโพลีฟีนอลิก (polyphenolic) มีหมู่ไฮดรอกซิลหลายหมู่ และมีโครงสร้างค่อนข้างใหญ่ (ตรีเพชร, 2552) มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 500-3,000 โมล มีโครงสร้างสลับซับซ้อน แยกให้บริสุทธิ์ได้ยาก เนื่องจากไม่ตกผลึก ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปไกลโคไซด์ (glycoside) พบกระจายอยู่ตามส่วนต่างๆ ของพืช ผักและผลไม้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบโครงสร้างของโมเลกุล การแยกสลายด้วยน้ำ ความร้อน ด่าง เอนไซม์ และเชื้อราต่างๆ (Gustavson, 1965)

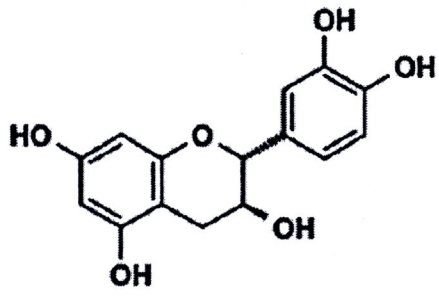
1) ไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน (hydrolyzable tannins) พบมากในส่วนใบ ฝัก และ gall (ส่วนที่ปูดออกมาจากปกติ เมื่อต้นไม้ได้รับอันตราย) เป็นพวกที่สลายตัวได้ในกรดหรือน้ำย่อยทำให้มีโมเลกุลที่เล็กลง มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการฟอกหนัง และมีคุณสมบัติคล้ายกับกรดแทนนิกที่ทำเป็นการค้า (ยุพิน, 2538) ซึ่งไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนินสามารถแบ่งออกได้อีก 2 ชนิด คือ แกลโลแทนนิน (gallotannin) และเอลลาจิแทนนิน (cllagitannin) (วัฒนา, 2539) ซึ่งมีพิษต่อตับและไต (เพ็ญนภา, 2548)

2) คอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannins) พบได้ในส่วนเปลือกของต้น และแก่นไม้เป็นส่วนใหญ่ เช่น gallic acid, eallagic tannins และ theogallin เป็นต้น (รุ่งระวี และคณะ, 2545) คอนเดนซ์แทนนินหรือฟลาโวแทนนิน (flavo tannins) มีโมเลกุลขนาดใหญ่ จัดอยู่ในโพลีเมอริกโพลีฟีนอล (polymerric polyphenols) มีโครงสร้างของโมเลกุลซับซ้อนมาก มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 500-3,000 ขึ้นไป ไม่สามารถไฮโดรไลซ์ได้ด้วยกรดหรือด่าง แต่ละลายได้ดีในน้ำร้อน สารละลายแอลกอฮอล์ หรือสารละลายอะซีโตน (วัฒนา, 2539) เมื่อต้มกับกรดจะรวมตัวกันเป็นโพลีเมอร์เกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ มีรูปร่างไม่แน่นอนและมีสีแดง เรียกว่า Tannin-red หรือโฟลบาฟีน (phlobaphene)

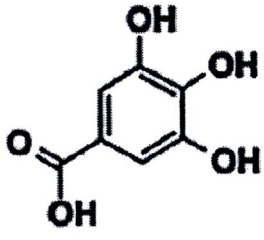
แทนนินมีคุณสมบัติตกตะกอนโปรตีน ทำให้หนังสัตว์ไม่เน่าเปื่อย (รุ่งระวี และคณะ, 2545) การใช้ประโยชน์จากแทนนินส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องหนัง ในการฟอกหนังเพื่อให้มีความคงทนสวยงาม ในทางยาแทนนินมีรสฝาดสมาน ทำให้แผลหายเร็วขึ้น ยาแผนโบราณมักรวมสมุนไพรที่มีแทนนินไว้ในยาแก้ท้องเสีย นอกจากนี้แทนนินมีฤทธิ์สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดอาการท้องเสียได้ มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ *Staphyllococcus aureus* และ *E. coli* (นันทวัน, 2542)



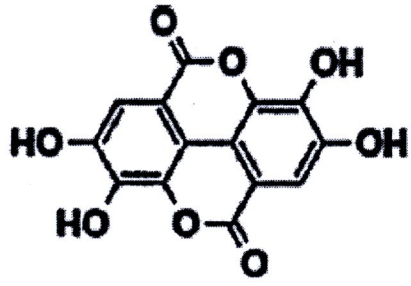
Epicatechin



Catechin



Gallic acid



Ellagic acid

ภาพที่ 2-5 โครงสร้างทางเคมีของคอนเดนซ์แทนนิน และไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน
ที่มา: Hagerman (2002)

2.8.2 กลไกในการยับยั้งและต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารแทนนิน

1) คุณสมบัติการเป็นคีเลต (chelating agents) โดยพบว่า tannic acid, propyl gallate และ methyl gallate สามารถยับยั้งและต้านการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ทำการทดสอบทุกชนิดทั้งชนิดแกรมบวกและแกรมลบ ยกเว้น lactic acid และ Bifidobacterium ซึ่ง tannic acid จะมีฤทธิ์ในการยับยั้งมากกว่า propyl gallate และ methyl gallate (Chung et al., 1998) ผลดังกล่าวอาจเนื่องมาจากกลไกการทำงานของแทนนิน โดยแทนนินมีคุณสมบัติในการเป็นคีเลตทำปฏิกิริยากับธาตุเหล็กเกิดเป็นสารประกอบคีเลต เช่น ferric chloride โดยไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน จะรวมตัวกับเฟอร์ริคไอออนเป็นสารประกอบเชิงซ้อนตกตระกอนเป็นสีน้ำเงินดำ ส่วนคอนเดนซ์แทนนินจะเกิดตะกอนสีเขียว (ธนิต, 2536) ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวคล้ายกับ siderophores ของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญและจำเป็นในการจับกับธาตุเหล็ก เพื่อใช้ในกระบวนการต่างๆ โดยเฉพาะกระบวนการสร้างไรโบนิวคลีโอไทด์ (ribonucleotide) ซึ่งเป็นสารตั้ง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ต้นในการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ (DNA) และในกระบวนการสร้างฮีม (heme) ของแบคทีเรีย (Scalbert, 1991) ดังนั้นการเกิดคีเลตระหว่างแทนนินกับธาตุเหล็กจึงเป็นการขัดขวาง และทำให้แบคทีเรียไม่สามารถนำธาตุเหล็กไปใช้ประโยชน์ได้

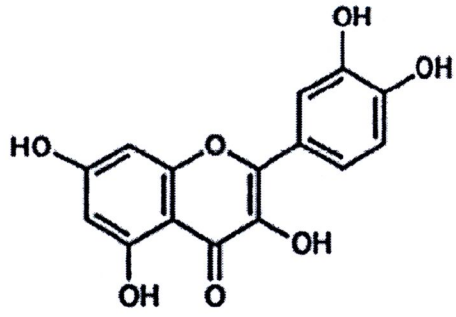
2) คุณสมบัติการตกตะกอนกับโปรตีน การออกฤทธิ์ของแทนนินนั้น อาจมีผลโดยตรงต่อเยื่อหุ้มเซลล์ (membranes) ของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเข้าทำปฏิกิริยากับโปรโตพลาสมาของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการตกตะกอนหรือไปขัดขวางกระบวนการ oxidative phosphorylations และการส่งถ่ายอิเล็กตรอน (electron transports) ภายในเซลล์ไมโตรคอนเดรีย (Scalbert, 1991) แต่การออกฤทธิ์ของแทนนินไม่ได้จำเพาะเจาะจงต่อเชื้อจุลินทรีย์เท่านั้นแต่ยังสามารถทำปฏิกิริยากับเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตได้ โดยพบว่าเมื่อได้รับแทนนินในปริมาณต่ำจะทำให้เนื้อเยื่อทางเดินอาหารชั้นนอกตกตะกอน เนื่องจากแทนนินเมื่อสัมผัสกับผนังลำไส้ใหญ่จะรวมตัวกับโปรตีนที่เนื้อเยื่อบุผิวแล้วเปลี่ยนเป็นสารที่สามารถเคลือบเนื้อเยื่อ ทำให้ลดอาการระคายเคือง จึงหยุดถ่ายอุจจาระ (รุ่งระวี และคณะ, 2545) มีผลทำให้การซึมผ่านลดลง และช่วยป้องกันเนื้อเยื่อชั้นในจากปฏิกิริยาของเชื้อแบคทีเรีย แต่ถ้าได้รับในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีนในชั้นที่ลึกลงไปของผนังทางเดินอาหาร

2.8.3 เคอร์ซีติน (Quercetin)

สารเคอร์ซีตินจัดเป็นสารฟลาโวนอยด์ชนิดหนึ่ง ที่มีวงแหวนไพแรน (pyran ring) เชื่อมติดกับวงแหวนเบนซีน (benzene ring) (รัตนา, 2547) ในธรรมชาติจะพบในพืชและผักหลายชนิดรวมทั้งฝรั่ง โดยเฉพาะในส่วนของใบ สารเคอร์ซีตินมีโครงสร้างทางเคมีคล้ายกับมอร์ฟีนซึ่งมีคุณสมบัติยับยั้งการหลั่งอะซีติลโคลีน (acetycholine) และขัดขวางการเข้าเซลล์ของแคลเซียมทำให้กล้ามเนื้อเรียบคลายตัว มีผลยับยั้งการหดตัวและลดการบีบตัวของลำไส้ (รุ่งระวี และคณะ, 2545) และยังยับยั้งการหลั่งสารคัดหลั่งเข้าสู่ทางเดินอาหาร และช่วยในการดูดซึมน้ำเข้าสู่ผนังลำไส้จึงทำให้สามารถยับยั้งอาการท้องเสียเฉียบพลันได้ (Lutterodt, 1989) นอกจากนี้ยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (Van Acker et al., 1996) สารต้านการเกิดมะเร็ง (anticancer) (Lamson and Brignall, 2000) ต้านมะเร็งเต้านม และต้านมะเร็งลำไส้ (คณะอนุกรรมการศูนย์ประสานงานสารนิเทศ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2544) สารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (antithrombotic) สารต้านไวรัส (antiviral) ป้องกันโรคหัวใจ ป้องกันโรคเบาหวาน (Ajay et al., 2006) และโดยเฉพาะหน้าที่เกี่ยวกับการยับยั้งและต้านเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobial) (Di Carlo et al., 1999; Gatto et al., 2002)

เคอร์ซีตินยังสามารถยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในระบบต่าง ๆ เช่น แบคทีเรียก่อโรคระบบทางเดินหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ผิวหนัง และระบบขับถ่ายปัสสาวะ (Lakhanpal and Rai, 2007) Rauha et al. (2000) ได้ทำการทดสอบถึงฤทธิ์ของเคอร์ซีติน ที่มีต่อเชื้อจุลินทรีย์พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 500 มคก./มล. สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Bacillus*

subtilis, *Escherichia coli*, *Micrococcus luteus*, *Straphylococcus aureus* และ *S. epidermidis* แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* และเชื้อยีสต์บางชนิด สอดคล้องกันกับรายงานของ Jagadish et al. (2009) ที่พบว่าเคอร์ซิตีนที่สกัดจาก *Agaricus bisporus* ที่ระดับ 16.4 มก./ก. สามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus subtilis* ATCC6633, *Klebsiella pneumonia* ATCC 27736, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 2036 และ *Candida albicans* ATCC 90028 ได้ นอกจากนี้เคอร์ซีติน มีฤทธิ์ในการต่อต้านเชื้อ *M. tuberculosis* โดยค่า minimum inhibitory activity (MIC) 25 มคก./มล. (Habbu et al., 2009) ปัญจางค์ และคณะ (2528) อ้างโดยรุ่งระวี และคณะ (2545) ได้ทำการวิจัยทางคลินิกในผู้ป่วยท้องเดิน 112 คน โดยใช้ใบฝรั่งอบแห้งบดใส่แคปซูลให้รับประทานครั้งละ 500 มก. เปรียบเทียบกับการให้ยาคลอเตตร้าซัยคลิน ครั้งละ 500 มก. รับประทานทุก 6 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน พบว่าให้ผลการรักษาเหมือนกัน ซึ่งคาดว่าสารแทนนินและเคอร์ซิตินร่วมกันออกฤทธิ์



ภาพที่ 2-6 โครงสร้างของเคอร์ซีติน
ที่มา: Lakhanpal and Rai (2007)

2.8.4 ซาโปนิน (saponin)

ซาโปนิน (saponins) หรือซาโปนินกลัยโคไซด์ (saponins glycoside) เป็นสารทำความสะอาด (detergent) ตามธรรมชาติที่พบในพืชหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชที่ขึ้นในที่แห้งแล้ง เช่น *Yucca schidigera*, *Quillaja saponaria* โสม ชะเอม บัวบก ข้าวเย็นเหนือ ข้าวเย็นใต้ กลอย ประคำดีควาย ส้มป่อย เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบซาโปนินในปริมาณเล็กน้อยในอาหารบางชนิด เช่น ถั่วเหลืองและพืชตระกูลถั่ว มีคุณสมบัติในการเป็นสารทำความสะอาดหรือลดแรงตึงผิว (surfactant) เมื่อเขย่าสารละลายของซาโปนินในน้ำทำให้เกิดฟองซึ่งมีความเสถียรสูง (รุ่งระวี และคณะ, 2545) เกิดจากการที่มีทั้งส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำอยู่ในโครงสร้าง มีใจกลางเป็นส่วนที่ชอบไขมันซึ่งอาจเป็น สเตียรอยด์หรือไตรเทอปีนอยด์ (triterpenoid) กับส่วนของ side chain ที่เป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งชอบน้ำ หรือส่วนที่เป็นน้ำตาลนั่นเอง และซาโปนินยังมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อ

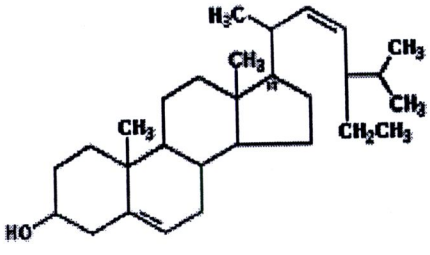
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ราและแบคทีเรีย เนื่องจากซาโปนินเป็นสารลดแรงตึงผิวในธรรมชาติเหมือนกับ sodium dodecyl sulfate และ sodium linear alkylbenzene sulfonate ซาโปนิน เป็นสารในกลุ่ม glycoside ที่มีส่วน aglycone เป็นสารจำพวก steroids หรือ triterpenoids เช่น dioscin เป็นสเตียรอยด์ดัลซาโปนิน (steroidal saponin) เมื่อถูกไฮโดรไลซิสจะได้ไดออลจีนิน (diosgenin) (รัตนา, 2547) ซาโปนินบางชนิดเป็นพิษเนื่องจากจะไปทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อ ถ้ารับประทานเข้าไปจะระคายเคืองต่อเยื่อบุกระเพาะ ลำไส้ ทำให้เกิดการอักเสบ และสามารถทำลายผนังลำไส้เกิดการดูดซึมสารพิษผ่านเซลล์เยื่อบุเข้าไปทำให้เม็ดเลือดแดงแตกได้ (รุ่งระวี และคณะ, 2545; สมพร, 2546) ซาโปนินยังมีสรรพคุณเป็นยาฝาดสมาน ทำให้แผลหายเร็ว รักษาแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก ทำให้แผลเป็นไม่นูน (รัตนา, 2547)

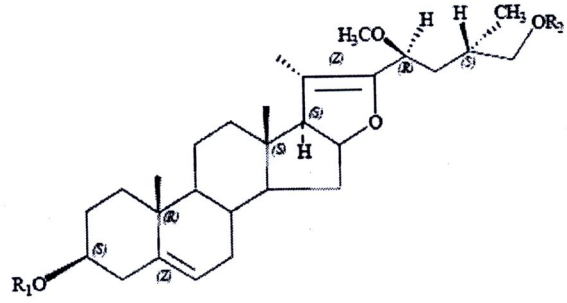
1) ชนิดของ saponin แบ่งตามลักษณะโครงสร้าง

1.1) สเตียรอยด์ซาโปนิน (steroidal saponins) มีโครงสร้างหลักคล้าย steroid nucleus พบได้บ่อยในธรรมชาติ มักพบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น กลอย (*Dioscorea spp.*) อะกาเว (*Agave spp.*) ยุคค่า (*Yucca spp.*) พืชใบเลี้ยงคู่ เช่น เมล็ดชัด (Fenugreek) ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ฮอร์โมนเพศเพื่อใช้เป็นยาคุมกำเนิด ส่วนหัวใต้ดินของกลอยมีสาร diosgenin ในอุตสาหกรรมผลิตยาใช้เป็นสารตั้งต้นสังเคราะห์ cortisone และฮอร์โมนเพศ

1.2) ไตรเทอปีนอยด์ซาโปนิน (triterpenoid saponins) ในธรรมชาติพบได้ทั้งที่เป็นกลัยโคไซด์และซาโปนินอิสระ ส่วนมากพบในพืชใบเลี้ยงคู่ เช่น ผลมะระ ผลขี้หนอน และผลประคำดีควาย ตัวอย่างของไตรเทอปีนอยด์ซาโปนิน ได้แก่ glycyrrhizic acid (glycyrrhetinic acid + 2 glucuronic acid) พบในรากชะเอม (Glycyrrhiza glaba) ซึ่งใช้เป็นสารชะล้างแทนสบู่ด้วยคุณสมบัติที่เป็นฟอง ไม่ถูกดูดซึมในทางเดินอาหาร แต่ถ้ารับประทานเข้าไปมาก จะระคายเคืองต่อเมือกในลำไส้เล็ก ทำให้อาเจียน ท้องร่วง ปวดศีรษะ และใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สเตียรอยด์นอกจากนี้ยังเป็นพิษ (สมพร, 2546)



Saponin



Triterpenoid saponins

ภาพที่ 2-7 โครงสร้างของซาโปนิน

ที่มา: Hong (2002)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
วันที่ 26 ส.ค. 2555
เลขทะเบียน 203365
เลขเรียกหนังสือ

2.9 การใช้ใบฝรั่งในอาหารสัตว์

2.9.1 การใช้ใบฝรั่งต่อสมรรถนะการผลิตของสัตว์

การเสริมใบฝรั่งผงตากแดดและอบแห้งในอาหารต่อสมรรถนะการผลิต คุณภาพซาก และการควบคุมโรคในไก่เนื้อ พบว่า การเสริมใบฝรั่งผงตากแดดและอบแห้ง 2 ระดับ (1% และ 3%) ในทุกช่วงอายุของการเลี้ยงให้น้ำหนักตัวของไก่เนื้อเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กินและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ แต่การเสริมใบฝรั่งผงในปริมาณที่สูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่เนื้อลดลง (เชนทร์, 2547) สอดคล้องกับการทดลองของ วิรัตน์ (2550) เสริมใบฝรั่งผงที่ระดับ 1% และ 1.2% พบว่าน้ำหนักตัวของไก่เนื้อเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กินทุกช่วงอายุของการเลี้ยง การเสริมใบฝรั่งผง 1% ทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีกว่ากลุ่มอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันกับกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะคลอเตทตร้าซัยคลิน และกลุ่มเสริมยากันบิด และมีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด ส่วนประสิทธิภาพการผลิตไก่เนื้อโดยรวมพบว่า การเสริมใบฝรั่ง 1% มีประสิทธิภาพการผลิตดีที่สุด

การใช้ใบฝรั่งในอาหารไก่เนื้อระดับ 0.2% และ 0.4% เปรียบเทียบกับยาปฏิชีวนะ (sulfamethoxazole) พบว่าปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน (สุธา และคณะ, 2548) สอดคล้องกับ บังอร และคณะ (2547) เสริมสารสกัดจากใบฝรั่งในอาหารระดับ 1% และ 3% ในสูตรอาหารเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมยากันบิดชนิดแอมโพรเลียม พบว่าการเสริมใบฝรั่งระดับ 3% จะมีอัตราการแลกเนื้อต่ำที่สุด แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่ม ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่เนื้อ การศึกษาผลการเสริมใบฝรั่งผงในอาหารไก่เนื้อระดับ 0.2% และ 0.4% เปรียบเทียบกับการใช้ยากันบิดซาลิโนมัยซิน (50 ppm) พบว่าการเสริมใบฝรั่งผงทั้ง 2 ระดับทำให้สมรรถนะการผลิตของไก่เนื้อไม่แตกต่างจากการเสริมยากันบิดยกเว้นในช่วงอายุ 1-3 สัปดาห์ของการเลี้ยง (นิพนธ์ และมณีรัตน์, 2545) การเสริมใบฝรั่งผงที่ระดับ 0.1% ในไก่ไข่พบว่ามีแนวโน้มให้การกินอาหารมากที่สุดและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กก. สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ นพดล และคณะ (2549)

นอกจากนี้ยุทธนา และคณะ (2545) พบว่าการใช้ใบฝรั่งขนาด 750-1,000 มก. ฟ้าทะลายโจรในขนาด 500 มก. และ เปลือกผลมังคุด 500 มก. ทำให้ลูกสุกรหายท้องร่วงได้ภายใน 3.38 วัน ลูกสุกรที่ได้รับฟ้าทะลายโจร ใบฝรั่ง ขมิ้นชัน ไพล และเปลือกมังคุดที่ระดับ 250, 1,000, 1,000, 500 และ 1,000 มก. ต่อวัน เพิ่มอัตราการเจริญเติบโตต่อวันได้ดีกว่ายา colistin (0.149 กก./วัน)

2.9.2 การใช้ใบฝรั่งต่อระบบภูมิคุ้มกันโรค

การเสริมใบฝรั่งผงในระดับ 1% และ 1.2% เปรียบเทียบกับอาหารกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยาปฏิชีวนะในอาหาร ต่ออัตราส่วนของเม็ดเลือดขาวเฮทเทอโรฟิลต่อลิมโฟซัยท์ (H/L ratio) พบว่าในกลุ่มควบคุมมีค่า H/L ratio สูงที่สุด 0.62 และกลุ่มที่เสริมใบฝรั่งทั้ง 2

ระดับมีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มควบคุม คือ 0.49 และ 0.51 ตามลำดับ ส่วนค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นมีแนวโน้มที่สูงขึ้น มีค่าเท่ากับ 31.25% และ 30.8% ตามลำดับ ระดับภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิลและโรคหลอดลมอักเสบ ไม่มีความแตกต่างกัน (เบญญาภา, 2550) สอดคล้องกับ นิพนธ์ และมณีรัตน์ (2545) ใช้ใบฝรั่งแห้ง 0.2% และ 0.4% เมื่อตรวจสอบระดับภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิล พบว่ากลุ่มที่เสริมยากันบิดมีระดับภูมิคุ้มกันไม่แตกต่างกัน และเมื่อวัดระดับภูมิคุ้มกันโรคกัมโบโรและคะแนนรอยโรคของโรคบิดทางจุลพยาธิวิทยาไม่พบความแตกต่างกัน การเสริมสารสกัดจากใบฝรั่งระดับ 1% และ 3% พบว่าไม่ส่งผลเสียต่ออัตราการตาย กลุ่มที่เสริมสารสกัดจากใบฝรั่งระดับ 3% มีแนวโน้มค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ใกล้เคียงกับกลุ่มที่ใช้ยากันบิด และมีแนวโน้มค่าคะแนนรอยโรคต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่ใกล้เคียงกับกลุ่มที่ใช้ยากันบิด (บังอร และคณะ, 2547)

2.9.3 การใช้ใบฝรั่งต่อการต้านเชื้อแบคทีเรีย

เมื่อนำสารสกัดใบฝรั่งไปทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *Campylobacter* ซึ่งเป็นกลุ่มของแบคทีเรียแกรมลบ ที่พบว่าเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร โดยทำการศึกษาการตอบสนองของเชื้อ *Campylobacter* ที่แยกได้จากเนื้อด้วยวิธี disk diffusion ผลการทดลองเมื่อดูจากขนาด inhibition zone จากจำนวนที่ทดสอบ 17 ตัวอย่าง พบว่าสารสกัดเอทานอล 80% ของฝรั่งไม่ทำให้เกิด inhibition zone ใน 78.57% ของตัวอย่าง และเกิด inhibition zone ในขนาด 10-15 มม. 21.43% ของตัวอย่าง (ปริ่มเฉนียน และคณะ, 2545) การใช้สารสกัดใบฝรั่ง 10 มก./มล. ร่วมกับกรดแลคติก 1% (v/v) ในการยับยั้งเชื้อ *Salmonella* พบว่ามีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ *Salmonella typhimurium* ได้มากที่สุดโดยลดปริมาณแบคทีเรียจนเหลือ <1 log CFU (ลักขณา และบุษกร 2551) ยุทธนา และคณะ (2545) พบว่าสารออกฤทธิ์ในใบฝรั่งสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้หลายชนิด เช่น *S. enteritidis, S. aureus, S. agalactiae* และ *E. coli* ซึ่งส่งผลทางอ้อมในการกระตุ้นให้ไก่กินอาหารได้มากขึ้น

วรรณพร (2547) รายงานว่าการรักษาสุกรท้องร่วงจากเชื้อ *E. coli* ด้วยสารสกัดจากใบฝรั่ง 1 ก. และ 10 ก. และกลุ่มที่รักษาด้วยยา colistin มีอัตราการเจริญเติบโต และปริมาณอาหารที่กินไม่แตกต่างกัน ส่วนกลุ่มที่รักษาด้วยสารสกัดจากใบฝรั่ง 10 ก. มีอัตราการตายเทียบเท่ากับกลุ่มที่รักษาด้วยยา colistin จำนวนเชื้อ *E. coli* ในสุกรกลุ่มควบคุมมีปริมาณมากกว่ากลุ่มที่รักษาด้วยสารสกัดจากใบฝรั่ง เมื่อนำสารสกัดเอทานอลของใบฝรั่งมาทำการศึกษาเพื่อดูผลการฆ่าเชื้อ *E. coli* 4 ชนิด คือ *E. coli* 20181, *E. coli* 20182, *E. coli* 20172 และ *E. coli* 20173 เปรียบเทียบกับเชื้อ *E. coli* ของคน พบว่าค่า minimum inhibitory concentration (MIC) ของทุกเชื้ออยู่ระหว่าง 420-500 มคก./มล. (วิศิษย์ และคณะ, 2543) และสารสกัดจากใบฝรั่ง 20 มก./มล. สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้ (จริยา และคณะ, 2532) นอกจากนี้การใช้สารสกัดจากใบฝรั่งช่วยลดความถี่ของอาการไอในหนูได้ และยังยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ β-*streptococcus* (Jaiarj et al., 1999)

วิศิษย์ และคณะ (2543) ทดลองใช้ใบฝรั่งในขนาด 750 และ 1,000 มล./น้ำหนักตัว 1 กก. ป้อนให้ลูกสุกรระยะดูดนมที่มีอาการท้องร่วงกินวันละ 2 ครั้ง เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ป้อนด้วยน้ำสะอาด พบว่าลูกสุกรที่รักษาด้วยใบฝรั่งขนาด 1,000 มล./น้ำหนักตัว 1 กก. หายท้องร่วงได้เร็วที่สุด 1.14 วัน ขณะที่ลูกสุกรที่รักษาด้วยเกลือแร่ ORS หรือป้อนด้วยน้ำสะอาด มีจำนวนวันที่รักษาหาย 2.08 และ 2.28 วัน ตามลำดับ

การศึกษาการใช้ใบฝรั่งผง 3 ระดับความเข้มข้น (0.2, 0.5 และ 1.0 ก. ต่อน้ำหนักตัว 1 กก./วัน) รักษาโรคท้องร่วงในลูกโคนมระยะแรกคลอดจนถึงหย่านม เปรียบเทียบกับการรักษาด้วยยาปฏิชีวนะนอร์ฟล็อกซาซิน (norfloxacin) (0.5 มล./น้ำหนักตัว 10 กก.ต่อวัน) โดยมีการป้อนเชื้อ *E. coli* ในอัตรา 500 cfu ต่อตัว ทางปากพบว่าการรักษาโรคท้องร่วงด้วยใบฝรั่งผงระดับ 1.0 ก. ต่อน้ำหนักตัว 1 กก./วัน ทำให้ลูกโคนมหายจากอาการท้องร่วง ภายใน 2.75 วัน กับการรักษาด้วยใบฝรั่งผงระดับ 0.2 ก. และ 0.5 ก. ต่อน้ำหนักตัว 1 กก./วัน (5.00 และ 4.25 วัน ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างกันกับการรักษาด้วยยาปฏิชีวนะนอร์ฟล็อกซาซิน (3.00 วัน) (พิณซอ และคณะ, 2551)

2.10 การใช้เปลือกมังคุดในอาหารสัตว์

2.10.1 ผลการใช้เปลือกมังคุด

ศรีสุดา (2549) ใช้เปลือกมังคุดที่ระดับ 0.15% พบว่าทำให้สมรรถนะการผลิตไก่เนื้อดีเทียบเท่ากับการใช้ยากันบิด และการใช้พริกป่นที่ระดับ 0.2% ร่วมกับเปลือกมังคุดป่นที่ระดับ 0.15% ทำให้อัตราการแลกเนื้อดีขึ้น สอดคล้องกับ อรวรรณ์ (2551) เสริมสมุนไพรผสมพริกป่น เปลือกมังคุดป่น และกล้วยดิบป่นทั้ง 2 ระดับ (0.25% และ 0.30%) ในอาหารเป็นระดับที่ทำให้สมรรถนะการผลิตของไก่เนื้อดีเทียบเท่ากับกลุ่มที่เสริมยากันบิด และการเสริมสมุนไพรผสมพริกป่น เปลือกมังคุดป่น และกล้วยดิบป่น 0.25% ที่อายุ 36-42 วัน ใช้ร่วมกันกับยากันบิด ให้ค่าอัตราการแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการผลิตไก่เนื้อโดยรวม ต้นทุนค่าอาหารจริง และความสูงของวิลลัสที่ 42 วัน รวมทั้งให้ค่าดัชนีคุณภาพซาก และดัชนีการเพิ่มค่าทางเศรษฐกิจดีที่สุด

การใช้เปลือกมังคุดขนาด 500 และ 200 มก./โต๊ส/วัน ทำให้ลูกสุกรหายท้องร่วงภายใน 3.38 และ 3.10 วัน ตามลำดับ ซึ่งในขณะที่รักษาด้วยยา colistin ใช้เวลารักษา 3.63 วัน และการใช้เปลือกมังคุดที่ 1,000 มก./โต๊ส/วัน มีอัตราการเจริญเติบโตของลูกสุกรเท่ากับ 0.176 กก./วัน สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับยาปฏิชีวนะ (0.149 กก./วัน) (ยุทธนา และคณะ 2545) นอกจากนี้ยังศึกษาการใช้เปลือกมังคุดใน 500, 750 และ 1,000 มก./โต๊ส/วัน ผสมลงในอาหารสุกรที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 20 กก. ที่ป่วยเป็นโรคระบบทางเดินหายใจ โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการรักษา และกลุ่มที่รักษาด้วยยาปฏิชีวนะ พบว่าใช้เปลือกมังคุด 750 มก./โต๊ส/วัน ให้ผลดีในการรักษาใกล้เคียงกับการใช้ยาปฏิชีวนะ และอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มที่รักษา

ด้วยยาปฏิชีวนะ ประสิทธิภาพการใช้อาหารใกล้เคียงกับยาปฏิชีวนะ และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กก. ต่ำกว่ายาปฏิชีวนะ (ยุทธนา, 2544)

วินัย และคณะ (2547) ศึกษาการใช้สมุนไพรเปลือกมังคุด 750 มก. ละลายด้วยแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น 2 ระดับ (5% และ 10%) รักษาโรคท้องร่วงในลูกสุกรดูดนม เปรียบเทียบกับการรักษาด้วยยาปฏิชีวนะ colistin (1 มล./โด๊ส/วัน) พบว่าการรักษาด้วยสมุนไพรเปลือกมังคุด 750 มก. ที่ละลายด้วยแอลกอฮอล์ 10% มีแนวโน้มทำให้ลูกสุกรหายท้องร่วงเร็วกว่ากลุ่มที่ละลายด้วยแอลกอฮอล์ 5% และกลุ่มที่ใช้ยาปฏิชีวนะ colistin (3.00, 3.12 และ 3.25 วัน ตามลำดับ) สอดคล้องกับ เสาวลักษณ์ และคณะ (2543) การใช้เปลือกมังคุดผงมีแนวโน้มหายเร็วกว่าการรักษาด้วยยาปฏิชีวนะ ทั้งนี้การใช้ยาปฏิชีวนะ colistin รักษาหายช้าเนื่องจาก colistin ที่ใช้ในการรักษาลูกสุกรท้องร่วงนั้นมีการดื้อยาของเชื้อ *E. coli* สูงถึง 65.6%

การสกัดเปลือกมังคุดสดและแห้งด้วยตัวทำละลายเอทานอล สกัดเปลือกมังคุดสดและแห้งด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เฮกเซน อะซิโตน และเมทานอล พบว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุดสดด้วยเอทานอลนั้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. epidermidis, S. aureus, P. acnes* และ *T. mentagrophytes* ได้ดีที่สุด (อุดมลักษณ์ และคณะ, 2552) นอกจากนี้สารสกัดจากเปลือกมังคุด 100 มก./มล. สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้ (จริยา และคณะ, 2532)

2.11 ระบบภูมิคุ้มกันในไก่

ระบบภูมิคุ้มกันโรคในไก่เนื้อ เป็นระบบทางสรีรวิทยาของร่างกายสัตว์ที่ทำหน้าที่ในการจดจำสิ่งแปลกปลอมที่สัมผัสหรือรับเข้าสู่ร่างกายและสามารถทำลายหรือทำให้สิ่งแปลกปลอมนั้นเสื่อมสภาพ (นิวัตร และวิษณุ, 2552) โดยทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบของเซลล์หลายชนิดในร่างกายในการปกป้องร่างกายให้พ้นจากการถูกทำลายโดยสิ่งแปลกปลอม เช่น เชื้อไวรัส เชื้อรา สารพิษ สารเคมี ยา โดยผ่านทางระบบหายใจ ผิวหนัง และทางเดินอาหาร เซลล์ดังกล่าวได้แก่ เซลล์ลิมโฟซัยท์ (lymphocyte) มาโครฟาจ (macrophage) แบโซฟิล (basophil) และเซลล์พลาสมา (plasma cell) ในภาวะปกติเซลล์เหล่านี้ส่วนใหญ่จะอยู่ใน เลือด น้ำเหลือง (lymph) และไขกระดูก

2.11.1 ลักษณะเซลล์เม็ดเลือดขาว (leukocyte morphology) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่

1) แกรนูลไซต์ ประกอบด้วย เฮเทอโรฟิล อีโอสิโนฟิล และเบโซฟิล

1.1) เฮเทอโรฟิล (heterophil) หรือ นิวโทรฟิล (neutrophil) ในเลือดจะพบเซลล์เฮเทอโรฟิลได้มากที่สุดในกลุ่มแกรนูลไซต์ โดยเฮเทอโรฟิลจะเป็นเซลล์ค่อนข้างกลม ไซโตพลาสซึมไม่มีสี แกรนูลสีส้ม (eosinophilic) รูปเข็ม (rod-or spindle-shaped) ยกเว้นในบางชนิดแกรนูลอาจจะกลม แกรนูลของเฮเทอโรฟิลมักจะมี central body ที่เห็นเด่นชัดและมักจะสะท้อนแสง สเมียร์เลือดที่ย้อมด้วยสี Wrigh-giemsa จะเห็น central body ชัดเจน ซึ่งมักอยู่ค่อน

ไปทางใดทางหนึ่งของแกรนูล ส่วนนิวเคลียสจะเป็นพู อาจมี 2-3 พู ซึ่งมักจะถูกแกรนูลบัง ในนกบางชนิดแกรนูลของเฮเทอโรฟิลอาจเห็นเป็นแวคคิวโอรูปเข็มเมื่อย้อมด้วยสี WG เช่น ในไก่ชน

เฮเทอโรฟิลจะทำหน้าที่เช่นเดียวกับนิวโทรฟิลของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม การที่ไม่เรียกว่านิวโทรฟิลเพราะแกรนูลขนาดใหญ่ติดสีส้มแดง แตกต่างไปจากนิวโทรฟิล แกรนูลเหล่านี้ทำปฏิกิริยากับสีอะคริดินออเรนจ์ (acridine orage) แสดงว่าเป็นไลโซโซม (lysosome) เฮเทอโรฟิลในนกจะทำหน้าที่จับกินสิ่งแปลกปลอม และตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น เช่นเดียวกันกับนิวโทรฟิลของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น การอักเสบทำให้เฮเทอโรฟิลเพิ่มขึ้นอย่างมาก ภาวะเครียดทำให้จำนวนเฮเทอโรฟิลเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ในช่วงแรกของการขาดวิตามินบี 2 อาจพบภาวะ heterophilia จำนวนเฮเทอโรฟิลในนกบางชนิดอาจมีมากกว่าจำนวนลิมโฟไซต์ (เฉลียว, 2548)

1.2) อีโอสิโนฟิล (eosinophil) จะมีลักษณะเฉพาะคือแกรนูลกลม ขนาดแตกต่างกันไป อยู่ในไซโตพลาสซึมสีฟ้าอ่อน แต่ในนกบางชนิดแกรนูลอาจเป็นรูปรี (voal-shaped) หรือรูปเข็ม การแยกอีโอสิโนฟิลจากเฮเทอโรฟิล ดูการติดสีในสเมียร์เลือดซึ่งแกรนูลของอีโอสิโนฟิลจะติดสีสดใสกว่า ส่วนแกรนูลของเฮเทอโรฟิลซึ่งมี central body จะติดสีเข้มกว่า ส่วนนิวเคลียสของอีโอสิโนฟิลมักติดสีออกทางน้ำเงินเข้ม แต่อย่างไรก็ตามในนกแต่ละชนิดอาจติดสีแตกต่างจากที่กล่าวมาข้างต้น

1.3) เบโซฟิล (basophil) เบโซฟิลเป็นเม็ดเลือดขาวที่มีปริมาณน้อย ภายในบรรจุสารพวกเฮปาริน (heparin) และฮีสตามีน (histamine) มีนิวเคลียสกลมอยู่ที่กลางเซลล์ ติดสีน้ำเงินอ่อน แต่มักเห็นไม่ชัด เพราะถูกแกรนูลสีน้ำเงินเข้มบดบัง (ไชยณรงค์, 2541) เมื่อย้อมด้วยสี Wrigh-giemsa แต่การย้อมสีที่ต้องมีใช้แอลกอฮอล์ เช่น WG มักทำให้แกรนูลของเบโซฟิลละลาย เห็นเป็นช่องว่าง จำนวนเบโซฟิลในนกค่อนข้างน้อย แตกต่างกันไปตามชนิดของนก และโดยทั่วไปจะน้อยกว่า 1% ยกเว้นในไก่ที่มีจำนวนเบโซฟิลอาจมากกว่าจำนวนอีโอสิโนฟิล จำนวนเบโซฟิลในนกเพศผู้จะมากกว่าเพศเมีย ในนกอายุมากจำนวนเบโซฟิลจะลดลง แกรนูลของเบโซฟิลจะมีฮีสตามีน (histamine) จึงมีส่วนในการอักเสบอย่างเฉียบพลัน และปฏิกิริยาภูมิไวเกิน

2) อะแกรนูลโลไซต์ ประกอบด้วย ลิมไฟไซต์และโมโนไซต์

2.1) ลิมโฟไซต์ (lymphocyte) ในนกบางชนิดอาจพบลิมโฟไซต์ในกระแสเลือดได้มากที่สุด โดยทั่วไปสามารถแบ่งลิมโฟไซต์ในนกออกได้ 3 ขนาดคือ เล็ก กลาง และใหญ่ ลิมโฟไซต์ที่พบในนกจะเป็นขนาดเล็กและขนาดกลางเป็นส่วนใหญ่ ลิมโฟไซต์เป็นเซลล์ที่ค่อนข้างกลม แต่อาจมีรูปร่างบิดเบี้ยวจากการเบียดของเซลล์ที่อยู่ติดกัน นิวเคลียสค่อนข้างกลม อาจมีรอยบุ๋มเล็กน้อย โครมาตินค่อนข้างอัดแน่น ไซโตพลาสซึมน้อยในลิมโฟไซต์ขนาดเล็ก และเพิ่มมากขึ้นตามขนาดของเซลล์ ไซโตพลาสซึมไม่มีสีหรือออกทางน้ำเงิน ในบางครั้งอาจพบแกรนูล

ขนาดเล็กติดสีชมพูแดงเรียกว่า อะซูโรฟิลิกแกรนูล (azurophilic granule) บางครั้งไซโตพลาสซึมอาจยื่นออกมาเรียกว่า blebs หรือ pseudopods

2.2) โมโนไซต์ (monocyte) โมโนไซต์นับว่าเป็นเม็ดเลือดขาวที่มีขนาดใหญ่ที่สุด รูปร่างไม่แน่นอน นิวเคลียสแตกต่างกันไป โดยอาจจะกลม หรือมี 2 พู โครมาตินค่อนข้างเนียนละเอียด อาจพบลักษณะโครมาตินอัดแน่น แต่จำนวนไม่มากเท่ากับของลิมโฟไซต์ โดยสีของไซโตพลาสซึมเป็นสีเทาฟ้า อาจพบแกรนูลเล็กละเอียดและบางทีมีแวคคิวโอล (เฉลียว, 2548) ทำหน้าที่กำจัดสิ่งแปลกปลอมโดยวิธีฟาโกไซโตซีส โมโนไซต์ที่ถูกปล่อยออกมาจากเลือดเข้าสู่เนื้อเยื่อจะมีการพัฒนาไปเป็นเซลล์ฟาโกไซต์ที่มีขนาดใหญ่ เรียกว่า แมคโคฟาจ (macrophage) (ไชยณรงค์, 2541)

2.11.2 ระบบภูมิคุ้มกันในสัตว์ปีก

ภูมิคุ้มกันในสัตว์ปีกสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท

1) ระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเป็นกลไกไม่จำเพาะของระบบป้องกันพื้นฐานของร่างกายที่สำคัญ เป็นสิ่งแรกที่ทำงานเมื่อมีสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย โดยจะป้องกันหรือทำลายตัวก่อโรค (โสมทัต, 2538) ซึ่งจะป้องกันร่างกายทั้งทางกายภาพและเคมี เช่น ผิวหนัง เยื่อเมือก และน้ำย่อยในกระเพาะซึ่งช่วยป้องกันการบุกรุกของตัวก่อโรค โปรตีนในเลือด ซึ่งเซลล์ฟาโกซัยต์ (phagocytic cell) และคอมพลิเมนต์ (complement) เป็นกลุ่มของโปรตีนในซีรัมทำงานร่วมกับแอนติบอดีในการทำลายเซลล์เป้าหมาย โดยการกลืนกินและทำลายตัวก่อโรค เช่น มาโครฟาจ (macrophage) เฮทเทอโรฟิล (heterophil) ธรอมโบซัยต์ (thrombocyte) แต่ภูมิคุ้มกันไม่จำเพาะนี้ขาดความจำเพาะในการต่อสู้กับตัวก่อโรคชนิดต่าง ๆ (นิวัตร, 2551) ตัวอย่างภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ ได้แก่

1.1) พันธุกรรม ไก่บางชนิดอาจไม่มีตัวรับที่ทำให้แบคทีเรียหรือไวรัสทำอันตรายต่อเซลล์ เช่น ไก่เนื้อจะมีความไวต่อโรคนิวคาสเซิลมากกว่าไก่ไข่ ซึ่งอาจเนื่องจากการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันของไก่ไข่และไก่เนื้อแตกต่างกัน

1.2) อายุ สัตว์ปีกที่อายุต่างกันพบว่ามีความแตกต่างกันในความไวต่อโรคที่แตกต่างกัน เช่น ไก่ช่วงอายุ 3-6 สัปดาห์มีความไวต่อการเกิดโรคเบอร์ซ่าอักเสบติดต่อมากกว่า (นิวัตร และจิโรจ, 2548)

1.3) อุณหภูมิร่างกาย สัตว์ปีกมีอุณหภูมิร่างกายสูงกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม คือมีอุณหภูมิ 107 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 42 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิระบบนี้สามารถทำลายและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคบางชนิดได้

1.4) ผิวหนัง ผิวหนังและเยื่อเมือกของร่างกายนับว่าเป็นด่านแรกและด่านสำคัญในการป้องกันการบุกรุกของเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายสัตว์ เช่น กรดแลคติกหรือเกลือที่แห้งจากเหงื่อ จะสามารถทำลายแบคทีเรียบริเวณผิวหนังได้

1.5) จุลินทรีย์ที่พบตามปกติในร่างกายสัตว์ปีก โดยเฉพาะจุลชีพที่พบบริเวณผิวหนังและทางเดินอาหาร พบว่าจุลชีพเหล่านี้ทำหน้าที่ในการป้องกันการแทรกผ่านของจุลชีพก่อโรคเข้าสู่ผิวหนังหรือเยื่อบุของร่างกายสัตว์ปีก

1.6) ขนอ่อน (cilia) และเมือกในระบบทางเดินหายใจ ช่วยดักจับและกรองฝุ่นละออง สิ่งแปลกปลอมและแบคทีเรีย ไม่ให้ผ่านเข้าสู่ระบบหายใจส่วนล่าง โดยเมือกจะช่วยจับและใช้ขนอ่อนในการโบกพัดขึ้นไปยังคอหอย เพื่อกลืนลงไปในทางเดินอาหารหรือขับออกภายนอกร่างกายผ่านทางเดินหายใจหรือทางปาก

1.7) เซลล์เม็ดเลือดและโปรตีนบางชนิด สามารถช่วยในกระบวนการกำจัดสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะได้ เช่น เซลล์กลืนกิน ทำหน้าที่เก็บกินสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ที่ผ่านเข้าสู่ร่างกายสัตว์ปีก ได้แก่ เฮทเทอโรฟิลและโมโนไซต์ในกระแสเลือดหรือมาโครฟาจในเนื้อเยื่อ

1.8) การเคลื่อนไหวแบบบีบรูด ช่วยป้องกันไม่ให้แบคทีเรียในทางเดินอาหารเกาะยึดกับผนังเซลล์เยื่อบุได้

1.9) สารคัดหลั่งที่พบในบริเวณต่างๆ ของร่างกายสัตว์ปีกมีคุณสมบัติในการต้านทานการบุกรุกของเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายสัตว์ปีก เช่น น้ำย่อยในกระเพาะ น้ำดี เมือกของทางเดินอาหาร

2) ระบบภูมิคุ้มกันจำเพาะ

เป็นกลไกที่ร่างกายสามารถต่อต้านจุลชีพ หรือสิ่งแปลกปลอมด้วยปฏิกิริยาแบบจำเพาะต่อสิ่งแปลกปลอมนั้นๆ เป็นกลไกที่เกิดขึ้นในภายหลังจากการตอบสนองของภูมิคุ้มกันที่ไม่จำเพาะ (กฤษณา, 2548) เมื่อระบบภูมิคุ้มกัน แบบไม่จำเพาะไม่สามารถหยุดยั้งตัวก่อโรคที่บุกรุกเข้าร่างกายได้ ภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ จดจำเป้าหมายที่มีลักษณะโมเลกุลที่จำเพาะบนผิวของตัวก่อโรค เป็นผลให้เกิดกระบวนการในการกำจัดตัวก่อโรคและสามารถป้องกันโรคได้เมื่อมีการติดเชื้อซ้ำ การป้องกันที่จำเพาะสามารถเกิดขึ้นได้โดยภูมิคุ้มกันที่ได้รับมา เช่น แอนติบอดีจากแม่ ซึ่งสามารถป้องกันตัวก่อโรคชนิดต่างๆ ที่แม่ได้รับมาจากการสัมผัสเชื้อโรคหรือการทำวัคซีน และภูมิคุ้มกันที่สร้างเอง คือภูมิคุ้มกันที่พัฒนาเมื่อสัมผัสกับตัวก่อโรคซึ่งอาจเกิดจากการติดเชื้อหรือการทำวัคซีน (นิวัตร, 2551) ภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะจำแนกเป็นดังนี้

2.1) ภูมิคุ้มกันแบบสารน้ำ หรือระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่พึ่งเซลล์ ประกอบด้วยแอนติบอดีและเซลล์ที่ผลิตแอนติบอดี แอนติบอดีจะมีความจำเพาะกับไวรัสหรือจุลชีพที่เป็นแอนติเจนในไก่ที่ได้รับเชื้อ ในไก่มีแอนติบอดีหรืออิมมูโนกลอบูลิน 3 ไอโซไทป์ ได้แก่ IgM, IgA และ IgY หรือ IgG แอนติบอดีเหล่านี้สร้างมาจาก บี ลิมโฟไซต์ ซึ่ง บี ลิมโฟไซต์ผลิตจากตับ ถุงไข่แดงและไขกระดูกขณะเป็นคัพภะ หลังจากนั้นจึงเคลื่อนย้ายสู่ต่อมเบอร์ซา ซึ่งโดยปกติหากร่างกายสัตว์ปีกได้รับสิ่งแปลกปลอมเป็นครั้งแรก ร่างกายจะตอบสนองด้วยการทำลายสิ่งแปลกปลอมนั้น อาจโดยกระบวนการกลืนกินด้วยมาโครฟาจและอาจจะใช้เวลาเป็นวันหรือหลายวันในการนำเสนอและส่งต่อสิ่งแปลกปลอมนี้ว่าเป็นแอนติเจน เพื่อให้ลิมโฟไซต์รับรู้

และเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องในการผลิตแอนติบอดีออกมาและหากครั้งต่อไปร่างกายได้รับสิ่งแปลกปลอมหรือแอนติเจนนี้ซ้ำ สัตว์ปีกจะตอบสนองการสร้างแอนติบอดีได้อย่างรวดเร็ว

2.2) ภูมิคุ้มกันแบบพึ่งเซลล์ เกิดขึ้นภายในเซลล์ เมื่อแอนติเจนอยู่ที่ผนังเซลล์หรือภายในเซลล์ของโฮสต์ ทำให้แอนติบอดีไม่สามารถเข้าไปกำจัดได้ ต้องอาศัย T cell เข้าไปทำงานแทน ระบบภูมิคุ้มกันแบบพึ่งเซลล์ เป็นระบบภูมิคุ้มกันที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการกำจัดเซลล์ที่ติดเชื้อไวรัส เชื้อรา ปรสิต เซลล์มะเร็งและเนื้อเยื่อแปลกปลอม เป็นการตอบสนองของ T lymphocyte ที่จำเพาะต่อแอนติเจนซึ่งจะก่อให้เกิดการทำงานของเซลล์อื่น ๆ ให้มีประสิทธิภาพในการตอบสนองได้ดีขึ้น (นิวัตร และวิษณุ, 2552)

ภูมิคุ้มกันหรือกลไกการต่อสู้กับเชื้อโรคตามธรรมชาติของร่างกายไก่ จะผันแปรไปตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น สิ่งแวดล้อม สายพันธุ์ อาหาร อายุของไก่ และระบบการจัดการ โดยส่งผลต่อการกระตุ้นหรือกดภูมิคุ้มกัน ซึ่งจะมีผลต่อสุขภาพและผลผลิตของไก่ได้ ดังนั้นจึงมีวิธีการประเมินสภาวะระบบภูมิคุ้มกันโรคของไก่ ซึ่งสามารถตรวจสอบจากเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างภูมิคุ้มกัน ได้แก่ ต่อมเบอร์ซ่า ต่อมไธมัส ม้าม เป็นต้น (พงศ์พิพัฒน์, 2545)

2.11.3 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกันของไก่ ได้แก่

1) สิ่งแวดล้อม อาหาร ความเครียดจากอากาศร้อนหรืออากาศเย็น ส่งผลให้ลูกไก่กินอาหารได้ลดลง ร่างกายอ่อนแอ ทำให้มีโอกาสติดเชื้อโรคได้ง่าย เพราะระดับของพลังงานและโปรตีนที่เหมาะสมทำให้เม็ดเลือดขาวตอบสนองต่อภูมิคุ้มกันได้ดีขึ้น

2) อายุของไก่ ไก่อายุน้อยจะมีโอกาสเลี่ยงและไวต่อการเป็นโรคต่าง ๆ ได้มากกว่าไก่ที่โตเต็มไว

3) ความเครียดจะส่งผลต่อการผลิตฮอร์โมนคอร์ติโคสเตียรอยด์ (corticosteroid) และอิปิเนฟริน (epinephrine) ซึ่งความเครียดต่าง ๆ เหล่านี้จะกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) ผ่านสู่สมองส่วนไฮโปรธาลามัส (hypothalamus) และผ่านสู่ต่อมใต้สมอง (pituitary gland) โดยต่อมใต้สมองจะส่งสัญญาณไปที่ต่อมหมวกไต (adrenal cortex) เพื่อหลั่งฮอร์โมนคอร์ติโคสเตียรอยด์และอิปิเนฟริน (นิวัตร และวิษณุ, 2552) โดยทำให้เกิดการลดจำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์

4) สภาวะกดภูมิคุ้มกัน เป็นสภาวะที่สภาพแวดล้อมการเลี้ยงไม่เหมาะสม เช่น การเลี้ยงในสภาพที่หนาแน่น การระบายอากาศไม่ดีทำให้แอมโมเนียสูง ปริมาณฝุ่นมาก ความไม่สมดุลของสารอาหารในสูตรอาหาร สารพิษจากเชื้อรา โรคติดเชื้อบางชนิด เช่น โรคมาเร็กซ์ โรคเบอร์ซาอักเสบติดต่อ เป็นต้น

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2.12 การตรวจสอบค่าทางชีวเคมีโลหิตและค่าโลหิตวิทยา

การตรวจสอบชีวเคมีโลหิตและค่าโลหิตวิทยาของสัตว์นั้นจะแตกต่างกันตามชนิดของสัตว์ แต่ละชนิด เพศ อายุ และอาจเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมของการดำรงชีพ เช่น เมื่อสัตว์มีความเครียดทำให้ปริมาณคอร์ติโคสเตอร์โรนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การสร้างเม็ดเลือดขาวเฮทเทโรฟิลสูงขึ้น (Post et al., 2003) ซึ่งทำให้ค่าอัตราเม็ดเลือดขาวเฮทเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ (H/L ratio) สูงขึ้น ความเครียดเกิดได้หลายสาเหตุ เช่น สภาพการเลี้ยงที่หนาแน่น ความร้อน ความเครียดที่เกิดจากความร้อน (heat stress) เป็นตัวการหลักที่มีผลกระทบอย่างมากเนื่องจากทำให้การเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง และยังสามารถเพิ่มอัตราการตายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ไก่เนื้อโตเต็มที่ และพร้อมออกจำหน่าย ซึ่งความเครียดจากความร้อนนี้สามารถเป็นตัวบ่งบอกถึงผลของความเครียดที่ทำให้ผลผลิตไก่เนื้อลดลงได้ (Simmons et al., 1997) นอกจากความร้อนแล้วการจำกัดการให้อาหารทำให้ค่า H/L ratio ในไก่เนื้อเพิ่มสูงขึ้นได้ (Khajavi et al., 2003) ภาวะที่ร่างกายขาดน้ำ ภาวะเครียด และสูญเสียพลาสมา เช่น ไฟไหม้ น้ำร้อนลวก เมื่อตรวจปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นจะพบว่าสูงกว่าค่าปกติ และถ้าความเข้มฮีโมโกลบิน ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นน้อยกว่าปกติ จะบ่งชี้ภาวะโลหิตจาง อาจเกิดเนื่องจากขาดสารอาหารบางชนิด เช่น ธาตุเหล็ก โฟเลท วิตามินบี 12

การตรวจสอบค่าทางชีวเคมีในเลือดเป็นการตรวจค่าโปรตีนในเลือด เอนไซม์ เพื่อประเมินการเสียหายของตับ และวินิจฉัยโรคตับชนิดต่าง ๆ เช่น total protein, albumin, globulin, arginase, alkaline phosphatase (ALP), gamma glutamyl transferase (GGT), sorbital dehydrogenase (SDH), alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST) หรือ (GOT) และ glutamic dehydrogenase (GLDH) ในสัตว์ปีก เช่น ไก่ เป็ด และนกพิราบ specific tests ที่ใช้ทดสอบโรคตับ คือ serum bile acids (SBA) และ aspartate aminotransferase (AST) เนื่องจากเอนไซม์เหล่านี้จะมีความไวกว่าชนิดอื่น ๆ หรือมีระดับการเปลี่ยนแปลงในเลือดที่ไวกว่า แต่อาจเสริมด้วยการหาค่า GGT, GLDH และ ALT (บุญมี และคณะ, 2549)

Alanine aminotransferase (ALT) เป็นเอนไซม์ที่ catalyze การเคลื่อนย้าย alpha-amino acid ไปยัง alpha-keto acid ทำให้ได้สารตัวใหม่ คือ pyruvic และ glutamic acids ส่วน Aspartate aminotransferase (AST) หรือ (GOT) เป็นเอนไซม์ที่ catalyze การเคลื่อนย้าย alpha-amino acid ของ aspartic acid ไปยัง acid ไปยัง alpha-keto acid ทำให้ได้ oxaloacetic และ glutamic acids (บุญมี และคณะ, 2549) เป็นเอนไซม์ที่ตรวจพบได้ในกระแสเลือด ซึ่งสร้างขึ้นมาจากความเสียหายของตับ เม็ดเลือดแดง หัวใจ กล้ามเนื้อ ตับอ่อน หรือไต บ่งบอกความเสียหายของเนื้อเยื่อข้างต้น โดยในตับเอนไซม์ AST พบว่ามักมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงมากกว่าอวัยวะอื่น ๆ โดยค่า AST ที่สูงขึ้น แสดงว่าตับได้รับผลกระทบมากขึ้น อาจเกิดจากการได้รับพิษจากยารักษาโรคบางชนิด ยาสมุนไพร หรืออาหารเสริมต่าง ๆ (ประสาร, 2551)

Gamma glutamyl transferase (GGT) คือเอนไซม์ชนิดหนึ่งพบปริมาณมากที่เซลล์ตับ brush borders ของเซลล์บุท่อไต ท่อน้ำดี และตับอ่อน (บุญมี และคณะ, 2549) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้บ่งชี้ความผิดปกติของตับว่าได้รับความเสียหายจากพิษของยาที่กินเป็นประจำ หรือพิษจากสมุนไพรเนื่องจากค่า GGT จะมีความไวต่อสภาวะความผิดปกติของตับ โดยถ้าค่าเอนไซม์ GGT สูงกว่าค่าปกติ อาจเกิดโรคร้ายแรง เช่น โรคตับอักเสบ โรคตับแข็ง สภาวะเนื้อตับตายเป็นบางส่วน มะเร็งที่ตับ เป็นต้น แต่ถ้าค่าเอนไซม์ GGT ต่ำกว่าค่าปกติเกิดขึ้นได้ยากเนื่องจากเซลล์ตับต้องทำงานตลอดเวลา และเซลล์ตับได้รับความเสียหายทุกวันทำให้ปรากฏค่าเอนไซม์ GGT ในระดับหนึ่งเสมอ หรือเกิดจากการกินยาที่ยับยั้งการทำงานของเซลล์ตับ (ประสาร, 2552) มีรายงานเกี่ยวกับค่าปกติของค่าโลหิตวิทยาและชีวเคมีในเลือดสัตว์ปีก ดังตารางที่ 2-3

โปรตีนมีความสำคัญมากเป็นทั้งเอนไซม์ต่างๆ ฮอร์โมน ภูมิคุ้มกัน ปรับรักษาสภาพความเป็นกรด-ด่างในร่างกาย เป็นแหล่งพลังงาน โดยโปรตีนที่สำคัญมีหลายชนิด เช่น อัลบูมิน (albumin) และ โกลบูลิน (globulin) เป็นต้น อัลบูมินมีประมาณ 60% ของโปรตีนที่ผลิตจากตับ ผลิตขึ้นมาเพื่อสร้างความเข้มข้นในหลอดเลือดจะได้เกิดความดันออสโมติคป้องกันสารอาหารไม่ให้รั่วซึมออกมาภายนอกหลอดเลือด นอกจากนี้ยังมีหน้าที่เป็นพาหนะขนส่งฮอร์โมน แร่ธาตุ ยารักษาโรค กรดไขมัน (ประสาร, 2551; Cole, 1997) โดยค่าโปรตีนรวมและอัลบูมินที่น้อยลงอาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การขาดอาหาร ร่างกายไม่สังเคราะห์โปรตีน การสูญเสียโปรตีน หรือมีการใช้โปรตีนมากขึ้น (สุพิศ, 2524) โรคตับอักเสบ ที่เกิดจากการกินสารพิษ หรือกินยารักษาโรคนานๆ โกลบูลิน ผลิตขึ้นมาโดยตับเป็นโปรตีนที่มีจำนวนน้อย และล่องลอยอยู่ในพลาสมาหรือในกระแสเลือด โกลบูลินมีหลายชนิด เช่น alpha globulin, beta globulin และ gamma globulin โดย gamma globulin มีบทบาททางด้านภูมิคุ้มกันโรค ทำให้โปรตีนนี้ถูกตั้งชื่อใหม่ว่า immunoglobulin ทำหน้าที่ต่อสู้กับเชื้อโรค ค่าของโกลบูลินน้อยอาจจะพบได้ในโรคตับ (ประสาร, 2551)

ตารางที่ 2-3 ค่าปกติของค่าโลหิตวิทยาและค่าชีวเคมีในเลือดสัตว์ปีก

ส่วนประกอบทางโลหิตวิทยาและชีวเคมีในเลือด	ค่าโลหิตวิทยาในสัตว์ปีก
Pack cell volume: PCV	23.00-55.00[1]
	22.00-35.00[2]
Hemoglobin: Hb, g%	7.00-18.60[1]
	7.00-13.00[2]
H/L ratio	0.55[3]
	0.33-0.57[2]
Heterrophil (%)	15.00-40.00[2]
Lymphocyte (%)	45.00-70.00[2]
Monocyte (%)	5.00-10.00[2]
Eosinophil (%)	1.50-6.00[2]
White blood (cell/µl)	12,000-30,000[2]
Aspartate aminotransferase (AST) (U/L)	193.00-227.00[5]
	142.00-154.00[6]
Total protein (g/dl)	3.00-5.00[4]
Albumin (g/dl)	1.00-2.20[5]

ที่มา: [1]Carpenter et al. (2001), [2]Jain (1993) และ [3]นวลจันทร์ และคณะ (2548) อ้างถึงใน เบญญาภา (2550), [4]Harrison and Harrison (1986), [5]Cole (1997), [6]บุญมี และคณะ (2549)

การใช้ค่าโลหิตวิทยาในสัตว์ปีกหรือสัตว์จำพวกนกเพื่อประโยชน์ในการวินิจฉัย หลักการของโลหิตวิทยาในสัตว์ปีก ใช้หลักการเดียวกับของคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม การทดสอบทางโลหิตวิทยาในสัตว์ปีกประกอบด้วย ส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

2.12.1 การทดสอบที่เกี่ยวกับเม็ดเลือดแดง ซึ่งประกอบด้วย ค่าเม็ดเลือดอัดแน่น (packed cell volume, PCV) จำนวนเม็ดเลือดแดง (total erythrocyte count, TRBC) ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ขนาดเม็ดเลือดแดงเฉลี่ย จำนวนเรติคูโลไซต์ (reticulocyte count) และลักษณะของเม็ดเลือดแดง (erythrocyte morphology)

ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น เป็นค่าที่ใช้ประเมินเม็ดเลือดแดงได้ดีที่สุดและใช้วิธีการตรวจที่รวดเร็ว โดยเครื่องปั่น microhematocrit ที่ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที โดยทั่วไปค่า PCV อยู่ที่ 35-55% ถ้า PCV น้อยกว่า 35% ถือว่าเกิดภาวะโลหิตจางส่วน

1) ค่า PCV เพิ่มขึ้น มักพบในกรณี

1.1) ช่วงการอพยพ

1.2) ในกรณีช่วงกลางวันยาว

1.3) ในเพศผู้ โดยเฉพาะช่วงผสมพันธุ์

1.4) สัตว์ปีกอายุมากจะมีค่า PCV สูงกว่าอายุน้อย

1.5) สัตว์ปีกที่อยู่ที่สูง (hightland bird) และเชี่ยวชาญในการบิน จะมีค่า PCV สูงกว่ากลุ่มเดียวกันที่อยู่ในที่ต่ำ (lowland relative) ประมาณ 7-10%

1.6) ภาวะขาดน้ำ มีผลทำให้ค่า PCV สูงขึ้นอย่างชัดเจน

1.7) ในช่วงก่อนการผลัดขน แล้วค่อย ๆ ลดหลังการผลัดขนเสร็จ

1.8) การขาดวิตามินบี 2 (riboflavin) มีผลทำให้ค่า PCV สูงขึ้นเนื่องจากกระบวนการเติบโตเต็มวัยของเม็ดเลือดแดงช้าลง ทำให้เม็ดเลือดแดงมีขนาดโตกว่าปกติ

2) ค่า PCV ลดลง พบในกรณี

2.1) ในช่วงการวางไข่

2.2) ขาดธาตุเหล็ก ขาดธาตุทองแดง

2.3) ภาวะโลหิตจางจากปรสิต

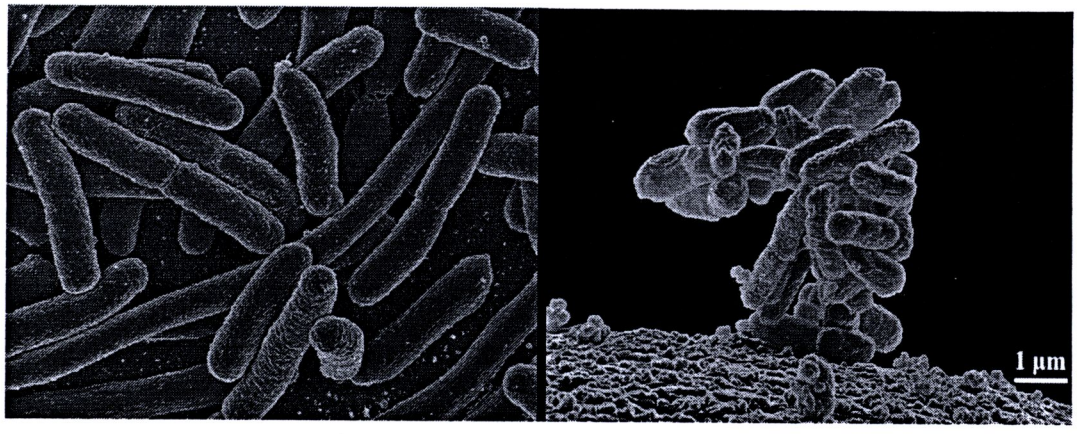
2.4) ภาวะเลือดออก ทั้งในกรณีออกนอกร่างกาย หรือออกในช่องท้องของร่างกาย ค่า PCV จะลดลงอย่างรวดเร็ว และกลับคืนสภาวะปกติภายใน 2-3 สัปดาห์ เมื่อมีการสูญเสียเลือดมาก ค่า PCV ต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 10 วันจึงกลับสู่ภาวะปกติ (เฉลียว, 2548)

2.12.2 การทดสอบที่เกี่ยวกับเม็ดเลือดขาว ซึ่งประกอบด้วย ซึ่งประกอบด้วย จำนวนเม็ดเลือดขาวทั้งหมด (total leukocyte count, TWBC), การนับแยกชนิดเม็ดเลือดขาว และลักษณะรูปร่างของเม็ดเลือดขาว (leukocyte morphology) (บุญมี และคณะ, 2549)

2.13 เชื้อ *Escherichia coli (E. coli)*

2.13.1 ลักษณะทั่วไป

เชื้อแบคทีเรียกลุ่มนี้ ติดสีแกรมลบ รูปร่างเป็นแท่งสั้น ๆ บางครั้งอาจพบมีขนาดความยาวไม่เท่ากัน ปลายมน กว้าง 0.5-0.8 ไมครอน ยาว 2-4 ไมครอน เรียงตัวแบบเดี่ยว เคลื่อนที่โดยอาศัยขนกวัดซึ่งมีอยู่รอบตัว (Kumar et al., 2003) เจริญได้ในบรรยากาศที่มีออกซิเจน (aerobic bacteria) แต่อาจเจริญ ได้ในบรรยากาศที่มีออกซิเจนน้อย (microaerophilic group) เคลื่อนที่ได้ สร้างคาตาเลส ไม่สร้างออกซิเดส สร้างกรดและแก๊ส จากน้ำตาลกลูโคส แลคโตส และซูโครส สร้างอินโดล ใช้คาร์โบไฮเดรตแบบที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน



ภาพที่ 2-8 เชื้อ *Escherichia coli (E. coli)*
ที่มา: Wikipedia (2009)

2.13.2 พยาธิกำเนิด

เอชเชอร์ริเชีย โคไล หรือ อี.โคไล *(Escherichia coli; E. coli)* มีความสามารถในการสร้างผลิตภัณฑ์จากกระบวนการสันดาปได้หลายชนิด ทั้งน้ำย่อย (enzyme) และสารพิษ (toxin) พบว่า *E. coli* มีความสามารถในการสร้างสารพิษในตัว (endotoxin) และสารพิษนอกตัว (exotoxin)

1) สารพิษในตัว (endotoxin) สารพิษชนิดนี้มีโครงสร้างทางโมเลกุลเป็นพวกไลโปโพลีแซคคาไรด์ (lipopolysacchairde) อาจเรียกชื่อย่อ ๆ ว่า เป็นสารพวก แอล. พี. เอส. (L.P.S.) ปกติแล้วสารนี้จะอยู่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ของ *E. coli* สารชนิดนี้จะถูกปล่อยออกมาเมื่อเซลล์เกิดการตาย หรือแตกสลาย สารพิษนี้มีความรุนแรงสูงมาก จะออกฤทธิ์โดยตรงทำให้คนและสัตว์เกิดอาการไข้ (fever) และถ้ามีปริมาณมากพอจะทำให้เกิดอาการช็อก และตายได้

2) สารพิษนอกตัว (exotoxin) สารพิษนอกตัวของ *E. coli* อาจเรียกได้ว่าเป็นสารพิษในระบบทางเดินอาหาร (enterotoxin) สารพิษชนิดนี้ เกิดจากกระบวนการสันดาปมีอยู่ 2 ชนิด คือ

2.1) ชนิดที่สลายตัวด้วยความร้อน (heat labile) สารพิษชนิดนี้ออกฤทธิ์โดยตรงทำให้เกิดการอักเสบของอวัยวะที่ติดเชื้อ หรืออวัยวะที่รับสารพิษ

2.2) ชนิดที่ไม่สลายตัวด้วยความร้อน (heat stable) สารพิษชนิดนี้จะออกฤทธิ์โดยตรงทำให้เกิดการอักเสบ ของอวัยวะที่เกิดการติดเชื้อ หรือได้รับสารพิษจะแสดงอาการบวมน้ำ (edema)

เชื้อ *E. coli* มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในตัว (mutation) ตลอดเวลา และจากการที่เชื้อปะปนอยู่ในสภาพแวดล้อมทั่วไป จึงมีโอกาสสัมผัสกับยาและ

สารเคมีได้เสมอ ทำให้สามารถสร้าง อาร์แฟคเตอร์ (R: Factor) ซึ่งเป็นพันธุกรรมในการต่อต้านยาต้านจุลชีพ และสารเคมี คุณสมบัตินี้สามารถถ่ายทอดให้ลูกหลานหรือเชื้อแบคทีเรียอื่น ๆ ที่ก่อโรคในคนและสัตว์ได้ (เกรียงศักดิ์, 2536; จิโรจ, 2543)

2.13.3 พยาธิสภาพ

โรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ทั้งในคนและสัตว์ ส่วนใหญ่จะเป็นการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร และก่อให้เกิดอาการท้องเสีย อาการรุนแรงมักพบในเด็กทารกและลูกสัตว์ โดยส่วนใหญ่เกิดในลูกโค สุกรแรกเกิด และหย่านม จะเกิดอาการท้องเสียอุจจาระเหลวเป็นน้ำ ส่วนในไก่เนื้อส่วนใหญ่จะเป็นการติดเชื้อในกระแสเลือด เรียกว่า colisepticemia ซึ่งเกิดจากการกินอาหาร น้ำ และวัสดุรองพื้น ที่มีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย โดยเชื้อแบคทีเรียจะเข้าไปในระบบทางเดินหายใจส่วนต้น แล้วแพร่ลึกลงไปก่อให้เกิดการอักเสบของถุงลม ซึ่งลักษณะรอยโรคที่พบ เกิดการอักเสบแบบมีหนองเหนียวเป็นก้อนที่ถุงลม การอักเสบของเยื่อบุตับ และการอักเสบของเยื่อหุ้มหัวใจ นอกจากนี้ยังเป็นเชื้อแบคทีเรียแทรกซ้อนของโรคติดเชื้อมัยโคพลาสมา (mycoplasmosis) และโรค Infectious bursal disease; IBD (เรืองทอง, 2543) ซึ่งเชื้อ *E. coli* ที่พบในไก่นั้น มักไม่ก่อให้เกิดการติดเชื้อในสัตว์ชนิดอื่น รวมทั้งมนุษย์ ไก่ที่ติดเชื้อ *E. coli* ถ้ามีการติดเชื้อในกระแสเลือดของสายพันธุ์ที่รุนแรง อาจพบการตายแบบเฉียบพลัน อัตราการตายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่หลังจากฝูงไก่ฟื้นจากการติดเชื้อแล้ว ไก่บางตัวจะแคระแกร็น ขนหยาบ การเดินผิดปกติ ฝ่าเท้าและข้อเท้าบวม ตาบอด หัวบวม ไก่ไข่น้ำหนักตัวลด ไม่ให้ไข่ และท่อนำไข่อักเสบ (นิวัตร, 2552) *E. coli* เป็นเชื้อที่แฝงอยู่ในไก่ทุกรุ่น แม้กระทั่งในไก่ที่มีสุขภาพดียังพบเชื้อ *E. coli* อยู่ในลำไส้ได้ 10-15% และสายพันธุ์ที่พบได้บ่อย คือ O78 (วีระศักดิ์, 2552)

2.13.4 การเพาะและพิสูจน์เชื้อ

เชื้อแบคทีเรีย *E. coli* เป็นเชื้อแบคทีเรียที่เพาะได้ง่ายจากการที่เชื้อแบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตในอาหารเลี้ยงเชื้อของแบคทีเรียชนิดธรรมดา ห้องปฏิบัติการทั่วไปนิยมเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียวุ้นแข็งที่ผสมเลือด ลักษณะของโคโลนีจะนูนและมีกลิ่นเหม็น ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของเชื้อแบคทีเรียในกลุ่มนี้ นอกจากนี้ยังเพาะบนอาหารพิเศษ ซึ่งอาศัยคุณสมบัติที่เชื้อสามารถสร้างกรดได้จากน้ำตาลแลคโตสแล้วเปลี่ยนสีของสารที่เติมลงไป เช่น อาหารเลี้ยงเชื้อวุ้นแข็งแมคคองกี้ส์ (MacConky' agar) ลักษณะโคโลนีจะมีสีแดง นอกจากนี้บนอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย Eosin methylene blue (EMB) ซึ่งเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อพิเศษใช้สำหรับพิสูจน์ เชื้อ *E. coli* โดยลักษณะโคโลนีมีขนาดเล็ก มีสีดำตรงกลาง รอบ ๆ โคโลนีจะมีการตกตระกอนของเม็ดสี เมทธิลีนบูล และอีโอซิน ลักษณะวาวคล้ายปีกแมลงทับ (metallic luster หรือ metallic sheen) (เรืองทอง, 2543)