บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ปัจจุบันการบริโภคเนื้อไก่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ทำให้อุตสาหกรรมทางด้านการเลี้ยงไก่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วทั้งการผลิต การแปรรูป และการบริโภค เนื่องจากเนื้อไก่เป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่หาได้ง่ายและมีราคาถูกกว่าโปรตีนจากเนื้อสัตว์ชนิดอื่น ในปัจจุบันเนื้อไก่พื้นเมืองได้รับความนิยมในการบริโภคเพิ่มมากขึ้น และพบว่าเกษตรกรนิยมเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในชนบท ซึ่งปัจจุบันคาดการณ์ว่ามีจำนวนไม่ต่ำกว่า 60 ล้านตัว (ยอดชาย, 2543)

ลักษณะประจำพันธุ์ของไก่พื้นเมือง

ไก่พื้นเมืองมีลักษณะภายนอกเหมือนไก่แถบเอเชียชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะนิสัยสำหรับเป็นไก่ชน (Roberts, 1997) และมีอยู่หลายสายพันธุ์ ด้วยกัน เช่น ไก่แจ้ ไก่อู เป็นต้น ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด คือ จะมีสีขนมากมายทั้งเพศผู้และเมีย เช่น สีดำสนิทหรือมีสีดำเหลือบน้ำเงิน น้ำตาล ขาว เหลือง เป็นต้น แข้งขาวและมีสีดำ หน้าอกแหลม ในการเลือกลักษณะของไก่พื้นเมืองที่ดีนั้น สีขนไม่ใช่ลักษณะที่สำคัญ ขึ้นอยู่กับความพอใจของผู้เลี้ยง และความต้องการของตลาด (ไชยา, 2533)

ไก่พื้นเมืองเป็นไก่ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับในเรื่องของรสชาติ ซึ่งรสชาติที่ได้เกิดจากลักษณะประจำพันธุ์ เป็นปัจจัยสำคัญ ส่วนในแง่อื่นที่สามารถพิจารณาได้ คือ อัตราการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองต่ำกว่าไก่สายพันธุ์ต่างประเทศที่นำเข้ามาเลี้ยงเป็นอุตสาหกรรมเพื่อการค้า นับว่าเป็นข้อด้อยของไก่พื้นเมือง แต่อัตราการเจริญเติบโตช้า และระยะเวลาในการเลี้ยงนาน เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ไก่พื้นเมืองมีการสร้างกล้ามเนื้อที่มีโครงสร้างแน่นกว่าสายพันธุ์ต่างประเทศ ส่งผลต่อรสชาติด้านการบริโภค

และเมื่อมองทางด้านเศรษฐกิจในปัจจุบัน ความนิยมในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองมีแพร่หลายมากขึ้น ทั้งนี้ส่วนมากมักเป็นในรูปแบบของการเลี้ยงแบบเกษตรกรที่พบเห็นได้ทั่วไปตามสภาพชนบท สำหรับเป็นแหล่งอาหารโปรตีนของครอบครัว หรือเพื่อเป็นรายได้เสริม การเลี้ยงส่วนใหญ่มักเป็นแบบปล่อยให้หาอาหารกินเอง หรือ ให้อาหารที่มีคุณภาพต่ำ สิ่งเหล่านี้จึงเป็นอีกประการหนึ่งที่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองต่ำ และปัญหาการตายเนื่องจากโรคระบาด ซึ่งเกิดจากการสุขาภิบาลไม่ดีพอ สามารถสรุปปัญหาที่เกิดขึ้น ดังแผนภาพที่ 1

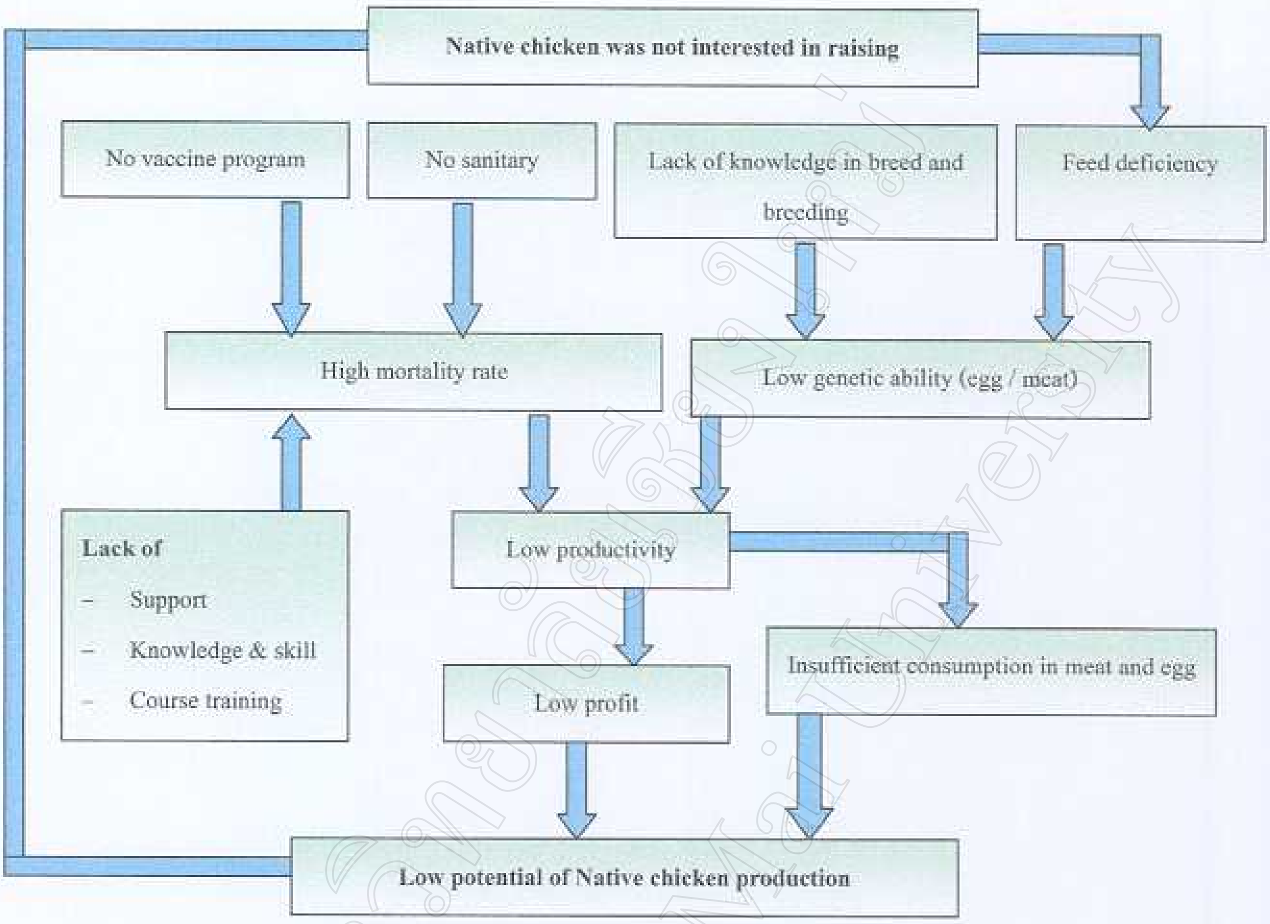


Figure 1 The obstacle production of Native chickens (ดัดแปลงจาก อภิชัย, 2531)

2.1 ไก่ลูกผสมพื้นเมือง

ในด้านการปรับปรุงสายพันธุ์ของไก่พื้นเมืองมีการคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยผสมข้ามพันธุ์กับไก่พันธุ์อื่นที่มีลักษณะดีกว่า ได้เป็นไก่ลูกผสม ซึ่งหมายถึง ไก่ที่ได้จากการเอาไก่ตั้งแต่ 2 สายพันธุ์ขึ้นไปทำการผสมพันธุ์กัน โดยทั่วไปแล้วไก่ลูกผสมนี้มักจะได้รับลักษณะที่ดีจากพ่อ – แม่พันธุ์มารวมกันไว้ (สมควร และศิริพันธ์, 2539; อานนท์, 2542) ในการคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์ไก่ส่วนมากแล้วจะใช้พ่อพันธุ์ไก่พื้นเมือง ส่วนแม่พันธุ์ใช้ไก่ไข่ ที่มีขนาดใหญ่ เช่นโรดไอแลนด์เรด (Rhode Island Red) หรือ บาร์พลีมัทร็อค (Barred Plymouth Rock) เป็นต้น จะได้ไก่พันธุ์ลูกผสมพื้นเมืองในระดับสายเลือดต่าง ๆ ซึ่งไก่ลูกผสมที่ได้จะมีลักษณะภายนอกที่คล้ายไก่พื้นเมือง มีรูปร่างลักษณะเป็นที่ยอมรับของตลาด สามารถเจริญเติบโตในอาหารอย่างง่ายและมีคุณภาพต่ำ เลี้ยงดูง่ายกว่าพันธุ์ต่างประเทศ เช่นเดียว

กับไก่พื้นเมือง โดยทั่ว ๆ ไป มีสมรรถภาพการเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูงกว่าไก่พื้นเมืองแท้ ซึ่งปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในเรื่องการปรับปรุงสายพันธุ์ คือ ลักษณะเด่นที่ต้องการ ไม่ว่าจะเป็นด้านอัตราการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น ลักษณะรูปร่างภายนอก อัตราการตาย ระยะเวลาในการเลี้ยง ตลอดจนราคาที่จำหน่ายได้ ซึ่ง Hunton (1990) รายงานว่าวัตถุประสงค์ในการผสมข้ามเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตด้านอัตราการเจริญเติบโต (growth rate) มีความต้องการการเจริญเติบโตที่ดีและรวดเร็วขึ้น จึงได้มีการนำไก่ที่ต้องการปรับปรุงพันธุ์มาผสมข้ามกับไก่ที่มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่า โดยใช้น้ำหนักตัว และ จำนวนวันในการเลี้ยง เป็นฐานในการคัดเลือก ส่วนในเรื่องลักษณะรูปร่าง (body conformation) เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญเช่นกัน ซึ่งเกี่ยวข้องกับความเป็นกล้ามเนื้อ โดยสวัสดิ์ (2540) พบว่าไก่พื้นเมืองมีรูปร่างลักษณะเล็กกว่าไก่สายพันธุ์ต่างประเทศมากโครงสร้างกระดูกทำให้มีลักษณะหน้าอกแหลม ทำให้กล้ามเนื้ออกที่ได้เล็กกว่า

2.1.2 หลักการผสมพันธุ์ไก่

โครโมโซมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม รวมถึงมนุษย์ ประกอบด้วย โครโมโซม X และ Y สัตว์ตัวผู้หรือผู้ชายจะมีโครโมโซมเป็น XY (heterogametic) และตัวเมียหรือเพศหญิงจะเป็น XX (homogametic) ส่วนในสัตว์ปีกประกอบด้วยโครโมโซม Z และ W สัตว์ปีกตัวผู้ประกอบด้วย ZZ (homogametic) และตัวเมียประกอบด้วย ZW (heterogametic) (Parkhurst and Mountney, 1988)

		Mammal				**Avian**	
		Female				**Female**	
		X	X			Z	W
Male	X	XX	XX	**Male**	Z	ZZ	ZW
	Y	XY	XY		Z	ZZ	ZW

การผสมข้ามพันธุ์

ในการผสมข้ามพันธุ์ อัตราของ hybrid vigor เป็นลักษณะที่รุ่นลูกที่ได้มีลักษณะเด่นกว่าพ่อแม่ หรือดีกว่าพ่อแม่ ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะที่ต้องการ ดังนั้นการคำนวณลักษณะนี้จึงเป็นไปตามสูตร (Parkhurst and Mountney, 1988)

$$\textbf{Hybrid vigor (\%)} = \left(\frac{F_1 - P_1}{P_1}\right) \times 100 \quad \text{หรือ}$$

$$\textbf{Hybrid vigor (\%)} = \left(\frac{\text{crossbred average} - \text{purebred average}}{\text{purebred average}}\right) \times 100$$

และการทำนายอัตราพันธุกรรมด้านประสิทธิภาพการผลิตในด้านต่าง ๆ ใช้วิธีการทำนาย โดย ส่วนประกอบที่ได้จากพ่อ (sire component) มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำ อยู่ระหว่าง 0.4 – 0.6 และ ส่วนประกอบที่ได้จากแม่ มีค่าอัตราพันธุกรรมในระดับสูง อยู่ระหว่าง 0.5 – 0.6 (Buss, 1990)

อานนท์ (2542) รายงานถึงลักษณะของไก่ที่นำมาผสม คือ ไก่พันธุ์แท้ ในที่นี้ หมายถึง ไก่พื้นเมืองแท้ ซึ่งเป็นไก่ที่ได้รับการคัดเลือก และผสมพันธุ์มาเป็นอย่างดี ของนักผสมพันธุ์ จนลูกหลานในรุ่นต่อ ๆ มามีลักษณะ รูปร่าง ขนาด สี และ อื่น ๆ เหมือนบรรพบุรุษ

ไก่โรดไอแลนด์เรด ซึ่งเป็นไก่ที่ได้รับการคัดเลือกพันธุ์มาจากไก่มาเลย์แดง ไก่เซี่ยงไฮ้ ไก่เล็กฮอร์นสีน้ำตาล ไก่คอร์นิช ไก่ไวยันดอทท์ และไก่บรามาส์ ไก่โรดไอแลนด์เรด มีสองชนิด คือ หงอนจักร และหงอนกุหลาบ น้ำหนักเมื่อโตเต็มที่ของเพศผู้ 3.1 – 4 กิโลกรัม ส่วนเพศเมียหนัก 2.2 – 4 กิโลกรัม และบาร์พลีมัทร็อค เป็นไก่พันธุ์พลีมัทร็อคที่มีขนสีบาร์ คือมีสีดำสลับกับขาวตามขวางของขน หงอนจักร ผิวหนังสีเหลือง เป็นไก่ที่ผสมขึ้นระหว่างไก่ตัวผู้พันธุ์โดมินิค กับไก่ตัวเมียพันธุ์โคชินดำ หรือ จาวาดำ (Roberts, 1997)

ไก่ลูกผสม เป็นไก่ที่เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างไก่พันธุ์แท้ 2 พันธุ์ โดยไก่ลูกผสมที่ได้จะมีลักษณะบางอย่างที่ดีกว่าพ่อ แม่ โตเร็ว และให้เนื้อดีกว่า ในการสังเกตว่าเป็นไก่พื้นเมืองแท้หรือไก่ลูกผสมนั้น สีขนของไก่พื้นเมืองอาจเป็นตัวบ่งบอกที่ไม่เด่นชัดนัก เนื่องจาก ไก่พื้นเมืองของไทยมีสีขนหลายแบบด้วยกัน เช่น สีดำ สีน้ำตาล สีขาว สีเหลือง สีเขียว เป็นต้น (ไชยา, 2533)

Figure 2 Scheme of cross breeding for improved performance, carcass and meat quality of Thai native chicken

2.2 สมรรถภาพการผลิต

2.2.1 น้ำหนักตัวแรกเกิด (birth weight)

ไก่พื้นเมือง และไก่ลูกผสมพื้นเมืองมีน้ำหนักตัวแรกเกิดแตกต่างกัน เนื่องจากขนาดของไข่ที่เข้าฟักของแต่ละสายพันธุ์นั้นแตกต่างกัน ลูกไก่ที่ได้มีน้ำหนัก 60 – 62% ของน้ำหนักไข่ที่นำเข้าฟัก (ศิริและสมภพ, 2526) ส่วน เสกสม (2544) รายงานว่าสุขภาพของพ่อแม่พันธุ์ไก่จะมีผลต่อความสม่ำเสมอของลูกไก่และน้ำหนักตัว ไสวและคณะ (2541) ได้รายงานน้ำหนักแรกเกิดของไก่พื้นเมืองเท่ากับ 31.45 กรัม ส่วนในไก่ลูกผสมพื้นเมืองสองสายตามการศึกษาของ สมควรและศิริพันธ์ (2539) มีน้ำหนักตัวแรกเกิดเท่ากับ 39.40 กรัม ขณะที่ อำนวยและคณะ (2542) รายงานน้ำหนักตัวแรกเกิดของไก่ลูกผสมพื้นเมืองสองสายเท่ากับ 32.25 กรัม และน้ำหนักตัวแรกเกิดของไก่ลูกผสมพื้นเมืองสามสาย มีน้ำหนักตัวแรกเกิดเท่ากับ 34.28 กรัม

2.2.2 อัตราการเจริญเติบโต (growth rate)

อัตราการเจริญเติบโตเป็นการเพิ่มขนาดของเซลล์ (hypertrophy) และเพิ่มจำนวนเซลล์ (hyperplasia) ประสิทธิภาพด้านการเจริญเติบโตของสัตว์ขึ้นอยู่กับ ความสามารถในการเผาผลาญพลังงาน เป็นการผลิตความร้อน และพลังงานในการสร้างโปรตีนและไขมัน ซึ่งน้ำหนักร่างกายที่เพิ่มขึ้นเป็นตัวบ่งชี้เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง องค์ประกอบของไขมันในร่างกาย และอัตราเมตาบอลิซึมที่เพิ่มตามลักษณะของกราฟแสดงการเจริญเติบโต (sigmoid curves) เนื่องจากการนำพลังงานไปใช้เป็นส่วนประกอบของไขมัน และเนื้อแดง คือประมาณ 39 และ 4.8 กิโลจูล/กรัม ตามลำดับ (Webster, 1980; cited by Chambers, 1990)

อัตราการเจริญเติบโตมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับอายุของไก่ กล่าวคือ การเจริญเติบโตของไก่จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่ออายุไก่เพิ่มมากขึ้น (สวัสดิ์และคณะ, 2531)

นอกจากนี้อัตราการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง และไก่ลูกผสมพื้นเมืองสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวแรกเกิด สายพันธุ์ และ สภาพการเลี้ยง โดยน้ำหนักตัวแรกเกิดสูงมีแนวโน้มต่ออัตราการเจริญเติบโตที่สูงด้วย ทางด้านสายพันธุ์มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตเนื่องจากการปรับปรุงพันธุ์และอัตราพันธุกรรม ส่วนสภาพการเลี้ยงแบบหลังบ้าน อาหารที่ให้เป็นอาหารที่หาง่ายในท้องถิ่นหรือปล่อยให้หาอาหารกินเองตามธรรมชาติ จะมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ซึ่งมีทั้งน้ำและอาหารให้กินอย่างเต็มที่ภายในระยะเวลาการเลี้ยงที่เท่ากัน จากการศึกษาของ สมควรและศิริพันธ์ (2539) รายงานอัตราการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมือง x โรดไอแลนด์เรด ภายใต้สภาพการเลี้ยงแบบเกษตรกร มีน้ำหนักตัวเมื่ออายุ 12 สัปดาห์ เท่ากับ 808.90 กรัม และเมื่อ

เปรียบเทียบกับการศึกษาของ อำนวยและคณะ (2542) ในไก่ลูกผสมพื้นเมืองสองสาย ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปของไก่ไข่ มีน้ำหนักเมื่ออายุที่ 12 สัปดาห์ เท่ากับ 1,395.70 กรัม

2.2.3 ปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed intake and feed conversion ratio)

ปริมาณอาหารที่กินมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร ไพโชค (2542) พบว่าถ้าปริมาณอาหารที่กินต่ำ น้ำหนักเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารจะดีและมีผลต่อต้นทุนการผลิต และปริมาณอาหารที่กินขึ้นอยู่กับคุณภาพของอาหาร ด้วย โดยพบว่าระดับโปรตีนและพลังงานในอาหาร มีผลต่อระดับการกินอาหารของไก่เมื่อมีการลดระดับโปรตีนและพลังงานลงในสูตรอาหาร ทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยลง จากการศึกษาของ อำนวยและคณะ (2542) ในไก่ลูกผสมพื้นเมืองสองสาย เมื่ออายุ 12 และ 16 สัปดาห์ มีประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 3.02 และ 3.81 ตามลำดับ และจากการศึกษาของ อำนวยและคณะ (2540) ในไก่พื้นเมืองพบว่ามีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และปริมาณอาหารที่กินในช่วงอายุ 0 – 4, 0 – 8, 0 – 12 และ 0 – 16 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 4.85, 4.51, 3.58 และ 3.44 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุดอยู่ในช่วงอายุ 0 – 16 สัปดาห์ และปริมาณอาหารที่กินเท่ากับ 5.27, 8.18, 11.17 และ 12.25 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ

2.2.4 อัตราการตาย (mortality rate)

สุขภาพสัตว์เป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งจะไปมีผลต่อการดำรงชีพในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านอัตราการเจริญเติบโต หรือการผลิตโดยรวมทั้งหมด ซึ่งระบบภูมิคุ้มกันจัดเป็นระบบที่สำคัญด้านสุขภาพ มีปัจจัยสองอย่างที่ใช้เป็นตัววัดระบบภูมิคุ้มกันคือ สายพันธุ์และสภาพแวดล้อม ซึ่งทั้งสองตัวนี้สามารถทำให้ไก่ เกิดการติดเชื้อได้ (Lamont and Dietert, 1990) การสูญเสียเนื่องมาจากอัตราการตายที่เกิดจากโรคระบาด เช่น นิวคาสเซิล อหิวาต์ไก่ และฝีดาษไก่ ทำให้ไก่ตายจำนวนมาก (เชิดชัยและคณะ, 2530; อ้างโดย อำนวยและคณะ, 2540) ส่วนสายพันธุ์ มักมีความสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโต และการปรับปรุงพันธุ์จะเป็นการเพิ่มอัตราการตายให้สูงขึ้นมากกว่าพันธุ์แท้ (Chambers, 1990)

นอกจากนี้อัตราการตายยังขึ้นอยู่กับภูมิคุ้มกันโรคที่ได้จากแม่ (maternal immunity) ซึ่งจะพบในลูกไก่ที่ฟักจากแม่ไก่ที่ให้วัคซีนป้องกันโรคนั้น ๆ เป็นประจำ ภูมิคุ้มกันนี้จะสูงเมื่อฟักออกใหม่ ๆ และลดลงเรื่อย ๆ จนไม่มีเลย เมื่อลูกไก่อายุ 3 – 4 สัปดาห์ ภูมิคุ้มกันจากแม่ในลูกไก่จะต่อต้านการสร้างภูมิคุ้มกัน ดังนั้นถ้าลูกไก่มีภูมิคุ้มโรคจากแม่สูงจะทำให้ระยะเวลาที่มีความคุ้มโรคสั้นลงจาก 12 สัปดาห์ เหลือ 6 สัปดาห์ (บุญเยี่ยมและคณะ, 2524)

ส่วนสภาพการเลี้ยงดูมีผลต่ออัตราการตายของไก่เช่นเดียวกัน โดยไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงดูภายใต้สภาพชนบทมีอัตราการตายสูงกว่าสภาพการเลี้ยงดูแบบการค้า เนื่องจากการจัดการดูแลเรื่องอาหาร เวชภัณฑ์ และการตายจากสัตว์เลี้ยง เช่น สุนัข และแมว เป็นต้น ซึ่งอาหารมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ การขาดโภชนะบางชนิด ทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง สภาพร่างกายอ่อนแอไม่มีความต้านทานต่อสภาพแวดล้อม มีแนวโน้มการติดเชื้อได้ง่าย และส่งผลต่ออัตราการตาย ไสวและคณะ (2541) รายงานอัตราการตายของไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงในสภาพชนบท ในช่วงอายุ 4 – 8 สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 23.74 อัตราการตายจะสูงในช่วงแรกที่เลี้ยง และเริ่มลดลงในสัปดาห์ต่อไป เนื่องจากไก่โตมีภูมิต้านทานโรคดีกว่าไก่เล็ก สอดคล้องกับการศึกษาของ Ensminger (1992) ที่รายงานว่า ช่วงอายุ 3 สัปดาห์แรกไก่มีอัตราการตายประมาณ 2% ส่วนในช่วงอายุ 3 สัปดาห์ จะมีอัตราการตายประมาณ 1% ต่อเดือน และจากการศึกษาของ สมควรและศิริพันธ์ (2539) ในไก่ลูกผสมพื้นเมือง x โรดไอแลนด์เรด ในสภาพการเลี้ยงแบบหลังบ้านมีอัตราการตายเท่ากับ 6%

2.2.5 ต้นทุน (cost)

การเลี้ยงไก่พื้นเมืองแบบเกษตรกรยังไม่มีการศึกษาต้นทุนในการผลิตอย่างจริงจัง เนื่องจากปัจจัยหลักในเรื่องของอาหารที่ให้ มักเป็นอาหารที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ไก่ที่นำมาเลี้ยงก็ไม่มีมาตรฐานในการซื้อขาย โรงเรือนก็อาศัยตามใต้ถุน หรือต้นไม้ ดังนั้น ต้นทุนในการผลิตที่เป็นเงินสดจึงนับว่าไม่มี (ไชยา, 2533) ส่วน อำนวยและคณะ (2540) รายงานว่าต้นทุนการเลี้ยงไก่พื้นเมืองจะแบ่งเป็นต้นทุนผันแปร เช่น อาหาร ยารักษาโรค เป็นต้น คิดเป็น 98.5% และต้นทุนคงที่ คือโรงเรือน ประมาณ 1.5% ส่วนการเลี้ยงและการจำหน่ายที่อายุ 16 สัปดาห์ จะให้กำไรสูงสุด รองลงมาได้แก่ที่อายุ 20, 24 และ 12 สัปดาห์ ตามลำดับ

การที่เนื้อไก่พื้นเมืองเป็นที่นิยมบริโภคกันโดยทั่วไป เนื่องจากมีเนื้อแน่น รสชาติดี และมีความน่ารับประทานกว่าเนื้อไก่พันธุ์ต่างประเทศ โดยเฉพาะเมื่อโตเต็มที่อายุประมาณ 4 เดือน ส่วนราคาจำหน่ายก็สูงกว่าไก่เนื้อประมาณ 2 เท่า (สวัสดิ์, 2540)

2.3 คุณภาพซาก

ส่วนประกอบของซากที่บริโภคได้มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก และคุณภาพซาก ที่ประกอบด้วยสัดส่วนของ กล้ามเนื้อ กระดูก และไขมัน (สัญชัย, 2543) เป็นส่วนสำคัญที่ผู้บริโภคจะตัดสินใจซื้อ ซึ่งปัจจัยภายนอกมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซากนั้น นพวรรณและคณะ (2541) รายงานว่า ระดับโปรตีนในอาหารมีผลต่อน้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์ซาก เนื้อหน้าอก และเครื่องใน ส่วนช่วงเวลาในการเลี้ยง และระดับอัตราพันธุกรรมที่มีผลต่อการสะสมของกล้ามเนื้อนั้น สอดคล้องกับการศึกษาของ

อุดมศรีและคณะ (2535) ซึ่งรายงานว่า พันธุ์ไก่ อายุเมื่อฆ่า และการจัดการมีผลต่อคุณภาพซาก ส่วนระดับอัตราพันธุกรรมนั้น อุดมศรีและคณะ (2539) รายงานว่าไก่ที่มีระดับสายเลือดพื้นเมืองถึง 75% ให้ซากที่เป็นส่วนของกล้ามเนื้อมาก อุดมศรีและคณะ (2540) รายงานเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลังฆ่าของไก่ลูกผสมพื้นเมือง x โรดไอแลนด์เรด เท่ากับ 89.05% ส่วนเปอร์เซ็นต์ซากที่กินได้ คิดจากน้ำหนักมีชีวิต เท่ากับ 75.04 และจากการศึกษาของ ไพโชค (2542) ได้รายงานว่าเมื่อร่างกายได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงร่างกายสามารถสร้างเป็นเนื้อได้มาก ในทางตรงกันข้าม อาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำอาจมีกรดอะมิโนบางชนิดไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายทำให้การสังเคราะห์โปรตีนมีประสิทธิภาพต่ำลง และพลังงานในอาหารก็จะถูกนำไปสร้างไขมันเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณไขมันในซากเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมาก และโดยปกติไขมันมักจะสะสมได้ง่าย และรวดเร็วบริเวณอวัยวะภายใน และจะมีผลโดยตรงต่อไขมันในซาก (สัญชัย, 2543) ดังแสดงในตาราง 1 และ 2

Table 1 Chicken yield percentage (Adapted from Department of Livestock Development, 1996; cited by Jaturasitha, 2000)

1st portion estimated 39.05%	2nd portion estimated 60.95%
1. Blood 4.0	1. Internal organ 7.0
2. Feather 6.6	2. Neck 2.1
3. Legs 5.0	3. Neck skin 1.7
4. Head 2.8	4. Fillet 2.75
5. Intestine 5.0	5. Whole wings 8.1
6. Lungs 1.0	6. Bone in legs 26.0
7. Others 15.65	7. Breast meat 13.3

Table 2 The correlation (r) between fat to total fat and carcass fat (Adapted from Department of Livestock Development, 1996; cited by Jaturasitha, 2000)

Fat	Total fat	Carcass fat
Abdominal fat	0.856	0.855
Subcutaneous (back position)	0.703	0.691
Subcutaneous (wing position)	0.738	0.724

นอกจากนี้คุณภาพซากหลังการฆ่า เกี่ยวข้องกับการกินอาหาร การจับบังคับสัตว์ เพศ พันธุกรรม และระยะเวลาในการอดอาหาร หากการจัดการเหล่านี้ไม่ดีคุณภาพซากที่ได้จะเกิดลักษณะของจ้ำเลือด Hillebline *et al.* (1996); อ้างโดย อัปสร (2543) รายงานว่าการผูกสัตว์เพื่อป้องกันการกระพือปีกและการดิ้นรนก่อนทำให้สลบจะช่วยลดจ้ำเลือดได้

2.4 คุณภาพเนื้อ

คุณภาพเนื้อเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ ส่วนประกอบของซากที่มีปริมาณเนื้อมากย่อมเป็นที่สนใจต่อผู้บริโภค นอกจากนี้ความสำคัญในด้านปริมาณโปรตีน ไขมัน ความนุ่ม และรสชาติ ก็เป็นสิ่งที่สำคัญในเนื้อสัตว์ สัญชัย (2543) รายงานว่าปริมาณของเนื้อ และไขมันในซากสัตว์ แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะทางพันธุกรรมในสัตว์ การคัดเลือกพันธุกรรม และการปรับปรุงพันธุ์ช่วยเพิ่มปริมาณของเนื้อ และลดปริมาณไขมันในซากสัตว์

ปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของเนื้อมีหลายปัจจัย เริ่มจากการผลิตจากฟาร์ม มีปัจจัยที่สำคัญ เช่น อาหาร การจัดการดูแล การให้ยา เป็นต้น การขนส่งไก่มายังโรงฆ่า การจัดการก่อนการฆ่าสัตว์ภายในคอกพัก จนถึงกระบวนการในการฆ่า การเอาเครื่องในออก การเก็บรักษาซาก การตัดแต่ง และการจัดจำหน่าย (จุฑารัตน์, 2538)

2.4.1 คุณภาพเนื้อด้านสี (meat color) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity, WHC)

การจัดการก่อนฆ่ามีผลต่อคุณภาพเนื้อที่เกิดจากกระบวนการผลิตและการใช้ประโยชน์ของ epinephrine และ glycocorticoids ในร่างกายสัตว์ มีผลต่อความเครียดของสัตว์ก่อนการฆ่า อาจมีสาเหตุจากหลายปัจจัย เช่น การขนส่งสัตว์จากฟาร์มมาโรงฆ่า ระยะทางในการขนส่ง เป็นการรวมกันในสิ่งแวดล้อมใหม่ เป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดความเครียด (สัญชัย, 2543) โดยไปมีผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกาย และคุณภาพเนื้อในด้านต่าง ๆ เช่นการเกิด dark, firm และ dry หรือ DFD ในเนื้อโค และการเกิด pale, soft และ exudative meat หรือ PSE ในเนื้อสุกรซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญต่ออุตสาหกรรมเนื้อ (Kannan *et al.*, 1997) สิ่งเหล่านี้มีผลต่อค่าสีของเนื้อ (color) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) เช่น ค่าการสูญเสียน้ำ (drip loss) ค่าการสูญเสียน้ำขณะทำละลาย (thawing loss) และค่าการสูญเสียขณะประกอบอาหาร (cooking loss) ของเนื้อด้วย ซึ่ง Buss (1990) รายงานว่าการสูญเสียขณะทำละลายมีความสัมพันธ์กับความชื้นในเนื้อ ส่วนการสูญเสียเนื่องจากการเก็บมีความสัมพันธ์กับไขมันในซาก

มีรายงานเกี่ยวกับช่วงเวลาที่สัตว์ตาย ส่งผลต่อการแข็งตัวของเนื้อภายหลังจากสัตว์ตาย 3 – 6 ชั่วโมง โดยหลังจากเซลล์ตายแล้ว มีความแตกต่างกันระหว่างกล้ามเนื้อสีแดง (red muscle) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ใช้ออกซิเจน เช่น กล้ามเนื้อน่อง และกล้ามเนื้อสีขาว (white muscle) คือ กล้ามเนื้อที่ไม่ใช้ออกซิเจน เช่นกล้ามเนื้ออก (Xlong *et al.*, 1993) ชี้ให้เห็นถึงสภาพของเซลล์กล้ามเนื้อในการเกิดกระบวนการเมตาบอลิซึม ปัจจัยทางด้านเคมีที่มีผลต่อโมเลกุลของโปรตีน แต่ละโมเลกุล และทำให้เกิดการรวมตัวกันของโปรตีนเหล่านี้ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ ตลอดจนความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ สี ลักษณะโครงร่างและอื่น ๆ (กฤษฎา และ อลงกลด, 2543)

สีเนื้อ (meat color) เป็นลักษณะภายนอกที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และสามารถให้คะแนนความพอใจ สีของเนื้อสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพ และลักษณะทางกายภาพของเนื้อได้อย่างเด่นชัด การประเมินสีของเนื้อด้วยสายตาเป็นสิ่งแรกที่สามารถวัดความพึงพอใจของผู้บริโภคได้ เนื่องจากสีของเนื้อสดจะส่งผลถึงสีของเนื้อเมื่อผ่านการประกอบอาหารแล้ว (Cornforth, 1999)

ความแตกต่างของสีเนื้อขึ้นอยู่กับ (Ledward, 1992; Cornforth, 1999)

1. ความเข้มข้นของไมโอโกลบิน
2. ความแตกต่างระหว่างชนิดของสัตว์
3. ความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์
4. ความแตกต่างระหว่างเพศ
5. ความแตกต่างระหว่างอายุ
6. ชนิดของกล้ามเนื้อ (กล้ามเนื้อขา และสะโพกไก่จะมีไมโอโกลบินสูงกว่ากล้ามเนื้ออก)
7. การจัดการดูแล (สัตว์ที่เลี้ยงแบบกักบริเวณจะมีไมโอโกลบินต่ำกว่าสัตว์ที่เลี้ยงปล่อย)

สีของเนื้อสดมีผลมาจากชนิดของกล้ามเนื้อ โดยกล้ามเนื้อในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายสัตว์ จะมีลักษณะโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อแตกต่างกัน โดยสัตว์อายุน้อยจะมีปริมาณของ myoglobin และ haemoglobin ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ haem (สารสีในเนื้อ) ต่ำกว่าสัตว์อายุมาก โดยสัตว์ที่อายุมากจะมีอัตราการทำงานของกล้ามเนื้อสูง กล้ามเนื้อส่วนใดที่ทำงานหนักมาก ๆ จะทำให้เกิดการใช้ออกซิเจน และมีการสะสมปริมาณของออกซิเจนสูงด้วย (สัญชัย, 2534) ส่วนลักษณะการเกิดสีซีดในเนื้อไก่ เป็นผลมาจากการลดลงของ glycogen ในกล้ามเนื้อ เนื่องจากกล้ามเนื้อขาจะมีเม็ดสีสูงกว่ากล้ามเนื้ออก ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของเนื้อไก่ กล้ามเนื้ออกจึงมีลักษณะสีซีด การเกิดสีซีดในเนื้อไก่อาจเกิดจากการแช่เย็นเนื้อ น้ำจะมีการพาเม็ดสีออกมาได้น้อยมาก (Fletcher, 1999) ความแตกต่างของสีในกล้ามเนื้ออกของไก่ อาจเกิดจากกระบวนการทำให้สลบและสภาวะก่อนการฆ่า ทำให้กล้ามเนื้อมีสีเข้ม เนื่องจากการสะสมปริมาณของกรดแลคติก

โปรตีนในเม็ดเลือดแดง เกิดขึ้นจากความเข้มข้นของเม็ดสีไมโอโกลบิน (myoglobin) กล้ามเนื้อที่มี haemoprotein สูงจะพบมากในเนื้อโคและแกะ ทำให้เนื้อมีสีเข้ม ส่วนกล้ามเนื้อที่มี haemoprotein ต่ำ จะพบมากในกล้ามเนื้อไก่และสุกร ปัจจัยที่ทำให้เกิด haemoprotein ในกล้ามเนื้อ คือความแปรผันขององค์ประกอบของ ไมโอโกลบิน (Meyer, 1960)

นอกจากนี้อาหารยังมีผลต่อระดับของไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อสัตว์อีกด้วย เนื้อที่มีความเป็นกรดด่างมากกว่า 6.0 จะมีลักษณะของเนื้อที่แห้ง แข็ง และมีสีเข้ม (dark firm and dry, DFD) (สัญชัย, 2543) อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของสีระหว่างการเกิดกระบวนการทางเคมีของ haemoprotein จะเกิดขึ้นได้ง่ายระหว่างการเก็บและสภาวะการผลิต (Morita *et al.*, 1969; Barnard *et al.*, 1970; Ashmore and Doerr, 1971; cited by Cornforth, 1999)

ฮีโมโกลบินในกล้ามเนื้อที่เกิดจากการตกค้างของเลือด อาจทำให้เกิดมีความแตกต่างของสี ซึ่งเป็นผลการควบคุมของฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต มีผลต่อเส้นเลือดฝอย โดยแท้จริงแล้วจะมีความสัมพันธ์กับผนังเส้นเลือด มีผลทำให้เกิดความเข้มข้นของสีเนื้อ เป็นสมมุติฐานที่เป็นไปได้ของปัจจัยที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของสีในกล้ามเนื้ออก (Fletcher, 1991; cited by Warriss *et al.*, 1999)

สีผิดปกติในเนื้อ (discoloration)

Metmyoglobin จะให้สีที่ผิดปกติไปจากเดิม (รูปที่ 3) ซึ่งเกิดจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน เริ่มจากกระบวนการเก็บ การบรรจุหีบห่อ และการควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งเป็นปัจจัยเริ่มต้นที่ทำให้เนื้อสดมีสีคงที่ ปัจจัยสำคัญด้านอื่นที่มีผลต่อค่าสีของเนื้อสดเช่น ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) สภาวะแสง เป็นต้น และเมื่อผิวหน้าของเนื้อสดสัมผัสกับอากาศจะเกิดปฏิกิริยาแผ่กระจาย (blooming) เกิดขึ้นภายในเวลา 30 นาที ได้เป็น oxymyoglobin ที่ได้จาก myoglobin การลดปฏิกิริยาแผ่กระจายโดยการลดอุณหภูมิให้เร็วขึ้น (Cornforth, 1999) ด้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะมีผลกระทบต่อค่าสีเนื้อที่พบใน oxymyoglobin, metmyoglobin จะทำให้เนื้อเกิดลักษณะสีเขียว ซึ่งเกิดจาก 2 กรณี คือ เกิดจากการออกซิเดชั่นของแบคทีเรีย และเกิดจากการที่แบคทีเรียผลิตไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide) ที่เกิดจากแบคทีเรียชนิด *Pseudomonas mephitica* (เรณู, 2535)

โปรตีนสามารถทำให้เนื้อเกิดสีได้ดี โดยเฉพาะเนื้อที่ได้รับความร้อน และมีคาร์โบไฮเดรตร่วมด้วย ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เรียกว่า ปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) และให้สีที่มีสารเมลานอยดิน (melanoidin) เกิดสารประกอบไกลโคซีลามีน (glycosylamine) สารชนิดนี้จะจัดตัวกันใหม่ ซึ่งทำได้ 2 แบบ คือ แบบแรกเรียกว่า อมาโดริ รีอะแรนจ์เมนท์ (Amadori rearrangement)

จะให้สารประกอบที่เรียกว่า 1 – amino – 1 – deoxy – 2 – ketose (Amadori compound) แบบที่สอง เรียกว่า ฮีนส์ รีอะแรนจ์เมนท์ (Heyns rearrangement ให้สารประกอบ Heyns compound สารเหล่านี้จะเปลี่ยนเป็นเมลานอยดินในที่สุด สีที่ได้จะเป็นเป็นสีน้ำตาลเข้ม (Weir, 1986; อ้างโดย ณรงค์, 2538)

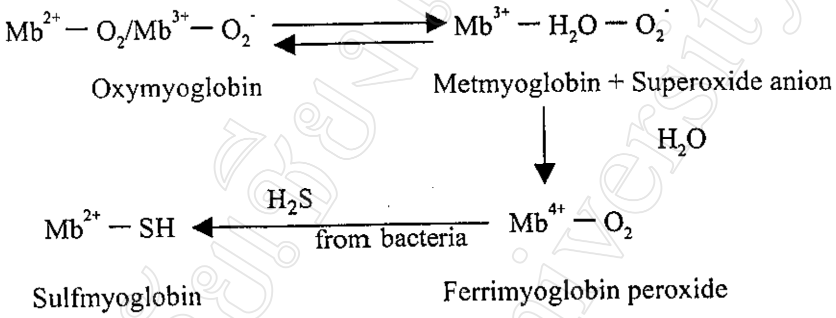


Figure 3 Scheme of discolor (Cornforth, 1999)

ไลปิดในเนื้อสัตว์มักอยู่ร่วมกับโปรตีน เมื่อไลปิดเกิดการออกซิเดชั่นโดยการรวมตัวกับออกซิเจน จะมีผลให้เหล็กเฟอรัสในไมโอโกลบินเกิดการรวมตัวกับออกซิเจนเร็วขึ้น และจะเปลี่ยนเป็น เมทไมโอโกลบิน เนื้อสัตว์จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ซึ่งเหล็กเฟอรัสได้จาก เม็ดเลือดแดง หรือจากสารประกอบอื่น ๆ ที่ไม่ใช่จากเม็ดเลือดแดง ซึ่งจะช่วยเร่งให้การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นเร็ว และจะเกิดเร็วมากในเนื้อแห้ง (Meyer, 1960)

ค่าความเป็นกรด เป็นด่าง (pH) กล้ามเนื้อโดยปกติขณะที่มีชีวิตมีค่า pH ประมาณ 7.2 หลังจากที่ตายแล้วกล้ามเนื้อมีกระบวนการย่อยสลาย glycogen ในกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ค่า pH ลดลงจาก 7.2 เหลือ 6.0 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการย่อยสลาย glycogen ในกล้ามเนื้อ มาจากการจัดการก่อนการฆ่า การขนส่งที่มีผลต่อความเครียด เนื่องจากระยะทางและเวลาระหว่างการเดินทาง Kannan *et al.* (1997) รายงานว่าความเครียดที่เกิดระหว่างการขนส่งไก่มีชีวิต เกี่ยวข้องกับกรงหรือลังที่ใช้ใส่ไก่ระหว่างการขนส่ง เพราะมีผลต่อการเพิ่ม adrenal hormone และไก่ที่ถูกเคลื่อนย้ายด้วยยานพาหนะประมาณ 40 นาที จะมีความเข้มข้นของ corticosterone (CORT) สูงกว่าไก่ที่ไม่ได้ทำการเคลื่อนย้าย นอกจากนี้การอดอาหารเป็นเวลานานปริมาณ glycogen ในกล้ามเนื้อจะลดลง แต่ความจำเป็นในการอดอาหารนั้นก็เพื่อทำให้เนื้อมีคุณภาพ ป้องกันการตกค้างของอาหารในทางเดินอาหาร ที่เป็นแหล่งของเชื้อจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร เชื้อเหล่านี้ทำให้เนื้อมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง สำหรับกระบวน

การฆ่ามีผลต่อการลดลงของปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ โดยส่งผลให้ค่า pH สุดท้ายลดลง กล้ามเนื้อจะมีค่าความเป็นกรดมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อค่าสีและค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ Allen *et al.* (1998) รายงานว่าเนื้อไก่ที่มีค่า pH ต่ำจะมีความสัมพันธ์กับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ และการสูญเสียขณะประกอบอาหารสูงขึ้น เนื่องจากค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อลดลง ทำให้เนื้อเหนียวมากขึ้น แต่จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษา (shelf life) ซึ่งเป็นลักษณะของเนื้อไก่ที่แสดงออกแบบ PSE (pale, soft and exudative) โดยมากพบในกล้ามเนื้ออก ก่อนที่เกิดลักษณะนี้ จะมีการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อก่อน และจากนั้นจะเกิดลักษณะ PSE (Mahon, 1999) สอดคล้องกับการศึกษาของ Lyon *et al.* (1991) รายงานว่า ช่วงการอดอาหารก่อนการขนส่งมีผลต่อซากหลังการฆ่า และลักษณะของกล้ามเนื้อ แต่ถ้าหากงดทั้งน้ำและอาหารจะมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างของเนื้อ

2.4.2 การประเมินด้านการตรวจชิม (sensory evaluation)

การตรวจชิมเป็นวิธีการประเมินคุณภาพโดยใช้ผู้ตรวจชิมตัดสินคุณภาพเนื้อสัตว์ (determine of meat quality) ด้าน ความเหนียวความนุ่ม กลิ่นรสชาติ ความชุ่มฉ่ำ และความพอใจโดยรวม โดยให้คะแนนตามลักษณะที่พิจารณาได้ ทั้งนี้พบว่าสายพันธุ์มีผลต่อคุณภาพเนื้อด้านการตรวจชิมหรือ organoleptic traits (Buss, 1990)

กลิ่นและรสชาติ (aroma and flavor) เนื้อสัตว์แต่ละชนิดจะมีกลิ่นและรสชาติลักษณะเฉพาะตัวที่มีผลมาจากสัดส่วนของสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่น กลิ่นและรสชาติสามารถบ่งบอกได้ว่าเนื้อนั้นมีความน่ากินหรือไม่ ส่งผลต่อความพอใจของผู้บริโภค นอกจากนี้กลิ่นที่ผิดปกติ (off – flavor) อาจเกิดขึ้นได้ในเนื้อสัตว์โดยไขมันมีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติในเนื้อ ซึ่งไขมันในซากประกอบด้วยกรดไขมันที่อิ่มตัวและไม่อิ่มตัว กลิ่นที่ผิดปกติในเนื้อเป็นผลมาจากไขมันทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและอุณหภูมิในอากาศ ทำให้เกิดกลิ่นที่เหม็นหืนในเนื้อ ทั้งนี้เนื้อสัตว์ส่วนใหญ่มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูง นอกจากนี้กลิ่นและรสชาติมีผลมาจากวิธีการปรุงอาหาร โดยปกติเนื้อดิบมักไม่มีกลิ่นแต่มีรสชาติที่น่ารับประทานเมื่อเทียบกับเนื้อที่ประกอบอาหารแล้ว กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ของเนื้อดิบ เนื่องจากการทำลายของเชื้อจุลินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ ส่วนเนื้อที่ผ่านการปรุงแล้วจะเกิดกลิ่นของสารระเหยจำพวก volatile compound ซึ่ง Farmer (1999) รายงานว่าองค์ประกอบของ oxygen, nitrogen, aldehydes และ ketone จะให้กลิ่นที่เป็นลักษณะ sulphurous, meaty, toasted, fatty, tallowy, fruity หรือ mushroom ทั้งนี้กลิ่นและรสชาติที่เกิดขึ้น ยังเกี่ยวข้องกับวิธีการปรุงอาหาร ซึ่งมีผลต่อสารประกอบพวก volatile compound ด้วยเช่นกัน นอกจากไขมันที่มีส่วนทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติ ยังพบว่ากรดอะมิโนมีส่วนเกี่ยวข้อง

โดยทำให้เกิดรสชาติของเนื้อที่มีความหวาน เช่นพวก glutamic acid และ inosin หรือ 5′– monophosphate (ตารางที่ 3)

ในการตรวจชิมรสชาติที่ได้เกิดจากการ ทำงานร่วมกันของส่วนรับความรู้สึกทางเคมี 2 อย่าง คือ การรับรส กับ การรับกลิ่น การรับรส รู้สึกได้จากต่อมรับรสทางลิ้น และส่วนอื่น ๆ ของจมูก และมี 4 รสหลัก คือ เปรี้ยว หวาน เค็ม ขม การรับความรู้สึกอื่น ๆ เช่น ความเข้มข้นของโลหะ ความเจ็บปวดที่เกิดจากการร้อน เย็นของอาหารและยูมามิ (umami) (ภาษาญี่ปุ่น หมายถึง อร่อย) (Weir, 1986; อ้างโดย ณรงค์, 2538; Farmer, 1999; Reineccius, 1999) ซึ่งสารให้รสของโปรตีนเกิดจากกรดอะมิโนและสารเปบไตท์ กรดอะมิโนที่ให้รสหวาน คือ ไกลซีน (glycine) อลานีน (alanine) ทรีโอนีน (threonine) โปรลีน (proline) ไฮดรอกซี่โปรลีน (hydroxy proline) ไลซีน (lysine) และกลูตามีน (glutamine) รสขมเกิดจาก กรดอะมิโนชนิด โนวาลีน (novaline) ลูซีน (leucine) ไอโซลูซีน (isoleucine) เมทไทโอนีน (methionine) ทริปโตเฟน (tryptophane) อาร์จินีน (arginine) และฮีสติดีน (histidine) รสเปรี้ยวเกิดจาก กรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ เช่น แอสพาติก (aspatic acid) กลูตาเมท (glutamate) เป็นต้น (Weir, 1986; อ้างโดย ณรงค์, 2538) ดังแสดงในตารางที่ 4

การสลายตัวของโปรตีนโดยใช้เอนไซม์ทำให้เกิดกลิ่นได้หลายชนิด เป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ซึ่งผลพลอยได้ คือ กลิ่นมากมาย เช่น แอลกอฮอลล์ อัลดีไฮด์ กรด สารเฮทเทอโรไซคริก (heterocyclics) และคีโตน (ketone) นอกจากนี้ยังทำให้สารให้กลิ่นบางชนิดที่เกาะอยู่กับโปรตีนถูกปล่อยออกมาเป็นอิสระส่วนการย่อยด้วยกรดจะให้สารที่มีกลิ่น pyrazines และ pyroles และการที่โปรตีนมีกลิ่นรสที่ดีรวมกับความรู้สึกที่เกิดจากการสัมผัส และลักษณะเนื้อที่เหมาะสม จะมีผลต่อผู้บริโภค ทำให้เกิดการยอมรับกลิ่นของโปรตีน ขณะให้ความร้อน เพราะเมื่อโปรตีนได้รับความร้อนจะเกิดกลิ่นรสมากมาย นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการเตรียมหรือเก็บด้วย (Reineccius, 1999)

สำหรับกลิ่นที่เกิดจากไลปิด ซึ่งมีหลายชนิดที่มีกลิ่นผิดปกติ เช่น เทอปีน ฟอสโฟไลปิด น้ำมัน และไขมัน เป็นต้น ซึ่งสารฟอสโฟไลปิดจะทำให้อาหารจากเนื้อสัตว์มีกลิ่นผิดปกติได้ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณไขมันต่ำมาก เมื่อเก็บอาหารไว้นานกรดไขมันจะเกิดการเติมออกซิเจนให้สารประกอบอัลดีไฮด์และคีโตนหลายชนิด (ณรงค์, 2538) ส่วนตารางที่ 5 แสดงให้เห็นถึงจุดเริ่มต้นที่ทำให้เกิดความรู้สึกสัมผัสได้ของรสชาติ ที่เกิดจากการผลิตสารอัลดีไฮด์ ในระดับต่ำที่สามารถวัดได้

นอกจากนี้สายพันธุ์ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อกลิ่นและรสชาติของเนื้อสัตว์ โดยการศึกษาในเรื่องพันธุ์สัตว์นั้น พบว่ารสชาติของเนื้อแดง เป็นกล้ามเนื้อที่มีความแตกต่างกันในเรื่องของกลิ่นและรสชาติ (ลักขณา, 2533)

Table 3 Compounds proposed as key odour compounds in cooked poultry meat (adapted from Farmer, 1999)

Compound	Odour character	Probable origin
S – containing		
(1) hydrogen sulphide	Sulphurous, eggy	From Strecker degradation reactions between cysteine and dicarbonyl compounds
(2) dimethyltrisulphide	Gassy, metallic	From methionine by Strecker degradation
(3) 3 – mercapto – 2 – pentanone	Sulphurous	Reaction of H_2S (1) with carbonyl compound from Maillard reaction
(4) methional	Cooked potatoes	Strecker degradation of methionine
Furanthiols and disulphides		
(5) 2 – methyl – 3 – furanthiol	Meaty, sweet	Maillard reaction between cysteine and ribose or related compound or degradation of thiamine
(6) 2, 5 – dimethyl – 3 – furanthiol	Meaty	Maillard reaction between cysteine and a hexose sugar
(7) 2 – furanmethanethiol	Roasty	Maillard reaction between cysteine and ribose (or related compound) or degradation of thiamine
(8) 2 – methyl – 3 – (methylthio) furan	Meaty, sweet	As (5), followed by reaction with methanethiol from degradation of methionine
(9) 2 – methyl – 3 – (ethylthio) furan	Meaty	As (5), followed by reaction with ethanethiol
(10) 2 – methyl – 3 – methyldithiofuran	Meaty, sweet	As (5), followed by reaction with methanethiol from degradation of methionine

Table 3 Continued.

Compound	Odour character	Probable origin
(11) bis (2 – methyl – 3 – furyl) disulphide	Meaty, roasted	As (5) followed by oxidation, or degradation of thiamine
Other heteroocyclic compounds		
(12) 2 – formyl – 5 – methyl thiophene	Sulphurous	Reaction between dicarbonyl compounds and H_2S (both from Maillard reaction between amino acids and reducing sugars)
(13) trimethylthiazole	Earthy	From 2, 3 – butanedione, ethanal, NH_3 and H_2S (all from Maillard reaction)
(14) 2 – acetyl – 2 – thiazoline	Roasty	From cysteamine and 2 – oxopropanal, formed from Strecker degradation of cysteine and breakdown of sugars, respectively
(15) 2, 5 (6) – dimethyl – pyrazine	Coffee, roasted	Streaker degradation of amino acids with dicarbony compounds (from Maillard reaction) and condensation of resulting amino – carbonyl compounds
(16) 2, 3 – dimethyl – pyrazine	Meaty, roasted	As (15)
(17) 2 – ethyl – 3, 5 – dimethyl – pyrazine	Roasty	As (15)
(18) 3, 5 (2) – diethyl – 2 (6) – methyl – pyrazine	Sweet, roasted	As (15)
(19) 2 – acetyl – pyrroline	Popcorn	Maillard reaction between a reducing sugar and proline
Aldehydes, ketones and lactones		
(20) 1 – octen – 3 – one	Mushrooms	Thermal oxidation of *n – 6* fatty acids
(21) *trans* – 2 - nonenal	Tallowy, fatty	Thermal oxidation of *n – 6* fatty acids

Table 3 Continued.

Compound	Odour character	Probable origin
(22) nonanal	Tallowy, green	Thermal oxidation of *n* – *9* fatty acids
(23) *trans, trans* – 2, 4 – nonadienal	Fatty	Thermal oxidation of *n* – *6* fatty acids
(24) decanal	Green, aldehyde	Thermal oxidation of *n* – *9* fatty acids
(25) *Trans, trans* – 2, 4 – decadienal (and an isomer)	Fatty, tallowy	Thermal oxidation of *n* – *6* fatty acids
(26) 2 – undecenal	Tallowy, sweet	Thermal oxidation of *n* – *9* fatty acids
(27) γ– decalactone	Peach – like	Oxidation of triglycerides
(28) γ – dodecalactone	Tallowy, fruity	Oxidation of triglycerides
Other		
(29) 2, 3 – butanedione	Caramel	Degradation of sugars in the Maillard reaction
(30) β – ionone	Violets	Oxidation reactions of β – carotene, from the diet
(31) 14 – methyl – pentadecanal	Fatty, tallowy, train – oil	Cleavage of plasmalogen phospholipids or from acetyl Co – A + acyl Co – A
(32) 14 – methyl – hexadecanal	Fatty, tallowy, orange – like	As (31)
(33) 15 – methyl – hexadecanal	Fatty, tallowy	As (31)
(34) 4 – methylphenol	Phenolic	From plant material or from the breakdown of the amino acid, tyrosine

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright by Chiang Mai University

Table 4 Taste compounds present in meat (MacLeod, 1986; cited by Reineccius, 1999)

Taste	Compound
Sweet	Glucose, fructose, ribose, glycine, alanine, serine, threonine, lycine, proline, hydroxyproline
Salty	Inorganic salts, sodium glutamate, sodium aspatate
Sour	Aspatic acid, glutamic acid, histidine, anserine, carnosin, other peptides, histidine, arginine, methionine, valine, leucine, isoleucine, phenylanine, tryptophan, tyrosine
"Umami"	MSG, 5 – IMP, 5 – GMP, certain peptides

MSG = Monosodium glutamate

IMP = Inosine monophosphate

GMP = Glutamine monophosphate

Table 5 Off – flavour of some aldehyde (Rossell, 1992)

Aldehydes	Threshold (mg kg^{-1} oil)	Flavour
trans – Hex – 2 – enal	0.5	Green
Deca – *trans* – 2 – *trans* – 4 – dienal	0.1	Stale frying oil
Nona – *trans* – 2 – *trans* – 6 – dienal	0.02	Cucumber
Nona – *trans* – 2 – *cis* – 6 – dienal	0.0015	Beany
Non – *trans* – 6 – enal	0.00035	Hydrogenation

ความนุ่มของเนื้อ (tenderness) สายพันธุ์ เพศ และอาหาร มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ และกระบวนการในการฆ่า ไม่ว่าจะเป็นการทำให้สลบ การลวกน้ำร้อน การแช่เย็น หรือการแช่แข็งซาก ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อความนุ่มของเนื้อทั้งสิ้น (Dransfield, 1999) ความเหนียวความนุ่มของเนื้อมากหรือน้อยเป็นผลมาจาก ชนิดของสัตว์ พันธุ์ อายุ ชนิดของกล้ามเนื้อ ปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในกล้ามเนื้อหลังการฆ่า และระยะเวลาในการบ่มเนื้อ ความนุ่มของเนื้อนอกจากจะวัดได้โดยการตรวจชิมและวัดได้ด้วยค่าแรงตัดผ่านเนื้อโดยเครื่อง warner – blatzler shear (สัญชัย, 2543)

เส้นใยกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ โดยพบว่าลักษณะโครงสร้างกล้ามเนื้อที่ใหญ่จะมีความเหนียวมากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากการเกาะยึด

ของ actin และ myosin ในขณะที่กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว (อรวินท์และประชา, 2522) และเมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้นเส้นใยกล้ามเนื้อก็จะใหญ่ขึ้น และกล้ามเนื้อใดที่มีปริมาณและโครงสร้างของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสูงส่งผลให้เนื้อมีความเหนียวเพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อที่ทำงานหนักและทำหน้าที่รองรับน้ำหนักมาก ๆ การสะสมของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะสูงและมีความแข็งแรง เมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้น (ชัยณรงค์, 2529)

ความชุ่มฉ่ำ (juiciness) ความชุ่มฉ่ำของเนื้อ เป็นปัจจัยสำคัญด้านการบริโภคเนื้อ ซึ่งมีปัจจัยเกี่ยวข้อง คือ โครงสร้างของเนื้อ (Winger, 1999) ที่มีผลด้านความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity) และยังมีผลต่อค่าการสูญเสียขณะประกอบอาหารด้วย

ความชุ่มฉ่ำเนื้อสามารถประเมินจากการตรวจชิมตัวอย่างขณะที่บดเคี้ยวเนื้ออยู่ในปากจะมีความรู้สึกว่าไม่เหนียว ส่วนมากได้จากเนื้อสัตว์อายุน้อย ถือว่าเป็นเนื้อที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง จะมีระดับคะแนนการตรวจชิมสูงด้วย

ความพอใจโดยรวม (overall acceptability) เป็นการประเมินความพอใจและการยอมรับรวมกันทั้งสามอย่าง จากการตรวจชิมเนื้อ คือ ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และรสชาติ ผู้ตรวจชิมให้คะแนนประเมินความพึงพอใจจากการตรวจชิมตัวอย่างเนื้อ และตัดสินคุณภาพการบริโภคและลักษณะของเนื้อ ซึ่งเนื้อสัตว์แต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะและมีความแตกต่างกัน

2.4.3 คุณภาพเนื้อด้านองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไก่ (chemical composition)

องค์ประกอบทางเคมีเนื้อสัตว์ มีคุณสมบัติที่สำคัญหลายประการที่สำคัญต่อการบริโภคขึ้นอยู่กับปริมาณ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน เกลือแร่ (จุฑารัตน์, 2538) ส่วนประกอบของซากและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อที่ต่างกัน เนื่องจากอัตราพันธุกรรมหรือสายพันธุ์ที่ต่างกัน (Evan *et al.,* 1976) นอกจากนี้กล้ามเนื้อในแต่ละส่วนก็มีปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันไป ในเนื้อไก่มีกล้ามเนื้อที่สำคัญ 2 ชนิด คือ เนื้อหน้าอก (light meat) และ เนื้อขาและสะโพก (dark meat) กล้ามเนื้อทั้งสองชนิดนี้มีความแตกต่างทางคุณสมบัติทางชีวเคมีและการตรวจชิมทางประสาทสัมผัสเช่นรสชาติและความน่ากินสำหรับปริมาณโปรตีนในเนื้อสัตว์มีสูง ประมาณ 50 – 95% ขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันที่มีอยู่ (ณรงค์, 2538)

นอกจากนี้ Xlong *et al.* (1993) รายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อที่ต่างกันมีความสัมพันธ์กับสายพันธุ์ของสัตว์ร่วมด้วย ซึ่งพบว่าสายพันธุ์มีผลต่อค่าการสะสมไขมันที่ได้แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบไก่พื้นเมือง และไก่เนื้อสายพันธุ์ต่างประเทศ พบว่าไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 21% และพลังงาน 3,200 kcal ME/kg มีเปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และพลังงานรวม เท่ากับ 74.20, 23.31, 1.63, 1.14% และ 1.36 kcal/g ตามลำดับ (Smith *et al.,* 1993)

องค์ประกอบทางเคมีนับว่ามีความสำคัญต่อการแปรรูป ซึ่งมีหน้าที่สำคัญมากในอาหาร แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ (ณรงค์, 2538)

1. หน้าที่เป็นสารอาหารที่สำคัญต่อร่างกาย
2. หน้าที่เกี่ยวข้องกับสารปรุงแต่ง ซึ่งต้องอาศัยคุณสมบัติของโปรตีนที่เรียกว่า "คุณสมบัติการใช้งาน" (functional property) ดังแสดงในตาราง 6

Table 6 Functional property of protein (Adapted from Pomeranze, 1991; อ้างโดย ณรงค์, 2538)

Functional property	Mechanism	Food
Solubility	pH depend on solubility	Beverage
Absorption and binding water	Hydrogen bond with water	Meat, bread and cake
Increase viscosity	Increase concentration	Soup and gravy
Gelatin	Firmness	Meat, soy curd and cheese
Binding	To act like glue	
Increase elasticity	Hydrogen and disulfide bond in gluten	Meat and bakery
Emulsifying	Emulsifying agent	Sausage, soup and cake
Lipid absorption	Oil combining	Meat, sausage and donut
Combining flavor	Absorption and accumulation aroma	Margarine and cakes
Foaming	Film	Algae cake

นอกจากนี้คุณสมบัติของโปรตีน ไขมัน และความชื้น ยังเป็นส่วนผสม และอยู่ในลักษณะอิมัลชั่น (emulsion) เช่นไส้กรอกชนิดต่าง ๆ อาหารเหล่านี้จะใช้โปรตีนเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) และโปรตีนในเนื้อแต่ละชนิดมีความสามารถในการเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ที่แตกต่างกัน โปรตีนที่ละลายได้ในน้ำจะมีสูงกว่า และเมื่อเก็บเนื้อไว้นาน ๆ ปริมาณกรดไขมันอิสระจะเพิ่มขึ้น ทำให้โปรตีนเปลี่ยนสภาพ ลักษณะเนื้อและความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจะเสีย ซึ่งการ

เพิ่มปริมาณกรดไขมันอิสระเป็นผลมาจากการทำงานของเอนไซม์ฟอสโฟไลเปส เอ (phospholipase A) และเอนไซม์ ไลโซโซมอลไลเปส (lisosomal lipase) (Pomeranze, 1991; อ้างโดย ณรงค์, 2538)

2.4.4 คุณภาพของเนื้อที่เกี่ยวข้องกับปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและคอลลาเจน (connective tissue and collagen content)

เนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีความสำคัญต่อคุณภาพเนื้อสัตว์ สัตว์ที่มีอายุมากและกล้ามเนื้อที่ทำงานหนักเป็นประจำเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะมีความแข็งแรง มีผลต่อความนุ่มและคุณภาพของเนื้อ การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในร่างกายสัตว์มีเฉพาะการขยายขนาดและความแข็งแรงเมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้น สอดคล้องกับการรายงานของ สัญชัย (2534) การทำงานของกล้ามเนื้อในร่างกายแต่ละส่วนมีความแตกต่างกันต่อเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน กล้ามเนื้อที่มีการทำงานหนักและทำหน้าที่รองรับน้ำหนักมาก ๆ มีปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสูงประกอบกับคุณภาพของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่ำส่งผลให้เนื้อมีความเหนียวมากขึ้น วิธีการปรุงอาหารจากกล้ามเนื้อคุณภาพต่ำ สามารถลดความเหนียวของเนื้อได้ อาจทำได้โดยการต้มหรือการเคี่ยวนาน ๆ เนื่องจากกล้ามเนื้อสัตว์ประกอบด้วยเซลล์กล้ามเนื้อจำนวนมาก แต่ละเซลล์มีความยาวหลายเซนติเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.01 – 0.10 มิลลิเมตร ห่อหุ้มด้วยเยื่อบาง ๆ เรียกว่า ซาโคเล็มม่า (sarcolemma) และอยู่ร่วมกันเป็นมัดกล้ามเนื้อซึ่งได้รวมเอาเนื้อเยื่อเกี่ยวพันไว้ด้วย (Meyer, 1960; ณรงค์, 2538) นอกจากนี้ Dransfield (1999) รายงานว่า กระบวนการในการฆ่าไม่ว่าจะเป็นการทำให้สลบ การลวกน้ำรอน การแช่เย็นซาก หรือการแช่แข็งซาก ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อความนุ่มของเนื้อทั้งสิ้น

เนื้อเยื่อเกี่ยวพันแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ คอลลาเจน อิลาสติน และเรติคูลิน (ชัยณรงค์, 2529; สัญชัย, 2543) ปริมาณของคอลลาเจนมีมากที่สุด ซึ่งมีผลต่อคุณภาพเนื้อด้านความความนุ่ม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของ intermolecular cross – link เป็นตัวทำหน้าที่เชื่อมโมเลกุลของคอลลาเจนเข้าด้วยกัน นอกจากนี้คอลลาเจนยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในเนื้อ มีประมาณ 2% เป็นที่ทราบกันว่าปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลาย (insoluble collagen) ในกล้ามเนื้อสูงจะทำให้เนื้อมีความเหนียว และคอลลาเจนยังมีคุณสมบัติทางโมเลกุลที่แตกต่างกันออกไปแสดงในตารางที่ 7 (Sims and Bailey, 1992)

กล้ามเนื้อไก่จัดเป็นกล้ามเนื้อที่มีความเหนียวน้อย เมื่อเทียบกับสัตว์ใหญ่ชนิดอื่น ๆ แต่ในไก่พื้นเมือง เนื้อมีความเหนียวมากกว่าเนื้อไก่พันธุ์ต่างประเทศ แต่ผู้บริโภคให้การยอมรับเนื้อไก่พื้นเมือง ว่าเป็นเนื้อที่อร่อย ไม่ยุ่ย เมื่อเทียบกับไก่เนื้อที่มีการเลี้ยงในเชิงพานิชย์ทั่ว ๆ ไป ทั้งนี้ก็ต้องขึ้นอยู่กับ อายุ ระยะเวลาการเลี้ยง และน้ำหนักของไก่ โดยทั่วไปแล้วน้ำหนักเข้าฆ่าประมาณ 1,200 กรัม อายุการเลี้ยงประมาณ 3 เดือนของไก่พื้นเมือง พบว่าเหมาะแก่การบริโภคได้ นอกจากนี้

ไก่ลูกผสมพื้นเมืองก็จัดว่าเป็นไก่ที่ให้คุณภาพเนื้อไม่แตกต่างจากไก่พื้นเมือง (สวัสดิ์และเกรียงไกร, 2525)

เส้นใยกล้ามเนื้อไก่ ประกอบด้วย fast glycolytic (type II b) คือชนิดที่เกิดการสลายไกลโคเจนเพื่อให้ได้พลังงานในระยะเวลาอันรวดเร็ว และ fast oxidative glycolytic (type II a) ซึ่งจะเกิดในระยะเวลาอันยาวนานกว่า ประกอบด้วยไมโอซิน และโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการหดตัวอื่น ๆ ส่วนอีกชนิดหนึ่ง คือ ชนิด type I เซลล์ชนิดนี้ประกอบด้วยไมโอซินที่มีลักษณะการย่อยพลังงาน ATP ช้า (Goldspink and Yang, 1999) ส่วน Lui *et al.* (1994); Lui *et al.* (1995); cited by Raj (1999) รายงานว่าโครงร่างของกล้ามเนื้อ semitendinosus มีปริมาณ endomysium และ perimysium สลายตัวเป็นแผ่นปกคลุมกล้ามเนื้อภายใน 12 ชั่วโมงหลังฆ่า และจะเกิดช่องว่างของ endomysium และ perimysium ถ้าหาก แช่เย็นที่ 4°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง endomysium จะสลายตัวในส่วนของคอลลาเจน ทำให้เนื้อเยื่อของ perimysium แยกออกมาจากเส้นใยคอลลาเจน

Table 7 Tissue distribution of collagen types (Sims and Bailey, 1992)

Fibrous	
Type I	Skin, tendon, bone, dentine
Type II	Cartilage
Type III	Skin, aorta, muscle
Type V	Widespread
Non – fibrous	
Type IV	Basement membrane
Type VII	B.M. – skin, amnion
Type X	Cartilage/bone
Filamentous	
Type VI	Widespread
Fibril – associated	
Type IX	Cartilage, on type II
Type XII	Tendon, on type I

2.4.5 การใช้แคลเซียมคลอไรด์ในการปรับปรุงความนุ่ม และค่าการดูดซึมความชื้น (calcium chloride for improving meat tenderness and moisture absorption)

การปรับปรุงความนุ่มของเนื้อนั้น สามารถทำได้หลายวิธี การฉีดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มค่าความนุ่มของเนื้อได้เช่นกัน ประเมินด้วยการวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่อง Instron หรือค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force value) โดยการฉีดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.3 M ในปริมาตร 10% wt/wt เข้ากล้ามเนื้อ ซึ่ง Nurmanhmudi and Sams (1997) รายงานว่าระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 0.3 M สามารถลดค่าแรงตัดผ่านเนื้อและลดความเหนียวของเนื้อที่ผู้บริโภคยอมรับได้ เนื่องจากสารละลายแคลเซียมคลอไรด์จะแตกตัวได้ Ca^{2+} และ $2Cl^{-}$ ซึ่ง Ca^{2+} จะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ calpain ซึ่ง calpain เป็นเอนไซม์เร่งกระบวนการย่อยสลายเส้นใยกล้ามเนื้อหลังตายในระหว่างการบ่มเนื้อที่อุณหภูมิห้องเย็น สอดคล้องกับ Nurmanhmudi and Sams (1997) รายงานว่าเอนไซม์ย่อยเส้นใยโปรตีนที่มีผลต่อความนุ่มเนื้อเป็นผลของแคลเซียมคลอไรด์ที่กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ช่วยปรับปรุงความนุ่มของเนื้อได้ ทำให้ความเข้มข้นของ Ca^{2+} อิออนในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเหมือนกับการเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าที่มีบทบาทสำคัญในกลไกการเกิดความนุ่มเนื้อ หลังจากฉีดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์กล้ามเนื้อจะเกิดการหดตัว ซึ่ง Ca^{2+} มีความจำเป็นต่อกลไกการเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อด้วย วิโรจน์ (2540) รายงานว่าการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยมีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานของ myosin เป็นสำคัญ และแคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) นอกจากจะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ calpain ยังมีอิทธิพลต่อการทำงานของตัวที่ยับยั้งหรือตัวที่ขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ คือ calpastatin ด้วย โดยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีผลให้การทำงานของ calpastatin ในกล้ามเนื้อน้อยลง ทำให้เอนไซม์ calpain ทำงานในการย่อยเส้นใยกล้ามเนื้อได้เต็มที่ เป็นการเพิ่มความนุ่มให้กับเนื้อได้ โดยวัดจากค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่ทำการฉีดแคลเซียมคลอไรด์ที่ 14 วัน จะช่วยลดค่าแรงตัดผ่านถึง 0.7 กิโลกรัม และเพิ่มความนุ่มในอัตรา 0.7 หน่วย (Wheeler *et al.*, 1997)

ค่าการดูดซึมความชื้น (moisture absorption) **และค่าการสูญเสียขณะประกอบอาหาร** (cooking loss)

ผลของแคลเซียมคลอไรด์ มีความสัมพันธ์กับกระบวนการเมตาบอลิซึมของ ATP และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในกล้ามเนื้อ เกี่ยวข้องกับค่าการดูดซึมความชื้น และค่าการสูญเสียขณะประกอบอาหาร ซึ่งมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่เพิ่มมากขึ้นจะเป็นการเพิ่มค่าการดูดซึมความชื้น และค่าการสูญเสียขณะประกอบอาหารก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย (Young and Lyon, 1997)

และเมื่อเซลล์กล้ามเนื้อสลายหรือตายไปจะมีกระบวนการกระตุ้นให้เกิดการหลั่งแคลเซียมระหว่างเซลล์ มีการสะสมแคลเซียมระหว่างเซลล์ เกิดความไม่สมดุลของกระบวนการเมตาบอลิซึม ทำให้การทำงานผิดปกติ โดยแคลเซียมที่สะสมระหว่างเซลล์จะเหนี่ยวนำให้เอนไซม์ protease, lysosomal และ lypase ทำงาน ทำให้ผนังของเส้นใยกล้ามเนื้อถูกย่อยสลาย แคลเซียมที่สะสมระหว่างเซลล์มีมากเกินไปจะไหลออกนอกเซลล์ไม่ทัน ทำให้เกิด hyper contraction ทำให้เซลล์ตาย (Jackson *et al.*, 1991; Jackson, 1993; McArdle and Jackson, 1997; Salmon, 1997; cited by Mahon, 1999)

2.5 คุณภาพไขมัน

2.5.1 คุณภาพเนื้อต่อการสะสมไขมัน (fat deposition)

เนื้อเยื่อไขมัน พบทั่วไปในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน สามารถเห็นได้ชัดในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่มีการสะสมไขมัน มีอยู่ในร่างกายประมาณ 5 – 40% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ พันธุ์ อายุ ตลอดจนการเลี้ยงดู ขนาดของไขมันที่อยู่ภายในเซลล์ของไขมันนั้นขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของตัวสัตว์ เมื่อสัตว์อ้วนขนาดของเซลล์ไขมันจะเพิ่มขึ้น สัตว์ที่ผอมจะมีขนาดของเซลล์ไขมัน เพียง $^1/_3$ ของสัตว์อ้วน นอกจากนั้นไขมันในเนื้อสัตว์ยังมีสีแตกต่างกัน เนื่องจาก พันธุ์ อาหาร และอายุของสัตว์ สัตว์ตัวเดียวกันจะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชิ้นส่วน และชนิดของกล้ามเนื้อ (Xlong *et al.*, 1993) เนื้อที่แยกไขมันออกจนหมด จะมีไขมันอยู่ประมาณ 4 – 11% มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 27 – 38% ทำให้เนื้อส่วนนั้นแห้งไม่น่ารับประทาน (Evan *et al.*, 1976)

การจำแนกชนิดของเนื้อเยื่อไขมัน (classification of adipose tissue)

พบเนื้อเยื่อไขมันสะสมโดยทั่วไป 3 แห่งคือ (ชัยณรงค์, 2529)

1. ไขมันใต้ผิวหนัง (subcutaneous fat) ในบางครั้งจะพบเหนือเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหุ้มกล้ามเนื้อ (epimysium) ที่เห็นเด่นชัด คือ มันแข็งในสุกร
2. อยู่ในระหว่างก้อนกล้ามเนื้อ (intermuscular fat) ปกติจะอยู่ภายในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหุ้มกล้ามเนื้อ สามารถมองเห็นได้ชัดเจน
3. อยู่ภายในกล้ามเนื้อ (intramuscular fat) หรือไขมันแทรก (marbling) เนื้อที่ไขมันกระจายอยู่นี้ช่วยให้เกิดรสชาติและความน่ารับประทาน เมื่อมองที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อจะเป็นจุด ยาว รี ขนาดประมาณไส้ดินสอ ปรากฏกระจัดกระจายทั่วหน้าตัด ถ้าเนื้อมีคุณภาพสูงส่วนมากจะมีปริมาณไขมันแทรกสูง

การสังเคราะห์กรดไขมัน (fatty acid synthesis)

กระบวนการสังเคราะห์กรดไขมัน เริ่มต้นจากปฏิกิริยาของ acetyl – S – CoA carboxylase กับ acetyl – CoA และ HCL_3^- โดยการทำงานของ ATP, NADPH, biotin และ manganase malonyl – S – CoA complex ร่วมกับ acyl carrier protein (ACP) Actyl – S – ACP และ Malonyl – S – ACP เมื่อทำปฏิกิริยาร่วมกันแล้วให้ acetoacetyl – S – ACP ออกมา ในหนึ่งรอบของการสังเคราะห์จะได้คาร์บอน 2 อะตอม การสังเคราะห์จะดำเนินไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งกรดไขมันมีจำนวนคาร์บอน เท่ากับ C_{16} หรือ C_{18} เมื่อได้จำนวนคาร์บอนเท่าที่ต้องการแล้ว acyl – S – CoA จะถูกปล่อยออกมาจากเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ (enzyme complex) โดยจะเปลี่ยนรูปร่างเป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่มีจำนวนเป็นเลขคู่ (even – numbered) ซึ่งมีจำนวนกรดไขมันที่พบได้หลายชนิด (ตารางที่ 8) (Voet and Voet, 1995; Smith *et al.*, 1983)

Palmitoleic, oleate, linoleate และ linolenate เป็นสารตั้งต้นของพวกกรดไขมันไม่อิ่มตัว palmitoleic และ oleic ถูกสังเคราะห์จาก palmitic (C_{16}) หรือ stearic acid (C_{18}) แต่ linolenic และ linoleic ต้องมาจากอาหารที่กินเท่านั้น เพราะเป็นกรดไขมันที่จำเป็น สัตว์ไม่สามารถสร้างเป็นโครงสร้างแบบพันธะคู่ได้ ในส่วนปลายของคาร์บอน 7 อะตอม ของสายกรดไขมัน ดังแสดงในภาพที่ 4

การสะสมไขมันในร่างกายสัตว์เริ่มค่อนข้างช้าเมื่อเปรียบเทียบกับการสะสมโปรตีนและอื่น ๆ แต่เมื่อเริ่มสะสมแล้วจะเป็นไปในอัตราความเร็วที่พอสมควร (ชัยณรงค์, 2529) การสะสมไขมันในกล้ามเนื้อไก่ มีปัจจัยจากหลายสาเหตุ คือ อาหาร พันธุกรรม และสิ่งแวดล้อม สัญชัย (2543) รายงานว่าปริมาณการสะสมไขมันมีความสัมพันธ์กันทางบวกในเรื่องของอาหาร โดยอาหารนั้นมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของไขมันที่สะสม ทางด้านพันธุกรรมนั้น ไก่เนื้อที่นำเข้ามาเลี้ยงจากต่างประเทศ จะมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าไก่พื้นเมือง และมีการสะสมไขมันในกล้ามเนื้อมากกว่าด้วย ซึ่งมีผลต่อปริมาณและคุณภาพไขมันเช่นกัน ส่วนไก่เนื้อที่เลี้ยงในกรงมีปริมาณไขมันสูงกว่าที่เลี้ยงปล่อยในเล้า และด้านอุณหภูมิ พบว่า อุณหภูมิสูง ทำให้ไก่เนื้ออ้วน ส่วนระบบแสงพบว่าการให้แสงอย่างต่อเนื่องเป็นเหตุให้มีการสะสมไขมันมากกว่าการให้แสงเป็นช่วง ๆ เนื่องจากอิทธิพลของแสงมีผลต่อการกินอาหารของไก่ การสะสมไขมันในซากไก่ถือเป็นปัญหาหลักของอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญเนื่องจากเป็นปัญหาต่อสุขภาพ ในซากไก่ที่ดีควรมีไขมันคลุมส่วนของอกและหลัง ส่วนไขมันภายในนั้นต้องไม่สูง เพราะคุณภาพไขมันมีผลต่อความเหม็นหืน โดยพบว่าปริมาณไขมันในกล้ามเนื้ออกไก่ประมาณ 3.4 กรัม/เนื้อ 100 กรัม ไขมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) สูงมักมีลักษณะเป็นไขแข็งที่อุณหภูมิ

ห้อง (20°C) ส่วนไขมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) สูงจะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง (สมจิตและอรอนงค์, 2539)

ประเทศในแถบตะวันตกมีการผลิตไขมันสัตว์เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารจำนวนมาก แต่พบว่าปริมาณการผลิตไขมันสัตว์มีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ สำหรับประเทศไทยความนิยมในการบริโภคไขมันจากสัตว์เนื่องจากกลิ่น และรสชาติ แต่ปัจจุบันพบปัญหาเกี่ยวกับโรคเส้นเลือดในหัวใจอุดตัน หรือหัวใจขาดเลือด เพราะมีกรดไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลในปริมาณสูง (เนื้อทอง, 2539)

เนื้อเยื่อไขมันสัตว์ มีไลปิดเป็นองค์ประกอบหลัก ชนิดของไลปิด สามารถบ่งชี้คุณภาพของไขมันได้ อาหารมีผลต่อการเพิ่มการสังเคราะห์ของกรดไขมันและเพิ่มการสะสมไขมันในเนื้อเยื่อสัตว์ และไตรกลีเซอไรด์ เป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดไขมัน (ตารางที่ 9) แสดงให้เห็นว่าชนิดของสัตว์ มีความแปรผันต่อค่ากรดไขมันที่ได้

ในการวิเคราะห์หาค่าปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อ จะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Gas chromatography (GC) เป็นเทคนิคในการหาส่วนของเมททิล (methyl) หรือ เอททิลเอสเทอร์ (ethyl ester) ของกรดที่ไหลผ่านองค์ประกอบของคอลัมน์ (column) ของแข็งที่เปียกกับของเหลวในส่วนของเอสเทอร์ที่ไม่ละลาย โดยใช้แก๊สเป็นตัวนำพา (carrier gases, mobile phase) ส่วนมากใช้ ฮีเลี่ยม (helium) ซึ่งจะมีอุณหภูมิในการวัดเป็น °K เท่ากับ 34.8°K (x10^5), ไฮโดรเจน (hydrogen) เท่ากับ 41.6°K (x10^5), ไนโตรเจน (nitrogen) เท่ากับ 5.81°K (x10^5), ออกซิเจน (oxygen) เท่ากับ 5.89°K (x10^5), และอาร์กอน (argon) เท่ากับ 3.98°K (x10^5) (Yeshajahu and Meloan., 1994)

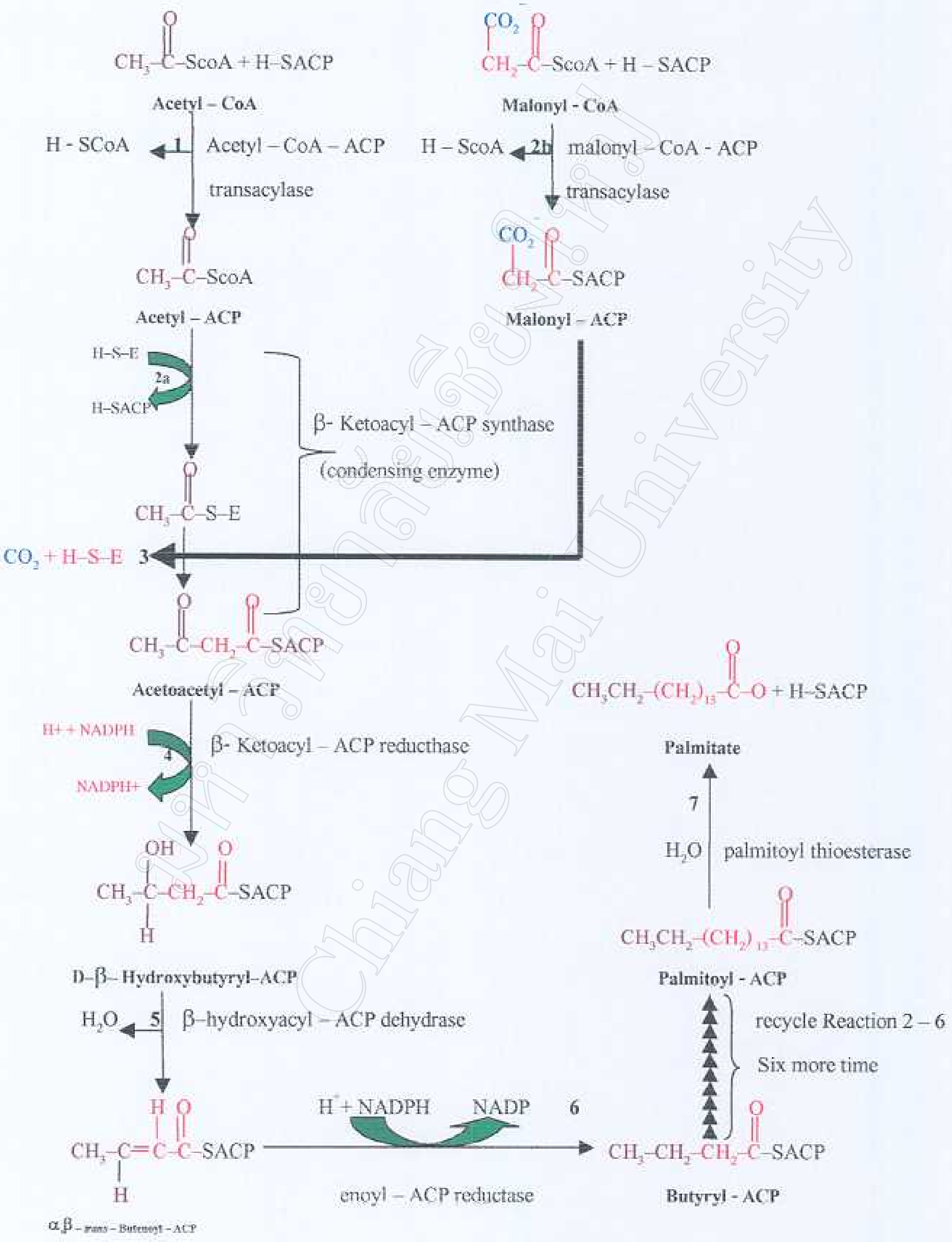


Figure 4 The reaction sequence for the biosynthesis of fatty acid. In forming palmitate, the pathway is repeated for seven cycles of C_2 elongation followed by a final hydrolysis step (Voet and Voet, 1995)

Table 8 The common biology fatty acid (Voet and Voet, 1995)

Symbol	Common Name	Systematic Name	Structure	mp (°C)
Satureated fatty acid				
12:0	Lauric acid	Dodecanoic acid	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$	44.2
14:0	Myristic acid	Tetradecanoic acid	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	52
16:0	Palmitic acid	Hexadecanoic acid	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	63.1
18:0	Stearic acid	Octadecanoic acid	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	69.6
20:0	Arachidic acid	Eicosanoic acid	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$	75.4
22:0	Behenic acid	Docosanoic acid	$CH_3(CH_2)_{20}COOH$	81
24:0	Lignoceric acid	Tetracosanoic acid	$CH_3(CH_2)_{22}COOH$	84.2
Unsaturated fatty acids (all double bonds are cis)				
16:1	Palmitoleic acid	9 – Hexadecenoic acid	$CH_3(CH_2)_5CH{=}CH(CH_2)_7COOH$	– 0.5
18:1	Oleic acid	9 – Octadecenoic acid	$CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$	13.4
18:2	Linoleic acid	9, 12 – Octadecadienoic acid	$CH_3(CH_2)_4(CH{=}CHCH_2)_2(CH_2)_6COOH$	– 9
18:3	α – Linolenic acid	9, 12, 15 – Octadecatrienoic acid	$CH_3CH_2(CH{=}CHCH_2)_3(CH_2)_6COOH$	– 17
18:3	γ – Linolenic acid	6, 9, 12 – Octadecatrienoic acid	$CH_3(CH_2)_4(CH{=}CHCH_2)_3(CH_2)_3COOH$	
20:4	Arachidonic acid	5, 8, 11, 14 – Eicosapentanoic acid	$CH_3(CH_2)_4(CH{=}CHCH_2)_4(CH_2)_2COOH$	– 49.5
24:5	EPA	5, 8, 11, 14, 17 – Ecosapentanoic acid	$CH_3CH_2(CH{=}CHCH_2)_5(CH_2)_2COOH$	– 54
24:1	Nervonic acid	15 - Tetracosenoic acid	$CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_{13}COOH$	39

2.5.2 คอเลสเตอรอล (cholesterol)

สาเหตุสำคัญของการตายในประเทศที่พัฒนาแล้ว และประเทศที่กำลังพัฒนา คือ โรคหัวใจ อาหารที่บริโภคเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเกิดโรค โดยมีอิทธิพลต่อกระบวนการเกิดการแข็งตัวของหลอดเลือดแดง และการอุดตันในหลอดเลือด (arthergenesis และ thrombosis) ซึ่งกลายเป็นสาเหตุเบื้องต้นที่สำคัญในการเกิดโรคหัวใจ การบริโภคอาหารที่ประกอบด้วยไขมันในปริมาณสูง เป็นการเสี่ยงต่อโรคดังกล่าว เนื่องจากไขมันมีคุณสมบัติที่ไม่ละลายในน้ำ การขนส่งไขมันในกระแสเลือดจึงต้องการสิ่งห่อหุ้ม ซึ่งประกอบด้วยฟอสโฟไลปิด (phospholipid) และโปรตีน (ประณีต, 2539; Herren, 1994) ซึ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีในธรรมชาติจะเป็น *cis* isomer การเปลี่ยนแปลงจาก *cis* เป็น *trans* form จะเกิดขึ้นได้เมื่ออาหารผ่านกรรมวิธีในการผลิต ซึ่งจะมีผลต่อกระบวนการเผาผลาญสารอาหารเหล่านั้นในร่างกาย และมีผลต่อสุขภาพ เพราะจะไปลดระดับ HDL – cholesterol (Voet and Voet, 1995)

Table 9 Fatty acid composition of animal fats; typical value (m/m %) (adapted from Rossell, 1992)

Fatty acid	Mutton	Beef	Pig	Chicken	Hours
14:0	2.0	2.5	1.5	1.3	6.0
14:1	0.5	0.5	0.5	0.2	1.0
15:0	0.5	0.5	–	–	0.5
16:0	21.0	24.5	24.0	23.2	23.0
16:1	3.0	3.5	3.0	6.5	10.5
17:0	1.0	1.0	0.5	0.3	0.5
18:0	28.0	18.5	14.0	6.4	3.5
18:1	37.0	40.0	43.0	41.6	29.0
18:2	4.0	5.0	9.5	18.9	5.0
18:3	–	0.5	1.0	1.3	17.5
20:0	0.5	0.5	0.5	–	0.5
20:1	0.5	0.5	1.0	–	0.5
Other	2.0	2.5	1.5	0.3	2.5
P/S ratio	0.07	0.11	0.25	0.64	0.66
IV*	42.6	48.7	60.3	78.3	90.4

P/S ratio = polyunsaturated fatty acid/saturated fatty acid

* Iodine value by calculation from fatty acid composition

คอเลสเตอรอล พบได้ในทุกเซลล์ของร่างกาย โดยเฉพาะในเลือด น้ำดี สมอง ระดับของคอเลสเตอรอลในร่างกายมีความสัมพันธ์กับภาวะการเป็นโรคหัวใจ หลอดเลือดแข็งตัว และยังมีความสัมพันธ์กับ steroid hormone เพราะสามารถสังเคราะห์ได้ในร่างกาย โดยพบแหล่งของคอเลสเตอรอลในไขมันของเนื้อสัตว์ (Abraham *et al.*, 1973) และจากอาหาร การสังเคราะห์คอเลสเตอรอลเริ่มจาก acetyl CoA ซึ่งได้มาจากกระบวนการ metabolism ของคาร์โบไฮเดรต กรดไขมัน และอะมิโน และเกิดในส่วนไซโตพลาสซึม แต่เอนไซม์ที่ใช้ในปฏิกิริยาอยู่ใน endoplasmic reticulum (Voet and Voet, 1995) ดังแสดงในภาพที่ 5

การบริโภคไขมันในปริมาณสูงจะทำให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพผู้บริโภคเพราะจะทำให้เกิดการสะสมของคอเลสเตอรอลในเส้นเลือดทำให้หัวใจทำงานหนักมากขึ้น แต่คอเลสเตอรอลมีความสำคัญจำเป็นต่อร่างกายคือเป็นสารตั้งต้นในการผลิตน้ำดีและกรดโคลิกซึ่งมีส่วนร่วมในการ

ย่อยไขมัน และยังเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ steroid hormone ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ estrogen, progesterone และ testosterone (ชุมศักดิ์, 2540) สามารถสังเคราะห์ได้ในร่างกาย เพื่อนำไปใช้เป็นองค์ประกอบโครงสร้างของเซลล์ และไลโปโปรตีน ซึ่งโครงสร้างของคอเลสเตอรอลมีลักษณะเป็น 4 วงแหวน มีส่วนที่เป็นนิวเคลียส คือ perhydrocyclopentano – phenanthrene ประกอบด้วยคาร์บอน 27 อะตอม และส่วนที่มีขั้วในตำแหน่งที่ 3 คือ หมู่ไฮดรอกไซด์ และมีพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 – 6 (Voet and Voet, 1995)

ปริมาณคอเลสเตอรอลที่เหมาะสมในคน โดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย สำหรับคนหนุ่มสาวอายุ 20 – 30 ปี เท่ากับ 150 – 250 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ในเด็กแรกเกิดค่าที่ได้จะเป็นครึ่งหนึ่งของคนหนุ่มสาว คือ ประมาณ 45 – 100 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ระยะ 1 เดือน ค่าจะขึ้นสู่ระดับ 100 – 200 มิลลิกรัม/เดซิลิตร แล้วคงที่อยู่จนอายุ 20 ปี ส่วนระดับคอเลสเตอรอลในซีรั่ม มีความแปรปรวนได้มาก จาก อายุ เพศ และอาหาร หลังจากอายุ 30 ปี ระดับคอเลสเตอรอลในเพศชายจะสูงเร็วกว่าเพศหญิง หลังจาก 50 ปี พบว่า ในเพศหญิงจะมีค่าสูงกว่าเพศชายเล็กน้อย (บุญพะเยาว์, 2539)

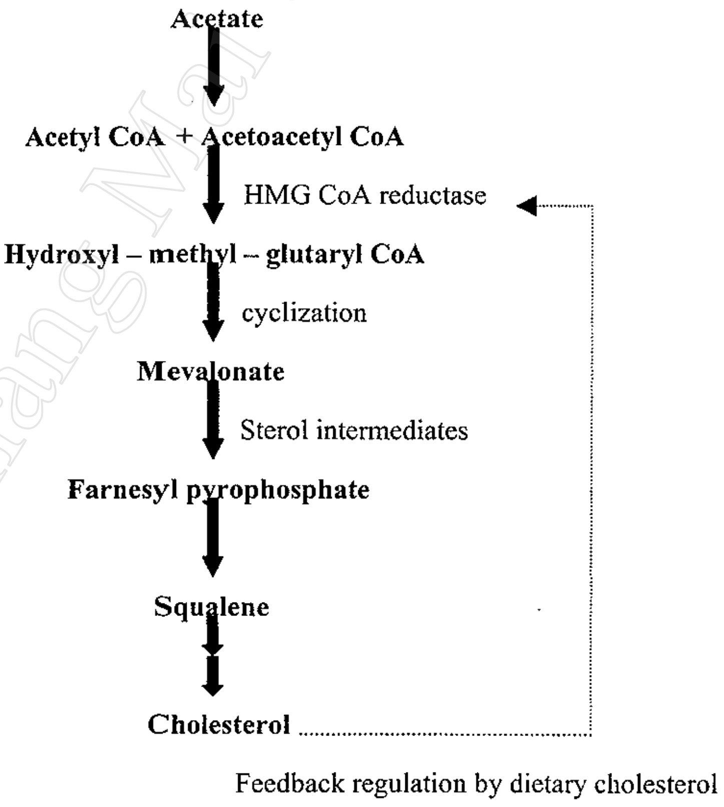


Figure 5 Biosynthesis of cholesterol in human (Voet and Voet, 1995; อ้างโดย ยุวฉัตร, 2544)

การเปลี่ยนลาโนสเตอรอล (lanosterol) **ไปเป็นคอเลสเตอรอล** (cholesterol)

การเปลี่ยนแปลงนี้มีหลายขั้นตอนโดยอาศัยเอนไซม์ที่มีอยู่ในโครโมโซม และโปรตีนไซโตรพลาสซึม คือ sterol carrier protein (SCP) เป็นตัวนำสารที่เกิดจากปฏิกิริยาจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ซึ่งประกอบด้วย การกำจัดหมู่ เมทิล ออก 3 ตัว จากตำแหน่งคาร์บอนที่ 4 สองตัว และจากตำแหน่งที่ 14 อีกหนึ่งตัว เปลี่ยนตำแหน่งพันธะคู่จากตำแหน่ง 8, 9 ไปเป็น 5, 6 ดังภาพที่ 6 (Abraham *et al.*, 1973; Smith *et al.*, 1983; Voet and Voet, 1995)

การสังเคราะห์คอเลสเตอรอลระยะแรก เป็นขั้นตอนที่มีความเร็วจำกัด ซึ่งจะเกิดสารระหว่างการเปลี่ยนคอเลสเตอรอลเป็นน้ำดี และสเตอรอยด์ฮอร์โมน รวมทั้งไลโปโปรตีนที่มีคอเลสเตอรอลเป็นส่วนประกอบ โดยการเร่งปฏิกิริยาการสร้างคอเลสเตอรอลนั้นเกิดจากการกินอาหารที่มีไขมันสูง และขณะอดอาหารจะมีการสร้างน้อยลง ฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์อาจจะเพิ่มการสลายตัวของคอเลสเตอรอลได้ และในคนที่มีไทรอยด์ฮอร์โมนต่ำ มักจะเกิดภาวะคอเลสเตอรอลในเลือดสูง (ประณีต, 2539)

2.5.3 การประเมินค่าการหืน (thiobarbituric acid, TBA)

กลไกการเกิดออกซิเดชั่นของไลปิด (lipid oxidation)

กรดไขมันประกอบด้วย กรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ตัวที่บ่งบอกคือ พันธะ ซึ่งใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความไวในการเกิดปฏิกิริยา oxidation และระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อจะเกิดการผลิต amino acid และ ribose โดยปกติการเกิดปฏิกิริยา oxidation มักเกิดกับกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสัมผัสกับบรรยากาศที่มี ออกซิเจน และ แร่ธาตุ กรดไขมันแต่ละชนิดมีอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยา oxidation แตกต่างกันไป ซึ่งอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยานั้น ขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะคู่ในกรดไขมัน การเกิดปฏิกิริยา oxidation นี้ส่งผลให้เนื้อและไขมันในเนื้อมีกลิ่นเหม็นหืน ซึ่งมีผลต่อคุณภาพเนื้อด้านต่าง ๆ เช่น กลิ่นและรสชาติ โครงสร้างกล้ามเนื้อ คุณค่าทางโภชนะของอาหาร (Sim and Fiorito., 1991)

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาเนื้อ ชนิดของสัตว์มีความแตกต่างกันด้านองค์ประกอบของกรดไขมันชนิด polyunsaturated fatty acid ตามชนิดของสัตว์ ดังนี้ คือ ปลา > ไก่ > สุกร > โค > แกะ (Allen and Foegeding, 1981; cited by Gray *et al.*, 1999)

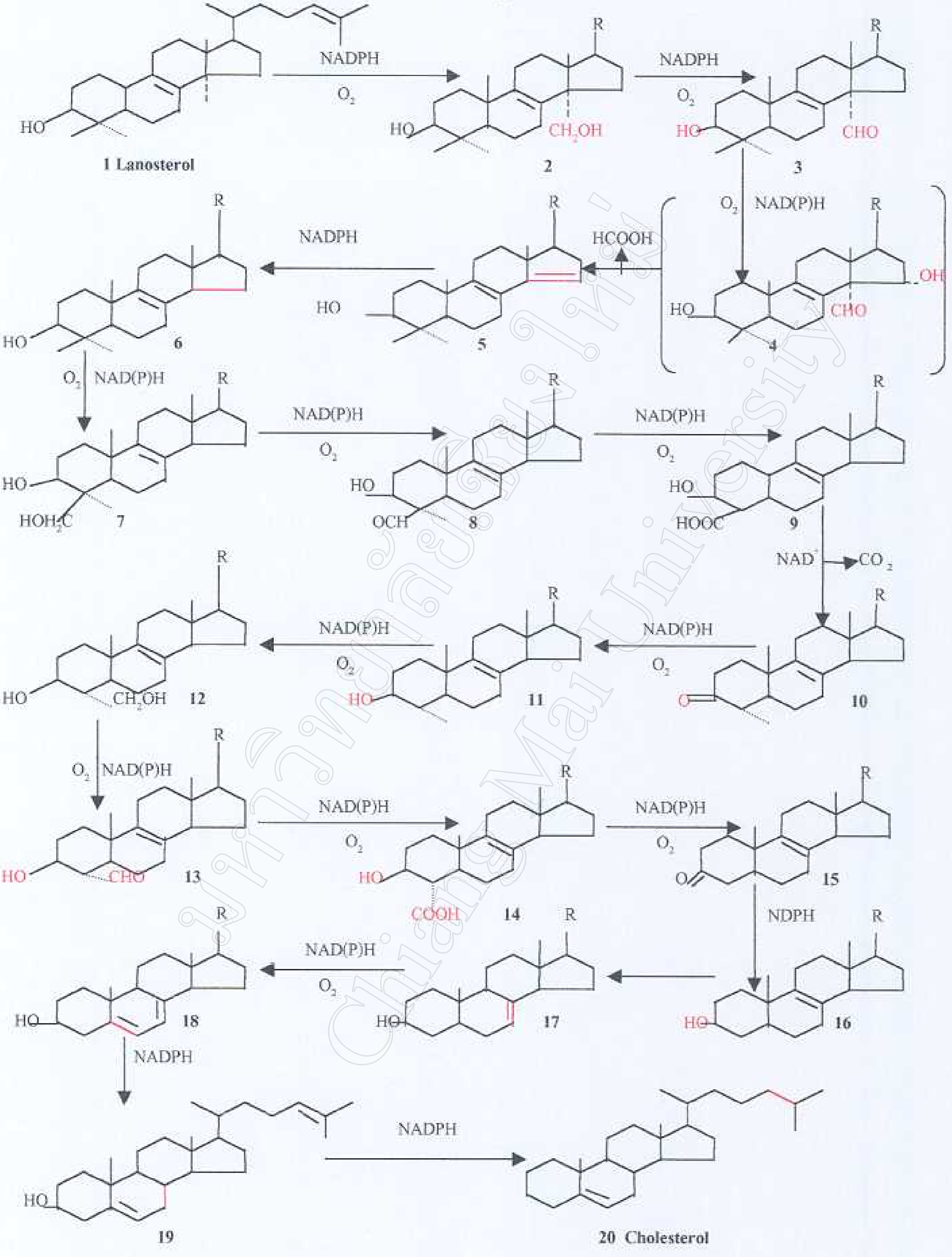


Figure 6 The 19 reaction conversion of lanosterol to cholesterol (Rilling and Chayet, 1985; cited by Voet and Voet, 1995)

ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการออกซิเดชั่นของกรดไขมัน มีผลกระทบต่อคุณภาพของไขมันและเนื้อโดยตรง ผลที่ได้จะเกิดลักษณะของการเหม็นหืน ซึ่งเกิดจากกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว จะทำปฏิกิริยากับ ออกซิเจนเกิดเป็นสารอนุมูลอิสระ (free radical) กระบวนการในการเกิดขึ้นมี 3 ขั้นตอน (Gray and Crackel, 1992) แสดงในภาพที่ 7

ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) เป็นผลเริ่มต้นของการเกิดปฏิกิริยา lipid oxidation จะทำให้เนื้อมีกลิ่นผิดปกติ เกิด volatile และ non volatile (ภาพที่ 8) และมีระดับของกลิ่นที่สามารถวัดได้ที่เกิดจากกระบวนการออกซิเดชั่น (Gray and Crackel, 1992)

และนอกจากนี้ส่วนประกอบที่ไม่ใช่ไขมันจำนวนมากที่พบในเนื้อ มีอิทธิพลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันแตกต่างกันออกไป เช่นน้ำ เป็นตัวที่ควบคุมปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน ตลอดจนการเก็บรักษาในระยะเวลานาน น้ำที่ระดับต่ำมาก ๆ จะเป็นตัวต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยไปลดตัวที่เกิดการออกซิเดชั่นได้ง่าย โดยการเข้าขัดขวางการแตกสลายของไขมันด้วยการไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) (ทำให้ไฮโดรเจนเข้าจับกับน้ำ และเกิดการเสถียร) และน้ำยังมีฤทธิ์ต่อตัวที่เกิดปฏิกิริยาได้ง่าย โดยมีการเพิ่มขึ้นในการเคลื่อนย้ายตัวต่อต้าน ตัวเร่งปฏิกิริยาของโลหะ ด้วยการทำให้เจือจางโดยน้ำ และยอมให้เกิดการรวมกันของไขมันและน้ำขณะเกิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ที่มีความเข้มข้น (Gray and Crackel, 1992)

การป้องกันการหืนของน้ำมัน (retard of rancidity)

การควบคุมการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เช่น การใช้ anti – oxidant การบรรจุแบบสุญญากาศ หรือการเติม pro – oxidant เช่น ozone metal ion เป็นต้น (Ranken, 1994) สารที่ใช้มากคือ anti oxidant มีวัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา (shelf life) ลดการสูญเสียของสารอาหารคือ วิตามินที่ละลายในไขมัน (oil – soluble vitamin) และสาร anti – oxidant ที่ดีต้องมีความปลอดภัยในการใช้ (safe in use) ไม่มีกลิ่น สี และรสชาติ (no odor, flavor and color) ให้ผลที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (effective at low concentration) และสามารถใช้ได้ง่าย (should be easy) (Coppen, 1994)

นอกจากนี้ไลปิดมีสารสำคัญที่สามารถป้องกันการหืนของน้ำมันได้ ซึ่งจะป้องกันการหืนของไลโปโปรตีนฟอสโฟไลปิด (lipoprotein phospholipid) สเตอรอลเอสเทอร์ (sterol ester) วิตามิน เอ (vitamin A) วิตามิน ดี (vitamin D) และแคโรทีน (carotene) กล่าวคือสารพวกนี้จะจับกับอนุมูลอิสระที่เกิดจากกรดไขมัน ทำให้สารเหล่านี้หมดไป ปฏิกิริยาการหืนของไขมัน จะไม่เกิดขึ้นหรือสิ้นสุดลง (Smith *et al.*, 1983) บทบาทการทำงานของตัวต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (anti – oxidant) โดยเป็นตัวขัดขวางกระบวนการเกิดออกซิเดชั่นในไขมัน และมีการสังเคราะห์สาร

เหล่านี้ขึ้นมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT), butylated hydroquinone (TBHQ), propyl gallate และ tertiary butylhydroquinone เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดนี้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในไขมัน ทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ช้าขึ้น โดยเป็นตัวตัดพันธะ (chain – braking) (Gray *et al.*, 1999; Hamilton, 1994) (ภาพที่ 9)

anti – oxidant เหล่านี้เป็นสารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้น เป็นที่น่าสนใจว่าการใช้ anti – oxidant ตามธรรมชาติที่ได้จาก พืช ผัก ผลไม้ น้ำมันจากเมล็ดพืช และเมล็ดธัญพืช ตลอดจนเครื่องเทศ สมุนไพร เป็นต้น ยกตัวอย่างเช่น rosemary, oleoresin จะมีผลในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้กลิ่นผิดปกติขณะประกอบอาหาร (warmed – over flavor) ส่วนวิตามิน อี (vitamin E) เป็นตัวหนึ่งที่มีบทบาทเป็น anti – oxidant เช่นกัน แต่ทำปฏิกิริยาระหว่างเนื้อเยื่อเซลล์ (cell membrane) (Reineccius, 1999)

Initiation : $RH \xrightarrow{\text{Initiation}} R\bullet$

Propagation: $R\bullet + O_2 \xrightarrow{\text{Fast}} ROO\bullet$

$ROO\bullet + RH \xrightarrow{\text{Slow}} ROOH$

Termination: $R\bullet + R\bullet \longrightarrow R - R$

$R\bullet + ROO\bullet \longrightarrow ROOR$

$ROO\bullet + ROO\bullet \longrightarrow ROOR + O_2$

Figure 7 Mechanism processing of oxidative reaction (Gray and Crackel, 1992)

การทดสอบปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เป็นการหาค่า thiobarbituric acid number (TBA) ค่าที่ได้รายงานเป็น มิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อกิโลกรัมตัวอย่างที่ทดสอบ malonaldehyde จะเกี่ยวข้องกับผลการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันจำพวก polyunsaturated fatty acid และทำปฏิกิริยากับสารละลาย TBA เกิดสีชมพู แดง ซึ่งเกิดจากสารละลาย TBA 2 โมล และ malonaldehyde 1 โมล และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ระดับสูงสุด 530 – 532 นาโนเมตร (Sinnhuber and Yu, 1985; Yu *et al.*, 1986; cited by Reineccius, 1999; Rossell, 1994)

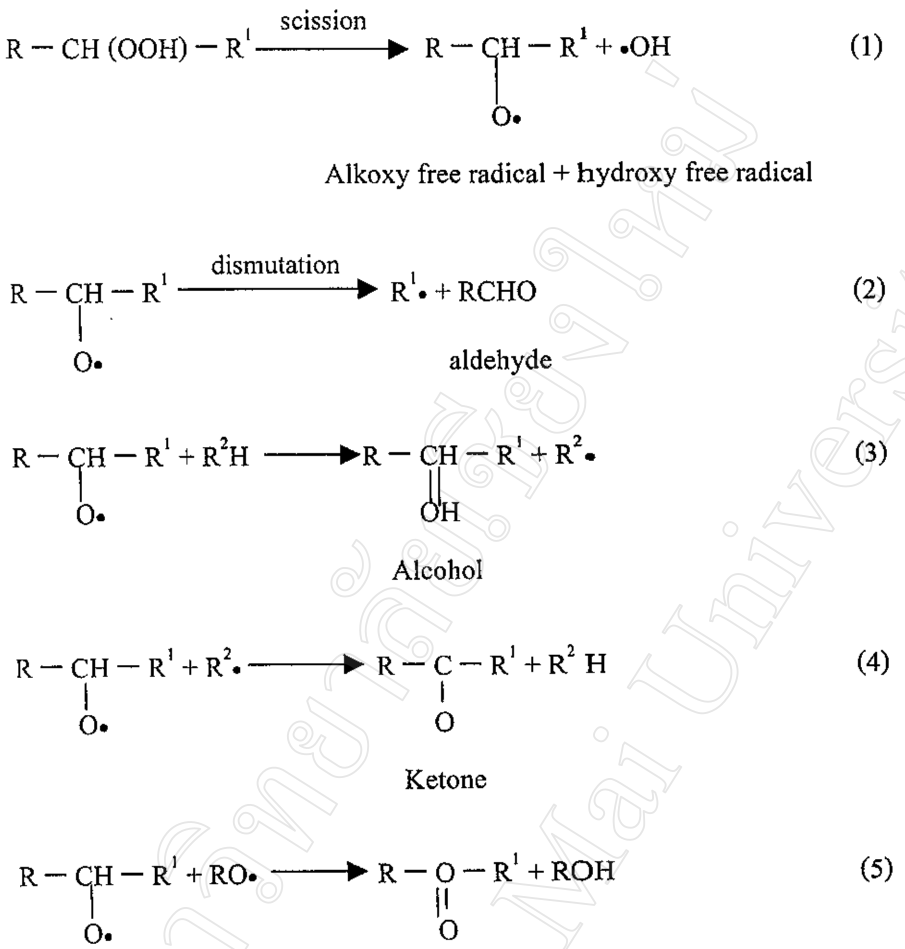
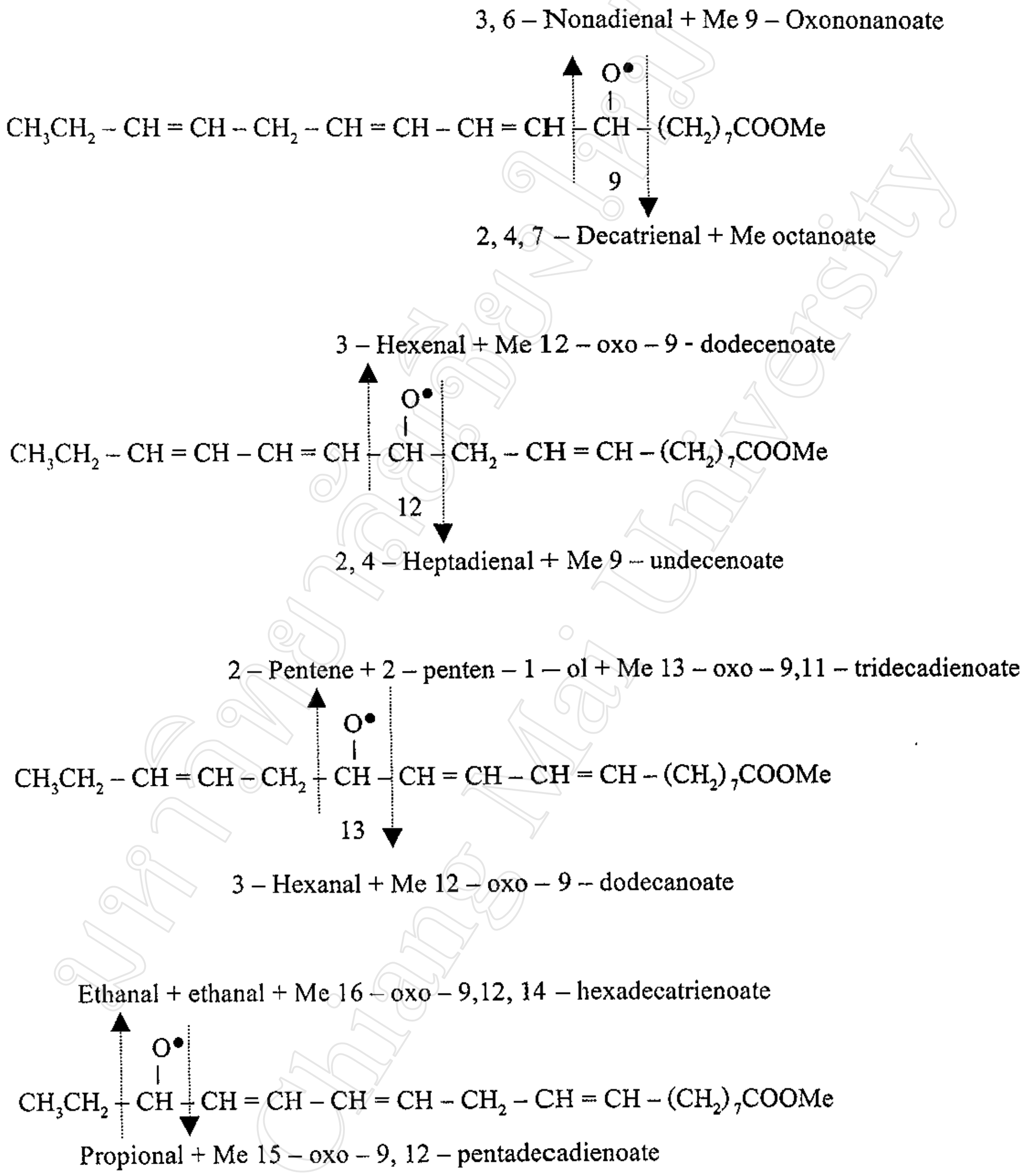


Figure 8 The general decomposition of hydroperoxides into aldehydes and ketones (Paquette *et al.*, 1985; cited by Gray and Crackel, 1992)

Chain propagation



Initiation $ROO^{\bullet} + AH \;\; ROOH + A^{\bullet}$

$A^{\bullet} + ROO^{\bullet} \rightarrow$ } non – radical product

$A^{\bullet} + A^{\bullet} \rightarrow$ }

Figure 9 Decomposition of methyl linolenate hydroperoxides, cleavage at the arrow yields the products indicated, AH = anti – oxidant (Hamilton, 1994)

Table 10 Flavor thresholds of classes of lipid oxidation compounds

(Drumm and Spanier, 1991; cited by Gray and Crackel, 1992)

Class	Thresholds (ppm)
Hydrocarbon	90.00 – 2150.00
Alk – 1 – enes	0.02 – 9.00
Substituted furans	2 .00– 27.00
2 – phenylfuran	1.00 – 10.00
Saturated alcohols	0.30 – 2.50
Vinyl alcohols	0.05 – 3.00
Oct – 1 – en – 3 – ol	0.001
Aldehydes	0.014 – 0.03
Alk – 2 enals	0.04 – 2.50
Alkanals	0.04 – 1.00
t, t – Alka – 2, 4 – dienals	0.005 – 0.50
t, c – Alka – 2, 4 – dienals	0.002 – 0.60
Methyl ketones	0.16 – 5.50
Vinyl ketones	0.0002 – 0.007