

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 กาแฟอาราบิก้า (*Coffea arabica* L.)

กาแฟอาราบิก้า คือ พืชเครื่องดื่มที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลกชนิดหนึ่ง กาแฟมีลักษณะลำต้นตั้งตรง การเจริญเติบโตจะไม่แตกกิ่งแต่มีใบแตกกิ่งออกตรงข้อตรงข้ามกันเป็นคู่ๆ ต่อมาเมื่อเจริญเติบโตขึ้นมีการแตกกิ่งออกจากลำต้นในลักษณะที่แยกออกจากกันเป็นคู่ๆ ดอกจะมีสีขาว มีกลิ่นหอมคล้ายดอกมะลิ รูปร่างคล้ายดาวมีก้านสั้นอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ส่วนใหญ่จะออกดอกจากบริเวณข้อของกิ่งกาแฟ โดยลักษณะของใบจะออกตรงข้ออยู่ตรงข้ามเป็นคู่ๆ รูปร่างมีทั้งสี่เหลี่ยมผืนผ้า และรูปไข่ แตกต่างกันไปตามชนิดสายพันธุ์ ส่วนปลายใบของกาแฟจะมีคุณลักษณะเรียวแหลม ก้านใบอ่อนสั้น เมล็ดกาแฟมีรูปร่างค่อนข้างกลมรี ความยาวประมาณ 8.5-12.5 มิลลิเมตร ผลกาแฟเมื่อสุกเต็มที่จะนำมาปอกเอาเปลือกและเนื้อทิ้ง หนึ่งผลมีเมล็ด 2 เมล็ดประกบกันอยู่ (ประวีณาและสิรานี, 2557) สภาพแวดล้อมที่มีความสำคัญต่อการปลูกกาแฟอาราบิก้า เช่น ความสูงของพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการให้คุณภาพกาแฟอาราบิก้า นั้นควรจะเป็นพื้นที่สูงตั้งแต่ 1,000 เมตร ขึ้นไป เนื่องจากอากาศเย็นและอุณหภูมิเฉลี่ยที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 18-22 องศาเซลเซียส จะช่วยให้เมล็ดกาแฟเจริญเติบโตและพัฒนาสารอาหารที่พอเพียงจนได้อายุพร้อมสำหรับการเก็บเกี่ยวที่ 8-9 เดือน นอกจากนี้สภาพดินที่ปลูกกาแฟควรเป็นดินที่สามารถระบายน้ำได้ดีและความเป็นกรด-ด่างดิน (pH) อยู่ระหว่าง 5.0 -5.5 ปริมาณน้ำฝนควรอยู่ระหว่าง 1,500 -1,800 มิลลิเมตรต่อปี ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่างร้อยละ 70-80 และความลาดชันของพื้นที่ไม่เกิน 45 องศา เพราะต้องพิจารณาถึงระยะปลูกให้เหมาะสมกับความลาดชัน และการทำงานในสวนที่ง่ายและสะดวกของเกษตรกรด้วย พันธุ์กาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นสายพันธุ์คาร์ติมอร์ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรคราสนิม มีลักษณะต้นเตี้ย ข้อสั้น ให้ผลผลิตสูงและสม่ำเสมอ

2.2 องค์ประกอบของเมล็ดกาแฟดิบ

เมล็ดกาแฟดิบจะไม่มีกลิ่นกาแฟหรือมีกลิ่นเหม็นเขียว องค์ประกอบต่างๆ ในเมล็ดกาแฟดิบมีความสำคัญต่อการเกิดสารให้กลิ่นในกาแฟ ซึ่งองค์ประกอบของเมล็ดกาแฟที่สำคัญมีดังนี้

- คาเฟอีน (caffeine) คือ พิวรีน (purine) ที่สำคัญในกาแฟ ละลายน้ำได้น้อย มีรสขมเล็กน้อย ปริมาณคาเฟอีนโดยเฉลี่ยของสายพันธุ์อาราบิก้า คือ ร้อยละ 1.2 ส่วนสายพันธุ์โรบัสต้า คือ ร้อยละ 2.2 ในกาแฟ 1 แก้ว (120-150 มิลลิลิตร) มีปริมาณคาเฟอีน 40-160 มิลลิกรัม (Clifford, 1985) ทำให้กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง เพิ่มอัตราการสูดดมโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจ เมื่อผ่านความร้อนปริมาณคาเฟอีนจะลดลงเล็กน้อย (Belitz and Grosch, 1999)

- ไตรโกนิลีน (trigonelline) ระดับของไตรโกนิลีนในอาราบิก้าอยู่ที่ร้อยละ 0.6-1.3 ส่วนโรบัสต้าอยู่ที่ร้อยละ 0.3-0.9 ปริมาณไตรโกนิลีนลดลงเมื่อได้รับความร้อน เกิดสารระเหยจำพวกไพรีดิน ไพโรล และ ไนอะซิน (Clifford, 1985; Illy and Viani, 1996)

- กรดคลอโรจีนิก (chlorogenic acids) พบในอาราบิก้าร้อยละ 6-7 และโรบัสต้าร้อยละ 10 มีรสขมและเปรี้ยว บรรยายลักษณะคล้าย Tannin มีความสำคัญคือสลายตัวเมื่อได้รับความร้อน กลายเป็นฟีนอลและ Melanoidins (Belitz and Grosch, 1999)

- กรดอะมิโนและโปรตีน (amino acids and protein) กรดอะมิโนและโปรตีนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากเมื่อได้รับความร้อน เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกรดอะมิโนและโปรตีน ปริมาณของกรดอะมิโนโดยรวมลดลงร้อยละ 30 โดยชนิดที่ลดลงมากได้แก่ อาร์จินีน กรดแอสปาทิก ซิสเทอีน ฮิสทีดีน ไลซีน เซอรีน ทรีโอนีน และเมไทโอนีน (Belitz and Grosch, 1999) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกรดอะมิโนเกิดเป็นสารระเหยที่มีโครงสร้างเป็นวงแหวน ลำดับของกรดอะมิโนมีอิทธิพลต่อการเกิดสารระเหยในกาแฟ อีกทั้งกรดอะมิโนทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดสารระเหย มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนโปรตีนเปลี่ยนโครงสร้างเกิดเป็น Melanoidins (Clifford, 1985)

- คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ เช่น เซลลูโลสและโพลีแซ็กคาไรด์ ไม่ละลายน้ำ ระหว่างการให้ความร้อนองค์ประกอบของโพลีแซ็กคาไรด์จะสลายตัวเป็นองค์ประกอบที่เล็กลงและละลายน้ำได้ ซูโครสพบเป็นอัตราส่วนมากที่สุดในคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด โดยพบในอาราบิก้า มากกว่าโรบัสต้า สลายตัวได้เกือบสมบูรณ์ระหว่างการให้ความร้อนจากปฏิกิริยาไฟโรไลซิสของ คาร์โบไฮเดรต และปฏิกิริยาคาราเมลจะสลายตัวเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเกิดสารระเหยที่สำคัญคือ ฟูแรน ส่วนคาร์โบไฮเดรตเปลี่ยนโครงสร้างเป็นสารที่ละลายน้ำได้และ Melanoidins (Belitz and Grosch, 1999)

2.3 องค์ประกอบของสารให้กลิ่นในกาแฟ

เมล็ดกาแฟดิบจะไม่มีกลิ่นกาแฟในตัวเอง การพัฒนาของกลิ่นกาแฟเกิดขึ้นในช่วงการคั่ว ให้ความร้อนกับเมล็ดกาแฟดิบที่อุณหภูมิ 180-220 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสารให้กลิ่นคือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโนหรือเปปไทด์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ทำให้เกิดการรวมตัวของโมเลกุลในโตรเจนและซัลเฟอร์เป็น Heterocyclic compounds เช่น ไพโรล ไทโอฟิน ออกซาโซลและไทอะโซล ปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันซึ่งเกิดการ ไพโรไลซิสของโมโน ได โอลิโก และโพลีแซ็กคาไรด์ เกิดเป็นสารตัวกลางภายใต้สภาวะที่สูญเสียน้ำ ทำให้เกิดเป็นสารโมเลกุลซับซ้อน คือ สารประกอบคาราเมลที่ละลายน้ำได้ (soluble caramel compounds) และปฏิกิริยาไฟโรไลซิส ส่วนการเกิดสารอะโรมาติกในกาแฟเกี่ยวข้องกับปริมาณของกรดอะมิโนอิสระและน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่า น้ำตาลกลูโคส ซูโครสและ ฟรุคโตส สลายตัวไปร้อยละ 99 ระหว่างการคั่ว (Flament, 2002)

สารให้กลิ่นหอมของกาแฟ จำแนกตามโครงสร้างทางเคมีสารประกอบที่มีโครงสร้างรูปฟูแรนกระจายอยู่ในหลายกลุ่ม ซึ่งฟูแรนและอนุพันธ์ของฟูแรนเป็นกลุ่มที่มีความสำคัญที่สุดของกลิ่นรสกาแฟ นอกจากนั้นจะเป็นสารประกอบคาร์บอนิล และสารประกอบ Heterocyclic เป็นต้นว่า ไพราซีน ออกซาโซล ไทอะโซล ไทโอฟินและไพโรล และในกาแฟยังมีสารประกอบที่มีไนโตรเจนและสารประกอบที่มีซัลเฟอร์จำนวนมาก สารทั้งหมดที่อยู่ในกลุ่มเหล่านี้ให้กลิ่นรสคั่วซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมากของกลิ่นหอมกาแฟ นอกจากไพราซีนยังมีสารประกอบที่สำคัญในกาแฟ เช่น Furfuryl mercaptan ให้กลิ่นหอมแรงช่วยให้กาแฟหอม กลิ่นซัลเฟอร์มีในกาแฟบริสุทธิ์ในความเข้มข้นสูงจะให้กลิ่นคั่วและกลิ่นรมควันที่ดี สาร *trans*-2-Nonenal ให้กลิ่นไม้สด (fresh brewed woody) Cyclootene และ

Alkylcyclopentadione จะให้กลิ่นของคาราเมลแรงหรือกลิ่นน้ำตาลไหม้ Maltol และ 3-Methylbutanal จะให้กลิ่นหอมหวาน (จินตนา, 2535)

2.4 การคั่วกาแฟ

กาแฟเมล็ด หรือ Green beans นั้นต้องผ่านการคั่วเพื่อทำให้เกิดกลิ่นรสและลดปริมาณความชื้นของเมล็ดในขั้นตอนนี้สารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะระเหยไปพร้อมกับน้ำ ช่วงการคั่วในระยะแรกจะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งกรดอะมิโน เปปไทด์ โมโนแซคคาไรด์ และสารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีน จะเปลี่ยนเป็นอัลดีไฮด์ คีโตน เอมีน ฟูแรน และ ไพราซีน เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 220 องศาเซลเซียส จะเกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิส ทำให้สารแต่ละชนิดแตกตัวเกิดเป็นสารให้กลิ่นและมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้น้ำหนักเมล็ดลดลง เราสามารถตรวจสอบระดับการคั่วได้จากสีน้ำตาลที่เข้มขึ้นและดูจากน้ำหนักเมล็ดที่ลดลง ดังนี้

- การคั่วระดับต่ำ (light roast) น้ำหนักเมล็ดลดลงร้อยละ 3-5
- การคั่วระดับปานกลาง (medium roast) น้ำหนักเมล็ดลดลงร้อยละ 5-8
- การคั่วระดับมาก (dark roast) น้ำหนักเมล็ดลดลงร้อยละ 8-14

นอกจากนี้ยังมีการคั่วกาแฟแบบฝรั่งเศส (French roast) และอิตาลี (Italian roast) จะมีระดับการคั่วสูงที่สุดโดยที่น้ำหนักเมล็ดลดลงร้อยละ 18 และ 20 ตามลำดับ กาแฟที่ผ่านการคั่วที่นานขึ้นจะมีกลิ่นที่เข้มขึ้นและสามารถลดกลิ่นที่ไม่ดีลงได้ โดยทั่วไปเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพต่ำและมีกลิ่นที่ไม่ดีต้องผ่านการคั่วที่นานขึ้น

Amorim *et al.* (1977) ศึกษา Polyamine ในกาแฟดิบและกาแฟคั่วสายพันธุ์อราบิก้าการคั่วจะทำให้ Polyamine ที่มีอยู่ในเมล็ดกาแฟสลายไปโดยเปลี่ยนไปเป็น Pyrrolidine ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นที่สำคัญในกาแฟ ส่วน Holscher *et al.* (1992) ศึกษาผลของการคั่วกาแฟต่อ Prenyl alcohol ซึ่งพบอยู่ในเมล็ดกาแฟดิบที่ยังไม่ได้ผ่านการคั่วประมาณ 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การคั่วกาแฟจะทำให้ Prenyl alcohol เปลี่ยนเป็น 3-Methyl-2-butene-1-thiol, 3-Mercapto-3-methyl-butanol, 3-Mercapto-3-methyl butyl formate ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นฉุนของซัลเฟอร์ในกาแฟ

Tressl and Silwar (1981) ศึกษาการแยกสารประกอบซัลเฟอร์จากกาแฟคั่วพันธุ์อราบิก้าและโรบัสต้า พบ Mercaptans 23 ชนิด Disulfide และ Trisulfide ในกาแฟคั่ว ซึ่งจะให้กลิ่นฉุนของซัลเฟอร์ในกาแฟ

นอกจากนี้การคัวยังทำให้เกิดกลิ่นดินได้โดย Czerny *et al.* (1996) ทำการศึกษามลของการคั่วที่ทำให้เกิดกลิ่นดินในกาแฟโรบัสต้าจากอินโดนีเซีย พบว่ากลิ่นดินที่ได้จากการคั่วนี้มาจากสารในกลุ่มไพราซีน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสกับอะลานีน ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าการคั่วกาแฟเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะทำให้เกิดสารให้กลิ่นที่มีลักษณะเฉพาะในกาแฟรวมทั้งกำจัดกลิ่นที่ไม่ดีของกาแฟได้ด้วย

2.5 การชงกาแฟ

ปัจจัยอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญต่อกลิ่นของกาแฟ คือ การชงกาแฟ กาแฟที่คั่วแล้วจะมีสารให้กลิ่นมากกว่า 700 ชนิด (Deibler *et al.*, 2004) เวลาที่ใช้ในการชง อุณหภูมิตลอดจนขนาดอนุภาค

ของกาแฟภายหลังการบดจะมีผลต่อปริมาณสารให้กลิ่นของกาแฟ โดย Deibler *et al.* (2004) ศึกษาถึงวิธีการชงกาแฟทั้งวิธีชงแบบรวดเร็วและการชงแบบดั้งเดิม การชงแบบรวดเร็วใช้การลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วรวมกับการใช้สุญญากาศเพื่อเพิ่มอัตราการไหลของกาแฟ พบว่า การชงแบบรวดเร็วจะยังคงรักษาปริมาณสารให้กลิ่นไว้ได้ ขณะที่การชงแบบดั้งเดิมจะมีปริมาณสารให้กลิ่นที่สูญเสียไปมากกว่าในช่วงการชง เนื่องมาจากการชงแบบรวดเร็วมีการลดอุณหภูมิหลังการชงลงอย่างรวดเร็วและมีการใช้สุญญากาศในการเพิ่มอัตราการไหลทำให้สามารถรักษาปริมาณของสารให้กลิ่นไว้ได้มากกว่าการชงแบบดั้งเดิม ดังนั้นการเลือกวิธีการชงกาแฟจึงมีความสำคัญต่อสารให้กลิ่นในกาแฟ

2.6 กระบวนการเกิดสารประกอบพันธะเชื่อม (conjugated compounds)

ส่วนใหญ่ในอาหารจะเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการเกิดสารสีน้ำตาล (browning reactions) ที่ประกอบไปด้วยหลายปฏิกิริยาที่ซับซ้อนมาผนวกกับการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) (Gökmen and Şenyuva, 2006; Martins *et al.*, 2000; Yaylayan, 1997; Zamora and Hidalgo, 2005) ถึงแม้ว่าจะมีงานวิจัยที่ศึกษาถึงปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลหลายปฏิกิริยาความสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาต่างๆ ยังไม่เป็นที่ศึกษากันเท่าที่ควร ปฏิกิริยาถัดจากนี้เป็นปฏิกิริยาที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเมื่อสารสกัดกาแฟเขียวถูกกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบพันธะเชื่อม

1. ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่าง Reducing carbohydrates และ Amino compounds ที่ไม่ใช่เอนไซม์ กระบวนการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวถือได้ว่าเกิดจากปฏิกิริยากว่า 100 ปฏิกิริยาที่ต่อเนื่องกันจนเกิดมาเป็น Maillard reaction products (MRPs) ถึงมีปริมาณกว่า 1,000 สารประกอบ โดยสามารถแบ่งปฏิกิริยาเมลลาร์ดออกได้เป็น 3 ระยะ ได้แก่ 1) ระยะเริ่มต้นที่เกิดการเชื่อมกันระหว่าง Reducing carbohydrates และ Amino compounds 2) ระยะกลางที่เกิดการเรียงตัวกันและการแตกตัวกันของสาร Amadori compounds เช่น Dehydration, Deamination และ Strecker degradation 3) ระยะสุดท้ายที่เกิดการเชื่อมกันของสารหลายชนิดจนเกิดเป็นสารสีน้ำตาลและสารที่มีมวลโมเลกุลสูง นอกจากอุณหภูมิแล้วปฏิกิริยาเมลลาร์ดสามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาได้โดยการใช้แรงดัน (high pressure) และสนามไฟฟ้าแบบพัลส์ (pulse electric field) ได้อีกด้วย Moreno *et al.* (2003) แสดงให้เห็นว่าที่สภาวะต่าง ความดันสูงสามารถเร่งการเรียงตัวกันและการแตกตัวกันของสาร Amadori compounds เช่นเดียวกับสนามไฟฟ้าแบบพัลส์ที่ 30 kV/cm สามารถเร่งปฏิกิริยาการเกิดได้ (Guan, Lin, *et al.*, 2010; Guan, Wang, *et al.*, 2010; Sun *et al.*, 2011)

สารตั้งต้นของ (reactant) ปฏิกิริยาเมลลาร์ดคือ Reducing carbohydrates และ Amino compounds เช่น กรดอะมิโน และน้ำตาล โดยระหว่างการเกิดปฏิกิริยาจะมีสารสารมัธยันตร์ (intermediate) ที่สำคัญ เช่น 3-Deoxyosuloses, 3, 4-Dideoxyosuloses, 3-Deoxyhexosulose (DH) และ 3,4-Dideoxyhexosuloses-3-ene (DDH) และเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะมีสารผลิตภัณฑ์ (product) ที่ได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ดเรียกว่า Maillard reaction products (MRPs) ที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ได้แก่ N-Fructoselysine (furosine), 5-Hydroxymethylfurfural (HMF), Acrylamide, Heterocyclic amines, Advanced glycation end products (AGEs) และ Melanoidins สารกลุ่มดังกล่าวมีทั้งข้อดีและข้อเสีย โดยจากการศึกษาของ Aljahdali and

Carbonero (2017) MRPs ส่งผลเสียต่อร่างกายจากเกิด Mutagenicity, Carcinogenicity, Cytotoxicity ที่อาจทำให้เกิด Metabolic diseases ในทางกลับกันสารกลุ่มดังกล่าวก็ยังมีประโยชน์ในด้านการต้านออกซิเดชัน (antioxidant), การต้านเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobial) และการลดความรุนแรงของสภาวะความดันสูง (antihypertensive properties) (Amarowicz, 2009) นอกจากนี้ MRPs ยังเป็นสารให้กลิ่นรสที่สำคัญในอาหารอีกด้วย โดยสามารถสรุปลักษณะโดยทั่วไปของ MRPs หลักได้ดังตารางที่ 2.1

2. Lipid Oxidation เกิดจากการสลายตัวของ Lipids โดยปฏิกิริยา Autoxidation จาก Free radical และ Hydroperoxides ผลลัพธ์จากปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถเกิดการเชื่อมตัวกันกับสารอื่นเกิดเป็นสารประกอบพันธะเชื่อมซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสี น้ำหนัก เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และสารออกฤทธิ์สำคัญของอาหารได้ (Zamora and Hidalgo, 2005)

3. การสลายตัวของกรดคลอโรจินิก (degradation of chlorogenic acid)

กรดคลอโรจินิกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากกระบวนการของ 1) Epimerization 2) Acyl migration 3) Lactonisation และ 4) Dehydration ซึ่งจากการศึกษาของ Jaiswal *et al.* (2012) กรดคลอโรจินิกจะถูกเชื่อมกับสาร Carbohydrates และ Proteins เกิดเป็นสารเฉพาะที่เป็นเอกลักษณ์สำคัญของสารที่เกิดจากคั่วของกาแฟ เช่น Chlorogenic acid acetates, O-phenolic quinoyl และ Shikimoyl esters

ตารางที่ 2.1 สารให้กลิ่นจาก MRPs (Van Boekel, 2006)

Class of aroma compound	Associated aroma
Pyrazines	Cooked, Roasted, Toasted, Baked cereals
Alkylpyrazines	Nutty, Roasted coffee
Alkylpyridines	Green, Bitter, Astringent, Burnt coffee, Barley, Malt
Acylpyridines	Cracker-like cereal products
Pyrroles	Cereal-like cereals, Coffee
Furans, furanones, pyranones	Sweet, Burnt, Pungent, Caramel-like
Oxazoles	Green, Nutty, Sweet cocoa, Coffee, Meat
Thiofenes	Meaty

2.7 กากกาแฟ (spent coffee ground)

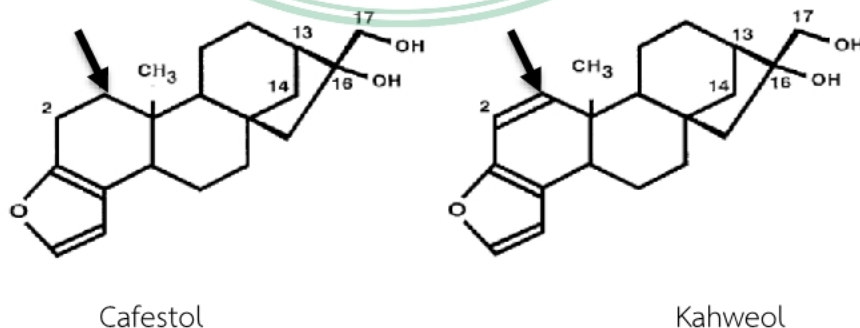
กากกาแฟมีสารสำคัญที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณค่าของกากกาแฟ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน ไขมัน สารประกอบฟีนอล แร่ธาตุ และคาเฟอีน เป็นต้น

- **สารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต** โดยปกติในเมล็ดกาแฟดิบจะมีสารประกอบในกลุ่มของ โพลีแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) เป็นหลักถึงประมาณร้อยละ 50 ซึ่งจะอยู่ในกลุ่มของแมนแนน (mannans) และกาแลคโตแมนแนน (galactomannans) อราบินอกาแลคแตน (arabinogalactans)

และ เซลลูโลส ซึ่งในกากกาแฟที่ได้จากกระบวนการชงกาแฟจะมีสารประกอบที่เป็นน้ำตาลอยู่ค่อนข้างมาก เช่น น้ำตาลแมนโนส (mannose) ร้อยละ 46.8 กาแลคโตส (galactose) ร้อยละ 30.4 กลูโคส (glucose) ร้อยละ 19 และอราบินโนส (arabinose) ร้อยละ 3.8 (Mussatto *et al.*, 2011) และ Mussatto *et al.* (2012) ยังรายงานอีกว่ากากกาแฟสามารถไฮโดรไลซ์ด้วยกรดซัลฟูริก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ และทำการหมักเอทานอลด้วยยีสต์ นอกจากนี้ยังพบว่า ในกากกาแฟยังมีสารแมนโนโอลิโกแซ็กคาไรด์ (mannooligosaccharides; MOS) ที่ประกอบไปด้วย แมนโนไบโอส (mannobiose) แมนโนไตรโอส (mannotriose) และแมนโนเตตระโอส (mannotetraose) ซึ่ง Takao *et al.* (2006) ได้รายงานว่า เชื้อไปไฟโตแบคทีเรียในร่างกายมนุษย์สามารถใช้แมนโนโอลิโกแซ็กคาไรด์เป็นอาหารในการเจริญเติบโตได้ ซึ่งจัดว่าเป็นพรีไบโอติกชนิดหนึ่ง

- **สารในกลุ่มโปรตีน** ในกากกาแฟมีโปรตีนประมาณร้อยละ 8.5-13.6 (Mussatto *et al.*, 2011) โดยพบว่ากรดอะมิโนในกากกาแฟมีปริมาณที่ใกล้เคียงกับถั่วเหลืองซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนจากธรรมชาติ โดยปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นบางตัวในกากกาแฟมีสูงกว่าในถั่วเหลือง เช่น ลิวซีน วาลีน ฟีนิลอะลานีน และไอโซลิวซีน นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ BCCA และ Fisher ratio สูงกว่าในถั่วเหลือง

- **น้ำมันกากกาแฟ (spent coffee oil)** ประกอบด้วยไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerol) และไดเทอร์พีนส์ (diterpenes) คิดเป็นร้อยละ 78 และ 15 ตามลำดับ (Barbosa *et al.*, 2014) ซึ่งไดเทอร์พีนส์เป็นสารประกอบที่มีประโยชน์ต่อระบบทางชีววิทยา ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ เช่น *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, *Salmonella enterica*, และ *Staphylococcus aureus* เป็นต้น ในน้ำมันกากกาแฟพบไดเทอร์พีนส์ 2 ชนิดหลัก ตามลักษณะโครงสร้างโมเลกุล คือ คาเฟสตอล (cafestol) และคาห์วืออล (kahweol) ซึ่งสารทั้งสองนี้มีโครงสร้างที่แตกต่างกันตรงพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนตัวที่หนึ่งและคาร์บอนตัวที่สอง (ภาพที่ 2.1) โดยคาเฟสตอลจะพบได้ทั่วไปในกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้า ในขณะที่คาห์วืออลจะพบในกาแฟอาราบิก้าเป็นส่วนใหญ่ คาเฟสตอลและคาห์วืออลสามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแตกต่างกัน ได้แก่ 230 และ 290 นาโนเมตร ตามลำดับ (Benassi and Dias, 2015)



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของคาเฟสตอลและคาห์วืออล

ที่มา : Cavin *et al.* (2002)

ไดเทอร์พีนส์ (diterpenes) เป็นไฮโดรคาร์บอนที่ประกอบด้วยเทอร์พีน 2 หน่วย และเป็นกลุ่มสารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาซาพอนนิฟิเคชัน (saponification) ของไขมันในกาแฟ พบเฉพาะในพืชตระกูลกาแฟเท่านั้น (Dias *et al.*, 2013) โดยปริมาณไดเทอร์พีนส์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของกาแฟ โดยไดเทอร์พีนส์ในน้ำมันที่ได้จากกากกาแฟสายพันธุ์อราบิก้าประกอบด้วยคาเฟสตอลและคาห์วียอลคิดเป็นร้อยละ 26 และ 10 ตามลำดับ (Kurzrock and Speer, 2001) คาเฟสตอลและคาห์วียอลจัดเป็นสารประเภท Pentacyclic diterpenes ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ที่มีไฮดรอกซิล (คาร์บอน 5 อะตอม) เพื่อรวมเป็นโครงสร้างของ Kaurane ที่มีคาร์บอน 20 อะตอม (Oliveira *et al.*, 2014) สารประกอบเหล่านี้จะมีความคงตัวน้อยมากเมื่อนำมาทำเป็นสารบริสุทธิ์ อย่างไรก็ตามสมบัติทางชีวภาพของสารเหล่านี้ก็ยังมีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้คาเฟสตอลกับคาห์วียอลที่มีอยู่ในกาแฟยังมีสมบัติในด้านการยับยั้งการอักเสบ (anti-inflammatory) ยับยั้งจุลินทรีย์ (anti-microbial) และยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์ม (anti-biofilm) อีกด้วย (Ashton *et al.*, 2013) ซึ่งสายพันธุ์ของกาแฟ ระดับการคั่ว และปริมาณของคาเฟอีนที่เหลือนั้นในกาแฟมีผลต่อกิจกรรมการยับยั้งเชื้อ *Streptococcus mutans* โดยการยับยั้งจุลินทรีย์และการยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของคาเฟสตอลกับคาห์วียอล (Antonio *et al.*, 2010) ในปีที่ผ่านมาการวิเคราะห์สารไดเทอร์พีนส์ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยสามารถลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดไบโอฟิล์มในช่องปากได้ ซึ่งปริมาณไดเทอร์พีนส์มีความผันแปรตามความแตกต่างของวิธีการในการชงกาแฟ มีการใช้ไดเทอร์พีนส์เป็นตัวแยกสายพันธุ์ของกาแฟในผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ และยังมีการให้ความสนใจในการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolic pathways) ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการสังเคราะห์ไดเทอร์พีนส์ในเนื้อเยื่อพืช (Wang *et al.*, 2012) ซึ่งการวิเคราะห์ไดเทอร์พีนส์จะใช้วิธี High performance liquid chromatography (HPLC) ซึ่งเป็นวิธีที่มีความสะดวก มีประสิทธิภาพรวดเร็ว และประหยัดต้นทุน (Silva *et al.*, 2012)

วิธีการสกัดมีความสำคัญต่อคุณภาพและปริมาณของสารไดเทอร์พีนส์ในน้ำมันกากกาแฟ ซึ่งวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมที่ใช้ในการสกัดกากกาแฟ คือ การสกัดด้วยชุดกลั่นซอกซ์เลต (soxhlet extraction, SOX) ซึ่งมีการใช้สารละลาย เช่น n-Hexane เป็นตัวทำละลายในการสกัด โดยใช้อุณหภูมิสูง เวลานาน และเป็นวิธีการสกัดที่ง่ายแต่สิ้นเปลืองตัวทำละลาย (ชุตินาและสนธยา, 2555) เนื่องจากหากต้องการสกัดตัวอย่างในปริมาณที่มากขึ้นก็ต้องใช้ตัวทำละลายมากขึ้นเช่นกัน และการสกัดด้วยวิธีนี้เป็นการใช้ความร้อนจึงอาจทำให้สารสำคัญบางชนิดสลายตัวได้ เช่น สารประกอบฟีนอล กรดคลอโรจีนิก และเทอร์พีน เป็นต้น (Campos-Vega *et al.*, 2015) แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาการสกัดวิธีใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นที่ยอมรับ เนื่องจากง่ายต่อการแยกตัวทำละลายออกเมื่อสกัดเสร็จสมบูรณ์คือ การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้สภาวะวิกฤตยิ่งยวด (supercritical carbon dioxide extraction, SC-CO₂) ซึ่งเป็นวิธีการสกัดประเภทหนึ่งที่ใช้สกัดสารประเภทยาหรือสารประกอบที่เสื่อมสภาพได้ง่ายด้วยความร้อน ซึ่งการสกัดจะกำหนดสภาวะของคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในสภาวะของไหลยิ่งยวด (TC= 31.1 องศาเซลเซียส และ PC= 73.8 บาร์) ด้วยสมบัติของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกบีบอัดให้เป็นของเหลวเหมือนน้ำและการไหลเหมือนอากาศ ทำให้สามารถแทรกเข้าไปในเนื้อวัตถุที่ต้องการทำการสกัดได้ (Sahena *et al.*, 2009) โดย

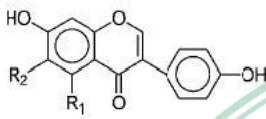
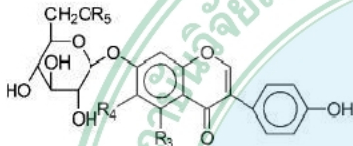
งานวิจัยของ Couto *et al.* (2009) ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันจากกากกาแฟโดยวิธี SC-CO₂ ที่สภาวะอุณหภูมิและความดันที่แตกต่างกัน ได้แก่ อุณหภูมิ 40-90 องศาเซลเซียส และความดัน 15-30 เมกะปาสกาล เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของปัจจัยในกระบวนการสกัดและองค์ประกอบที่สำคัญของน้ำมัน จากผลการทดลองพบว่า สภาวะการสกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และความดัน 20 เมกะปาสกาล สามารถสกัดน้ำมันได้มากที่สุดถึงร้อยละ 19.4 หลังจากทำการสกัดได้ 3 ชั่วโมง และทำการสกัดด้วยวิธี Soxhlet เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของน้ำมันที่สกัดได้ ซึ่งสภาวะการสกัดด้วยวิธีนี้คือ อุณหภูมิ 69 องศาเซลเซียส และสกัดด้วยสารละลาย n-Hexane พบว่า สามารถสกัดน้ำมันได้ร้อยละ 18.3 ของปริมาณกากกาแฟ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าวิธีการสกัดที่ดีที่สุดและได้รับปริมาณน้ำมันกากกาแฟ (yield) มากที่สุดคือ การสกัดด้วยวิธี SC-CO₂ ในขณะที่ Barbosa *et al.* (2014) ได้ศึกษาเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพของการสกัดกากกาแฟด้วยวิธี SC-CO₂ โดยเน้นเฉพาะการเพิ่มปริมาณและคุณภาพของสารไดเทอร์พีนส์ในน้ำมันกากกาแฟ เช่น Kahweol, Cafestol และ 16-O-Methylcafestol มีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัย คือ อุณหภูมิ 40-70 องศาเซลเซียส ความดัน 14-19 เมกะปาสกาล และ การใช้ตัวทำละลายช่วยในการสกัด (cosolvent) คือ เอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0-5 จากผลการทดลองพบว่า สภาวะที่ดีที่สุดที่ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันกากกาแฟ (yield) มากที่สุดคือ สภาวะการสกัดที่ใช้อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ความดัน 19 เมกะปาสกาล และเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 5 ทำให้ได้น้ำมันกากกาแฟร้อยละ 11.97 ของปริมาณกากกาแฟ ส่วนปริมาณของไดเทอร์พีนส์ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธี SC-CO₂ พบว่า สภาวะการสกัดที่ดีที่สุดอยู่ที่สภาวะอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และความดัน 14 เมกะปาสกาล โดยไม่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายช่วยในการสกัด (cosolvent) มีปริมาณไดเทอร์พีนส์ในน้ำมันกากกาแฟคิดเป็นร้อยละ 0.10 แต่ที่สภาวะนี้สามารถสกัดน้ำมันกากกาแฟได้เพียงร้อยละ 4.61 ของปริมาณกากกาแฟเท่านั้น

นอกจาก 2 วิธีที่กล่าวมาข้างต้น ยังมีอีกวิธีหนึ่งที่น่าจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ การสกัดแบบต้มกลั่น (hydrodistillation) ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถสกัดน้ำมันที่เป็นสารประเภท ไฮโดรคาร์บอนและเทอร์พีน (Djilani and Dicko, 2012) โดยงานวิจัยของ Chun *et al.* (2015) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบน้ำมันหอมระเหยที่ได้จาก *Lonicera macranthoides* ที่ผ่านกระบวนการสกัดที่แตกต่างกัน คือ การสกัดแบบอัลตราซาวนด์ (ultrasound) การสกัดแบบไมโครเวฟ (microwave) การสกัดแบบซอกซ์เลต (soxhlet) การสกัดแบบต้มกลั่น (hydrodistillation) และการสกัดแบบหมักเย็น (cold maceration) ซึ่งพบว่า การสกัดแบบต้มกลั่น (hydrodistillation) เป็นวิธีการสกัดที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากวิธีนี้สามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยประเภท Volatile compounds สารประกอบอะโรมาติก (aromatic) และเทอร์พีน (terpene) ได้มากที่สุดถึงร้อยละ 99.98, 41.86 และ 15.70 ตามลำดับ ซึ่งการสกัดแบบต้มกลั่นนี้เป็นวิธีที่ใช้ต้นทุนต่ำ เนื่องจากใช้น้ำในการสกัด สารที่ได้ก็จะมีควมบริสุทธิ์และไม่เป็นมลพิษกับสิ่งแวดล้อม

2.8 ไอโซฟลาโวน (isoflavones)

เป็นสารอินทรีย์จำพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoids) พบได้ในพืชหลายชนิดโดยเฉพาะใน ถั่วเหลืองและอาหารที่ประกอบด้วยถั่วเหลือง เป็นสารที่มีโครงสร้างและบทบาทคล้ายเอสโตรเจน ซึ่งเป็นฮอร์โมนเพศหญิง ซึ่งมีผลในการลดอาการร้อนวูบวาบ เนื่องจากภาวะหมดประจำเดือน และมี

สมบัติในการช่วยป้องกันโรคมะเร็งบางชนิด โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคกระดูกพรุน (Murphy *et al.*, 2002; Messina, 1999) สารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองและถั่วเหลืองหมัก มีโครงสร้างทางเคมีหลายรูปแบบ โดยมีโครงสร้างหลักแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ โครงสร้างชนิดอะไกลโคโคน (aglycones) ได้แก่ ไดซีอีน (daidzein) เจนิสทีอีน (genistein) และไกลซิทีอีน (glycitein) เป็นต้น และโครงสร้างแบบกลูโคไซด์ (glucosides) เช่น ไดซิดิน (daidzin) เจนิสทิน (genistin) และไกลซิทิน (glycitin) เป็นต้น ดังภาพที่ 2.2

Aglycones			
	R_1	R_2	Compound
	H	H	Daidzein
	OH	H	Genistein
	H	OCH ₃	Glycitein
Glucosides			
	R_1	R_2	Compound
	H	H	Daidzin
	OH	H	Genistin
	H	OCH ₃	Glycitin
	H	H	COCH ₃
	OH	H	COCH ₃
	H	OCH ₃	COCH ₃
	H	H	COCH ₃ COOH
	OH	H	COCH ₃ COOH
	H	OCH ₃	COCH ₃ COOH

ภาพที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างของไอโซฟลาโวนชนิดต่างๆ (Shimoni, 2004)

ลักษณะโครงสร้างหลักของไอโซฟลาโวนประกอบไปด้วยวงแหวนเบนซีน 2 วง เชื่อมด้วยวงแหวนคาร์บอนชนิด Heterocyclic pyrane สำหรับเมตาบอไลซึมของไอโซฟลาโวน พบว่า ส่วนของ Glycosidic conjugates ซึ่งเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ดัดนั้น จะต้องถูกย่อยด้วยเอนไซม์เพื่อตัดส่วนที่เป็นกลุ่มของน้ำตาลออกไปด้วยเอนไซม์ Glucosidases ในขั้นตอนการดูดซึมไอโซฟลาโวนเข้าสู่ร่างกาย ไดซีอีน จะถูกเมตาบอไลต์ไปเป็น Isoflavones equol, Dihydrodaidzein และ O-Desmethylangolensin ส่วนเจนิสทีอีนจะถูกเมตาบอไลต์ไปเป็น Dihydrogenistein และ 6-hydroxy-O-desmethylangolensin เนื่องจากไอโซฟลาโวนมีลักษณะคล้ายกับเอสโตรเจน จึงสามารถจับกับ Estrogen receptors จึงเป็นที่รู้จักกันว่า ไฟโตเอสโตรเจน (phytoestrogen) (Sarkar and Li, 2003)

ปริมาณและชนิดของไอโซฟลาโวนในผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับตัววัตถุดิบของถั่วเหลือง กระบวนการผลิตการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยถั่วเหลืองที่มีความแตกต่างในแหล่งที่ปลูก พันธุ์ถั่วเหลืองและช่วงเวลาที่ทำกรเพาะปลูกจะส่งผลต่อปริมาณและชนิดของไอโซฟลาโวน (Hoeck *et al.*, 2000) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า โครงสร้างชนิดอะไกลโคโคน สามารถถูกดูดซึมผ่านทางระบบทางเดินอาหารในร่างกายได้อย่างรวดเร็ว (Setchelle, 2000) และจากการวิเคราะห์ปริมาณไอโซฟลาโวนในอาหารที่ผ่านกระบวนการหมัก พบว่า ไดซีอีน เจนิสทีอีน และไกลซิทีอีน ซึ่งมีโครงสร้างชนิดอะไกลโคโคน

มีปริมาณมากขึ้น จึงทำให้โครงสร้างชนิดนี้เป็นไอโซพลาไวน์ที่ได้รับความสนใจมากกว่าในโครงสร้างชนิดอื่นๆ

นอกจากนี้ ไอโซพลาไวน์กลูโคไซด์ เป็นชนิดที่พบได้ในเมล็ดถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการหมักโดยคิดเป็นร้อยละ 80-95 ของปริมาณไอโซพลาไวน์ทั้งหมด แต่เมื่อทำการหมัก พบว่า ปริมาณของกลูโคไซด์จะลดลง และเกิดไอโซเมอร์ชนิดอะไกลโคโคนเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่า ไดซินินและเจนิสทินเป็นไอโซเมอร์ที่พบในปริมาณที่สูง และเป็นสัดส่วนหลักของปริมาณอะไกลโคโคนทั้งหมด (Anderson and Wolf, 1995)

2.9 บทบาทของไอโซพลาไวน์ต่อสุขภาพ

มีงานวิจัยกล่าวว่าสารไอโซพลาไวน์สามารถช่วยลดความเสี่ยงโรคหัวใจเส้นเลือดสมองตีบ ลดความเสี่ยงมะเร็งเต้านมโดยการยับยั้งการทำงานของฮอร์โมนเอสโตรเจนในคน ป้องกันกระดูกพรุน โดยการกระตุ้นการสร้างกระดูกและยับยั้งการสลายของเนื้อกระดูกและลดอาการไม่พึงประสงค์ของหญิงวัยหมดประจำเดือน และลดความเสี่ยงมะเร็งต่อมลูกหมากในผู้ชายวัยสูงอายุ (Murphy *et al.*, 2002; Messina, 1999)

- การป้องกันโรคหัวใจ

หญิงวัยเจริญพันธุ์มีความเสี่ยงต่อโรคหัวใจน้อยกว่าผู้ชาย แต่หลังจากหมดประจำเดือนความเสี่ยงของทั้งสองเพศนั้นในอายุใกล้เคียงกันเท่าๆกัน (American Heart Association, 1997) การใช้ฮอร์โมนทดแทน (hormone replacement therapy; HRT) จะช่วยให้หญิงวัยสูงอายุควบคุมระดับแอลดีแอลคอเลสเตอรอลและลดความเสี่ยงโรคหลอดเลือดหัวใจได้ และมีงานวิจัยของ Anderson and Wolf (1995) สนับสนุนว่าการบริโภคโปรตีนถั่วเหลืองมีผลในการลดคอเลสเตอรอล และยังมีงานวิจัยอื่นพบว่า สารเจนิสทินในถั่วเหลืองเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพหัวใจ (Anthony *et al.*, 1996) ไอโซพลาไวน์มีฤทธิ์เป็นสารต้านออกซิเดชันจึงป้องกันหลอดเลือดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลดีแอลคอเลสเตอรอล จึงช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอล ขณะเดียวกันยังเพิ่มปริมาณเอชดีแอล (high density lipo protein; HDL) ซึ่งเป็นคอเลสเตอรอลตัวที่ดี สารไฟโตเอสโตรเจนในถั่วเหลืองยับยั้งปฏิกิริยาไฟโตออกซิเดชันของแอลดีแอลคอเลสเตอรอล ป้องกันการแข็งตัวของเลือดตามผนังหลอดเลือดซึ่งเป็นสาเหตุของโรคหัวใจ นอกจากนี้สารสำคัญในถั่วเหลืองยังช่วยในการทำให้หลอดเลือดยืดหยุ่นด้วย

- ช่วยควบคุมระบบฮอร์โมนในหญิงวัยหมดประจำเดือน

ในช่วงก่อนหมดประจำเดือนผู้หญิงจะมีระดับเอสโตรเจนในเลือดแปรปรวน ซึ่งนอกจากจะเพิ่มความเสี่ยงโรคหัวใจและกระดูกพรุนในผู้หญิง (American Heart Association, 1997) แล้วยังทำให้เกิดอาการวัยทอง เช่น ร้อนวูบวาบ เหงื่อออกกลางคืน นอนไม่หลับ ปวดศีรษะ หรือช่องคลอดแห้ง สารไฟโตเอสโตรเจนในถั่วเหลืองในรูปไอโซพลาไวน์คือ เจนิสทินและไดซินินมีฤทธิ์เป็นเอสโตรเจนอ่อนๆ ต่อสัตว์และมนุษย์ (Knight *et al.*, 1996) จึงเป็นที่สนใจต่อนักวิจัยในการมองหาทางเลือกที่จะช่วยลดปัญหาสุขภาพในหญิงวัยหมดประจำเดือน มีงานวิจัยกล่าวว่า การบริโภคไอโซพลาไวน์จากถั่วเหลืองในหญิงก่อนหมดประจำเดือน ช่วยชะลอการมีประจำเดือนและมีผลด้าน

ฤทธิ์เอสโตรเจน การวิจัยเปรียบเทียบในหญิงวัยทองพบว่าไอโซฟลาโวนในอาหารสามารถเป็นตัวเสริม และต่อต้านฤทธิ์ของเอสโตรเจนได้อย่างอ่อนๆ ขึ้นอยู่กับปริมาณตัวรับเอสโตรเจนในเซลล์

Dalais *et al.* (1998) ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ไฟโตเอสโตรเจนจากจมูกถั่วเหลืองโดยแบ่งกลุ่ม ผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนที่มีอาการร้อนวูบวาบ (hot flushes) เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกให้ได้รับ จมูกถั่วเหลือง และอีกกลุ่มไม่ได้รับจมูกถั่วเหลือง (กลุ่มควบคุม) พบว่า กลุ่มที่ได้รับจมูกถั่วเหลืองมี อาการร้อนวูบวาบหายไปร้อยละ 44 แต่ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีอาการร้อนวูบวาบ หายไปแค่ร้อยละ 10 เท่านั้น สอดคล้องกับ Han *et al.* (2002) รายงานว่าผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนที่ได้รับ ไอโซฟลาโวนชนิดแคปซูลปริมาณ 100 มิลลิกรัม ประจำทุกวัน มีอาการร้อนวูบวาบลดลงภายในเวลา 4 เดือน

- โรคกระดูกพรุน

ภาวะกระดูกพรุนพบมากในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน หญิงวัยหมดประจำเดือนที่อายุ 50 ปี ขึ้นไปมีความเสี่ยงต่อโรคกระดูกพรุน เนื่องจากขาดฮอร์โมนเอสโตรเจน ทำให้เนื้อกระดูกลดลงอย่างรวดเร็ว และลดลงเรื่อยๆ ตามอายุ ผู้หญิงบางคนที่มีประจำเดือนหมดเร็วกว่าปกติ อาจจะสูญเสีย เนื้อกระดูกเร็วขึ้นประมาณร้อยละ 1-3 ต่อปี โดยเฉพาะในช่วงปีแรกของการหมดประจำเดือน และ เมื่ออายุมากขึ้นปริมาณการสูญเสียเนื้อกระดูกเท่ากับร้อยละ 0.7-1.0 ต่อปี การใช้ฮอร์โมนเอสโตรเจน เป็นวิธีที่ดีที่ส่งผลในการป้องกันการสูญเสียเนื้อกระดูกซึ่งทำให้เกิด กระดูกพรุนในหญิง และป้องกัน กระดูกสันหลังหัก รวมทั้งในหญิงหลังหมดประจำเดือน จะช่วยลดการสูญเสียเนื้อกระดูกประมาณ ร้อยละ 50 ไอโซฟลาโวนชนิดไดซีอิน มีฤทธิ์คล้ายยาที่ใช้ในการรักษาโรคกระดูกพรุนในหญิงหลังหมด ประจำเดือนคือ Ipriflavones ซึ่งจะถูกเมตาบอไลซ์ไปเป็นไดซีอิน ในร่างกาย และ ไดซีอิน มีผลช่วย ยับยั้งการสลายของเนื้อกระดูกพรุน

- การป้องกันมะเร็ง

การศึกษาในประชากรชาวเอเชียซึ่งมีการบริโภคผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองมากกว่าชาวตะวันตก พบว่าหญิงเอเชียเป็นโรคมะเร็งเต้านมน้อยกว่าหญิงชาวตะวันตกถึง 5 เท่า ในทำนองเดียวกันพบว่า ชายชาวเอเชียเป็นมะเร็งในต่อมลูกหมากน้อยกว่าชาวตะวันตก 20 เท่า นักวิจัยเชื่อว่าไอโซฟลาโวน ในถั่วเหลืองอาจจะลดอัตราเสี่ยงการเกิดมะเร็งในต่อมลูกหมาก โดยการแทรกแซงการทำงานของ ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (testosterone) ในชาย หรืออาจจะยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งโดยการ ลดปริมาณการผลิตฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Messina (2007) ได้ศึกษาว่า การบริโภคถั่วเหลืองช่วยลดความเสี่ยงในการเป็นมะเร็งต่อมไทรอยด์

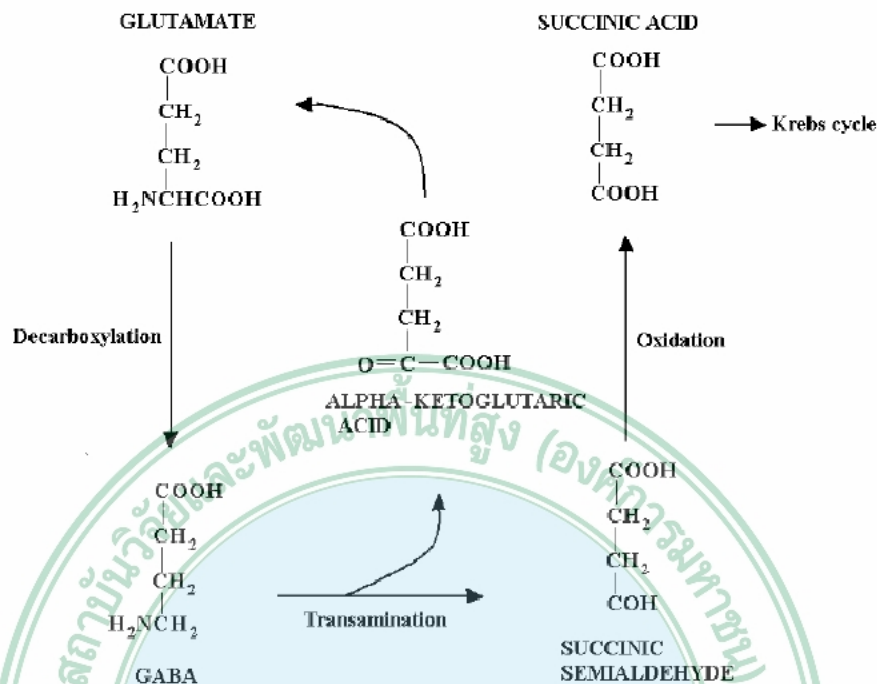
มีการศึกษาถึงความปลอดภัยในการบริโภคไอโซฟลาโวน จะเห็นได้จากผลการทดลองใน ผู้หญิงที่อยู่ในช่วงวัยเจริญพันธุ์ 28 คน ที่ได้รับไอโซฟลาโวนชนิดอะไกลโคน ที่ความเข้มข้น 45 มิลลิกรัมต่อวัน เป็นเวลา 14 วันติดต่อกัน โดยการรับประทานโปรตีนถั่วเหลืองไม่พบว่ามีผลข้างเคียง อย่างมีนัยสำคัญ (Hargreaves *et al.*, 1999) นอกจากนี้พบว่าในผู้ที่หายจากการป่วยด้วยโรคมะเร็ง เต้านมจำนวน 177 คน ที่มีการบริโภคไอโซฟลาโวนจากถั่วเหลืองชนิดเม็ดที่มีความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อวัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ไม่มีผลข้างเคียงต่อการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อและ เนื้อเยื่อบริเวณต่อมน้ำนมแต่อย่างใด (Quella *et al.*, 2000) และยังมีการศึกษาของ Takehito *et al.* (2002) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตไอโซฟลาโวนชนิดอะไกลโคนจากสารสกัดที่ได้จาก

ผลิตภัณฑ์ถั่วหมักพื้นบ้านเพื่อต่อต้านการสร้างหลอดเลือดฝอยในถุงน้ำคร่ำ พบว่า เมื่อใช้เจนิสทีนร่วมกับโพลีแซ็กคาไรด์ จะมีฤทธิ์ต่อต้านการสร้างหลอดเลือดฝอยได้ดีกว่าการใช้สารสกัดจากถั่วเพียงอย่างเดียวจากการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการรับประทานผลิตภัณฑ์ที่มีไอโซฟลาโวนจึงมีประโยชน์และปลอดภัยต่อผู้บริโภค นอกจากนี้การบริโภคผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองชนิดที่เป็นอะไกลโคนจะเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดอุดตัน และยังช่วยให้กระดูกแข็งแรงในผู้สูงอายุ อย่างไรก็ตามปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานปริมาณการบริโภค (dietary reference intakes; DRI) แต่จากการวิจัยของ Setchel and Cassidy (1999) ได้แนะนำว่าควรบริโภคไอโซฟลาโวน 20-50 มิลลิกรัมต่อวัน

2.10 กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกหรือกาบา (gamma amino butyric acid, GABA)

กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก (gamma-aminobutyric acid, GABA) เป็นกรดอะมิโนชนิด Non protein โดยมีสูตรโมเลกุลคือ $C_4H_9NO_2$ มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิเท่ากับ 203.7 องศาเซลเซียส กรดนี้จะมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท (neurotransmitter) ในระบบประสาทส่วนกลาง นอกจากนี้ ยังถือเป็นสารสื่อประสาทประเภทสารยับยั้ง (inhibitor) โดยทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้น ส่งผลช่วยลด ความดันโลหิต ช่วยคลายอาการตึงเครียด โรคซึมเศร้า ซึ่งช่วยให้สมองเกิดการผ่อนคลายและนอนหลับสบาย (Krnjevic, 1974; Okada *et al.*, 2000) อีกทั้งยังทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นต่อมไร้ท่อ (anterior pituitary) ซึ่งทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโต (HGH) ทำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อ ทำให้กล้ามเนื้อเกิดความกระชับ และเกิดสารไลโป-โทรปิก (lipotropic) ซึ่งเป็นสารป้องกันการสะสมไขมัน นอกจากนี้ยังสามารถบรรเทาโรคที่เกิดจากความบกพร่องของระบบประสาท เช่น โรคพาร์กินสัน อาการลมชักได้ (Cohen *et al.*, 2002 ; Wong *et al.*, 2003) ด้วยคุณประโยชน์ดังกล่าวทำให้ได้รับความสนใจในหลายสาขาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ทั้งด้านการแพทย์และทางอุตสาหกรรม กรดชนิดนี้พบได้ในธัญพืช ผัก ผลไม้ และอาหารหมักหลายชนิด เช่น ข้าว ถั่วเหลือง ถั่วเลนทิว ชาเขียว ผลแบล็คราสเบอร์รี่ เปียร์ เทมเป้ เป็นต้น (Kuo *et al.*, 2004)

กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกหรือสารกาบา (GABA) เป็นกรดอะมิโนที่เกิดจากกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชันของกลูตาเมต โดยเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลส (glutamate decarboxylase; GAD, EC 4.1.1.15) จะเปลี่ยนกลูตาเมตเป็นกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การสังเคราะห์กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกจะเกิดขึ้นภายในไซโตพลาสซึมของเซลล์โดยวัฏจักรเครบส์ของเซลล์ ดังภาพที่ 2.3 (Bown and Shelp, 1997)



ภาพที่ 2.3 การสังเคราะห์ GABA จากกลูตาเมต

จากภาพที่ 2.3 จะเห็นว่าการผลิตกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกนั้นจำเป็นต้องมีสารตั้งต้นคือ กลูตาเมต และเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลสจึงจะผลิตกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกได้ โดยปกติ การเปลี่ยนแปลงจะเป็นสัดส่วน 1 ต่อ 1 คือ กลูตาเมต 1 โมเลกุลจะเปลี่ยนเป็นกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก 1 โมเลกุล

2.11 แหล่งกรดกลูตามิกหรือกลูตาเมตจากวัตถุดิบธรรมชาติ

กรดกลูตามิก (glutamic acid) หรือเมื่ออยู่ในรูปเกลือจะเรียกว่า กลูตาเมต (glutamate) จัดเป็นกรดอะมิโนชนิดที่ไม่จำเป็น ร่างกายสามารถสังเคราะห์เองได้ กรดกลูตามิกเป็นกรดอะมิโนชนิดที่พบมากที่สุดในโปรตีนตามธรรมชาติจะอยู่ทั้งในรูปโปรตีนในอาหารและกลูตาเมตอิสระ เช่น หอมหัวใหญ่ หัวผักกาด สาหร่ายทะเล ข้าวและถั่วเหลือง เป็นต้น สำหรับการนำกรดกลูตามิกหรือกลูตาเมตมาประยุกต์ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกนั้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงจะเป็นสัดส่วน 1 ต่อ 1 ดังนั้นข้อพิจารณาสำคัญจึงขึ้นอยู่กับปริมาณกรดกลูตามิกในวัตถุดิบที่นำมาใช้

2.12 แหล่งเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลสจากเชื้อแบคทีเรียแลคติก

เชื้อจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์สามารถผลิตเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลสได้ เช่น *Escherichia coli*, *Aspergillus oryzae* และเชื้อแบคทีเรียแลคติกในกลุ่ม *Lactobacillus* และ *Lactococcus* เป็นต้น (Rice et al., 1993; Kato et al., 2002; Bertoldi et al., 1999) โดยเฉพาะ

เชื้อจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียแลคติกที่แยกจากอาหารหมักพื้นบ้านมีประสิทธิภาพในการผลิตกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกได้สูง เช่น *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus lactis* subs. *Lactis*, *Lactobacillus bravis*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* เป็นต้น (Komatsuzaki *et al.*, 2005; Imure *et al.*, 2009; Tsai *et al.*, 2006; Lu *et al.*, 2008, Kim *et al.*, 2009)

2.13 คาเทชิน (catechin)

คาเทชินเป็นฟลาโวนอยด์ที่พบมากในยอดใบชาสด และ ชาเขียว เป็นกลุ่มฟลาโวนอลหรือฟลาโวน-3-อล (flavanols หรือ flavan-3-ols) ฟลาโวนอลในชาที่มีชื่อเรียกเฉพาะว่า คาเทชิน มีประมาณร้อยละ 75 ของโพลีฟีนอลทั้งหมด คาเทชินเป็นสารไม่มีสี ละลายน้ำได้ดี ให้รสชาติฝาด คาเทชินที่พบมากในยอด ใบชาสดและชาเขียวได้แก่ (-)-Epigallocatechin-gallate (EGCG), (-)-Epigallocatechin (EGC), (-)-Epicatechin-gallate (ECG) และ (-)-Epicatechin (EC) โดยคาเทชินเหล่านี้มีอยู่ประมาณร้อยละ 90 ของคาเทชินทั้งหมด กลุ่มของคาเทชินที่พบในปริมาณน้อยลงมา ได้แก่ (+)-Gallocatechin (GC), (+)-Catechin (C) (-)-gallocatechin gallate (GCG) และ (-)-Catechin gallate (CG) (Balentine *et al.*, 1997) คาเทชินเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีสมบัติในการต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (Yuan *et al.*, 2011) ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและ โรคหลอดเลือด (Hirano *et al.*, 2002) ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของโรคเบาหวาน และช่วยลดความอ้วน (Rains *et al.*, 2011) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การบริโภคชาเพื่อให้ได้ประโยชน์ต่อสุขภาพนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณคาเทชิน รวมทั้งปริมาณสารออกฤทธิ์หรือชีวประสิทธิผล (bioavailability) (Mukhtar and Ahmad, 2000) จากการศึกษา Erba *et al.* (2005) พบว่า การดื่มชาเขียวมีส่วนช่วยลดสภาวะ Oxidative stress และเป็นการป้องกันการเกิดออกซิเดชันในคน เนื่องจากคาเทชินในชามีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ (reactive oxygen species: ROS) จากพวก Superoxide radical, Singlet oxygen, Hydroxyl radical, Peroxyl radical, Nitric oxide, Nitrogen dioxide และ Peroxy nitrite ซึ่งจะช่วยลดการถูกทำลายใน เนื้อเยื่อไขมัน โปรตีน และกรดนิวคลีอิกในเซลล์

- การเกิดอีพิเมอร์ไรเซชันและการสลายตัวของคาเทชิน

คาเทชินมีการจัดเรียงสเตอริโอเคมี (stereochemistry) ใน 2 ลักษณะคือ Epi-form และ Nonepi-form โดยคาเทชินที่มีโครงสร้างแบบ Epi-form มีการจัดเรียงสเตอริโอเคมีที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 และ 3 ของวง C แบบ 2, 3-*cis* (2R, 3R) ได้แก่ EC, ECG, EGC และ EGCG ส่วนคาเทชินที่มีโครงสร้างแบบ Nonepi-form มีการจัดเรียงสเตอริโอเคมีคอล ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 และ 3 ของวง C แบบ 2, 3-*trans* (2S, 3R) ได้แก่ C, CG, GC และ GCG โดยปกติคาเทชินในชาเขียวส่วนใหญ่มีโครงสร้างเป็นแบบ Epi-form เช่น EC, EGCG, ECG และ EGC (Wang *et al.*, 2008) คาเทชินเหล่านี้สามารถเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นคู่ Nonepi-form C, GCG, CG และ GC ตามลำดับ การเปลี่ยนเป็นคู่ระหว่าง Epi-form และ Nonepi-form นี้เรียกว่า เกิดอีพิเมอร์ไรเซชัน ความร้อนในการแปรรูปชาและการแช่ชาทำให้คาเทชิน ในกลุ่ม Epi-form เกิดอีพิเมอร์ไรเซชันเป็น Nonepi-form (Seto *et al.*, 1997; Wang and Helliwell, 2000) และเกิดการสลายตัวของหมู่ฟังก์ชันในโมเลกุล

มีรายงานวิจัยว่า คาเทชินเกิดอีพิเมอร์ไรเซชันในระหว่างการผลิต การชง การแปรรูป และระหว่างการเก็บรักษา (Zhu *et al.*, 1997; Chen *et al.*, 2001)

- ปัจจัยที่ส่งผลต่อความคงตัวของคาเทชิน

1. ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความคงตัวของคาเทชินในระหว่างการผลิตชาเขียวและเครื่องดื่มชาเขียว โดยคาเทชินมีความคงตัวเมื่ออยู่ในสภาวะความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.0 และไม่คงตัวเมื่อความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 6.0 นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิสูงในการแปรรูปเร่งให้เกิดอีพิเมอร์ไรเซชันและการสลายตัวของคาเทชิน (Komatsu *et al.*, 1993; Chen *et al.*, 2001; Kumamoto *et al.*, 2001; Su *et al.*, 2003; อีรพงษ์, 2550) ซึ่งความร้อนทำให้คาเทชินเกิดอีพิเมอร์ไรเซชันที่ตำแหน่ง C-2 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจาก Epi-form เป็น Nonepi-form ส่งผลให้ EC, EGC, EGCG, ECG ลดลง และคาเทชินที่เป็นคู่อิพิเมอร์กันมีปริมาณสูงขึ้น (Chen *et al.*, 2001) นอกจากนี้เวลาในการเก็บรักษาที่ยาวนานยังส่งผลสำคัญต่อการเกิดอีพิเมอร์ไรเซชันของคาเทชิน (Wang and Helliwell, 2000)

2. ออกซิเจนและไอออนของโลหะหนัก ความเข้มข้นของออกซิเจนและไอออนของโลหะหนักส่งผลต่อความคงตัวของคาเทชิน อัตราการเกิดออกซิเดชันของคาเทชินจะเพิ่มสูงขึ้นในสภาวะที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนสูง พบว่า ภายใต้สภาวะออกซิเจนต่ำที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง 7.4 EGCG มีความคงตัวสูง โดยพบว่า มีการสลายตัวเพียงร้อยละ 5 ภายในเวลา 6 ชั่วโมง (Sang *et al.*, 2005) หากทิ้งให้อยู่ในสภาวะปกติจะมีการสลายถึงร้อยละ 90 ภายในเวลา 2 ชั่วโมง ไอออนของโลหะหนักสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับคาเทชินได้ พบว่า Cu^{2+} และ Mn^{2+} ทำให้ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น โดย Cu^{2+} และ Mn^{2+} ทำปฏิกิริยากับ Gallate group ของ EGCG และ ECG ช่วยเพิ่มความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ ในขณะที่ Fe^{2+} ทำให้ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระลดลง (Kumamoto *et al.*, 2001)

2.14 กะลากาแฟ (coffee parchment)

กะลากาแฟหรือเปลือกเมล็ดกาแฟเป็นผนังผลชั้นในหรือเปลือกชั้นใน (endocarp) ที่หุ้มเมล็ดกาแฟ ในเชอร์รีกาแฟ 1 เมล็ด ประกอบด้วยเมล็ดกาแฟ (coffee bean) ร้อยละ 50 และกะลากาแฟ (coffee parchment) ร้อยละ 1.2 (Janissen and Huynh, 2018) ปัจจุบันมีแนวโน้มการบริโภคกาแฟเพิ่มสูงขึ้นในทุกๆ ปีส่งผลให้มีการใช้เมล็ดกาแฟเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ปริมาณของเปลือกเมล็ดกาแฟที่ได้จากการสีทิ้งจากกระบวนการผลิตมีมากขึ้นด้วย ซึ่งหากปล่อยทิ้งไว้จะกลายเป็นปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและสูญเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัด เนื่องจากสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบในกาแฟมีอยู่เป็นจำนวนมาก ในเปลือกเมล็ดกาแฟประกอบด้วยเซลลูโลส ร้อยละ 40-49 เฮมิเซลลูโลส ร้อยละ 25-30 ลิกนิน ร้อยละ 33-35 และเถ้า ร้อยละ 0.5-1 (Bekalo and Reinhardt, 2010)

โดยทั่วไปเปลือกเมล็ดกาแฟจะถูกนำมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่าและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีที่หลากหลาย เช่น การนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด และการนำไปผลิตเป็นแก๊สชีวภาพ เป็นต้น (Battista *et al.*, 2016) นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมอาหารยังได้มีการนำเปลือก

เมล็ดกาแฟมาใช้ในการสกัดสารเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และคาเฟอีน เพื่อประยุกต์ใช้เป็นสารเสริมในอาหารอีกด้วย

