# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## ระบบวนเกษตร

วนเกษตรเป็นระบบเกษตรกรรมที่นำเอาหลักการความสมดุล หลากหลายและยั่งยืนของระบบป่าธรรมชาติมาเป็นแนวทางในการทำการเกษตรมีการปลูกพืชผสมผสานในพื้นที่เดียวจนมีความหลากหลายทางชีวภาพใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุด ให้ความสำคัญเป็นอย่างสูงกับการปลูกไม้ยืนต้น ไม้ผล และไม้ใช้สอยต่าง ๆ ให้เป็นองค์ประกอบหลักของไร่นา ผสมผสานกับการปลูกพืชชั้นล่างที่ไม่ต้องการแสงแดดมาก หรือได้อาศัยร่มเงา และความชื้นจากการที่มีพืชชั้นบนขึ้นปกคลุม รวมทั้งการจัดองค์ประกอบการผลิตทางการเกษตรให้มีความหลากหลายชนิดของพืชและสัตว์ วนเกษตรไม่ใช่เทคโนโลยีทางการเกษตรแบบใหม่ แต่เป็นภูมิปัญญาทางด้านการเกษตรที่บรรพบุรุษของคนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้หลายชุมชนที่อยู่ใกล้ชิดกับพื้นที่ป่าเรียนรู้จากธรรมชาติและนำมาปฏิบัติมายาวนาน เกษตรกรจะทำการเกษตรโดยไม่ให้กระทบต่อพื้นที่ป่าเดิม เช่น ไม่โค่นไม้ป่า หรือ การนำผลผลิตมาจากป่ามาใช้ประโยชน์โดยไม่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ ทั้งนี้การทำวนเกษตรจะมีลักษณะแตกต่างหรือผันแปรไปตามลักษณะภูมิศาสตร์ รวมถึงทัศนคติ ความเชื่อ วัฒนธรรมประเพณีและความรู้ ความสามารถในการจัดการของแต่ละท้องถิ่นเอง เช่น ชาวพื้นเมืองอิฟูเกา (Ifugao) ประเทศฟิลิปปินส์ ปลูกข้าวบนนาขั้นบันไดมากว่า 2,000 ปีแล้ว ด้วยการสกัดไหล่เขาให้เป็นชั้น ๆ ลดหลั่นลงมาเป็นขั้นบันได บนยอดเขาและพื้นที่วงแหวนขั้นบันไดมีการปลูกป่าที่เรียกว่ามูยอง (Muyong) ในนาเหล่านี้ปราศจากพันธ์ข้าวจีเอ็มโอ มีเพียงความหลากหลายทางชีวภาพ ดังจะเห็นได้จากมีพันธ์พืชขึ้นผสมผสานถึง 171 ชนิด ซึ่งในจำนวนนี้เป็นพืชใช้สอยถึง 112 ชนิด พืชตระกูลหวาย 10 ชนิด สมุนไพร 45 ชนิด และสมุนไพรไล่ศัตรูพืช 20 ชนิด เป็นที่น่ายินดีที่ลูกหลานชาวนาอิฟูเกาในปัจจุบันก็ยังคงยึดอาชีพทำนาเช่นเดียวกับบรรพบุรุษของพวกเขา กำเนิดของระบบวนเกษตรสมัยใหม่ คือ ระบบตองยา (Taungya) วิธีนี้เริ่มในครั้งแรกในประเทศเมียนมาร์ในปี พ.ศ. 2399 ก่อนจะแพร่หลายไปทั่วโลกในปัจจุบัน เป็นระบบที่เกษตรกรซึ่งได้รับการจัดสรรพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นชั่วคราวจากรัฐ จะปลูกพืชอาหารชนิดอื่นแทรกระหว่างที่ไม้ยืนต้นที่ยังเล็กพุ่มใบไม่ปกคลุมเต็มพื้นที่ในช่วงระยะเวลาหนึ่งเมื่อเก็บเกี่ยวแล้วเกษตรกรจะทิ้งให้พื้นดินฟื้นความอุดมสมบูรณ์ จากนั้นจะมีการปลูกหมุนเวียนไปเพาะปลูกยังแปลงถัดไป แล้วจะหมุนเวียนกลับมาใช้ประโยชน์ในพื้นที่เดิมอีกครั้งหนึ่ง ทำให้เกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวพืชอาหารและไม้ใช้สอยได้อย่างต่อเนื่องและรักษาความหลากหลายทางชีวภาพได้ในขณะเดียวกัน แต่เป็นที่น่าเสียดายที่ผลจากยุคปฏิวัติเขียวเมื่อประมาณห้าสิบปีที่แล้ว ทำให้วนเกษตรในหลายพื้นที่ของอาเซียนถูกมองว่าไม่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ การปลูกไม้ยืนต้นในระบบทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดต่ำลงเนื่องจากสูญเสียพื้นที่ในการเพาะปลูกและยุ่งยากในการจัดการ ด้วยมุมมองเช่นนี้จึงมีการเปลี่ยนแปลงระบบวนเกษตรเป็นเกษตรเชิงเดี่ยว กล่าวคือมีการปลูกพืชเพียงชนิดเดียวในแปลงเกษตรกว้างใหญ่ ใช้สารเคมีทางการเกษตรอย่างเข้มข้น นอกจากนี้ระบบเกษตรเชิงเดี่ยวยังเป็นการสร้างแรงกดดันต่อพื้นที่กันชนในเขตรอยต่อของป่าธรรมชาติ เนื่องจากมีความต้องการพื้นที่การเกษตรขนาดใหญ่ ผลักดันให้เกษตรกรบุกเบิกขยายพื้นที่เข้าไปในเขตป่าธรรมชาติมากขึ้น เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและความเสื่อมโทรมของทรัพยากรป่าไม้ ทรัพยากรดินและน้ำตามมา นำไปสู่การสูญเสียสมดุลของระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพในที่สุด ดังนั้นวนเกษตรถือเป็นทางออกที่ประนีประนอมระหว่างการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพกับความต้องการที่ดินเพื่อการเกษตรและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่กันชนป่าธรมชาติ เพื่อป้องกันป่าต้นน้ำลำธารให้รอดพ้นจากไฟป่า การขยายตัวของ

ความแห้งแล้งและทะเลทรายหรือความเค็มของพื้นดิน การทำไร่เลื่อนลอย เป็นต้น เนื่องจากเกษตรกรในระบบวนเกษตรหากพบเห็นการทำลายบุกรุกทำลายป่าต้นน้ำ หรือเกิดไฟป่า จะช่วยกันยับยั้งทันที ทั้งนี้เพราะภัยพิบัติที่เกิดขึ้นส่งผลโดยตรงต่อชุมชน เช่น การขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง การพังของดินที่ลงมาทับถมหมู่บ้าน การเกิดน้ำท่วมฉับพลันในฤดูฝน ซึ่งเป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินของพวกเขาเอง อย่างไรก็ตามวนเกษตรหรือระบบเกษตรกรรมยั่งยืนในรูปแบบต่างๆ ในอาเซียนยังคงถือเป็นเกษตรกรรมทางเลือกที่มีสัดส่วนน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับเกษตรพาณิชย์กระแสหลัก อาเซียนต้องมีความเชื่อมั่นว่าวนเกษตรเป็นหนทางไปสู่การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ป่าฝนเขตร้อนของอาเซียนที่เหลือน้อยลงทุกขณะ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรและความต้องการพื้นที่ดินทำการเกษตรเชิงเดี่ยวสมัยใหม่ ดังนั้นอาเซียนจำเป็นต้องการกำหนดยุทธศาสตร์และดำเนินนโยบายวนเกษตรอย่างเป็นรูปธรรม มิได้เป็นเพียงแนวทางกว้างๆ เท่านั้น แต่ต้องมีการออกกฎหมายและระเบียบปฏิบัติ โดยประเทศสมาชิกอาเซียนทั้ง 10 ประเทศนำไปบังคับใช้เป็นหนึ่งเดียวกันทั้งภูมิภาค รวมทั้งมีการวางโครงสร้างการผลิตเกษตรกรรมยั่งยืนที่สอดรับกับความต้องการของตลาดเพื่อให้มีกลไกตลาดสมบูรณ์แบบและความสามารถในการเจริญเติบโตอย่างยั่งยืน

มีแนวคิดหลายแนวเกี่ยวกับวนเกษตรในความหมายต่างๆ มีผู้คนมากมายที่ได้ทำการศึกษาวิจัยและสนับสนุนแนวคิดเกี่ยวกับระบบวนเกษตร มาตั้งแต่พ.ศ.2513 ถึงปี พ.ศ. 2523 เพื่อที่จะให้คำจำกัดความที่ชัดเจนและเป็นที่ยอมรับมากที่สุดจนในที่สุดก็ได้มีการประกาศและมีบทความการศึกษาต่างๆออกเผยแพร่สู่สาธารณะชน กล่าวคือ วนเกษตร หมายถึง ระบบการใช้ที่ดินร่วมกับเทคโนโลยีที่มุ่งประสานการจัดการไม้ยืนต้น ได้แก่ ต้นไม้ใหญ่ ไม้พุ่ม ไม้ไผ่ ไม้ตระกูลปาล์ม เช่น มะพร้าว ตาล และอื่นๆ ให้อยู่รวมในหน่วยของการจัดการอันเดียวกันกับพืชผลและสัตว์เลี้ยงในระยะเวลาเดียวกันหรือปฏิบัติหมุนเวียนกันไปในพื้นที่เดียวกัน องค์ประกอบต่างๆในระบบวนเกษตรนั้นจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันทั้งทางด้านสภาพแวดล้อมเศรษฐกิจและสังคม

นอกจากนี้ Nair (1984) ได้อธิบายว่า วนเกษตร คือ การใช้ที่ดินซึ่งมีเจตนาที่จะรักษา ชี้นำ หรือผสมผสานต้นไม้หรือพืชให้เนื้อไม้ที่มีอายุมากในพื้นที่ที่มีการผลิตพืชผลหรือสัตว์เลี้ยงเพื่อประโยชน์จากความสัมพันธ์ร่วมทางนิเวศวิทยาและในทางเศรษฐกิจ King (1987) อธิบายว่า วนเกษตรคือ ระบบการจัดการที่ดินแบบถาวรซึ่งช่วยเพิ่มผลผลิตรวมของที่ดินจากการปลูกพืชผลและไม้ป่าและหรือสัตว์เลี้ยงไปพร้อมกันหรือเป็นลำดับต่อเนื่องกันไปในหน่อยพื้นที่ดินเดียวกันและประยุกต์วิธีปฏิบัติในทางจัดการให้เข้ากันได้กับวิธีปฏิบัติในการเพาะปลูกของประชาชนในชนบท เป็นต้น

## กาแฟ

กาแฟเป็นไม้พุ่มยืนต้นขนาดปานกลาง สูงประมาณ 3–4 เมตร ใบสีเขียวแตกออกจากข้อเป็นคู่ๆ ดอกออกตามข้อของกิ่ง มีสีขาวบริสุทธิ์ กลิ่นหอม ต้นกาแฟเริ่มออกดอกในเดือนตุลาคม – กุมภาพันธ์ ระยะเวลาตั้งแต่การออกดอกถึงการเก็บเกี่ยวใช้เวลาประมาณ 8–12 เดือน หลังจากปลูกกาแฟได้ 2–3 ปี กาแฟจะเริ่มออกดอกและติดผล ผลของกาแฟเรียกว่า Coffee Cherry มีลักษณะค่อนข้างกลม ขณะที่ผลอ่อนมีสีเขียวและเมื่อผลแก่จัดจะมีสีแดง ในแต่ละข้อของกิ่งกาแฟติดผลประมาณ 10–60 ผล แต่ละผลมีเมล็ดกาแฟอยู่ 2 เมล็ด โดยส่วนแบนของเมล็ดประกบติดกัน เมื่อเก็บผลเชอรี่แล้วจึงเข้าสู่ขั้นตอนการลอกเปลือกเพื่อให้ได้เมล็ดกาแฟ ซึ่งมี 2 กรรมวิธีคือ (พิจัยสุข, 2555)

– กรรมวิธีตากแห้ง (Dry Method) คือการนำผลเชอรี่มาตากแห้ง ใช้เวลาประมาณ 15 วัน จากนั้นจึงทำการกะเทาะเปลือกออกอีกครั้งหนึ่ง

– กรรมวิธีแช่น้ำ (Wet Method) คือการนำผลเชอรี่แช่ในน้ำ เสร็จแล้วนำเข้าเครื่องกะเทาะเปลือก จากนั้นนำมาตากแห้งหรือเข้าเครื่องอบ วิธีนี้ใช้เวลาน้อยกว่าวิธีตากแห้ง

แม้สายพันธุ์ของกาแฟมีอยู่มากกว่า 6,000 สายพันธุ์ทั่วโลก แต่ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือ อาราบิก้า (Arabica Coffee) และโรบัสต้า (Robusta Coffee) (ภาพที่ 2.1) โดยการปลูกกาแฟ 2 สายพันธุ์นี้ จะต้องมีปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในประเทศไทย การปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้านิยมปลูกทางภาคเหนือ เพาะปลูกมากแถบจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน และตาก ซึ่งเป็นพื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลและอากาศเย็น ส่วนโรบัสต้านิยมปลูกทางภาคใต้ ซึ่งเพาะปลูกมากแถบจังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ และนครศรีธรรมราช

คุณสมบัติของเมล็ดกาแฟ

1) เมล็ดกาแฟมีคุณสมบัติดูดกลิ่นได้ดีมาก ถ้าเก็บรักษาไม่ดี เอามาชงจะได้กลิ่นอะไรหลายอย่างปนมามากมาย

2) มีกลิ่นเฉพาะตัว กลิ่นกาแฟนั้นหอมแรง ชวนให้คนหลงใหลกันถ้วนหน้า

3) มีสารคาเฟอีนและสารกระตุ้นการทำงานของหัวใจ ให้ร่างกายตื่นตัวและเลือดสูบฉีด เราดื่มแล้วถึงรู้สึกสดใสและกระปรี้กระเปร่านั่นเอง

4) มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนๆ มีธาตุอาหารอยู่มากมาย

5) มีสีน้ำตาลธรรมชาติ สวยงาม

**ภาพที่ 2.1** ลักษณะของเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้าและโรบัสต้า

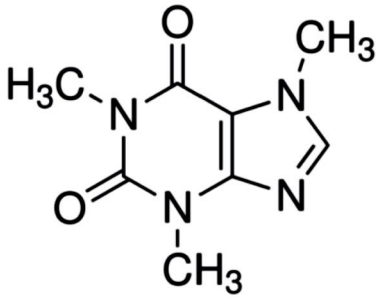
## สารสำคัญในเมล็ดกาแฟ

เมล็ดกาแฟมีสารสำคัญหรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด สารสำคัญที่มีผลต่อสุขภาพและพบมากในเมล็ดกาแฟ ได้แก่ คาเฟอีน (Caffeine) และกรดคลอโรจีนิก (Chlorogenic Acid) นอกจากนี้เมล็ดกาแฟยังประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ น้ำตาล กรดไขมัน และสารระเหยให้กลิ่น (Aromatic Compounds) (ตารางที่ 2.1) โดยสารเหล่านี้จะมากน้อยแตกต่างกันไปในแต่ละสายพันธุ์ และมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อผ่านกระบวนการคั่วหรือผ่านความร้อน (Nuhu, 2014)

**ตารางที่ 2.1** สารสำคัญในเมล็ดกาแฟ

| กลุ่มสาร | ชื่อสาร |
|---|---|
| Phenolic Compounds | Chlorogenic acid (caffeoylquinic acid, dicaffeoylquinic acid), caffeic acid, ferulic acid, *p*–coumaric, sinapic, 4–hydroxybenzoic acids |
| Polysaccharides | Mannans, arabinogalactans |
| Sugar | Sucrose, arabinose |
| Fat | Triacylglycerols, diterpines, kahweol and cafestol |
| Mineral | Potassium, manganese, magnesium |
| Aromatic Compounds | Furans, pyrazines, thiophenes |

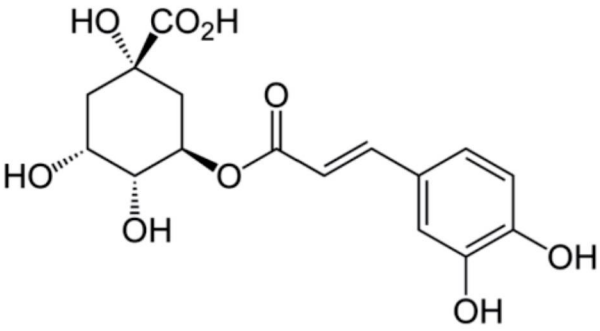
คาเฟอีน (Caffeine) หรือ 1,3,7–trimethylxanthine (ภาพที่ 2.2) เป็นสารที่มีฤทธิ์เพิ่มความดันโลหิต เพิ่มระดับน้ำตาลในเลือด กระตุ้นการเต้นของหัวใจ กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางส่งผลให้นอนไม่หลับ ปริมาณคาเฟอีน ในกาแฟแต่ละสายพันธุ์จะแตกต่างกัน สายพันธุ์โรบัสต้ามีคาเฟอีน 2.2% และอาราบิก้ามีคาเฟอีน 1.2% ของเมล็ดแห้ง ส่วนกาแฟสด 1 แก้ว (8 ออนซ์ หรือ 240 มิลลิลิตร)มีปริมาณคาเฟอีนประมาณ 130–282 มิลลิกรัม (McCusker *et al*., 2003)



**ภาพที่ 2.2** โครงสร้างทางเคมีของคาเฟอีน ($C_8H_{10}N_4O_2$)

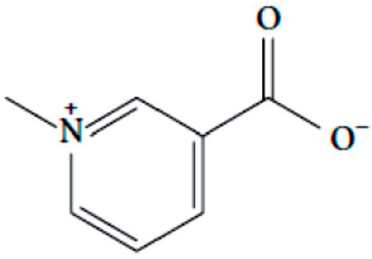
กรดคลอโรจีนิก (Chlorogenic Acid) เป็นสารกลุ่มหนึ่งที่ให้รสขมและฝาดในกาแฟ (ภาพที่ 2.3) จัดอยู่ในpolyphenol compounds เกิดจากปฏิกิริยา Esterification ระหว่างกรดควินิก (Quinic Acid) และกรดคาเฟอิก (Caffeic Acid) ในเมล็ดกาแฟส่วนใหญ่พบกรดคลอโรจีนิกชนิดกรด 5–คาเฟโออิลควินิก (5–caffeoylquinic acid) กรด 3–คาเฟโออิลควินิก (3–caffeoylquinic acid) และกรด 4–คาเฟโออิลควินิก (4–caffeoylquinic acid) โดยปริมาณกรดคลอโรจีนิกที่พบในเมล็ดกาแฟจะมากกว่าคาเฟอีนประมาณ 4–5 เท่า และพบมากในเมล็ดกาแฟสดที่ยังไม่ผ่านการคั่วหรือยังไม่แก่เต็มที่ (Green Coffee Bean) ประมาณ 6–12% ของน้ำหนักแห้ง (Farah *et al*., 2005) ส่วนกาแฟ 1 แก้ว มีปริมาณกรดคลอโรจีนิกประมาณ 70–350 มิลลิกรัมขึ้นกับประเภทของกาแฟ (Clifford, 1999) ปัจจุบันกรดคลอโรจีนิกถูกนำไปใช้เป็นสารเสริมสุขภาพ (Functional Food) เนื่องจากมีคุณสมบัติช่วยลดระดับน้ำตาล ต้านการอักเสบ และลดไขมัน (Meng *et al*.,

2013) แต่ส่วนใหญ่มักอยู่ในรูปแคปซูล เนื่องจากกลิ่นรสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงไม่นิยมในผลิตภัณฑ์อาหาร แต่อย่างไรก็ตามเมื่อกรดคลอโรจีนิกเข้าสู่ร่างกายจะถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ จากนั้นจะถูกเมแทบอไลซ์ (Metabolize) เปลี่ยนเป็นกรดคาเฟอิก (Caffeic Acid) และกรดควินิก (Quinic Acid) หลังจากนั้นสารทั้งสองชนิดจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดเบนโซอิก และจะเกิดคอนจูเกท (Conjugate) กับไกลซีน (Glycine) เป็นกรดฮิบบูอิก (Hiburic Acid) จากนั้นจะถูกขับออกในปัสสาวะ ซึ่งผลของการ เมแทบอไลซ์นี้อาจทำให้คุณสมบัติและฤทธิ์ทางชีวภาพของกรดคลอโรจีนิกลดลง (Higdon and Frei, 2006)




**ภาพที่ 2.3** โครงสร้างทางเคมีของกรดคลอโรจีนิก ($C_{16}H_{18}O_9$)

ไตรโกนิลีน (Trigonelline) เป็นสารประกอบไนโตรเจน มีความสำคัญในการใช้ตรวจวัดเพื่อดูระดับการคั่วของเมล็ดกาแฟทั้งในสายพันธุ์อาราบิก้า และสายพันธุ์โรบัสต้า (ภาพที่ 2.4) พบในเมล็ดกาแฟดิบประมาณ 1.0–1.3% สารชนิดนี้จะให้รสขมและสลายตัวเป็นสารให้กลิ่นรสระหว่างกระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟ เช่น ไนอาซิน (Niacin) ไพริดีน (Pyridine) และไพรอล (Pyrrole) (Nuhu, 2014)




**ภาพที่ 2.4** โครงสร้างทางเคมีของไตรโกนิลีน ($C_7H_7NO_2$)

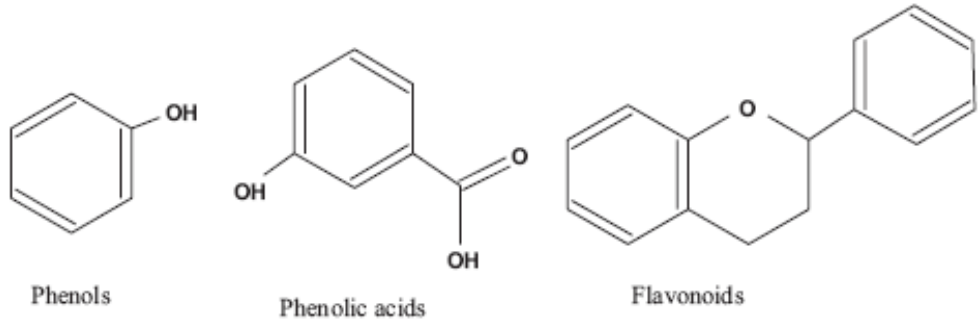
สารระเหยให้กลิ่น (Aromatic Compounds) สารให้กลิ่นในกาแฟส่วนใหญ่เกิดจากการสลายตัวของน้ำตาลระหว่างกระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟ และระดับการคั่วก็ส่งผลโดยตรงต่อชนิดและปริมาณของสารให้กลิ่นที่แตกต่างกัน โดยฟูราน (Furans) เป็นสารให้กลิ่นที่พบมากในกาแฟ และมีอิทธิพลต่อกลิ่นรสของกาแฟ เกิดจากปฏิกิริยา Pyrolysis ของน้ำตาล ให้กลิ่นคาราเมลหรือน้ำตาลไหม้ รองลงมาเป็น ไพราซีน (Pyrazines) ให้กลิ่นคั่ว สารชนิดนี้มีความสำคัญกับกลิ่นรสเช่นกัน เนื่องจากคนเรารับรู้ได้แม้มีสารนี้ในปริมาณเล็กน้อย นอกจากนี้

ยังพบสารอื่นๆ เช่น ไทโอฟีน (Thiophenes) ไทอาโซล (Thiazoles) คีโตน (Ketone) และอัลดีไฮด์ (Aldehyde) เป็นต้น

**สารโพลีฟีนอล**

สารประกอบฟีนอลหรือสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compounds) เป็นสารที่พบตามธรรมชาติในพืชหลายชนิด เช่น ผัก ผลไม้ เครื่องเทศ สมุนไพร ถั่วเมล็ดแห้ง เมล็ดธัญพืช ซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเจริญเติบโต สารประกอบฟีนอล มีโภชนเภสัช ซึ่งสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพคือ มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) สามารถละลายได้ในน้ำ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, ออนไลน์)

โครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอล มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวน ที่เป็นอนุพันธ์ของวงแหวนเบนซิน มีหมู่ไฮดรอกซิล (–OH group) อย่างน้อยหนึ่งหมู่ต่ออยู่ สารประกอบฟีนอลพื้นฐาน คือ สารฟีนอล (Phenol) ในโมเลกุลประกอบด้วยวงแหวนเบนซิน 1 วง และหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่




**ภาพที่** 2.5 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลที่พบในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด และมีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก (Phenolic Acids) ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ เช่น ลิกนิน (Lignin) กลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบคือ สารประกอบพวกฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) สารประกอบฟีนอลที่พบในพืชมักจะรวมอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (Glycoside) น้ำตาลชนิดที่พบมากที่สุดในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอล คือ น้ำตาลกลูโคส (Glucose) และพบว่าอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลด้วยกันเอง หรือสารประกอบฟีนอลกับสารประกอบอื่น ๆ เช่น กรดอินทรีย์ (Organic acid) รวมอยู่ในโมเลกุลของโปรตีน แอลคาลอยด์ (Alkaloid) และเทอร์พีนอยด์ (Terpenoid) เป็นต้น

แหล่งที่พบสารประกอบฟีนอล พบอยู่ในส่วนของช่องว่างภายในเซลล์ (Cell Vacuole) ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เป็นสารที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด

- ถั่วเมล็ดแห้ง ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง
- เมล็ดธัญพืช เช่น ข้าว และ งา
- ผลไม้ ได้แก่ องุ่น ส้ม กระท้อน
- เครื่องเทศ เช่น พริกไทย พริก ขิง กระเทียม หอมแดง หอมหัวใหญ่
- พืชเครื่องดื่ม ได้แก่ ชา โกโก้
- พืชหัว ได้แก่ มันเทศ

ตัวอย่างของสารประกอบฟีนอลที่พบตามธรรมชาติในพืช

- จินเจอรอล (Gingerol) พบใน ขิง
- ยูจินอล (Eugenol) ใน กานพลู ตะไคร้ ใบกระเพรา
- แคปไซซิน (Capsaicin) ในพริก
- เคอคิวมิน (Curcumin) ในขมิ้น
- แคทีชิน (Catechin) ในชา

สรรพคุณของสารประกอบฟีนอล

1. ประโยชน์ต่อสุขภาพ สารประกอบฟีนอลหลายชนิดมีฤทธิ์เป็นสารต้านออกซิเดชัน (Antioxidant) ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันและเป็นสารต้านการกลายพันธุ์ (Antimutagrns) มีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพ สามารถการป้องกันโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจขาดเลือด และมะเร็ง โดยสารประกอบฟีนอล จะทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระ (Free Radical) และไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่นๆ โดยใช้ตัวเองเป็นตัวรับอนุมูลอิสระ ทำให้ยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ ที่มีอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุ แต่สารต้านอนุมูลอิสระจะถูกทำลายไปด้วย

2. ใช้เพื่อการถนอมอาหาร โดยใช้เป็นสารกันหืน ป้องกันปฏิกิริยาการออกซิเดชันของลิพิด (Lipid Oxidation)

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชุติมณฑน์ พลอยประดับ และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นในรูปของปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total Polyphenol Content: TPC) ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น โดยวิธี DPPH และ FRAP ของผลกาแฟทั้งผล เนื้อผลกาแฟสด เมล็ดกาแฟ เนื้อผลกาแฟจากโรงงานผลิตกาแฟ และกากกาแฟจากร้านกาแฟสดในจังหวัดเชียงราย เพื่อเป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าให้วัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตกาแฟซึ่งจะสามารถลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ โดยเก็บตัวอย่างผลกาแฟจากดอยช้าง และกากกาแฟจากร้านขายกาแฟสดในจังหวัดเชียงราย โดยพบว่าเมล็ดกาแฟ (1.42 %) มีค่า TPC ในรูปของกรดแกลลิก (% Gallic Acid) ต่อน้ำหนักแห้ง สูงที่สุด รองลงมาคือ เนื้อผลกาแฟที่ได้จากโรงงาน (1.22 %) ผลกาแฟ (1.18 %) เนื้อผลกาแฟสด (0.96 %) และกากกาแฟ (0.36–0.42 %) ตามลำดับ โดยเนื้อผลกาแฟที่ได้จากโรงงาน มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นที่วิเคราะห์โดยวิธี DPPH (1,212,621 ไมโครโมล โทรล็อก (Trolox) ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) และ FRAP (0.64 % กรดแอสคอร์บิก โดยน้ำหนัก น้ำหนักแห้ง) สูงที่สุด รองลงมาคือ เมล็ดกาแฟ กาแฟทั้งผล และกากกาแฟ ตามลำดับ

สุกัญญา อภิภัทรกุล ได้เปรียบเทียบปริมาณคาเฟอีน สารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มีในผงเมล็ดกาแฟบด และกากกาแฟ เพื่อตอบโจทย์ว่า เหตุใดจึงควรใช้กากกาแฟให้เกิดประโยชน์สูงสุดก่อนทิ้งไป ซึ่งในการสกัดนั้นจะใช้เครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ และการสกัดโดยใช้เครื่องเขย่าโดยใช้คลื่นเสียง มาสกัดคาเฟอีนโดยใช้ไดคลอโรมีเทน พบว่า การสกัดแบบแรกจะได้คาเฟอีนสูงกว่าการสกัดแบบที่สองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระนั้นได้สกัดแยกด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกัน (เฮกเซน เอทิลอะซิเตท และน้ำ) พบว่า ชั้นเอทิลอะซิเตทของสารสกัดผงกาแฟบดและกากกาแฟมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด (506.078±11.16 และ 519.571±20.86 mg gallic acid/kg) ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH แสดง ค่า $IC_{50}$ ของส่วนสกัดชั้นเอทิลอะซิเตท (0.0094±0.0002 และ 0.0108±0.0048 mg/mL) และ วิธี FRAP พบว่า ส่วนสกัดดังกล่าวนั้นมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเช่นกัน (668.602±18.92 และ 631.542±17.33 mg $Fe^{2+}$/ kg) จากผลวิจัยอาจกล่าว

ได้ว่า การดื่มกาแฟสดอาจจะไม่ได้รับสารประกอบฟีนอลิกในปริมาณที่มากเพียงพอในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย เนื่องจากกรรมวิธีการชงกาแฟสดนั้นเป็นการอัดน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 96 องศาเซลเซียสผ่านผงกาแฟบด ใช้เวลาไม่เกิน 30 วินาที จึงทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่มีอยู่ยังคงค้างอยู่ในกากกาแฟ ดังนั้น จึงสามารถใช้ประโยชน์ด้านความงามได้อีกต่อหนึ่ง

คณะวิจัยของ Paiva A. (2018) ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพของสารสกัดจากกาแฟโดยการทำให้เข้มข้นด้วยแรงดันออสโมซิส ตัวอย่างสารสกัดจากกาแฟถูกวิเคราะห์หาสารต้านอนุมูลอิสระด้วยเครื่อง HPLC ตรวจพบสารในกลุ่มโพลีฟีนอลสามชนิดคือ Chlorogenic Acid, Caffeic Acid และ *p*–Coumaric Acid เมื่อตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP มีค่าเท่ากับ 6.3±1.2 ไมโครโมลาร์ของโทรล็อกซ์ต่อกรัมของของแข็งทั้งหมด และ 32.9±2.7 กรัมของเฟอร์รัสซัลเฟตต่อกรัมของของแข็งทั้งหมด ตามลำดับ จากการค่า pH ของน้ำกาแฟซึ่งจะมีผลต่อรสชาติพบว่า น้ำกาแฟเริ่มต้นที่สกัดได้มีค่าอยู่ในช่วง 5.2–5.6 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และมีค่าเท่ากับ 4.9 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ต่อมาเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ปรากฏว่า ค่า pH ต่ำลงอยู่ในช่วง 5.2–5.3 และ 4.9–5.1 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง ตามลำดับ จากค่า pH ที่ได้จะสอดคล้องกับรสชาติของน้ำกาแฟ โดยที่ถ้าค่า pH มากกว่า 5.2 จะมีรสชาติขม และถ้าต่ำกว่า 4.95 จะมีรสเปรี้ยวเป็นกรด ส่วนผลการวิเคราะห์สารให้กลิ่นที่ระเหยได้ด้วยเครื่อง GC–MS สามารถตรวจพบสารสำคัญทั้งหมด 13 ชนิด ได้แก่ dihydro–2–methyl–3–furanone,methyl–pyrazine, dimethyl pyrazine isomers, 2–ethyl methyl pyrazine isomers, 2–ethyl–2,5–methyl pyrazine, 2–furanyl ethanone, benzaldehyde, 5–methyl–2–furfural, 2–furanyl propanone, 1–methyl pyrrole–2–carboxaldehyde, 2–furanmethanol, 1–methyl pyrrol–2–yl ethanone และ 1–pyrrol–2–yl ethanone

คณะวิจัยของ Valasquez S. (2019) ได้ทำการตรวจสอบสารระเหยด้วยเครื่อง HS–SPME–GC–MS ในเมล็ดกาแฟ 7 ระยะ ได้แก่ ช่วงแรกที่เป็นเมล็ดสีเขียว ช่วงที่สองที่เป็นเมล็ดสีเหลืองอมเขียว ช่วงที่สามที่เป็นเมล็ดสีเหลือง ช่วงที่สี่ที่เป็นเมล็ดสีเหลืองอมส้ม ช่วงที่ห้าที่เป็นเมล็ดสีแดง ช่วงที่หกที่เป็นเมล็ดสีแดงเข้ม และช่วงที่เจ็ดที่เป็นเมล็ดสีน้ำตาล จากผลการวิเคราะห์พบสารระเหยทั้งหมดจำนวน 103 ชนิด โดยพบสารระเหยที่สำคัญในช่วงที่ห้าและหก ช่วงแรกจะเป็นสารในกลุ่ม *N*–heterocycles (เช่น trimethylpyrazine และ 2–methyl–5–propylpyrazine) และ Phenols (เช่น 4–ethylguaiacol, *o*–guaiacol) ช่วงที่สองถึงเจ็ดจะพบสารกลุ่ม N–heterocycles เพิ่มขึ้น (pyrazines และ pyrroles) และสารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตจะลดลง เช่น furanenol, 4–hydroxy–2,5–dimethyl–3(2H)–furanone เป็นต้น