

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กาแฟ

กาแฟมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Coffea arabica* L. อยู่ในวงศ์ Rubiaceae และชื่อสามัญว่า kofi, coffee, koffie, Brazilian coffee, Arabian coffee มีลักษณะเป็นไม้พุ่มสูงประมาณ 2-4 เมตร นำเมล็ดแก่มาคั่วแล้วบดใช้เป็นเครื่องดื่ม กาแฟเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมมากที่สุดชนิดหนึ่งเช่นเดียวกับชา กาแฟเป็นสินค้าที่มีการซื้อขายกันมากเป็นอันดับสองของโลก (อวยพร อภิรักษ์ อร่ามวง, 2548; Parras et al, 2007. Fujioka and Shibamoto., 2008) ปัจจุบันเมล็ดกาแฟที่ผลิตจำหน่ายมีอยู่ 2 พันธุ์ คือ *Coffea canephora* P. ให้เมล็ดกาแฟชนิดที่เรียกว่า โรบัสต้า และ *Coffea arabica* L. ให้เมล็ดกาแฟชนิดที่เรียกว่าอาราบิก้า (อวยพร อภิรักษ์ อร่ามวง, 2548., Parras et al., 2007) ประเทศไทยปลูกทั้งพันธุ์ โรบัสต้า และพันธุ์อาราบิก้า

ประเภทของกาแฟ

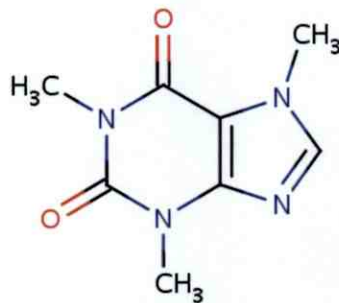
ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 197 (พ.ศ. 2543) ได้แบ่งกาแฟออกเป็น 6 ประเภท คือ

1. กาแฟแท้ หมายความว่า ผลิตรัณฑ์ที่ได้จากผลที่แก่จัดของต้นกาแฟในสกุลคอฟเฟีย (*Coffea*) ผ่านกรรมวิธีเอาเมล็ดออกนำเมล็ดมาคั่วจนได้ที่และอาจบดให้ได้ขนาดตามความต้องการ
2. กาแฟผสม หมายความว่า ผลิตรัณฑ์ที่ได้จากกาแฟตาม 1 ที่มีสิ่งอื่นที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพเป็นส่วนผสมอยู่
3. กาแฟที่สกัดคาเฟอีนออก หมายความว่า ผลิตรัณฑ์ที่ได้จากกาแฟตาม 1 ที่ได้สกัดเอาคาเฟอีนออก
4. กาแฟปรุงสำเร็จ หมายความว่า ผลิตรัณฑ์ที่ได้จากผลที่แก่จัดของต้นกาแฟในสกุลคอฟเฟีย ผ่านการเอาเมล็ดออก นำเมล็ดมาคั่วจนได้ที่โดยมิได้มีการผสมสิ่งอื่นใดแล้วนำมาสกัดด้วยน้ำเท่านั้น นำไประเหยน้ำออกจนแห้งด้วยกรรมวิธีที่เหมาะสม มีลักษณะเป็นผง หรือเป็นเกล็ด หรือลักษณะอื่นๆ และสามารถละลายน้ำได้หมดทันที
5. กาแฟสำเร็จรูปผสม หมายความว่า กาแฟสำเร็จรูปตามข้อ 4 ที่มีสิ่งอื่นใดที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย
6. กาแฟสำเร็จรูปที่สกัดคาเฟอีนออก หมายความว่า ผลิตรัณฑ์ที่ได้จากกาแฟตามข้อ 4 ที่ได้สกัดเอาคาเฟอีนออก

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา หรือ อย. ได้ให้ความหมายของกาแฟปรุงสำเร็จ หมายถึง การนำเอากาแฟตามประกาศฉบับที่ 197 (พ.ศ.2543) เรื่อง กาแฟ ในข้อ 3 คือ กาแฟแท้ กาแฟผสม กาแฟที่สกัดคาเฟอีนออก กาแฟสำเร็จรูป กาแฟสำเร็จรูปผสมและกาแฟสำเร็จรูปที่สกัดคาเฟอีนออก มาปรุงแต่งรสในลักษณะพร้อมบริโภคด้วยน้ำตาล ครีมเทียมหรือวัตถุอื่นใดที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายและบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท ซึ่งมี 2 ลักษณะคือ เครื่องดื่มที่พร้อมดื่มได้ทันที ซึ่งเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไป คือ โอเลี้ยง หรือ กาแฟเย็นและ อีกลักษณะหนึ่งคือ ชนิดผง พร้อมที่จะบริโภคได้ทันทีเมื่อเติมน้ำร้อนลงไปหรือจะปรุงรส โดยเติมน้ำตาล ครีมเทียมและนมก็ได้ตามความต้องการ

2.2 คาเฟอีน

คาเฟอีนเป็นสารประกอบอัลคาลอยด์ (วรวิฑูมิ เจริญศิริ, 2551; อังคณา อัญญมณี, 2549) มีชื่อทางเคมีว่า 1,3,7-trimethyl-1*H*-purine-2,6(3*H*,7*H*)-dione หรือชื่ออื่น 1,3,7-trimethylxanthine, trimethylxanthine, theine, mateine, guaranine, methyltheobromine สูตรเคมี $C_8H_{10}N_4O_2$ และมีสูตรโครงสร้าง ดังภาพ 1 มวลโมเลกุล 194.19 มีลักษณะเป็นผลึกเข็มหรือผงสีขาว ไม่มีกลิ่น มีรสขม ละลายได้ดีในน้ำร้อน ละลายได้เล็กน้อยในแอลกอฮอล์ คาเฟอีนพบมากในพืชจำพวก ชาและกาแฟ (วรวิฑูมิ เจริญศิริ, 2551)



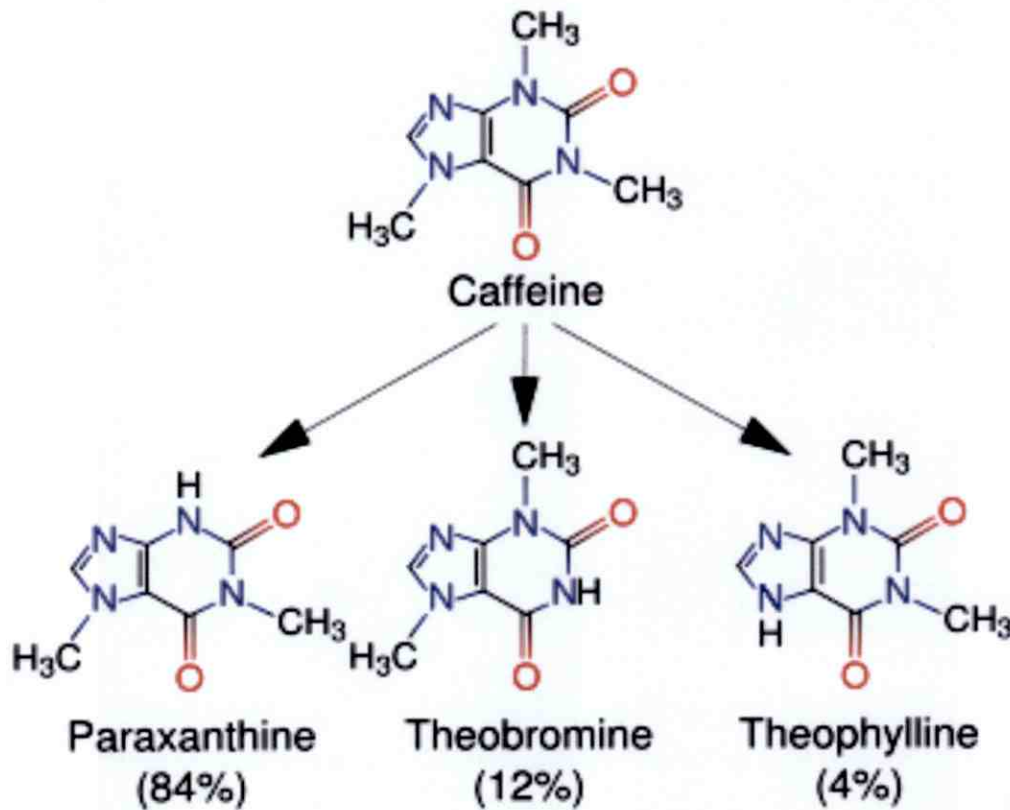
ภาพ 1 สูตรโครงสร้างคาเฟอีน

ที่มา : Zhu *et al.*, (2004)

เมตาบอลิซึมหรือกลไกการเผาผลาญในร่างกายของคาเฟอีน พบว่า คาเฟอีนจะถูกเปลี่ยนสภาพที่ตับโดยอาศัยการทำงานของเอ็นไซม์ไซโตโครม พี 450 ออกซิเดส (cytochrome P450 oxidase) (อังคณา อัญญมณี, 2549) ซึ่งเอ็นไซม์นี้จะเปลี่ยนคาเฟอีนให้เป็น

อนุพันธ์สามชนิด คือ พาราแซนทีน (paraxanthine) มีผลในการสลายไขมัน เพิ่มปริมาณของกลีเซอรอลและกรดไขมันในกระแสเลือด ทีโอโบรมีน (theobromine) มีผลในการขยายหลอดเลือดและเพิ่มปริมาณของปัสสาวะ ทีโอฟิลลีน (theophylline) มีผลทำให้กล้ามเนื้อเรียบ

ที่อยู่ล้อมรอบหลอดเลือดปิดคล้ายตัว ทำให้หลอดเลือดขยายตัวมากขึ้น อนุพันธ์ทั้งสามชนิดนี้จะถูกแปรสภาพต่อไปและขับออกทางปัสสาวะในที่สุด (อังคณา อัญญมณี, 2549)



ภาพ 2 เมแทบอลิซึมหรือกลไกการเผาผลาญในร่างกายของคาเฟอีน

ที่มา : Xiaolan Zhu *et al.* (2004)

2.2.1 ผลกระทบของคาเฟอีนต่อสุขภาพของผู้บริโภค

คาเฟอีนถือว่าเป็นยาจำกัดศัตรูพืชโดยธรรมชาติ เพราะมีฤทธิ์ทำให้เป็นอัมพาตและสามารถฆ่าแมลงบางชนิดได้ คาเฟอีนยังมีฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางทำให้ร่างกายเกิดความตื่นตัวและลดความง่วงได้ เครื่องดื่มหลายชนิดมีคาเฟอีนเป็นส่วนผสม เช่น ในกาแฟ น้ำชา น้ำอัดลม ช็อกโกแลต ยาลดไข้บรรเทาปวดและผลิตภัณฑ์ลดน้ำหนัก รวมทั้งเครื่องดื่มชูกำลัง (อังคณา อัญญมณี, 2549) เมื่อบริโภคเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน คาเฟอีนจะถูกดูดซึมผ่านระบบทางเดินอาหารได้ดี โดยเฉพาะในลำไส้เล็ก เพราะในลำไส้เล็กมีพื้นที่ของการดูดซึมมาก และสามารถดูดซึมได้อย่างรวดเร็วกว่าส่วนอื่นๆ จากการศึกษาวิจัย พบว่า (อังคณา อัญญมณี, 2549) คาเฟอีนถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดภายในระยะเวลาไม่เกิน

1 ชั่วโมง แต่ถ้าได้รับคาเฟอีนเข้าไปในขณะที่ท้องว่างหรือขณะหิว ร่างกายจะดูดซึมคาเฟอีนเข้าไปในเลือดได้เร็วขึ้นคือ ใช้เวลาไม่เกิน 30 นาที เมื่อคาเฟอีนถูกดูดซึมเข้าไปในร่างกายแล้ว จะกระจายอยู่ตามส่วนต่างๆ ของร่างกายอย่างรวดเร็ว คาเฟอีนเข้าไปสู่ทุกอวัยวะในร่างกาย และยังสามารถผ่านเข้าสู่รกไปยังทารกหรือเข้าไปในน้ำนมแม่ได้ ปริมาณการกระจายของคาเฟอีนในร่างกายมีค่าประมาณร้อยละ 40-60 ของน้ำหนักตัวและสามารถพบได้ในสารประกอบน้ำทุกส่วนของร่างกายเช่น น้ำลาย น้ำนมและน้ำตา คาเฟอีนในร่างกายจะถูกกำจัดอย่างรวดเร็วโดยเอนไซม์ของตับ ซึ่งเผาผลาญคาเฟอีนในร่างกายได้ถึงร้อยละ 95 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 5 จะถูกขับออกมาทางปัสสาวะ คาเฟอีนไม่ถูกเก็บสะสมไว้ในร่างกาย กลไกการเสพติดของสารคาเฟอีนเกิดจากฤทธิ์กระตุ้นสมอง กลไกดังกล่าวเช่นเดียวกับยาบ้า (amphetamines) โคเคน (cocaine) และเฮโรอีน (heroin) ซึ่งฤทธิ์ในการเป็นสารเสพติด พบว่าคาเฟอีนมีฤทธิ์เสพติดน้อยกว่ายาบ้า โคเคนและเฮโรอีนมาก ผู้ที่ติดคาเฟอีนจะมีอาการของการเสพติด รู้สึกไม่สบาย ไม่มีเรี่ยวมีแรง การบริโภคคาเฟอีนในปริมาณน้อยจะทำให้รู้สึกมีความตื่นตัว ความคิดฉับไว ไม่่วงนอน กระปรี้กระเปร่า ทำงานได้นานยิ่งขึ้น ขนาดของคาเฟอีนที่เริ่มมีฤทธิ์ในการกระตุ้นสมองคือ 40 มิลลิกรัมขึ้นไป (วรุฒิ เจริญศิริ, 2553) คาเฟอีนมีโครงสร้างทางเคมี คล้ายกับสารที่ชื่อ อะดีโนซีน (adenosine) และเข้าไปจับกับตัวรับ (receptors) ตัวเดียวกัน เป็นที่ทราบกันดีว่าสาร อะดีโนซีน เป็นสารเคมีที่สร้างขึ้นในสมอง มีฤทธิ์ทำให้รู้สึกง่วงนอน ดังนั้นเมื่อบริโภคเครื่องดื่มประเภทชาและกาแฟหรือเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเข้าไป สมองจะเข้าใจว่าเป็นอะดีโนซีน เนื่องจากตัวรับของอะดีโนซีนทำปฏิกิริยาจับกับคาเฟอีน กลไกดังกล่าวทำให้สมองขาดสารที่ทำให้รู้สึกง่วงนอน ร่างกายจึงรู้สึกไม่ง่วงและรู้สึกกระปรี้กระเปร่ายิ่งขึ้น แต่คาเฟอีนในขนาดสูงจะทำให้นอนไม่หลับ ลดระยะเวลาหลับและหลับไม่สนิท มือสั่น เกิดอาการวิตกกังวล คาเฟอีนในปริมาณที่เป็นโทษแก่ร่างกายอาจทำให้ผู้บริโภคเกิดอาการชักได้ คาเฟอีนอาจไปเสริมฤทธิ์ของยาระงับปวดเช่น แอสไพริน พาราเซตามอลและยังเสริมฤทธิ์ยาระงับอาการปวดศีรษะชนิดไมเกรนได้ ทำให้อาการปวดทุเลา (วรุฒิ เจริญศิริ, 2553)

คาเฟอีนมีฤทธิ์กระตุ้นการหลั่งอะดรีนาลีน (adrenaline) ทำให้หัวใจเต้นเร็วขึ้น ใจสั่น ความดันโลหิตสูง ตับเร่งผลิตน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือด กล้ามเนื้อตึงตัวพร้อมทำงาน ทำให้เหมือนเป็นยาชูกำลัง การบริโภคคาเฟอีนมีผลทำให้หัวใจเต้นช้าลงเล็กน้อยในชั่วโมงแรกและกลับเต้นเร็วขึ้นเล็กน้อยในชั่วโมงที่ 2 และ 3 ความดันโลหิตจะเพิ่มประมาณ 5-10 มิลลิเมตรปรอท และเพิ่มขึ้นนานประมาณ 2-3 ชั่วโมงแล้วอาการดังกล่าวจะหายไป ส่วนฤทธิ์กระตุ้นการหลั่งโดปามีน (dopamine) ทำให้รู้สึกผ่อนคลายสบายใจ มีความสุข ซึ่งเชื่อว่าเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเสพติดคาเฟอีน ทั้งฤทธิ์กระตุ้นการหลั่งสารอะดรีนาลีนและโดปามีนมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง นอกจากนี้ยังพบว่าคาเฟอีนไม่มีผลต่อการเพิ่มโคเลสเตอรอลในกระแสเลือด แต่การดื่มกาแฟสามารถทำให้ระดับของโคเลสเตอรอลสูงขึ้นได้

และคาเฟอีนยังเป็นสารที่กระตุ้นให้มีการหลั่งกรดและน้ำย่อยในกระเพาะอาหารเพิ่มขึ้นได้ ผู้ที่เป็นโรคแผลในกระเพาะหรือลำไส้ควรหลีกเลี่ยงการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน แม้ว่าคาเฟอีนไม่ได้เป็นสาเหตุโดยตรงของโรคแผลในกระเพาะอาหารและลำไส้ แต่ถ้าบริโภคอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนเข้าไป ในขณะที่มีแผลในกระเพาะอาหารอยู่ อาการโรคกระเพาะจะรุนแรงมากขึ้น (วรวิฑูรี เจริญศิริ, 2553)

พืชที่มีคาเฟอีนได้แก่ เมล็ดกาแฟ ใบชา โกโก้ พบว่ากาแฟหนึ่งถ้วยมีปริมาณสารคาเฟอีนประมาณ 200 มิลลิกรัม ชาหนึ่งถ้วยมีปริมาณสารคาเฟอีนประมาณ 150 มิลลิกรัม โดยทั่วไปมักเข้าใจว่าคาเฟอีนมีอยู่เฉพาะในชาและกาแฟเท่านั้น แต่ความเป็นจริงแล้ว คาเฟอีนยังเป็นส่วนผสมสำคัญในน้ำอัดลมที่ผลิตจากเมล็ดโคล่า รวมถึงผลิตภัณฑ์อาหารหรือขนมที่ใช้ ชา กาแฟ โกโก้และโคล่าเป็นส่วนผสม เช่น ลูกอมรสกาแฟ ลูกอมรสช็อกโกแลต เค้กช็อกโกแลต เค้กกาแฟ น้ำอัดลมโคล่า รุทเบียร์และเครื่องดื่มชูกำลังต่างๆ สำหรับคาเฟอีนที่ผสมลงไปเครื่องดื่มหรือน้ำอัดลม ส่วนใหญ่จะมีปริมาณคาเฟอีนประมาณ 50-100 มิลลิกรัม ต่อหน่วยบรรจุ อย่างไรก็ตามพบว่าในเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนบางชนิดมีปริมาณสารคาเฟอีนมากถึง 200 มิลลิกรัมต่อหน่วยบรรจุ การบริโภคคาเฟอีนในปริมาณที่สูงเกินไปอาจเกิดโทษต่อร่างกายโดยพบว่าหากร่างกายได้รับคาเฟอีนในปริมาณครั้งละ 200-500 มิลลิกรัม อาจทำให้ปวดศีรษะ เกิดภาวะเครียด กระวนกระวาย มือสั่นและประสิทธิภาพการทำงานลดลง คาเฟอีนประมาณ 1,000 มิลลิกรัม อาจทำให้ผู้บริโภคมีไข้สูง วิตกกังวล กระสับกระส่าย พุดตะกุกตะกัก ควบคุมตัวเองไม่ได้ ซึมเศร้า นอนไม่หลับ หัวใจเต้นเร็ว ใจสั่น เบื่ออาหาร คลื่นไส้อาเจียน ปัสสาวะบ่อย ขนาดของคาเฟอีนที่อาจทำให้เสียชีวิตได้ ประมาณ 100 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมในเด็กเล็ก หรือประมาณ 3,000 มิลลิกรัมในเด็กโต 5,000-10,000 มิลลิกรัมในผู้ใหญ่ตามลำดับ (วรวิฑูรี เจริญศิริ, 2553)

2.2.2 วิธีการสกัดคาเฟอีน

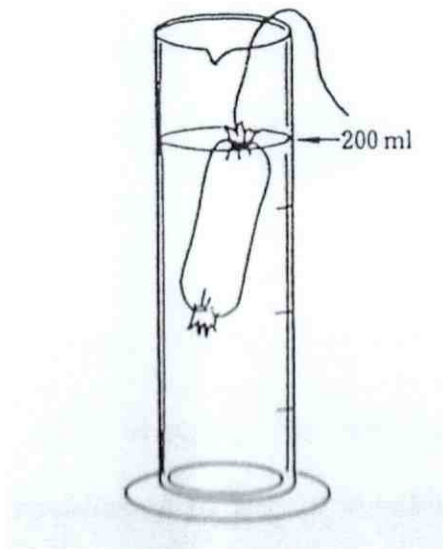
ในกระบวนการวิเคราะห์หาปริมาณสารโดยใช้เทคนิค HPLC จะต้องมีการทำให้ตัวอย่างไม่มีสิ่งเจือปนที่รบกวนการวิเคราะห์ได้ (impurity) ฉะนั้นจึงต้องนำตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์มาทำการสกัดซึ่งอาจทำได้หลายวิธีดังนี้

2.2.2.1 Dialysis Method

วิธี Dialysis เป็นวิธีที่ทำให้สารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กสามารถซึมผ่านเซลลูโลสเมมเบรน โดยเตรียมจาก cellophane หรือ collodion (cellulose nitrate) (ดังภาพ 3) ยูพา ฉันทปัญญารัตน์ และวีรพร แจ่มศรี (2541) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ปริมาณกรดเบนโซอิก แอสปาเทมและคาเฟอีนในน้ำอัดลมและน้ำผลไม้ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีชนิดของเหลวความดันสูง โดยเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ระหว่างวิธีไดอะไลซิสและฉีดเข้าเครื่องโดยตรงในตัวอย่างน้ำอัดลมและน้ำผลไม้

พบว่า ผลการทดสอบความถูกต้องให้ค่าประสิทธิภาพวิธีที่สูงและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ ซึ่งวิธีทั้งสองมีความถูกต้องสูง ผลการทดสอบความแม่นยำโดยวิธี repeatability และ robustness ในตัวอย่างน้ำอัดลมพบว่าวิธีไดอะไลซิสมีความแม่นยำสูงกว่า ให้ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานและสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนอยู่ในช่วงที่ยอมรับดีกว่าวิธีฉีดเข้าเครื่องโดยตรง

Nuengchamngong, N. (1998) ได้ทำการวิเคราะห์หัตถ์วัตถุเจือปนอาหารบางตัวพร้อมกันคือ อะซิซัลเฟม-เค ซัคคาริน คาเฟอีน แอสพาร์เทม กรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิก โดยใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีสมรรถนะสูง หลังจากการเตรียมตัวอย่างโดยใช้วิธีไดอะไลซิสที่สมดุลในขั้นตอนการสกัดตัวอย่างพบว่า สามารถกำจัดสิ่งสอดแทรกเช่น ไขมัน โปรตีนหรือสิ่งเจือปนที่มีขนาดใหญ่กว่า 12,000-14,000 ดัลตัน ออกได้โดยสารที่มีความเหมาะสมในการทำไดอะไลซิส คือ น้ำและใช้เวลาในการเกิดไดอะไลซิส 15 ชั่วโมง



ภาพ 3 การเตรียมตัวอย่างโดยใช้เทคนิค dialysis

ที่มา : Nuengchamngong (1998)

2.2.2.2 การตกตะกอน

การตกตะกอนทำเพื่อตกตะกอนโปรตีนและสาร Interfere substance อื่นๆ โดย สุวรรณี ชีรภาพธรรมกุล และวีรพร แจ่มศรี (2541) ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณคาเฟอีนในตัวอย่างกาแฟพร้อมดื่มชนิดต่างๆ เช่น กาแฟดำ กาแฟใส่นม โอเลี้ยง

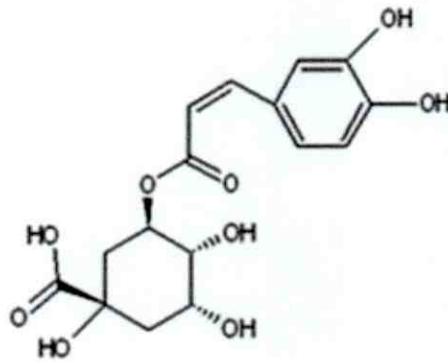
ที่บรรจุในภาชนะกระป๋อง ขวดแก้วและขวดพลาสติก ซึ่งเตรียมตัวอย่างโดยการตกตะกอน โดยใช้ตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 40 มิลลิลิตร เติม Carrez I และ Carrez II solution อย่างละ 2 มิลลิลิตร ตั้งบนอ่างน้ำร้อน 10 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรให้ครบด้วยน้ำกลั่น กรองผ่านกระดาษกรอง No.1 แล้วกรองด้วย membrane filter ขนาด 0.45 ไมครอน นำไปวัดปริมาณด้วยเครื่อง HPLC พบว่า ค่าที่ได้มีความแม่นยำสูงและมีความถูกต้องสูง ไม่มีการรบกวนจากสารอื่นๆ

2.3 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในกาแฟ

2.3.1 สารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในกาแฟ

2.3.1.1 กรดคลอโรจีนิก (chlorogenic acid)

กรดคลอโรจีนิก (แสดงดังภาพที่ 3) เป็นเอสเทอร์ของกรดควินิกกับกรดคาเฟอิกหรือกรดเฟอรูริก กรดคลอโรจีนิกเป็นสารที่ให้รสขมในกาแฟและจัดเป็นกลุ่มของสารประกอบที่สำคัญ 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือเอสเทอร์ของกรดควินิกกับกรดคาเฟอิก ซึ่งเรียกว่ากรดคาเฟอิลควินิก เช่น กรด 3-คาเฟอิลควินิก (3-cafeoylquinic acid) กรด 3,4 ไดคาเฟอิลควินิก (3,4-dicaffeoylquinic acid) และเอสเทอร์ของกรดควินิกกับกรดเฟอรูริก ซึ่งเรียกว่ากรดเฟอรูโลควินิก (ferruloylquinic acid) เช่น กรด 3-เฟอรูโลควินิก (3-ferruloylquinic acid) โดยทั่วไปในเมล็ดกาแฟจะมีปริมาณกรดคลอโรจีนิก ชนิดกรด 3-คาเฟอิลควินิกมากที่สุด รองลงมาจะเป็น กรด 5-คาเฟอิลควินิก และกรด 4-คาเฟอิลควินิก ตามลำดับ เมล็ดกาแฟที่มีปริมาณคาเฟอีนมากจะมีกรดคลอโรจีนิกมากด้วย ในเมล็ดกาแฟชนิดโรบัสตาจะมีกรดคลอโรจีนิกสูงกว่าเมล็ดกาแฟชนิดอาราบิก้า (อวยพร อภิรักษ์ธำมวง, 2548; Fujioka.K and Shilbmoto.T, 2008) กรดคลอโรจีนิกมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการทำงานของ glucose-6-phosphat translocase transpoter ในตับทำให้ลดการสร้างกลูโคสจากตับและกรดคลอโรจีนิกน่าจะมีผลดีต่อผู้ที่ที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 เนื่องจากเบาหวานชนิดนี้มีการสร้างกลูโคสจากตับเพิ่มส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น กรดคลอโรจีนิกจึงเป็นสารสำคัญที่ลดความเสี่ยงต่อการเกิดเบาหวานชนิดที่ 2 (อวยพร อภิรักษ์ธำมวง, 2548)



ภาพ 4 สูตรโครงสร้างกรดคอลลอโรจินิก

ที่มา : Zhu, X. *et al.* (2004)

2.3.1.2 กรดฟีนอลิก (Phenolic acid)

สารประกอบฟีนอลิก จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้รับจากภายนอกและพบได้มากในธรรมชาติอันได้แก่ พืชผัก ผลไม้ ชาเขียว ชาดำ ช็อกโกแลต และไวน์แดง เป็นต้น ในปัจจุบัน พบสารประกอบฟีนอลิกมากกว่า 8,000 ชนิด ซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน เช่น กรดฟีนอลิก ฟีนิลโพรพานอยด์และฟลาโวนอยด์ ไปจนถึงโครงสร้างโพลีเมอร์ที่ซับซ้อน เช่น ลิกนิน เมลานินและแทนนิน เป็นต้น แม้ว่าปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกในธรรมชาติจะมีปริมาณที่แตกต่างกัน แต่พบว่าปริมาณโดยเฉลี่ยที่คนได้รับต่อวันจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 20 มิลลิกรัมถึง 1 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าปริมาณวิตามินอีที่ได้รับต่อวัน สารโพลีฟีนอลิกเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญเนื่องจากมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านการอักเสบ ต้านการแพ้และมีคุณสมบัติในการสลายลิ่มเลือด รวมไปถึงการเป็นสารต้านการก่อมะเร็ง และสามารถลดความดันโลหิตจากฤทธิ์ขยายหลอดเลือดเหล่านี้ เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวนี้เป็นความสัมพันธ์กับคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (โอภาส วัชรคุปต์ และคณะ, 2549)

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารในกลุ่มกรดฟีนอลิกและเอสเทอร์ของกรดฟีนอลิกจะขึ้นกับจำนวนหมู่แทนที่ไฮดรอกซิลในโมเลกุล (โอภาส วัชรคุปต์, 2549) ธรรมชาติได้สร้างสารแอนติออกซิแดนซ์ขึ้นมาเพื่อต้านสารอนุมูลอิสระ โดยผลิตเอ็นไซม์บางชนิดออกมา เช่น Glutathione peroxidase ถึงแม้ว่าจะมีการสร้างสารแอนติออกซิแดนซ์เอ็นไซม์ขึ้นมาในร่างกาย ก็ไม่เพียงพอและมีขีดจำกัด ประกอบกับเมื่ออายุมากขึ้นร่างกายสร้างสารต้านอนุมูลอิสระได้น้อยลง ดังนั้นร่างกายจึงต้องเพิ่มความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยรับประทานอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีทั้งวิตามิน แร่ธาตุและสารสกัดที่ได้จากธรรมชาติ สารต้านอนุมูลอิสระมีมากในอาหารจำพวกผัก ผลไม้และที่ได้รับความนิยมกันคือใน

ไบซา (อัจจิมา สุวรรณจินดา, 2552) แต่ล่าสุดได้ถูกค้นพบว่า มีในเมล็ดกาแฟด้วย (อวยพร อภิรักษ์ร่ามวง, 2548; อัจจิมา สุวรรณจินดา, 2552)

ตาราง 1 ปริมาณสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพในกาแฟ

ชื่อสาร	สารที่เกี่ยวข้องและฤทธิ์ทางชีวภาพ		ร้อยละของน้ำหนักเมล็ดกาแฟแห้ง
	ตัวอย่างสารในกลุ่ม	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	
Phenolic polymers	Phenolic acids: caffeic acid, ferulic acid	Antioxidant	8
Polysaccharides	Mannans and arabinogalactans	-	6
Chlorogenic Acids	3-caffeoylquinic acid 4-ferruoylquinic acid	Antioxidant	4
Minerals	Potassium, manganese, magnesium	Major minerals (for K and Mg), Trace element (for Mn)	3
Caffeine	-	Palpitation, anxiety, GI disturbance, insomnia, diuretics, antagonist of adenosine receptors	1
Organic acids	Citric acid, malic acid, quinic acid	Large role in quality of coffee	0.5
Sugars	Sucrose, arabinose	-	0.3
Lipids	Diterpines kahweol and cafestol	-	0.2
Aroma or volatile components	Furans, pyrazines, ketones	Flavor	0.1

ที่มา : อวยพร อภิรักษ์ร่ามวง, (2548)

2.3.2 ผลของสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อสุขภาพผู้บริโภค

อนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเกิดโรค ทั้งเป็นต้นเหตุของการเกิดโรคและเป็นปัจจัยทำให้โรคมีการพัฒนาการอย่างรวดเร็วตลอดจนมีความรุนแรงยิ่งขึ้น โดยเฉพาะโรคที่เกี่ยวกับความเสื่อม ความบกพร่องของเซลล์ประสาท ระบบสื่อประสาทในสมอง และภาวะขาดเลือดของอวัยวะที่สำคัญต่อการดำรงชีวิต คือหัวใจและสมอง นอกจากนี้อนุมูลอิสระยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบ อนุมูลอิสระมีความไวสูงไม่คงตัวเนื่องจากมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว ดังนั้น จึงพยายามหาอิเล็กตรอนมาจับคู่เพื่อให้ความเสถียร (โอภาส วัชรคุปต์ และคณะ, 2549) ในกรณีที่มีการสูญเสียหรือรับอิเล็กตรอนจะทำให้โมเลกุลไม่เสถียรส่งผลให้สารดังกล่าว ต้องทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของสารต่างๆ ภายในร่างกายเพื่อทำให้โมเลกุลมีความเสถียร จึงเกิดการทำลายโมเลกุลอื่นๆ ต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ (Rivelli, *et al.*, 2007) ก่อให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อร่างกาย เกิดริ้วรอยเหี่ยวย่นบนใบหน้า รอบดวงตาและผิวหนังพรรณตลอดจนเป็นสาเหตุของการเกิดโรคหัวใจขาดเลือด ต้อกระจก ความดันโลหิตสูง ไขมันในเส้นเลือดสูง อัลไซเมอร์ เบาหวานและมะเร็ง เป็นต้น (อัจฉิมา สุวรรณจินดา, 2552; นงนภัส ดวงดี, 2551)

สารชีวโมเลกุลที่สำคัญในร่างกายที่ไวต่อการถูกออกซิไดซ์ ได้แก่ ไขมันที่เป็นองค์ประกอบของเมมเบรน โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ รีเซพเตอร์ สารสื่อประสาทและดีเอ็นเอซึ่งสารชีวโมเลกุลเหล่านี้มีอิเล็กตรอนหรืออะตอมไฮโดรเจนที่หลุดออกง่าย ทำให้อนุมูลอิสระเข้าไปทำปฏิกิริยาโดยเข้าจับคู่กับอิเล็กตรอนของสารชีวโมเลกุลหรือดึงอิเล็กตรอนหรือดึงอะตอมไฮโดรเจนออกจากสารชีวโมเลกุลนั้นๆ ทำให้สารชีวโมเลกุลได้แก่ ไขมัน โปรตีนและดีเอ็นเอถูกออกซิไดซ์โดยอนุมูลอิสระ ทำให้สมบัติและการทำงานของสารชีวโมเลกุลดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้เกิดความบกพร่องอันเป็นสาเหตุของการเกิดโรค นอกจากนี้อนุมูลอิสระยังไปทำความเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์และเซลล์ของสารพันธุกรรม ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม (DNA) ซึ่งควบคุมการสร้างเซลล์ ทำให้เกิดเซลล์ใหม่ที่มีความผิดปกติ (Mutation) จนอาจจะกลายเป็นเนื้อร้ายต่อระบบที่สำคัญต่างๆ ในร่างกาย (โอภาส วัชรคุปต์ และคณะ, 2549)

2.3.3 การประเมินฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระในกาแฟ

การประเมินฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) มีหลายวิธี ขึ้นกับการเลือกชนิดของตัวกำเนิดและตรวจวัดอนุมูลอิสระ โดยทั่วไปอาศัยหลักการสร้างอนุมูลอิสระขึ้นมาก่อนแล้วจึงเติมสารต้านลงไป จากนั้นทำการตรวจวัดส่วนที่เหลือหลังจากเกิดปฏิกิริยา วิธีที่นิยมใช้ได้แก่ วิธี DPPH Assay (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical) (นิทรา เนื่องจำนงค์, 2549) ซึ่งอนุมูล DPPH[•] (ดังภาพ 4) เป็นอนุมูลไนโตรเจน มีสีม่วงอยู่ในรูปอนุมูลอยู่แล้ว โดยไม่ต้องทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดอนุมูลเหมือนกับกรณีอนุมูล ABTS^{•+} การวิเคราะห์เป็นการวัดความสามารถในการรีดิวซ์ การวัดทำโดยใช้เครื่องสเปกโตรวัดการลดลง

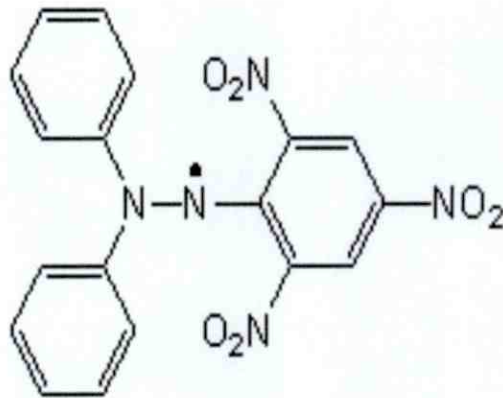
ของสี เมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ต่อมามีการพัฒนาใช้ DPPH[•] ในการหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เรียกว่า *Antiradical Efficiency (AE)* โดยคำนวณจากสมการ

$$AE = 1/EC_{50}T_{EC50}$$

EC_{50} = ความเข้มข้นของสารทดสอบที่สามารถลดปริมาณ DPPH[•] ที่เริ่มต้นลงได้ ร้อยละ 50

T_{EC50} = เวลาที่ใช้ในการลดปริมาณอนุมูลให้ได้ EC_{50}

ข้อดีของวิธีนี้คือ ง่าย สามารถใช้เครื่องมือพื้นฐานทั่วไป นิยมใช้เป็นวิธีเบื้องต้นในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลของสารต้านอนุมูลจากธรรมชาติ (โอภาส วัชรคุปต์, 2549)



ภาพ 5 สูตรโครงสร้าง 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH[•])

ที่มา : Rivelli *et al.* (2007)