บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

กาแฟอราบิก้าเป็นพืชเขตร้อน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Coffea arabica* L. อยู่ในวงศ์ Rubiaceae (Charrier and Berthaud, 1985) เป็น allotetraploid inbreeder (2n=44) มีถิ่นกำเนิดในป่าใต้ร่มเงาต้นไม้ใหญ่ ที่ระดับความสูงระหว่าง 1,350-1,800 เมตร ซึ่งมีสภาพอากาศค่อนข้างหนาวเย็น อยู่ระหว่างละติจูด 6° - 9° เหนือของประเทศ เอธิโอเปีย (Purseglove, 1968) กาแฟอราบิก้าเป็นต้นไม้พุ่มขนาดเล็ก อาจมีความสูงได้ถึง 5 เมตร หากไม่มีการตัดกิ่งลงบ้าง และเป็นต้นไม้ไม่ผลัดใบมีสีเขียวตลอดปี (evergreen) อายุประมาณ 10–15 ปี เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 15-25 องศาเซลเซียส และมีปริมาณน้ำฝน 1,500–2,000 มิลลิเมตรต่อปี แต่ต้องตกแผ่กระจายเป็นเวลานานและควรมีช่วงฤดูแล้งประมาณ 2–3 เดือน เพื่อการสร้างตาดอก ดินที่ปลูกควรเป็นดินร่วนซุยหน้าดินลึก ระบายน้ำและอากาศได้ดี มีค่า pH 4.5–6.5 และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง (อักษรและพัฒนพันธุ์, 2537)

การจำแนกพันธุ์ของกาแฟ

พันธุ์การค้าในโลกนี้มีหลายชนิด ซึ่งกาแฟมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น ลักษณะของใบ ความสูงของลำต้น คุณภาพการบริโภค ขนาดของสารกาแฟ และความสามารถในการให้ผลผลิต โดยสามารถแบ่งกลุ่มกาแฟออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 4 กลุ่ม (พงษ์ศักดิ์และบัณฑูรย์, 2542) ดังนี้

1. กาแฟอราบิก้า (*C. arabica*, 2n=44**)** เป็นกาแฟชนิดที่มีนิยมปลูกกันมาก ซึ่งให้ผลผลิตคิดเป็น จำนวนประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของกาแฟทั้งหมดทั่วโลก มีลักษณะลำต้น ใบ และเมล็ดมีขนาดเล็ก ให้ผลผลิตปานกลาง คุณภาพของเมล็ดดีที่สุด โดยสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิระหว่าง 13-21 องศาเซลเซียส ในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 800-1,800 เมตร ระยะเวลาตั้งแต่ดอกบานจนถึงเก็บเกี่ยวได้ใช้เวลาประมาณ 6-8 เดือน

2. กาแฟโรบัสต้าหรือคานิฟอร่า (C. *canephora* var. *robusta*, 2n=22) เป็นกาแฟดั้งเดิมในแถบศูนย์สูตร มีลักษณะลำต้น ใบ และเมล็ดใหญ่กว่ากาแฟอราบิก้า ให้ผลผลิตสูง และทนต่อโรคราสนิมได้ดี ส่วนคุณภาพของมล็ดด้อยกว่ากาแฟอราบิก้า ต้องการอากาศอบอุ่นประมาณ 20-32 องศาเซลเซียส สามารถปลูกได้ตั้งแต่ระดับน้ำทะเลไปจนถึงความสูง1,200 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระยะเวลาตั้งแต่ดอกบานจนถึงเก็บเกี่ยวได้ใช้เวลาประมาณ 9-11 เดือน กาแฟโรบัสต้าหรือเรียกชื่ออีกหนึ่งว่าคานิฟอร่า (C. *canephora*) มีความสามารถในการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วได้ดีทั้งในที่ร่มและกลางแจ้ง แต่ชอบสภาพร่มเงามากกว่า สามารถทนต่อความชื้นในดินสูง ต่อต้านโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อ *Fusarium* spp. ได้ดี

3. กาแฟเอ็กเซลซ่า (*C. exelsa* or *C. liberica* var. *dewevrei*, 2n=22) เป็นกาแฟที่ปลูกมากในแถบเส้นศูนย์สูตรของอัฟริกาเพื่อใช้บริโภคภายในประเทศเท่านั้น มีลักษณะทรงต้นและใบใหญ่กว่ากาแฟโรบัสต้า ให้ผลดก ผลเล็ก ผลสุกผิวสีแดง คุณภาพไม่ดี มีกลิ่นเหม็นเขียว แต่ทนต่อความแห้งแล้ง โรคและแมลงได้ดี มีความต้านทานต่อมอดหัวหิน (*Stephanodres*) ที่เป็นแมลงเจาะ (berry borrer) ส่วนใหญ่กาแฟชนิดนี้จะนำมาใช้ช่วยในการผสมพันธุ์กาแฟเพื่อให้มีคุณภาพและลักษณะทนทานต่อความหนาวเย็น

4. กาแฟลิเบอริก้า (*C. liberica* or *C. liberica* var. *liberica*, 2n=22) เป็นกาแฟพื้นเมืองของประเทศอังโกล่า มีลักษณะทรงพุ่มและใบใหญ่มาก มีความทนทานต่อโรคราสนิมได้ดีเยี่ยม ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มออกดอกจนถึงเก็บเกี่ยวผลใช้ระยะเวลา 12-15 เดือนเป็นกาแฟชนิดที่มีความทนทานต่อความหนาวเย็นได้ดี

สายพันธุ์ต่างๆ ของกาแฟอาราบิก้า (arabica coffee varieties)

กาแฟอาราบิก้า มีโครโมโซม 2n=44 (tetraploid) สามารถผสมตัวเองได้ (self-fertile) ทำให้มีการผสมภายในสายพันธุ์ (inbreeding) โดยไม่ทำให้เกิดผลเสียแต่อาจจะเกิดการผ่าเหล่า (mutation) ขึ้นได้ (Krug & Carvalho, 1951) เกิดเป็นสายพันธุ์หลายสายพันธุ์ ซึ่งสายพันธุ์ที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

1. พันธุ์ทิปปิก้า (Typica) (C. *arabica* var. *arabica*, Syn: *typica*) เป็นพันธุ์ดั้งเดิม มีพันธุกรรมควบคุมลักษณะเด่น คือ ใบหรือยอดอ่อนสีทองแดง (bronze) มีกิ่งแขนงที่หนึ่งเรียวเล็ก เติบโตทางแนวนอน ทำให้กิ่งแขนงห้อยย้อยลงมาเป็นพุ่ม พันธุ์นี้ไม่ต่อต้านโรคราสนิมและไม่ทนต่อความแห้งแล้ง มักมีอาการแห้งตายได้ง่ายภายใต้สภาพปลูกแบบกลางแจ้ง มีข้อห่าง ใบมีขนาดเล็กเรียบ เป็นมัน เจริญเติบโตเร็ว ออกดอกและผลได้เร็วกว่า พันธุ์ทิปปิก้าเป็นพันธุ์เก่าแก่และถือได้ว่าเป็นพันธุ์ต้นกำเนิดของกาแฟอาราบิก้าอื่นๆ

2. พันธุ์เบอร์บอน (Bourbon) (C. *arabica* var. *Bourbon*) เป็นพันธุ์ที่กลายพันธุ์จากพันธุ์ทิปปิก้า มีลักษณะเด่นต่างจากพันธุ์ทิปปิก้า คือ ใบอ่อนมีสีเขียวอ่อน ข้อถี่กว่า ใบใหญ่กว่าเล็กน้อย ออกดอกและเก็บเกี่ยวได้ช้ากว่า แต่ให้ผลผลิตสูงกว่า และทนทานต่ออาการยอดแห้งได้ดีกว่า เป็นพันธุ์ต้นเตี้ยและตั้งตรง มีกิ่งแขนงที่แข็งแรงออกไปทั้งสองข้าง กิ่งแขนงนี้จะเจริญเป็นแนวตั้งตรงขึ้นไปทำมุม 45 องศากับลำต้น ในช่วงที่ติดผลนั้นปลายทั้งสองข้างของกิ่งแขนงจะโค้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลงมาเนื่องจากน้ำหนักของผลกาแฟ กาแฟพันธุ์นี้ไม่มีความต้านทานต่อโรคราสนิม ไม่ทนต่อสภาพความหนาวเย็นและลมแรง

3. พันธุ์เอส แอล 28 (SL 28) เป็นพันธุ์ที่ได้มาจากการคัดเลือกจากพันธุ์ทนแล้งในเมืองไนโรบี ประเทศเคนยา ในปี พ.ศ. 2478 ลักษณะใบนี้จะกว้าง ใบอ่อนสีน้ำตาลแดง ทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง แต่ไม่ต้านทานต่อโรคราสนิม สารกาแฟขนาดใหญ่และมีคุณภาพ

4. พันธุ์เอส แอล 34 (SL 34) เป็นพันธุ์ที่ถูกคัดเลือกโดยบาทหลวงชาวฝรั่งเศสและนำมาปลูกในเมืองเอเดน ประเทศเคนยา ปี พ.ศ. 2436 มีลักษณะใบกว้าง ใบอ่อนสีน้ำตาลแดง มีลักษณะคล้ายคลึงกับพันธุ์ เอส แอล 28 มีผลผลิตและคุณภาพดีมาก และมีความต้านทานต่อสภาพร้อนหนาว และแห้งแล้งของอากาศในประเทศเคนยาเป็นอย่างดี

5. พันธุ์ เค 7 (K 7) ได้จากการคัดเลือกในปี พ.ศ. 2479 จากต้นกาแฟในประเทศเคนยาต้นที่ได้จากการคัดเลือกได้ตั้งชื่อว่า เค 7 เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะคล้ายพันธุ์เคนท์ มีความต้านทานต่อโรคราสนิมเชื้อสายที่ 2 แต่อ่อนแอต่อเชื้อสายที่ 1 ซึ่งมีการระบาดในเคนยา พันธุ์ เค 7 มีทรงพุ่มกว้าง กิ่งแขนงที่ 1 โน้มต่ำ และกิ่งแขนงที่ 2 เติบโตได้ดี ใบมีขนาดกลาง และใบอ่อนมีสีน้ำตาลแดง

6. พันธุ์เคนท์ (Kent) เป็นพันธุ์ที่มีชื่อเสียง ได้ทำการคัดเลือกในปี พ.ศ. 2454 จากต้นที่ปลูกในแคว้นไมเซอร์ ประเทศอินเดีย เติบโตได้อย่างรวดเร็ว ติดผลดก ใบอ่อนมีสีน้ำตาล มักจะมีการติดผลมากเกินไปจนเกิดอาการกิ่งและยอดแห้งตาย

7. พันธุ์มือกก้า (Mokka หรือ Mocha) เป็นกาแฟที่ได้ส่งออกผ่านท่าเรือโมซ่า (Mocha) โดยใช้ชื่อการค้าว่า โมช่า (Mocha) หรือเรียกว่า มือกก้า (Mokka) ในประเทศอินโนนีเซียพันธุ์นี้มีความแตกต่างกันอย่างมากจากพันธุ์ที่ปลูกในแหล่งดั้งเดิม ซึ่งมีลักษณะการเจริญเติบโตตั้งตรง ข้อสั้น ใบเล็ก สารกาแฟมีขนาดเล็ก กลม

8. พันธุ์บลูเมาเทน (Blue Moutian) เป็นพันธุ์ที่กลายพันธุ์มาจากพันธุ์ทิปปิก้า กล่าวกันว่านำมาจากสวนพฤกษศาสตร์ในอัมสเตอร์ดัม ในปี พ.ศ. 2266 จากชั่วลูกนี้ได้นำปลูกที่บลูเมาเทนในจาไมก้าในปี พ.ศ. 2273 ใบอ่อนสีน้ำตาลแดง มีความเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อม บนที่สูง ทนทานต่อความแห้งแล้งและต้านทานต่อโรคราสนิมที่เกิดกับผลกาแฟ (Coffee Berry Disease, CBD: *Colletotrichum coffeanum*) แต่อ่อนแอต่อโรคราสนิมในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการระบาด อย่างไรก็ตามเนื่องจากกาแฟพันธุ์นี้มีคุณภาพที่ดีมาก จึงทำให้เป็นพันธุ์ที่มีชื่อเสียงมากเมื่อปลูกที่จาไมก้า

9. พันธุ์โคน่า (Kona) เป็นรูปแบบของพันธุ์ทิปปิก้าที่ได้นำมาจากเมืองริโอเดอจานเนโร ประเทศบราซิล ในปี พ.ศ. 2368 ได้นำมาปลูกกันในเมืองโคน่า ประเทศฮาวาย เป็นกาแฟที่มีชื่อเสียง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหมือนกับกาแฟบลูเมาเทนภายใต้ชื่อการค้าว่า “ฮาวายโคน่า” เป็นกาแฟที่มีคุณภาพดีจนเป็นที่ต้องการอย่างมาก ราคาที่สูงในตลาดโลก

10. พันธุ์คาทูรา (Caturra) กาแฟพันธุ์นี้มีต้นกำเนิดจากการผ่าเหล่าตามธรรมชาติของพันธุ์เบอร์บอน มีแหล่งกำเนิดในประเทศบราซิล พบในพ.ศ. 2458 แต่ได้คัดเลือกนำมาปลูกในปี พ.ศ. 2480 มีลักษณะต้นเตี้ย และมีข้อสั้น ใบกว้างมีสีเขียวเข้ม สารกาแฟขนาดเล็ก มีการติดผลเร็วกว่าปกติ ผลผลิตสูง แต่อ่อนแอต่อโรคราสนิมอย่างมาก กาแฟพันธุ์คาทูรามีลักษณะคล้ายกับพันธุ์เบอร์บอน แต่มีลักษณะที่เด่นชัด คือ ทรงพุ่มเล็ก ข้อและปล้องของทั้งลำต้นและกิ่งแขนงสั้น ให้ผลผลิตสูงเพราะจำนวนข้อมาก

11. พันธุ์มอนโดโนโว (Mondo Novo) เป็นพันธุ์ที่เกิดจากการผสมข้ามตามธรรมชาติระหว่างพันธุ์ทิปปิก้า และพันธุ์เบอร์บอน มีผลสีแดง เป็นพันธุ์ที่พบในบราซิล ใน พ.ศ. 2486 เป็นพันธุ์ลูกผสมที่มีความแข็งแรงและให้ผลผลิตค่อนข้างสูง แสดงลักษณะที่คล้ายกับพันธุ์เบอร์บอน ในส่วนของสีปลายยอด และโครงสร้างของกิ่งข้าง แต่มักจะสูงกว่าและมีสารกาแฟขนาดใหญ่กว่าพันธุ์เบอร์บอน

12. พันธุ์คาทุย (Catuai) เป็นพันธุ์ที่เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์มอนโดโนโว (Mondo novo) และพันธุ์คาทุยผลเหลือง (Caturra Amarelo) ที่มีลักษณะทรงต้นคล้ายพันธุ์คาทุย แต่แข็งแรงและให้ผลผลิตสูงกว่า

13. พันธุ์วิลาซาชิ (Villa Sarchi) เป็นพันธุ์ที่เกิดจากการกลายพันธุ์กาแฟอาราบิก้า อีกพันธุ์หนึ่งซึ่งพบในคอสตาริก้า มีลักษณะคล้ายกับพันธุ์คาทูรามาก เช่น ข้อสั้น ใบกว้างสีเขียวเข้ม มีศักยภาพในการในผลผลิตสูง และติดผลเร็วกว่าปกติ

14. พันธุ์ เอส 288 (S 288) เป็นรุ่นชั่วลูกที่ 1 ของพันธุ์ เอส 26 เกิดการผสมกันตามธรรมชาติระหว่างกาแฟอาราบิก้าและกาแฟลิเบอริก้าที่พบในประเทศอินเดีย มีคุณภาพต่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากพันธุ์พ่อแม่ลิเบอริก้าที่มีคุณภาพต่ำ และมีอัตราการเกิดลักษณะมีเมล็ดมากกว่า 2 เมล็ดต่อผลเป็นจำนวนมาก ทำให้เมล็ดที่ใหญ่ผิดปกติซ้อนกันในผล เป็นผลที่แตกง่าย (elephant bean) เป็นเมล็ดที่เป็นโพรง

15. พันธุ์ เอส 759 (S 795) เป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่าง เอส 288 และพันธุ์เคนท์ มีความแข็งแรงและยอดสีน้ำตาลเข้ม มีสารกาแฟใหญ่ว่าพันธุ์ เอส 288 และต้านทานโรคราสนิม

16. พันธุ์อิคาทู (Icatu) เป็นพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกโดยการผสมกลับ (backcross) ระหว่างลูกผสมที่ได้จากการผสมโดยมนุษย์ ระหว่างกาแฟอาราบิก้าและกาแฟโรบัสต้า กับสายพันธุ์กาแฟอาราบิก้าต่างๆ เช่น มอนโด โนโว เบอร์บอนผลสีเหลืองและคาทุย ซึ่งพันธุ์อิคาทูนี้ได้จากการนำพันธุ์ลูกผสมดังกล่าวไปผสมกลับกับพันธุ์มอนโด โนโว การผสมนี้ได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พ.ศ. 2490 ที่ประเทศบราซิล พันธุ์อิคาทูได้แสดงลักษณะเด่นเหนือพ่อและแม่ ทั้งลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกและความต้านทานโรคราสนิม แต่คุณภาพจะต่ำกว่าพันธุ์คาติมอร์

17. พันธุ์อะราบัสต้า (Arabusta) ชื่อนี้มีการเรียกครั้งแรกโดยนักปรับปรุงพันธุ์กาแฟจากอัฟริกาตะวันตกในปี พ.ศ. 2504 โดยการผสมข้ามระหว่างกาแฟโรบัสต้าที่มีจำนวนโครโมโซมเป็นจำนวน 2 เท่า ซึ่งเป็นต้นพ่อ และกาแฟอาราบิก้าเป็นต้นแม่ โดยจุดประสงค์ของแผนงานการปรับปรุงพันธุ์นี้ เพื่อจะรวมความแข็งแรงและความสามารถในการผลิตในที่มีระดับสูงและความต้านทานต่อโรคราสนิมของกาแฟโรบัสต้ารวมเข้าด้วยกับลักษณะของกาแฟอาราบิก้าที่มีเมล็ดใหญ่ มีคุณภาพที่ดี และมีปริมาณคาเฟอีนต่ำ ส่วนการผสมพันธุ์ได้ใช้หลักการที่ทำให้กาแฟโรบัสต้าเพิ่มจำนวนโครโมโซมขึ้นเป็นสองเท่า (tetraploid) โดยใช้สารโคชิซีน (colchicine) ในขณะที่ต้นกล้าเริ่มงอก

พันธุ์กาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในประเทศไทย (Arabica coffee in Thailand)

พันธุ์คาติมอร์ ชื่อ คาติมอร์ (Catimor) ได้มาจากคำว่า คาทูรา (Caturra) และไฮบริโด เดอ ติมอร์ (Hibrido de Timor, HDT) เป็นชื่อเรียกการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ระหว่างพันธุ์ คาทูราผลสีเหลือง CIFC 19/1 ซึ่งเป็นต้นแม่ และพันธุ์ ไฮบริโด เดอ ติมอร์ CIFC 823/1 ซึ่งเป็นต้นพ่อและการผสมกลับระหว่างลูกผสมข้ามชนิด ทำให้ลูกผสมที่ได้มีความต้านทานต่อโรคราสนิมได้จากพันธุ์ไฮบริโด เดอ ติมอร์ ลักษณะทรงต้นเตี้ยและผลผลิตสูง ซึ่งได้จากพันธุ์คาทูรา การใช้เลขหมาย CIFC 19/1 และ CIFC 832/1 ได้กำหนดโดยนักปรับปรุงพันธุ์พืชที่ศูนย์วิจัยโรคราสนิมนานาชาติ (Centro de Investigacao das Ferrugens do Cafeeiro, CIFC) ในโปรตุเกส ซึ่งได้ก่อตั้งในปี พ.ศ. 2498 ที่สถานีวิจัย CIFC นี้ได้เริ่มแผนงานการปรับปรุงพันธุ์พืชในตอนต้นปี พ.ศ. 2503 ลูกผสมรุ่นที่ 1 ของพันธุ์คาทูราและ HDT 832/1 ได้มีการตั้งชื่อว่า HW 26 ซึ่งได้นำไปผสมกลับกับพันธุ์กาแฟ อาราบิก้าอื่นๆ ที่ให้ผลผลิตสูง ลูกผสมที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ดังกล่าวหลายหมายเลขได้นำมาคัดเลือกความต้านทานต่อโรคราสนิม รวมทั้งศักยภาพในการให้ผลผลิตและคุณภาพที่โครงการศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร รวมทั้งหน่วยงานพัฒนาการเกษตรที่สูงหลายหน่วยงาน ยอมรับว่าพันธุ์คาติมอร์มีความต้านทานต่อโรคราสนิมในระดับหนึ่ง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา ตลอดจนการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดเชื้อรา และง่ายต่อการปฏิบัติในแปลงปลูกของเกษตรกรชาวไทยภูเขาได้ดี หมายเลขสายพันธุ์ที่ได้นำไปส่งเสริมมีดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. สายพันธุ์ เอช 306 เกิดจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ SL 28 และ HW 26 ซึ่งเป็นพันธุ์คาติมอร์มีศักยภาพ ให้ผลตอบแทนที่สูง เพราะว่ามีความต้านทานต่อโรคราสนิม ทรงต้นเตี้ย มีคุณภาพสารกาแฟที่ดี ผลผลิตสูงและทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง

2. สายพันธุ์ เอช 361 เกิดจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์วิลาซาชิ และพันธุ์ไฮบริโด เดอ ติมอร์ พบว่า ในรุ่นชั่วที่ 4 แสดงความแข็งแรงและผลผลิตสูง รวมทั้งมีความต้านทานต่อโรคราสนิม และมีคุณภาพของสารกาแฟดี

3. สายพันธุ์ เอช 373 เกิดจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์เบอร์บอน และ HW 26 ได้ทำการประเมินผลการคัดเลือก ที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมที่สูงขุนช่างเคี่ยน ในปี พ.ศ. 2529 ปรากฏว่าปราศจากโรคราสนิม

4. สายพันธุ์ เอช 377 เกิดจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์คาทูราและ HW 26 จากการทดสอบความต้านทานต่อโรคราสนิมพบว่า จำนวนต้นที่เป็นโรคสูงมากที่แปลงปลูกของสายพันธุ์ H 377/8 ML 2/4 มีการแสดงการเป็นโรค 68% การคัดเลือกได้ทำการปลูกในปี พ.ศ. 2526 และยังมีการทดสอบต่อไป ซึ่งมีเพียง H 377/8 ML 2/6 ต้นเดียวที่ต้านทานต่อโรคราสนิม

5. สายพันธุ์ เอช 528 เป็นรุ่นลูกที่เกิดจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์คาทุยผลสีเหลือง และ HW 26 ลักษณะต้นเตี้ย ใบกว้างสีเขียวเข้ม ข้อสั้น ไม่ออกผลเร็วหมือนพันธุ์คาทูรา การคัดเลือกพันธุ์ H 528/21 ในแปลงเปรียบเทียบการจัดการ ที่สถานีทดลองเกษตรที่สูงหนองหอย พบว่าน้ำหนักและขนาดของสารกาแฟคล้ายกับพันธุ์คาทูรา

6. สายพันธุ์ประชากรหมายเลข 4 (Population 4) (F6) ได้จากการคัดเลือกรุ่นลูกชั่วที่ 6 ของ CIFC 7963 (F5) ซึ่งได้จากการคัดเลือกชั่วลูกของ CIFC HW 26/5-3-45-88 มีต้นกำเนิดจากพันธุ์คาติมอร์ ในประเทศโปรตุเกส มีลักษณะต้นเตี้ยที่สม่ำเสมอ ข้อสั้น ใบเล็ก และติดผลดกมาก ทำให้ใบร่วงก่อน มีความต้านทานต่อโรคราสนิม

7. สายพันธุ์ประชากรหมายเลข 5 (Population 5) (F5) ได้จากการคัดเลือกรุ่นลูกชั่วที่ 5 ของ CIFC 7963 (F4) ซึ่งได้จากการคัดเลือกชั่วลูกของ CIFC HW 26/5-3-45-88 มีต้นกำเนิดเดียวกับพันธุ์ประชากรหมายเลข 4

8. สายพันธุ์โปรจินี 86, โปรจินี 88 และโปรจินี 90 (Progeny 86, 88 and 90) สายพันธุ์คาติมอร์ทั้ง 3 สายพันธุ์มีต้นกำเนิดมาจากประเทศโคลัมเบีย แต่เมล็ดรุ่นลูกชั่วที่ 4 (F4) ได้รับมาจากสถานีวิจัยกาแฟในประเทศเคนยา เพียงแต่พ่อและแม่ของลูกผสมนี้แตกต่างไปจากพันธุ์คาติมอร์ทั่วไปที่มาจากบราซิลและโปรตุเกส คือ พ่อและแม่พันธุ์ที่เป็นพันธุ์ไฮบริโด เดอ ติมอร์ (HDT) ที่ไม่ใช่หมายเลย CIFC 832/1 แต่เป็น CIFC 1343 ซึ่งจัดได้เป็นกลุ่ม R คือความต้านทานโรคสนิมได้ดีถึง 22 เชื้อสาย จากทั้งหมด 30 เชื้อสาย ขณะเดียวกันก็ต้านทานต่อโรคที่เกิดกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลกาแฟ (Coffee Berry Disease; CDB) อันเกิดจากเชื้อ *Colletotrichum coffeanum* ซึ่งระบาดในประเทศไทย ทั้ง 3 สายพันธุ์มีลักษณะของทรงพุ่ม ใบ และผลไม่แตกต่างกันมาก ใบหนากว้าง ติดผลดก ผลค่อนข้างใหญ่ โปรจินี 86 และ 88 มียอดสีแดง ในขณะที่โปรจินี 90 มียอดสีเขียว

9. สายพันธุ์ แอล ซี 1662 เป็นลูกผสมระหว่างพันธุ์คาทูราและ CIFC 832/1 มีต้นกำเนิดในประเทศบราซิล การปลูกที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรที่สูงขุนช่างเคี่ยน เป็นลูกผสมชั่วที่ 4 ในการทดสอบสายพันธุ์ 7 สายพันธุ์ ในระดับความสูง 3 ระดับใน 5 ปี ที่ผ่านมา พบว่าสายพันธุ์นี้มีความสามารถในการให้ผลผลิตสูง ทั้งน้ำหนักผลสด น้ำหนัก ขนาดของสารกาแฟ

ลักษณะของกาแฟอราบิก้า (Welman, 1985)

ลักษณะของลำต้น

ลำต้นกาแฟมีข้อปล้องเหมือนต้นไม้อื่นๆ แต่จะยาวหรือสั้นขึ้นกับลักษณะพันธุ์กาแฟนั้นๆ ลำต้นมีกิ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ กิ่งตั้ง (orthotropic branch) และกิ่งนอน (pathotropic branch) กิ่งตั้ง คือกิ่งที่ตั้งตรงรวมถึงลำต้นหลักด้วย ตามปกติลำต้นหลักของกาแฟ (main stem) เมื่อยังเล็กจะมีใบอยู่ตรงข้อของลำต้น เมื่อโตขึ้นใบเหล่านั้นจะร่วงหล่นไปและเกิดตาขึ้นบริเวณโคนก้านใบนั้น ตาที่ขึ้นมี 2 ชนิด คือ ตาล่างและตาบน ตามปกติตาล่างจะเจริญเป็นกิ่งตั้งขึ้นแต่ยังคงพักตัวอยู่ ส่วนตาบนจะเจริญมาเป็นกิ่งนอน ซึ่งเป็นกิ่งที่ออกดอกติดผลต่อไป ดังนั้น ลำต้นหลักของกาแฟจึงเป็นที่เกิดของกิ่งตั้งและกิ่งนอน สำหรับกิ่งนอนที่เกิดจากลำต้นหลัก เรียกว่า กิ่งนอนให้ผลที่หนึ่งหรือกิ่งแขนงที่หนึ่ง (primary fruiting branch) กิ่งนอนให้ผลที่หนึ่งจะเป็นที่เกิดของกิ่งนอนให้ผลที่สองหรือกิ่งแขนงที่สอง (secondary fruiting branch) กิ่งนอนให้ผลที่หนึ่งจะเกิดเป็นคู่สลับเยื้องกันบนกิ่งตั้งหรือลำต้นหลักในข้อของกิ่งนอนแต่ละข้อนั้นจะเป็นที่เกิดของตาดอกกาแฟต่อไป
(อักษร และพัฒนพันธุ์, 2537)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 1 ลักษณะของทรงพุ่มต้นกาแฟอราบิก้า

ลักษณะของใบ

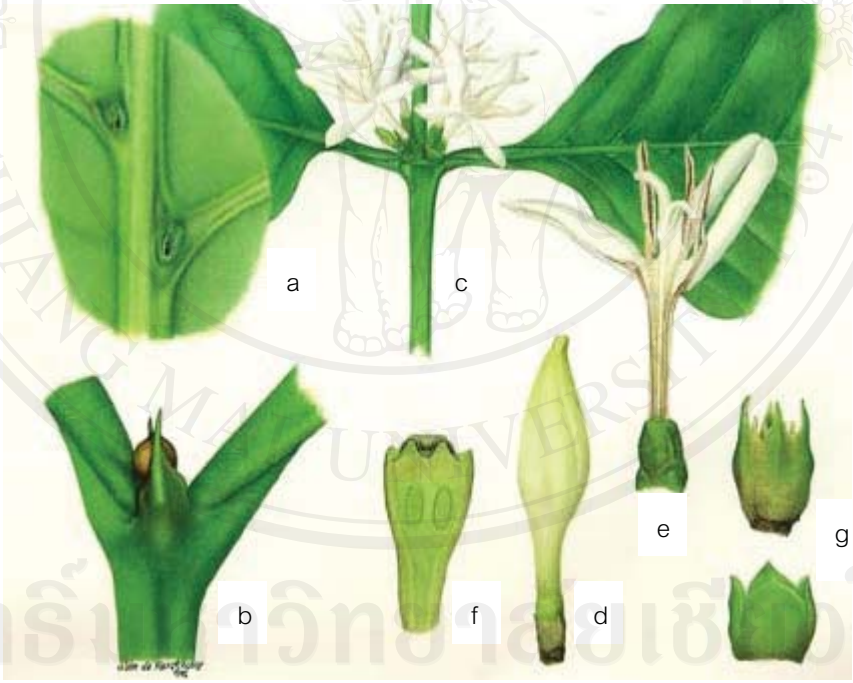
ใบของกาแฟจะเกิดขึ้นที่ข้อของกิ่ง มีการเรียงตัวเป็นแบบตรงกันข้าม ลักษณะเป็นรูปไข่ หรือ รูปโล่ ยอดใบแหลมก้านใบอวบสั้น ขอบใบเรียบเป็นคลื่น ผิวใบด้านบนมีสีเขียวเข้มเป็นมันเงา ส่วนด้านใต้ใบมีสีเขียวอ่อน ใบมีความกว้าง 5-6 เซนติเมตร ยาว 5-20 เซนติเมตร มีหูใบเกิดอยู่ระหว่างก้านใบ เมื่อใบอ่อนอาจมีสีแดงหรือสีเขียว ซึ่งมีความสำคัญในการจำแนกลักษณะสายพันธุ์กาแฟอราบิก้าได้ (อักษรและพัฒนพันธุ์, 2537)

ภาพที่ 2 ลักษณะของใบกาแฟอราบิก้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะของดอก

ตาดอกกาแฟเกิดบนกิ่งนอนตรงซอกโคนก้านใบ (อักษร และพัฒนพันธุ์, 2537) ตาดอกกาแฟเมื่อเจริญออกมายาว 4-6 มิลลิเมตร จะเข้าสู่ระยะพักตัวและเมื่อได้น้ำอย่างเพียงพอ ในฤดูฝนตาดอกก็จะบาน ในแต่ละข้อของกิ่งอาจมีดอก 2-20 ดอก (อนันต์, 2522; อักษรและพัฒนพันธุ์, 2537; Cannell, 1985; Gordon, 1986; Kumar, 1979,1982) ดอกกาแฟเป็นดอกสมบูรณ์เพศที่มีทั้งเกสรตัวผู้ และตัวเมียในดอกเดียวกัน จึงเป็นพืชผสมตัวเอง (80-95%) ดอกกาแฟมีกลีบดอกสีขาวหรือสีครีม รูปร่างคล้ายดาว มีกลิ่นหอมคล้าย มะลิป่า กลีบเลี้ยงมี 5-6 กลีบ เชื่อมติดกันเป็นหลอดยาว 1-1.5 เซนติเมตร ปลายหลอดผายออกเป็นกลีบแยกตั้งฉากกับก้านดอกเมื่อดอกบาน มีเกสรตัวผู้ 5-6 อัน อับละอองเกสรมี 2 พู แตกออกตามยาว ยอดเกสรตัวเมียมี 2 ก้าน ก้านเกสรตัวเมียยาว มีรังไข่ 1 อัน ดังนั้นจึงพบว่าผลกาแฟส่วนใหญ่จะมีเมล็ด 2 เมล็ดเสมอ (สมศรี, 2538)



ภาพที่ 3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของดอกกาแฟอราบิก้า

(a=domatium, b=stipule, c=flowering twig, d=flower bud, e=flower, f=ovary, g=bract)

(แหล่งที่มา: http://th.wikipedia.org/wiki/กาแฟ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4 ลักษณะการออกดอกของต้นกาแฟ

ลักษณะของผล

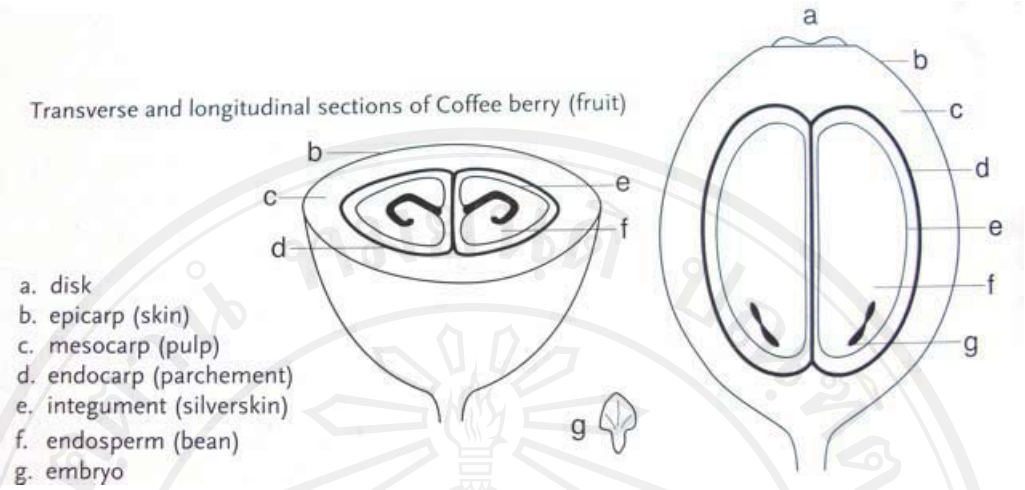
ตั้งแต่ดอกกาแฟบานจนถึงระยะผลแก่ใช้เวลาประมาณ 7-8 เดือน ผลกาแฟเป็นผลแบบ Drupe ผลเดี่ยว รูปร่างค่อนข้างรี ขนาดกว้างประมาณ 1-1.3 เซนติเมตร ยาว 1.5 เซนติเมตร มีก้าน ผลสั้น ผลดิบมีสีเขียว ผลสุกมีสีแดงหรือสีเหลืองขึ้นอยู่กับพันธุ์

ลักษณะผลประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. ส่วนของผลที่เป็นเปลือก
2. ส่วนที่เป็นเนื้อบาง ๆ สีเหลือง หรือสีแดง อาจมีรสหวานเล็กน้อยเมื่อผลสุก
3. ส่วนในสุดเรียกว่า กะลา เป็นส่วนที่บางแต่แข็งหุ้มเมล็ดเอาไว้ ซึ่งปกติมี 2 เมล็ดต่อ 1 ผล บางผลอาจมีเมล็ดใหญ่เมล็ดเดียวหรือมีเมล็ดใหญ่ 1 เมล็ด เล็ก 1 เมล็ด ซึ่งอาจเกิดจากความล้มเหลวในการผสมเกสร

ผลกาแฟจะแก่และเริ่มเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ (สมศรี, 2538; อักษรและพัฒนพันธุ์, 2537; Cambrony, 1992)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5 ส่วนต่างๆ ของเมล็ดกาแฟ

(แหล่งที่มาจาก http://www.sweetmarias.com/defects_seedstructure/defects_seedstructure.html)

ลักษณะของเมล็ด

มีรูปร่างกลมรียาว 8.5-12.5 มิลลิเมตร ผลส่วนใหญ่มี 2 เมล็ด ประกบกันเหมือนไข่ผ่าซีก ด้านในของเมล็ดอยู่ภายในเปลือกหุ้มที่เรียกว่า กะลา (parchment) เมล็ดที่มีเปลือกหุ้มอยู่เรียกว่า กาแฟกะลา (parchment coffee) เมื่อกระเทาะเอากะลาออกจะได้ส่วนของเมล็ดที่เรียกว่า สารกาแฟ (Coffee Bean) เมื่อยังสด มีสีขาว เมื่อแห้ง มีสีเขียวอ่อน จึงมักเรียกว่า Green Coffee ถ้าเก็บไว้นานจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (อนันต์, 2522; อักษร และพัฒนพันธุ์, 2537)

ภาพที่ 6 ลักษณะของกาแฟตามกระบวนการผลิต

(A = ผลกาแฟ, B = ผลกาแฟผ่าตามยาว, C = กาแฟกะลา, D = สารกาแฟ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สภาพแวดล้อมสำหรับการปลูกกาแฟอราบิก้า

1. ดิน

ดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกกาแฟอราบิก้า โดยทั่วไปควรมีหน้าดินลึกประมาณ 1.5 เมตร ดินควรมีลักษณะร่วนซุย มีสีแดงหรือสีน้ำตาล มีการระบายน้ำดี เนื้อดินไม่ละเอียดเกินไป มีการระบายอากาศดี มีความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง และสามารถเก็บความชื้นดินในดินมาก ความเป็นกรดเป็นด่างของดินควรอยู่ระหว่าง 4.5–6.5 น้ำที่เป็นประโยชน์ในดินจะต้องสามารถเก็บรักษาไว้เพียงพอสำหรับการคายระเหยตลอดฤดูแล้ง (Willson, 1985)

2. ระดับความสูงของพื้นที่

ระดับความสูงของพื้นที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในเขตศูนย์สูตร กาแฟอราบิก้าจะปลูกบนที่สูง 1,000-2,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล (Willson, 1985) พงษ์ศักดิ์และพัฒนพันธุ์ (2537) กล่าวว่าระดับความสูงของพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกาแฟอราบิก้า มีความสูงประมาณ 1,200-1,300 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล หากพื้นที่มีความสูงมากกว่า 1,500 เมตรขึ้นไป กาแฟอราบิก้าจะประสบปัญหาน้ำค้างแข็ง ซึ่งมักเกิดขึ้นในตอนฤดูหนาว และทำให้ผลผลิตเสียหายในที่สุด

3. ปริมาณน้ำฝน

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงจากฤดูฝนเป็นฤดูแล้ง และจากฤดูแล้งเป็นฤดูฝนมีความสำคัญสำหรับการสร้างตาดอก การทำลายการพักตัวของตาดอก และการเจริญทางกิ่งใบ ซึ่งการกระจายของฝนก็มีความสำคัญ เช่นเดียวกับปริมาณน้ำฝน (Willson, 1985) ปริมาณน้ำฝนควรอยู่ระหว่าง 1,750-2,000 มิลลิเมตร ระยะเวลาฝนตกควรจะนานถึง 9 เดือน ส่วนอีก 3 เดือน ควรจะเป็นหน้าแล้งซึ่งเป็นการกระตุ้นให้เกิดตาดอก พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนสูง

4. อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการปลูกกาแฟอราบิก้าเป็นอย่างมาก เริ่มตั้งแต่การเพาะเมล็ด การเจริญเติบโตในระยะกล้า ระยะต้นโตในแปลง จนกระทั่งออกดอก ติดผล ความดกของผล และการสุกของผล อุณหภูมิในสภาพแปลงปลูกจะขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับความสูงของพื้นที่ ละติจูด ทิศทางการปลูก ความชื้น และสภาพแสงในช่วงวัน (พงษ์ศักดิ์ และพัฒนพันธุ์, 2537)

อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการปลูกและการเจริญเติบโตของกาแฟอราบิก้านั้น มีผู้รายงานไว้หลายการทดลอง เช่น Willson (1985) กล่าวว่า ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมของกาแฟจะใกล้เคียงกับแหล่งปลูกตามธรรมชาติ สำหรับกาแฟอราบิก้าจะอยู่ในช่วง 15-24 องศาเซลเซียส ส่วนอาภรณ์ (2533) เสนอว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการปลูกกาแฟอราบิก้า ควรมีค่าเฉลี่ยทั้งปีระหว่าง 15-25 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิอากาศที่สูงกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมจะเร่งให้ต้นกาแฟโตเร็วกว่าปกติ คือเกิดอาการติดผลขณะอายุยังน้อย ติดผลมากเกินไป ต้นโทรมเร็ว มีอาการกิ่งแห้ง และโรคเข้าทำลาย นอกจากนี้ Willson (1985) รายงานว่า ถ้าต้นกาแฟได้รับอุณหภูมิมากกว่า 25 องศาเซลเซียส อัตราการสังเคราะห์แสงจะลดลง เนื่องจากใบถูกทำลายหากได้รับอุณหภูมิมากกว่า 30 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นใบที่ได้รับความเข้มแสงสูงติดต่อกัน ทำให้เกิดอาการใบเหลือง ซึ่งบริเวณที่เกิดการเปลี่ยนสีจะไม่มีรูปร่างที่แน่นอน ใบบางใบจะลดขนาดลงผิดส่วน เกิดรอยด่างไหม้และร่วงหล่นในที่สุด ยิ่งไปกว่านั้น อาการอาจรุนแรงมากขึ้น หากต้นกาแฟได้รับอุณหภูมิสูงแล้วตามด้วยอุณหภูมิต่ำ เช่นการชักนำให้ต้นกล้าได้รับอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส ภายหลังจากได้รับอุณหภูมิสูง ต้นกล้าจะเกิดการแตกกิ่งแขนงชุดที่ 2 และ 3 มากเกินไป ปลายยอดดำ ผิดส่วนและเหี่ยว เนื่องจากผลของอุณหภูมิที่แตกต่างกันมาก อาการนี้รู้จักในชื่อ hot-and-cold disease

5. การคลุมดิน

การคลุมดินเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการปลูกกาแฟอราบิก้า โดยเฉพาะในพื้นที่ค่อนข้างแห้งแล้ง เพราะช่วยรักษาความชื้นในดินให้อยู่นานยิ่งขึ้น ช่วยลดอุณหภูมิของดิน เพิ่มธาตุอาหารแก่ดินและเพิ่มผลผลิตกาแฟ (อาภรณ์, 2533) นอกจากนี้ยังพบว่าการคลุมดิน ทำให้การเจริญเติบโตของวัชพืชลดลง และลดการสูญเสียดินจากการชะล้างเมื่อเกิดฝนตกหนัก (Willson, 1985)

6. ร่มเงา

เนื่องจากถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติของกาแฟเกือบทั้งหมดอยู่ภายใต้สภาพป่าซึ่งเป็นต้นไม้ใหญ่ การปลูกในช่วงแรกจึงปลูกภายใต้สภาพร่มเงา โดยอาศัยร่มเงาจากต้นไม้ป่าแทนการปลูกไม้บังร่มขึ้นมาใหม่ (Willson, 1985) ระบบการปลูกกาแฟของประเทศต่างๆ ในโลก แยกเป็นสองลักษณะด้วยกัน คือการปลูกกาแฟกลางแจ้ง และปลูกกาแฟในร่มรำไร ปัจจุบันการปลูกกาแฟมีการปลูกกลางแจ้งมากขึ้นเรื่อย ๆ และมีแนวโน้มที่จะทำลายร่มเงาและสร้างระบบปลูกใหม่โดยไม่อาศัยร่มเงา เนื่องจากการปลูกกาแฟกลางแจ้งให้ผลเร็วและมากกว่ากาแฟที่ปลูกในร่ม แต่ต้นมีการติดผลมากเกินไป ทำให้เกิดอาการกิ่งแห้งตาย และติดผลปีเว้นปี ซึ่งเป็นสาเหตุให้ต้นกาแฟมีอายุการให้ผลสั้นลงได้ (อักษร และคณะ, 2537)

กาแฟอราบิก้าที่ปลูกในสภาพที่เหมาะสมทั้งความอุดมสมบูรณ์ของดิน และสภาพอากาศเหมาะสม การดูแลที่ดี ได้รับปุ๋ยเพียงพอต่อความต้องการ ผลผลิตกาแฟที่ปลูกกลางแจ้งจะสูงกว่าที่อยู่ภายใต้ร่มเงาอย่างเห็นได้ชัด แต่ในสภาพที่ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ ได้รับปริมาณน้ำฝนมากเกินความต้องการ อุณหภูมิไม่เหมาะสม และได้รับความเข้มแสงสูงได้มีการแนะนำให้ใช้ไม้บังร่มเพื่อรักษาผลผลิตให้เป็นปกติและป้องกันการติดผลมากเกินไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเก็บเกี่ยวและการทำสารกาแฟ

กาแฟอราบิก้าที่ปลูกบนพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย จะเริ่มสุกจนเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เดือนตุลาคมเป็นต้นไป โดยผลกาแฟจะสุกจากแปลงที่อยู่เหนือระดับน้ำทะเลน้อยไปหามาก และต้นที่อยู่กลางแจ้งจะสุกก่อนต้นที่อยู่ในร่ม ผลกาแฟในข้อเดียวกันจะสุกไม่พร้อมกัน จึงต้องเก็บเกี่ยวทีละผลโดยเลือกเก็บเฉพาะผลสุก ในบางปีที่มีอากาศหนาวเย็นมาก เปลือกนอกของผลกาแฟเปลี่ยนสีแล้ว แต่ปอกเปลือกยาก เนื่องจากยังไม่สุกแก่ทางสรีรวิทยา การสังเกตุว่าสามารถเก็บเกี่ยวได้หรือไม่ ให้ลองบีบผลที่สุก หากเมล็ดล่อนออกมาง่ายก็สามารถเก็บเกี่ยวได้

การเก็บเกี่ยว เนื่องจากการออกดอกติดผลและการพัฒนาของผลในข้อเดียวกันเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน ทำให้ผลกาแฟในข้อเดียวกันสุกไม่พร้อมกัน การเก็บเกี่ยวจึงต้องทยอยเก็บ โดยเลือกเก็บเฉพาะผลที่สุก ในช่วงต้นฤดูเก็บเกี่ยวเมื่อเริ่มลงมือเก็บครั้งที่ 1 แล้ว จะกระตุ้นให้ผลกาแฟที่เหลือสุกเร็วขึ้นไปด้วย หลังจากที่เก็บเกี่ยวต้องปอกเปลือกภายในเกิน 24 ชม.ถ้าปอกเปลือกช้าจะเกิดการหมักภายในกระสอบ ทำให้สารกาแฟดูดกลิ่นที่เกิดจากการหมักเน่าของเปลือกผลสดเข้าไปในเมล็ดได้ ซึ่งจะทำให้มีกลิ่นติดเมล็ดไปตลอดและไม่สามารถขจัดออกได้

การทำสารกาแฟ มี 2 วิธีหลักคือ วิธีแห้ง (Dry method or Natural method) และวิธีเปียก (Wet method or Parchment method) มีขั้นตอนดังนี้

1. การทำสารกาแฟวิธีแห้ง เป็นวิธีการทำสารกาแฟอย่างง่าย มีขั้นตอนน้อย ประหยัดแรงงานและไม่ต้องการเครื่องมือซับซ้อน โดยนำผลกาแฟสุกไปตากแดดจนแห้งใช้เวลาประมาณ 15-20 วัน จากนั้นนำไปสีหรือกระเทาะเปลือก ก็จะได้สารกาแฟที่ต้องการ วิธีการทำสารกาแฟแบบแห้งนิยมใช้ในกาแฟโรบัสต้าที่ปลูกทางภาคใต้ สำหรับทางภาคเหนือจะใช้กับผลกาแฟปลายฤดูที่ผลขนาดเล็กและต้องการเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้ายเพื่อเตรียมต้นสำหรับการออกดอกฤดูต่อไป ข้อเสียของวิธีนี้คือ อาจมีกลิ่นที่เกิดจากหมักของเมือกหุ้มรอบกะลา (mucilage) ใต้เปลือกกาแฟซึ่งมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบทำให้รสชาติและกลิ่นที่ได้ผิดปกติ จึงทำให้คุณภาพสารกาแฟที่ได้มีคุณภาพต่ำและไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน

2. การทำสารกาแฟวิธีเปียก เป็นวิธีที่นิยมในการผลิตสารกาแฟอาราบิก้า เพราะสามารถผลิตสารกาแฟที่มีรสชาติที่ดีกว่าการผลิตสารกาแฟวิธีแห้ง แต่ก็ต้องการแรงงานมาก มีขึ้นตอนมากกว่า และมีน้ำในการทำความสะอาดอย่างเพียงพอ ขั้นตอนการผลิตสารกาแฟโดยวิธีเปียกมีดังนี้

2.1 นำผลกาแฟสุกที่เก็บเกี่ยวได้แช่น้ำ เพื่อแยกผลกาแฟที่ฝ่อ ผลแห้ง เศษใบไม้และสิ่งเจือปนอื่นๆ ออก

2.2 การปอกเปลือกผลกาแฟ (pulping) ทำได้โดยใช้เครื่องปอกเปลือก (pulper) บีบให้เปลือกนอกของผลหลุดออกมา วิธีนี้มีความต้องการเครื่องมือในการปอกเปลือก ถ้าไม่มีอาจใช้วิธีตำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในครกไม้เบาๆ ในขณะปอกเปลือกถ้าใช้น้ำช่วยหล่อจะทำให้การปอกง่ายขึ้น เครื่องปอกเปลือกจะแยกส่วนที่เมล็ดซึ่งมีเมือกติดอยู่บริเวณส่วนเปลือกของผลออกจากกัน ส่วนเปลือกอาจใช้เป็นอาหารสัตว์หรือทำปุ๋ยหมัก

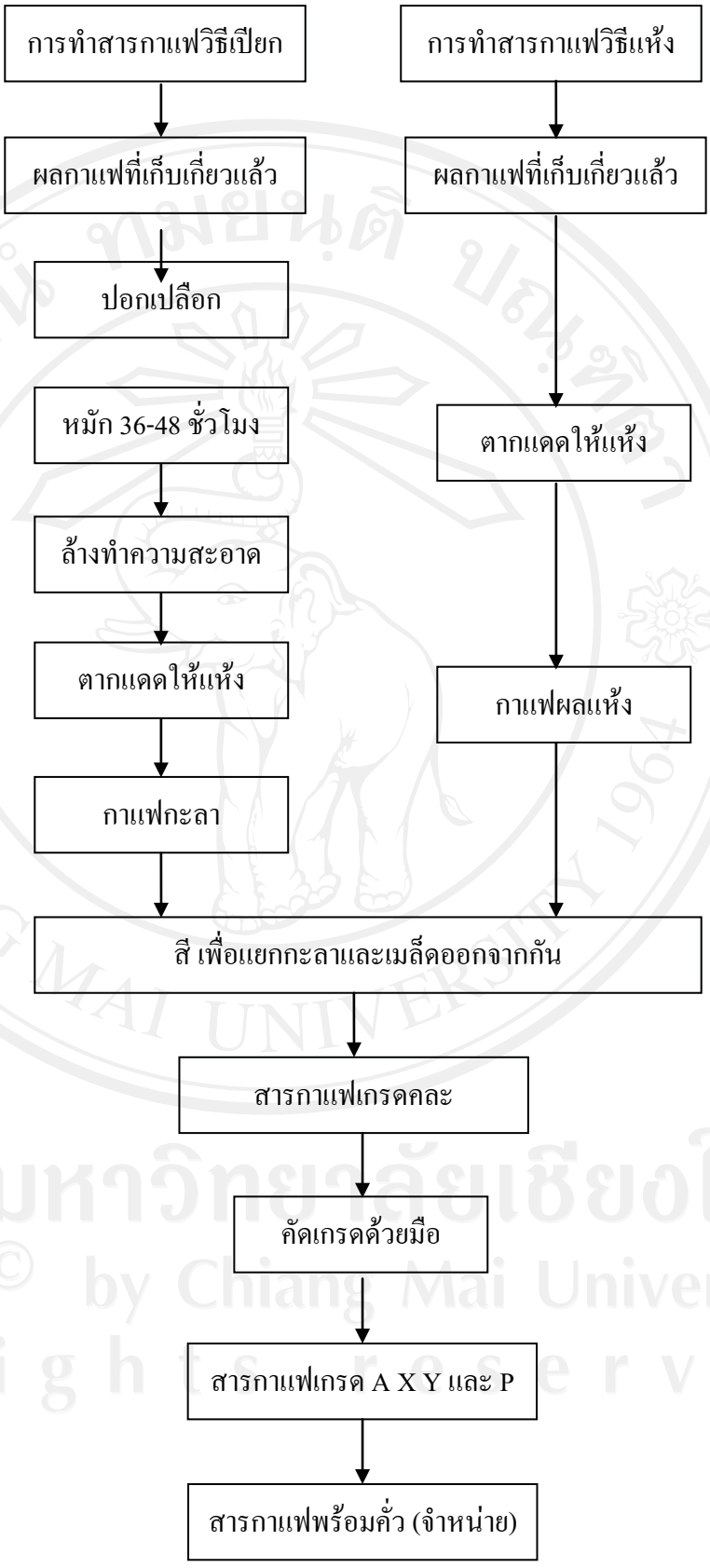
2.3 การหมัก (fermentation) คือการนำแมล็ดที่มีเมือกอยู่แช่น้ำไว้ในภาชนะซึ่งอาจเป็นถังซีเมนต์ ถังพลาสติก หรือภาชนะอื่นๆ ที่ใส่น้ำได้ ปล่อยไว้ 1-2 วัน (36-48 ชั่วโมง) การสังเกตุว่าเมือกหลุดออกหรือยังให้ลองขัดเมล็ดกาแฟ หากขัดล้างได้ง่ายแสดงว่าหมักได้ที่แล้ว (สภาพอุณหูมิต่ำมาก อาจจะใช้เวลาในการหมักนานขึ้น) การหมักนอกจากจะช่วยให้ล้างเมือกออกได้ง่ายแล้วยังช่วยในการพัฒนาคุณภาพการชงดื่มให้ดีขึ้น

2.4 การล้างทำความสะอาด (washing) เมื่อนำเมล็ดไปผ่านกระบวนการหมักแล้วนำไปล้างดวยน้ำสะอาด โดยใช้มือขัดเมือกออกให้หมดในขณะที่ล้างให้แยกสิ่งเจือปนที่จะมีผลต่อคุณภาพออก เช่น เปลือก ผลเล็กที่ลอดเครื่องปอกเปลือก เมล็ดแตกจากการถูกเครื่องเครื่องปอกเปลือกบด ผลสีเขียวและสิ่งเจือปนอื่นๆ หลังจากล้างทำความสะอาดเสร็จสามารถนำเมล็ดกาแฟไปตากแห้งได้ทันทีและอาจแช่น้ำ (water soaking) ทิ้งไว้อีกประมาณ 12 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดมีโอกาสคายสารกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นขณะหมัก

2.5 การทำให้แห้ง (drying) นำกาแฟกะลาที่ผ่านการล้างแล้วไปตากแดด แต่ในกระบวนการตากไม่ควรให้กาแฟสัมผัสกับผิวดินโดยตรง ซึ่งแก้ปัญหาโดยการทำแคร่ ใช้ตาข่ายพลาสติก (มุ้งสีฟ้า) ให้ตากจนกว่าเมล็ดจะแห้ง (ตามทฤษฎีต้องมีความชื้นไม่เกิน 13 เปอร์เซ็นต์) ในการตากต้องคอยหลบฝนและน้ำค้าง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้กาแฟขึ้นรา โดยหลังจากตากจนแห้งแล้ว กาแฟในรูปนี้เรียกว่า กาแฟกะลา (Parchment coffee) เกษตรกรอาจเก็บในรูปนี้หรืออาจสีออกเป็นสารกาแฟก็ได้ แต่ถ้าต้องการเก็บนานควรเก็บในรูปกาแฟกะลาที่ยังไม่สี

2.6 การสีกาแฟกะลา เป็นการกำจัดกะลาออกจากเมล็ดโดยเครื่องสี (huller) ถ้าเปรียบเทียบเสมือนข้าวก็คือ การสีเอาเปลือกข้าวออก (แกลบ) ออกไปและที่เหลือก็คือข้าวสาร ซึ่งในกาแฟนิยมเรียกสารกาแฟ (ไม่นิยมเรียก “กาแฟสาร”) ในบางพื้นที่ที่ไม่มีเครื่องสีเกษตรกรสามารถใช้ครกตำเบาๆ ได้ การสีต้องให้กาแฟแห้งจริงๆ มิฉะนั้นเมล็ดจะแตกหรือแบน เกรดหรือขนาดสารกาแฟก็จะลดลง ลักษณะสารกาแฟที่ดี สารต้องมีความสมบรูณ์มีสีเขียวอมฟ้าและมีความชื้นประมาณ 11-12 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 7 แผนภาพสรุปกระบวนการทำสารกาแฟ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การคั่วกาแฟ โดยออกเป็น 3 ระดับดังนี้

1. Light เป็นการคั่วแบบคั่วอ่อน ใช้เวลาคั่ว 10-12 นาที เมล็ดกาแฟมีลักษณะแห้งและมีสีน้ำตาลอ่อน เมื่อนำไปชงมักให้รสชาติค่อนข้างเปรี้ยว

2. Medium เป็นการคั่วแบบคั่วปานกลาง ใช้เวลาคั่ว 12-15 นาที เมล็ดกาแฟมีลักษณะแห้งและมีสีน้ำตาลคล้ายผลเกาลัด

3. Dark เป็นการคั่วแบบคั่วนาน มักใช้ความร้อนสูงกว่าสองแบบแรก ใช้เวลาคั่ว 15-18 นาที ซึ่งเมล็ดกาแฟเริ่มขึ้นเงาและมีสีน้ำตาลเข้ม เมื่อนำไปชงให้รสชาติเข้มข้นคล้ายช็อกโกแลตและมีกลิ่นเครื่องเทศ

A **B** **C**

ภาพที่ 8 การคั่วในระดับต่างๆ
(A= คั่วอ่อน B= คั่วกลาง C= คั่วเข้ม)

การเปลี่ยนแปลงของสารกาแฟขณะคั่ว มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังนี้

1. สารกาแฟจะดูดซับความร้อนทำให้ความชื้นลดลง สีของสารเปลี่ยนจากสีเขียวอมเทาเป็นสีเขียวอบเหลือง เริ่มได้กลิ่นหอมของกาแฟและมีควันสีขาวจางๆ ออกมา ขั้นตอนนี้สารกาแฟมีการสูญเสียน้ำประมาณ 70- 90 % โดยที่น้ำหนัก

2. สารกาแฟเริ่มแตก เนื่องจากปฏิกิริยา (pyrolysis) มีการเปลี่ยนแปลงภายในสารกาแฟของน้ำไปเป็นไอน้ำ (hydrolysis) ที่เกิดความดันรุนแรงต่อผนังเซลล์ และการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรด (carbohydrate oxidation) ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รอยต่อกลางสาร กาแฟแตกแยกออกจึงมีเสียงแตก สีของสารเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้ำตาล ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนของน้ำตาลโมเลกุลรวม (polysaccharides) ควันเริ่มเป็นสีเทา เมื่อมีการระเหยน้ำในเซลล์มากขึ้น (dehydration) โครงสร้างแข็งแรง (woody structure) ของสารกาแฟพองตัวและขยายขนาดใหญ่กว่าร้อยละ 40-60 โดยปริมาตร มีความเปราะมากขึ้น แต่ความหนาแน่นลดลง สารระเหยได้ (volatile substance) เพิ่มมากขึ้นและเยื่อสีน้ำตาลจะหลุดออกเป็นสะเก็ดเล็กๆจากนั้นเสียงแตกจะหยุดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ความดันภายในสารกาแฟเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดเสียงแตกเป็นครั้งที่สอง และเริ่มพบว่าผิวมีความมันวาวจากน้ำมันที่ขับออกมานี้กระทบความร้อนอย่างต่อเนื่องก็จะทำให้เกิดควันมากขึ้น ในขณะเดียวกันก็จะมีการเปลี่ยนสภาพของแป้งและน้ำตาล ไปเป็นสารเหนียวสีน้ำตาลเข้ม (Caramelized) ทำให้เมล็ดกาแฟมีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้น หากปล่อยให้เมล็ดกาแฟได้รับความร้อนนานมากขึ้นก็จะเกิดความดำเข้มเกินความต้องการ

เมื่อถึงสารกาแฟคั่วมีสีน้ำตาล ในระดับที่ต้องการแล้ว จะต้องเทออกจากเครื่องคั่วและทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว โดยใช้อากาศเป่าเย็น หรือดูดความร้อนออก หรือการฉีดพ่นด้วยน้ำ ถ้าจะปล่อยให้กาแฟเย็นลงเองจะทำให้ไม่สามารถคุมคุณภาพของสารกาแฟคั่วตามระดับมาตรฐานที่ต้องการได้

คาเฟอีน (Caffeine) (Anonymous, 2000)

แหล่งของคาเฟอีน

เมล็ดกาแฟจัดเป็นพืชที่เป็นแหล่งของคาเฟอีนที่ใหญ่ที่สุด ปริมาณคาเฟอีนที่อยู่ในกาแฟจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักสองประการ คือชนิดของเมล็ดกาแฟที่เป็นแหล่งผลิต และกรรมวิธีในการเตรียมกาแฟ เช่น เมล็ดกาแฟที่คั่วจนเป็นสีเข้มจะมีปริมาณคาเฟอีนน้อยกว่าเมล็ดที่คั่วไม่นาน เนื่องจากคาเฟอีนสามารถสลายตัวไปได้ระหว่างการคั่ว และกาแฟพันธุ์อาราบิกาจะมีปริมาณคาเฟอีนน้อยกว่ากาแฟพันธุ์โรบัสตา เป็นต้น โดยทั่วไปกาแฟเอสเปรสโซจากเมล็ดกาแฟพันธุ์อราบิก้าจะมีคาเฟอีนประมาณ 40 มิลลิกรัม นอกจากนี้ในเมล็ดกาแฟยังพบอนุพันธุ์ของคาเฟอีน คือ ธีโอฟิลลิน (Theophyllin) ในปริมาณเล็กน้อยอีกด้วย

ใบชายังเป็นแหล่งของคาเฟอีนที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่ง พบว่าจะมีคาเฟอีนมากกว่ากาแฟในปริมาณเดียวกัน แต่วิธีชงดื่มของชานั้น ทำให้ปริมาณคาเฟอีนลดลงไปมาก แต่ชาจะมีปริมาณของ ธีโอฟิลลินอยู่มาก และพบอนุพันธุ์อีกชนิดของคาเฟอีน คือธีโอโบรมีน (Theobromine) อยู่เล็กน้อยด้วย ชนิดของใบชาและกระบวนวิธีการเตรียมก็เป็นปัจจัยสำคัญของคาเฟอีนในน้ำชาเช่นเดียวกับในกาแฟ เช่นในชาดำและชาอูหลงจะมีคาเฟอีนมากกว่าในชาชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตามสีของน้ำชาไม่ได้เป็นลักษณะบ่งชี้ถึงปริมาณคาเฟอีนในน้ำชา เช่นในชาเขียวญี่ปุ่นซึ่งจะมีปริมาณคาเฟอีนสูงกว่าชาดำบางชนิด

ช็อคโกแลตซึ่งผลิตมาจากเมล็ดโกโก้ก็เป็นแหล่งของคาเฟอีนเช่นเดียวกัน แต่ในปริมาณที่น้อยกว่าเมล็ดกาแฟและใบชา แต่เนื่องจากในเมล็ดโกโก้มีสารธีโอฟิลลินและธีโอโบรมีนอยู่มาก

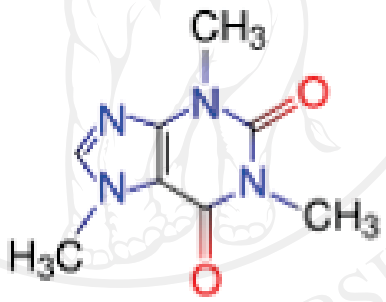
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จึงมีฤทธิ์อ่อนๆในการกระตุ้นประสาท อย่างไรก็ตาม ปริมาณของสารดังกล่าวนี้ก็ยังน้อยเกินไปที่จะให้เกิดผลกระตุ้นประสาทเช่นเดียวกับกาแฟในปริมาณที่เท่ากัน

น้ำอัดลมและเครื่องดื่มชูกำลังเป็นเครื่องดื่มที่พบคาเฟอีนได้มากเช่นเดียวกัน น้ำอัดลมทั่วไปจะมีคาเฟอีนประมาณ 10-50 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ขณะที่เครื่องดื่มชูกำลัง เช่น กระทิงแดง จะมีคาเฟอีนอยู่มากถึง 80 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค คาเฟอีนที่ผสมอยู่ในเครื่องดื่มเหล่านี้อาจมาจากพืชที่เป็นแหล่งผลิต แต่ส่วนใหญ่จะได้จากคาเฟอีนที่สกัดออกระหว่างการผลิตกาแฟพร่องคาเฟอีน (Decaffeinated coffee)

สถานะทางเคมี

คาเฟอีน (caffeine) มีสูตรโครงสร้าง $C_8H_{10}N_4O_2$ มีชื่อทางเคมี คือ 3,7-Dihydro-1,3,7-trimethyl-1 H-purine-2,6-dione ชื่ออื่นๆ คือ 1,3,7-trimethylxanthin หรือ 1,3,7-trimethyl-2,6-Dihydroxypurine มีสูตรโครงสร้างดังนี้



ภาพที่ 9 สูตรเคมีของคาเฟอีน: $C_8H_{10}O_2N_4 \cdot H_2O$
(1,3,7-trimethylxanthine)
(แหล่งที่มา: http://th.wikipedia.org/wiki/คาเฟอีน)

เป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทอัลคาลอยด์ (Alkaloids) ถูกจัดอยู่ในกลุ่มสารจำพวกแซนทีน (xanthine) ที่มีตามธรรมชาติ คาเฟอีนมีน้ำหนักโมเลกุล 194.19 กรัมต่อโมล มีจุดเดือด 178 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว 237 องศาเซลเซียส มีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น มีรสขม คาเฟอีนบริสุทธิ์มีลักษณะเป็นผลึกรูปเข็มสีขาว สามารถระเหิดได้ง่าย ละลายได้ในสารอินทรีย์ทั่วไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมแทบอลิซึมและเภสัชวิทยา

คาเฟอีนจัดเป็น สารกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง และเมแทบอลิซึม หรือกลไกการเผาผลาญสารอาหารในร่างกาย เพื่อลดความง่วง ความเหนื่อยล้า และจะส่งผลกระตุ้นเส้นประสาท โดยมีการปล่อย โปแตสเซียม และแคลเซียม เข้าสู่เซลล์ประสาท เพิ่มการตื่นตัวของร่างกาย โดยในระบบประสาทคาเฟอีนจะไปกระตุ้นการทำงานในระดับสูงของสมองเพื่อเพิ่มความกระปรี้กระเปร่า ทำให้กลไกการคิดรวดเร็วและมีสมาธิมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ร่างกายมีกระบวนการต่างๆในการแปรรูปคาเฟอีนที่ได้รับมาเป็นสารอนุพันธุ์ชนิดอื่นซึ่งมีฤทธิ์ต่างๆกัน

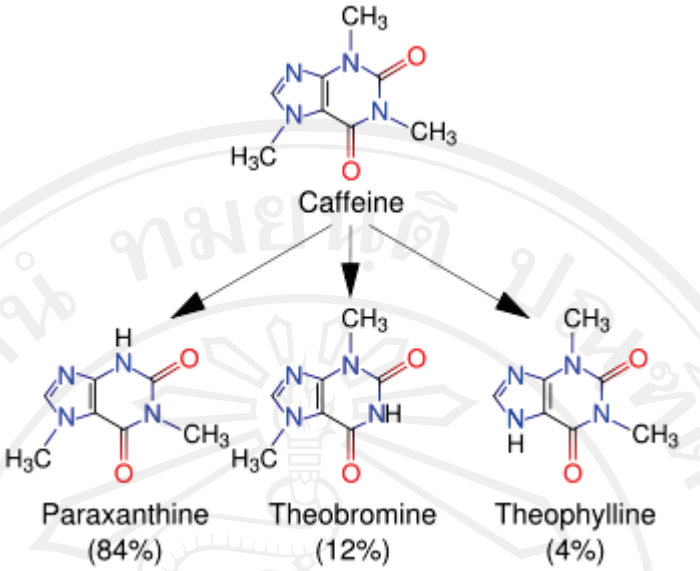
เมแทบอลิซึม

คาเฟอีนจะถูกดูดซึมที่กระเพาะอาหารและลำไส้เล็กภายใน 45 นาทีหลังจากการบริโภค หลังจากนั้นจะถูกนำเข้ากระแสเลือดและลำเลียงไปทั่วร่างกาย ครึ่งชีวิตของคาเฟอีนในร่างกาย หรือเวลาที่ร่างกายใช้ในการกำจัดคาเฟอีนในปริมาณครึ่งหนึ่งของที่บริโภค จะแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล โดยมีปัจจัยต่างๆ เช่นอายุ ระดับการทำงานของตับ ภาวะตั้งครรภ์และการใช้ยาอื่นร่วมด้วย ในผู้ใหญ่ปกติจะมีครึ่งชีวิตของคาเฟอีนประมาณ 3-4 ชั่วโมง ในขณะที่หญิงที่ทานยาคุมกำเนิดและหญิงตั้งครรภ์อาจมีครึ่งชีวิตของคาเฟอีนประมาณ 5-10 ชั่วโมง และ 9-11 ชั่วโมง ตามลำดับ ในผู้ป่วยโรคตับระยะรุนแรง อาจมีการสะสมของคาเฟอีนในร่างกายได้นานถึง 96 ชั่วโมง สำหรับในทารกและเด็กจะมีครึ่งชีวิตของคาเฟอีนที่นานกว่าผู้ใหญ่ พบว่าในทารกแรกเกิดจะมีครึ่งชีวิตของคาเฟอีนประมาณ 30 ชั่วโมง คาเฟอีนจะถูกเปลี่ยนแปลงสภาพที่ตับ โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ ไซโตโครม พี 450 ออกซิเดส (Cytochrome P450 oxidase) ซึ่งเอนไซม์นี้จะเปลี่ยนคาเฟอีนให้เป็นอนุพันธุ์สามชนิด คือ

1. พาราแซนทีน (Paraxanthine) มีผลในการสลายไขมัน เพิ่มปริมาณของกลีเซอรอลและกรดไขมันในกระแสเลือด
2. ธีโอโบรมีน (Theobromine) มีผลในการขยายหลอดเลือด และเพิ่มปริมาณของปัสสาวะ
3. ธีโอฟิลลิน (Theophylline) มีผลทำให้กล้ามเนื้อเรียบที่อยู่ล้อมรอบหลอดลมปอดคลายตัว จึงทำให้หลอดลมขยายตัวมากขึ้น

อนุพันธุ์ทั้งสามชนิดนี้จะถูกแปรสภาพต่อไป และขับออกทางปัสสาวะในที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 10 อนุพันธุ์ของคาเฟอีน

(แหล่งที่มา: http://th.wikipedia.org/wiki/คาเฟอีน)

การออกฤทธิ์

เนื่องจากคาเฟอีนเป็นสารในกลุ่มแซนทีนแอลคาลอยด์ที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับแอดิโนซีน (Adenosine) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทชนิดหนึ่งในสมอง โมเลกุลของคาเฟอีนจึงสามารถจับกับตัวรับแอดิโนซีน (adenosine receptor) ในสมองและยับยั้งการทำงานของ แอดิโนซีน ได้ ผลโดยรวมคือทำให้มีการเพิ่มการทำงานของสารสื่อประสาท โดปามีน (dopamine) ซึ่งทำให้สมองเกิดการตื่นตัว นอกจากนี้พบว่าอาจจะมีการเพิ่มปริมาณของ ซีโรโทนิน (serotonin) ซึ่งมีผลต่ออารมณ์ของผู้บริโภค ทำให้รู้สึกพึงพอใจและมีความสุขมากขึ้น อย่างไรก็ตาม คาเฟอีนมิได้ลดความต้องการนอนหลับของสมอง เพียงแต่ลดความรู้สึกเหนื่อยล้าลงเท่านั้น

อย่างไรก็ดี สมองจะมีการตอบสนองต่อคาเฟอีน โดยการเพิ่มปริมาณของ ตัวรับแอดิโนซีน ทำให้ฤทธิ์ของคาเฟอีนในการบริโภคครั้งต่อไปลดลง เราเรียกภาวะนี้ว่าภาวะทนต่อคาเฟอีน (caffeine tolerance)และทำให้ผู้บริโภคต้องการคาเฟอีนมากขึ้นเพื่อให้เกิดผลต่อร่างกาย ผลอีกประการที่เกิดจากการที่สมองเพิ่มปริมาณของ ตัวรับแอดิโนซีน นั่นคือทำให้ร่างกายไวต่อปริมาณแอดิโนซีนที่ผลิตตามปกติมากขึ้น เมื่อหยุดการบริโภคคาเฟอีนในทันที จะทำให้เกิดผลข้างเคียงคือ อาการปวดศีรษะ และรู้สึกคลื่นไส้อาเจียน ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ร่างกายตอบสนองต่อแอดิโนซีนมากเกินไปนั่นเอง นอกจากนี้ ในผู้ที่หยุดบริโภคคาเฟอีนจะทำให้ปริมาณของ โดปามีนและซีโรโทนินลดลงในทันที ส่งผลให้สูญเสียสมาธิและความตั้งใจ รวมทั้งอาจเกิดอาการ ซึมเศร้าอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อ่อนๆได้ อาการดังกล่าวนี้จะเกิดขึ้นประมาณ 12-24 ชั่วโมงหลังจากการหยุดบริโภคคาเฟอีน แต่จะหายไปได้เองภายใน 2-3 วัน อาการของการอดคาเฟอีนดังกล่าวสามารถบรรเทาได้โดยการใช้ยาแอสไพริน หรือการได้รับคาเฟอีนในปริมาณน้อย

ผลของคาเฟอีนต่อร่างกาย มีดังนี้ (Nehlig, 1992)

1. ผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง

1.1) ผลต่อสมองส่วนนอก (cortex) การกระตุ้นในส่วนนี้จะเกิดจากปริมาณคาเฟอีนในปริมาณน้อย เป็นผลให้เกิดความตื่นตัว อาการง่วงนอนลดลงและหายเมื่อยล้า อาจก่อให้เกิดอาการกระวนกระวายทางประสาท สั่น นอนไม่หลับและปวดหัว

1.2) ผลต่อศูนย์กลางการหายใจ ในปริมาณที่สูงขึ้นคาเฟอีนจะกระตุ้นศูนย์ควบคุมการหายใจ (medullary center) ศูนย์ควบคุมการหายใจจะถูกกระตุ้นโดยตรง เป็นผลให้หลอดเลือดหดตัวและทำให้หัวใจเต้นช้าลง มีผู้นำเอาคาเฟอีนใช้เป็นยาแก้การกดการหายใจจากบาร์บิทูเรต หรือยาซึ่งออกฤทธิ์กดต่อระบบส่วนกลางอื่นๆ รวมทั้งได้มีการนำเอาคาเฟอีนมาใช้แก่การหายใจไวต่อฤทธิ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีฤทธิ์กระตุ้นการทำงานของศูนย์การหายใจมากขึ้น การหายใจจึงดีขึ้น

1.3) ผลต่อไขสันหลัง ส่วนฤทธิ์ในการกระตุ้นไขสันหลังนั้น จะเห็นได้ชัดในสัตว์ทดลองซึ่งได้รับคาเฟอีนในปริมาณที่สูง จนเกิดอาการชักกระตุก สำหรับในคนโอกาสจะเกิดพิษเช่นนี้น้อยมาก ทั้งนี้เพราะคาเฟอีนที่ทำให้เกิดอาการดังกล่าวมีขนาดสูงมาก

1.4) ผลของคาเฟอีนต่อพฤติกรรม ในการศึกษาผลทางด้านนี้ของคาเฟอีนใช้การศึกษาแบบผู้รับและผู้ให้ยาไม่รู้ว่ายาไหนออกฤทธิ์ (double blind) โดยให้ปริมาณ 150 หรือ 130 มิลลิกรัม ในผู้ที่ใช้ไม่ค่อยมาก พบว่า มีผลต่อการบีบตัวของกระเพาะอาหาร ทำให้ขวัญอ่อนและมีความรู้สึกทางประสาท ในทางตรงกันข้ามที่ใช้ปริมาณมากบ่อยๆ จะทำให้รู้สึกกระวนกระวายและง่วงนอน เมื่อให้ยาไร้ฤทธิ์ (placebo) แทนคาเฟอีน เมื่อให้คาเฟอีนจะรู้สึกตื่นตัวและรู้สึกสุขสบาย การกระตุ้นที่สมองส่วนนอก (cortex) ทำให้หายง่วงนอน กระชุ่มกระชวย

1.5) อาการดื้อยา คนที่ดื่มกาแฟนานๆ และดื่มมากๆ จะดื้อต่อฤทธิ์ของกาแฟได้มาก เช่นกัน คือ จะดื้อต่อฤทธิ์ในการขับปัสสาวะ แต่ดื้อต่อฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางนั้นไม่แน่นอนขึ้นกับแต่ละบุคคล

2. ผลต่อระบบไหลเวียนโลหิต

คาเฟอีนกระตุ้นการหลั่งอะดรีนาลีน และโดปามีน ฤทธิ์กระตุ้นการหลั่งอะดรีนาลีนทำให้หัวใจเต้นเร็วขึ้น ใจสั่น ความดันโลหิตสูง ตับเร่งผลิตน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือดเร็วขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กล้ามเนื้อตื่นตัวพร้อมทำงาน ทำให้เป็นเหมือนยาชูกำลัง คาเฟอีนทำให้หัวใจเต้นช้าลงเล็กน้อย ในชั่วโมงแรก และเต้นเร็วขึ้นในชั่วโมงที่ 2 และ 3 ความดันโลหิตจะเพิ่มขึ้นประมาณ 5-10 มิลลิเมตรปรอทและเพิ่มขึ้นนานประมาณ 2-3 ชั่วโมงแต่จะมีการทนต่อผลของคาเฟอีนที่เกิดกับระบบหัวใจและหลอดเลือดได้ในผู้ที่รับคาเฟอีนเป็นประจำส่วนฤทธิ์กระตุ้นการหลั่งโดปามีนทำให้รู้สึกผ่อนคลายสบายใจสุขลึกๆ ขณะนี้ยังไม่มีหลักฐานว่าคาเฟอีนเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจเต้นผิดจังหวะ โรคหัวใจขาดเลือด โรคหลอดโลหิตลี้ยงหัวใจอุดตันและโรคของระบบไหลเวียนโลหิตอื่นๆรวมทั้งไม่ได้ทำให้อัตราการเสียชีวิตจากโรคระบบไหลเวียนโลหิตเพิ่มมากกว่าผู้ที่ไม่ได้บริโภคคาเฟอีนอย่างไรก็ตามการบริโภคคาเฟอีนในขนาดสูงเกินไปอาจไม่ดีต่อระบบไหลเวียนโลหิตในระยะยาวได้

3. ผลต่อระบบทางเดินอาหาร

การดื่มกาแฟทั้งชนิดธรรมดาหรือชนิดที่สกัดจากคาเฟอีนออกจะเพิ่มการหลั่งของกรดและน้ำย่อยในกระเพาะอาหารสูงกว่าคาเฟอีนถึง 2 เท่า ผู้ที่เป็นโรคแผลในกระเพาะอาหารหรือลำไส้จึงควรหลีกเลี่ยงการดื่มกาแฟทุกชนิด รวมทั้งเครื่องดื่มหรืออาหารที่มีคาเฟอีนเป็นส่วนประกอบ

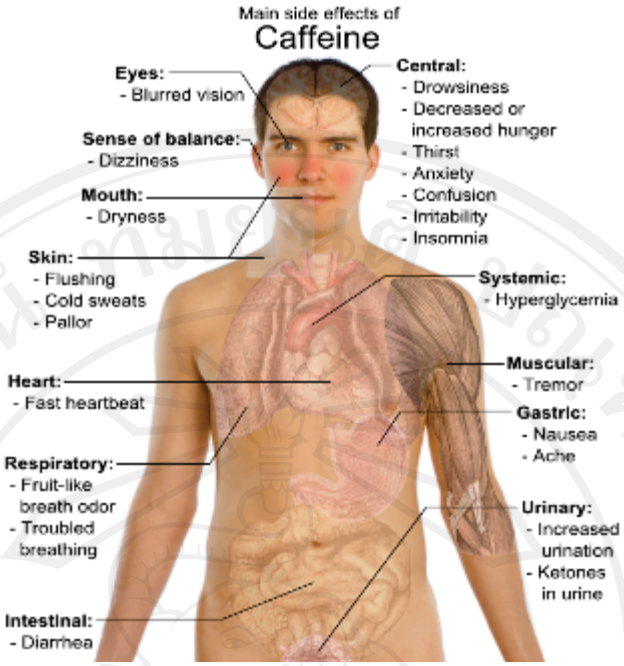
4. ผลต่อระบบกระดูก

แม้ว่าจะมีรายงานในระยะแรกว่าการดื่มกาแฟทำให้ร่างการสูญเสียแคลเซียม ซึ่งอาจทำให้กระดูกเปราะบางและหักง่าย โดยอ้างอิงฤทธิ์ของคาเฟอีนในการเพิ่มการขับแคลเซียมออกทางปัสสาวะ

5. ผลต่อระบบสืบพันธุ์

สารเคมีที่มนุษย์ได้บริโภคเป็นจำนวนมาก เช่น แอลกอฮอล์ ในเครื่องดื่มล้วนแต่มีหลักฐานว่าก่อให้เกิดผลต่อระบบสืบพันธุ์โดยเฉพาะ ความผิดปกติของทารกในครรภ์ จากการศึกษาของ Kirkinen ในปี 2526 ถึงผลกระทบของคาเฟอีนต่อระบบไหลเวียนโลหิต เมื่อให้คาเฟอีนครั้งเดียวในขนาด 200 มิลลิกรัม แก่สตรีมีครรภ์ ในระยะ 2 เดือนสุดท้าย ของการตั้งครรภ์ พบว่าคาเฟอีนไม่เปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตของมารดาและ อัตราการเต้นของหัวใจของทารกในครรภ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 11 ภาพรวมผลเสียของคาเฟอีนต่อร่างกาย

(แหล่งที่มาจาก: http://en.wikipedia.org/wiki/Caffeine)

ผลข้างเคียงและพิษของคาเฟอีน

ผลข้างเคียงและพิษของคาเฟอีนทำให้มือสั่น กระวนกระวาย หัวใจเต้นเร็ว เบื่ออาหารและนอนไม่หลับ อาการพิษของคาเฟอีนเกิดจากการบริโภคคาเฟอีนในระดับที่เป็นพิษ อาการรุนแรงจะเพิ่มขึ้น ถ้าได้รับคาเฟอีนเข้าสู่ร่างกายมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคลและขนาดของคาเฟอีนที่ได้รับ

การบริโภคคาเฟอีนในขนาดต่ำ (50-200 มิลลิกรัม) จะกระตุ้นให้รู้สึกสดชื่น กระปรี้กระเปร่า หายอ่อนเพลีย มีความคิดว่องไวขึ้น และสามารถปฏิบัติงานได้อย่างต่อเนื่อง

ขนาดปานกลาง (200-300 มิลลิกรัม) จะทำให้ปวดศีรษะ กระวนกระวาย มือสั่นและนอนไม่หลับ

ขนาดสูง (1,000 มิลลิกรัม) จะเริ่มทำให้เกิดอาการเป็นพิษของคาเฟอีน เรียกว่า คาเฟอีนอิซึม (caffeinism) ซึ่งจะเกิดอาการกระสับกระส่าย อยู่นิ่งไม่ได้ พูดติดขัด หัวใจเต้นเร็ว คลื่นไส้ อาเจียน ความดันโลหิตสูง ปวดท้องแบบตะคริว ขาดสมดุลของน้ำและเกลือแร่ เพ้อคลั่ง มีอาการเกร็งของกล้ามเนื้อ ชัก และอาจเสียชีวิตได้

ปริมาณคาเฟอีนที่กล่าวมานั้นเมื่อนำมาเทียบในปริมาณคาเฟอีนต่อกาแฟ 1 ถ้วยขึ้นอยู่กับพันธุ์กาแฟ ลักษณะการคั่วและการบด และปริมาณที่บริโภค ตัวอย่างเช่น กาแฟชนิดผงสำเร็จรูป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1 ช้อนชาจะมี 5 กรัม โดย 1 กรัมจะมีคาเฟอีนประมาณ 8-9 มิลลิกรัม เพราะฉะนั้นกาแฟ 1 ถ้วยจะมีคาเฟอีน 40-45 มิลลิกรัม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ด้านผลิตภัณฑ์

สุวรรณี และ คณะ (2536) ได้ทำการวิเคราะห์ในเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนเป็นส่วนผสม น้ำอัดลม น้ำผลไม้ และนมปรุงแต่ง จำนวน 77 ตัวอย่าง โดยวิธีสเปกโทรโฟโตมิเตอร์เพื่อเป็นข้อมูลเผยแพร่ให้แก่ผู้บริโภคในการเลือกบริโภคเครื่องดื่มได้อย่างปลอดภัย ผลการสำรวจ พบว่า น้ำอัดลมโคล่า น้ำผลไม้และนมปรุงแต่งที่มีช็อกโกแลตและกาแฟเป็นส่วนผสม ตรวจพบคาเฟอีนทุกตัวอย่าง ปริมาณที่พบตั้งแต่ 1.52-14.33 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร เมื่อคำนวณคาเฟอีนที่บริโภคจะได้รับจากการบริโภคเครื่องดื่มเหล่านี้ 1 หน่วยบริโภค จะได้รับคาเฟอีนสูงสุด 47.29 มิลลิกรัม จากการดื่มโคล่าไดเอทชนิดกระป๋อง และยังได้ทำการวิเคราะห์น้ำอัดลมที่ไม่มีโคล่าเป็นส่วนผสมและน้ำผลไม้ เพื่อยืนยันว่าไม่มีการเติมคาเฟอีนในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำอัดลมที่ไม่มีโคล่าเป็นส่วนผสมและน้ำผลไม้

กุสุมาลย์ (2540) วิเคราะห์หาปริมาณคาเฟอีนในยาและเครื่องดื่มชนิดต่างๆ โดยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ด้วยวิธี Internal Standard จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณของคาเฟอีนในสารตัวอย่าง พบว่าเครื่อง HPLC สามารถสั่งงานผ่านโปรแกรมสำเร็จรูปได้ โดยที่ความยาวคลื่นของดีเทคเตอร์เท่ากับ 205 นาโนเมตร ที่อัตราเร็วของเฟสเคลื่อนที่เท่ากับ 0.500 มิลลิลิตรต่อนาที และที่อัตราส่วนตัวทำละลายผสมระหว่างเมธานอลกับน้ำร้อยละ 70:30 เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์หาปริมาณคาเฟอีนที่ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคาเฟอีนของสารตัวอย่างที่วิเคราะห์ได้กับปริมาณที่ผู้ผลิตระบุไว้ข้างภาชนะบรรจุ พบว่าปริมาณทั้งสองไม่ตรงกัน

สุวรรณี และวีระพร (2541) การวิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีนในกาแฟปรุงสำเร็จพร้อมดื่มโดยวิธี HPLC ใช้ column μ Bondapak C18 mobile phase เป็นสารผสมของน้ำ เมทานอล และกรดอะซิติก (80:19:1) ใช้ UV detector ที่มีความยาวคลื่น 276 นาโนเมตร โดยวิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีนในกาแฟปรุงสำเร็จพร้อมดื่มที่บรรจุในภาชนะต่างๆ ระหว่างปี 2538-2540 จำนวน 149 ตัวอย่างพบปริมาณคาเฟอีนระหว่าง 0.76-120.7 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ค่าเฉลี่ยปริมาณคาเฟอีนในกาแฟปรุงสำเร็จพร้อมดื่มชนิด กาแฟดำ กาแฟใส่นม และโอเลี้ยง เท่ากับ 69.5 ± 24.9, 64.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

± 22.4 และ 7.3 ± 8.8 มิลลิลิตรต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ตรวจพบปริมาณคาเฟอีนสูงสุดในกาแฟบรรจุกระป๋องและต่ำสุดในกาแฟบรรจุขวดพลาสติก

กิติศักดิ์ (2542) วิเคราะห์หาปริมาณคาเฟอีนในชาและกาแฟกระป๋องปรุงสำเร็จพร้อมดื่ม โดยวิธี High liquid chromatography จากผลการวิจัยพบว่า ปริมาณคาเฟอีนในกาแฟกระป๋องสำเร็จรูป (ชนิดน้ำ) พร้อมดื่ม เนสกาแฟสีเขียว มีปริมาณคาเฟอีนมากที่สุด คือ 205.47 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบรจุ ปริมาณคาเฟอีนในชากระป๋องสำเร็จรูป (ชนิดน้ำ) พร้อมดื่ม ชาไอซ์ทีรสมะขาม มีปริมาณคาเฟอีนมากที่สุด คือ 13.93 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบรรจุ จากการวิจัยชากระป๋องส่วนมากจะมีปริมาคาเฟอีนที่สูงในช่วง 19-30 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบรรจุ ส่วนกาแฟและโอเลี้ยงที่จำหน่ายในรงอาหารสถาบันราชภัฏนครปฐม นั้นพบว่า มีปริมาณคาเฟอีนน้อย ในช่วง 5.83-2.03 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

จารุณีย์ และพรพิไล (2543) ได้ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณของคาเฟอีนในเครื่องดื่มชูกำลัง นำอัดลมกระป๋อง และเครื่องดื่มอื่นๆ รวมทั้งเครื่องดื่มเกลือแร่ที่วางขายตามท้องตลาดในจังหวัดเชียงใหม่ รวมทั้งหมด 18 รายการ โดยวิธี High liquid chromatography พบว่า เพียง 9 รายการที่มีการเติมคาเฟอีนลงในเครื่องดื่ม ซึ่งจำนวน 7 รายการจาก 9 รายการ เป็นเครื่องดื่มชูกำลัง ตรวจพบระดับของคาเฟอีนในค่าพิสัยระหว่าง 45.0±0.6 ถึง 51.9±9.1 มิลลิกรัมต่อหน่วยบริโภค อีก 2 รายการ เป็นเครื่องดื่มประเภทโคล่าตรวจพบปริมาณคาเฟอีนเท่ากับ 36.8±0.2 ถึง 45.6±6.0 มิลลิกรัมต่อหน่วยริโภค ระดับของคาเฟอีนที่พบในเตรื่องดื่ม ดังกล่าว ส่วนเครื่องดื่มชนิดอื่นๆ ที่ไม่สามารถตรวจพบว่ามีการเติมคาเฟอีนลงไป ได้แก่ น้ำดื่มชนิดกระป๋องชนิดอื่นๆ น้ำโซดา น้ำแดง น้ำเขียว น้ำอุ่น และเครื่องดื่มเกลือแร่

รสสุคนธ์ และสิริลักษณ์ (2543) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณคาเฟอีนในใบชาและชาสำเร็จรูป โดยใช้ใบชาจำนวน 7 ตัวอย่าง ได้แก่ ชาตราดอกบัว ชาระมิงค์ ชาสามม้าเกรด 1 ชาสามม้าเกรด 3 ชาสามปั้น ชาสามกระต่าย ชาสามซิ่ว และชาสำเร็จรูป จำนวน 3 ตัวอย่าง ได้แก่ ชาสำเร็จรูปตราลิปตัน ชาระมิงค์ ชาตรามือ ทำการวิเคราะห์โดยวิธี วิธี UV-Visible spectrophotometry พบว่า ใบชามีปริมาณคาเฟอีนเฉลี่ย 32.75 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และชาสำเร็จรูปมีปริมาณคาเฟอีนเฉลี่ย 22.60 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณคาเฟอีนระหว่างใบชากับชาสำเร็จรูป พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วรรณา และคณะ (2545) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีนในยาเม็ดบรรเทาปวด เครื่องดื่มบรรจุกระป๋อง และกาแฟสำเร็จรูปด้วยวิธีต่างๆ ยาเม็ดบรรเทาปวด ประกอบด้วย วิธี UV-Visible spectrophotometry ที่ความยาวคลื่น 273 นาโนเมตร กาแฟบรจุกระป๋อง เครื่องดื่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชูกำลัง ชา และน้ำอัดลมวิเคราะห์ด้วยวิธี second-derivative spectrometry ที่ความยาวคลื่น 293 นาโนเมตร และวิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีนในกาแฟสำเร็จรูปด้วยวิธี KBr-disc และตรวจวัดด้วยเครื่อง fouriertransform infrared spectrometry (FTIR) พบว่าปริมาณคาเฟอีนในยาเม็ดบรรเทาอาการปวดมีค่าอยู่ในช่วง 88.74-108.96 มิลลิกรัมต่อยา 100 กรัม ในเครื่องดื่มบรรจุกระป๋อง พบว่า จำนวน 8 ตัวอย่าง มีค่าอยู่ในช่วง 96.62-189.99 มิลลิกรัมต่อกระป๋อง เครื่องดื่มชูกำลัง มีค่าอยู่ในช่วง 23.63-94.62 มิลลิกรัมต่อกระป๋อง ชา 2 ตัวอย่าง มีค่า 5.66 และ 22.27 มิลลิกรัมต่อกระป๋อง น้ำอัดลม 2 ตัวอย่าง มีค่า 22.06 และ 36.64 มิลลิกรัมต่อกระป๋อง

Rehel (2003) ศึกษาปริมาณสารคาเฟอีนในกาแฟ ใช้ตัวอย่างกาแฟที่จำหน่ายทั่วไป ได้แก่ กาแฟที่ไม่ผ่านการสกัดสารคาเฟอีนและกาแฟที่ผ่านการสัดสารคาเฟอีน (Decaffeine coffee) โดยใช้เครื่อง Gas chromatrography จากการศึกษาพบว่า กาแฟที่ผ่านการสกัดสารคาเฟอีนและกาแฟที่ไม่ผ่านการสกัดสารคาเฟอีน พบปริมาณสารคาเฟอีน 17.7 มิลลิกรัมต่อหน่วยบริโภค และ 58-259 มิลลิกรัมต่อหน่วยบริโภค

ด้านผลจากกระบวนการผลิต (การคั่วและบด)

Bell *et al*. (1996) ศึกษาผลของกระบวนการบดและการชงต่อปริมาณคาเฟอีนในกาแฟ พบว่า การใช้ระยะเวลาในการชงที่นานและบดละเอียดจะทำให้มีปริมาณคาเฟอีนสูงเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ

Duarte *et al*. (2005) ศึกษาผลของกระบวนการผลิตและการคั่วต่อสารแอนติออกซิเดนซ์ของกาแฟชง โดยพบว่า สารแอนติออกซิเดนซ์และสารประกอบโพลีฟีนอลจะลดลงตามระดับการคั่วที่เพิ่มขึ้น คือ กาแฟที่คั่วอ่อนจะมีปริมาณสารแอนติออกซิเดนซ์และสารประกอบโพลีฟีนอลมากที่สุดเมื่อเทียบกับการคั่วอ่อนและคั่วเข้ม ตามลำดับ

ด้านผลจากพันธุ์ สิ่งแวดล้อมและการจัดการ

Mazzafera (1999) ศึกษาผลของธาตุอาหารต่อปริมาณคาเฟอีนในใบกาแฟ โดยได้นำเมล็ดกาแฟเลี้ยงในอาหารวุ้นที่ควบคุมธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อเมล็ดกาแฟงอกและ มีใบ 3-4 คู่ใบแล้วจึงนำมาวิเคราะห์หาปริมาณคาเฟอีน จากการศึกษาพบว่า กรรมวิธีที่ไม่เติมโพแทสเซียม ชักนำให้ปริมาณคาเฟอีนสูงขึ้นอยู่ที่ 24.5 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนชุดควบคุม (ให้ธาตุอาหารครบ) มีปริมาณคาเฟอีน 21.9 กรัมต่อกิโลกรัม และกรรมวิธีที่ไม่เติมฟอสฟอรัส ชักนำให้มีปริมาณคาเฟอีน 17.5 กรัมต่อกิโลกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Wu *et al*. (1995) ศึกษาผลของ aluminium ต่อการเจริญเติบโตของรากและธาตุไนโตรเจนของชา พบว่าธาตุฟอสฟอรัส มีผลช่วยควบคุมระบบการสังเคราะห์แสง ทำให้ปริมาณกรดอะมิโน สารโพลีฟีนอล และคาเฟอีนเพิ่มสูงขึ้น

Ruan *et al*. (1999) ศึกษาผลของโพแทสเซียมและแมกนีเซียมต่อปริมาณของสารประกอบของชาสายพันธุ์แต่ละชนิด พบว่า การเพิ่มขึ้นของธาตุโพแทสเซียมและแมกนีเซียม ทำให้ปริมาณกรดอะมิโน และคาเฟอีนเพิ่มสูงขึ้น ในชาทั้ง 3 ชนิด (ชาดำ ชาอู่หลงและชาเขียว)

Philip *et al*. (1987) ศึกษาผลของการให้ปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณสารใน CTC black tea พบว่า การให้ปุ๋ยในโตรเจนในปริมาณที่สูงทำให้ปริมาณคาเฟอีนในชาดำเพิ่มสูงขึ้นด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

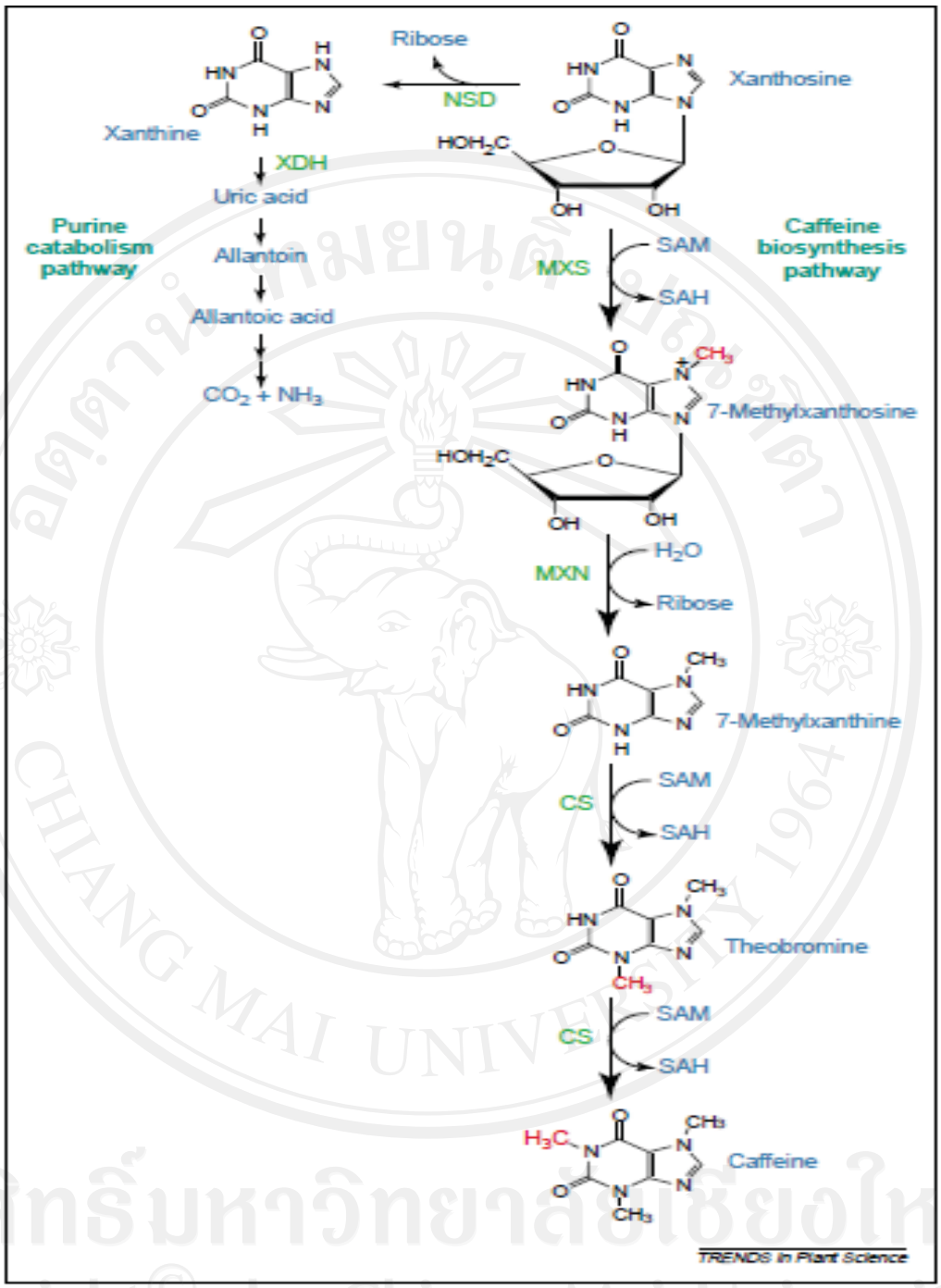


Fig. 5. Biosynthesis of caffeine from xanthosine and the conversion of xanthosine to xanthine and its breakdown to CO_2 and NH_3 via the purine catabolism pathway. Abbreviations: CS, caffeine synthase; MXS, methylxanthosine synthase; MXN, methylxanthosine nucleotidase; NSD, inosine–guanosine nucleosidase; SAH, *S*-adenosyl-L-homocysteine; SAM, *S*-adenosyl-L-methione; XDH, xanthine dehydrogenase.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 12 กระบวนการสร้างสารคาเฟอีน

(แหล่งที่มาจาก: http://plants.trends.com)