บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของเมล็ดกาแฟ

กาแฟมีชื่อสามัญว่า Coffee อยู่ในตระกูล Rubiaceae กาแฟเป็นพืชยืนต้นที่มีอายุยืน ลำต้นตั้งตรง สูงประมาณ 3 - 4 เมตร เป็นไม้พุ่มขนาดปานกลาง ใบมีลักษณะสีเขียวแตกออกจากข้อเป็นคู่ ๆ ดอกจะออกตามข้อของกิ่งมีสีขาวบริสุทธิ์ กลิ่นหอม เป็นดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) จะเริ่มออกดอกตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงมกราคม ขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศ ตั้งแต่ออกดอกจนถึงการเก็บเกี่ยวใช้เวลาประมาณ 8 - 12 เดือน กาแฟจะเริ่มออกดอกติดผลหลังจากปลูกได้ประมาณ 2 - 3 ปี ผลของกาแฟเรียกว่า Coffee cherry มีลักษณะเกือบกลม ขณะยังอ่อนมีสีเขียวเมื่อแก่จัดมีสีแดง ในแต่ละข้อจะมีผลประมาณ 10 - 60 ผล กาแฟผลหนึ่งจะมีเมล็ดกาแฟ (green coffee) อยู่ 2 เมล็ด โดยส่วนแบนของเมล็ดประกบติดกัน

หลังจากการเก็บผลกาแฟจะต้องนำมาแปรรูปเป็นเมล็ดกาแฟโดยจะนำเอาผลกาแฟที่ได้ไปตากแดดจนแห้งซึ่งใช้เวลาประมาณ 10 - 15 วัน แล้วนำเข้าเครื่องสีเพื่อกระเทาะเปลือกออกจากผลกาแฟสดประมาณ 5 - 6 กิโลกรัม เมื่อนำมาตากแห้งและกระเทาะเปลือกออกแล้วจะได้กาแฟเมล็ด 1 กิโลกรัม

2.2 บทบาทของกาแฟในประเทศไทย

2.2.1 แหล่งที่ทำการปลูก

พื้นที่ปลูกกาแฟส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดภาคใต้ของประเทศ ผลิตได้ประมาณร้อยละ 96 ของที่ปลูกได้ทั้งหมดภายในประเทศ จังหวัดที่มีการปลูกมากที่สุดคือ จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ ยะลา ตรัง และระนอง รองลงมาคือจังหวัดทางภาคเหนือ ผลิตได้ประมาณร้อยละ 2.4 ของที่ปลูกได้ทั้งหมดภายในประเทศได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ และเชียงราย สำหรับในภาคอื่น ๆ มีการปลูกบ้างประมาณร้อยละ 1.6 ของที่ปลูกได้ทั้งหมดภายใน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประเทศได้แก่ จังหวัดระยอง ประจวบคีรีขันธ์ และกาญจนบุรี จำนวนพื้นที่ปลูกทั้งหมดภายในประเทศประมาณ 222,768 ไร่ ผลผลิตที่ได้โดยเฉลี่ยประมาณ 130 กิโลกรัมต่อไร่ (ศูนย์สถิติการเกษตร, 2527)

2.2.2 พันธุ์ที่ใช้ปลูก

กาแฟเข้ามามีบทบาทในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2454 โดยนายเจรินี ชาวอิตาเลียน ซึ่งได้นำเอากาแฟพันธุ์อะราบิกา (Coffea arabica) เข้ามาปลูก แต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย และต่อมาในปี พ.ศ. 2493 ชาวไทยอิสลามชื่อนายตีหนุน เป็นผู้นำกาแฟพันธุ์คานิฟอรา โรบัสตา (Coffea canephora, var. robusta) มาปลูกในอำเภอสะบ้าย้อย จังหวัดสงขลา แล้วกระจายไปจังหวัดต่าง ๆ ของประเทศ จนเป็นที่นิยมปลูกกันมากในประเทศ กาแฟที่ปลูกในขณะนี้มีอยู่ 2 พันธุ์ด้วยกันคือ กาแฟพันธุ์อะราบิกา และพันธุ์คานิฟอรา โรบัสตา

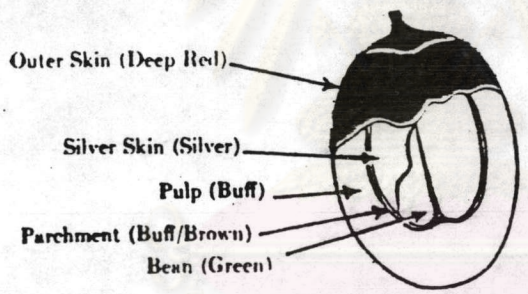
2.2.2.1 กาแฟพันธุ์อะราบิกา เป็นกาแฟพันธุ์ที่มีอายุเก่าแก่ที่สุด และนิยมปลูกกันแพร่หลายที่สุดในต่างประเทศให้ผลผลิตถึงร้อยละ 90 ของปริมาณกาแฟที่ผลิตได้ทั่วโลก เป็นพืชที่ขึ้นอยู่ในสภาพป่าระหว่างเส้นรุ้งที่ 7 และ 9 เหนือระดับน้ำทะเลประมาณ 3,000 ถึง 6,500 ฟุต ให้ผลผลิตสูงเป็นกาแฟที่มีคุณภาพดีที่สุด แต่กาแฟพันธุ์นี้ไม่ต้านทานโรค โดยเฉพาะโรครัสท์ (rust) ซึ่งเป็นโรคระบาดที่สำคัญของกาแฟ (กรมส่งเสริมการเกษตรและข่าวเกษตรศาสตร์ ต.ค. - พ.ย. 2524)

2.2.2.2 กาแฟพันธุ์คานิฟอรา โรบัสตา เป็นกาแฟพันธุ์ที่เจริญเติบโตแข็งแรงอย่างรวดเร็วทนทานต่อความชื้นสูง หรือดินที่ระบายน้ำเลว ผลที่ได้มีคุณภาพปานกลาง ขึ้นได้ตั้งแต่ความสูงเสมอระดับน้ำทะเล ต้องการความชุ่มชื้น และฝนตกอย่างสม่ำเสมอ น้ำระบายได้ดี เป็นพันธุ์ที่ทนทานต่อโรคที่เกิดจากเชื้อ ฟูซาเลี่ยม (fusarium) ได้ดี จึงเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมที่จะปลูกทางภาคใต้ของประเทศ อันเป็นพื้นที่ที่มีความชุ่มชื้นและฝนตกอย่างสม่ำเสมอ

2.3 โครงสร้างและองค์ประกอบของเมล็ดกาแฟ

เมล็ดกาแฟประกอบด้วยเยื่อหุ้มทั้งหมด 4 ชั้นคือ

- Outer skin
- Pulp
- Parchment
- Silver skin



รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของเมล็ดกาแฟ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

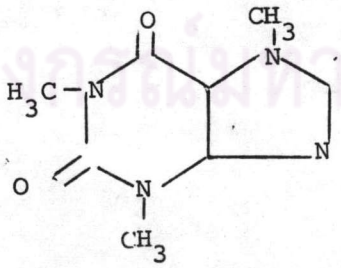
เมล็ดกาแฟ (green coffee) มีส่วนประกอบดังแสดงในตารางที่ 1

1. ความชื้น มีอยู่ประมาณร้อยละ 8 - 12 ของน้ำหนักสด เมล็ดกาแฟหลังคั่วแล้วจะมีความชื้นเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 2 ของน้ำหนักสด

2. ไขมัน (oil) มีอยู่ประมาณร้อยละ 4 - 18 ของน้ำหนักสด เป็นไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) ในระหว่างการคั่วแบบรุนแรงจะทำให้โครงสร้างของเมล็ดกาแฟแตกออกและมีไขมันไหลออกมาพร้อมกับกรดต่าง ๆ ที่มีผลต่อรสชาติในเมล็ดกาแฟ ทำให้รสชาติของกาแฟด้อยลงไป

3. โปรตีน (protein) มีอยู่ประมาณร้อยละ 9 - 16 ของน้ำหนักสด โดรตีนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการคั่วให้สารประกอบอัลดีไฮด์ (aldehyde) คีโตน (Ketone) และ เอสเตอร์ (ester) ทำให้เกิดกลิ่นต่าง ๆ ขึ้น

4. กาเฟอีน (caffein) มีอยู่ประมาณร้อยละ 0 - 2 ของน้ำหนักสด เป็นสารที่ทำให้กาแฟมีรสขม กาแฟแต่ละพันธุ์จะมีปริมาณกาเฟอีนแตกต่างกันไป เช่นกาแฟพันธุ์อะราบิกา (Coffea arabica) จะมีปริมาณกาเฟอีนร้อยละ 1 ของน้ำหนักสด ส่วนกาแฟพันธุ์คานิฟอรา โรบัสตา (Coffea canephora, var. robusta) มีปริมาณกาเฟอีนร้อยละ 2 ของน้ำหนักสด กาเฟอีนจะมีผลต่อร่างกายมนุษย์โดยจะกระตุ้นหัวใจและไตให้ทำงานเร็วขึ้น และอาจทำให้เวียนศีรษะได้ เนื่องจากความดันโลหิตสูงขึ้น และอาจเกิดการอ่อนเพลีย โดยสาเหตุจากการขับปัสสาวะบ่อยเกินไป สูตรโครงสร้างของกาเฟอีนมีดังนี้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

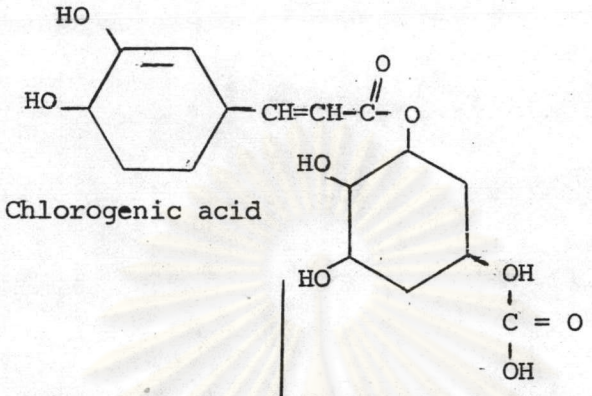
ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของเมล็ดกาแฟทั่ว ๆ ไป (Sivetz, 1963)

(composition of green coffee beans)

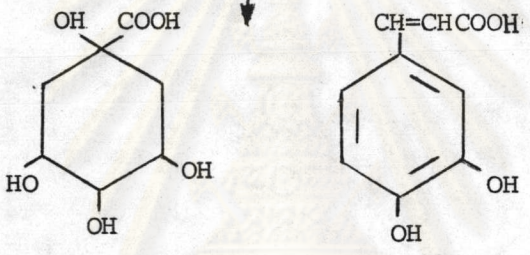
ส่วนประกอบ	คิดเป็นร้อยละ	มิลลิกรัมใน 100 กรัม
น้ำ	8 - 12	
น้ำมัน	4 - 18	
สารที่ละปอนนิฟายไม่ได้	0 - 2	
ไนโตรเจน	1.8 - 2.5	
โปรตีน	9 - 16	
กาเฟอีน	0 - 2	
กรดคลอโรจินิค	2 - 8	
ไตรโกเนอลีน	1 - 3	
เถ้า :	2.5 - 4.5	
แคลเซียม		85 - 100
ฟอสฟอรัส		130 - 165
เหล็ก		3 - 10
โซเดียม		4
มังกานีส		1 - 45
รูบิเดียม		เล็กน้อย
ทองแดง		เล็กน้อย
ฟลูโอรีน		เล็กน้อย
แทนนิน	2	
กรดกาเฟแทนนิค	8 - 9	
กรดกาเฟอิค	1	
เพนโตซาน	5	
แป้ง	5 - 23	
เดกซ์ตริน	0.85	
ซูโครส	5 - 10	
น้ำตาลรีดิวซิ่ง	0 - 5	
เซลลูโลส	10 - 20	
เฮมิเซลลูโลส	20	
ลิคนิน	4	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. กรดคลอโรจินิค (chlorogenic acid) มีอยู่ประมาณร้อยละ 2 - 8 ของน้ำหนักสด เมื่อทำการคั่วจะไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) ให้กรดควินิค (quinic acid) ซึ่งมีรสขม และกรดกาเฟอิค (caffeic acid)



Chlorogenic acid

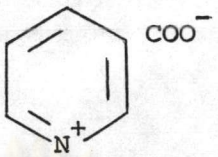


Quinic acid Caffeic acid

6. กรดกาเฟอิค (caffeic acid) มีอยู่ประมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักสด เป็นสารที่ให้ Acid taste และเป็น aromatic acid

7. เถ้า มีอยู่ประมาณร้อยละ 2.5 - 4.5 ของน้ำหนักสด ซึ่งได้จากเกลือแร่ที่ละลายน้ำต่าง ๆ (water soluble) เป็นตัวที่มีอิทธิพลต่อรสชาติของเครื่องดื่มกาแฟ เถ้าที่ได้จากกาแฟสดจะเป็นสารพวกโปตัสเซียมออกไซด์ (potassium oxide) ประมาณร้อยละ 60 แคลเซียมออกไซด์ (calcium oxide) ประมาณร้อยละ 5 ซิลิก้า (silica) ประมาณร้อยละ 1 และ เฟอริกออกไซด์ (ferric oxide) ประมาณร้อยละ 1 ของปริมาณเถ้าทั้งหมด และนอกจากนี้ยังประกอบด้วยธาตุแมงกานีส (manganese) ทองแดง (copper) ฟลูโอรีน (fluorine) และ รูบิเดียม (rubidium) อีกเป็นจำนวนเล็กน้อย

8. ไตรโกเนอลีน (trigonelline) มีอยู่ประมาณร้อยละ 1 - 3 ของน้ำหนักส่ด ซึ่งจะทำให้รส**ขมประ**มาณ 1 ใน 4 ของรสขมของกาเฟอีน เมื่อทำการคั่วจะแตกตัวให้ไนอาซีน (niacin) สูตรโครงสร้างของไตรโกเนอลีน มีดังนี้



9. แทนนิน (tannin) มีอยู่ประมาณร้อยละ 2 ของน้ำหนักกาแฟส่ด เมื่อทำการคั่วแบบรุนแรงจะหายไปประมาณครึ่งหนึ่งของจำนวนที่มีอยู่

10. กรดกาเฟแทนนิค (caffetanic acid) มีอยู่ประมาณร้อยละ 8 - 9 ของน้ำหนักส่ด

11. คาร์โบไฮเดรท (carbohydrate) มีอยู่ประมาณร้อยละ 50 - 67 ของน้ำหนักส่ด มีหลายชนิดคือ เพนโตซาน (pentosans) แป้ง (starch) น้ำตาลซูโครส่ (sucrose) เซลลูโลส่ (cellulose) เฮมิเซลลูโลส่ (hemicellulose) และลิคนิน (lignin) ในขณะที่ทำการคั่ว แป้งจะถูกไฮโดรไลซ์ได้ เด็กซ์ตริน (dextrin) และ น้ำตาล (simple sugar) สำหรับน้ำตาลซูโครส่ ที่มีอยู่ประมาณร้อยละ 7 ของน้ำตาลในเมล็ดกาแฟ จะเกิดปฏิกิริยา คาราเมลไรเซชั่น (caramelization) ทำให้สีของเมล็ดกาแฟเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาล เพนโตซาน เป็น เฮมิเซลลูโลส่ ละลายได้ในส่ารละลายด่าง (alkaline solution) จะแตกตัวให้เฟอฟูราล (furfural) เมื่อทำการคั่วแบบอ่อน (light roast) สำหรับส่ารพวกเซลลูโลส่ และลิคนิน ในขณะที่ทำการคั่วส่ารเหล่านี้จะขยายตัวทำให้เมล็ดกาแฟมีขนาดใหญ่ขึ้น ลิคนินจะถูกรีดิวซ์ (reduce) ให้ส่ารยูเจอราล (eugeral) ซึ่งจะออกซิไดซ์ (oxidize) ต่อให้ส่ารวานิลิน (vanilline)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 <u>ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการทำกาแฟสำเร็จรูป</u>

ปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการทำกาแฟสำเร็จรูปคือ กลิ่น และรสชาติของเครื่องดื่ม กาแฟที่ได้ซึ่งจะมีผลในด้านการยอมรับของผู้บริโภค กลิ่นและรสชาติของเครื่องดื่มกาแฟขึ้นอยู่กับ pH ของกาแฟ pH ที่เหมาะสมนั้นอยู่ระหว่าง 4.95 - 6.80 ทั้งนี้เพราะเมื่อ pH ต่ำกว่านี้จะเกิดรสเปรี้ยวขึ้นในเครื่องดื่มกาแฟ และจะเกิดลิ่ม (curding) ในนมที่ใส่ลงไป แต่เมื่อ pH สูงกว่านี้จะทำให้รสชาติของเครื่องดื่มกาแฟอ่อนลง pH ของเครื่องดื่มกาแฟขึ้นอยู่กับสาเหตุดังต่อไปนี้

2.4.1 <u>พันธุ์กาแฟ</u>

พันธุ์กาแฟที่นิยมนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่มกาแฟมีเพียง 2 พันธุ์ คือ กาแฟพันธุ์อะราบิกา และพันธุ์คานิฟอรา โรบัสต้า เครื่องดื่มกาแฟที่ทำจากกาแฟพันธุ์อะราบิกาจะให้รสชาติของกรดมากกว่ากาแฟพันธุ์คานิฟอรา โรบัสต้า โดยที่กาแฟพันธุ์อะราบิกาจะมี pH อยู่ในช่วง 4.95 - 5.15 ส่วนกาแฟพันธุ์คานิฟอรา โรบัสต้า มี pH อยู่ในช่วง 5.25 - 5.40 ดังนั้น กาแฟพันธุ์คานิฟอรา โรบัสต้า เมื่อผลิตเป็นกาแฟผงสำเร็จรูปจึงให้รสชาติที่อ่อนกว่าพันธุ์อะราบิกา แต่สำหรับการบริโภคภายในประเทศนิยมบริโภคกาแฟพันธุ์คานิฟอรา โรบัสต้า กันมาก เนื่องจากกาแฟพันธุ์นี้ปลูกได้ง่าย และมีความต้านทานต่อโรคได้ดี

2.4.2 <u>ระดับความสูงของพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูกกาแฟ</u>

ต้นกาแฟที่ปลูกในระดับพื้นที่ต่ำ อากาศอบอุ่นและมีความชื้นสูงจะเจริญเติบโตได้เร็วกว่ากาแฟที่ปลูกในระดับที่สูงและอากาศเย็น แต่กาแฟที่เจริญเติบโตในระดับที่สูงจะให้เครื่องดื่มกาแฟที่มีรสชาติของกรดสูงกว่าแต่จะมีรสชาติที่ดีกว่า

2.4.3 <u>อายุของเมล็ดกาแฟ</u>

เมล็ดกาแฟที่จะให้รสชาติของกรดสูงที่สุดคือ เมล็ดกาแฟระยะหลังการเก็บเกี่ยวและทำให้แห้งใหม่ ๆ ซึ่งเรียกว่า "New crop beans" ถ้าปล่อยทิ้งไว้นานหลายปี เมล็ดกาแฟเหล่านี้จะให้เครื่องดื่มที่มีรสชาติของกรดน้อยลง อัตราการเปลี่ยนแปลงของ pH ขึ้นกับอุณหภูมิและความชื้นในการเก็บ คุณภาพของเมล็ดกาแฟจะต่ำลงเนื่องจากการเกิดการหมักและเกิดกลิ่นดินอันจะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2.4.4 โรคของกาแฟที่พบในประเทศไทย

กาแฟเป็นพืชที่มีความต้านทานต่อโรคต่ำ โดยเฉพาะกาแฟพันธุ์อะราบิกา มีความต้านทานต่อโรคน้อยกว่าพันธุ์คานิฟอรา โรบัสต้า โรคที่สำคัญและพบมากในต้นกาแฟได้แก่

2.4.4.1 โรครัสท์ (rust)

สาเหตุของโรคเกิดจากเชื้อรา (rust fungi) ที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Hamileia vastatrix B and Br อาการของโรคจะเริ่มเกิดขึ้นใต้ใบของต้นกาแฟจะพบรอยแผลเป็นวงกลมสีเหลืองถึงสีส้ม มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 3 - 10 มิลลิเมตร ซึ่งแผลนี้คือสปอร์ (spore) ของเชื้อราดังกล่าว รอยแผลนี้จะลามจากใต้ใบจนถึงด้านบนของใบ ทำให้ใบร่วงและต้นกาแฟตายไปในที่สุด โรคนี้จะพบระบาดมากในฤดูฝน ขณะที่ต้นกาแฟกำลังแตกใบอ่อน เกิดได้กับต้นกาแฟทุกพันธุ์แต่ต้นกาแฟพันธุ์อะราบิกาจะพบมาที่สุด

2.4.5 แมลงศัตรูต้นกาแฟที่พบในประเทศไทย

แมลงศัตรูต้นกาแฟที่ทำความเสียหายมากมีอยู่ 4 ชนิดคือ

2.4.5.1 เพลี้ยหอย

แมลงชนิดนี้จะเกาะติดกับต้นกล้าของกาแฟที่มีอยู่ในแปลงเพาะชำ จะเกาะอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของต้นกาแฟ และดูดน้ำเลี้ยงจากต้นกาแฟทำให้กาแฟแคระแกร็นและตายลงไปในที่สุด

2.4.5.2 เพลี้ยแป้ง

แมลงชนิดนี้จะดูดน้ำเลี้ยงเช่นเดียวกับเพลี้ยหอยและจะปล่อยน้ำหวานออกมาเคลือบตามใต้ใบ โคนก้านใบ ตามบริเวณช่อดอก ผลและกิ่งจับกันเป็นกลุ่มสีขาวเหมือนแป้ง ทำให้เกิดราดำขึ้นตามรอยน้ำหวาน ราดำนี้จะเคลือบที่ใบทำให้การสังเคราะห์แสงของต้นกาแฟทำไม่ได้เต็มที่

2.4.5.3 เพลี้ยอ่อน

แมลงชนิดนี้ชอบเกาะตามใบอ่อนของต้นกาแฟดูดน้ำเลี้ยง ในใบอ่อนทำให้ต้นกาแฟบิดเบี้ยวไม่สมบูรณ์ เป็นเหตุให้ต้นกาแฟแคระแกร็น

2.4.5.4 หนู

หนูเป็นสัตว์ที่ชอบกินผลของกาแฟ หรือกัดให้ร่วงหล่นทำให้เกิดความเสียหายและแทะกิ่งกาแฟทำให้ต้นกาแฟเสียหายและตายไปในที่สุด

2.4.5.5 มด

มดนอกจากจะทำรังภายในแปลงเพาะและแปลงชำแล้ว มดยังเป็นพาหนะสำหรับเพลี้ยต่าง ๆ โดยในขณะที่มดเข้าไปกินน้ำหวานที่แมลงขับถ่ายออกมาแล้ว แมลงก็อาศัยมดเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งด้วย

2.4.6 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการคั่วเมล็ดกาแฟ

ในเมล็ดกาแฟจะไม่มีกรดที่ระเหยได้ (volatile acid) ดังนั้นในเมล็ดกาแฟจึงมีรสชาติไม่ดี กรดที่ระเหยได้ที่พบมี กรดอาซีติค (acetic acid) กรดโปรพีโอนิค (propionic acid) กรดบิวทิริค (butyric acid) และกรดวาเลอริค (valeric acid) จะเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิของเมล็ดกาแฟที่คั่วสูงถึง 205 องศาเซลเซียส โดยเกิดจากปฏิกิริยาไพโรไลซีส (pyrolysis) อันเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดจากการสลายตัวของส่วนประกอบต่าง ๆ ในเมล็ดกาแฟและเกิดสารใหม่ให้สารที่มีกลิ่นและรสชาติออกมาแทน

2.4.7 การปรับสภาพความเป็นกรดในอุตสาหกรรม

เนื่องด้วย pH ของเครื่องดื่มกาแฟมีผลต่อรสชาติและกลิ่นของกาแฟผงสำเร็จรูปโดยที่ pH ของเครื่องดื่มกาแฟควรอยู่ระหว่าง 4.95 - 6.80 จึงต้องมีการปรับสภาพ pH ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม เมื่อ pH ต่ำกว่า 4.95 จะมีการปรับสภาพ pH ตามขั้นตอนต่อไปนี้

2.4.7.1 สะเทินกรดที่มากเกินไปด้วยด่าง

2.4.7.2 ผสมด้วยกาแฟพันธุ์คาเนฟอรา โรบัสต้า ที่มี pH สูงกว่า

2.4.7.3 ใช้ไอน้ำไล่สารพวกกรดที่ระเหยได้ออกจากกาแฟคั่ว

เมื่อ pH สูงกว่า 6.80 จะมีการปรับสภาพ pH โดยการเติมกรดซิตริค (citric acid) กรดมาลิค (malic acid) กรดตาตาริค (tartaric acid) หรือกรดอาซิติค (acetic acid)

2.4.8 <u>การแตกตัวของกรด</u>

เมล็ดกาแฟเมื่อทำการคั่ว จะเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากเกิดกรดที่ระเหยได้และการแตกตัวของกรดที่มีโมเลกุลยาว (long chain acid) เป็นกรดที่มีโมเลกุลสั้น (short chain acid) เช่น การแตกตัวของกรดคลอโรจินิค เป็นกรดกาเฟอิค และกรดควินิค

2.4.9 <u>สภาพ pH ของน้ำที่ใช้ชงกาแฟ</u>

น้ำที่มีสภาพความเป็นกรดมากเกินไปจะทำให้ pH ของเครื่องดื่มกาแฟเปลี่ยนแปลงไปได้โดยจะทำให้รสเปรี้ยวจนเกินไป แต่ถ้าน้ำมีสภาพความเป็นด่างนำมาทำการสกัดกาแฟที่คั่วแล้วหรือนำมาละลายกาแฟผงสำเร็จรูปจะทำให้กรดในกาแฟเป็นกลางจะได้รสชาติของเครื่องดื่มกาแฟไม่ดีเท่าที่ควร

2.4.10 <u>วิธีการลอกเปลือกเมล็ดกาแฟ</u> มีอยู่ 2 วิธีคือ

2.4.10.1 <u>การลอกเปลือกแบบใช้น้ำ</u> (wet processing)

เป็นการลอกเปลือกโดยการนำเมล็ดกาแฟสดที่แช่ในน้ำประมาณ 12 - 24 ชั่วโมง แล้วขยี้เมล็ดกาแฟเพื่อล้างเอาเมือกออก เสร็จแล้วนำไปตากแดดให้แห้งใช้เวลา 5 - 7 วัน เมล็ดกาแฟที่ได้เรียกว่า washed coffee

2.4.10.2 <u>การลอกเปลือกแบบไม่ใช้น้ำ</u> (dry processing)

เป็นการลอกเปลือกโดยนำเมล็ดกาแฟที่สุกแห้งบนต้นมาเข้าเครื่องกระเทาะเปลือกออก เมล็ดกาแฟที่ได้เรียกว่า Natural coffee

คุณภาพของ Natural coffee จะด้อยกว่า washed coffee ในด้านกลิ่น และรสชาติ เนื่องจากการเก็บเมล็ดกาแฟในขั้นตอนการลอกเปลือก

แบบไม่ใช้น้ำ เมล็ดกาแฟที่ใช้จะต้องมีการลุกและแห้งเพียงพอจึงสามารถลอกเปลือกโดยใช้เครื่องกระเทาะเปลือกซึ่งเมื่อเมล็ดกาแฟลุกเกินไปจะให้รสชาติ และกลิ่นด้อยไป

2.4.11 การคั่ว (roasting)

การคั่วเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในกระบวนการผลิต เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติต่าง ๆ ของเมล็ดกาแฟที่ทำการคั่ว ซึ่งแบ่งการคั่วออกเป็น 3 แบบ ด้วยกันคือ

2.4.11.1 การคั่วแบบอ่อน (light roast) คั่วจนอุณหภูมิของเมล็ดกาแฟประมาณ 193 - 199 องศาเซลเซียส

2.4.11.2 การคั่วแบบปานกลาง (medium roast) คั่วจนอุณหภูมิของเมล็ดกาแฟประมาณ 205 องศาเซลเซียส

2.4.11.3 การคั่วแบบรุนแรง (dark roast) คั่วจนอุณหภูมิของเมล็ดกาแฟประมาณ 220 องศาเซลเซียส

ในการคั่วแบบอ่อนจะทำให้เกิดกลิ่นของกาแฟน้อยให้เครื่องดื่มที่มีรสชาติอ่อน น้ำหนักที่สูญหายไปประมาณร้อยละ 12 - 14 ของน้ำหนักสดและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (total soluble solids) ประมาณร้อยละ 18 - 20 ของน้ำหนักสด จะได้กาแฟที่มีสีอ่อน สำหรับการคั่วแบบปานกลางจะได้เครื่องดื่มกาแฟที่มีรสชาติ และกลิ่นที่ดีเหมาะสมกับผู้บริโภคที่ชอบบริโภคเครื่องดื่มกาแฟจากการแฟคั่วที่ชงดื่มทันที น้ำหนักที่สูญหายไปประมาณร้อยละ 15 ของน้ำหนักสดและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำประมาณร้อยละ 22 - 25 ของน้ำหนักสด สำหรับการคั่วแบบรุนแรงจะให้เมล็ดกาแฟที่มีน้ำหนักออกมามากทำให้เกิดการสูญเสียของกรดที่ระเหยได้ในเมล็ดกาแฟ ทำให้กลิ่นของกาแฟเสียไปไม่เหมาะสมสำหรับการบริโภคในทันที น้ำหนักที่สูญหายไปประมาณร้อยละ 25 ของน้ำหนักสด แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำสูงถึงประมาณร้อยละ 25 ของน้ำหนักสด จึงนิยมใช้การคั่วแบบรุนแรงในการผลิตกาแฟผงสำเร็จรูป

2.4.12 การสกัด (extraction)

การสกัดเป็นวิธีการแยกส่วนที่ต้องการออกจากส่วนที่ไม่ต้องการ

โดยใช้ตัวทำละลายและวิธีการที่เหมาะสม การสกัดเมล็ดพืชเป็นการสกัดในระบบของเหลว - ของแข็ง (liquid - solid system) การสกัดในระบบนี้ประกอบด้วยกระบวนการสำคัญ 3 กระบวนการคือ1กระบวนการเปลี่ยนสถานะของตัวถูกละลาย (solute) ขณะที่ละลายในตัวทำละลาย กระบวนการที่ 2 เป็นการแพร่กระจาย (diffusion) ของตัวถูกละลายภายในตัวทำละลายซึ่งอยู่ภายในช่องว่างของเมล็ดพืช และกระบวนการสุดท้ายเป็นกระบวนการถ่ายเทมวลสารของตัวถูกละลายจากสารละลายที่อยู่ภายในเมล็ดพืชออกสู่สารละลายทั้งหมด กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงไม่ค่อยมีผลต่ออัตราเร็วในการสกัด ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการที่ 2 เป็นกระบวนการควบคุมอัตราการสกัด เมล็ดพืชที่นำมาสกัดจะถูกบดให้มีขนาดเล็กลงก่อนเพื่อให้ระยะทางที่ตัวถูกละลายต้องผ่านสั้นลง สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการที่ 3 ขึ้นกับการกวนในขณะที่ทำการสกัดช่วยให้มีการถ่ายเทมวลเกิดได้เร็วขึ้น

2.4.12.1 <u>วิธีดำเนินการ</u> (method of operation)

(Treybal, 1980)

การดำเนินการในกระบวนการสกัด กระทำได้หลายวิธี เช่น การสกัดแบบไม่ต่อเนื่อง (batch) แบบกึ่งต่อเนื่อง (semi batch) และแบบต่อเนื่องสม่ำเสมอ (steady state continuous conditions) การสกัดแบบไม่ต่อเนื่องเป็นวิธีการที่ของเหลวและของแข็งสัมผัสเป็นพัก ๆ ไม่ต่อเนื่อง จะได้ผลิตภัณฑ์ออกมา 1 ชุด การสกัดแบบกึ่งต่อเนื่องเป็นลักษณะของของแข็งชุดเดียว ถูกสกัดโดยของเหลวที่ไหลผ่านเข้ามาอย่างต่อเนื่องได้ผลิตภัณฑ์ออกมาอย่างต่อเนื่อง สำหรับการสกัดแบบต่อเนื่องสม่ำเสมอเป็นการสกัดที่ทั้งของแข็งและของเหลวได้สัมผัสอย่างต่อเนื่อง ให้ผลิตภัณฑ์ออกมาอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

2.4.12.2 <u>วิธีการสกัดที่นิยมใช้ในการสกัดกาแฟคั่ว</u> ได้แก่

1. <u>การสกัดแบบไหลซึมผ่าน</u> (percolation)

การสกัดแบบไหลซึมผ่านเป็นวิธีการที่ปล่อยให้ตัวทำละลายไหลซึมผ่านชั้นของเมล็ดพืชที่บรรจุไว้อย่างดีในเครื่องมือ ที่มีตะแกรงรูพรุนรองรับอยู่ สารละลายจะไหลออกมาตามรูพรุนของตะแกรง การปล่อยตัวทำละลายอาจใช้วิธีพ่นตัวทำละลายเป็นฝอย (spray) กระจายบนชั้นของเมล็ดพืช หรือเทตัวทำละลายให้ค่อย ๆ ซึมผ่านลงไปบนเมล็ดกาแฟ

011953

ที่นำมาสกัดโดยวิธีนี้จะถูกบดให้มีขนาดเล็กลง ก่อนมาบรรจุในเครื่อง หลักการทำงานของวิธีนี้สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

แรงที่ใช้ในการดึงลง = น้ำหนักของตัวทำละลาย + น้ำหนักของเมล็ดพืช - แรงในท่อรูเข็ม (capillary force)

สำหรับเทคนิคการไหลซึมผ่านนี้สามารถดัดแปลงวิธีการใช้งานได้หลายวิธีได้แก่

1.1 <u>การไหลซึมผ่านโดยใช้แรงดัน</u> (pressure percolation) วิธีนี้จะใช้แรงดันเข้าช่วยในการไหลของตัวทำละลายผ่านชั้นของเมล็ดพืช มักจะใช้ในกรณีที่ตัวทำละลายระเหยง่าย หรือในกรณีที่แรงต้านการไหลของของเหลวมากกว่าแรงโน้มถ่วงของโลก ลักษณะของเครื่องมือจะเป็นแบบปิด (closed vessel) ตัวทำละลายจะถูกสูบผ่านชั้นของเมล็ดพืช ลักษณะของเครื่องมือแบบนี้เป็นแบบแพร่กระจาย (diffuser) และยังสามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของตัวทำละลายได้ และมีนำเครื่อง diffuser มาเรียงต่อเป็นแถวก็สามารถทำงานในลักษณะของไหลแบบสวนทางกัน ซึ่งเรียกว่า diffuser battery ได้โดยเริ่มจากการนำสารละลายสกัดที่ได้จาก diffuser เครื่องแรกไปสกัดเมล็ดพืชใน diffuser ที่ 2 และต่อ ๆ ไป โดยที่ความเข้มข้นของสารละลายที่สกัดได้ต้องไม่มากกว่าความเข้มข้นของเมล็ดกาแฟ (Hamm, 1980)

1.2 <u>การไหลซึมผ่านโดยใช้ความร้อน</u>ช่วยเป็นการทำงานแบบไม่ต่อเนื่อง (batch) เครื่องมือประกอบด้วย เครื่องกลั่น ส่วนชั้นของแข็งและเครื่องควบแน่น ตัวทำละลายจะถูกพ่นเป็นฝอย ผ่านชั้นของเมล็ดพืชไหลออกมายังเครื่องกลั่น และถูกทำให้เดือดด้วยขดลวดความร้อนมีไอน้ำผ่าน ไอของตัวทำละลายจะผ่านไปยังเครื่องควบแน่น แล้วควบแน่นเป็นของเหลวถูกส่งไปทำการสกัดใหม่ ส่วนสารละลายสกัดเข้มข้นจะถูกแยกออกนำไปใช้งานต่อไป (Coulson, 1968)

2. <u>การสกัดแบบจุ่มในสารละลาย</u> (immersion)

เป็นวิธีการสกัดที่ของแข็งและตัวทำละลายได้สัมผัสกันโดยตรง การสกัดวิธีนี้ใช้ในกรณีไม่สามารถที่จะใช้วิธีการไหลซึมผ่านได้ การแยกสารละลายสกัด

ออกจากเมล็ดพืชได้โดยการตกตะกอน (settling) และการกรอง (filtration) เข้าช่วยในการแยก ลักษณะการทำงานของการสกัดแบบจุ่มมี 2 ลักษณะดังนี้

2.1 <u>การสกัดแบบย่อยสลาย</u> (maceration)

เป็นการสกัดที่ปล่อยให้ตัวทำละลายแพร่กระจาย (diffuse) เข้าไปในเมล็ดพืช โดยนำเมล็ดพืชบดแล้วใส่ในภาชนะมีฝาปิดเติมตัวทำละลายและคนเป็นครั้งคราว วิธีนี้เหมาะสำหรับเมล็ดพืชที่มีสารที่จะสกัดอยู่น้อย หรือพืชที่ไม่มีโครงสร้างเป็นช่อง (cellular structure)

2.2 <u>การสกัดในถังกวน</u> (agitated vessel)

เป็นวิธีการสกัดแบบจุ่มในสารละลายโดยใช้การกวนเข้าช่วยให้ตัวถูกละลายสัมผัสกับตัวทำละลายโดยทั่วถึง การกวนมีอยู่ 2 ลักษณะคือ การกวนโดยใช้ใบพัด (paddle) และใช้แรงดันอากาศ (compressed air) บางกรณีสามารถใช้ร่วมกับขดลวดความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ตัวทำละลายทำให้การสกัดเกิดได้ดียิ่ง สารละลายและตะกอน (sludge) ซึ่งเป็นส่วนของเมล็ดพืชที่ปนอยู่ในของเหลว จะถูกแยกออกจากกันโดยการตกตะกอน และการกรอง

3. <u>การสกัดอย่างต่อเนื่องแบบส่วนทางกัน</u> (continuous counter-current extraction)

เป็นวิธีการสกัดอย่างต่อเนื่องแบบส่วนทางกันมีหลักการทำงานคือ การนำเอาตัวทำละลายบริสุทธิ์มาสกัดวัตถุดิบที่ถูกสกัดมาแล้วหลายครั้ง และใช้สารละลายสกัดที่ทำการสกัดมาหลายครั้งมีความเข้มข้นสูงมาสกัดวัตถุดิบที่ยังไม่ได้ถูกสกัด วิธีนี้จะได้สารละลายสกัดที่มีความเข้มข้นสูงสุดและประหยัดมากที่สุด วัตถุดิบจะถูกสกัดจนหมด ลักษณะการทำงานสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ การสกัดแบบหลายขั้นตอนในเครื่องมือชุดเดียวและการสกัดหลายขั้นตอนโดยใช้เครื่องมือหลายหน่วย

3.1 <u>การสกัดแบบต่อเนื่องหลายขั้นตอนในเครื่องมือชุดเดียว</u>

เครื่องมือที่ใช้ในการสกัดได้รับการออกแบบให้ทำงานได้หลายขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง มีทั้งแบบที่ใช้เทคนิคการไหลซึมผ่านและใช้เทคนิคการสกัด

ในถังกวน เครื่องมือการสกัดแบบนี้ใช้เครื่อง Rottocel percolation extractor (Treybal, 1980) ซึ่งการทำงานเป็นแบบไหลสวนทางกัน (countercurrent flow) และเครื่อง Bollmann extractor เป็นการทำงานแบบไหลสวนทางกัน และไหลทางเดียวกัน (cocurrent flow) ของเมล็ดพืชพร้อม ๆ กัน โดยที่เมล็ดพืชส่วนหนึ่งซึ่งถูกสกัดแล้วหลายครั้งจะเคลื่อนที่สวนทางกับตัวทำละลายบริสุทธิ์ที่ถูกพ่นมาเป็นฝอย ส่วนเมล็ดพืชที่ยังไม่ได้ถูกสกัดจะเคลื่อนที่ไปในทางเดียวกันกับตัวทำละลายที่ทำการสกัดมาแล้วหลายครั้ง

สำหรับเครื่องมือสกัดหลายขั้นตอนที่ใช้เทคนิคการสกัดในถังกวนได้แก่ เครื่อง Dorr thickner และ Kennedy extractor

3.2 <u>การสกัดอย่างต่อเนื่องหลายขั้นตอน</u>โดยใช้เครื่องมือหลายหน่วย การทำงานใช้เครื่องมือหลายหน่วยนำมาเรียงต่อกัน (batteries) จัดให้มีการไหลของเมล็ดพืชและตัวทำละลายแบบสวนทางกันในรูปของของแข็งผสมของเหลวที่เรียกว่าสลัดจ์ (sludge) เครื่องมือที่ใช้ในการทำงานลักษณะนี้ได้แก่ เครื่องทำให้ข้น (thickener) โดยสารละลายจะไหลล้นออกทางส่วนบนและสลัดจ์จะตกตะกอนไหลออกทางส่วนล่างของเครื่องมือ

2.4.13 <u>การทำแห้ง</u> (drying)

การทำสารละลายกาแฟเข้มข้นให้แห้งเป็นผงมีอยู่ 2 วิธีคือ การทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย (spray drying) และการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (freeze drying)

2.4.13.1 <u>การทำแห้งแบบพ่นกระจาย</u> (spray drying)

เครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการทำแห้งสารละลายเข้มข้น (slurries) และสารละลายเข้มข้นกึ่งของแข็ง (paste) โดยให้สารละลายผ่านหัวฉีดกระจายเป็นละอองเล็ก ๆ ผ่านเข้าไปในอากาศร้อนที่ไหลผ่านเครื่องในทิศทางเดียวกันหรือทิศทางตรงข้ามจะระเหยอย่างรวดเร็วก่อนถึงผนังเครื่อง และตกลงสู่ส่วนล่างของเครื่องออกไปตามท่อเข้าเครื่องแยกผลิตภัณฑ์ออกจากอากาศขึ้น

การอบแห้งแบบพ่นกระจายประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนตามลำดับดังนี้คือ

1. <u>การทำอาหารเหลวให้มีอนุภาคเล็กลงหรือเป็นละอองฝอย</u> (atomization stage)

เป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก ทั้งนี้อาหารเหลวสามารถระเหยน้ำแยกออกจากอาหารเหลวได้อย่างรวดเร็วเมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวกับมวล และได้ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่มีคุณลักษณะตามต้องการ หัวฉีด (atomizer) มีลักษณะต่าง ๆ กันหลายชนิดคือ

1.1 <u>เครื่องฉีดแบบหัวฉีดแรงดัน</u> (pressure nozzle) เครื่องฉีดนี้เป็นชนิดหัวฉีดที่ใช้พลังงานแรงดันในการฉีดกระจายสารละลายให้เป็นละออง โดยอาหารเหลวจะถูกสูบออกจากท่อเล็ก ๆ แตกตัวเป็นละอองเล็ก ๆ หัวฉีดแบบนี้เหมาะสำหรับอาหารเหลวที่มีความหนืดสูงจะให้อาหารแห้งที่มีขนาดประมาณ 120 - 125 ไมครอน

1.2 <u>เครื่องฉีดแบบหัวฉีด 2 หัวพร้อมกัน</u> (two - fluid nozzles) หลักการทำงานคือ อาศัยความดันจากอากาศทำให้อาหารเหลวแตกออกเป็นละอองเล็ก ๆ และจากแรงปะทะกันของหัวฉีดทั้งสองจะทำให้อาหารเหลวแตกตัวออก จะได้อาหารแห้งที่มีขนาดเล็กกว่า 20 ไมครอน

1.3 <u>เครื่องฉีดแบบหมุน</u> (rotary disc atomizer) อาหารเหลวจะถูกป้อนหรือส่งไปยังศูนย์กลางของจานกลม ๆ ที่หมุนด้วยความเร็วสูง อาหารเหลวจะถูกเหวี่ยงไปยังบริเวณขอบของจานด้วยความเร่งและแตกออกเป็นละอองเล็ก ๆ อาหารแห้งที่ได้จะมีขนาดตั้งแต่ 20 - 120 ไมครอน (Hall, 1966)

2. <u>การสัมผัสระหว่างอากาศร้อนกับอาหารเหลว</u> แบ่งตามลักษณะการไหลและผสมกันได้ 3 แบบ ได้แก่

2.1 <u>การไหลไปทางเดียวกัน</u> (cocurrent flow) อาหารเหลวและอากาศร้อนไหลเข้าทางเดียวกัน วิธีนี้เหมาะสำหรับสารละลายของอาหารที่ไวต่อความร้อน การระเหยเกิดขึ้นเร็วและใช้เวลาสั้นมาก อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศร้อนที่ไหลออก การไหลแบบนี้ใช้กับเครื่องฉีดทั้ง 3 แบบ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีค่าความหนาแน่นรวมต่ำ (low bulk density)

2.2 การไหลสวนทางกัน (countercurrent flow) อาหารเหลวและอากาศร้อนไหลเข้าในทิศทางตรงข้ามกัน วิธีนี้ความร้อนจะถูกนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุด ไม่เหมาะกับอาหารเหลวที่ไวต่อความร้อน ใช้ได้เฉพาะเครื่องฉีดที่มีหัวฉีดเท่านั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีค่าความหนาแน่นรวมสูง (high bulk density)

2.3 การไหลแบบผสมกัน (mixed flow) สารละลายและอากาศร้อนจะไหลไปทางเดียวกัน และสวนทางพร้อม ๆ กัน

การเลือกใช้ลักษณะการไหลและผสมกันของอากาศร้อนกับอาหารเหลวต้องคำนึงถึงลักษณะอาหารเหลวนั้นสามารถทนต่ออุณหภูมิและไม่สูญเสียคุณภาพไป

อากาศร้อนที่ใช้ในเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายนี้ได้จากความร้อน 2 แบบด้วยกันคือ แบบทำให้ร้อนโดยตรง และโดยทางอ้อม แบบแรกเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงได้ก๊าซร้อนนำไปใช้โดยตรง หรือยตลวดความร้อนไฟฟ้าให้ความร้อนแก่เครื่องอบ แบบนี้มีข้อดีที่การสูญเสียความร้อนน้อย ส่วนแบบทำความร้อนโดยทางอ้อมได้จากการให้อากาศไหลผ่านเครื่องทำความร้อนซึ่งอาจผลิตความร้อนจากไอน้ำหรือการเผาไหม้เชื้อเพลิงอื่นได้ แบบหลังนี้ให้อากาศร้อนที่สะอาดและไม่เป็นอันตรายอีกทั้งสะดวกในการใช้งาน

3. ช่วงการระเหย (evaporation stage)

เมื่อหยดของอาหารเหลวสัมผัสกับอากาศร้อน จะเกิดการระเหยที่ผิวของหยดสารละลายเกิดเป็นไอน้ำอิ่มตัวมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของจุดเปียก (wet bulk temperature) ของอากาศร้อน การระเหยของหยดอาหารเหลวเกิดเป็น 2 ขั้นตอน คือ อัตราการระเหยคงที่และอัตราการระเหยไม่คงที่ ขั้นตอนแรกจะเกิดเมื่อความชื้นภายในหยดอาหารเหลวมีอยู่มากพอที่จะแพร่กระจายไปที่ผิวจนอิ่มตัว อัตราการระเหยจึงคงที่ ขั้นตอนที่สองเกิดเมื่อปริมาณความชื้นลดต่ำลงกว่าสภาวะอิ่มตัวและจะเข้าสู่จุดวิกฤต (critical point) ผิวของหยดอาหารเหลวจะเริ่มแห้ง อัตราการระเหยในช่วงนี้จะขึ้นอยู่กับอัตราการแพร่กระจายความชื้นผ่านผิวนอกที่แห้ง ความหนาของชั้นผิวนอกที่แห้งจะมากขึ้นตามเวลา อัตราการระเหยจึงมีค่าลดลง

4. <u>การแยกอาหารผงจากภาชนะทำแห้ง</u> (dry product recovery)

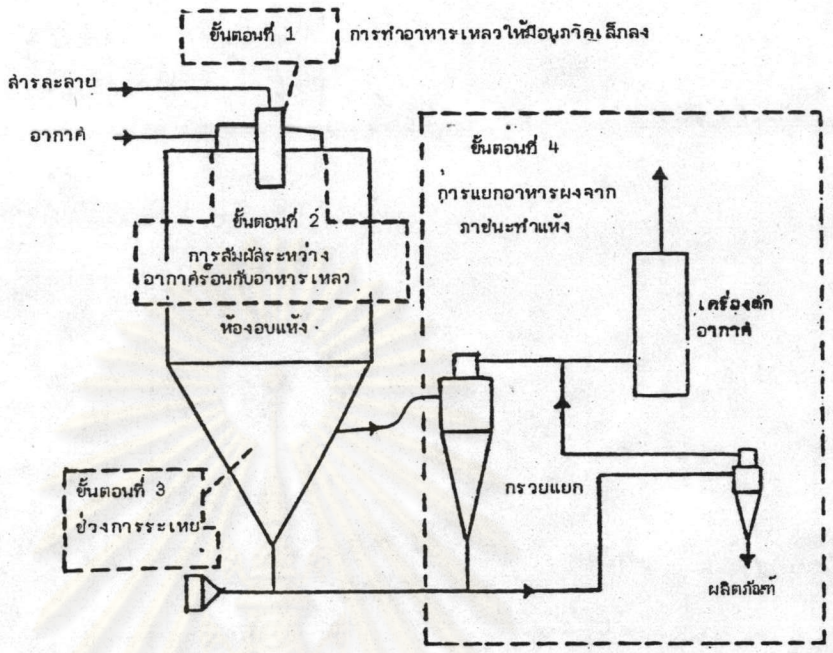
มี 2 วิธีได้แก่

4.1 <u>การแยกภายในเครื่องอบแห้ง</u> เป็นการแยกผลิตภัณฑ์ออกจากอากาศร้อน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กจะไหลออกจากเครื่องพร้อมกับอากาศและถูกแยกจากกันโดยเครื่องเก็บอนุภาคแบบลมหมุน (cyclone collector) เครื่องกรองแบบถุง (bag filter) หรือเครื่องจับอนุภาคแบบเปียก (wet scrubber)

4.2 <u>การแยกภายนอกเครื่องอบแห้ง</u> ผลิตภัณฑ์และอากาศจะไหลออกจากเครื่องอบพร้อมกัน จะนำมาทำการแยกภายนอกโดยใช้เครื่องเก็บอนุภาคแบบลมหมุนหรือเครื่องกรองแบบถุง

สารละลายอาหารเหลวที่นำมาทำให้แห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายอาจเกิดปัญหาในการจับตัวเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์ติดอยู่ตามผนังของเครื่อง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในเครื่องนานเกินไปมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการสูญเสียกลิ่น การแก้ปัญหานี้อาจทำได้โดยการเพิ่มระบบหล่อเย็นที่ผนังของเครื่อง ทำให้อุณหภูมิที่ผนังของเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายไม่สูงเกินไป โดยห้องอบส่วนที่เป็นรูปกรวยมีอากาศเย็นไหลผ่านบริเวณผนังเครื่อง การสัมผัสระหว่างอากาศร้อนกับอาหารเหลวในห้องอบเป็นแบบไหลไปในทิศทางเดียวกันและการแยกผลิตภัณฑ์จากอากาศขึ้นจะกระทำภายนอกเครื่องเพื่อให้เวลาของผลิตภัณฑ์อยู่ในเครื่องสั้นที่สุด (Masters, 1979) ดังแสดงในรูปที่ 2

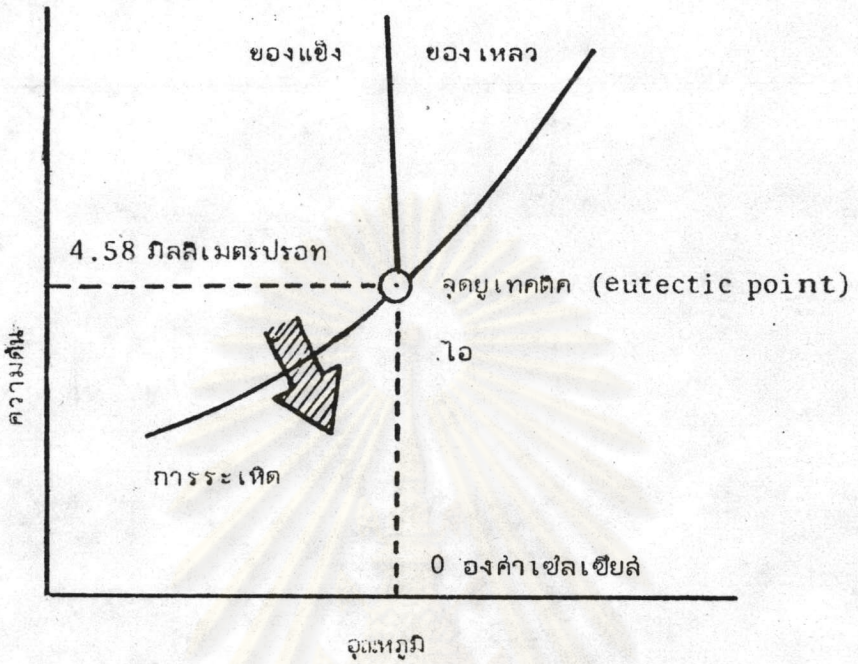
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2 แสดงการทำงานของเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย

2.4.13.2 <u>เครื่องทำแห้งแบบแช่แข็ง</u> (freeze drying) (Gold, 1975)

การทำแห้งแบบแช่แข็งอาศัยหลักการระเหิด (sublimation) ของน้ำจากสภาพน้ำแข็งเป็นไอน้ำ อาหารเหลวที่ต้องการทำแห้งโดยวิธีนี้จะถูกทำให้อยู่ในสภาพเยือกแข็งและไอน้ำจะถูกแยกออกมาโดยไม่ผ่านการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากความดันไอ (vapour pressure) และอุณหภูมิของผิวน้ำแข็งที่เกิดการระเหิดอยู่ต่ำกว่าจุดยูเทคติค (eutectic point) ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพแสดงอุณหภูมิและความดันในการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำ

2.4.13.2.1 ขั้นตอนในการทำแห้งแบบแช่แข็ง

1. การทำอาหารเหลวอยู่ในสภาวะเยือกแข็งที่อุณหภูมิประมาณ -10 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่านี้

2. การให้ความร้อนแก่อาหารเหลวที่อยู่ในสภาวะเยือกแข็ง ความร้อนส่วนนี้คือความร้อนที่ใช้ในการระเหิดไอน้ำจากอาหารเหลวในสภาวะเยือกแข็ง มีค่าเท่ากับค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (latent heat of fusion) รวมกับค่าความร้อนของของเหลว (sensible heat of liquid) และค่าความร้อนแฝงของการระเหย (latent heat of evaporation)

การให้ความร้อนแก่อาหารเหลวในสภาวะเยือกแข็ง เป็นกระบวนการที่สำคัญเนื่องจากต้องระมัดระวังมิให้ความร้อนสูงเกินไปจนทำให้น้ำแข็งละลาย และไม่ต่ำเกินไปจนอัตราการระเหิดเกิดได้ช้า ความร้อนที่ได้นั้นสามารถได้มาจากการนำความร้อนโดยการสัมผัสกับผิวความร้อน จากการแผ่รังสีความร้อน การใช้รังสีไมโครเวฟ (microwave) หรือโดยการใช้ก๊าซที่เป็นตัวนำความร้อนที่ดี เช่น ก๊าซฮีเลี่ยม

3. การรักษาสภาวะในห้องอบแห้ง (drying chamber) ให้คงที่ ต้องรักษาให้ค่าความดันไอของอาหารในสภาวะเยือกแข็งมีค่าต่ำอยู่เสมอเพื่อให้เกิดการระเหิดดังกล่าวข้างต้นโดยใช้วิธีการทำแห้งในสภาพสูญญากาศนั้นต้องรักษาสภาพสูญญากาศให้คงที่ประมาณ 0.3 - 0.5 มิลลิเมตรปรอทหรือต่ำกว่านี้ สำหรับการทำแห้งในอากาศแห้งนั้นการเพิ่มความดันบรรยากาศของก๊าซแห้งที่นิยมใช้อากาศหรือก๊าซไนโตรเจนไอน้ำที่ระเหิดจากวัตถุดิบจะถูกดึงไปยังเครื่องควบแน่นให้กลายเป็นหยดน้ำก่อนมาถึงเครื่องสูญญากาศ (King, 1971)

การทำแห้งแบบแช่แข็งนี้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ไม่สามารถทำงานที่อัตราการอบแห้งสูงได้เนื่องจากค่าความดันไอน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ดังนั้นการทำแห้งโดยวิธีนี้จึงเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าสูง และต้องการลดการสูญเสียของสารที่ระเหยได้ (volatile substances) ซึ่งเมื่อใช้วิธีอื่น ๆ แล้วจะทำให้คุณภาพด้อยลงไป

2.5 <u>คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับประสาทสัมผัสของผู้บริโภค</u> (organoleptic properties)

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นั้น ส่วนมากใช้วิธีการให้คะแนนแบบ Hedonic scale ซึ่งเป็นการตัดสินผลิตภัณฑ์โดยอาศัยจิตใต้สำนึกในแง่ของความพึงพอใจโดยผู้ทดสอบแสดงออกมาในรูปของความชอบและความไม่ชอบผลิตภัณฑ์ วิธีนี้เข้าใจได้ง่ายและผู้ทดสอบไม่จำเป็นต้องมีประสบการณ์ การแบ่งช่วงคะแนนอาจแบ่งออกเป็น 5 - 9 ช่วง ผู้ทดสอบจะให้คะแนนผลิตภัณฑ์ตามลักษณะที่กำหนดให้แล้วใช้คะแนนมาประเมินค่าทางสถิติได้

ในการประเมินค่าทางประสาทสัมผัสโดยการใช้ผู้ทดสอบหลาย ๆ คน และให้คะแนนผลิตภัณฑ์อาหารหลายตัวอย่างในเวลาต่อเนื่องกันนั้น จัดเป็นการวางแผนการทดลองแบบแฟกตอเรียล ข้อมูลของคะแนนที่ได้สามารถนำมาประเมินผลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance)(จรัญ, 2523)

2.6 การควบคุมคุณภาพ

การควบคุมคุณภาพเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการผลิตภัณฑ์ทุกชนิด เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี คงที่และสม่ำเสมอ

การควบคุมคุณภาพจะต้องมีขั้นตอนต่อไปนี้ คือ

2.6.1 การควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบก่อนทำการผลิต

เมล็ดการแฟที่ดีควรปราศจากเมล็ดดำ เมล็ดด้อยคุณภาพจากการหมัก (sour bean) เมล็ดเสียเนื่องจากรา เมล็ดแตกหรือหัก เมล็ดเจริญไม่เต็มที่ เมล็ดเบา (spongy bean and floater bean) เมล็ดที่ถูกแมลงทำลาย เศษหิน ดิน และเศษไม้

เมล็ดกาแฟควรมีความชื้นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 7 และไม่เกินร้อยละ 14 ของน้ำหนักสด และมีสิ่งแปลกปลอมไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักสด

2.6.2 การควบคุมคุณภาพระหว่างการผลิตได้แก่

การควบคุมในด้านการผลิต อาทิเช่น เครื่องมือ อุณหภูมิ เวลา ลีของเมล็ดกาแฟ ตลอดจนสุขลักษณะต่าง ๆ ในการผลิต และการควบคุมทางเคมีโดยทำการตรวจดูผลิตภัณฑ์เมื่อทำการผลิต เช่น การหาปริมาณกาเฟอีน

2.6.3 การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

เพื่อเป็นการตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปอีกครั้งก่อนจะถึงมือของผู้บริโภคจึงควรมีการตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

- คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ดูลีโดยการสังเกตด้วยตาเปล่า ดมกลิ่น และชิมรสชาติ

- คุณสมบัติทางเคมี เช่น การหาน้ำตาลโดยคำนวณเป็นน้ำตาลอินเวิร์ต การหาปริมาณกาเฟอีน ปริมาณสารที่ละลายน้ำ และการหาปริมาณเถ้า

ซึ่งคุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นเครื่องบ่งชี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ว่ามีคุณภาพที่เป็นไปตามความต้องการเพียงใด

2.7 ความเคลื่อนไหวทางเศรษฐกิจของกาแฟ

การปลูกกาแฟในประเทศเมื่อปี 2524 - 2525 นั้น มีพื้นที่ในการเพาะปลูกประมาณ 234,493 ไร่ ผลผลิตที่ได้ประมาณ 18,000 ตัน และในปี 2525 - 2526 มีผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 15 คือประมาณ 20,774 ตัน ใช้ในการบริโภคภายใน 7,600 ตัน และส่งออกประมาณ 13,000 ตัน

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณและมูลค่ากาแฟส่งออกของไทยซึ่งจะเห็นได้ว่ากาแฟคั่วมีปริมาณและมูลค่าการส่งออกตั้งแต่ปี 2520 - 2522 ลดลงจากปีก่อน ๆ ตามลำดับ ในปี 2523 มีปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้น และในปี 2524 - 2525 มีปริมาณการส่งออกลดลง สำหรับกาแฟผงสำเร็จรูปนั้นปริมาณและมูลค่าการส่งออกในปี 2520 - 2521 ลดลง มีปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นในปี 2522 และในปี 2523 มีปริมาณการส่งออกลดลง มาเพิ่มขึ้นอีกในปี 2524 และลดลงในปี 2525 เมื่อพิจารณาตารางที่ 3 แสดงปริมาณและมูลค่าการนำเข้าของประเทศซึ่งจะเห็นได้ว่ากาแฟคั่วมีปริมาณและมูลค่าการนำเมล็ดกาแฟเข้าภายในประเทศของปี 2520 - 2521 มีปริมาณเพิ่มขึ้น และในปี 2522 - 2525 มีปริมาณลดลง ส่วนกาแฟผงสำเร็จรูปจะมีค่าเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในปี 2524 จะเห็นว่ามูลค่าการนำเข้าของกาแฟผงสำเร็จรูปมากที่สุดและมูลค่ารวมจะมากเป็นอันดับสองรองจากปี 2520

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณและมูลค่ากาแฟส่งออกของไทย

หน่วย : กระสอบ

มูลค่า : พันบาท

ปี	กาแฟดิบ		กาแฟคั่ว		กาแฟผงสำเร็จรูป		รวม		ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงจากปีก่อน	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
2520	17,557	73,861	1,171	5,472	1.7	16	18,729.7	79,349	-9.7	22.9
2521	22,739	57,915	1,346	5,082	0.5	10	24,085.5	63,007	28.6	-20.6
2522	64,567	125,214	984	1,759	1.2	37	65,552.2	127,010	172.2	101.6
2523	33,714	125,237	2,152	48,083	0.4	11	35,946.4	173,281	-45.2	36.4
2524	92,609	226,400	1,938	4,729	2.2	12	94,549.2	231,141	163.0	33.4
2525	136,176	350,565	1	30	0.3	26	131,177.3	35.,621	44.0	51.7

ที่มา : Foreign Trade Statistics

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณและมูลค่ากาแฟนำเข้าของไทย

หน่วย : กระสอบ

มูลค่า : พันบาท

ปี	กาแฟดิบ		กาแฟคั่ว		กาแฟผงสำเร็จรูป		รวม		ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงจากปีก่อน	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
2520	4,226	11,834	9	73	33	245	6,066	39,663	221.3	124.5
2521	1,250	3,511	232	985	1,060	17,343	2,542	21,839	-58.1	-44.9
2522	289	878	67	598	1,571	25,133	1,927	26,609	-24.2	21.8
2523	101	427	9	88	1,336	26,368	1,446	26,838	25.0	10
2524	0	0	10	63	1,769	32,437	1,779	32,500	23.1	20.9
2525	0	0	103	862	1,216	25,594	1,319	26,456	-25.9	-18.6

ที่มา : Foreign Trade Statistics

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย