บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

กาแฟ

กาญจน์มุนี และคณะ (2546) รายงานว่ากาแฟดั้งเดิมมี 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อาราบิก้า (*Coffea arabica* L.) พันธุ์โรบัสต้า (*Coffea robusta*) พันธุ์ไลเบอริก้า (*Coffea liberica*) และพันธุ์เอ็กเซลสา (*Coffea excelsa*) แต่กาแฟที่มีการซื้อขายในตลาดโลกปัจจุบันมีเพียง 3 พันธุ์หลัก คือ พันธุ์อาราบิก้า พันธุ์โรบัสต้า และพันธุ์ไลเบอริก้า กาแฟที่ผลิตในประเทศไทยมี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์อาราบิก้าและพันธุ์โรบัสต้า โดยผลผลิตร้อยละ 90 ถึง 95 ของกาแฟทั้งหมดเป็นกาแฟพันธุ์โรบัสต้า ซึ่งปลูกมากในภาคใต้แถบจังหวัดระนอง ชุมพร นครศรีธรรมราช และกระบี่ แต่ในตลาดโลกกาแฟพันธุ์โรบัสต้าจัดเป็นกาแฟที่ให้กลิ่นด้อยกว่ากาแฟพันธุ์โรบัสต้า จึงนิยมนำไปผลิตกาแฟสำเร็จรูปหรือนำไปคั่วผสมกับกาแฟพันธุ์อาราบิก้าซึ่งเป็นพันธุ์ที่ให้กลิ่นหอมมากกว่า ผู้ผลิตกาแฟนิยมนำกาแฟพันธุ์อาราบิก้ามาใช้เป็นวัตถุดิบของการผลิตเป็นกาแฟคั่วหรือที่เรียกว่ากาแฟสดซึ่งเป็นเครื่องดื่มที่นิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน กาแฟพันธุ์อาราบิก้าเป็นกาแฟที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกค่อนข้างจำกัดโดยเฉพาะบนที่สูง ในประเทศไทยนิยมปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้าบนพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศ ซึ่งมีข้อจำกัดทางด้านการขาดแคลนปริมาณพื้นที่ปลูกส่งผลให้ผลผลิตที่ได้มีปริมาณต่ำและยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคภายในประเทศ

กระบวนการผลิตกาแฟเมล็ด

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2528) ให้นิยามว่า กาแฟเมล็ด (green coffee) หมายถึง เมล็ดกาแฟแห้งที่ได้จากผลกาแฟหลังผ่านกรรมวิธีเอาส่วนเปลือก (husk) ได้แก่ เปลือกนอก (exocarp) เนื้อ (mesocarp) และเยื่อหุ้มเมล็ด (endocarp) ออกแล้ว กาแฟเมล็ดอาจเรียกอีกชื่อว่า "สารกาแฟ" โดยพงษ์ศักดิ์ และบัณฑูรย์ (2542) ได้รายงานถึงวิธีการผลิตกาแฟเมล็ดซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 2 วิธีคือ

1. วิธีการแบบแห้ง (dry method or natural method)

วิธีการแบบแห้งเป็นวิธีการผลิตแบบดั้งเดิม เหมาะสำหรับแหล่งผลิตที่มีปริมาณน้ำจำกัด เป็นวิธีการที่ง่าย ขั้นตอนมีน้อย ประหยัดแรงงาน และไม่ต้องใช้เครื่องมือซับซ้อน ทำได้โดยปล่อยให้ผลกาแฟสุกเต็มที่คาต้นแล้วจึงเก็บผลกาแฟมาตากแดดประมาณ 15 ถึง 20 วัน หลังจากนั้นจึงนำผลกาแฟแห้งเข้าเครื่องสีกะเทาะเปลือก (huller) จะได้กาแฟเมล็ดที่ต้องการ วิธีการแบบแห้งมี

ข้อเสีย คือ กาแฟเมล็ดที่ได้มักมีคุณภาพต่ำ เนื่องจากกาแฟเมล็ดดูดกลิ่นรสที่อาจเกิดจากการหมัก (fermentation) ของเมือก (mucilage) ที่หุ้มรอบกะลา และกาแฟเมล็ดจะเก็บไว้ได้ไม่นาน

2. วิธีการแบบเปียก (wet method or wash method)

วิธีการแบบเปียกหรือวิธีล้างด้วยน้ำเป็นวิธีการที่นิยมกันมาก เพราะสามารถผลิตกาแฟเมล็ดที่มีกลิ่นและรสชาติดีกว่าวิธีการแบบแห้ง แต่ต้องใช้แรงงานและขั้นตอนมากกว่า และต้องมีปริมาณน้ำในการทำความสะอาดอย่างเพียงพอ โดยมีขั้นตอนต่างๆ คือ

2.1 การคัดแยก สามารถแยกผลกาแฟที่มีตำหนิ เช่น ผลกาแฟที่ฝ่อ เหี่ยวได้ โดยอาจจะนำผลกาแฟมาลอยน้ำ ผลกาแฟที่ฝ่อหรือเหี่ยวจะลอยอยู่บนผิวน้ำ ในขณะที่ผลกาแฟที่มีคุณภาพดีและความสุกพอเหมาะจะจมน้ำ

2.2 การปอกเปลือกผลกาแฟ โดยนำผลกาแฟที่เก็บใหม่มาปอกเปลือกทันทีด้วยการใช้เครื่องปอกเปลือก หากยังไม่สามารถปอกเปลือกได้ทันทีอาจเก็บผลกาแฟไว้ได้แต่ไม่ควรเกิน 36 ชั่วโมง เพราะอาจเกิดการเน่าเสียจากปฏิกิริยาการหมัก ทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่เหมาะสมกับกาแฟเมล็ด

2.3 การกำจัดเมือก เนื่องจากเมล็ดกาแฟสร้างเมือกหุ้มรอบเมล็ดกาแฟ เมื่อเมล็ดกาแฟมีความสุกแก่เพิ่มขึ้นเมือกจึงเป็นส่วนประกอบที่เกิดขึ้นเมื่อเมล็ดค่อยๆ สุก ซึ่งไม่สามารถล้างเมือกออกได้โดยทันทีด้วยน้ำ เพราะว่าเมือกติดกับเมล็ดกาแฟ เหตุที่ต้องกำจัดเมือกเนื่องจากเมือกทำให้เมล็ดกาแฟเหนียว แห้งช้า หากเมล็ดกาแฟแห้งช้าก็มีโอกาสให้จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ดีเนื่องจากยังมีความชื้นอยู่ ซึ่งจะทำให้กลิ่นรสของกาแฟเสียไป โดยทั่วๆ ไปการกำจัดเมือกอาจทำได้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้คือ

2.3.1 การกำจัดเมือกโดยการหมัก โดยการนำผลกาแฟที่ปอกเปลือกแล้วใส่ในบ่อซีเมนต์หรือถังพลาสติกซึ่งมีระบบระบายน้ำออกจากบ่อหรือถังหมักอยู่ด้านล่าง จากนั้นบรรจุผลกาแฟลงไปประมาณ 3 ส่วนใน 4 ส่วนของถัง เติมน้ำลงไปให้ท่วมเมล็ดกาแฟ คลุมถังด้วยพลาสติกหรือผ้าใบ หลังจากนั้นเอ็นไซม์ภายในผลกาแฟและจุลินทรีย์จากภายนอก จะช่วยย่อยเมือกที่หุ้มผลกาแฟออกภายใน 14 ถึง 24 ชั่วโมง หากหมักนานกว่านี้อาจมียีสต์มาใช้น้ำตาลกาแลคโทสและเปลี่ยนน้ำตาลกาแลคโทสให้เป็นแอลกอฮอล์ ต่อจากนั้นแบคทีเรียบางกลุ่มจะมาเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก กรดบิวทิวริค หรือกรดที่มีคาร์บอนสายยาว ซึ่งทำให้กาแฟมีกลิ่นและคุณภาพต่ำลง การหมักเมล็ดกาแฟทำให้เมือกที่หุ้มรอบเมล็ดกาแฟหลุดออกจากเมล็ดโดยง่าย เมื่อเมือกหลุดจากเมล็ดแล้วควรล้างและขัดเมือกด้วยมือในน้ำทันที แล้วล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด 3 ถึง 4 ครั้ง

2.3.2 การกำจัดเมือกโดยการเติมสารละลายด่าง โดยการนำผลกาแฟที่ปอกเปลือกแล้วมาใส่ลงถังขนาดใหญ่ แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 ใช้เวลา

แช่ด่าง 1 ถึง 2 ชั่วโมง และจารมีระบบการกวนเพื่อให้เมือกละลายและหลุดออกไปได้ดีขึ้น ซึ่งสามารถทดสอบได้โดยการจับด้วยมือ หากเมล็ดกาแฟไม่ลื่นแสดงว่าเมือกหลุดออกแล้ว จากนั้นจึงล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด 3 ถึง 4 ครั้ง

2.3.3 การกำจัดเมือกโดยการขัดสี เครื่องปอกเปลือกกาแฟแบบใช้น้ำที่เรียกว่า aquapulper เป็นเครื่องที่สามารถปอกเปลือกและกำจัดเมือกในเวลาเดียวกัน เครื่องมือมีลักษณะเป็นรูปกรวย จะมีการขัดสีไม่ทำให้เมล็ดกาแฟแตก วิธีการนี้ใช้น้ำมาก ใช้พลังงานสูง ต้นทุนสูง แต่ช่วยให้กระบวนการผลิตทำได้อย่างรวดเร็ว

2.4 การทำให้กาแฟแห้ง ซึ่งในพื้นที่การผลิตส่วนมากทำให้กาแฟแห้งโดยการนำเมล็ดกาแฟไปผึ่งแดด เพื่อให้ความชื้นลดลงในระดับที่เหมาะสมสำหรับการนำไปเก็บรักษาและรอการจำหน่ายหรือนำไปคั่วต่อไป

2.5 การสีกาแฟ เป็นการนำเอาเมล็ดกาแฟที่ตากแห้งแล้วที่เรียก "กาแฟกะลา" ไปสีเพื่อกำจัดเปลือกแข็งหรือกะลาออกไปโดยใช้เครื่องสีกะเทาะเปลือก (huller) กาแฟกะลาควรมีความชื้นเหมาะสม เพื่อให้ได้กาแฟเมล็ดที่มีความชื้นหลังการสีเอาเปลือกออกอยู่ในระดับประมาณร้อยละ 11 ถึง 12 มิฉะนั้นเมล็ดจะแตกหรือแบน ทำให้เกรดหรือขนาดของกาแฟเมล็ดตกต่ำลง

ผลิตภัณฑ์จากกาแฟ

หลังจากผ่านกระบวนการผลิตกาแฟเมล็ดที่เหมาะสมแล้ว สามารถแปรรูปกาแฟเมล็ดเป็นผลิตภัณฑ์จากกาแฟชนิดต่างๆ โดยประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 197 พ.ศ. 2543 (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) แบ่งกาแฟออกเป็น 6 ชนิด คือ

1. กาแฟแท้ หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผลกาแฟที่แก่จัดของต้นกาแฟในสกุลคอฟเฟีย (*Coffea*) ผ่านกรรมวิธีเอาเมล็ดออกแล้วนำเมล็ดมาคั่วจนได้ที่ และอาจบดได้ขนาดตามความต้องการ

2. กาแฟผสม หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกาแฟแท้ที่มีสิ่งอื่นที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย

3. กาแฟที่สกัดกาเฟอีนออก หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกาแฟแท้ที่ได้สกัดเอากาเฟอีนออก

4. กาแฟสำเร็จรูป หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผลที่แก่จัดของต้นกาแฟในสกุลคอฟเฟีย ผ่านกรรมวิธีเอาเมล็ดออกแล้วนำเมล็ดมาคั่วจนได้ที่โดยมิได้มีการผสมสิ่งอื่นใด แล้วนำมาสกัดด้วยน้ำเท่านั้น แล้วนำไประเหยน้ำออกจนแห้งด้วยกรรมวิธีที่เหมาะสม มีลักษณะเป็นผง หรือเกล็ด หรือลักษณะอื่นๆ ซึ่งสามารถละลายน้ำได้หมดทันที

5. กาแฟสำเร็จรูปผสม หมายความว่า กาแฟสำเร็จรูปที่มีสิ่งอื่นที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย

6. กาแฟสำเร็จรูปที่สกัดกาเฟอีนออก หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกาแฟสำเร็จรูปที่ได้สกัดเอากาเฟอีนออก

ประโยชน์ของกาแฟ

กล้า (2532) รายงานว่ากาแฟคั่วเป็นเครื่องดื่มที่มีกลิ่นรสเฉพาะตัว และการดื่มกาแฟทำให้ผู้ดื่มรู้สึกกระปรี้กระเปร่า เนื่องจากสารกาเฟอีนในกาแฟสามารถกระตุ้นระบบหลอดเลือดและหัวใจได้ จึงทำให้หัวใจเต้นเร็วและสูบฉีดโลหิตได้ดีขึ้น และช่วยกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อลาย ส่งผลให้ผู้ดื่มกาแฟสามารถทำงานที่ต้องใช้แรงงานได้มากขึ้น นอกจากนั้นกาเฟอีนยังสามารถกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางโดยเฉพาะสมอง ทำให้ระบบประสาทของผู้ดื่มกาแฟตื่นตัวในลักษณะของการเร่งความเร็วของการประมวลผลข้อมูลต่างๆ ในสมอง ส่งผลให้ร่างกายของผู้ดื่มกาแฟเพิ่มประสิทธิภาพของงานที่ต้องการใช้สมาธิ

กาแฟมีสารโพลิฟีนอล (polyphenol) เช่น กรดคลอโรจินิก กรดกาเฟอิก และกรดควินิก เป็นต้น ซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นหรืออาจเรียกว่า สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (Clarke and Vitzthum, 2001; International Coffee Organization, 2005) อนุมูลอิสระเป็นสารพิษต่อเซลล์ของร่างกาย โดยในระยะสั้นอนุมูลอิสระมีผลต่อการทำลายเนื้อเยื่อและในระยะยาวอาจมีผลต่อการเสื่อมของเซลล์หรืออาจเป็นสารก่อมะเร็ง สารต้านอนุมูลอิสระจึงน่าจะมีผลต่อการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งได้ (จักรพงษ์, 2548) กาญจน์มุนี และคณะ (2546) รายงานถึงประโยชน์ของกาแฟในทางการแพทย์ได้แก่ การช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ เช่น มะเร็งลำไส้ใหญ่ นิ่วในถุงน้ำดี โรคตับแข็ง โรคพาร์กินสัน และลดอาการของโรคหอบ เป็นต้น

กาแฟคั่ว

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2527) ให้นิยามว่า กาแฟคั่ว หมายถึง เมล็ดกาแฟที่คั่วจนได้ที่ ทั้งที่เป็นเมล็ดและที่บดแล้ว

ระดับของการคั่วกาแฟ

คุณภาพและรสชาติที่เป็นลักษณะเฉพาะตัวของกาแฟคั่วขึ้นกับคุณภาพของกาแฟเมล็ด ทักษะและประสบการณ์ของผู้คั่ว รวมทั้งระดับของการคั่ว กาแฟคั่วที่ระดับความเข้มต่างกันจะมีรสชาติ

ต่างกัน พัชนี (2545) ได้รายงานถึงระดับของการคั่วกาแฟซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 3 แบบคือ

1. การคั่วแบบอ่อน (light roast)

การคั่วแบบอ่อนทำให้กาแฟเมล็ดสูญเสียน้ำหนักน้อยประมาณร้อยละ 12 ถึง 14 จึงได้กาแฟคั่วที่มีน้ำหนักมาก กาแฟคั่วที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อนและกลิ่นค่อนข้างน้อย การคั่วแบบนี้อาจมีชื่อเรียกต่างกัน เช่น การคั่วแบบอังกฤษ (New England) หรือการคั่วแบบซินนามอน (cinnamon) เนื่องจากกาแฟคั่วมีสีน้ำตาลคล้ายสีของเปลือกต้นอบเชย ส่วนใหญ่การดื่มกาแฟที่คั่วแบบนี้มักนิยมผสมนมหรือครีมลงไปในกาแฟที่ชงแล้ว เพื่อให้กาแฟมีรสนุ่มนวลและกลมกล่อมขึ้น

2. การคั่วแบบปานกลาง (medium roast)

การคั่วแบบกลางทำให้กาแฟเมล็ดสูญเสียน้ำหนักประมาณร้อยละ 15 ได้กาแฟคั่วสีน้ำตาลปานกลาง เครื่องดื่มที่ได้มีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 5.1 ถึง 5.3 เรียกการคั่วแบบนี้ว่า การคั่วแบบอเมริกัน (American) และเป็นระดับการคั่วที่นิยมกันทั่วไป บางครั้งจึงเรียกว่าการคั่วแบบธรรมดา (regular) หากกาแฟคั่วที่ได้มีสีน้ำตาลเข้มขึ้นอีกเล็กน้อยจะเรียกว่าการคั่วแบบเวียนนา (Viennese) กาแฟคั่วแบบเวียนนามีข้อสังเกต คือ บริเวณผิวของเมล็ดกาแฟมีน้ำมันเคลือบเล็กน้อย

3. การคั่วแบบเข้ม (dark roast)

การคั่วแบบเข้มทำให้กาแฟเมล็ดสูญเสียน้ำมาก ส่งผลให้ปริมาณกรดที่ละลายน้ำได้ลดลง เครื่องดื่มที่ได้จึงมีรสขม และมีสีน้ำตาลเข้มถึงเข้มมาก โจเซฟ (2546) ได้รายงานถึงการคั่วแบบเข้ม ซึ่งสามารถสรุปตามความเข้มของสีเป็น 3 แบบคือ

3.1 การคั่วแบบฝรั่งเศส (French roast) กาแฟคั่วที่ได้มีสีน้ำตาลเข้ม มีน้ำมันเคลือบติดบริเวณผิวเมล็ดค่อนข้างมาก

3.2 การคั่วแบบคอนติเนนตัล (continental roast) กาแฟคั่วที่ได้มีสีใกล้เคียงกับช็อกโกแลตดำ บางครั้งเรียกว่า การคั่วซ้ำ (double roast)

3.3 การคั่วแบบเอสเปรสโซ (espresso) กาแฟคั่วที่ได้มีสีเกือบจะเป็นสีดำบางครั้งเรียกว่าการคั่วแบบอิตาลี (Italy)

การคั่วกาแฟเป็นเรื่องที่ละเอียดอ่อนและต้องการความสมดุลระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาการคั่ว การคั่วกาแฟด้วยอุณหภูมิสูงเกินไปโดยใช้ระยะเวลาสั้นจะทำให้ผิวกาแฟเมล็ดไหม้ ในขณะที่ส่วนภายในเมล็ดได้รับความร้อนไม่เพียงพอ แต่การคั่วกาแฟที่ใช้อุณหภูมิต่ำเกินไปมักจะทำให้ได้กาแฟคั่วที่มีรสชาติไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค (Illy, 2005)

ผลของการคั่วต่อเมล็ดกาแฟ

ความร้อนจากการคั่วทำให้มีการเปลี่ยนแปลงภายในเมล็ดกาแฟ เช่น การเกิดสีน้ำตาล กลิ่นและรสชาติต่างๆ เมื่อนำกาแฟคั่วมาบดและชงด้วยน้ำร้อน ก็สามารถทำให้สารที่ละลายน้ำได้ และสารระเหยต่างๆ ถูกสกัดออกมาอยู่ภายในน้ำกาแฟ (พัชนี, 2541) เมล็ดกาแฟที่ผ่านการคั่วแล้วมีลักษณะแตกต่างจากเมล็ดกาแฟดิบอย่างชัดเจน โดยมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และกายภาพของเมล็ดคือ

1. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

1.1 การเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากความร้อนจากการคั่วทำให้โพลิแซ็คคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบของกาแฟสลายตัวเป็นน้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลง ซึ่งโพลิแซ็คคาไรด์ที่พบมากในกาแฟ ได้แก่ เซลลูโลส อาราบิโนกาแลคแทน และกาแลคโทแมนแนน (Fischer *et al.*, 2001; Redgwell *et al.*, 2002; Oosterveld *et al.*, 2003) และน้ำตาลยังคงได้รับความร้อนอย่างต่อเนื่องจึงส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ (nonenzymatic browning reaction) ทั้งในลักษณะคาราเมไลเซชั่นและปฏิกิริยาเมลลาร์ด

คาเมไลเซชั่นเกิดจากการสลายตัวของน้ำตาลเนื่องจากการใช้ความร้อนสูงและเกิดโพลิเมอไรเซชั่นของสารประกอบประเภทคาร์บอนได้เป็นสารสีน้ำตาล ปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดจากน้ำตาลได้รับความร้อนในสภาวะที่มีความชื้น (กาแฟเมล็ดมีความชื้นประมาณร้อยละ 10 ถึง 13) แล้วทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนในโมเลกุลของแอมโมเนีย กรดอะมิโน โปรตีน ได้เป็นไกลโคซามีนและเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล ซึ่งเป็นสารคงตัวที่ไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิต่ำ (Leino *et al.*, 1992; Illy, 2005) ผลของปฏิกิริยาเมลลาร์ดนอกจากจะให้สารสีน้ำตาลแล้ว ยังทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชั่นของกรดอะมิโนด้วย ซึ่งเรียกว่า Strecker degradation โดยกรดอะมิโนจะทำปฏิกิริยากับสารประกอบไดคาร์บอนิลได้อัลดีไฮด์ (Maria *et al.*, 1996)

1.2 การเกิดแก๊ส เนื่องจากความร้อนจากการคั่วทำให้อินทรีย์สารสลายตัว (pyrolysis) บางชนิดเปลี่ยนแปลงเป็นแก๊ส ประมาณร้อยละ 87 ของแก๊สที่เกิดขึ้นเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนที่เหลือเป็นแก๊สอื่นๆ เช่น แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ และแก๊สไนโตรเจน เป็นต้น แก๊สที่เกิดขึ้นจะถูกเก็บไว้ภายในเมล็ดกาแฟและซึมออกอย่างช้าๆ (Anderson *et al.*, 2003) กาแฟคั่วในสภาพที่เป็นเมล็ดมีระยะเวลาปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมารวมประมาณ 2,500 ชั่วโมง แต่กาแฟที่บดเป็นผงแล้วจะมีระยะเวลาในการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เร็วกว่าคือ ประมาณ 360 ชั่วโมงหรือระยะสั้นกว่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความละเอียดของผงกาแฟ (Clarke and Macrae, 1958 อ้างโดย พัชนี, 2545)

1.3 การสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากการสูญเสียความชื้นภายในเมล็ด การเปลี่ยนสภาพหรือการเปลี่ยนแปลงสารบางอย่างภายในเมล็ดไปเป็นแก๊สและส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดหลุดออกไป ทำให้น้ำหนักลดลง (Schenker *et al.*, 2000) โดยทั่วไปเมล็ดกาแฟดิบก่อนการคั่วมีความชื้นประมาณร้อยละ 10 ถึง 13 เมื่อคั่วแล้วน้ำหนักรวมจะลดลงร้อยละ 10 ถึง 20 โดยเมล็ดกาแฟคั่วที่มีสีน้ำตาลเข้มสูญเสียน้ำหนักมากกว่าเมล็ดกาแฟคั่วที่มีสีน้ำตาลอ่อน (พัชนี, 2545)

1.4 การเกิดกลิ่นรสเฉพาะ เนื่องจากความร้อนในระหว่างการคั่วนอกจากทำให้เกิดสารสีน้ำตาลยังให้สารที่มีกลิ่นรสเฉพาะตัวของกาแฟคั่วซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้หลายชนิด เช่น กรด แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ ไดอะเซทิล เฟอฟิวราล ไฮโดรเจนซัลไฟด์ คีโตน และเมอร์แคพแทน เป็นต้น (Czerny *et al.*, 1999; Hofmann and Schieberle, 2002) Illy (2005) รายงานว่ากาแฟคั่วประกอบด้วยโมเลกุลที่ระเหยได้มากกว่า 800 ชนิด ขณะที่เมล็ดกาแฟดิบมีสารที่ระเหยได้ประมาณ 200 ชนิด หากใช้เมล็ดกาแฟดิบนำมาบดแล้วชงด้วยน้ำร้อนก็จะไม่ปรากฏสารประกอบที่ให้กลิ่นรสเหมือนกาแฟคั่ว ซึ่งทำให้ได้เครื่องดื่มที่มีรสชาติขมเข้มและกลิ่นหอม

1.5 การเกิดน้ำมันที่ผิวของเมล็ดกาแฟคั่ว เป็นสาเหตุมาจากความร้อนที่ใช้ในการคั่วทำให้ไขมันในเมล็ดกาแฟละลายออกมาและนำเอากรดต่างๆ ที่เกิดขึ้นออกมาด้วย ดังนั้นจึงสังเกตได้ว่าเมล็ดกาแฟคั่วที่มีสีน้ำตาลเข้มมากซึ่งผ่านการคั่วนานหรือคั่วที่อุณหภูมิสูงมีน้ำมันบริเวณผิวมากกว่ากาแฟคั่วที่มีสีน้ำตาลอ่อนหรือสีน้ำตาลปานกลาง (พัชนี, 2545)

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟเนื่องจากความร้อน สรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของกาแฟเมล็ดและกาแฟคั่ว

องค์ประกอบ	กาแฟเมล็ด (ร้อยละ)	กาแฟคั่ว (ร้อยละ)
ความชื้น (moisture)	5.0 - 13.0	1.0 - 3.0
อัลคาลอยด์ (alkaloids)		
กาเฟอีน (caffeine)	0.8 - 4.0	1.0 - 2.6
ไตรโกเนลลีน (trigonell ne)	0.3 - 1.2	1.0 - 1.2
คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)		
ชนิดละลายได้ในน้ำ (water soluble)	40.0 - 65.5	16.2 - 37.5
ชนิดไม่ละลาย (water insoluble)	6.0 - 12.5	6.2 - 16.5
โฮโลเซลลูโลส (holocel ulose)	34.0 - 53.0	-
กรด (acids)	-	10.0 - 21.0
คลอโรเจนิก (chlorogenic)	8.0 - 14.0	1.2 - 7.1
อะลิฟาติก (aliphatic)	7.0 - 12.0	0.2 - 3.5
โปรตีนและกรดอะมิโน (protein and	1.0 - 3.0	1.8 - 4.6
amino acids)	9.0 - 13.0	13.0 - 15.0
ไขมัน (fats)	8.0 - 18.0	8.5 - 20.0
เถ้า (ash)	3.0 - 5.4	3.5 - 6.0
สารระเหยได้ (volatile compounds)	-	ตรวจพบในปริมาณน้อย
เมลานอยดิน (melanoidins)	-	16.0 - 17.0

ที่มา: ดัดแปลงจาก พัชนี (2545)

2. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

การคั่วส่งผลให้เมล็ดกาแฟเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ด้านขนาด และความหนาแน่น ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการระเหยของแก๊สต่างๆ ออกจากเมล็ดกาแฟคั่ว ทำให้โครงสร้างที่แข็งภายในเมล็ดถูกทำลายลง เกิดช่องว่างภายในเมล็ด ซึ่งขนาดของช่องว่างขึ้นกับระดับของการคั่ว เมล็ดกาแฟ

สามารถยืดพองขยายขนาดขึ้นประมาณร้อยละ 40 ถึง 70 ทำให้ความหนาแน่นของเมล็ดลดลง และเมล็ดมีความเปราะและแตกหักง่ายยิ่งขึ้น (Pittia *et al.*, 2001)

การเสื่อมคุณภาพของกาแฟคั่ว

การเสื่อมคุณภาพของกาแฟคั่วเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของกาแฟเมื่อเก็บไว้ระยะเวลาหนึ่ง โดยกลิ่นรสของกาแฟมีแนวโน้มด้อยลง ซึ่งมีส่วนสัมพันธ์กับปัจจัยต่อไปนี้

1. แก๊สออกซิเจน เป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นซึ่งนำไปสู่การเกิดกลิ่นหืน อันเป็นปัญหาหลักที่มีผลต่อการเสื่อมเสียรสชาติของกาแฟ โดยการคั่วจะกระตุ้นให้ลิปิดซึ่งเป็นองค์ประกอบภายในของกาแฟเคลื่อนที่มาอยู่บริเวณผิวหน้าของกาแฟ และกาแฟเริ่มสัมผัสกับแก๊สออกซิเจนในอากาศ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น Nawar (1996 อ้างโดย นิธิยา, 2545) รายงานว่าปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างต่อเนื่อง เมื่อลิปิดสัมผัสกับแก๊สออกซิเจนในอากาศ อัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นค่อยๆ เพิ่มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ (free-radical chain reaction)

ผลของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นซึ่งส่งทำให้กาแฟสูญเสียกลิ่นรสอันเป็นคุณสมบัติสำคัญที่สุดไปนี้ถูกเร่งด้วยการบด เนื่องจากการบดสามารถเพิ่มพื้นที่ผิวของกาแฟที่สัมผัสกับอากาศได้ (Peet's Coffee & Tea, 2003) อย่างไรก็ตามกาแฟมีสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (antioxidant) ประเภทโพลิฟีนอลเป็นองค์ประกอบ เช่น กรดคลอโรจินิก กรดกาแฟอิก และกรดควินิก (Clarke and Vitzhum, 2001; International Coffee Organization, 2005) ซึ่งสารเหล่านี้ช่วยชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้

2. อุณหภูมิและความชื้น สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและปฏิกิริยาชีวเคมีอื่นๆ ทำให้สารที่ให้กลิ่นรสของกาแฟสลายตัวโดยละลายไปกับไอน้ำ เป็นผลให้คุณภาพของกาแฟคั่วด้อยลง

งามทิพย์ (2538) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของกาแฟคั่วที่เก็บไว้ในสภาวะที่มีความชื้นสูงเกิดขึ้นในระยะเวลาประมาณ 4 ถึง 5 วัน แต่การเก็บกาแฟคั่วในสภาวะแวดล้อมที่แห้งและอุณหภูมิต่ำสามารถยืดอายุการเก็บกาแฟได้เป็นระยะเวลานานนับเดือนก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของกาแฟ

วิไล (2547) รายงานว่ากิจกรรมของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งเมื่อปริมาณน้ำอิสระมีค่าต่ำกว่า 0.6 โดยเชื้อราส่วนใหญ่ถูกยับยั้งการเจริญเมื่อปริมาณน้ำอิสระมีค่าต่ำกว่า 0.7 ส่วนยีสต์และแบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกยับยั้งการเจริญเมื่อปริมาณน้ำอิสระมีค่าต่ำกว่า 0.8 และ 0.9 ตามลำดับ Nelson and Labuza (1994) รายงานว่าปริมาณน้ำอิสระมีผลต่ออัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยา

ออกซิเดชั่น อาหารแห้งที่มีปริมาณน้ำอิสระน้อยมากประมาณ 0.1 ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นมีค่าประมาณ 0.3 ถึง 0.4 อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาจะต่ำสุด เนื่องจากน้ำจะไปปกป้องไขมันทำให้แก๊สออกซิเจนไม่ละลายในน้ำมัน แต่จะละลายในน้ำแทน และอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นอีกเมื่อปริมาณน้ำอิสระมีค่าในช่วง 0.55 ถึง 0.85 เนื่องจากปริมาณน้ำมีมากพอที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของคะตะลิสต์และแก๊สออกซิเจน จากการที่กาแฟคั่วมีความชื้นต่ำจึงสามารถดูดความชื้นจากสิ่งแวดล้อมได้ง่าย หากไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นถึงระดับที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้และส่งผลให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

Cardelli and Labuza (2001) ศึกษาผลของความชื้นในรูปของปริมาณน้ำอิสระ ระดับแก๊สออกซิเจน และอุณหภูมิการเก็บรักษา ที่มีต่อระยะเวลาเก็บรักษาของกาแฟคั่วบดในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว พบว่าการเพิ่มปริมาณแก๊สออกซิเจนจาก 0.5 กิโลปาสคาลเป็น 21.3 กิโลปาสคาล ทำให้ระยะเวลาเก็บรักษาลดลง 20 เท่า ปริมาณน้ำอิสระที่เพิ่มขึ้นประมาณ 0.1 ทำให้อัตราการเสื่อมเสียเพิ่มขึ้นร้อยละ 60 และอุณหภูมิเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นประมาณ 10 องศาเซลเซียส ทำให้อัตราการเสื่อมเสียเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 15 ถึง 23

3. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นแก๊สที่มีประโยชน์ในการช่วยเก็บรักษากลิ่นรสของกาแฟเอาไว้ แต่แก๊สนี้ระเหยออกไปได้ง่ายโดยเฉพาะระหว่างการบด ทำให้กลิ่นรสของกาแฟสูญเสียไปด้วย ถ้าบรรจุกาแฟหลังจากการคั่วเสร็จใหม่ในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิททันที ก็มีโอกาสให้เกิดการสะสมของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ความดันภายในบรรจุภัณฑ์สูงขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้บรรจุภัณฑ์เสียหายและยังทำให้กาแฟคั่วบดฟุ้งกระจายเมื่อเปิดบรรจุภัณฑ์ครั้งแรก Yamashita (1990 อ้างโดย งามทิพย์, 2538) รายงานว่ากาแฟคั่วบด 1 กรัม สามารถปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาได้ 1.5 มิลลิลิตรในช่วง 1 ชั่วโมงแรกหลังจากการบด ต่อมาปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ดังนั้นกาแฟที่ผ่านการคั่วและบดมาแล้วควรเก็บพักไว้ (aging) ประมาณ 12 ถึง 36 ชั่วโมงก่อนนำไปบรรจุ แต่ระหว่างการเก็บพักกาแฟคั่วบดไว้ก็มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในกาแฟคั่วบด เนื่องจากการทำปฏิกิริยาของอากาศกับสารประกอบพวกลิปิดต่างๆ ในกาแฟคั่วบด ทำให้กาแฟมีกลิ่นเหม็นหืนและสูญเสียกลิ่นรสที่ดี จึงควรรีบบรรจุกาแฟคั่วบดลงในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิททันทีหลังจากสิ้นสุดระยะเวลาในการเก็บพักตามที่กำหนด Anderson *et al.* (2001) ศึกษากลไกการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของกาแฟคั่วบดเสร็จใหม่พบว่า ส่วนหนึ่งของแก๊สนี้ถูกปล่อยออกมาในระหว่างการคั่วและการบด โดยแก๊สบางส่วนถูกไว้เก็บโครงสร้างภายในเมล็ดและค่อยๆ ปล่อยออกมาในระหว่างการเก็บ ดังนั้น Anderson *et al.* (2001) จึงแนะนำว่าควรพักกาแฟคั่วบดไว้ประมาณ 24 ถึง 48 ชั่วโมงก่อนบรรจุกาแฟคั่วบดลงในบรรจุภัณฑ์ หากบรรจุทันทีจะทำให้บรรจุภัณฑ์

โป่งพองและระเบิดได้ โดยเฉพาะในบรรจุภัณฑ์ประเภทอ่อนตัวซึ่งมีโอกาสโป่งพองได้ง่ายกว่ากระป๋อง อย่างไรก็ตามทุก 24 ชั่วโมงของการพักกาแฟจะทำให้ระยะเวลาการเก็บรักษาลดลงร้อยละ 10 ปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจะขึ้นกับชนิดของกาแฟและสภาวะการคั่ว โดย Anderson *et al.* (2003) พบว่ากาแฟคั่วที่เป็นเมล็ดปลดปล่อยแก๊สช้ากว่ากาแฟคั่วที่บดเป็นผง และกาแฟคั่วแบบแก่ปลดปล่อยแก๊สนี้มากกว่ากาแฟคั่วแบบอ่อน

Schenker *et al.* (2000) รายงานว่า การคั่วที่อุณหภูมิสูงกว่าแม้จะใช้ระยะเวลาสั้นกว่า ทำให้เกิดช่องว่างภายในเมล็ดมีขนาดใหญ่ จึงปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากโครงสร้างอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สูญเสียกลิ่นรสของกาแฟคั่วอย่างรวดเร็ว และลิปิดซึ่งเป็นองค์ประกอบภายในเมล็ดเคลื่อนที่มาอยู่บริเวณผิวหน้าได้เร็วขึ้น ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากการคั่วยังเป็นปัจจัยที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้อีก ดังนั้นการคั่วที่ให้สีของเมล็ดกาแฟเข้มขึ้นจึงมีโอกาสทำให้เมล็ดกาแฟคั่วเสื่อมคุณภาพได้เร็วกว่าเมล็ดกาแฟคั่วที่ได้มาจากการคั่วแบบอ่อน

การบรรจุภัณฑ์ของกาแฟคั่ว

Hirsch (1991) ได้ระบุถึงสมบัติที่สำคัญของบรรจุภัณฑ์สำหรับกาแฟคั่วดังนี้ คือ อัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำ (ไม่เกิน 0.3 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน) และต้องสามารถป้องกันแก๊สออกซิเจนและป้องกันการซึมผ่านของกลิ่นได้ดี เนื่องจากตลอดระยะเวลาการเก็บรักษากาแฟคั่วจะปลดปล่อยกลิ่นรสอย่างต่อเนื่อง วัสดุที่ใช้เป็นองค์ประกอบของบรรจุภัณฑ์จะต้องสามารถขึ้นรูปได้ง่าย บรรจุภัณฑ์สำหรับการบรรจุกาแฟต้องแข็งแรงทนทานต่อแรงกระทำต่างๆ ได้แก่ แรงกดอัดจากภายนอกที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่งและแรงดันจากภายในบรรจุภัณฑ์ซึ่งเกิดจากการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ บรรจุภัณฑ์ควรมีส่วนร่วมในการยืดระยะเวลาเก็บรักษาในระหว่างการจำหน่าย และราคาของบรรจุภัณฑ์ควรจะอยู่ในระดับที่เหมาะสม

บรรจุภัณฑ์ที่มีการพิจารณาใช้เพื่อบรรจุกาแฟคั่วมีดังนี้

1. การเก็บกาแฟคั่วในถุงกระดาษ

การเก็บกาแฟคั่วในถุงกระดาษมักเก็บในถุงขนาด 50 กิโลกรัม หรือกระสอบ โดยมีวัตถุประสงค์ในการส่งออกสินค้าในรูปแบบขายส่งซึ่งนิยมใช้ในตลาดยุโรป (ปริญญา, 2542) แต่กระดาษไม่สามารถป้องกันการซึมผ่านความชื้น การรั่วซึมหรือการแลกเปลี่ยนแก๊ส อีกทั้งกระดาษสามารถซึมซับน้ำมันของกาแฟคั่วได้ง่าย เมื่อน้ำมันทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนในอากาศจะเกิด

การเปลี่ยนแปลง ทำให้กลิ่นรสด้อยลง การเก็บในถุงกระดาษจึงไม่สามารถรักษาคุณภาพไว้ได้นาน (พัชนี, 2545)

2. การเก็บในถุงพลาสติก

การเก็บในถุงพลาสติกเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับแก้ไขปัญหาของถุงกระดาษ เจริญ (2546) รายงานว่าวัสดุที่นิยมใช้ผลิตถุงพลาสติก ได้แก่ โพลิเอทิลีน (polyethylene; PE) และโพลิโพรพิลีน (polypropylene; PP) โดยทั่วไปพลาสติกทั้งสองชนิดนี้มีสมบัติที่ดีสำหรับการทำหน้าที่ในการบรรจุ โดยมีความอ่อนตัว จึงขึ้นรูปได้ง่าย พิมพ์ติดได้ดีและป้องกันความชื้นได้ดี โดยเฉพาะโพลิเอทิลีนเป็นวัสดุพลาสติกที่ใช้มากที่สุด และราคาถูก เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเทียบกับพลาสติกชนิดอื่น ทำให้ปิดผนึกได้ง่ายและต้นทุนการผลิตต่ำ แต่การป้องกันการซึมผ่านของแก๊ส เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และกลิ่นยังไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากถุงพลาสติกที่ผลิตจากโพลิเอทิลีนและโพลิโพรพิลีนมีช่องว่างขนาดเล็ก (pinhole) ที่ทำให้แก๊สซึมผ่านได้ดี (ปริญญา, 2542; Brown, 1992)

3. การเก็บในวัสดุโลหะ

วัสดุโลหะหมายรวมถึงกระป๋องโลหะซึ่งนิยมใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา และวัสดุประกบ (laminate) ซึ่งส่วนมากนิยมใช้แผ่นเปลวอลูมิเนียมที่ใช้กันแพร่หลายในประเทศแถบยุโรป (Dietmar, 1985) การประกบประกอบด้วยวัสดุตั้งแต่สองชั้นขึ้นไป โดยนำวัสดุต่างกันมาประกบรวมกันเป็นแผ่นเดียว เพื่อรวมคุณสมบัติที่ดีของวัสดุแต่ละชนิดไว้ในตัวบรรจุภัณฑ์ เช่น การใช้แผ่นเปลวอลูมิเนียมซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันแสงได้ดีร่วมกับโพลิเอทิลีนที่เป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของชั้นที่จะต้องปิดผนึกด้วยความร้อน นอกจากนั้นโพลิเอทิลีนยังสามารถปิดช่องว่างขนาดเล็กที่มีอยู่ในแผ่นเปลวอลูมิเนียม การประกบทั่วไปนิยมประกบแผ่นเปลวอลูมิเนียมอยู่ระหว่างแผ่นฟิล์มชนิดอื่น เช่น การประกบแผ่นเปลวอลูมิเนียมอยู่ระหว่างโพลิเอสเตอร์และโพลิเอทิลีน โดยโพลิเอสเตอร์ทำให้เกิดความแข็งแรงและการคงรูป ส่วนแผ่นเปลวอลูมิเนียมป้องกันความชื้น แก๊สออกซิเจนและแสง และโพลิเอทิลีนซึ่งถูกประกบด้านในสุดของบรรจุภัณฑ์ให้การปิดผนึกด้วยความร้อนที่ดี บรรจุภัณฑ์ประเภทนี้สามารถปิดผนึกแบบสุญญากาศได้ และบรรจุภัณฑ์อีกประเภทหนึ่งคือ บรรจุภัณฑ์ที่ประกอบไปด้วยการประกบโพลิไวนิลคลอไรด์อยู่ระหว่างโพลิเอไมด์และโพลิเอทิลีน โดยโพลิเอไมด์จะถูกเมทัลไลซ์ ซึ่งการเมทัลไลซ์สามารถช่วยให้บรรจุภัณฑ์ป้องกันแสงและความชื้นได้ (ปริญญา, 2542)

กาญจนา (2545) ระบุถึงข้อดีของการบรรจุกาแฟในกระป๋องไว้ดังนี้คือ มีรูปร่างหลากหลาย ให้คุณภาพการพิมพ์สูง และสามารถพิมพ์ภาพต่างๆ ได้คมชัด ให้การปิดผนึกอย่างแน่นหนาและข้อได้เปรียบของบรรจุภัณฑ์ชนิดนี้เมื่อเทียบกับถุงแผ่นเปลวอลูมิเนียมคือ ผู้บริโภคสามารถใช้

กระป๋องโลหะที่มีฝาเปิดปิดนี้เก็บกาแฟได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนใส่ภาชนะอื่น สามารถเรียงซ้อนกันได้ง่ายในการเก็บรักษาและดึงดูดความสนใจได้ดีกว่าเมื่อสินค้าวางอยู่บนชั้นที่วางจำหน่าย ความแข็งแรงของกระป๋องทำให้ทนทานต่อแรงกระทำทั้งจากภายในบรรจุภัณฑ์และแรงกระแทกระหว่างการขนส่งได้ดีกว่าถุงประกบ และสามารถรวบรวมกระป๋องกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่ได้ง่าย เนื่องจากกระป๋องมีสมบัติของการเป็นแม่เหล็ก ซึ่งเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมในประเด็นของการลดปัญหาขยะจากการบรรจุ อย่างไรก็ตามกระป๋องใช้พลังงานในการผลิตและการขนส่งสูงกว่าการใช้ถุงประกบ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น (Monte *et al.*, 2005)

4. การเก็บในถุงหรือวัสดุที่เป็นสุญญากาศ หรือการเติมแก๊สเฉื่อยบางชนิดลงในบรรจุภัณฑ์

การเก็บในลักษณะนี้สามารถรักษาคุณภาพของกาแฟคั่วได้นานขึ้น เนื่องจากป้องกันไม่ให้แก๊สออกซิเจนทำปฏิกิริยากับสารประกอบต่างๆ ในกาแฟคั่ว โดยทั่วไปถุงที่ใช้ในการบรรจุแบบสุญญากาศได้จากการขึ้นรูปเป็นฟิล์ม ทำให้มีลักษณะคล้ายกับกระป๋องที่มีลักษณะอ่อนตัว (flexible can) และถุงสุญญากาศมีข้อดีที่ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าการบรรจุในกระป๋องโลหะในกรณีที่กำลังการผลิตเท่ากัน (Sivetz and Foote, 1963; Brody and Marsh, 1997)

การเติมแก๊สเฉื่อย เช่น แก๊สไนโตรเจน ในบรรจุภัณฑ์ เป็นการลดปริมาณแก๊สออกซิเจน การบรรจุลักษณะนี้จะปล่อยให้กาแฟคั่วปล่อยแก๊สระยะเวลาหนึ่งก่อนบรรจุ เพื่อป้องกันการเกิดแรงดันภายในบรรจุภัณฑ์ภายหลังบรรจุ (Robertson, 1993) ข้อดีและข้อด้อยระหว่างการบรรจุแบบสุญญากาศและการเติมแก๊สเฉื่อย สรุปได้ดังตารางที่ 2

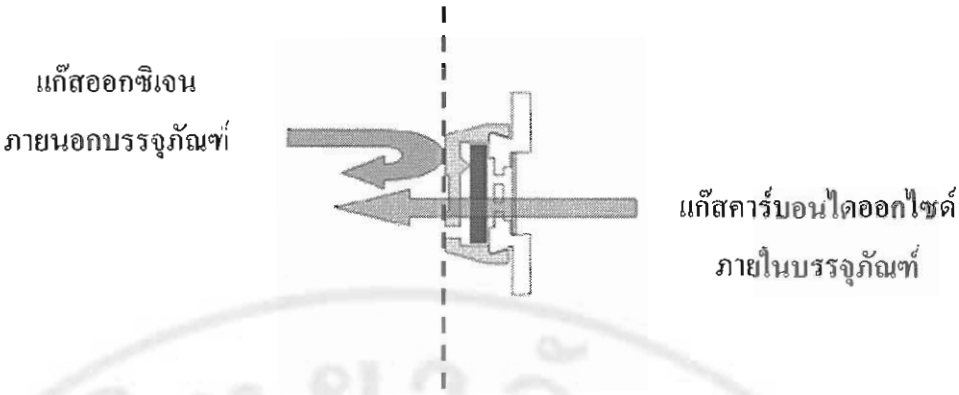
ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างการบรรจุแบบสุญญากาศและการเติมแก๊สเฉื่อย

วิธีการ	ข้อดี	ข้อด้อย
การบรรจุแบบสุญญากาศ	1. สามารถยืดอายุการเก็บรักษา 2. ลดการรวมตัวเป็นก้อนของกาแฟ 3. ตรวจสอบรอยรั่วได้รวดเร็ว	1. ผลิตภัณฑ์อาจเกิดการแตกหักจากการบีบอัดและลักษณะปรากฏไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ยับย่น 2. เครื่องมือราคาสูงแต่อัตราการผลิตต่ำ
การเติมแก๊ส	1. ยืดอายุการเก็บรักษา โดยลดระดับออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ และไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์แตกหักเนื่องจากการบีบอัด โดยใช้เครื่องมือราคาถูกกว่าและอัตราการผลิตสูงกว่าวิธีการบรรจุแบบสุญญากาศ	1. แก๊สเฉื่อยบางชนิด เช่น ไนโตรเจน ไม่สามารถป้องกันการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ 2. การเก็บรักษาในระยะยาวต้องทดสอบประสิทธิภาพของรอยปิดผนึก

ที่มา: ดัดแปลงจาก Hirsch (1991)

5. การเก็บในถุงที่มีส่วนช่วยระบายแก๊ส (degassing valve)

การบรรจุกาแฟคั่วโดยใช้บรรจุภัณฑ์แบบอ่อนตัวทั้งในลักษณะถุงประกบหรือถุงพลาสติกอาจทำให้ถุงโป่งพองหรือแตกได้เนื่องจากการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จึงต้องปล่อยแก๊สปริมาณหนึ่งออกจากบรรจุภัณฑ์ โดยการใช้วาล์วระบายแก๊สติดไว้กับบรรจุภัณฑ์ วาล์วดังกล่าวมีลักษณะเป็นวาล์วแบบทิศทางเดียว (one-way valve) โดยยอมให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ดันออกนอกบรรจุภัณฑ์แต่ไม่ยอมให้แก๊สออกซิเจนจากภายนอกเข้าสู่ภายในบรรจุภัณฑ์ เมื่อความดันภายในบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้นสูงกว่าความดันภายนอกบรรจุภัณฑ์ วาล์วจะเปิดเพื่อระบายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ภายนอก เมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุลวาล์วก็จะปิด ดังแสดงในภาพที่ 1 การใช้วาล์วระบายแก๊สจึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เพราะสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ป้องกันความชื้นและแสงได้ดี (Park, 2003; Peet's Coffee & Tea, 2003)



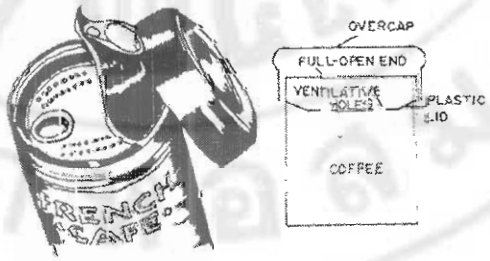
ภาพที่ 1 แสดงหลักการทำงานของวาล์วระบายแก๊ส
ที่มา: ดัดแปลงจาก Fresco-CO System U.S.A., INC. (1978)

6. การใช้สารดูดซับแก๊ส (gas absorber)

นอกจากใช้วาล์วระบายแก๊สแล้ว อาจใช้สารดูดซับแก๊สบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ สารดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide absorber) สามารถใช้ส่วนผสมของแคลเซียมออกไซด์และถ่านหิน นอกจากนี้การใช้สารดูดซับแก๊สออกซิเจน (oxygen absorber) ก็เป็นอีกวิธีที่ช่วยลดระดับแก๊สออกซิเจนได้ โดยบรรจุลงในถุงเล็กๆ (sachet) แล้วนำถุงนั้นใส่ไว้ในบรรจุภัณฑ์ (Jenkins and Harrington, 1991)

7. กระป๋อง "French Cafe"

งามทิพย์ (2538) รายงานว่ากาแฟคั่วที่บรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ประเภท "French Cafe" นี้ไม่จำเป็นต้องผ่านการเก็บพัก โดยสามารถบรรจุกาแฟคั่วลงในกระป๋องนี้หลังการบดได้ทันที จึงช่วยป้องกันการสูญเสียกลิ่นรสของกาแฟคั่วบดได้ดี โครงสร้างของกระป๋องแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างของกระป๋อง "French Café"
ที่มา: Yamashita (1990 อ้างโดย งามทิพย์, 2538)

กาแฟที่ผ่านการคั่วและการบดมาแล้วจะถูกบรรจุในกระป๋องพร้อมกับซองสารดูดซับแก๊สออกซิเจน แล้วดึงอากาศภายในกระป๋องออกและปิดผนึกทันที โดยต้องใช้ระดับสุญญากาศสูง เพื่อควบคุมปริมาณแก๊สออกซิเจนที่หลงเหลือภายในกระป๋องไม่ให้เกินร้อยละ 0.3 กาแฟจะปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเป็นผลให้ความดันภายในกระป๋องเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสูงกว่าความดันบรรยากาศ ประมาณ 0.3 ถึง 0.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร การที่ความดันภายในกระป๋องสูงกว่าความดันบรรยากาศเป็นการเสริมความแข็งแรงให้กับตัวกระป๋อง สามารถลดความหนาของตัวกระป๋องลงได้และไม่จำเป็นต้องทำลอน ฝากระป๋องด้านนอกสุดทำจากโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง เป็นฝาเกลียวสำหรับการเปิดและปิดหลายครั้ง ฝาชั้นถัดเข้ามาเป็นพวกอลูมิเนียมเปิดง่ายโดยการดึงห่วงที่ติดบนฝา เมื่อเปิดฝานี้แล้วความดันภายในกระป๋องค่อยๆ ปรับลดลงให้เท่ากับความดันบรรยากาศโดยกาแฟคั่วบดไม่ฟุ้งกระจาย

Kallio *et al.* (1990) ศึกษาการแพร่กระจายของสารให้กลิ่นรสของกาแฟคั่วบด ซึ่งบรรจุในถุงที่ทำจากการประกบระหว่างโพลิเอสเตอร์ แผ่นเปลวอลูมิเนียม และโพลิเอทิลีน ที่ระดับอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 เดือน โดยวิธี แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมทริก (gas chromatography-mass spectrometric) พบว่าองค์ประกอบหลายชนิดที่อยู่บริเวณช่องว่างเหนืออาหารได้แก่ บิวทานิดีน ไธโอฟีน 2-เมทิลฟิวราน โพรพานาล และอะซิโตน เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา แสดงว่ากาแฟคั่วบดสูญเสียกลิ่นรสตลอดเวลา ปริญญา (2542) รายงานว่าผลิตภัณฑ์กาแฟสามารถดูดความชื้นและกลิ่นจากสิ่งแวดล้อม กลิ่นจากผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง (น้ำหอม สบู่) และผลิตภัณฑ์นม (เนย) จึงควรบรรจุผลิตภัณฑ์กาแฟในบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของความชื้น แก๊ส และกลิ่นได้ดี

ในระหว่างการเก็บรักษาหรือระหว่างรอการขนส่งเพื่อการจำหน่ายของกระบวนการผลิตกาแฟคั่วในระดับครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็กที่มีต้นทุนการผลิตค่อนข้างจำกัดนั้น บรรจุภัณฑ์อาจเกิดลักษณะโป่งพองเนื่องจากกาแฟปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ความดันภายในบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้น อาจเป็นสาเหตุให้บรรจุภัณฑ์เสียหายได้ ผู้ผลิตบางรายจึงแก้ปัญหาโดยการเจาะรูเพื่อระบายแก๊สออกจากบรรจุภัณฑ์ ซึ่งวิธีการนี้ไม่สามารถปฏิบัติได้หากสินค้าจำหน่ายออกไปแล้ว

พัตรเพ็ญ (2547) ศึกษาคุณภาพของกาแฟคั่วบดในลักษณะการคั่วแบบกลางในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นระยะเวลา 90 วัน โดยใช้บรรจุภัณฑ์ 4 ชนิด ได้แก่ กระป๋องโลหะ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่มีวาล์วระบายแก๊ส และถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติกเกอร์ใส ซึ่งถุงอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรูแล้วปิดทับด้วยสติกเกอร์ใสเป็นบรรจุภัณฑ์ที่เกิดจากแนวคิดที่จะระบายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากบรรจุภัณฑ์ซึ่งผลิตจากอุตสาหกรรมการผลิตกาแฟคั่วขนาดเล็ก

โดยต้องป้องกันไม่ให้ไอน้ำและแก๊สออกซิเจนจากภายนอกซึมผ่านเข้าสู่ภายในบรรจุภัณฑ์ได้ โดยง่ายจึงปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใส จากผลการศึกษาพบว่าบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิดให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนในระยะเวลาเก็บรักษา 90 วัน การบรรจุในกระป๋องโลหะหรือการใช้วาล์วระบายแก๊ส ซึ่งมีต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง ดูเหมือนว่ายังไม่ให้ผลเด่นอย่างเห็นได้ชัดเจนว่ามีความเหนือกว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ประเภทอื่น การใช้วาล์วอาจมีส่วนช่วยลดปัญหาการโป่งพองของบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากความต้นที่เพิ่มขึ้นจากการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ปัญหาดังกล่าวสามารถลดได้โดยการพักกาแฟหลังจากการคั่วและการบดก่อนบรรจุประมาณ 24 ชั่วโมง อีกทั้งกาแฟยังมีกลไกในการดูดซับแก๊สกลับเข้าสู่โครงสร้าง ส่วนการใช้กระป๋องแม้จะทนทานต่อแรงดันทั้งจากภายในและภายนอกได้ดี และได้เปรียบบรรจุภัณฑ์อื่นๆ ในแง่ของการนำกลับมาใช้ซึ่งเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อม แต่กระป๋องใช้พลังงานในการผลิตและการขนส่งสูงกว่าการใช้ถุง ดังนั้นในช่วงระยะเก็บรักษา 90 วัน การใช้ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ซึ่งมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าน่าจะเพียงพอในการรักษาคุณภาพของกาแฟคั่วบดและพบว่าในช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 90 วัน กาแฟคั่วบดมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย นั่นแสดงว่าถุงอลูมิเนียมฟอยล์น่าจะรักษาคุณภาพของกาแฟคั่วบดไว้ได้นานกว่า 90 วัน