บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

1. สายพันธุ์กาแฟ

การทดสอบสายพันธุ์กาแฟอะราบิกาในประเทศไทยเป็นขั้นตอนสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมกาแฟของไทยให้เติบโตอย่างยั่งยืน โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อค้นหาพันธุ์กาแฟที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่ ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพ รสชาติ และผลผลิตของกาแฟ

การศึกษาเกี่ยวกับสายพันธุ์กาแฟอะราบิกา มีการแบ่งประเภทสายพันธุ์ให้ชัดเจน โดยสายพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่สำคัญสามารถแบ่งออกเป็นสองกลุ่มหลัก ได้แก่ 1) สายพันธุ์อะราบิกาแท้ซึ่งประกอบด้วยสายพันธุ์ต่างๆ เช่น คาทูรา ทิปปิก้า บลูเมาเทน และเบอร์บอน สายพันธุ์ในกลุ่มนี้มีรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในด้านความต้านทานต่อโรคราสนิม ทำให้เกษตรกรประสบปัญหาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อนำไปจำหน่าย เนื่องจากความเสี่ยงจากการสูญเสียผลผลิต จำเป็นต้องมีการจัดการสวนกาแฟที่ดีและมีการลงทุนเพิ่มเติมในด้านการควบคุมโรคและแมลง ส่งผลให้ชาวเกษตรกรหันไปปลูกกาแฟสายพันธุ์อื่นมากขึ้น 2) กลุ่มสายพันธุ์ที่เกิดจากการผสมข้าม ซึ่งสายพันธุ์คาติมอร์ (Catimor) ที่ได้จากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์คาทูราที่ได้จากผลสีแดง (CIFC 19/1) และไฮบริดเดอ ติมอร์ (CIFC 832/1) โดยมีการผสมกลับระหว่างลูกผสมเพื่อสร้างพันธุ์ที่มีความต้านทานโรคราสนิม สายพันธุ์นี้มีลักษณะกิ่งก้านเตี้ยและให้ผลผลิตที่สูง ซึ่งการใช้เลขหมาย CIFC 19/1 และ CIFC 832/1 ได้รับการกำหนดโดยนักปรับปรุงพันธุ์พืชจากศูนย์วิจัยโรคราสนิมนานาชาติ (Centro de Investigacao das Ferrgens de Cafeeiro, CIFC)

มานพและคณะ (2551) ได้รายงานผลการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาสายพันธุ์กาแฟอะราบิกา โดยสามารถคัดเลือกต้นกาแฟที่มีลักษณะดี มีลักษณะต้นเตี้ย ข้อสั้น ให้ผลผลิตสูงและสม่ำเสมอ พร้อมทั้งมีคุณภาพดีและต้านทานโรคราสนิมได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ โดยการคัดเลือกนี้สามารถทำได้สำหรับสายพันธุ์ Catimor CIFC 7963-13-28, Catimor CIFC 7963-51-7 และ Catimor CIFC 7963-661-36 ซึ่งเปรียบเทียบกับพันธุ์กาแฟอีกเจ็ดพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ Catimor CIFC 7963-13-28 มีผลผลิตสูงที่สุดในด้านการผลิตเมล็ดกาแฟดิบ (green bean) โดยเฉลี่ยในช่วงห้าปีสูงถึง 215 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ Caturra, Bourbon และ Typica ที่เกษตรกรนิยมปลูกทั่วไป

สวพส. ดำเนินการคัดเลือกพันธุ์กาแฟที่มีรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์จำนวน 6 สายพันธุ์ การทดสอบสายพันธุ์กาแฟคุณภาพโครงการหลวงที่เริ่มทดสอบปลูกปี 2557 โดยรวบรวมและคัดเลือกจากต้นแม่ที่มีลักษณะทรงต้นที่ดี ต้านทานโรคราสนิม ให้ผลผลิตสูง และมีคุณภาพการชงดื่มที่ดีเยี่ยม จากการวิเคราะห์คุณภาพการชิมในฤดูกาล 2565 และ 2566 พบว่า มี 3 หมายเลข ได้คะแนนรวมในการชงดื่มเกิน 80 คะแนน ซึ่งถือว่าเป็นกาแฟที่มีลักษณะพิเศษตามมาตรฐาน Specialty Coffee Association (SCA) ส่งผลให้การคัดเลือกกาแฟคุณภาพที่ดีจากต้นกาแฟแม่พันธุ์ ได้จำนวน 3 หมายเลข ได้แก่ เบอร์ B1, B2 และB13 และในปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 ได้สายพันธุ์กาแฟ 3 สายพันธุ์จากแหล่งพันธุ์ห้วยน้ำขุ่น เบอร์ HNK5 และHNK9 และแหล่งพันธุ์วาวี เบอร์ WW5 โดย HNK 5 ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นอยู่ที่ 1,645 กรัม/ต้น คะแนนรวมคุณภาพการชงดื่ม 81.5 เอกลักษณ์ของกลิ่นที่ได้ : Hazelnut / Vanilla / Phenolic พันธุ์ HNK 9 ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นอยู่ที่ 1,602 กรัม/ต้น คะแนนรวมคุณภาพการชงดื่ม 82.50 เอกลักษณ์ของกลิ่นที่ได้ : Piaeapple / Chocolate /

Caramel และพันธุ์ WW5 ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นอยู่ที่ 1,602 กรัมต่อต้น คะแนนรวมคุณภาพการชงดื่ม 82.25 เอกลักษณ์ของกลิ่นที่ได้ คือ เบอรี่ ส้ม ดอกไม้หอม และวานิลลา

2. งานวิจัยเรื่องชนิดไม้กับระบบการปลูกกาแฟ

การปลูกกาแฟโดยใช้ระบบ agroforestry หรือการปลูกพืชร่วมกับต้นไม้ให้ร่มเงา เป็นแนวทางที่ได้รับความสนใจในงานวิจัยต่างๆ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของต้นไม้ที่ให้ร่มเงาต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟอะราบิกา (Coffea arabica) ในพื้นที่สูง การเลือกชนิดไม้ให้ร่มเงาในสวนกาแฟนั้น แนะนำให้เลือกชนิดไม้ที่สามารถเติบโตได้ดีในสภาพภูมิศาสตร์ของพื้นที่ปลูกกาแฟ เช่น ต้นไม้ในสกุล Acacia เหมาะกับการเป็นไม่ร่มเงาชั่วคราว ซึ่งมีความสามารถในการให้ร่มเงาและช่วยปรับปรุงดิน การปลูกไม้ให้ร่มเงาสามารถช่วยลดอุณหภูมิของดินและความชื้น ทำให้ต้นกาแฟเจริญเติบโตได้ดีขึ้น ในขณะเดียวกันยังช่วยลดโอกาสการเกิดศัตรูพืชและโรค เพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ นอกจากนั้นยังสามารถตรึงไนโตรเจนได้อีกด้วย ทำให้เป็นไม้ร่มเงาชั่วคราวที่ดีที่สุด และไม้ที่มีการแผ่ทรงพุ่มกว้างๆ เช่น ต้นศรีตรัง การบูร เลี่ยน กระถิ่น เป็นต้น (Mengistu, 2023; Jiazhi *et.al*., 2024) ระบบการปลูกกาแฟร่วมกับต้นไม้ช่วยส่งเสริมความหลากหลายทางชีวภาพ โดยสามารถเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ และการปลูกกาแฟในระบบนี้สามารถสร้างรายได้จากการขายไม้ในอนาคต มีความคุ่มค่าในเชิงเศรษฐกิจมีความยั่งยืนในเชิงสิ่งแวดล้อมมากขึ้น (Debela and Struik, 2011) และช่วยให้เกษตรกรมีทางเลือกในการทำเกษตรอย่างยั่งยืน

ระบบการปลูกกาแฟบนพื้นที่สูง สามารถแบ่งได้ 3 ระบบ ดังนี้

1) ระบบกลางแจ้ง ปลูกกาแฟเชิงเดี่ยว ไม่มีต้นไม้บังร่มเงาที่ช่วยลดความเข้มแสงและอุณหภูมิ จึงทำให้ต้นกาแฟให้ผลผลิตไม่ยาวนาน และต้นกาแฟเสื่อมโทรมเร็ว ประกอบกับต้องใช้ปัจจัยการผลิตจำพวกปุ๋ยหรือสารเคมีเกษตรอื่นๆ ค่อนข้างสูง ข้อดีคือ กาแฟจะติดผลต่อต้นจำนวนมาก ทำให้ได้ผลผลิตสูง ส่วนข้อเสียนั้นจะทำให้ต้นกาแฟโทรมเร็ว ต้นทุนสูงจากการใช้ปัจจัยการผลิตเพิ่ม เช่น ปุ๋ยเพิ่มขึ้น มีโอกาสเสี่ยงต่อผลผลิตเสียหายจากแสงแดด ลูกเห็บ และน้ำค้างแข็งมากกว่าระบบร่มเงา

2) ระบบร่มเงาปลูกร่วมกับไม้ผล โดยเริ่มปลูกร่มเงาระยะสั้น การปลูกพืชสลับกับการปลูกกาแฟ เช่น การปลูกไม้ผล กล้วย หรือพืชยืนต้นตระกูลถั่ว ไม้บังร่มจะช่วยลดความเข้มแสง อุณหภูมิใต้ทรงพุ่มและอุณหภูมิดินทำให้กาแฟให้ผลผลิตสม่ำเสมอ คุณภาพสูง โดยให้มีร่มเงาได้ไม่เกิน 70% ข้อดี คือ ต้นกาแฟไม่โทรม ให้ผลผลิตสม่ำเสมอ ให้ผลผลิตที่ยาวนานกว่า ลดการเกิดโรคระบาด ลดปัญหาการบุกรุกแผ้วถางพื้นที่ป่า และมีรายได้เสริมจากไม้ผล ส่วนข้อเสียคือทำให้ผลผลิตน้อยลง (ถ้าไม่มีการจัดการร่มเงาไม้ผลที่ดี)

3) ระบบเกษตรป่าไม้ (Agroforestry) เป็นการปลูกภายใต้ร่มเงาของไม้ป่าเดิม โดยมีการจัดการระบบร่มเงา โดยให้มีร่มเงาได้ไม่เกิน 70% ข้อดีคือ ต้นกาแฟไม่โทรม ลดการเกิดโรคระบาด ลดความเสียหายจากสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงเช่น พายุลูกเห็บ และน้ำค้างแข็ง และข้อเสียคือ ทำให้มีผลผลิตน้อยกว่าระบบกลางแจ้ง (ถ้าไม่มีการจัดการร่มเงาที่ดี) และต้องมีการจัดการสวนที่ดี

การปรับระบบการปลูกกาแฟภายใต้ระบบร่มเงา

จากสภาวะการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในปัจจุบัน ที่ส่งผลกระทบต่อการเกษตรบนพื้นที่สูง การปลูกกาแฟอะราบิกาจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต้องปลูกภายใต้ระบบร่มเงา ซึ่งจะช่วยให้กาแฟอะราบิกามีการเจริญเติบโตได้ดี ให้ผลผลิตสม่ำเสมอ ลดความเสี่ยงจากการระบาดของโรคและแมลง ช่วยเพิ่มความ

หลากหลายทางชีวภาพ รวมถึงลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติต่างๆ ได้ และยังทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นจากไม้ให้ร่มเงาที่ปลูกร่วมกับกาแฟ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสิทธิเดช และคณะ (2565) รายงานการศึกษาระบบการปลูกและผลิตกาแฟที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในพื้นที่สูง ในระบบการปลูกกาแฟร่วมกับไม้ผล เช่น พลัม บ๊วย พลับ มีผลกำไรตอบแทนการปลูกกาแฟต่อไร่เฉลี่ย 14,700 บาท จากรายงานของ ประชา และคณะ (2560) ศึกษาคุณภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิกาภายใต้รูปแบบการปลูกแบบต่าง ๆ โดยทำการศึกษาในรูปแบบการปลูกกาแฟที่แตกต่างกัน 5 รูปแบบได้แก่ ปลูกกาแฟร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว ปลูกกาแฟร่วมกับไม้ผลเมืองหนาวและป่าที่มีการฟื้นฟู ปลูกกาแฟแบบเชิงเดี่ยว ปลูกกาแฟใต้เรือนยอดป่าไม้ท้องถิ่นดั่งเดิม และปลูกกาแฟในพื้นที่ป่าฟื้นฟูตามธรรมชาติ ผลการศึกษาพบว่า เมล็ดกาแฟที่ปลูกภายใต้เรือนยอดป่าไม้ท้องถิ่นดั่งเดิม มีน้ำหนักเฉลี่ย ทั้งน้ำหนักสด และผลแห้ง ค่าเฉลี่ยความกว้างด้านประกบ และน้ำหนักเมล็ดดี สูงกว่าเมล็ดกาแฟที่ปลูกภายใต้รูปแบบอื่น และจากรายงานของ กฤษฎา และเสวียน (2566) ทำการศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ปลูกกาแฟจากพื้นที่เสื่อมโทรมจากการปลูกข้าวโพดในจังหวัดน่าน ศึกษาในแปลงตัวอย่าง 2 แปลงคือ แปลงมณีพฤกษ์และแปลงสบขุ่น ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่แปลงเก็บตัวอย่างสบขุ่นมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนสูงถึง 50.40 ตัน/เฮกตาร์ ในขณะที่แปลงมณีพฤกษ์มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 14.90 ตัน/เฮกตาร์ แปลงสบขุ่นมีการปลูกไม้ใหญ่อย่างต้นพังแหร (*Trema orientalis* (L.) Blume.)) อยู่ในพื้นที่จำนวนมากซึ่งเป็นไม้ใหญ่มีการกักเก็บ CO_2 ที่มากกว่าถึงแม้ว่าต้นพังแหรนั้นจะไม่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจแต่การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าระบบเกษตรกรรมบนพื้นที่สูงควรมีการส่งเสริมปลูกไม้ใหญ่ควบคู่กับพืชเศรษฐกิจ เนื่องจากจะเป็นแนวทางในการสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน โดยไม้ร่มเงาแบ่งได้ 2 แบบ คือระยะสั้น และระยะยาว ดังนี้

1) ไม้บังร่มชั่วคราว เป็นไม้โตเร็ว และเป็นพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วมะแฮะ กล้วย เป็นต้น ควรใช้ในระยะปลูก 4x6 หรือ 6x6 เมตร และปลูกหลายชนิด สลับกัน

2) ไม้บังร่มถาวร ควรเป็นไม้พุ่มใหญ่ ทรงพุ่มกว้างและให้ร่มเงาในระดับสูง เช่น ซิลเวอร์โอ๊ค บ๊วย ท้อ มะคาเดเมียนัท และอะโวกาโด เป็นต้น ระยะปลูก 8x10 เมตร และควรปลูกหลายชนิดสลับกันกับไม้บังร่มชั่วคราว

นอกจากนี้ ผลการศึกษาพบว่าการปลูกกาแฟอะราบิกาภายใต้ร่มเงาไม้ใหญ่ในป่ามีส่วนช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยช่วยปรับโครงสร้างของดินล่างให้ร่วนซุยขึ้น ทำให้ความเป็นกรดของดินลดลง เพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืช ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม และช่วยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ชนิดตรึงไนโตรเจนแบบอิสระในดิน (นุจรินทร์, 2561)

3. Carbon footprint กับการผลิตกาแฟ

การผลิตกาแฟจนถึงมือผู้บริโภค จะมีการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment) เป็นอีกหนึ่งวิธีสำหรับการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดของเสีย (Harsono *et al.*, 2021; องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2563) โดยรูปแบบการประเมินสามารถประเมิน 2 วิธีดังนี้ 1) การประเมินแบบ Cradle to Grave หรือ Business to Consumer (B2C) เป็นการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน และการจัดการของเสียหลังหมดอายุ การใช้งาน ตลอดจนการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกๆ ขั้นตอน โดยคำนวณต่อหนึ่งหน่วยหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์ และ 2) การประเมินแบบ Chadle to Gate หรือ Business to Business (B2B) เป็นการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกบางส่วนของวัฏจักรชีวิตของ

ผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และกระบวนการผลิต ตลอดจนการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกๆ ขั้นตอน สิ้นสุดที่ประตูโรงงาน โดยคำนวณต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ประกาศใช้ โดยก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) มี 7 ชนิดได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2563)

การวางขอบเขตงานวิจัยในการประเมินการประเมินวัฏจักรชีวิตของกาแฟนั้นต้องมีการกำหนดขอบเขตของการประเมินไว้ก่อน เช่น ต้องการประเมินตั้งแต่กระบวนการปลูกจนถึงกาแฟ 1 แก้ว หรือตั้งแต่การแปรรูปกาแฟจนถึงกาแฟคั่วหรือกาแฟบด เป็นต้น หลังจากวางขอบเขตงานวิจัยเรียบร้อยแล้วทำการบันทึกข้อมูลในบัญชีรายการสารขาเข้าสารขาออกของกระบวนการผลิตกาแฟ (เศรษฐ์, 2555)

การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2563)
ในการคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการคูณเข้ากับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission Factor : GHG EF) ของประเภทวัตถุดิบ วัสดุ พลังงาน หรือของเสียกระบวนการนั้นๆ และบันทึกในรูปของปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ สำหรับค่า Emission factors จะใช้ข้อมูลตามฐานข้อมูลของ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2565) โดยข้อมูลการการเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดของเสีย ทั้งหมดจะทำการเก็บข้อมูลภาคสนามหรือสำรวจข้อมูลกับเกษตรกรโดยตรง

$$\text{GHG Emission (kgCO}_2\text{e/kg)} = \frac{\sum[\text{Activity data (unit) x Emission factors (kgCO}_2\text{e/unit)}]}{\text{Coffee production (kg)}}$$

จากผลการศึกษาของ Ratchawat *et al*. (2017) ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้า ในจังหวัดชุมพร โดยศึกษากาแฟคั่วและกาแฟบด ขอบเขตของการศึกษาได้แก่ การปลูกกาแฟโรบัสต้า และการผลิตกาแฟคั่วและกาแฟบดจากเมล็ดกาแฟโรบัสต้า แต่ไม่รวมการบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเก็บข้อมูลได้ทั้งหมด 180 ชุดเกี่ยวกับการปลูกกาแฟโรบัสต้าได้มาจากแบบสอบถามและการสำรวจภาคสนาม ขณะที่ข้อมูลการผลิตกาแฟคั่วและกาแฟบดได้มาจากการสำรวจภาคสนามจากกลุ่มธุรกิจชุมชน ซึ่งมีขั้นตอนตั้งแต่ การเตรียมดิน การเพาะปลูก การดูแล การเก็บเกี่ยว จากนั้นจะเป็นกระบวนการผลิตกาแฟคั่วและบดเริ่มตั้งแต่ การกะเทาะเปลือก การหมักและล้าง การอบแห้ง การขัด การคั่วและการบดกาแฟ หลังจากนั้นจะทำการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามวิธีการของ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ผลการศึกษาพบว่าการผลิตกาแฟคั่วและกาแฟบดมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 1.67 และ 1.69 $kgCO_2e/kg$ โดยจากการศึกษายังพบว่า ก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยจากกิจกรรมการผลิตกาแฟคือก๊าซไนตรัสออกไซด์ซึ่งมาจากการใส่ปุ๋ยที่มากเกินไป และขั้นตอนการคั่วและบดกาแฟจากการใช้ไฟฟ้าและแอลพีจี ดังนั้นการลดการใช้ปุ๋ยและใช้เตาที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 43 %

จากผลการศึกษาของ De los and Bartl (2018) ทำการศึกษาการคั่วกาแฟ 2 แบบจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์และการใช้ไฟฟ้าท้องถิ่น ขอบเขตการศึกษา ศึกษาแค่เฉพาะกระบวนการภายในโรงงานหรือกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตที่กำหนด โดยจะไม่คำนึงถึงการขนส่งหรือการใช้งานผลิตภัณฑ์

หลังจากการผลิตเสร็จสิ้น โดยจะศึกษากระบวนการคั่วกาแฟได้แก่ การคัดเลือก การสี และการคั่วกาแฟ หลังจากนั้นจะใช้ SimaPro และ Eco-Invent ในการคำนวณคาร์บอนฟุตฟริ้นต์ต่อไป ผลการศึกษาพบว่า กระบวนการคั่วกาแฟด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และการใช้ไฟฟ้าท้องถิ่น มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 0.318 และ 0.744 kgCO2e/kg และจากการศึกษายังพบว่าขั้นตอนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงสุดเกิดจากขั้นตอนการคั่วกาแฟ

จากผลจากการศึกษาของ Irawan and Mclellen (2024) ศึกษาการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของกระบวนการคั่วกาแฟ จากกาแฟพันธุ์โรบัสต้าและอะราบิกา จาก 2 แหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน ได้แก่ พลังงานไฟฟ้าท้องถิ่น-แอลพีจี และพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์-ไบโอก๊าซ วิธีการศึกษา วัฏจักรชีวิตของกาแฟผ่านโปรแกรม SimaPro V.9.3 โดยวิธี Recipe 2016 ระดับกลางในการประเมินผลกระทบและใช้ Eco-Invent ในการคำนวณศักยภาพการทำให้โลกร้อน (Global Warming Potential) ขอบเขตของการศึกษา โดยจะศึกษากระบวนการคั่วกาแฟได้แก่ การคัดเลือก การสี และการคั่วกาแฟ และทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงาน 2 ทาง คือ พลังงานไฟฟ้าท้องถิ่น-แอลพีจี และพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์-ไบโอก๊าซ ผลการศึกษาพบว่า กาแฟคั่วใช้พลังงานไฟฟ้าท้องถิ่น-แอลพีจี มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก อยู่ที่ 0.85-0.89 kgCO_2e/kg และพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์-ไบโอก๊าซ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก อยู่ที่ 0.28-0.30 kgCO_2e/kg

จากผลการศึกษาของ Coltro *et al*. (2023) ทำการศึกษาการประเมินวงจรชีวิตของกาแฟอะราบิกาแบบดั้งเดิมและออร์แกนิก วิธีการศึกษา ทำการศึกษานี้ตามข้อกำหนดของมาตรฐานสากล ISO 14040 และ ISO 14044 (ISO 14040 2006; ISO 14044 2006) ขอบเขตของการศึกษา ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของห่วงโซ่อุปทานกาแฟอะราบิกาแบบทั่วไปและออร์แกนิก มีขอบเขตในการประเมินกาแฟอะราบิกาแบบทั่วไปและออร์แกนิกที่คั่วและบด โดยพิจารณากระบวนการที่แยกออกเป็นสองส่วน ได้แก่ การสกัดทรัพยากร การผลิตพลังงาน (ไฟฟ้าและเชื้อเพลิง) การผลิตปุ๋ย และการปลูก (ที่ฟาร์ม) รวมถึงกระบวนการอุตสาหกรรมในการคั่วและบด จนกระทั่งกาแฟพร้อมที่จะบรรจุ (ที่โรงงาน) ผลการศึกษาพบว่า การผลิตกาแฟแบบดั้งเดิมกาแฟคั่วมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 1.8 kgCO_2e/kg และการผลิตกาแฟแบบออร์แกนิคปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 0.5 kgCO_2e/kg จากผลการศึกษาชี้ให้ว่าระบบการปลูกมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการศึกษาการดูดซับ CO_2 ในระดับแปลงกาแฟของ สิทธิเดช และคณะ (2567) ได้ศึกษาการกักเก็บและการปลดปล่อย CO_2 ในระบบการผลิตกาแฟต่างๆ พบว่า 1) ระบบการปลูกภายใต้ร่มเงาป่าไม้ท้องถิ่น มีการกักเก็บ CO_2 ในรอบปีอยู่ที่ 6.28 tCO_2e/rai 2) ระบบการปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ มีการกักเก็บ CO_2 ในรอบปีอยู่ที่ 6.16 tCO_2e/rai 3) ระบบการปลูกภายใต้ร่มเงาไม้ผลเมืองหนาว (พลัม) มีการกักเก็บ CO_2 ในรอบปีอยู่ที่ 5.00 tCO_2e/rai 4) ระบบการปลูกภายใต้ร่มเงาระบบวนเกษตร มีการกักเก็บ CO_2 ในรอบปีอยู่ที่ 0.20 tCO_2e/rai 5) ระบบกลางแจ้งมีกาแฟ 493 ต้น มีการกักเก็บ CO_2 ในรอบปีอยู่ที่ 0.08 tCO_2e/rai

4. การใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของกาแฟ

ในยุทธศาสตร์การขับเคลื่อนด้าน สาขาเกษตรและอาหาร มุ่งสู่การผลิตสินค้าเกษตรและอาหาร จากการผลิตมากแต่ได้น้อยไปสู่การ ผลิตสินค้าที่เป็นพรีเมี่ยมที่ผลิตน้อยแต่สร้างรายได้สูง รวมถึงเพิ่มความหลากหลายของผลผลิตทางการเกษตร และอาหาร โดยต้องปรับโครงสร้างการผลิตทั้งระบบ อาศัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจจากเทคโนโลยีการ วิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภค (Customer Behavior

Analytics) ก่อให้เกิดการผลิตแม่นยำ และสอดคล้องกับความต้องการของตลาด ลดของเหลือทิ้ง (Optimized Wasted Production) ตรวจสอบและติดตาม ผลผลิตได้แบบเรียลไทม์ ลดการบุกรุกผืนป่า (Forest Management) เนื่องจากมีการบริหารจัดการพื้นที่ เพาะปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพในการผลิตตามศักยภาพให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด ใช้เทคโนโลยีระบบการผลิตและเครื่องจักรกลที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความยั่งยืน ยกระดับสินค้าเกษตรและอาหารสู่สินค้าปลอดภัย สร้างความแตกต่างให้กับผลิตภัณฑ์ มีระบบตรวจสอบย้อนกลับแบบเรียลไทม์ (Real Time Traceability) และพัฒนามาตรฐานสินค้าให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล พัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะสำหรับเกษตรกรรายย่อยเพื่อให้เกษตรกรทุกระดับสามารถเข้าถึงได้ ยกระดับเกษตรกรรายย่อยสู่วิสาหกิจ/ธุรกิจเกษตรที่เชื่อมต่อกับอุตสาหกรรม เกิดการกระจายรายได้ตลอดห่วงโซ่ และมุ่งสู่การส่งออกเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะ

แผนงานและโปรแกรมขับเคลื่อนตามหลัก BCG ในแผนงานที่ 3.1.1 การพัฒนาสาขาการเกษตร (BCG - Agriculture Development) มุ่งเน้นการปรับเปลี่ยนจากการผลิตสินค้าเกษตรโภคภัณฑ์แบบเชิงเดี่ยวซึ่งมีความเปราะบางจากความผันผวนของราคาตลาดโลกและภัยธรรมชาติ ไปสู่รูปแบบเกษตรสมัยใหม่ที่ผลิตสินค้าเกษตรพรีเมี่ยมที่หลากหลายด้วยการใช้ประโยชน์จากฐานข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ในการวางแผนผลิตการผลิต ส่งเสริมการนำความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมไปใช้ร่วมกับภูมิปัญญาเพื่อยกระดับประสิทธิภาพทั้งระบบตั้งแต่ การปรับปรุงพันธุ์ การเพาะปลูก การแปรรูป จนถึงการตลาด รวมถึงการยกระดับสินค้าเกษตรสู่การเป็นสินค้าที่มีมาตรบานครอบคลุมทั้งด้านคุณภาพ โภชนาการ ความปลอดภัย และระบบการผลิตที่ยั่งยืน ประกอบด้วย 2 โปรแกรม โปรแกรมที่ 1) ส่งเสริมการผลิตแม่นยำสูง (Precision Farming) ประสิทธิภาพสูงและเกษตรยั่งยืน การส่งเสริมการนำเทคโนโลยีเกษตรแม่นยำไปประยุกต์ใช้ตั้งแต่การเลือกชนิดพืชให้เหมาะสมกับ สภาพดินในพื้นที่ ทรัพยากรน้ำ สภาพภูมิอากาศในแต่ละปี การใช้ปัจจัยการผลิตให้เหมาะสมกับความต้องการของชนิดพืช สัตว์ในแต่ละช่วงวัยและฤดูกาล เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ เพิ่มผลกำไร และลดผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม เช่น ระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติในแปลงผลิตพืชตามความชื้นสัมพัทธ์ การตรวจวิเคราะห์คุณภาพดินก่อนการใส่ปุ๋ยให้เหมาะสมกับความต้องการของพืช รวมถึงการใช้โปรแกรมปุ๋ยสั่งตัด การเลี้ยงปลาในระบบหนาแน่นสูง ระบบการผลิตพืชในระบบโรงเรือน (Smart Greenhouse) รวมถึงการพัฒนาแพลตฟอร์มเพื่อการติดตามตรวจสอบและพยากรณ์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลผลิตของพืชและการเลี้ยงสัตว์ เช่น การระบาดของโรค แมลง สภาพภูมิอากาศ ภัยธรรมชาติ เพื่อการบริหารจัดการของเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โปรแกรมที่ 2) ส่งเสริมระบบการผลิตสินค้าพรีเมี่ยม (เน้นคุณภาพ โภชนาการ ความปลอดภัยและการผลิตที่ยั่งยืน) ส่งเสริมแนวคิด “ผลิตน้อยแต่สร้างรายได้มาก” ด้วยการยกระดับคุณภาพสินค้าเกษตรกสู่สินค้าพรีเมี่ยม ส่งเสริมให้เกษตรกรเข้าถึงพันธุ์ที่มีคุณภาพอย่างทั่วถึง ผลักดันให้ระบบการผลิตเข้าสู่มาตรบานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agriculture Practices : GAP) การผลิตพืชในระบบโรงเรือน หรือการผลิตด้วยระบบ Plant Factory ซึ่งผลผลิตที่ได้มีคุณภาพ ความปลอดภัย และมีปริมาณสารสำคัญสูงและสม่ำเสมอจัดให้มี ระบบการตรวจสอบย้อนกลับได้ทั้งระบบ (Traceability) รวมถึงการหมุนเวียนการใช้ประโยชน์จากทรัพยากร อย่างคุ้มค่าเพื่อให้สิค้าที่ผลิตเป็นสินค่าคาร์บอนต่ำ

การพัฒนาธุรกิจกาแฟตลอดโซ่การผลิตในปัจจุบันนั้นมีการนำหลัก BCG มาใช้ เช่น ด้านเศรษฐกิจชีวภาพ (Bio Economy) โดยการใช้แก้วกาแฟและหลอดสำหรับเครื่องดื่มที่ทำจากไบโอพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ในเวลาสั้น รวมถึงการสร้างเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) โดยการนำวัสดุเหลือใช้มาผลิตเป็นสินค้าหรือ upcycling เช่น เฟอร์นิเจอร์เครื่องใช้ต่างๆ และสินค้าต่างๆ เช่น วัสดุปลูกต้นไม้ ถาดรองแก้วกาแฟ ที่ทำจากเปลือกกาแฟกะลา เป็นต้น ซึ่งเป็นการช่วยดูแลลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตามแนวทาง

เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) โดยการจัดการของเสียจากกระบวนการต่างๆ ตั้งแต่ต้นน้ำ ไม่ว่าจะเป็นการจัดการน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูป และการจัดการของเหลือใช้จากเปลือกกาแฟผลสด และเปลือกกาแฟกะลา เป็นต้น

การใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของกาแฟ

เมล็ดกาแฟนั้นเป็นเมล็ดของผลกาแฟ (seed) โดยที่ไม่ได้มีส่วนใดเกี่ยวข้องกับถั่วแต่อย่างใด แต่ที่เรียกว่า Bean นั้นเนื่องจากมีลักษณะคล้ายคลึงกับ เมล็ดถั่วนั่นเอง

1) ผิว/เปลือกโดยสีของผิวจะแตกต่างกันตามชนิดของกาแฟ หรือระดับความสุกของกาแฟ ซึ่งเริ่มจากสีเขียวไปจนถึงสีแดงเมื่อผลกาแฟสุก นับได้ว่าเป็นเนื้อเยื่อชั้นแรกที่คอยปกป้องเมล็ดกาแฟ

2) เมือก/เนื้อเยื่อ หรือที่เรารู้จักกันว่าเมือก เป็นชั้นเนื้อเยื่อห่อหุ้มกะลาไว้ มีลักษณะลื่นและหวาน ซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์หลายชนิด เช่นน้ำตาล และโปรตีน ซึ่งจะเป็นวัตถุดิบสำคัญสำหรับการแปรรูปกาแฟ โดยที่สารอินทรีย์เหล่านี้จะเป็นอาหารให้จุลินทรีย์เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ หรืออื่นๆ ในระหว่างกระบวนการหมักซึ่งจะทำให้เกิดสารอินทรีย์อื่นๆที่ส่งผลต่อรสชาติของกาแฟ เช่นกรดอะซิติก

3) Parchment หรือ กะลากาแฟหรือเรียกกันว่ากะลา โดยจะเป็นชั้นในสุดของผลกาแฟ ทำหน้าที่ปกป้องเมล็ดกาแฟที่อยู่ด้านในทั้งก่อนและหลังจากการแปรรูป ภายหลังจากการแปรรูปเสร็จสิ้นกะลาจะมีลักษณะคล้ายกับกระดาษ

4) Silver Skin เยื่อหุ้มเมล็ดเป็นเนื้อเยื่อบางๆห่อหุ้มเมล็ดกาแฟ และเป็นจุดเริ่มต้นของเมล็ดกาแฟ

5) Green Beans เอนโดสเปิร์ม หรือ กาแฟสาร เป็นส่วนที่ใช้สะสมอาหารสาหรับเอ็มบริโอ ซึ่งเป็นส่วนที่สะสมสารอาหารต่างๆที่จะถูกนำไปใช้โดยเอ็มบริโอ้สาหรับการเจริญเติบโตเป็นต้นกาแฟต้นใหม่ และก็ยังเป็นส่วนสำคัญต่อรสชาติของกาแฟ เพราะสารอินทรีย์ที่ถูกสะสมไว้สาหรับเอ็มบริโอ้จะถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นรสชาติของกาแฟระหว่างกระบวนการคั่ว

กาแฟเป็นพืชที่มีมูลค่าทางการตลาดสูง ทั้งในระดับโลกและภูมิภาคต่างๆ รวมถึงในประเทศไทย แต่อย่างไรก็ตามกาแฟก็สร้างของเหลือใช้จากกระบวนการผลิตจำนวนมากด้วย ซึ่งก็มีการจัดการนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายเช่นกัน วัสดุในการดูดซับโลหะหนักในดิน ส่วนประกอบของการผลิตเชื้อเพลิงหรือถ่าน ส่วนประกอบในการผลิตก๊าซชีวภาพ เอทานอลหรือไบโอดีเซล วัสดุทำปุ๋ยหมัก การผลิตภาชนะที่นำกลับมาใช้ใหม่ วัสดุผสมในการเพาะเห็ด รวมถึงการนำเอาเปลือกกาแฟผลสดซึ่งเป็นแหล่งฟีนอลิกจากธรรมชาติ ด้วยการสกัดเอาสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม น้ำเสียจากการแปรรูปกาแฟอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนที่รุนแรงได้ โดยเฉพาะกับแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือความหลากหลายในดิน สร้างปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ร้ายแรงได้เช่นกัน มีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของกาแฟ ดังตาราง

Table 4
Coffee industry by-products and its application.

By-product	Applications	References
Coffee pulp	Mushroom production	Fan et al. (2001) and Murthy and Manonmani (2008)
	Compositing	Nogueira et al. (1999)
	Food commodities	Madahava Naidu et al. (2004)
	Polyphenol extraction	Sera et al. (2000)
	Anthocyanins	Emille et al. (2007) and Murthy et al. (2012)
	Animal feed	Ajebu Nurfeta., 2010
	Biosorbents	Irawaty et al. (2004)
Coffee husk	Citric acid	Shankaranad and Lonsane (1999)
	Gibberellic	Machado et al. (2000, 2002)
	Vermicompost	Sathyanarayana and Khan (2008) and Adi and Noor (2009)
	Flavor	Soares et al. (2000a,b)
	Particle board	Bekalo and Reinhardt (2010)
	Biosorbents	Oliveira et al. (2008)
	Tannase	Battestin and Macedo (2007)
Coffee pulp and husk	Animal feed	Mazzafera (2002)
	Amylase	Murthy et al. (2009)
	Protease	Murthy and Madhava Naidu (2010)
	Pectinase	Murthy and Madhava Naidu (2011)
	Xylanase	Murthy and Madhava Naidu (2010)
	Fructooligosaccharides and β-furctofuranosidase	Mussatto and Teixeira (2010)
	Ethanol production	Gouvea et al. (2009)
	Biogas	Jayachandra et al. (2011) and Rathanivelu and Graziosi (2005)
	Aroma	Adriane et al. (2003)
Coffee silver skin	Phenolic compounds	Borrelli et al. (2004) and Machado (2009)
	Dietary fiber	Murthy and Naidu (2010a,b)
Spent waste	Animal feed	Claude (1979) and Givens and Barber (1986)
	Ethanol	Machado (2009) and Sampaio (2010)
	Coffee oil	Burton et al. (2010)
	Adsorbent	Franca et al. (2009)
	Activated carbon	Nakamura et al. (2009) and Namane et al. (2005)
	Carbonaceous materials	Hirata et al. (2002)
	Antioxidants	Ramalakshmi et al. (2009)
	Spent coffee extracts	Bravo et al. (in press)
	Fuel, biodiesel, bioethanol	Silva et al. (1998), Sendzikiene et al. (2004) and Kondamudi et al. (2008)

ในกระบวนการผลิตกาแฟนั้นจะมีส่วนเหลือทิ้ง เช่น เปลือกกาแฟ เปลือกกาแฟกะลา และกากกาแฟ โดยเกษตรกรบางส่วนนำมาใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ยหมักเป็นส่วนใหญ่ เพราะมีต้นทุนต่ำ และใช้ประโยชน์ได้จริงในพื้นที่ปลูกกาแฟ ช่วยลดต้นทุนการผลิตจากการใช้ปุ๋ยเคมี ที่มีราคาสูงขึ้นมาก ในขณะที่เอกชนบางส่วนนำเปลือกกาแฟผลสดไปทำชา แต่เนื่องจากความต้องการบริโภคมีน้อย จึงมีข้อจำกัดในทางการตลาด เช่นเดียวกับการสกัดสารต่อต้านอนุมูลอิสระในเมือกกาแฟ ก็ยังมีโอกาสทางการตลาดน้อย เนื่องจากต้องใช้วิธีการที่เฉพาะและมีคู่แข่งทางการตลาดที่สูงมากในปัจจุบัน

อย่างไรก็ตามมีข้อมูลจากการค้นคว้าและวิจัยเบื้องต้น พบว่า ในกากกาแฟมีปริมาณน้ำมันคงเหลืออยู่ค่อนข้างสูง ซึ่งน้ำมันจากกากกาแฟประกอบด้วยไตรอซีลกลีเซอรอล (Triacylglycerol) และไดเทอร์พีนส์ (Diterpenes) คิดเป็นร้อยละ 78 และ 15 ตามลำดับ (Barbosa *et al*., 2014) โดยเฉพาะไดเทอร์พีนส์จัดเป็นสารประกอบที่มีประโยชน์ต่อระบบทางชีววิทยา ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิด และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compound) และฤทธิ์เชิงหน้าที่ (Functional properties) สวสพ. ร่วมกับนักวิจัย คณะอุตาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จึงได้วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงสุขภาพ คือสเปรย์ระงับกลิ่นปากจากสารสกัดน้ำมันจากกากกาแฟ ซึ่งสามารถเพิ่มมูลค่าด้วยการใช้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพต่ำกว่าเกณฑ์ และมีมูลค่าทางการตลาดต่ำ มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ได้ รวมถึงการนำกากกาแฟที่ใช้แล้วมาสกัดนำมัน เป็นวัตถุดิบในการสกัดน้ำมัน เพื่อเพิ่มช่องทางตลาดและมูลค่าจะส่วนต่างๆ ของกาแฟได้ แต่อย่างไรก็ตาม การเพิ่มมูลค่าจะต้องพิจารณาถึงต้นทุนและความพร้อมใช้งานของผลิตภัณฑ์และมูลค่าทางการตลาดด้วย ร่วมถึงความพร้อมของเทคโนโลยีการผลิตที่ง่ายต่อการใช้ประโยชน์สำหรับเกษตรกร ควบคู่ไปกับการสร้างความตระหนักต่อการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และเกิดประโยชน์สูงสุด สิ่งเหล่านี้จะช่วยเสริมสร้างมูลค่าให้กับสินค้าและสร้างมูลค่าให้กับชุมชนได้อย่างยั่งยืน

แนวทางการสร้างมาตรฐานและการเพิ่มมูลค่าจากส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปกาแฟ (เปลือกกาแฟ หรือ Cascara (แคสคาร่า) (กรณีแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร)

- พัฒนาเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ (ชุมชน)
- มีกระบวนแปรรูปตามมาตรฐาน อย.
- การทดสอบความปลอดภัย เช่น การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย ได้แก่ Salmonella spp. Escherichia coli Staphylococcus aureus, เชื้อรา Aspergillus spp.* โดยเฉพาะสายพันธุ์ที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins), เชื้อ Aerobic Plate Count (APC), เชื้อ Coliform Bacteria

คุณภาพของ Cascara (เปลือกกาแฟ) ที่ดีควรมีลักษณะดังนี้:

1) คุณสมบัติทางกายภาพ

- สีและลักษณะภายนอก : Cascara คุณภาพดีมักมีสีเข้มสม่ำเสมอ เช่น สีแดงน้ำตาล หรือดำ ซึ่งบ่งบอกถึงความสุกสมบูรณ์ของผลกาแฟก่อนแยกเปลือก ไม่ควรมีสีซีดหรือจุดสีขาวที่อาจบ่งบอกถึงการปนเปื้อนหรือเชื้อรา

- กลิ่นและรสชาติ: มีกลิ่นหอมคล้ายผลไม้แห้ง น้ำผึ้ง หรือกลิ่นหวานธรรมชาติ โดยไม่มีรสหรือกลิ่นเปรี้ยวจัด ขม หรือเหม็นหืนที่อาจบ่งชี้การเน่าเสียหรือการจัดเก็บที่ไม่ดี

- ความสะอาด: ควรไม่มีสิ่งสกปรก เช่น ดิน ก้อนหิน หรือสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ โดยผ่านการล้างและเตรียมอย่างสะอาด

2) ระดับความชื้น

- Cascara ที่แห้งอย่างเหมาะสมควรมีระดับความชื้นต่ำกว่า 10-12% เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อราและช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ความชื้นที่ต่ำจะช่วยให้ Cascara คงรสชาติที่ดีและปลอดภัยจากจุลินทรีย์ปนเปื้อน

3) การควบคุมจุลินทรีย์

- ควรผ่านกระบวนการตรวจสอบจุลินทรีย์ปนเปื้อน เช่น เชื้อ Salmonella, E. coli, เชื้อรา และยีสต์ เพื่อให้มั่นใจในความปลอดภัยในการบริโภค

4) คุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระ

- Cascara คุณภาพสูงมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น โพลีฟีนอล (polyphenols) และวิตามินต่าง ๆ การมีคุณค่าทางโภชนาการเหล่านี้ทำให้ Cascara สามารถทำเป็นเครื่องดื่มสุขภาพหรือเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมได้

5) การตรวจสอบสารพิษจากเชื้อรา (Mycotoxins)

- ควรผ่านการทดสอบสารพิษจากเชื้อรา เช่น อะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) เพื่อป้องกันสารพิษที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค สารพิษเหล่านี้มักเกิดจากการเก็บรักษาที่ไม่ดีหรือสภาวะความชื้นสูง

6) การเก็บรักษาและอายุการเก็บ

- Cascara ที่ดีควรเก็บรักษาในภาชนะปิดสนิท ป้องกันแสงแดดและความชื้น ควรบรรจุในวัสดุที่คงคุณภาพผลิตภัณฑ์ เช่น ถุงฟอยล์หรือขวดแก้วสุญญากาศ อายุการเก็บโดยทั่วไปอยู่ที่ 6-12 เดือน ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการเก็บรักษา

7) การรับรองคุณภาพและมาตรฐาน

- Cascara ที่ได้รับการรับรองคุณภาพ เช่น มาตรฐาน GMP, HACCP หรือมาตรฐานอินทรีย์ (Organic) จะเพิ่มความน่าเชื่อถือและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์
- Cascara คุณภาพดีจึงต้องการการควบคุมตั้งแต่กระบวนการผลิต การทำแห้ง การจัดเก็บ ไปจนถึงการตรวจสอบคุณภาพอย่างสม่ำเสมอ

การทำแห้งเปลือกกาแฟ (Cascara)

1) การเตรียมวัตถุดิบ

- ล้างเปลือกกาแฟให้สะอาดเพื่อลดสิ่งสกปรกและจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนมาจากกระบวนการสี
- สะเด็ดน้ำออกให้มากที่สุด เพื่อช่วยให้แห้งได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

2) การทำแห้ง

- การตากแดด : กระจายเปลือกกาแฟให้ทั่วบนตะแกรงหรือผ้าตาข่ายในพื้นที่ที่มีการระบายอากาศดีและแสงแดดส่องถึง ระวังอย่าให้ซ้อนกันหนาเกินไปและพลิกกลับเป็นระยะเพื่อให้แห้งทั่วถึง
- การใช้ตู้อบ : ตั้งอุณหภูมิประมาณ 45-55°C อบเป็นเวลา 8-12 ชั่วโมง หรือจนกว่าแห้ง (ความชื้นที่เหมาะสมไม่เกิน 12% เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา)
- การใช้เครื่องอบแห้งแบบ Dehydrator: เหมาะสำหรับการทำแห้งในปริมาณไม่มาก สามารถตั้งอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับตู้อบและคอยเช็คความแห้งของเปลือก

3) การเก็บรักษา

- เก็บในภาชนะที่ปิดสนิท เพื่อป้องกันความชื้นและการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์

การตรวจสอบคุณภาพและความปลอดภัยของเปลือกกาแฟ (Cascara)

1) การวัดระดับความชื้น

- ความชื้นควรต่ำกว่า 10-12% เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา ใช้เครื่องวัดความชื้นเพื่อให้ได้ระดับที่เหมาะสม

2) การทดสอบจุลินทรีย์ปนเปื้อน

- การตรวจเชื้อราและยีสต์ : เพื่อป้องกันการเน่าเสียหรือปัญหาสุขภาพ
- การตรวจหาเชื้อ Salmonella, E. coli, Staphylococcus aureus เพื่อลดความเสี่ยงในการปนเปื้อนจากกระบวนการผลิต

3) การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

- ตรวจวัดสารสำคัญ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ ใยอาหาร และสารอาหารอื่น ๆ ที่มีประโยชน์ ซึ่งช่วยในการทำการตลาด

4) การทดสอบสารพิษจากเชื้อรา

- ตรวจหาสารอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) เพื่อป้องกันการปนเปื้อนที่อาจส่งผลเสียต่อสุขภาพ

5. การบูรณาการเทคโนโลยี Internet of Things (IoT)

ในการเพาะปลูกกาแฟอะราบิกาในพื้นที่สูง จะช่วยเพิ่มการจัดการทรัพยากร ปรับปรุงสภาพการเจริญเติบโต และปรับปรุงคุณภาพและปริมาณผลผลิต ซึ่งจะเพิ่มความสามารถในการ เพิ่มรายได้โดยรวมให้กับเกษตรกรได้ อุปกรณ์ ที่สำคัญ มีดังนี้

1) เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน วัดปริมาณความชื้นในดินเพื่อช่วยในการจัดการระบบชลประทาน ช่วยปรับแต่งการใช้น้ำให้เหมาะสมและมั่นใจว่าพืชกาแฟได้รับความชื้นในระดับที่เหมาะสมไม่มากหรือน้อยเกินไป

2) สถานีตรวจวัดอากาศ สามารถให้ข้อมูลแบบเรียลไทม์เกี่ยวกับอุณหภูมิ ความชื้น วัดความเข้มของแสงและระยะเวลาในการรับแสงของพืชกาแฟ และปริมาณน้ำฝน ทำให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจได้อย่างมีข้อมูลเกี่ยวกับเวลาการปลูกและการเก็บเกี่ย ติดตามสภาพอากาศในท้องถิ่น เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณฝน และความเร็วลม ให้ข้อมูลที่สำคัญสำหรับการคาดการณ์ลักษณะสภาพอากาศซึ่งมีผลต่อการเติบโตและการเก็บเกี่ยวกาแฟ ช่วยให้เข้าใจถึงผลกระทบของสภาพแวดล้อมต่อสุขภาพของพืชและคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ช่วยในการพิจารณาว่าพืชกาแฟได้รับแสงในปริมาณที่เหมาะสมหรือไม่ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเติบโตที่ดี

3) อากาศยานไร้คนขับ หรือโดรน เพื่อติดตามสุขภาพของพืช ประเมินสุขภาพของพืช และตรวจสอบการระบาดของศัตรูพืชผ่านภาพถ่ายทางอากาศ ทำให้เห็นถึงภาพรวมของแปลงปลูก และสามารถใช้ในการพ่นปุ๋ยหรือยาฆ่าแมลงได้อย่างตรงจุด เป็นต้น

4) การตรวจสอบความอุดมสมบูรณ์ของดิน วิเคราะห์ระดับธาตุอาหารในดิน (เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม) และแนะนำความต้องการปุ๋ย ช่วยรักษาสภาพดินที่เหมาะสมสำหรับการเติบโตที่แข็งแรงของพืชกาแฟ ทำให้สุขภาพของพืชและผลผลิตสูงขึ้น

5) เซ็นเซอร์ตรวจสอบศัตรูพืชและโรค วิเคราะห์ด้วยการใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับแมลงศัตรูพืชว่าช่วยให้สามารถระบุการระบาดของศัตรูพืชและโรคได้เร็วขึ้นจัดการได้ทันเวลาเพื่อลดการสูญเสียผลผลิตและลดการใช้สารกำจัดศัตรูพืชได้

6) แพลตฟอร์มการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อใช้รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ต่างๆ ให้ข้อมูลเชิงลึกและคำแนะนำในการปรับปรุงผลผลิต คุณภาพ และวิธีการจัดการสวนได้อย่างเหมาะสม

7) ประโยชน์ของการใช้งาน IoT ในการเพาะปลูกกาแฟ คือ 1) เพิ่มประสิทธิภาพ เช่น การให้น้ำอัตโนมัติ สามารถลดต้นทุนแรงงานและเพิ่มประสิทธิภาพ เพิ่มคุณภาพและปริมาณของกาแฟอะราบิกาที่ผลิต 2) การจัดการทรัพยากรที่ดีขึ้น เช่น การให้ปุ๋ยสามารถนำไปสู่การผลิตและต้นทุนได้อย่างยั่งยืน 3) คุณภาพของพืชผลที่ดีขึ้น เพราะการตรวจสอบสภาพต้นกาแฟ สภาพแวดล้อม และปัจจัยอื่นๆ อย่างต่อเนื่องสามารถช่วยให้ได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพสูงขึ้น ทั้งนี้ การนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ในสวนกาแฟสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงาน ความยั่งยืน และคุณภาพของกาแฟที่ผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ รวมถึงการประหยัดค่าแรง การเพิ่มประสิทธิภาพทรัพยากร และได้ราคาผลผลิตที่อาจได้เพิ่มขึ้นเนื่องจากการผลิตที่มีคุณภาพสูงขึ้น