รายงานโครงการวิจัย

โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการการผลิตกาแฟคุณภาพ

Research and Development on qualitative coffee production

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายโกเมศ สัตยาวุธ

Komate SATAYAWUT

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2563

รายงานโครงการวิจัย

โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการการผลิตกาแฟคุณภาพ

Research and Development on qualitative coffee production

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายโกเมศ สัตยาวุธ

Komate SATAYAWUT

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2563

รูปแบบและองค์ประกอบรายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์
(สำหรับโครงการวิจัย)

หน้าปก

ปกใน/ปกรอง

สารบัญ หน้า

กิตติกรรมประกาศ..... 1
ผู้วิจัย 2
บทนำ..... 2
บทคัดย่อ..... 7
ระเบียบวิธีการวิจัย..... 11
ผลการทดลอง..... 22
1. ดัชนีการสุกแก่ต่อปริมาณความหวาน (°brix) ปริมาณทริปโตเฟน และสาร Methylbutanoic Acid ของผลเชอรี่ในกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 และกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2
2. ศึกษาอัตราส่วนสาร Cafestol และ Kahweol ในกาแฟต่อการพัฒนาคุณภาพและอัตลักษณ์กาแฟเฉพาะถิ่น
3. การจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟโดยใช้วิธีทางกายภาพและประสาทสัมผัส

บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 67
บรรณานุกรม..... 68

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตกาแฟคุณภาพ โดยได้รับความร่วมมือจากสถาบันวิจัยพืชสวน ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรหลวงเชียงใหม่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงจังหวัดเชียงราย ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบูรณ์ และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรตาก รวมทั้งคำแนะนำจากบุคลากรหลายภาคส่วนของกรมวิชาการเกษตรและภาคเอกชน สมาคมกาแฟและชาแห่งประเทศไทย ที่ให้คำปรึกษาและข้อคิดเห็นต่างๆตลอดการวิจัย รวมทั้งร่วมแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อสร้างความสมบูรณ์แก่รายงานฉบับเต็ม คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณเกษตรกรผู้ผลิตกาแฟและผู้ประกอบการแปรรูปกาแฟในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย เพชรบูรณ์และตากที่เอื้อเฟื้อผลิตผลเกษตรและร่วมให้คำแนะนำในการพัฒนางานวิจัย วิเคราะห์ปัญหาและให้ความร่วมมือกับทางกรมวิชาการเกษตร

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ให้ความอนุเคราะห์ทุกภาคส่วนที่ให้คำแนะนำและร่วมมือปฏิบัติงานทดลอง ซึ่งถือเป็นกำลังใจสำคัญในการพัฒนานวัตกรรมใหม่สู่วงการกาแฟประเทศไทยสู่ระดับสากล

นายโกเมศ สัตยาวุธ
นางสาวอารีรัตน์ การุณสถิตย์ชัย
นางสาวสุภาภรณ์ เหลืองไพบูลย์ศรี
นางสาวสุกัญญา นิติยนต์

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

นายโกเมศ สัตยาวุธ	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
นางสาวอารีรัตน์ การุณสถิตย์ชัย	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
นางสาวสุกัญญา นิติยนต์	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
นางสาวสุภาภรณ์ เหลืองไพบูลย์ศรี	กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช
นางสาวศจีรัตน์ กางกั้น	กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช
นางสาวฉัตรนภา ข่มอาวุธ	ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรหลวงเชียงใหม่
นางสาวปานหทัย นพชินวงศ์	ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร
นางวิมล แก้วสีดา	ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย
นางบุญพา ชูผอม	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสตูล
นางสุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ	สถาบันวิจัยพืชสวน

บทนำ

กาแฟ เป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมอย่างสูงของผู้บริโภคทั่วโลกและถูกจัดเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมและการส่งออกของประเทศไทย สายพันธุ์ที่มีการนิยมปลูกในประเทศไทยคือ พันธุ์อาราบิก้าที่ปลูกในภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ และพันธุ์โรบัสต้าที่ปลูกในภาคใต้ ซึ่งความแตกต่างของทั้งสองสายพันธุ์ คือ กลิ่น รส โดยพันธุ์อาราบิก้ามีกลิ่นหอมและรสชาติที่ดีกว่าพันธุ์โรบัสต้าทำให้ได้รับความนิยมนำมาใช้ผลิตเป็นกาแฟคั่วบดมีคุณภาพและราคาสูงในท้องตลาด ปัจจุบันการพัฒนาคุณภาพกาแฟให้ได้มาตรฐานจะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มและความน่าเชื่อถือให้แก่ผู้บริโภค ซึ่งผลผลิตกาแฟส่วนใหญ่จะส่งออกไป สหรัฐอเมริกา โปแลนด์ เบลเยี่ยม เยอรมนี และสวิสเซอร์แลนด์ แต่กาแฟจากประเทศไทยมีคุณภาพดีแต่ยังขาดมาตรฐานที่ใช้ในการแบ่งระดับคุณภาพ การพัฒนาคุณภาพกาแฟให้ได้มาตรฐานจะพัฒนาคุณภาพให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มและความน่าเชื่อถือให้แก่ผู้บริโภค ทั้งนี้การพัฒนาดังกล่าวยังสอดคล้องกับยุทธศาสตร์กาแฟของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี 2552-2556 และ ปี 2557-2560 ในการเข้าสู่สมาคมเศรษฐกิจอาเซียน

ประเทศไทยมีศักยภาพด้านการแปรรูปและมีศักยภาพในการผลิตและส่งออกที่มุ่งเน้นการบริหารจัดการแบบครบวงจร (Supply Chain) บนพื้นฐานของศักยภาพและอัตลักษณ์ของ

กรมวิชาการเกษตร

กาแฟไทย ซึ่งควรมีการพัฒนาตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ สู่ปลายน้ำโดยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุนการผลิต การพัฒนาคุณภาพเมล็ดกาแฟสู่มาตรฐานสากล การผลิตกาแฟเฉพาะถิ่นและการเป็นศูนย์กลางอุตสาหกรรมแปรรูปกาแฟ เพื่อให้สามารถเป็นผู้นำสินค้ากาแฟในอาเซียนต่อไป (กรมวิชาการเกษตร, 2559)

กรมวิชาการเกษตร มีบทบาทสำคัญด้านงานวิจัยเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิต คุณภาพและลดต้นทุนการผลิต มีเป้าหมายในการวิจัยพันธุ์กาแฟอาราบิกาที่ต้านทานโรคราสนิม มีความเหมาะสมแต่ละพื้นที่รสชาติดี มีความหลายหลายของพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยวพร้อมเพรียงกัน ส่วนกาแฟโรบัสต้าเน้นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง มีจำนวนครั้งในการเก็บเกี่ยวน้อย ผลสุกพร้อมกันทั้งต้น พันธุ์กาแฟแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ที่เป็นกาแฟอาราบิกา คือ เชียงใหม่ 80 และที่เป็นกาแฟโรบัสตา คือ ชุมพร 2 อย่างไรก็ตามยังพบปัญหาด้านอื่นนอกจากพันธุ์ พบว่า การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวในกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้าที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากการสุกแก่ของเมล็ดกาแฟต่างกัน ทำให้สิ้นเปลืองแรงงานในการเก็บเกี่ยวเพื่อลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการเก็บเกี่ยวเกษตรกรจึงเก็บเกี่ยวพร้อมกันทั้งผลแก่ อ่อน หลายระยะปนกันอยู่ในผลผลิตรุ่นเดียวกัน จึงทำให้กาแฟที่ได้มีกลิ่นและรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อนำเมล็ดกาแฟนั้นไปคั่วบด (กรมวิชาการเกษตร, 2559) รวมทั้งมีการสะสมของสารอาหารในปริมาณน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบเมล็ดกาแฟที่สุกแก่เต็มที่ คุณภาพกาแฟที่นิยมสำหรับผู้บริโภค คือ กลิ่นรสในกาแฟ ซึ่งเกิดจากสารสำคัญ คือฟูราน, ไพราซีน คีโตน แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ แอสเทอร์ ไพโรล ไทโอเพน สารประกอบซัลเฟอร์ สารประกอบเบนซินิก ฟีนอล ไพริดีน ไทอาโซล อ๊อกซาโซล แลคโตน อัลคาล อัลคีน และกรด (Mondello,2004) ซึ่งหากวิเคราะห์ไปถึงปริมาณสารสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นรสดังกล่าวนั้น จะพบว่ามีสัดส่วนที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟที่ได้จากการคั่วบดเมล็ดที่เก็บเกี่ยวอย่างถูกวิธีและในเวลาที่เหมาะสมสารสำคัญเหล่านั้นสามารถตรวจวัดปริมาณได้โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางเคมี เช่น แก๊สโครมาโตกราฟฟี มีหน่วยการวัดในระดับ part per million (ppm) หรือ part per thousand (ppt) อย่างไรก็ตามปริมาณสารเหล่านี้ที่วิเคราะห์ได้เป็นเพียงข้อมูลเชิงปริมาณไม่สามารถบ่งชี้เชิงคุณภาพได้อย่างแน่นอนเพราะคุณลักษณะด้านกลิ่นรสของอาหารและเครื่องดื่มมีลักษณะเฉพาะแตกต่างกันออกไปตามองค์ประกอบทางเคมีของสารแต่ละชนิดที่เป็นส่วนผสมอยู่ และแม้ว่าเป็นอาหารหรือเครื่องดื่มชนิดเดียวกัน กลิ่นรสของอาหารหรือเครื่องดื่มที่ได้รับก็ไม่เหมือนกัน เนื่องจากมีปัจจัยอื่นร่วมหลายประการ เช่น แหล่งและปัจจัยการผลิตของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต อายุของผลิตภัณฑ์ สภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังรวมถึงระดับการรับรู้ทางประสาทสัมผัสของมนุษย์ที่แตกต่างกันด้วย ซึ่งในการควบคุมคุณภาพของเมล็ดกาแฟ บริษัทผู้ผลิตส่วนใหญ่มักใช้วิธีทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญในห้องปฏิบัติการ (Cupping test) เป็นหลัก ซึ่งจะต้องอาศัยความเชี่ยวชาญเฉพาะบุคคล และจำเป็นต้องมีการฝึกฝนพนักงานให้มีทักษะและความเชี่ยวชาญก่อนจะสามารถปฏิบัติงานได้ โดยสามารถตั้งสมมติฐานได้ว่าความหวานและปริมาณสารสำคัญมีความสัมพันธ์กับการสุกแก่ จึงเป็นประด็นที่ควรศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าวเพื่อให้การเก็บ

กรมวิชาการเกษตร

เกี่ยวสามารถทำได้ในระยะเวลาเดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน ซึ่งจะทำให้ลดปัญหาการใช้แรงงาน และทำให้ได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน

อัตลักษณ์ของกาแฟเฉพาะถิ่นยังเป็นประเด็นสำคัญในการเพิ่มมูลค่าผลผลิต โดยผลการศึกษาเบื้องต้นของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ในระหว่างการคั่วนั้นพบการเปลี่ยนแปลงของสารดังกล่าวในกาแฟโรบัสตาและอาราบิก้า โดยพบการสลายตัวของสารทั้งสองกว่าร้อยละ 60 อย่างไรก็ตามการสลายตัวดังกล่าวจะมีอัตราการลดลงในปริมาณที่เท่ากันโดยอัตราส่วนของปริมาณที่เหลือจากการคั่วอ่อนแบบ (Light Roast) มีอัตราส่วนที่ 1.3 และคงค่าเดิมแม้ระดับการคั่วจะเพิ่มขึ้นที่คั่วเข้ม (Full City Roast) หรือแม้แต่การทดสอบการเปลี่ยนแปลงกระบวนการชงกาแฟหลายรูปแบบพบว่าอัตราส่วนของสาร Diterpene ทั้งสองนั้นยังมีอัตราส่วนที่เท่ากันโดยขึ้นอยู่กับชนิดของกาแฟที่มาจากหลายแหล่งผลิต ดังนั้นการศึกษาปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol เพื่อรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้กำหนดคุณภาพกาแฟเฉพาะถิ่น จึงเป็นข้อมูลสำคัญเพื่อระบุปริมาณในแต่ละแหล่งเพาะปลูกและทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารและอัตราส่วนระหว่างสารสำคัญทั้งสองตัวนี้ (โกเมศ, 2558)

ลักษณะภายนอกของกาแฟ ก็ใช้เพื่อคัดเกรดคุณภาพเมล็ดกาแฟ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของการซื้อขายเมล็ดกาแฟดิบในประเทศไทย ยังสืบเนื่องมาจากการจัดเกรดเมล็ดกาแฟที่ไม่ถูกต้องมีการนำหลักเกณฑ์ที่ไม่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ส่งผลต่อรสชาติกาแฟสดเมล็ดกาแฟเกรด A จะเป็นเมล็ดกาแฟที่ใหญ่ ทรงสวย สมบูรณ์ ไม่มีเมล็ดแตกหัก แมลงกัดแทะ เมล็ดหูช้าง หรือมีเศษเมล็ดปะปนอยู่ซึ่งจะมีราคาสูงที่ประมาณ 300 – 500 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนเมล็ดกาแฟเกรดรองลงมาคือเกรด A รวม และเกรด Y จะมีราคาถูกกว่าขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของเมล็ดกาแฟ นอกจากนี้ยังมีเมล็ดกาแฟอีกลักษณะที่เรียกว่า พีเบอร์รี่ ราคาประมาณ 500 – 600 บาทต่อกิโลกรัม เป็นกาแฟเมล็ดกลม ที่มีความเชื่อกันว่าเป็นเมล็ดกาแฟที่พิการ ไม่แยกออกเป็น 2 ซีก ทำให้สารอาหารอยู่ครบถ้วน ต้องคัดด้วยมืออย่างเดียว จึงมีราคาแพง แต่อย่างไรก็ตามผู้บริโภคที่เลือกกาแฟเกรดพรีเมียม ไม่ได้มองเมล็ดกาแฟในเครื่องบด แต่สนใจกลิ่นและรสชาติของกาแฟเป็นสำคัญ โดยพีเบอร์รี่ที่มีราคาสูง เนื่องจากมีปริมาณน้อย และได้กาแฟสดที่มี body มากกว่า และรสชาติหวานกว่ากาแฟเกรด A ดังนั้นข้อบกพร่อง (defect) ของเมล็ดกาแฟที่มีส่วนสำคัญต่อกลิ่นและรสชาติของกาแฟ จึงใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกและจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟ มาตรฐานที่ใช้โดยทั่วไปใช้หลักเกณฑ์ คือ พิจารณาปริมาณข้อบกพร่อง (defect) 6 ข้อบกพร่องหลัก ได้แก่ เมล็ดดำ (Full Black), เมล็ดเปรี้ยวมีกลิ่น(Full Sour), เปลือกหุ้มเมล็ดปนเปื้อน (Cherry/Pod), เมล็ดเชื้อรา (Fungus), สิ่งแปลกปลอมในกาแฟ(Foreign Matter)และ เมล็ดที่มีแมลงทำลาย (Severe Insect) มาใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกและจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ถ้าประเทศไทยสามารถสร้างมาตรฐานให้เป็นที่ทั่วโลกยอมรับก็จะเป็นประโยชน์ต่อการส่งออกเมล็ดกาแฟ และใช้เป็นหลักในการพัฒนากาแฟ ที่จะแนะนำให้เกษตรกรเข้าใจและนำไปพัฒนาการผลิตให้ได้มาตรฐานที่กำหนดแม้ว่าจะมีมาตรฐานการคัดเกรดที่ยอมรับในระดับสากล ซึ่งใช้การประเมิน defect เป็นหลัก และมีความเข้มงวดสูง แต่ประเทศผู้ผลิตกาแฟส่วน

กรมวิชาการเกษตร

ใหญ่ก็ยังคงกำหนดมาตรฐานของตนเองเพื่อให้สอดคล้องกับคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่เกษตรกรผลิตได้ เช่น อินโดเนเซียที่มีการคัดเกรดคุณภาพเมล็ดกาแฟเป็น 10 เกรดตาม defect ท้องถิ่น บราซิลที่มีการส่งเสริมการคัดเกรดตามกระบวนการผลิตในพื้นที่เฉพาะ และเคนยาที่ประเมินคุณภาพเฉพาะเมล็ดที่ดีจากกระบวนการผลิตแบบกึ่งเปียกเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้เกษตรกรของไทย มีแนวทางในการพัฒนาคุณภาพเมล็ดกาแฟ จึงควรศึกษาเพื่อหาเกณฑ์การประเมินคุณภาพที่เหมาะสม

นอกจากนั้น งานวิจัยนี้ มีเป้าหมายเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของระยะการสุกต่างๆ ของผลเชอรี่ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหวานและปริมาณสาร indole ในกาแฟพันธุ์เชียงใหม่ 80 และชุมพร 2 เพื่อจัดทำดัชนีการเก็บเกี่ยวเมล็ดกาแฟที่มีผลต่อคุณภาพและรักษารสชาติของกาแฟให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เก็บข้อมูลอัตลักษณ์กาแฟไทยพื้นฐานในแต่ละท้องถิ่นโดยการศึกษาปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol เพื่อจัดทำฐานข้อมูลในการสร้างมาตรฐานในการผลิตกาแฟที่เหมาะสมของประเทศไทย นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นพัฒนาคุณภาพเมล็ดกาแฟโดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานของเมล็ดกาแฟต่างประเทศ กำหนดลักษณะข้อบกพร่องเฉพาะถิ่น ข้อกำหนดที่จะทำให้คุณภาพเมล็ดกาแฟได้คุณภาพและคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่ไม่ได้ผลิตในประเทศหรือในภูมิภาคทำให้ผู้ประกอบการประสบปัญหาให้ปฏิบัติตามมาตรฐานและสามารถควบคุมคุณภาพได้เพื่อมุ่งหวังให้กาแฟยกระดับให้กาแฟมีราคาที่สูงขึ้น เมล็ดที่ตกเกรดมีปริมาณน้อย หรือหากคุณภาพของเมล็ดที่ตกเกรดแต่มีกลิ่นและรสชาติของกาแฟในพันธุ์นั้นๆ ไม่แตกต่างกับเมล็ดกาแฟดี ก็จะสามารถปรับเกรดคุณภาพกาแฟไทยใหม่ เพื่อสามารถลดปริมาณกาแฟตกเกรด ยกระดับคุณภาพ และสามารถใช้ข้อมูลเพื่อยืนยันข้อมูลการรับรองคุณภาพเมล็ดกาแฟไทย ให้มีคุณภาพทัดเทียมกับประเทศคู่แข่งในภูมิภาคเดียวกันหรือของโลกได้

1 วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการสุกแก่ของผลเชอรี่ที่มีผลต่อความหวานและปริมาณสารIndole ในกาแฟพันธุ์เชียงใหม่ 80 เป็นสายพันธุ์อาราบิก้า และชุมพร 2 เป็นพันธุ์โรบัสต้าที่ปลูกในประเทศไทย

2.2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญกลุ่ม Cafestol และ Kahweol ตั้งแต่ระยะการเก็บเกี่ยวตลอดกระบวนการแปรรูปและระบุอัตราส่วนเฉพาะเพื่อส่งเสริมการผลิตกาแฟคุณภาพเฉพาะถิ่นได้

2.3 เพื่อศึกษาผลของข้อบกพร่อง (defect) ในกาแฟที่มีผลต่อคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติของกาแฟ และสามารถจัดทำมาตรฐานการคัดเกรดคุณภาพเมล็ดกาแฟต่อไป

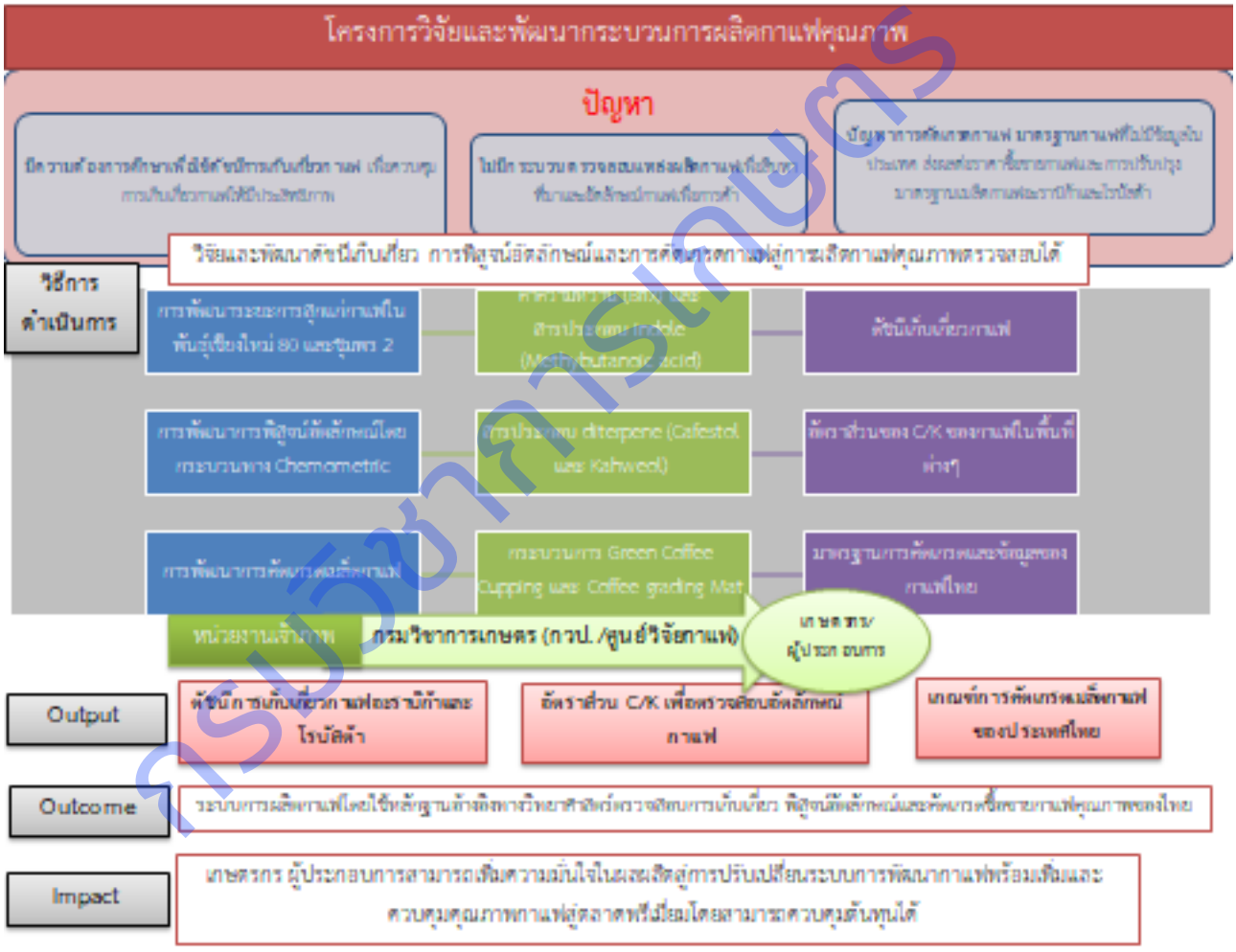
2 วิธีการวิจัย (แสดงความเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมงานวิจัย และอาจมีแผนภาพประกอบ)

3.1 ศึกษาเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟ ระยะการสุกแก่ของผลเชอรี่ (maturity index) และสารสำคัญ 2 กลุ่มที่มีผลกระทบต่อคุณภาพกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 และกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2 ในแหล่งเพาะปลูกทางภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้

สงวนลิขสิทธิ์

3.2 ศึกษาปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ในผลเชอร์รี่ กาแฟกะลา กาแฟสาร และกาแฟคั่วของกาแฟอาราบิก้าและกาแฟโรบัสต้าตลอดกระบวนการแปรรูปเพื่อค้นหาการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนและระบุอัตราส่วนเฉพาะเพื่อพัฒนากาแฟเฉพาะถิ่น

3.3 ศึกษาผลของข้อบกพร่อง (defect) หลักที่สำคัญ 6 ลักษณะ ที่มีผลต่อคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติของเมล็ดกาแฟ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เชียงใหม่ 80 และพันธุ์ชุมพร 2จากแหล่งผลิตเมล็ดกาแฟของกรมวิชาการเกษตร



กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การผลิตกาแฟคุณภาพ จำเป็นต้องมีการตรวจสอบและรับรองการผลิตตั้งแต่แปลงทดสอบถึงแหล่งผลิต เพื่อสร้างความเชื่อถือให้แก่ผู้รับซื้อรวมทั้งผู้บริโภค อย่างไรก็ตามระบบการเก็บเกี่ยวกาแฟในปัจจุบันไม่มีเกณฑ์และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนให้เกษตรกรตัดสินใจเก็บเกี่ยว รวมทั้งเมล็ดกาแฟที่ทำการซื้อขายนั้นไม่มีการจัดทำข้อมูลระดับประเทศเพื่อปรับปรุงมาตรฐานเมล็ดกาแฟและการรับรองพืสูจน์อัตลักษณ์เมล็ดกาแฟยังเป็นที่ถกเถียงก่อให้เกิดปัญหาถึงการผลิตกาแฟให้ได้คุณภาพในแหล่งที่มา ยิ่งไปกว่านั้นยังมีการลักลอบการนำเข้าเมล็ดกาแฟเพื่อทำลายตลาดกาแฟในประเทศ โครงการวิจัยและพัฒนาการผลิตกาแฟคุณภาพมุ่งแก้ปัญหาการจัดการระบบการผลิตทั้งสามประเด็นดังกล่าวโดยความร่วมมือจากภาคราชการ ภาคการศึกษาและภาคเอกชนเพื่อรวบรวมข้อมูลปรับปรุง (1.) ระบบการตรวจสอบและพัฒนากาแฟคุณภาพ ตั้งแต่การพัฒนาข้อมูลสนับสนุนการเก็บเกี่ยวกาแฟ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ อาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 โดยใช้เกณฑ์ความหวาน (°Brix) และโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2 ใช้การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและปริมาตรผลเชอรี่ที่มีผล รวมทั้งปริมาณสารประกอบกรดเมทิลบิวทาโนอิกและคาเฟอีน (2.)ระบบการตรวจจำแนกกาแฟอะราบิก้าและโรบัสต้าและจำแนกอัตลักษณ์แหล่งผลิตด้วยสารกลุ่มไดเทพีนสองชนิดได้แก่ คาเฟสโทล และ คาเวออล ที่สามารถใช้อัตราส่วน C/K เป็นตัวกำกับอัตลักษณ์ซึ่งจากผลการทดสอบจะคงที่ตั้งแต่ 90 วันหลังดอกบานถึงกระบวนการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ (3.) ระบบการจัดชั้นสารกาแฟโดยอ้างอิงจากมาตรฐานกาแฟกาแฟโลกจัดจำแนกข้อบกพร่องของประเทศไทยโดยพบว่า ข้อบกพร่องหลักที่พบมากที่สุด คือเมล็ดที่มีแมลงทำลาย รองลงมาคือ เมล็ดเชื้อรา ซึ่งพบเกินเกณฑ์มาตรฐานของประเทศไทย และสามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิกาได้ 4 ระดับ ได้แก่ เกรดคัดพิเศษ เกรดเอ เกรดรวม และไม่คัดเกรด และเมล็ดกาแฟโรบัสตาได้ 4 ระดับ ได้แก่ เกรดเอ เกรดเอบี เกรดบี และไม่คัดเกรด ทั้งนี้ระบบการยกระดับการผลิตผลกาแฟที่เป็นผลผลิตของโครงการวิจัย ผลักดันกาแฟไทยไทยสู่คุณภาพระดับสากล จะช่วยให้เกษตรกรวางแผนการผลิต คาดคะเนผลการผลิต ป้องกันการกีดกันทางการค้า การลักลอบรวมทั้งผลักดันให้เกิดการซื้อขายอย่างเป็นธรรมตามมาตรฐานที่หน่วยงานรัฐได้กำหนดไว้ ตอบรับการเติบโตของตลาดกาแฟในประเทศและภูมิภาคเพื่อการยอมรับและทำรายได้ให้ประเทศต่อไป

Abstract

Qualitative coffee production requires necessary transparence inspection and certification system from farm to cup in order to persuade among buyers as well as consumers. However, the current coffee production system is absence of scientific criteria to support farmers' decision to harvest. Indeed, national coffee market has not been provided to improve coffee bean standards and the coffee bean identity certification is controversial, posing a problem with the quality of the coffee produced in its source. In addition, coffee beans are being smuggled to destroy the local coffee market. The Qualitative Coffee Research and Development Project

กรมวิชาการเกษตร

focuses on solving all three issues of production system management through cooperation from the government sector, academic sector and the private sector to solve the problem which results are (1.) Harvest decision making system for quality coffee production of two regional coffee varieties, Arabica Coffee *var* Chiang Mai 80 using the sweetness criteria (oBrix) and Robusta *var* Chumpon 2 using the bark color and the volume of fruit cherries including the content of methyl butanoic acid and caffeine compounds. (2.) Authentication system for Arabica and Robusta coffee using chemometric method of diterpenes compounds: cafestol and kahweol, with their C/K ratio with constantly stable from 90 days after flowering to the coffee bean storage process (3.) Green coffee bean classification system based on the specialty coffee association (SCA) applied to local deficiencies of Thailand which found the most common defect is insects' seed followed by the fungus seed exceeding from current Thai ACFS standard. Futhermore, research results lead to establish local coffee bean classification on the aim to ameriolate the level of coffee production to international standard. Using all these effective tools, farmers could plan their production process; predict their production yield, prevent non fair-trade barriers and smuggling, including promoting fair trading in accordance with the government standards responding to the growth of Thai coffee market and regional for further recognition and upcoming profit for the country.

ระเบียบวิธีการวิจัย

การทดลองที่ 1 ดัชนีการสุกแก่ต่อปริมาณความหวาน (°Brix) ปริมาณทริปโตเฟน และสาร Methylbutanoic Acid ของผลเชอรี่ในกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 และกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2

ตอนที่ 1 ศึกษาดัชนีการสุกแก่ต่อปริมาณความหวานและสารสำคัญของผลเชอรี่ในกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลเชอรี่กาแฟ

คัดเลือกต้นกาแฟ ที่มีอายุใกล้เคียงกัน ติดป้ายช่อดอกกาแฟและนับอายุหลังดอกบานเพื่อกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวผลเชอรี่ตามกรรมวิธีที่กำหนด แล้วเก็บตัวอย่างผลกาแฟอาราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 จากแหล่งปลูกในเขตภาคเหนือ จำนวน 4 แห่ง โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 400 ผล

แหล่งที่ 1 และ 2 พื้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์และศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย เก็บตัวอย่างผลเชอรี่เมื่ออายุ

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอรี่สีเขียว (อายุผลเชอรี่ 92 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1
กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอรี่สีชมพู (อายุผลเชอรี่ 176 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2
กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอรี่สีแดง (อายุผลเชอรี่ 232 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3
กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอรี่ 273 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4

แหล่งที่ 3 พื้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) เก็บตัวอย่างผลเชอรี่เมื่ออายุ (
กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอรี่สีเขียว (อายุผลเชอรี่ 94 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1
กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอรี่สีชมพู (อายุผลเชอรี่ 180 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2
กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอรี่สีแดง (อายุผลเชอรี่ 235 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3
กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอรี่ 278 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4

แหล่งที่ 4 พื้นที่ศูนย์วิจัยพืชสวนวาวี (เชียงราย) เก็บตัวอย่างผลเชอรี่เมื่ออายุ
กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอรี่สีเขียว (อายุผลเชอรี่ 98 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1
กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอรี่สีชมพู (อายุผลเชอรี่ 182 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2
กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอรี่สีแดง (อายุผลเชอรี่ 238 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3
กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอรี่ 280 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4

โดยทำการบันทึกคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวผลเชอรี่ตามกรรมวิธีที่กำหนด ดังนี้

1.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ด้วยเครื่อง pocket refractometer (pocket PAL-1) อ่านค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์

1.2 สีเปลือกของผลเชอรี่ ด้วยเครื่องวัดสี choma meter โดยแสดงค่าที่อ่านได้ รายงานเป็นค่า L, a และ b ตามระบบ Hunter's scale ดังนี้

ค่า L	เป็น 0	คือ สีดำ	เป็น 100	คือ สีขาว
ค่า a	เป็น ลบ	คือ สีเขียว	เป็น บวก	คือ สีแดง
ค่า b	เป็น ลบ	คือ สีน้ำเงิน	เป็น บวก	คือ สีเหลือง

1.3 สังเกตุอาการผิดปกติและข้อบกพร่องของผลเชอรี่สด เช่น แมลงเจาะ ผลเน่าเสียและอื่นๆ

2.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในสารกาแฟ

นำผลเชอรี่ตามกรรมวิธีที่กำหนด แยกเปลือก เนื้อและเมล็ดออกจากกันด้วยเครื่องสีผลเชอรี่ นำเมล็ดกาแฟแช่น้ำ เป็นเวลานาน 24-48 ชั่วโมงเพื่อหมักเมือก และล้างด้วยน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำไปตากแดดบนลานปูนซีเมนต์ปูด้วยผ้าใบหรือสแลน ประมาณ 10-15 วัน หรือตากจนกว่าจะมีเมล็ดกาแฟมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 เมล็ดกาแฟที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดหรือกาแฟกะลาไปบรรจุในถุงตาข่าย วางบนแผ่นไม้ที่อยู่ในโรงเก็บรักษาที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก เป็นเวลานาน 6-9 เดือน

กรมวิชาการเกษตร

จากนั้นนำกาแฟกะลาที่ได้มาสีเปลือกหุ้มเมล็ดออกจนได้สารกาแฟเพื่อนำมาทดสอบสมบัติทางเคมีในสารกาแฟต่อไป

2.1 การเตรียมตัวอย่าง นำตัวอย่างสารกาแฟที่บดละเอียด หนัก 5 กรัม แช่ในสารละลายเมทานอลต่ออะซิโตนไนไตร์ต่อน้ำ อัตราส่วน 2 ต่อ 2 ต่อ 1 ปริมาตร 10 มล. เขย่าสารสกัดด้วยความเร็วรอบ 85 rpm ด้วยเครื่องเขย่าสารละลาย นาน 8 ชั่วโมงเพื่อสกัดสารสำคัญออกจากสารกาแฟ จากนั้นทำการแยกสารสกัดที่ได้และตัวทำละลายออกจากกันด้วย vacuum rotary evaporator ที่ระดับความดัน 50-200 mbar ที่อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส จนได้สารสกัดกาแฟเข้มข้นพร้อมตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-MS

2.2 นำสารสกัดกาแฟเข้มข้น ปริมาตร 10 ไมโครลิตร กรองด้วย pre-filtered ขนาด 0.2 ไมครอนเพื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-MS

การวิเคราะห์นี้ ใช้ UV chromatograms ในการตรวจ หลักการทำงานคือ สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดกลืนแสง UV ที่ความยาวคลื่นแตกต่างกัน การทดลองนี้ใช้ L-Tryptophan, Caffeine และ Chlorogenic acid เป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบ คอลัมภ์ที่ใช้คือ Waters XSelect-CSH ขนาด 100 mmx 4.6 mm. ความจุ 3 ไมโครลิตร Gradient time คือ 12 นาที สารละลาย A คือ น้ำที่มีกรดฟอร์มิค 0.1 เปอร์เซ็นต์ สารละลาย B คือ เมทานอลและอะซิโตนไนไตร์ อัตรา 1 ต่อ 1 MS ที่ใช้คือ ESI+ อัตราการไหล คือ 1 มล.ต่อนาที วิธีวิเคราะห์ คือ ฉีดตัวอย่างสารสกัดที่ผ่านการกรอง 0.2 ไมครอน ที่ปริมาตร 10 ไมโครลิตร โดยใช้สารมาตรฐาน ความเข้มข้น 1 มก. ต่อ มล. ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ทั้งแบบสารมาตรฐานผสมและแบบสารมาตรฐานแต่ละชนิด ฉีดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง โดย Retention time (RT) และความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสง UV มากที่สุด ($W_{mix\ uv}$) ของสารมาตรฐาน คือ

L-Tryptophan	มี RT ที่ 5.04 นาที	$W_{mix\ uv}$ ที่ 278 nm
Caffeine	มี RT ที่ 5.85 นาที	$W_{mix\ uv}$ ที่ 272 nm
Chlorogenic acid	มี RT ที่ 6.38 นาที	$W_{mix\ uv}$ ที่ 325 nm

3. การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA)

3.1 การเตรียมตัวอย่างกาแฟ นำสารกาแฟตามกรรมวิธีที่กำหนดจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี มาบดให้มีขนาดเล็กกว่า 20 mesh ชั่งน้ำหนัก ปริมาณ 10 กรัมต่อแก้ว เติมน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 92.2 -94.4 องศาเซลเซียส ปริมาตร 180-200 มล. เป็นเวลานาน 3 นาที ประเมินตัวอย่างโดยใช้ช้อนสแตนเลส ขนาด 4-5 มล. ตักชิม และให้คะแนนในแบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบทางประสามสัมผัส

3.2 ผู้ทดสอบ จะใช้ผู้ชิมที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนจนชำนาญในการจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee) เพื่อคัดแยกข้อบกพร่อง การทดสอบกลิ่นรสใน

สถาบันวิทยบริการ

กาแฟทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Green cupping test ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA) ทดสอบกลิ่นในตัวอย่างกาแฟ โดยวิธีการทดสอบหาคู่ (Matching test) กับชุดกลิ่นช่วย ประเมินคุณภาพกาแฟ (Coffee nose) และทดสอบกลิ่นที่เป็นปัญหาในเมล็ดกาแฟ หรือ Defect Cupping จำนวน ทั้งหมด 7 กลิ่น ได้แก่ Mold, Fruit decomposition (Over fermentation, Over ripe, Rotten), Aged (Faded), Over roast, Under roast, Under ripe และ Tainted โดยวิธีการทดสอบเชิงพรรณ (Descriptive test) จำนวนอย่างน้อย 10 คน ดมและชิมกาแฟ

3.3 ผู้ทดสอบทำการประเมินและจำแนกโดยเปรียบเทียบกับกลิ่น แล้วให้คะแนนคุณภาพกาแฟที่ชิม เป็น 3 ด้านคือ

3.3.1 กลิ่น (Aroma) หมายถึง ความรู้สึกถึงกลิ่นหอมของผงกาแฟบดที่บดไว้ไม่นานเกิน 15 นาทีและกลิ่นหอมที่ระเหยออกมาเมื่อเราเทน้ำร้อนลงยังผลกาแฟ ตามอัตราส่วนในข้อ 4.1 เป็นเวลานาน 3 นาที

3.3.2 กลิ่นรส (Flavor) หมายถึง ความรู้สึกถึงกลิ่นรสสัมผัสของกาแฟ เมื่อเราได้ slurp กาแฟเข้าไป ระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรประเมินคือ 8-10 นาที นับจากเริ่มเทน้ำร้อน ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส

3.3.3 ความรู้สึกตกค้าง (After taste) หมายถึง ความยาวนานในความรู้สึกเชิงคุณภาพของกลิ่นรสที่ยังคงอยู่ในลมหายใจ หลังจากที่ผู้ทดสอบกลืนกาแฟเข้าไปแล้วหรือบ้วนออกมา หากความรู้สึกนั้นสั้น หรือไม่ดี คะแนนควรจะอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรประเมิน คือ 8-10 นาที

โดยเกณฑ์การประเมินของผู้ทดสอบ แบ่งได้ดังนี้

เกณฑ์การยอมรับด้านกลิ่น (Aroma) กลิ่นรส (Flavor) และความรู้สึกตกค้าง (After taste) โดยใช้เกณฑ์คะแนน 9 ระดับ ตามที่กำหนดไว้

1= extremely poor แย่ที่สุด

2= very poor แย่มาก

3= poor แย่

4= below average ต่ำกว่าเกณฑ์

5= fair ปานกลาง

6= good ดี

7= very good ดีมาก

8= excellent ยอดเยี่ยม

9= outstanding โดดเด่น

เกณฑ์การรับรู้ด้านกลิ่น โดยใช้เกณฑ์คะแนน 4 ระดับ ตามที่กำหนดไว้

0 = None ไม่พบ

กรมวิชาการเกษตร

1 = Low น้อย

2 = Medium ปานกลาง

3 = High มาก

เกณฑ์การรับรู้ด้านกลิ่นรส ใช้เกณฑ์เดียวกับการรับรู้ด้านกลิ่น

ตอนที่ 2 ศึกษาดัชนีการสุกแก่ต่อปริมาณความหวานและสารสำคัญของผลเชอรี่ในกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลเชอรี่กาแฟ

คัดเลือกต้นกาแฟ ที่มีอายุใกล้เคียงกัน ติดป้ายช่อดอกกาแฟและนับอายุหลังดอกบานเพื่อกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวผลเชอรี่ตามกรรมวิธีที่กำหนด แล้วเก็บตัวอย่างผลกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2 จากแหล่งเขตภาคใต้ ตะวันออก และตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 3 แห่ง โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 400 ผล

แหล่งที่ 1 พื้นที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร เก็บตัวอย่างผลเชอรี่เมื่ออายุ

กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอรี่สีเขียว (อายุผลเชอรี่ 183 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1

กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอรี่สีเหลืองส้ม (อายุผลเชอรี่ 288 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2

กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอรี่สีแดงส้ม (อายุผลเชอรี่ 309 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3

กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอรี่ 325 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4

แหล่งที่ 2 พื้นที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี (ทุ่งเพล) เก็บตัวอย่างผลเชอรี่เมื่ออายุ

กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอรี่สีเขียว (อายุผลเชอรี่ 185 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1

กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอรี่สีเหลืองส้ม (อายุผลเชอรี่ 292 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2

กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอรี่สีแดงส้ม (อายุผลเชอรี่ 311 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3

กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอรี่ 329 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4

แหล่งที่ 3 พื้นที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ เก็บตัวอย่างผลเชอรี่เมื่ออายุ (ภาพที่ 7)

กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอรี่สีเขียว (อายุผลเชอรี่ 189 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1

กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอรี่สีเหลืองส้ม (อายุผลเชอรี่ 294 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2

กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอรี่สีแดงส้ม (อายุผลเชอรี่ 315 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3

กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอรี่ 335 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4

โดยทำการบันทึกคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวผลเชอรี่ตามกรรมวิธีที่กำหนด ดังนี้

1.1 ปริมาตรของผลเชอรี่ ด้วยการใช้เวอร์เนียคาร์ริบเบอร์ วัดขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของผลเชอรี่ โดยแสดงค่าที่อ่านได้ หน่วยเป็น มม.

1.2 สีเปลือกของผลเชอรี่ ด้วยเครื่องวัดสี choma meter โดยแสดงค่าที่อ่านได้ รายงานเป็นค่า L, a และ b ตามระบบ Hunter's scale ดังนี้

ค่า L เป็น 0 คือ สีดำ เป็น 100 คือ สีขาว

กรมวิชาการเกษตร

ค่า a เป็น ลบ คือ สีเขียว เป็น บวก คือ สีแดง

ค่า b เป็น ลบ คือ สีน้ำเงิน เป็น บวก คือ สีเหลือง

1.3 ชั่งน้ำหนักผลเชอรี่ จำนวน 25 ผล หน่วยเป็นกรัม

1.4 สังเกตุอาการผิดปกติและข้อบกพร่องของผลเชอรี่สด เช่น แมลงเจาะ ผลเน่าเสียและอื่นๆ

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในสารกาแฟ ใช้การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการศึกษาในกาแฟอาราบิก้า

3. การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ใช้การเตรียมตัวอย่างและเกณฑ์การให้คะแนนเช่นเดียวกับการศึกษาในกาแฟอาราบิก้า

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา (เริ่มต้น – สิ้นสุด) : ตุลาคม 2560 ถึง กันยายน 2563

สถานที่ดำเนินการ : ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ)

ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย (ที่ราบเชียงราย), ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สุงเชียงราย (วาวี) , ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี (ทุ่งเพล), ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ

กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

การทดลองที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนสาร Cafestol และ Kahweol ในกาแฟต่อการพัฒนาคุณภาพและอัตลักษณ์กาแฟเฉพาะถิ่น

พัฒนากระบวนการวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และสาร Kahweol ตลอดกระบวนการผลิตกาแฟตั้งแต่การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การหมักกาแฟ การตากกาแฟ การเก็บรักษากาแฟ การคั่วกาแฟและกระบวนการชงประเมินคุณภาพกาแฟ

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol

1. ทดสอบการสกัดสาร diterpene จากเมล็ดกาแฟโดยวิธี Soxhlet และการวิเคราะห์ด้วย PS-GC-FID เปรียบเทียบระหว่างการสกัดโดยวิธี GSLS Soxhlet ที่ 4 ชั่วโมง และการสกัดโดยวิธี AOAC soxhlet ที่ 16 ชั่วโมง

2. ทดสอบเปรียบเทียบการฉีดสารสกัดโดยการใช้กระบวนการ Cold on-column inlet (COC) ที่อุณหภูมิห้องและ กระบวนการ Pulsed split inlet (PS) ที่อุณหภูมิ 330 องศาเซลเซียสใช้ความดันที่ 25 psi

3. ทดสอบวิเคราะห์เบื้องต้นปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol จากตัวอย่างผลิตผลกาแฟเบื้องต้นจากท้องตลาด

กรมวิชาการเกษตร

ขั้นตอนที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ระหว่างก่อนการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บเกี่ยวเชอร์รี่กาแฟ

1. กำหนดแปลงทดลองที่ปลูกกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ไม่น้อยกว่า 10 แปลงทดลอง และกาแฟโรบัสต้าสายพันธุ์ชุมพร 2 ไม่น้อยกว่า 5 แปลงทดลอง

2. เก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟหลังระยะออกดอกตามเวลาหลังติดดอกเป็นเวลา 7 – 9 เดือน โดยเก็บตัวอย่างปริมาณ 100 กรัมต่อต้น บริเวณกิ่งที่นอนที่สองที่เป็นกิ่งที่สมบูรณ์ที่สุดในของกาแฟและวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol

3. ศึกษาปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ในส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟโดยการวิเคราะห์ทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักแบบแห้ง (Solid-state fermentation)

ขั้นตอนที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ระหว่างกระบวนการหมักย่อยเมือกกาแฟ

1. ศึกษาปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ในส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟโดยการวิเคราะห์ทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักแบบแห้ง (Solid-state fermentation)

2. ศึกษาปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟโดยเครื่องโครมาโตกราฟีแรงดันสูงในเปลือกหุ้มกาแฟภาวะปกติและภาวะที่เกิดจากการหมักโดยศึกษาการผลิตกรดปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol จากการย่อยเปลือกหุ้มเมล็ดโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหัวเชื้อ

กรรมวิธีที่ 2 ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae BAwine*

กรรมวิธีที่ 3 ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ *PROwine 16*

จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ปิดฝา ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อเริ่มทำการหมัก ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทุก 6 ชั่วโมงเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ผล

การบันทึกข้อมูลปริมาณ Cafestol และ Kahweol,ปริมาณกรดซิตริก, ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids),ความเป็นกรด-ด่าง (pH)และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ขั้นตอนที่ 4 การตากและการเก็บรักษากาแฟ

1. แบ่งสารกาแฟในการตากโดยการสุ่มเมล็ดกาแฟมาอย่างน้อยแปลงทดลองละ 300 กรัม และระหว่างการเก็บรักษาทุกสัปดาห์ตลอดเวลาการเก็บรักษา 18 เดือนความชื้นไม่เกินร้อยละ 50

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม เมล็ดกาแฟเก็บในกระสอบป่าน

กรรมวิธีที่ 2 เก็บในถุงซิบ One way valve

กรรมวิธีที่ 3 เก็บในกล่องกระดาษหุ้มฟลอย

2. ศึกษาปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟโดยเครื่องโครมาโตกราฟีแรงดันสูงในเปลือกหุ้มกาแฟภาวะปกติและภาวะที่เกิดจากการหมักโดยศึกษาการผลิตกรดปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol

การบันทึกข้อมูลปริมาณ Cafestol และ Kahweol, ปริมาณกรดซิตริก, ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

-เวลาและสถานที่

ระยะเวลา ตุลาคม 2561 – กันยายน 2563

สถานที่ดำเนินการ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่, ศูนย์วิจัยพืชสวนวาวี(เชียงราย), ศูนย์วิจัยพืชสวนเขาค้อ(เพชรบูรณ์), ศูนย์วิจัยพืชสวนมูเซอ(ตาก) กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

การทดลองที่ 3 การจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟโดยใช้วิธีทางกายภาพและประสาทสัมผัส

ขั้นตอนที่ 1 คัดเลือกและฝึกฝนผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

1.1) คัดเลือกผู้ทดสอบที่มีความสามารถในการทดสอบกลิ่นรสในกาแฟ โดยเชิญเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของกองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช จำนวน 30 คน ทำแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังนี้

- การประเมินการแยกรสชาติพื้นฐาน ได้แก่ หวาน เค็ม เปรี้ยว ขม อุมามิ และเผื่อน เป็นต้น

- การประเมินการแยกรสชาติ ได้แก่ ผลเปรี้ยวจากกรดชนิดต่างๆ ได้แก่ กรดซิตริก กรดแลกติก กรดอะซิตริก กรดมาร์ลิก และกรดทาร์ทาริก เป็นต้น รสหวานจากน้ำตาลชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส และน้ำตาลซูโครส เป็นต้น และความสามารถในการรับรู้รสขมของสาร Propylthiouracil

- การประเมินการแยกกลิ่น ได้แก่ วงล้อกลิ่นกาแฟ (Coffee Taster's Flavor Wheel) จำนวน 15 กลิ่น ได้แก่ ส้ม สตรอเบอรี่ ถั่วลิสงบด ช็อคโกแลต อบเชย กานพลู มะลิ วนิลา น้ำผึ้ง ไวน์ ฟาง ยาง ใบชา ผลไม้อบแห้ง และน้ำส้มสายชู เป็นต้น

1.2) ฝึกฝนผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือก จำนวน 12 คน ให้มีความเชี่ยวชาญในการทดสอบดังนี้

- ฝึกฝนการจำแนกข้อบกพร่องในเมล็ดกาแฟทางกายภาพ โดยวิธี Green grading coffee เพื่อคัดแยก

ข้อบกพร่อง ได้แก่ เมล็ดดำ (Full black) เมล็ดเปรี้ยว (Full sour) ผลกาแฟแห้ง (cherry/pod) เมล็ดเชื้อร

กรมวิชาการเกษตร

(Fungus) เมล็ดที่มีแมลงทำลาย (Severe insect) และสิ่งแปลกปลอมในเมล็ดกาแฟ (Foreign Matter)

- ฝึกฝนการทดสอบกลิ่นรสในกาแฟทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Green cupping test ตามมาตรฐานของ Specialty Coffee Association of America (SCAA)

- ทดสอบกลิ่นในตัวอย่างกาแฟ โดยวิธีการทดสอบหาคู่ (Matching test) กับชุดกลิ่นช่วยประเมินคุณภาพกาแฟ (Coffee nose) และทดสอบกลิ่นที่เป็นปัญหาในเมล็ดกาแฟ หรือ Defect Cupping จำนวน ทั้งหมด 7 กลิ่น ได้แก่ Mold, Fruit decomposition (Over fermentation, Over ripe, Rotten), Aged (Faded), Over roast, Under roast, Under ripe และ Tainted โดยวิธีการทดสอบเชิงพรรณ (Descriptive test)

ขั้นตอนที่ 2 สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟ (Green coffee bean)

2.1) สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกา จำนวนทั้งหมด 90 ตัวอย่าง จากแหล่งผลิตเมล็ดกาแฟของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรตาก (มูเซอ) ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ) และศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) และเกษตรกรในแถบพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ น่าน ตาก เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน นครราชสีมา และชัยภูมิ

2.2) สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟเมล็ดกาแฟโรบัสตา จำนวนทั้งหมด 90 ตัวอย่าง จากแหล่งผลิตเมล็ดกาแฟของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ศูนย์วิจัยพืชสวนจังหวัดชุมพร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี ศูนย์วิจัยพืชสวนเลย ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสระเกษ และเกษตรกรในแถบพื้นที่จังหวัดราชบุรี จันทบุรี ตราดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี เลย นครราชสีมา ศรีสระเกษ และอุบลราชธานี

ขั้นตอนที่ 3 การจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee)

การจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee) ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA) และเปรียบเทียบผลตามเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร เมล็ดกาแฟอะราบิกา (มกษ. 5701-2561) และมาตรฐานสินค้าเกษตร เมล็ดกาแฟโรบัสตา (มกษ. 5700-2561) โดยมีวิธีการ ดังนี้

3.1) ชั่งตัวอย่างเมล็ดกาแฟ จำนวน 350 กรัม ใส่ในถาดอะลูมิเนียม

3.2) เทเมล็ดกาแฟลงบนกระดาษขาว (A4) เพื่อคัดแยกเมล็ดที่มีข้อบกพร่องหลัก (Full defect) ได้แก่

เมล็ดดำ (Full Black) เมล็ดเปรี้ยว (Full Sour) ผลกาแฟแห้ง (Cherry/Pod) เมล็ดเชื้อรา (Fungus) เมล็ดที่

มีแมลงทำลาย (Severe Insect) และสิ่งแปลกปลอม (Foreign Matter) โดยการนับจำนวนเมล็ดที่พบซึ่ง

กรมวิชาการเกษตร

ข้อบกพร่อง 1 เมล็ด เท่ากับ 1 คะแนน ยกเว้นข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 5 เมล็ด เท่ากับ 1 คะแนน กรณีที่พบข้อบกพร่องมากกว่าหนึ่งข้อในเมล็ดกาแฟให้นับเฉพาะข้อบกพร่องที่มีผลกระทบมากที่สุด โดยข้อบกพร่องทั้งหมดต้องไม่เป็นเศษส่วนหรือทศนิยม หากเป็นให้ทำการปัดเศษลง

3.3) นำข้อบกพร่องที่พบในแต่ละรายการไปชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาสัดส่วนโดยน้ำหนัก (ร้อยละ)เปรียบเทียบกับเกณฑ์ข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟอะราบิกา และเมล็ดกาแฟโรบัสตา

3.4) นำข้อมูลทั้งหมดมาประมวลผล และจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิกา และโรบัสตาทางกายภาพโดยจัดลำดับชั้นตามหลัก Hierarchical Ascendant Classification (HAC)

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เป็นการประเมินกลิ่น รสชาติ และรสชาติตกค้าง โดยวิธีการชิม (Green cupping coffee) ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA) มีวิธีการ ดังนี้

4.1) บดตัวอย่างเมล็ดกาแฟ ให้มีขนาดเล็กกว่า 20 mesh

4.2) ชั่งตัวอย่างเมล็ดกาแฟที่บดแล้ว จำนวน 10 กรัม ต่อหนึ่งแก้ว

4.3) เติมน้ำร้อน (อุณหภูมิ 92.2 – 94.4 °C) ประมาณ 180 – 200 มิลลิลิตร จับเวลา 3 นาที

4.4) ประเมินตัวอย่างโดยใช้ช้อนสแตนเลส ขนาด 4 – 5 มิลลิลิตร ตักชิม และให้คะแนนในแบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การชิมจะใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนตามเกณฑ์ในขั้นตอนที่ 1 ทดสอบตัวอย่างเมล็ดกาแฟที่ผสมข้อบกพร่องหลัก จำนวนทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ตามกรรมวิธีต่างๆ ดังนี้

- การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดดำ (Full black) ที่เกิดจากเชื้อราตระกูล *Colletotrichum* spp.ที่ส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดกาแฟก่อนการเก็บเกี่ยวและทำให้เกิดผลกาแฟเสียหายเน่าคาต้น โดยออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้ว (ไม่มีเมล็ดดำ)

กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดดำ 20 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 3 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดดำ 40 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 4 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดดำ 60 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 5 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดดำ 80 เมล็ด

กรมวิชาการเกษตร

- การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดเชื้อรา (Fungus) ที่เกิดจากการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟหรือผลกระทบจากเชื้อราที่เกิดจากเมล็ดทำให้เมล็ดกาแฟมีเชื้อราเกิดขึ้น เดิมออกแบบการทดลองผสมเมล็ดกาแฟ5 กรรมวิธี แต่เนื่องจากกังวลเรื่องความปลอดภัยของผู้ชิม จึงปรับเปลี่ยนวิธีการทดลอง โดยดำเนินการเพาะเชื้อและส่งทดสอบสารพิษจากเชื้อรา แทนการทดสอบทางประสาทสัมผัส 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้ว (ไม่มีเมล็ดเชื้อรา)

กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดเชื้อรา 20 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 3 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดเชื้อรา 40 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 4 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดเชื้อรา 60 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 5 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดเชื้อรา 80 เมล็ด

- เมล็ดที่มีแมลงทำลาย (Severe insect) ที่เกิดจากการทำลายของแมลงกลุ่ม Coffee Bean Borer (CBB) ทำให้เกิดรูพรุนในเมล็ดกาแฟ และอาจส่งผลกระทบให้เกิดข้อบกพร่องอื่น เช่น เมล็ดเชื้อรา และเมล็ดเปรี้ยวตามมาได้ โดยออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้ว (ไม่มีเมล็ดที่มีแมลงทำลาย)

กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 20 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 3 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 40 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 4 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 60 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 5 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 80 เมล็ด

- เมล็ดเปรี้ยว (Full sour) ที่เกิดจากกระบวนการหมักเกินกำหนด (Over-fermented bean)ทำให้มีปริมาณกรดอะซิติกมากเกินไปหรือเกิดกระบวนการหมักทั้งเมล็ด (Seed fermentation) ซึ่งหากพบเมล็ดเปรี้ยวเกิน 20 เมล็ด จะไม่ยอมรับสารกาแฟล็อตนั้น โดยออกแบบการทดลองเป็น 2 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้ว (ไม่มีเมล็ดที่มีเมล็ดเปรี้ยว)

กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดเมล็ดเปรี้ยว 20 เมล็ด

- ผลกาแฟแห้ง (cherry/pod) ที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปแบบแห้งหรือกึ่งแห้งทำให้ไม่สามารถคัดแยกเปลือกผลเชอร์รี่ออกได้ทั้งหมด โดยออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้ว (ไม่มีผลกาแฟแห้ง)

กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมผลกาแฟแห้ง 20 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 3 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมผลกาแฟแห้ง 40 เมล็ด

กรรมวิธีที่ 4 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมผลกาแฟแห้ง 60 เมล็ด

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 5 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมผลกาแฟแห้ง 80 เมล็ด

6) สิ่งแปลกปลอม (Foreign matter) ที่เกิดจากกระบวนการเก็บผลผลิตกาแฟ การตากเมล็ดกาแฟที่ไม่ได้มาตรฐาน โดยตากบนพื้นที่ไม่มีภาชนะรองรับและไม่ได้รับการคัดเกรดเมล็ด ซึ่งหากพบสิ่งแปลกปลอมเกินร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก จะไม่ยอมรับสารกาแฟล็อตนั้น นั้น โดยออกแบบการทดลองเป็น 2 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้ว (ไม่มีสิ่งแปลกปลอม)

กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมสิ่งแปลกปลอม ร้อยละ 0.5

- เวลาและสถานที่

เริ่มต้น ตุลาคม 2561 สิ้นสุด กันยายน 2563

ห้องปฏิบัติการทางกายภาพและประสาทสัมผัส กลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพสินค้า กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ดัชนีการสุกแก่ต่อปริมาณความหวาน (°Brix) ปริมาณทริปโตเฟน และสาร Methylbutanoic Acid ของผลเชอรี่ในกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 และกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสุกแก่ของผลกาแฟหรือผลเชอรี่อาราบิก้าและโรบัสต้า คือ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลกาแฟเป็นปัจจัยภายในที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ได้แก่ การเปลี่ยนสีเปลือกเมื่อผลกาแฟมีอายุเพิ่มมากขึ้น การพักตัวและการขยายขนาดของผลกาแฟ และการสะสมอาหารและสารสำคัญในผลกาแฟเอง และปัจจัยภายนอกที่มีอิทธิพลต่อการสุกแก่ของผลกาแฟ คือ ระดับความสูงจากน้ำทะเลของพื้นที่ปลูกกาแฟ ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในการเพาะปลูก ความลาดชั้นของพื้นที่เพาะปลูก เป็นต้น นอกจากนี้ การสุกแก่ของผลกาแฟ ยังส่งผลถือคุณภาพในการแปรรูปกลายเป็นกาแฟเพื่อบริโภค ทั้งการสร้างอัตลักษณ์ที่มีความจำเพาะแต่ละพื้นที่ ความหวานและ flavor ของสารกาแฟที่นำไปคั่วบดเพื่อบริโภคต่อไป

การสุกแก่ของผลกาแฟอาราบิก้าและผลกาแฟโรบัสต้า สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระยะ คือ ผลอ่อน ผลไม่สุก ผลสุก และผลสุกงอม ทั้ง 4 ระยะการสุกแก่ มีการสะสมสารสำคัญที่เนื้อผลกาแฟและเมล็ดกาแฟแตกต่างกันไป ทั้งน้ำตาล สารประกอบฟีนอล กรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ เป็นต้น

เมื่อผลกาแฟเกิดกระบวนการสุกแก่ มีการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบของผลกาแฟ ดังนี้ ชั้น exocarp หรือผิวผลกาแฟ มีการเปลี่ยนแปลงสีตามกระบวนการสุกแก่ที่เพิ่มขึ้น ในผลกาแฟอาราบิก้า เปลือกผลเปลี่ยนจากสีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยว ส่วนผลกาแฟโรบัสต้า เปลือกผลเปลี่ยนจากสีเขียว สีเหลืองส้ม สีแดงส้ม และสีแดงม่าเหมี่ยว ตามลำดับ ขณะเดียวกัน เมื่อเกิดการสุกแก่เพิ่มขึ้น ชั้น mesocarp หรือเนื้อผลกาแฟ แป้งเป็นอาหารสำรองเกิดการสลายตัวกลายเป็นน้ำตาล

กรมวิชาการเกษตร

ทั้งน้ำตาลรีดิวซิ่งและซูโครส ทำให้มีการสะสมน้ำตาลเพิ่มขึ้น ส่วน endosperm หรือเมล็ดกาแฟเป็น triploid tissue เกิดการแยกส่วนอย่างชัดเจน ทั้งส่วนภายนอกที่มีความแข็งแรงและส่วนภายในที่มีความอ่อนนุ่ม เมื่อผลเกิดการสุกแก่เต็มที่ ส่วนภายในที่อ่อนนุ่ม มีการสะสมสารอาหารและสารสำคัญจำนวนมากเพื่อให้เอ็มบริโอใช้เป็นอาหารสำรองในการดำรงชีพต่อไป โดยในกาแฟโรบัสต้ามีกระบวนการสุกแก่และการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาเป็นเวลานานมากกว่ากาแฟอาราบิก้า (Castro and Marraccini, 2006)

ตอนที่ 1 กาแฟอาราบิก้า

การพัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงของผลกาแฟอาราบิก้าที่เพาะปลูกในประเทศไทย จำแนกได้ดังนี้

1.ระยะผลพักตัวและโตช้า (0-84 วัน นับหลังดอกบาน) ระยะนี้ผลจะไม่เปลี่ยนแปลงขนาด ลักษณะผลที่ติดมีสีเขียวเข้มและขนาดเท่าหัวเข็มหมุด

2.ระยะผลขยายตัวอย่างรวดเร็ว (84-98 วันหลังดอกบาน) ระยะนี้ ผลมีการขยายขนาดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หากได้รับปริมาณน้ำฝนอย่างเพียงพอและมีการกระจายตัวของฝนสม่ำเสมอ จะทำให้ผลเชอรี่มีขนาดใหญ่ สีเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวอ่อน (กรรมวิธีที่ 1 ของการทดสอบกาแฟอาราบิก้า)

3.ระยะเมล็ดสะสมน้ำหนัก (98-182 วันหลังดอกบาน) ระยะนี้ ผลมีการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และมีการสุกแก่ของผลกาแฟเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนกลายเป็นสีชมพู (กรรมวิธีที่ 2 ของการทดสอบกาแฟอาราบิก้า)

4.ระยะผลสุก (182-270 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ผลสุกแก่เต็มที่ โดยผลเปลี่ยนสีจากชมพูเป็นสีแดง โดยน้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากระยะที่ 3 (กรรมวิธีที่ 3 ของการทดสอบกาแฟอาราบิก้า)

หากผลกาแฟมีอายุมากกว่า 270 วันขึ้นไป หลังดอกบาน (กรรมวิธีที่ 4 ของการทดสอบกาแฟอาราบิก้า) พบว่า ผลกาแฟเปลี่ยนจากสีแดงกลายเป็นสีแดงม่าเหมี่ยว ถือเป็นระยะสุกแก่มากเกินไป หากไม่มีการเก็บเกี่ยวผลระยะนี้ทิ้งจากต้น จะเป็นแหล่งอาศัยของมอดเจาะกาแฟ

จากงานวิจัยการสะสมสารสำคัญของกาแฟอาราบิก้าที่ผ่านมา พบว่า ในระยะผลอ่อนและผลไม่สุก เมล็ดกาแฟมีการสะสมปริมาณทริปโตเฟนสูง และมีปริมาณลดลงตามการสุกแก่ของผลกาแฟเมื่ออายุของผลกาแฟเพิ่มมากขึ้น (Keiko et al., 2014) ส่วนการสะสม Chlorogenic acid เป็นสารกลุ่ม phenolic compounds พบปริมาณมากในระยะเอ็มบริโอเป็นของเหลว ภายหลังมีปริมาณลดลงเมื่อเอ็มบริโอพัฒนาเต็มที่ ส่วนใหญ่พบในเมล็ดกาแฟที่ยังไม่ผ่านการคั่วบด และมีปริมาณลดลงเมื่อถูกความร้อน ในเมล็ดกาแฟอาราบิก้ามีปริมาณ Chlorogenic acid อยู่ที่ร้อยละ 1.4 ของน้ำหนักแห้งเมล็ด (Skowron et al., 2015) และการสะสม Caffeine เป็นสารในกลุ่ม methylxanthines เป็นสารหลักกลุ่ม alkaloid พบมากในเมล็ดกาแฟที่ยังไม่ผ่านการคั่วบด ความเข้มข้นหรือปริมาณของ Caffeine ในเมล็ดกาแฟอาราบิก้า อยู่ที่ร้อยละ 0.7-1.6 โดยการสังเคราะห์ Caffeine เกิดขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

ตั้งแต่เอ็มบริโอยังเป็นระยะวัยอ่อนหรือเป็นของเหลวอยู่ และมีการถ่ายเทจากชั้นของเนื้อผลกาแฟสู่เมล็ดกาแฟได้ (Castro and Marraccini, 2006) และ methyl butanoic acid จัดเป็น natural fatty acid อยู่ใน essential oil ของพืช ถือเป็นสาร volatile compounds โดย methyl butanoic acid เกิดจากการสลายตัวของกรดอะมิโน Leucine ที่ถูก deamination เป็น α-keto-isopentanoic acid ถูก decarboxylation เป็น 3-methylbutanol ถูก aldehyde oxidase จนกลายเป็น 3- methyl butanoic acid ในที่สุด ในเมล็ดกาแฟที่ไม่ผ่านการคั่วบด พบการสะสมมากมากถึงร้อยละ 32.8 หากเมื่อทำ sensory test พบว่าให้กลิ่นรส sweet และ acid (Toledo et al., 2016)

ส่วนของเนื้อผลกาแฟของผลกาแฟ ในระยะผลอ่อนและผลไม่สุก มีการสะสมอาหารในรูปของคาร์โบไฮเดรตเป็นจำนวนมากเพื่อเป็นอาหารสำรองในการดำรงชีพ ทำให้เกิดการสะสมน้ำตาลรีดิวซิ่งและซูโครสอย่างช้าๆ ในช่วง 0- 176 วันหลังดอกบาน หลังจากนั้นมีปริมาณการสะสมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (280 วันหลังดอกบาน ขึ้นไป) จึงเป็นสาเหตุให้มีการสะสมปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในปริมาณต่ำ และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามการสุกแก่ของผลกาแฟ (Castro and Marraccini, 2006)

เมื่อศึกษาข้อมูลปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการสุกแก่ของผลกาแฟอาราบิก้าในประเทศไทย กล่าวว่า พื้นที่การเพาะปลูกเหนือระดับน้ำทะเล มีผลต่อการกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวผลเชอรี่ โดยพื้นที่ปลูกเหนือระดับน้ำทะเล 700-1,000 เมตร เกิดการออกดอกในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน ช่วงที่เก็บเกี่ยวคือเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม โดยมีอายุการเก็บเกี่ยว 5-8 เดือน ส่วนพื้นที่ปลูกเหนือระดับน้ำทะเล 1,100 – 1,500 เมตร เกิดการออกดอกในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม มีช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม อายุการเก็บเกี่ยว 9 เดือน ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณน้ำฝน (ต้องไม่น้อยกว่า 1,500 มม.ต่อปี) และอุณหภูมิ (ระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส) ในแต่ละปี (สถาบันพืชสวน, 2562 และ กองวิจัยและพัฒนาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, 2563)

การดำเนินงานวิจัย ทดสอบในพื้นที่ในเขตเขาค้อ และที่ราบเชียงราย เป็นตัวแทนพื้นที่ปลูกปลูกกาแฟอาราบิก้าเหนือระดับน้ำทะเล 700 -1,000 เมตร ส่วนพื้นที่ขุนวางและวาวี เป็นตัวแทนพื้นที่ปลูกกาแฟอาราบิก้าเหนือระดับน้ำทะเล 1,300 เมตร และ 1,500 เมตร ตามลำดับ โดยทั้ง 4 แหล่ง มีการเพาะปลูกกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 เป็นพันธุ์ลูกผสมที่ผ่านรับรองกรมวิชาการเกษตร ผลสุกแดงที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูง (500-900 กรัมต่อต้น) เมื่ออายุ 7 ปี ให้สารกาแฟมากถึง 215 กิโลกรัมต่อไร่ คุณภาพการชิมอยู่ในระดับปานกลาง (สถาบันพืชสวน, 2562 และกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, 2562)

1.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลกาแฟ หรือผลเชอรี่

การสุกของผลต้องใช้เวลานานเพิ่มขึ้นตามระดับความสูงจากน้ำทะเลของแหล่งปลูก ทำให้ผลมีการสะสม TSS ได้แตกต่างกันและมีการเปลี่ยนสีของผลช้าเร็วต่างกัน หากพิจารณาข้อมูลTSS และ

กรมวิชาการเกษตร

การเปลี่ยนสีของผลตามอายุของผลในแต่ละพื้นที่ปลูก พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ ผลมี TSS เพิ่มขึ้นตามอายุของผล การเปลี่ยนสีของเปลือกผล รายงานเป็นค่า L a และ b พบว่า ค่า L และ b มีค่าลดลงตามอายุของผล ส่วนค่า a ในผลสีเขียวมีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่า a ในผลสีแดงมีค่ามากที่สุด (ตารางที่ 1 4 7 และ 10) กาแฟที่เขาค้อและที่ราบเชียงราย มีเปลี่ยนสีของผลสีเขียวกลายเป็นสีแดงเร็วที่สุด (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 232 วันหลังดอกบาน) โดยเปลือกผลสีแดง มีค่า a เป็นบวก และมีค่า อยู่ที่ 20.1153 และ 25.2972 จากสาเหตุที่ผลมีระยะเวลาในการสะสมสารอาหารน้อย ส่งผลให้ปริมาณสารสำคัญที่สะสมปริมาณน้อย คือ เนื้อผลมี TSS เพียง 16.8 และ17 องศาบริกซ์ เมื่อเปรียบเทียบกับขุนวางและวาวี มีกระบวนการสุกผลเชอรี่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 235 และ 238 วันหลังดอกบาน) โดยเปลือกผลสีแดง มีค่า a เป็นบวก และมีค่าอยู่ที่ 21.4035 และ 29.8757 เนื้อผลมีการสะสม TSS ที่ 20 และ 20.5 องศาบริกซ์ ขึ้นไป และหากปล่อยให้ผลกาแฟมีอายุเพิ่มขึ้น (ผลเข้าสู่ระยะที่ 4 หรือผลอายุ 273-280 วันหลังดอกบาน) พบว่า มีการสะสมปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทั้ง 4 แหล่งปลูก ทำให้เนื้อผลกาแฟเป็นแหล่งอาหารสำรองของเมล็ดกาแฟมีปริมาณเพียงพอต่อการสังเคราะห์กรดอินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อ flavor ของกาแฟต่อไป (Boot, 2005) รวมทั้งสอดคล้องกับคู่มือการผลิตกาแฟพรีเมี่ยมของ สถาบันพืชสวน (2562) รายงานว่า ควรเก็บเกี่ยวกาแฟอาราบิก้า เมื่อผลกาแฟมีอายุการเก็บเกี่ยว 9 เดือน และเก็บเกี่ยวเฉพาะผลสุก 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป คือผลมีสีแดง โดยเก็บทีละช่อ ดัชนีการเก็บเกี่ยวกาแฟที่เหมาะสมอาจสุ่มด้วยน้ำคั้นจากเนื้อผลมาวัดหาปริมาณ TSS ควรมีค่ามากกว่า 17 องศาบริกซ์

2.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในสารกาแฟ

ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารสำคัญจากสารกาแฟทั้ง 4 แหล่งปลูกด้วยวิธี HPLC-MS มีการตรวจพบสารสำคัญเพียง 2 ชนิด คือ Chlorogenic acid และ Caffeine แต่ไม่พบทริปโตเฟน Benzo (b) flouranthene เป็นสารกลุ่ม PAHs และ methylbutaonic acid (ตารางที่ 2 5 8 และ 11) โดยสารกาแฟจากผลสีแดง (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 232-238 วันหลังดอกบาน) มีการสะสม Chlorogenic acid สูง (0.631 -0.646 พีพีทีต่อ 1 กรัมน้ำหนักแห้งของสารกาแฟ) แต่มีปริมาณกรด Caffeine ต่ำ (0.412-0.425 พีพีทีต่อ 1 กรัมน้ำหนักแห้งของสารกาแฟ) โดยสารกาแฟที่ได้จากแหล่งปลูกเขาค้อและที่ราบเชียงราย ปริมาณ Chlorogenic acid และ Caffeine มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2 และ 5) เมื่อเปรียบเทียบกับสารกาแฟจากแหล่งปลูกที่ขุนวางและวาวี ปริมาณ ปริมาณ Chlorogenic acid และ Caffeine ค่อนข้างคงที่เมื่อผลมีการสุกแก่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 8 และ 11) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Castro and Marraccini (2006) ที่พบว่า การสังเคราะห์ caffeine เกิดขึ้นในขณะที่เอ็นโดสเปริมยังอ่อนและเป็นของเหลวอยู่ในผลกาแฟอาราบิก้า ส่วนการสังเคราะห์ Chlorogenic acid มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นขณะเอ็นโดสเปริมเกิดการพัฒนาในผลกาแฟ และมีปริมาณลดลงเมื่อผลกาแฟสุกแก่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ขึ้นกับพันธุ์ของกาแฟและปัจจัยภายนอก ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน การกระจายตัวของน้ำฝนและอุณหภูมิในแต่ละปี ร่วมด้วย

กรมวิชาการเกษตร

3.การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA)

การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิมเพื่อประเมินข้อบกพร่องของสารกาแฟจากผลที่มีอายุเพิ่มขึ้น จาก 4 แหล่งปลูก พบว่า สารกาแฟได้รับคะแนนการยอมรับของผู้ชิมด้านกลิ่น กลิ่นรสและความรู้สึกตกค้างต่อกาแฟจากแหล่งทั้ง 4 พบว่า สารกาแฟจากผลสีเขียว ชมพู แดง และม่าเหมี่ยวจากทั้ง 4 แหล่ง ได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.47 5.67 6.29 และ 6.08 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงดีมาก จากตารางที่ 3 6 9 และ 12 สารกาแฟจากผลสีแดงของวาวี (ผลระยะที่ 3 หรือผลอายุ 238 วันหลังดอกบาน) มีคะแนนมากที่สุด (6.67 คะแนน) รองมาคือ สารกาแฟของขุนวาง (ผลระยะที่ 3 หรือผลอายุ 235 วันหลังดอกบาน) เขาค้อ(ผลระยะที่ 3 หรือผลอายุ 232 วันหลังดอกบาน) และที่ราบเชียงราย ตามลำดับ (6.50 6.30 และ 5.7 คะแนน) สอดคล้องกับรายงานของ Boot (2005) สารกาแฟที่ได้จากผลสีแดงเป็นระยะที่ผลมีพัฒนาเต็มที่จัดเป็นระยะความสุกแก่ที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว ระยะนี้มีการพัฒนาและสังเคราะห์กรดอินทรีย์จำเป็นจำนวนมากที่มีผลต่อการปรากฏของความหวานอย่างชัดเจนในการชิมหลังคั่วบดแล้ว การเพิ่มคะแนนการยอมรับของผู้ชิมทั้ง 3 ด้าน สามารถทำได้โดยการควบคุมปัจจัยในการเพาะปลูก ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาผลเพื่อสะสมกรดอินทรีย์ การสีเปลือกและเนื้อ การหมักและกำจัดเมือก วิธีการเก็บรักษากาแฟกะลาที่เหมาะสม และการกำจัดของสิ่งบกพร่องหลักและรองที่ปะปนมากับสารกาแฟที่นำมาทดสอบด้วย (Boot, 2005)

ตอนที่ 2 กาแฟโรบัสต้า

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของกาแฟโรบัสต้า ด้านการพัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงของผล เป็นแบบ single sigmoid curve แบ่งได้ ดังนี้

1.ระยะผลพักตัว (0-28 วัน นับหลังดอกบาน) และโตช้า (29-126 หรือ 154 วัน นับหลังดอกบาน) ระยะนี้ผลจะไม่เปลี่ยนแปลงขนาด ลักษณะผลที่ติดมีสีเขียวเข้มและขนาดเท่าหัวเข็มหมุด

2.ระยะผลขยายตัวอย่างรวดเร็ว (126/154 -238 วันหลังดอกบาน) ระยะนี้ ผลมีการขยายขนาดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หากได้รับปริมาณน้ำฝนอย่างเพียงพอและมีการกระจายตัวของฝนสม่ำเสมอ จะทำให้ผลเชอรี่มีขนาดใหญ่ สีเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวอ่อน (กรรมวิธีที่ 1 ของแต่ละแหล่งปลูกโรบัสต้า)

3.ระยะเมล็ดสะสมน้ำหนัก (238-294 วันหลังดอกบาน) ระยะนี้ ผลมีการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และมีการสุกแก่ของผลกาแฟเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนกลายเป็นสีเหลืองส้ม (กรรมวิธีที่ 2 ของแต่ละแหล่งปลูกโรบัสต้า)

4.ระยะผลสุก (294-315 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ผลสุกแก่เต็มที่ โดยผลเปลี่ยนสีจากเหลืองส้มเป็นสีแดงหรือแดงส้ม โดยน้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากระยะที่ 3 (กรรมวิธีที่ 3 ของแต่ละแหล่งปลูกโรบัสต้า)

กรมวิชาการเกษตร

หากผลกาแฟมีอายุมากกว่า 315 วันขึ้นไป หลังดอกบาน (กรรมวิธีที่ 4 ของแต่ละแหล่งปลูกโรบัสต้า) พบว่า ผลกาแฟเปลี่ยนจากสีแดงส้มกลายเป็นสีแดงม่าเหมี่ยว ถือเป็นระยะสุกแก่มากเกินไป หากไม่มีการเก็บเกี่ยวผลระยะนี้ทิ้งจากต้น จะเป็นแหล่งอาศัยของมอดเจาะกาแฟ

นอกจากนี้ พบว่า กาแฟโรบัสต้า มีการเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาทางกายภาพ ทางเคมีและชีวเคมีเป็นไปในทิศทางเดียวกับกาแฟอาราบิก้า เช่น ผลกาแฟที่มีอายุเพิ่มขึ้น เปลือกผลเปลี่ยนสีจากสีเขียว สีเหลืองส้ม สีแดงส้ม และสีแดงม่าเหมี่ยว ตามลำดับ ขณะเดียวกันมีการสะสมปริมาณ TSS และปริมาณสารสำคัญในผลกาแฟทั้งการสะสมปริมาณทริปโตเฟน Chlorogenic acid Caffeine และ methyl butanoic acid เช่นเดียวกับกาแฟอาราบิก้า

ความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและปริมาณ TSS ของผลที่มีอายุเพิ่มขึ้นทั้งกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้ามีทิศทางเป็นไปในทางเดียวกัน จากงานวิจัยของ Castro and Marraccini (2006) and Sousa et al (2020) พบว่า ผลโรบัสต้าสีเขียวเป็นระยะผลอ่อน มีปริมาณ TSS น้อยที่สุด (4.47 องศาบริกซ์) เมื่อผลมีอายุเพิ่มขึ้น สีเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง และสีน้ำเงิน ผลมีปริมาณ TSS อยู่ที่ 7.79 และ 5.53 องศาบริกซ์ ตามลำดับ

การสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นในเมล็ดกาแฟโรบัสต้า พบในปริมาณสูงในเมล็ดกาแฟที่ไม่ผ่านการคั่วบดเดียวกับกาแฟอาราบิก้า แต่มีการเก็บกรดอะมิโน tryptophan ในรูปที่แตกต่างกัน โดยกาแฟอาราบิก้า เก็บสะสมในรูป free tryptophan ส่วนกาแฟโรบัสต้า เก็บสะสมอยู่รวมกับโปรตีน นอกจากนี้ กาแฟโรบัสต้า มีปริมาณ Total protein ในปริมาณสูง เมื่อจำแนกเป็นกรดอะมิโนจำเป็นกลุ่ม predominant ที่สามารถถูกhydrolysis เป็นรูปเป็นสารที่ให้กลิ่นต่อไป กรดอะมิโนที่ตรวจพบคือ Leucine ที่สลายตัวให้ methyl butanoic acid ที่กลิ่นที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังตรวจพบกรดอะมิโน lysine และ arginine ด้วย (Martins and Gloria, 2010; Keiko et al, 2014 and Wenjiang et al, 2015)

การสะสม Chlorogenic acid และ Caffeine ในสารกาแฟโรบัสต้ามีปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับในกาแฟอาราบิก้า โดยเฉพาะปริมาณ Chlorogenic acid มีปริมาณสูงถึงร้อยละ 6.1 ของน้ำหนักแห้งเมล็ด และ Caffeine มีค่าอยู่ที่ร้อยละ 1.5-4.0 พบในปริมาณสูงในเมล็ดกาแฟที่ไม่ผ่านการคั่วมากที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของกาแฟโรบัสต้า สภาพภูมิอากาศในการเพาะปลูก ดิน อุณหภูมิ และระดับความสูงของพื้นที่(Skowron et al, 2015 and Wenjiang et al, 2015)

ส่วนการสะสม methyl butanoic acid เป็นสาร volatile compounds เป็น 1 ใน 79 volatile compounds ในเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ไม่ผ่านการคั่วเช่นเดียวกับที่พบในกาแฟอาราบิก้า ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศในการเพาะปลูก ดิน และระดับความสูงของพื้นที่ (Wenjiang et al, 2015)

เมื่อศึกษาปัจจัยภายนอกต่อการเร่งการสุกของผลกาแฟโรบัสต้า พบว่า ปริมาณน้ำฝนที่ได้รับและการกระจายตัวของฝน หากปริมาณน้ำฝนที่ได้รับไม่เพียงพอ และการกระจายตัวของฝนขาดความสม่ำเสมอ ทำให้ผลกาแฟที่อยู่ในช่วงขยายขนาดกระทบแล้ง รวมทั้งผลจากความร้อนสะสมในแปลง

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

ส่งผลให้ระยะเวลาของผลที่อยู่บนต้นสั้นลง ผลกาแฟเกิดการสุกและเปลี่ยนสีเร็วขึ้น เนื่องจากฝนเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดปริมาณและคุณภาพของผลผลิตกาแฟโรบัสต้า หากฤดูฝนเริ่มเร็วประมาณปลายเดือนเมษายนและมีฝนตกสม่ำเสมอตลอดฤดูการผลิต ผลก็จะมีพัฒนาการที่ดี ผลมีขนาดใหญ่และคุณภาพดี ผลที่อยู่บนต้นยิ่งนานจะมีคุณภาพยิ่งดี หากผลชุดใดขาดฝนในช่วงระยะผลขยายตัวอย่างรวดเร็ว เป็นระยะสำคัญหรือวิกฤติ ผลชุดนั้นจะเบาและมีขนาดเล็ก รวมถึงการแข่งขันระหว่างผลที่เกิดจากดอกต่างรุ่นในการแย่งสารอาหารเพื่อการเติบโตเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญต่อการกำหนดคุณภาพของผลผลิตกาแฟโรบัสต้า โดยผลรุ่นที่เกิด (ติดผล) ก่อนจะแย่งสารอาหารได้ดีกว่าและมีระยะเวลาอยู่บนต้นนานกว่า คุณภาพจึงดีกว่า แต่หากผลที่เกิดก่อนนี้กระทบแล้งในช่วงวิกฤติทำให้ไม่สามารถเติบโตได้เต็มที่ ผลจะมีขนาดเล็กและสุกเก็บเกี่ยวได้เร็ว ผลที่เกิดรุ่นหลังก็จะได้รับอาหารเหลือเฟือ มีผลขนาดใหญ่กว่าและคุณภาพดีกว่าผลรุ่นที่เกิดก่อนได้ และเก็บเกี่ยวหลังรุ่นแรกหลายสัปดาห์ นอกจากนี้พบว่า ลักษณะสีแดงของเปลือกผลเป็นตัวชี้บ่งที่ดีที่สุดในการเก็บเกี่ยวกาแฟโรบัสต้า (สุรีรัตน์ และเสาวนีย์, 2543 ; ปิยนุช และคณะ, 2561)

การดำเนินงานวิจัย ทดสอบในพื้นชุมพร จันทบุรี และสะเกษ เนื่องจากเป็นพื้นที่สูงไม่เกิน 700 เมตรจากระดับน้ำทะเล และมีความเหมาะสมในการเพาะปลูกกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2 ทั้งเชิงเดี่ยวและผสม (ปิยนุช และคณะ, 2561) โดยกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2 เป็นพันธุ์ที่ผ่านรับรองกรมวิชาการเกษตร ผลสุกแดง ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูง 2 กิโลกรัมต่อต้นเมื่ออายุ 3 ปี ให้สารกาแฟมากถึง 340-480 กิโลกรัมต่อไร่ (สถาบันพืชสวน, 2562 และกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, 2562)

1.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลเชอรี่

เนื่องจากสรีรของผลกาแฟโรบัสต้า มีเมล็ดขนาดใหญ่และเนื้อผลบางทั้งในผลอ่อนและผลแก่ การศึกษาทางกายภาพจึงเปลี่ยนจากวัดปริมาณ TSS เป็นวัดปริมาตรผลและชั่งน้ำหนักสดของผลแทน

การสุกของผลต้องใช้เวลานานเพิ่มขึ้นตามเส้นรุ้งของประเทศไทย ทำให้ผลมีปริมาตรและน้ำหนักแตกต่างกันและมีการเปลี่ยนสีของผลช้าเร็วต่างกัน หากพิจารณาข้อมูลมีปริมาตรผล น้ำหนักผลสด และการเปลี่ยนสีของผลตามอายุของผลในแต่ละพื้นที่ปลูก พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ ผลมีปริมาตรและน้ำหนักสดเพิ่มมากที่สุดเมื่อผลเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองส้ม(ผลเข้าสู่ระยะที่ 2 หรือผลอายุ 288 292 และ294 วันหลังดอกบาน) และลดลงมาหรือคงที่เมื่อผลเปลี่ยนสีจากสีเหลือส้มเป็นสีแดงส้ม (ผลเข้าสู่ระยะที่ 2 หรือผลอายุ 309 311 และ 311 วันหลังดอกบาน) สุดท้ายมีค่าลดลงน้อยที่สุดเมื่อผลเปลี่ยนเป็นสีแดงม่าเหมี่ยว การเปลี่ยนสีของเปลือกผล รายงานเป็นค่า L a และ b พบว่า ค่า L และ b มีค่าลดลงตามอายุของผล ส่วนค่า a ในผลสีเขียวมีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่า a ในผลสีแดงมีค่ามากที่สุด (ตารางที่ 13 16 และ 19) กาแฟที่ชุมพร มีเปลี่ยนสีของผลสีเขียวกลายเป็นสีแดงส้มเร็วที่สุด (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 309 วันหลังดอกบาน) โดยเปลือกผลสีแดง มีค่า a เป็นบวก และมีค่า อยู่ที่ 26.5978 จากสาเหตุที่ผลมีระยะเวลาในการสะสมสารอาหารน้อย ส่งผลให้ปริมาณและน้ำหนักผลสดน้อยที่สุด คือ 2,637.59 มม.^{3} และ 33.75 กรัมต่อ 25 ผล

กาแฟ เมื่อเปรียบเทียบกับจันทบุรีและศีรสะเกษ มีกระบวนการสุกผลเชอรี่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดงนาน (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 311 และ 315 วันหลังดอกบาน) โดยเปลือกผลสีแดง มีค่า a เป็นบวก และมีค่าอยู่ที่ 19.5388 และ 26.19535 ปริมาณผลแดงสุก คือ 1,634.16 และ 1,973.82 มม.^{3} น้ำหนักผลสดของผลแดงสุก คือ 33 และ 40.25 กรัมต่อ 25 ผลกาแฟสด สอดคล้องการคำแนะนำการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสต้า ควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลสุกมีอายุ 10-11 เดือน ผลสุกมีเปลือกสีแดง หรือแดงส้มไม่น้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป (สถาบันพืชสวน,2548 ; สถาบันพืชสวน, 2562 และกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, 2562)

2.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในสารกาแฟ

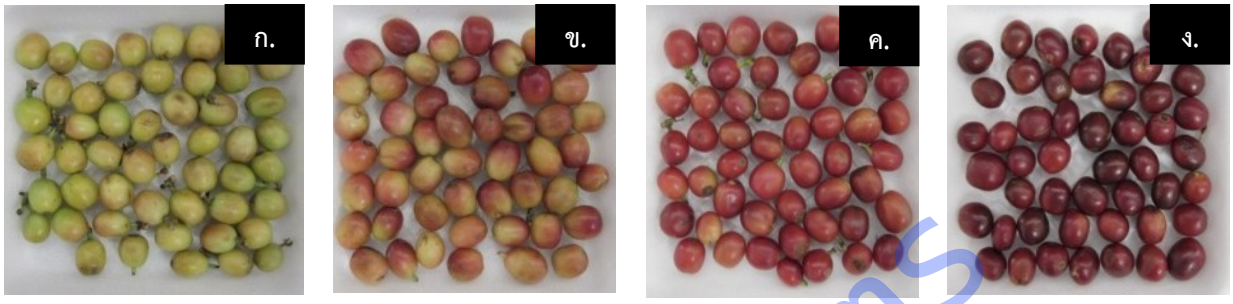
จากตารางที่ 14 17 และ 20 แสดงสมบัติทางเคมีของสารกาแฟที่ได้จาก 3 แหล่งปลูก มีการตรวจพบสารสำคัญเพียง 2 ชนิด คือ Chlorogenic acid และ Caffeine แต่ไม่พบทริปโตเฟน Benzo (b) flouranthene เป็นสารกลุ่ม PAHs และ methylbutaonic acid ให้ผลเช่นเดียวกับกาแฟอาราบิก้า สารกาแฟจากผลเชอรี่สุก แดงส้ม (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 309 วันหลังดอกบาน) ในกาแฟโรบัสต้าจากชุมพร มีปริมาณสารสำคัญต่ำสุด รองมาคือศีรสะเกษ (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 315 วันหลังดอกบาน) และจันทบุรี (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 311 วันหลังดอกบาน) ตามลำดับ โดยมีปริมาณ Chlorogenic acid อยู่ที่ 0.519 0.610 0.619 และ Caffeine อยู่ที่ 0.670 0.763 0.777 พีพีทีต่อ 1 กรัมน้ำหนักแห้งของสารกาแฟ และการสะสมสารสำคัญทั้ง 2 ชนิด พบในปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการสะสมในกาแฟอาราบิก้า แต่มีการสังเคราะห์ caffeine และ Chlorogenic acid ในทิศทางเดียวกันกับกาแฟอาราบิก้า สอดคล้องกับงานวิจัยการสะสมสารสำคัญในกาแฟโรบัสต้า พบว่า มีปริมาณ Chlorogenic acid เพิ่มสูงขึ้นขณะเอ็นโดสเปริมเกิดการพัฒนาในผลกาแฟ โดยพบว่าถึงร้อยละ 6.1 ของน้ำหนักแห้งของสารกาแฟโรบัสต้า และมีปริมาณลดลงเมื่อผลกาแฟสุกแก่เพิ่มขึ้น ส่วนการสะสม Caffeine มีค่าอยู่ที่ร้อยละ 1.5-4.0 ของน้ำหนักแห้งของสารกาแฟโรบัสต้า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของกาแฟและปัจจัยอื่นร่วมด้วย (Castro and Marraccini, 2006 and Wenjiang et al, 2015)

3.การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA)

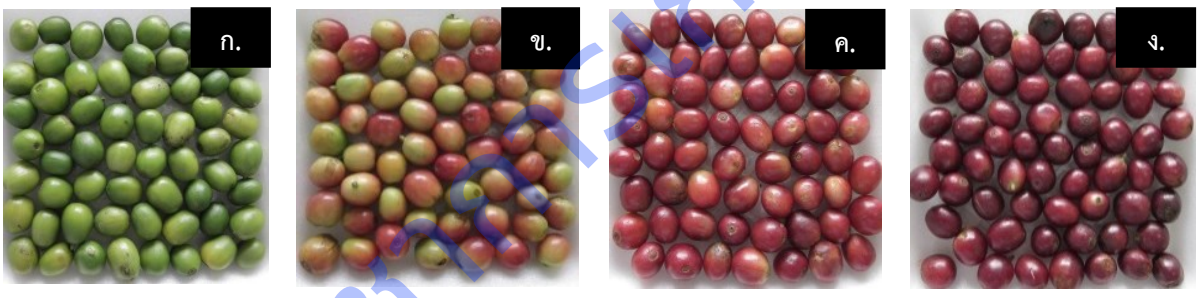
การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม เพื่อประเมินข้อบกพร่องของสารกาแฟจากผลที่มีอายุเพิ่มขึ้น จาก 3 แหล่งปลูก พบว่า สารกาแฟจากผลสีเขียว ชมพู แดง และม่าเหมี่ยวจากทั้ง 3 แหล่ง ได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.18 4.88 5.50 และ 5.13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าเกณฑ์ถึงดี จากตารางที่ 15 18 และ 21 พบว่าสารกาแฟจากผลสีแดง (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 309 วันหลังดอกบาน) ของชุมพร มีคะแนนมากที่สุด (6.67 คะแนน) รองมาคือ สารกาแฟของจันทบุรี (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 311 วันหลังดอกบาน) และศีรสะเกษ (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 315 วันหลังดอกบาน) ตามลำดับ (5.2 และ 5.0 คะแนน) สอดคล้องกับรายงานของ Boot (2005) สารกาแฟที่ได้จากผลสีแดงเป็นระยะที่ผลมีพัฒนาเต็มที่จัดเป็นระยะความสุกแก่ที่เหมาะสมต่อการเก็บ

กรมวิชาการเกษตร

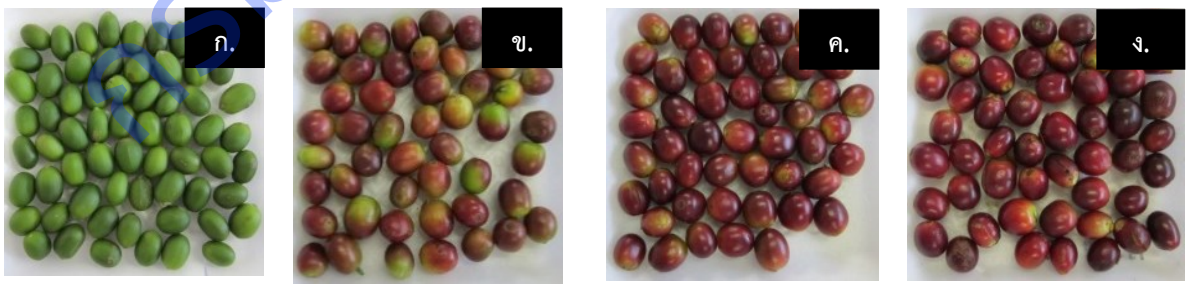
เกี่ยว ระยะนี้มีการพัฒนาและสังเคราะห์กรดอินทรีย์จำเป็นจำนวนมากที่มีผลต่อการปรากฏของความหวานอย่างชัดเจนในการชิมหลังคั่วบดแล้ว การเพิ่มคะแนนการยอมรับของผู้ชิมทั้ง 3 ด้าน สามารถทำได้โดยการควบคุมปัจจัยในการเพาะปลูก ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาผลเพื่อสะสมกรดอินทรีย์ การสีเปลือกและเนื้อ การหมักและกำจัดเมือก วิธีการเก็บรักษากาแฟกะลาที่เหมาะสม และการกำจัดของสิ่งบกพร่องหลักและรองที่ปะปนมากับสารกาแฟที่นำมาทดสอบด้วย (Boot, 2005)



<u>ภาพที่ 1</u> แสดงการสุกแก่ของผลกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ ก.ผลสีเขียว ข.ผลสีชมพู ค.ผลสีแดง ง.ผลสีแดงมะเหมี่ยว



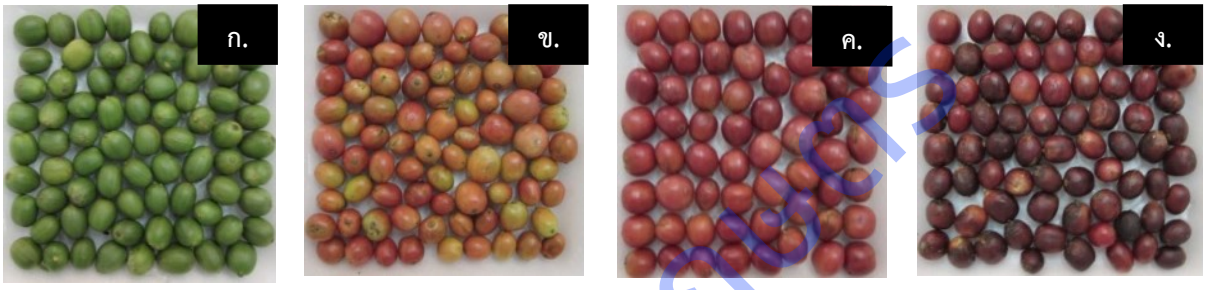
<u>ภาพที่ 2</u> แสดงการสุกแก่ของผลกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ก. ผลสีเขียว ข.ผลสีชมพู ค.ผลสีแดง ง.ผลสีแดงมะเหมี่ยว



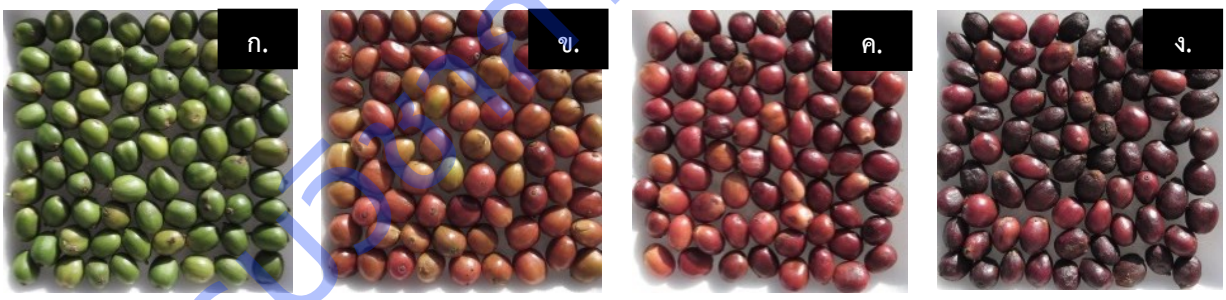
<u>ภาพที่ 3</u> แสดงการสุกแก่ของผลกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ก.ผลสีเขียว ข.ผลสีชมพู ค.ผลสีแดง ง.ผลสีแดงม่าเหมี่ยว

ลิขสิทธิ์การเกษตร

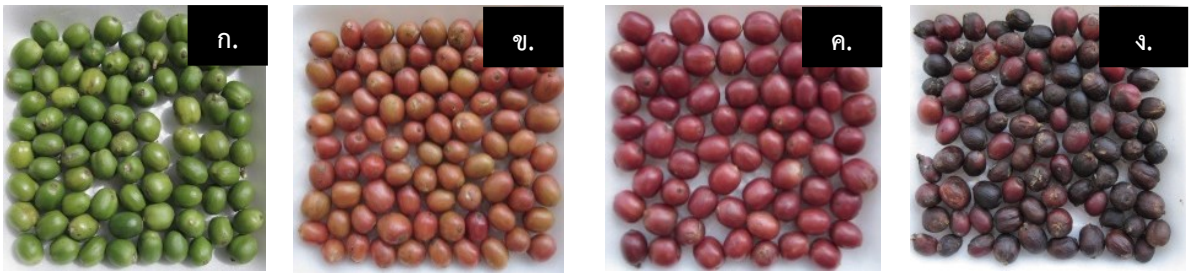
ภาพที่ 4 แสดงการสุกแก่ของผลกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) ก.ผลสีเขียว ข.ผลสีชมพู ค.ผลสีแดง ง.ผลสีแดงมะเหมี่ยว



ภาพที่ 5 แสดงการสุกแก่ของผลกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2 ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ก.ผลสีเขียว ข.ผลสีเหลืองส้ม ค.ผลสีส้มแดง ง.ผลสีแดงมะเหมี่ยว



ภาพที่ 6 แสดงการสุกแก่ของผลกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2 ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี (ทุ่งเพล) ก.ผลสีเขียว ข.ผลสีเหลืองส้ม ค.ผลสีส้มแดง ง.ผลสีแดงม่าเหมี่ยว



ภาพที่ 7 แสดงการสุกแก่ของผลกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2 ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ ก.ผลสีเขียว ข.ผลสีเหลืองส้ม ค.ผลสีส้มแดง ง.ผลสีแดงมะเหมี่ยว

กรมวิชาการเกษตร

<u>ตารางที่ 1</u> แสดงสมบัติการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์

สมบัติทางกายภาพ	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟอาราบิก้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีชมพู	ผลเชอรี่สีแดง	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
TSS ^{o}Brix	6.8^{d}	9.2^{c}	17.0^{b}	19.2^{a}
ค่า L[1]	55.344	43.508	33.848	28.022
ค่า a	1.8022	17.992	25.2972	16.6276
ค่า b	34.451	23.044	13.641	8.142

<u>หมายเหตุ</u> [1]สีเปลือกผลเชอรี่ รายงานเป็นค่า L, a และ b โดย ค่า L เป็น 0 คือ สีดำ เป็น 100 คือ สีขาว, ค่า a เป็น ลบ คือ สีเขียว เป็น บวก คือ สีแดง, ค่า b เป็น ลบ คือ สีน้ำเงิน เป็น บวก คือ สีเหลือง

<u>ตารางที่ 2</u> แสดงสมบัติทางเคมีของสารกาแฟที่ได้จากผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์

สมบัติทางเคมี (ppt/gram of dry weight of green bean)	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟอาราบิก้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีชมพู	ผลเชอรี่สีแดง	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
Chlorogenic acid	0.684	0.635	0.646	0.665
Caffeine	0.561	0.424	0.425	0.429
L-Tryptophan	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Benzo (b) flouranthene	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
methlybutaonic acid	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

<u>ตารางที่ 3</u> แสดงการจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ของสารกาแฟที่ได้จากผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของผลเชอรี่กาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์

คะแนนการยอมรับของผู้ชิม	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟอาราบิก้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีชมพู	ผลเชอรี่สีแดง	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
กลิ่น (Aroma)	6.03	6.47	6.28	6.44
กลิ่นรส (Flavor)	6.33	6.42	6.19	6.67
ความรู้สึกตกค้าง (After taste)	6.13	6.50	6.42	6.56
คะแนนเฉลี่ย	6.16	6.46	6.30	6.56

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4 แสดงสมบัติการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย

สมบัติทางกายภาพ	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟอาราบิก้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีชมพู	ผลเชอรี่สีแดง	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
TSS ^{o}Brix	5.6^{d}	8.4^{c}	16.8^{b}	19.4^{a}
ค่า L[1]	44.2277	46.6800	39.4909	26.6035
ค่า a	-7.9395	20.49404	20.1153	14.6612
ค่า b	26.9533	23.25949	10.5664	5.7335

หมายเหตุ [1]สีเปลือกผลเชอรี่ รายงานเป็นค่า L, a และ b โดย ค่า L เป็น 0 คือ สีดำ เป็น 100 คือ สีขาว, ค่า a เป็น ลบ คือ สีเขียว เป็น บวก คือ สีแดง, ค่า b เป็น ลบ คือ สีน้ำเงิน เป็น บวก คือ สีเหลือง

ตารางที่ 5 แสดงสมบัติทางเคมีของสารกาแฟที่ได้จากผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย

สมบัติทางเคมี (ppt/gram of dry weight of green bean)	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟอาราบิก้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีชมพู	ผลเชอรี่สีแดง	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
Chlorogenic acid	0.680	0.625	0.638	0.659
Caffeine	0.558	0.415	0.413	0.420
L-Tryptophan	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Benzo (b) flouranthene	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
methlybutaonic acid	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ตารางที่ 6 แสดงการจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ของสารกาแฟที่ได้จากผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของผลเชอรี่กาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย

คะแนนการยอมรับของผู้ชิม	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟอาราบิก้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีชมพู	ผลเชอรี่สีแดง	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
กลิ่น (Aroma)	5.3	5.4	5.8	5.4
กลิ่นรส (Flavor)	5.3	5.4	5.8	5.6
ความรู้สึกตกค้าง (After taste)	5.1	5.4	5.5	5.4
คะแนนเฉลี่ย	5.23	5.40	5.70	5.47

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 7 แสดงสมบัติการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)

สมบัติทางกายภาพ	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟอาราบิก้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีชมพู	ผลเชอรี่สีแดง	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
TSS ^{o}Brix	6.9^{c}	7.3^{c}	20^{b}	22^{a}
ค่า L[1]	38.2417	37.6147	32.5062	32.197
ค่า a	1.997	10.3026	21.4035	17.8236
ค่า b	13.8565	13.4948	8.0856	9.3255

หมายเหตุ [1]สีเปลือกผลเชอรี่ รายงานเป็นค่า L, a และ b โดย ค่า L เป็น 0 คือ สีดำ เป็น 100 คือ สีขาว, ค่า a เป็น ลบ คือ สีเขียว เป็น บวก คือ สีแดง, ค่า b เป็น ลบ คือ สีน้ำเงิน เป็น บวก คือ สีเหลือง

ตารางที่ 8 แสดงสมบัติทางเคมีของสารกาแฟที่ได้จากผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)

สมบัติทางเคมี (ppt/gram of dry weight of green bean)	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟอาราบิก้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีชมพู	ผลเชอรี่สีแดง	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
Chlorogenic acid	0.682	0.040	0.628	0.702
Caffeine	0.360	0	0.408	0.491
L-Tryptophan	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Benzo (b) flouranthene	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
methlybutaonic acid	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ตารางที่ 9 แสดงการจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ของสารกาแฟที่ได้จากผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของผลเชอรี่กาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)

คะแนนการยอมรับของผู้ชิม	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟอาราบิก้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีชมพู	ผลเชอรี่สีแดง	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
กลิ่น (Aroma)	5.3	5.4	6.7	6.4
กลิ่นรส (Flavor)	5.3	5.4	6.5	6.5
ความรู้สึกตกค้าง (After taste)	5.2	5.2	6.3	6.3
คะแนนเฉลี่ย	5.27	5.33	6.50	6.40

กรมวิชาการเกษตร

<u>ตารางที่ 10</u> แสดงสมบัติการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี)

สมบัติทางกายภาพ	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟอาราบิก้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีชมพู	ผลเชอรี่สีแดง	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
TSS ^{o}Brix	9.7^{c}	9.8^{c}	20.5^{b}	22.4^{a}
ค่า L[1]	39.7877	35.9199	29.8757	27.529
ค่า a	-9.1822	18.0864	22.6404	19.8367
ค่า b	17.0799	12.0765	5.14206	2.4572

<u>หมายเหตุ</u> [1]สีเปลือกผลเชอรี่ รายงานเป็นค่า L, a และ b โดย ค่า L เป็น 0 คือ สีดำ เป็น 100 คือ สีขาว, ค่า a เป็น ลบ คือ สีเขียว เป็น บวก คือ สีแดง, ค่า b เป็น ลบ คือ สีน้ำเงิน เป็น บวก คือ สีเหลือง

<u>ตารางที่ 11</u> แสดงสมบัติทางเคมีของสารกาแฟที่ได้จากผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี)

สมบัติทางเคมี (ppt/gram of dry weight of green bean)	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟอาราบิก้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีชมพู	ผลเชอรี่สีแดง	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
Chlorogenic acid	0.683	0.042	0.631	0.706
Caffeine	0.367	0	0.412	0.498
L-Tryptophan	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Benzo (b) flouranthene	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
methlybutaonic acid	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

<u>ตารางที่ 12</u> แสดงการจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ของสารกาแฟที่ได้จากผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของผลเชอรี่กาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี)

คะแนนการยอมรับของผู้ชิม	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟอาราบิก้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีชมพู	ผลเชอรี่สีแดง	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
กลิ่น (Aroma)	5.9	6.3	6.7	6.5
กลิ่นรส (Flavor)	5.8	6.3	6.8	6.4
ความรู้สึกตกค้าง (After taste)	5.6	6.2	6.5	6.2
คะแนนเฉลี่ย	5.77	6.27	6.67	6.37

กรมวิชาการเกษตร

<u>ตารางที่ 13</u> แสดงสมบัติการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร2 ที่ปลูกในศูนย์พืชสวนชุมพร

สมบัติทางกายภาพ	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟโรบัสต้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีเหลืองส้ม	ผลเชอรี่สีแดงส้ม	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
ค่า L[1]	41.5278	46.1805	37.2517	31.8569
ค่า a	-6.9147	22.565	26.5978	14.3986
ค่า b	16.9848	26.3419	10.8771	3.5808
ขนาดของผล (มม.)	12.19 x 13.73 x 10.37	12.53 x 13.70 x 10.41	11.92 x 13.99 x 9.80	11.48 x 13.62 x 9.55
ปริมาตรของผล (มล.)	1,738.96	2,351.76	1,637.59	1,496.34
น้ำหนักสดของผลเชอรี่จำนวน 25 ผล (กรัม)	32.5	33.5	33.75	27.25

<u>หมายเหตุ</u> [1]สีเปลือกผลเชอรี่ รายงานเป็นค่า L, a และ b โดย ค่า L เป็น 0 คือ สีดำ เป็น 100 คือ สีขาว, ค่า a เป็น ลบ คือ สีเขียว เป็น บวก คือ สีแดง, ค่า b เป็น ลบ คือ สีน้ำเงิน เป็น บวก คือ สีเหลือง

<u>ตารางที่ 14</u> แสดงสมบัติทางเคมีของสารกาแฟที่ได้จากผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร2 ที่ปลูกในศูนย์พืชสวนชุมพร

สมบัติทางเคมี (ppt/gram of dry weight of green bean)	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟโรบัสต้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีเหลืองส้ม	ผลเชอรี่สีแดงส้ม	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
Chlorogenic acid	0.492	0.546	0.519	0.558
Caffeine	0.694	0.723	0.670	0.710
L-Tryptophan	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Benzo (b) flouranthene	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
methlybutaonic acid	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

<u>ตารางที่ 15</u> แสดงการจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ของสารกาแฟที่ได้จากผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร2 ที่ปลูกในศูนย์พืชสวนชุมพร

คะแนนการยอมรับของผู้ชิม	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟโรบัสต้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีเหลืองส้ม	ผลเชอรี่สีแดงส้ม	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
กลิ่น (Aroma)	5.9	6.3	6.7	6.5
กลิ่นรส (Flavor)	5.8	6.3	6.8	6.4
ความรู้สึกตกค้าง (After taste)	5.6	6.2	6.5	6.2
คะแนนเฉลี่ย	5.77	6.27	6.67	6.37

กรมวิชาการเกษตร

<u>ตารางที่ 16</u> แสดงสมบัติการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร2 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี (ทุ่งเพล)

สมบัติทางกายภาพ	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟโรบัสต้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีเหลืองส้ม	ผลเชอรี่สีแดงส้ม	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
ค่า L[1]	45.9084	42.3687	35.1348	31.53
ค่า a	-5.5726	21.9129	19.5388	13.836
ค่า b	21.375	18.2249	7.0431	2.0963
ขนาดของผล (มม.)	12.19 x 13.74 x 10.37	12.53 x 13.70 x 10.41	11.92 x 13.99 x 9.80	11.48 x 13.62 x 9.55
ปริมาตรของผล (มล.)	1,736.94	1,787.58	1,634.16	1,496.05
น้ำหนักสดของผลเชอรี่ จำนวน 25 ผล (กรัม)	30	36.25	33	33

<u>หมายเหตุ</u> [1]สีเปลือกผลเชอรี่ รายงานเป็นค่า L, a และ b โดย ค่า L เป็น 0 คือ สีดำ เป็น 100 คือ สีขาว, ค่า a เป็น ลบ คือ สีเขียว เป็น บวก คือ สีแดง, ค่า b เป็น ลบ คือ สีน้ำเงิน เป็น บวก คือ สีเหลือง

<u>ตารางที่ 17</u> แสดงสมบัติทางเคมีของสารกาแฟที่ได้จากผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร2 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี (ทุ่งเพล)

สมบัติทางเคมี (ppt/gram of dry weight of green bean)	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟโรบัสต้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีเหลืองส้ม	ผลเชอรี่สีแดงส้ม	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
Chlorogenic acid	0.578 ppt/g	0.483 ppt/g	0.620 ppt/g	0.680 ppt/g
Caffeine	0.776 ppt/g	0.682 ppt/g	0.763 ppt/g	0.757 ppt/g
L-Tryptophan	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Benzo (b) flouranthene	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
methlybutaonic acid	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

กรมวิชาการเกษตร

<u>ตารางที่ 18</u> แสดงการจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ของสารกาแฟที่ได้จากผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร2 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี (ทุ่งเพล)

คะแนนการยอมรับของผู้ชิม	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟโรบัสต้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีเหลืองส้ม	ผลเชอรี่สีแดงส้ม	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
กลิ่น (Aroma)	4.6	4.8	5.3	5.2
กลิ่นรส (Flavor)	4.6	4.8	5.3	5.2
ความรู้สึกตกค้าง (After taste)	4.5	4.7	5.0	5.0
คะแนนเฉลี่ย	4.57	4.77	5.20	5.13

<u>ตารางที่ 19</u> แสดงสมบัติการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร2 ที่ปลูกในศูนย์พืชสวนศรีสะเกษ

สมบัติทางกายภาพ	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟโรบัสต้า			
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีเหลืองส้ม	ผลเชอรี่สีแดงส้ม	ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว
ค่า L[1]	45.2142	45.14	37.9112	33.71239
ค่า a	-4.3224	20.8098	26.19535	7.235114
ค่า b	18.0369	17.3828	8.82096	1.652614
ขนาดของผล (มม.)	12.47 x 13.71x 11.00	12.55x 13.70x 11.33	12.78x 13.91x 11.11	10.57x 12.55x 9.44
ปริมาตรของผล (มล.)	1,881.08	1,947.39	1,973.82	1,252.25
น้ำหนักสดของผลเชอรี่จำนวน 25 ผล (กรัม)	28.5	33	40.25	22.75

<u>หมายเหตุ</u> [1]สีเปลือกผลเชอรี่ รายงานเป็นค่า L, a และ b โดย ค่า L เป็น 0 คือ สีดำ เป็น 100 คือ สีขาว, ค่า a เป็น ลบ คือ สีเขียว เป็น บวก คือ สีแดง, ค่า b เป็น ลบ คือ สีน้ำเงิน เป็น บวก คือ สีเหลือง

<u>ตารางที่ 20</u> แสดงสมบัติทางเคมีของสารกาแฟที่ได้จากผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร2 ที่ปลูกในศูนย์พืชสวนศรีสะเกษ

สมบัติทางเคมี (ppt/gram of dry weight of green bean)	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟโรบัสต้า		
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีเหลืองส้ม	ผลเชอรี่สีแดงส้ม
Chlorogenic acid	0.576	0.493	0.610
Caffeine	0.784	0.702	0.777
L-Tryptophan	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Benzo (b) flouranthene	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
methlybutaonic acid	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

กรมวิชาการเกษตร

<u>ตารางที่ 21</u> แสดงการจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ของสารกาแฟที่ได้จากผลเชอรี่สีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวของกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร2 ที่ปลูกในศูนย์พืชสวนศีรสะเกษ

คะแนนการยอมรับของผู้ชิม	การสุกแก่ของผลเชอรี่กาแฟโรบัสต้า		
	ผลเชอรี่สีเขียว	ผลเชอรี่สีเหลืองส้ม	ผลเชอรี่สีแดงส้ม
กลิ่น (Aroma)	4.0	5.0	5.8
กลิ่นรส (Flavor)	3.7	4.8	5.8
ความรู้สึกตกค้าง (After taste)	3.7	5.2	5.8
คะแนนเฉลี่ย	3.80	5.00	5.80

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

1.ผลกาแฟอาราบิก้าที่มีอายุเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการสะสมปริมาณ TSS เพิ่มมากขึ้นตามอายุผล แต่ไม่มีผลการสะสมปริมาณ chlorogenic acid ส่วนการสะสม caffeine มีค่าลดลง ทั้ง 3 สารเป็นสารสำคัญที่ตรวจพบทั้งในผลสีเขียว ผลสีชมพู ผลสีแดงและผลสีแดงม่าเหมี่ยว แต่ไม่พบการสะสมของ Tryptophan และ methylbutanoic acid ในผลกาแฟทั้ง 4 ระยะ

2.อายุผลกาแฟโรบัสต้าที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีปริมาตรผลและน้ำหนักผลสดเพิ่มขึ้นและคงที่เมื่อผลเปลี่ยนเป็นสีแดงส้ม แต่ไม่มีผลการสะสมปริมาณ chlorogenic acid และ caffeine ทั้ง 2 สารเป็นสารสำคัญที่ตรวจพบทั้งในผลสีเขียว ผลสีชมพู ผลสีแดงและผลสีแดงม่าเหมี่ยว แต่ไม่พบการสะสมของ Tryptophan และ methylbutanoic acid ในผลกาแฟทั้ง 4 ระยะ

3.ผลกาแฟอาราบิก้าเชียงใหม่ 80 จาก 4 แหล่งปลูกทางภาคเหนือ ควรใช้ดัชนีการเก็บเกี่ยวดังนี้ พื้นที่ปลูกกาแฟที่สูงจากระดับน้ำทะเล 700-1,000 เมตร ควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลกาแฟเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีแดง เป็นระยะที่ 3 หรือผลมีอายุไม่น้อยกว่า 232 วันหลังดอกบาน และน้ำคั้นจากผลกาแฟสุก ควรมีปริมาณ TSS ไม่น้อยกว่า 17 องศาบริกซ์ ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวหลัก และมีการเปลี่ยนสี โดยวัดค่า a ไม่น้อยกว่า 25 ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวรอง ส่วนในพื้นที่ปลูกกาแฟที่สูงจากระดับน้ำทะเล 1,300 -1,500 เมตร ควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลกาแฟเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีแดง เป็นระยะที่ 3 หรือผลมีอายุไม่น้อยกว่า 270 วันหลังดอกบาน และเนื้อคั้นจากผลกาแฟสุก ควรมีปริมาณ TSS ไม่น้อยกว่า 20 องศาบริกซ์ ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวหลัก และมีการเปลี่ยนสี โดยวัดค่า a ไม่น้อยกว่า 20 ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวรอง

4. ผลกาแฟกาแฟโรบัสต้า จาก 3 แหล่งปลูกชุมพร จันทบุรีและศีรสะเกษ คือ ควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลกาแฟเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีแดงส้ม เป็นระยะที่ 3 หรือผลมีอายุไม่น้อยกว่า 309 วันหลังดอกบาน มีปริมาตรของผลเชอรี่ มากกว่า 1,600 มม^3 ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวหลัก การขึ้นสีของผลเชอรี่ ที่ต้องสุกแดงส้ม โดยมีค่า a เป็นบวก และมีค่ามากกว่า 19.53 ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวรอง

5.ควรเก็บเกี่ยวผลกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้าที่มีการสุกแก่เหมาะสม เนื่องจากเมล็ดกาแฟมีการพัฒนาและสะสมกรดอินทรีย์ที่มีผลต่อ cupping for flavor

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนสาร Cafestol และ Kahweol ในกาแฟต่อการพัฒนาคุณภาพและอัตลักษณ์กาแฟเฉพาะถิ่น

1. ผลการศึกษากระบวนการวิเคราะห์สารกลุ่ม Diterpene (Cafestol และ Kahweol)

1.1 ผลการศึกษาการสกัดสาร diterpene จากเมล็ดกาแฟโดยวิธี Soxhlet และการวิเคราะห์ด้วย PS-GC-FID ตามวิธีวิเคราะห์ด้วยวิธี GSLS และ AOAC ตาม Table 1 จะใช้การสกัดไขมันจากกาแฟโดยใช้การสกัดที่ 4 ชั่วโมงและ 16 ชั่วโมงตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบอัตราการสกัด (extraction yield) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลวิเคราะห์ (RSD%) ผลทางสถิติที่วิเคราะห์โดยวิธี Tukey's test ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังนั้นเวลาในการสกัดเพียง 4 ชั่วโมงจึงเพียงพอสำหรับการสกัดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol

Table 22 Extraction yield of total free diterpenes ($100g.g^{-1}$) present in green Arabica coffee oil versus extraction time (h)

Yield ($100g.\ g^{-1}$)	*GSLS Soxhlet (4 hours)*	*AOAC Soxhlet (16 hours)*
Average	10.43	10.50
SD	0.52	0.21
RSD %	4.96	1.99

1.2 ผลการเปรียบเทียบวิธีการฉีดสารกลุ่ม Diterpene

ผลการเปรียบเทียบการทดสอบการฉีดสารโดยการใช้กระบวนการ Cold on-column inlet (COC) ที่อุณหภูมิห้องและ กระบวนการ Pulsed split inlet (PS) ที่อุณหภูมิ 330 องศาเซลเซียสใช้ความดันที่ 25 psi พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณสารมาตรฐาน diterpene ที่วิเคราะห์

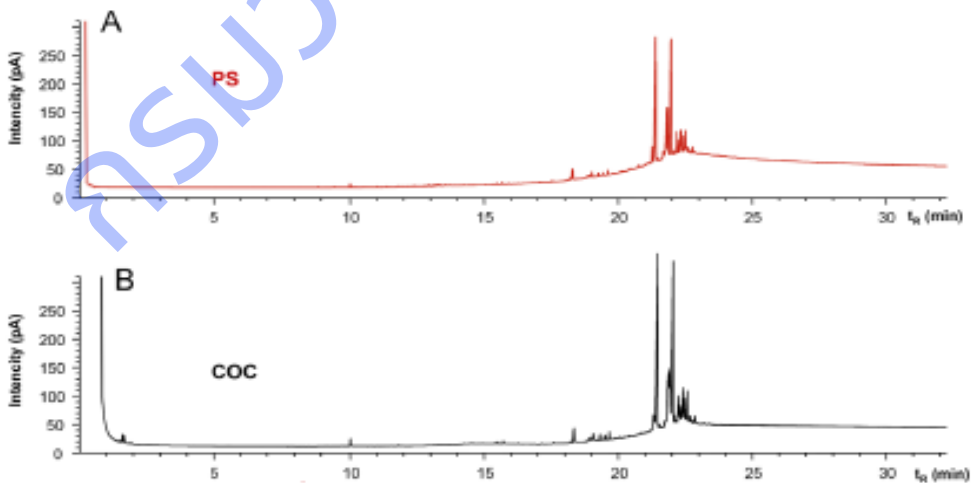


Figure 8 Chromatograms of diterpene standard (A) PS injector (pulse of 25 psi during the initial 15s with split ratio 1:50 at 330C) (B) COC injector in track oven mode. Both conditions used the DB-5MS capillary column (10m, 0.25 mm, 0.15 mm) programmed from 50 C (0.25 min) at 15 C/min to 380 C (10 min), FID at 400 C.

กรมวิชาการเกษตร

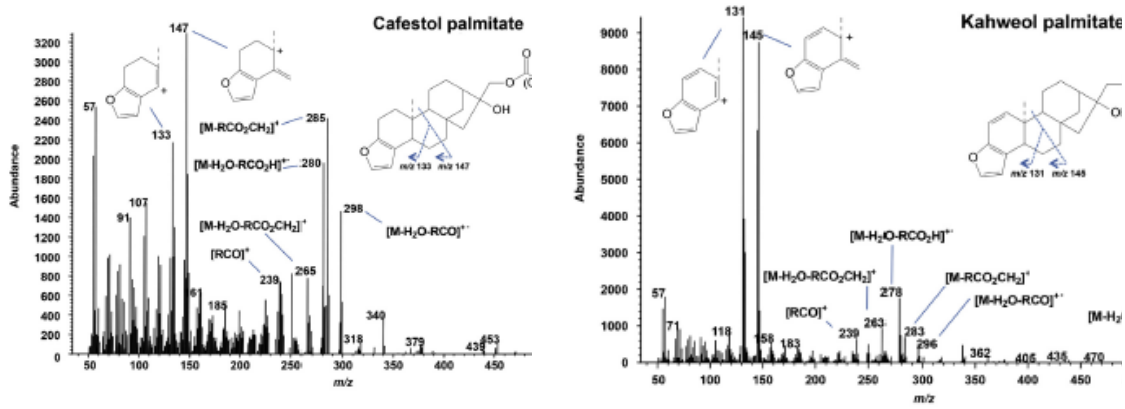


Figure 9 Mass spectra of cafestol, kahweol obtained on GC-MS with PS inlet at 330 C (pressure pulse of 25 psi during the initial 15s) using DB-5MS column (10m, 0.25mm, 0.15 mm) heated from 50 C (0.25 min) at 15 C/min to 380 C (10 min) and MSD transfer line at 380 C.

1.3 ผลวิเคราะห์เบื้องต้นปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol จากตัวอย่างผลิตผลกาแฟ

ผลการศึกษากระบวนการสกัดและการวิเคราะห์ปริมาณสาร diterpene ในตัวอย่างกาแฟ ได้นำไปทดสอบวิเคราะห์ในตัวอย่างกาแฟโดยใช้วิธี PS-GC-FID และทำกราฟมาตรฐานที่ความเข้มข้น 8 ถึง 69 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรพบว่ามีค่า r^2 เท่ากับ 0.99 ในสารทั้ง 2 ชนิดโดยสามารถคำนวณค่า LOD (Limit of Detection) ได้ที่ 0.78 และ 0.64 และ LOQ ได้ที่ 2.61 และ 2.14 ตามลำดับโดยนำมาทดสอบวิเคราะห์ปริมาณสารในตัวอย่างกาแฟ 6 ตัวอย่าง พบว่ากาแฟที่มีค่า C/K สูงกว่า 1.2 มีคุณภาพดี(soft) และค่าน้อยกว่า 0.96 มีคุณภาพต่ำ (Hard/Rio)

Table 23 Yield (g100 . g^{-1}) of diterpene in Thailand green Arabica coffee oil and beans, and its correlation with cup quality

Coffee bean number and cup evaluation	*Kahweol (K)* Oil	*Cafestol (C)* Oil	*Ratio (C/K)*	*Total* Oil	Bean
1. Hard	6.64	4.25	0.64	11.27	1.07
2. Rio	7.50	4.92	0.66	12.42	1.10
3. Hard	5.81	4.14	0.71	10.31	0.95
4. Soft	3.93	4.80	1.22	9.13	0.82
5. Soft	4.87	7.21	1.48	12.08	1.04
6. Soft	4.24	6.51	1.54	10.75	0.89

ศูนย์วิทยทรัพยากร

2. ผลวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol พร้อมปัจจัยการเพาะปลูก พื้นที่และกรรมวิธีการปลูกที่ส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญ

2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol. จากปัจจัยการเพาะปลูก

Table 24 Chemical Composition in Thai coffee beans *Coffea arabica* and *Coffea canephora*

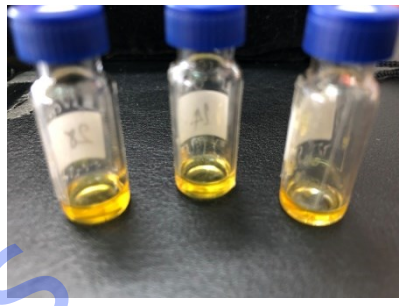
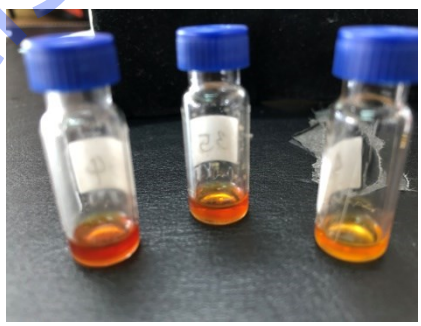
Compounds	*C. arabica(%)*	*C. canephora(%)*
Caffeine	0.8 – 1.4	1.7 – 4.0
Trigonelline	0.6 – 1.2	0.3 – 0.9
Mineral	3 – 5.4	
Total Chlorogenic acid	6.7 – 9.2	7.1 – 12.1
Non-volatile acid	2 – 2.9	1.3 – 2.2
Volatile acid	0.1	
Carbohydrates	9 – 12.5	6.0 – 11.5
Polysaccharides	46 - 53	34 – 44
Lignin	1 – 3	
Protein	8.5 – 12	
Amino acid	0.2 – 0.8	
Fats	7.7 – 17.7	

Table 25 Composition of Coffee oils (dry materials) using methods AOAC, 1965

Compounds	*Total (%)*
Triglyceride	75.2
Diterpene ester	18.9
Steroid	5.4
Tocopherol	0.04 – 0.06
Phosphatidic acid	0.1 – 0.5
Others	1.0

กรมวิชาการเกษตร

Table 26 Cafestol and Kahweol content in Thai coffee separated with different tissues in *C. arabica* and *C. canephora* compared to the content report by R. Eloy Diaz (2010)

Varieties	*Samples*	*Content in Tissues (mg/100g of Sample)*[a]			
		Perisperm + Endosperm (Bean)	Pericarp (Pulp)	Leaf	Extract
C. arabica	Cafestol	876 ± 38	13.5 ± 2	ND	
	WCR report	1,105 ± 13	ND	ND	
	Kahweol	462 ± 1	31 ± 9	40 ± 1	
	WCR report	430 ± 2	49 ± 2	45 ± 2	
C. canephora	Cafestol	185 ± 2	36 ± 1	3 ± 1	
	WCR report	200 ± 3	32 ± 2	ND	
	Kahweol	15.6 ± 5	ND	ND	
	WCR report	ND	ND	ND	

ND = Not detected;

[a] Measurement conducted using gas chromatography analysis.

Table 27 Cafestol and Kahweol content in perisperm tissue during *C. arabica* fruit development.

Development of Fruit perisperm tissues (DAF)	*Cafestol (mg/100g)* [a]	*Kahweol (mg/100g)* [a]	*Cafestol/Kahweol Ratio*
30	241.68 ± 44.5	81.77 ± 41.2	2.96
60	217.98 ± 20.9	304.11 ± 47.5	0.72
90	203.16 ± 37	513.57 ± 85.6	0.40
120	276.67 ± 29.9	1009.48 ± 71.3	0.27
150	69.83 ± 17.5	355.24 ± 85.1	0.20
180	24.46 ± 10.2	121.48 ± 70	0.20
210	17.93 ± 2.6	14 ± 5.7	1.28

Data are means ± standard deviations. DAF, days after flowering

[a] Measurement conducted using gas chromatography analysis.

กรมวิทยาศาสตร์

Table 28 Cafestol and Kahweol content in perisperm tissue during *C. canephora* fruit development.

Development of Fruit perisperm tissues (DAF)	*Cafestol (mg/100g)* [a]	*Kahweol (mg/100g)* [a]	*Cafestol/Kahweol Ratio*
30	198.63 ± 24.2	0.085 ± 0.002	2,336.82
60	207.39 ± 10.5	0.258 ± 0.322	803.84
90	227.52 ± 37	1.255 ± 0.512	181.29
120	1,758.24 ± 20.9	9.081 ± 2.032	193.62
150	1,193.32 ± 16.5	6.236 ± 8.10	191.36
180	560.66 ± 10.2	1.003 ± 1.250	558.98
210	369.36 ± 2.6	0.003 ± 0.036	1,231.20

Data are means ± standard deviations. DAF, days after flowering

[a] Measurement conducted using gas chromatography analysis.

Table 29 Cafestol and Kahweol ratio in perisperm tissue during *C. Arabica and C. canephora* fruit development (DAF 120) in four different regions

Varieties	*Region*	*Cafestol (mg/100g)* [a]	*Kahweol (mg/100g)* [a]	*Cafestol/Kahwe Ratio*
C. Arabica	Khun Wang (Chiang Mai)	272.55 ± 29.9	1009.48 ± 71.3	0.27
	Wawi (Chiang Rai)	413.88 ± 30.9	985.43 ± 20.3	0.42
	Phutubberk (Petchabun)	97.90 ± 12.36	890.01 ± 25	0.11
	Khao koh (Petchabun)	674.78 ± 25.6	758.18 ± 30.5	0.89
	Muser (Tak)	943.75 ± 12.8	699.08 ± 12.5	1.35
C. canephora	Sawi (Chumporn)	227.52 ± 37	1.255 ± 0.512	181.29
	Than to (Yala)	406.27 ± 15.2	2.081 ± 0.122	195.23

Data are means ± standard deviations. DAF, days after flowering

[a] Measurement conducted using gas chromatography analysis.

กรมวิทยาศาสตร์

Table 30 Summarize of total diterpenes and their main volatile compounds in raw coffee beans related to species and cultivars, geographical origins from gas chromatography flavor analysis from over 200 samples of Thai green beans collecting during 2018 – 2019.

criteria	*Species*		*Geographical origins* (C. Arabica)		
	Arabica	Robusta	Lower temperatures (Tavg = 18 C)	High temperatures (Tavg = 26 C)	Rainfall (1,500 to 2,500 mm)
Volatile compounds	Furaneol Sotolon	Methylpyrazine Methylbutanal Ethylguiacol Akylpyrrole	Ethanal	Butanediol Butanone Methylfuran	∂-valerolactone
Cafestol	312.15 ± 20.9	217.12 ± 17	383.88 ± 30.9	97.90 ± 12.36	574.78 ± 25.6
Kahweol	809.48 ± 11.3	1.25 ± 0.512	985.43 ± 10.3	233.09 ± 25	718.47 ± 25
C/K Ratio	0.39	173.70	0.39	0.42	0.80

Table 31 Organoleptic analysis (using SCA score of 10) of different diterpene contents criteria following of pre-harvesting factors (Species and Geographical origins) from over 200 samples of Thai green beans collecting during 2018 – 2019.

criteria	*Species*		*Geographical origins* (C. Arabica)		
	Arabica	Robusta	Lower temperatures (Tavg = 16.4 C)	High temperatures (Tavg = 25.6)	Rainfall (1,500 to 2,500 mm)
Odor	8	7	8.5	7.5	8
Body	8	7.5	8	7	8
Bitterness	7.5	7	8.5	8	7.5
Acidity	7	8	9	7	7
Sweetness	7	7.5	8.5	7	6.5
SCA Cupping score	84.5	78.5	87.5	72.5	74.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟหลังเก็บเกี่ยวและในน้ำมันสกัดจากเมล็ดกาแฟพบว่ามีปริมาณไขมันอยู่ที่ร้อยละ 7.7 – 17.7 ทั้งในกาแฟ ***C. arabica*** และ ***C. canephora*** แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและโพลีแซกคาร์ไรท์ที่เป็น precursor ของการผลิตสารกลุ่มดังกล่าวมีความแตกต่างกันโดยใน ***C. Arabica*** จะมีปริมาณมากกว่า ***C. canephora*** ทั้งนี้ปริมาณขึ้นอยู่กับแหล่งผลิตที่เพาะปลูกกาแฟทั้งสองชนิดโดยเมื่อทำการสกัดน้ำมันจากเมล็ดกาแฟเพื่อทำการศึกษาปริมาณสาร Diterpene ester ที่เป็นกลุ่มของ Cafestol และ Kahweol พบว่ามีอยู่เพียงร้อยละ 18.9 เท่านั้น

อย่างไรก็ตามเมื่อทำการวิเคราะห์แยกส่วนของสารประกอบกลุ่ม Diterpene โดยการสกัดน้ำมันจากส่วนต่างๆได้แก่ Perisperm, Endosperm, Pericarp และ Leaf จะไม่พบสารกลุ่ม Kahweol ในกาแฟสายพันธ์ ***C. canephora*** ในขณะที่พบสาร Kahweol ปริมาณมากใน Perisperm และ Endosperm ของ *C. Arabica* ประมาณ 516 – 590 mg/100g of Sample ส่วนสาร Cafestol นั้นจะพบในกาแฟทั้งสองชนิด โดยเมื่อทำการติดตามปริมาณสารสำคัญทั้งสองชนิดตามจำนวนวันหลังดอกบาน (Day After Flowering :DAF) พบว่าช่วงเวลาที่มีปริมาณสารกลุ่มดังกล่าวมากที่สุดคือ DAF90 – DAF150 ซึ่งเป็นช่วงเก็บเกี่ยวของเมล็ดกาแฟโดยพบข้อสังเกตว่าปริมาณ ratio ของสาร cafestol/kahweol นั้นมีปริมาณคงที่ในช่วงเวลาดังกล่าวทั้งนี้เมื่อทดสอบเปรียบเทียบกับวิธีการปลูกในแบบต่างๆในพื้นที่เดียวกันนั้นไม่พบความแตกต่างของปริมาณ ratio ของสาร cafestol/kahweol แต่มีความแตกต่างกันโดยตรงในพื้นที่เพาะปลูกโดยสามารถแบ่ง *C. Arabica* ได้เป็นสองกลุ่มได้แก่พื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 600 เมตรที่มีอัตราส่วนระหว่าง 0.80 – 1.50 และ1,200 เมตรขึ้นไปที่มีอัตราส่วนระหว่าง 0.10 – 0.50 ส่วน *C. canephora* พบอัตราส่วนคงที่ที่ 180 – 200

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญและอัตราส่วนที่แสดงถึงอัตลักษณ์ของกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้าเฉพาะถิ่นก่อนการเก็บเกี่ยวพบว่าอัตราส่วนของสารประกอบ diterpene มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสายพันธ์อะราบิก้าและโรบัสต้า โดยเมื่อเปรียบเทียบกับผลของแหล่งเพาะปลูกที่แบ่งตามอุณหภูมิเพาะปลูกที่ต่ำกว่า (18 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิที่สูงกว่า (26 องศาเซลเซียสต่อปี)จะมีผลต่อปริมาณของสารประกอบทั้ง Cafestol และ Kahweol ซึ่งหากเปรียบเทียบ ratio จะส่งผลเพียงเล็กน้อยหากเป็นพื้นที่เพาะปลูกเดียวกันแต่แตกต่างกันที่อุณหภูมิแต่ปริมาณน้ำฝนกลับส่งผลอย่างมากโดยในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,500 มิลลิเมตรต่อปีทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของ C/K ratio สูงมากดังนั้นแสดงให้เห็นว่าปัจจัยก่อนเก็บเกี่ยวปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนที่สำคัญนอกจากจะเป็นสายพันธ์กาแฟ (อะราบิก้าและโรบัสต้า) แล้วยังมีผลที่พื้นที่เพาะปลูกและปริมาณน้ำฝนอีกด้วย สำหรับผลทางประสาทสัมผัสต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญของกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้าเฉพาะถิ่นก่อนการเก็บเกี่ยวพบว่าหากอุณหภูมิที่สูงและปริมาณน้ำฝนมากจะส่งผลต่อคะแนน Cupping score ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบในพื้นที่เดียวกันที่อุณหภูมิเพาะปลูกต่ำกว่าโดยคะแนนผลการชิมมีความแตกต่างกันกว่าร้อยละ 11.84 ซึ่งแสดงให้เห็น

กรมวิชาการเกษตร

ว่าผลของแหล่งเพาะปลูกนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญ Cafestol และ Kahweol และผลของคะแนนทางประสาทสัมผัสอีกด้วยดังนั้นคุณภาพของกาแฟที่แสดงถึงแหล่งเพาะปลูกจึงมีความสำคัญตั้งแต่การคัดเลือกแหล่งเพาะปลูกที่จะสื่อถึงอัตลักษณ์กาแฟรวมทั้งคุณภาพก่อนเข้าสู่กระบวนการแปรรูปอีกด้วย

3. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ระหว่างกระบวนการหมักย่อยเมือกกาแฟ

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และปริมาณสาร Kahweol ต่อการหมักเมล็ดกาแฟไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารกลุ่ม diterpene ทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญโดยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณชุดควบคุมพบการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ Cafestol โดยเฉลี่ยเพียงร้อยละ 12.32 และ Kahweol โดยเฉลี่ยเพียงร้อยละ 5.82 ทั้งนี้เมื่อนำมาคำนวณเป็นค่าอัตราส่วน Cafestol/Kahweol พบว่ามีค่าคงที่ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการหมักย่อยเมือกาแฟไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารกลุ่ม diterpene

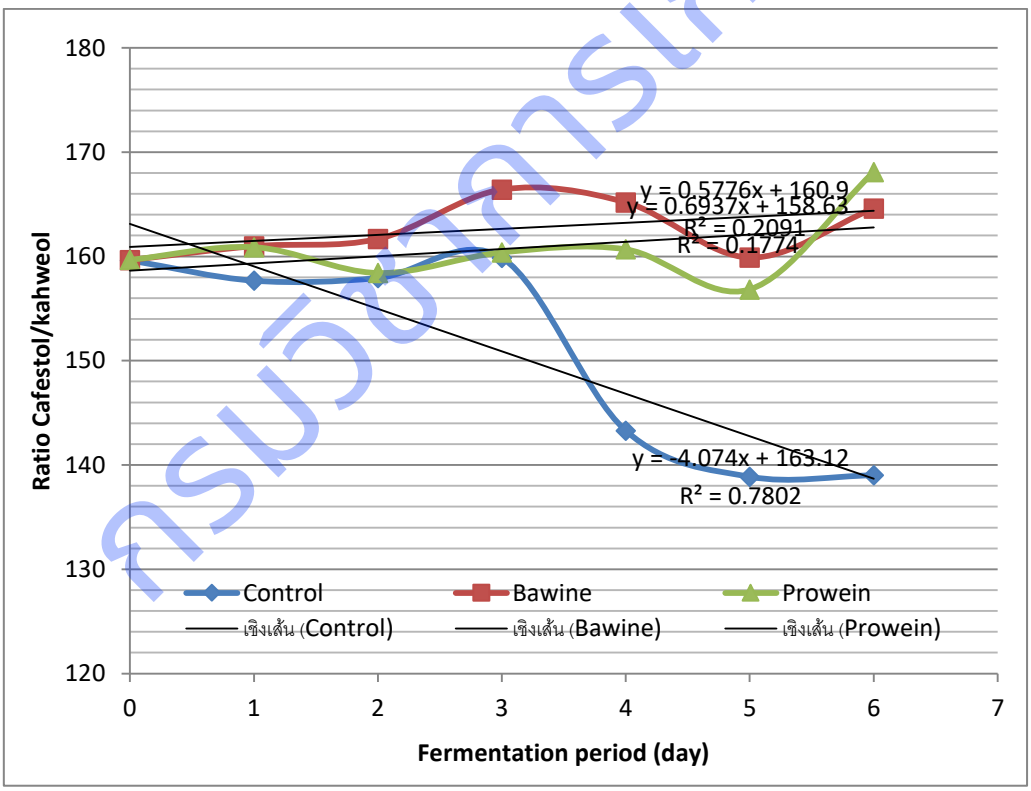
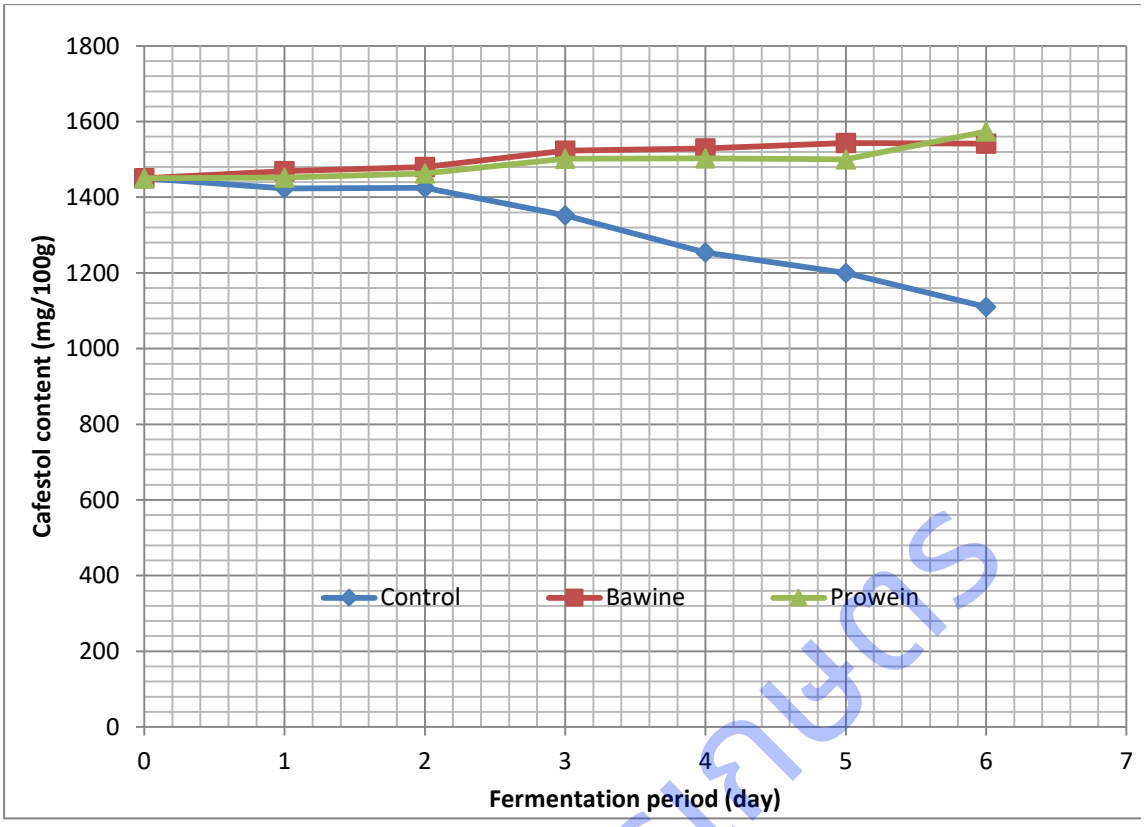
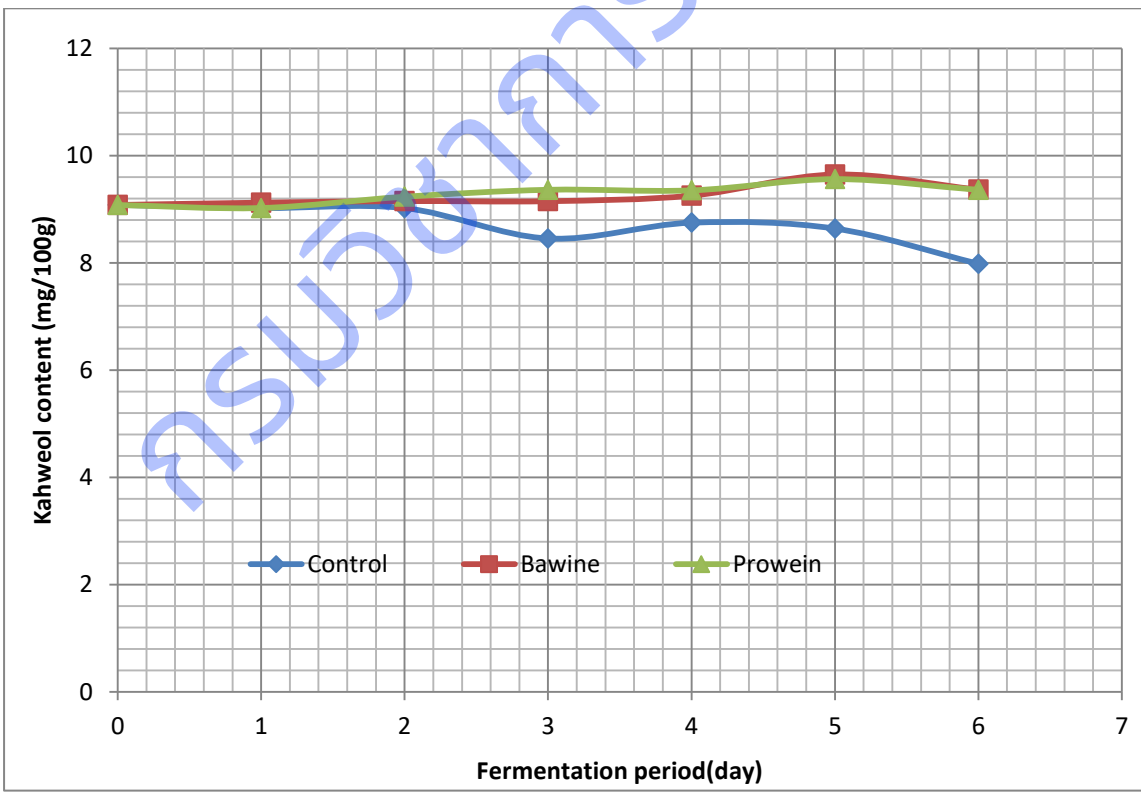


Figure 10 Ratio of Cafestol/Kahweol during *C. Arabica* Fermentation period

กรมวิชาการเกษตร





กรมวิทยาศาสตร์บริการ

Figure 11 Cafestol and Kahweol content in perisperm tissue during *C. arabica* fermentation

4. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol จากการทำแห้งสารกาแฟ

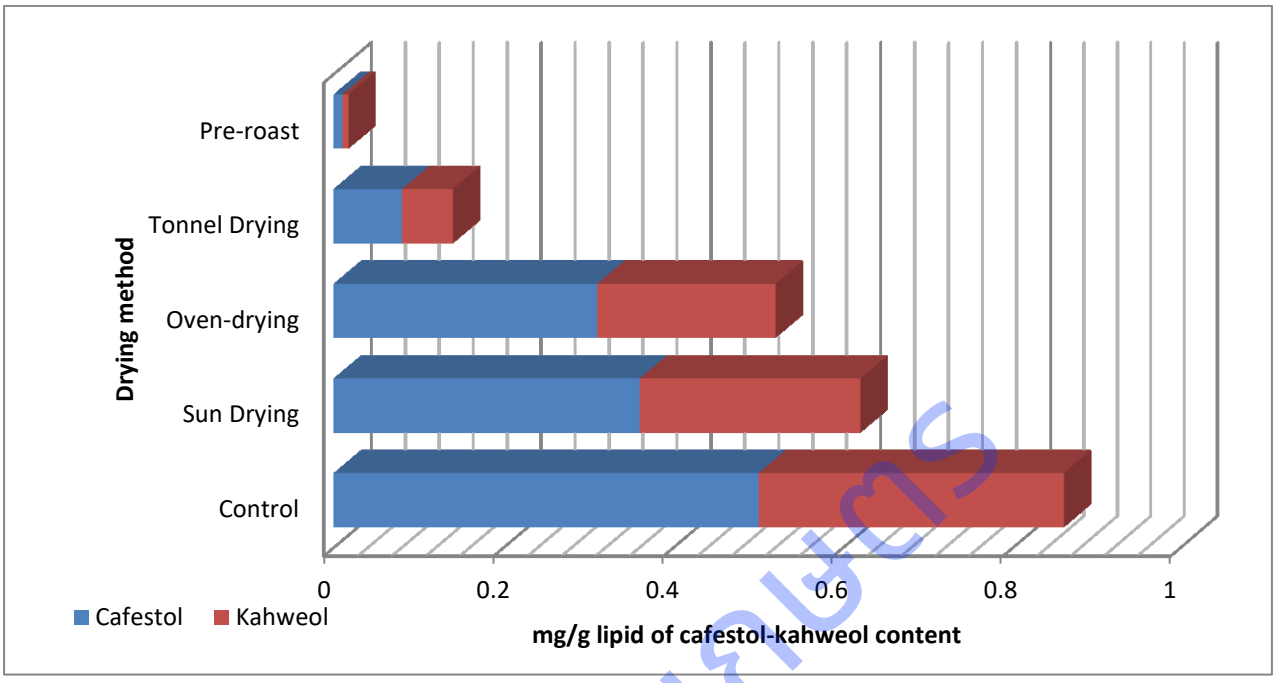


Figure 12 Effect of different drying method on Cafestol and Kahweol content in perisperm tissue during *C. arabica* fermentation

ผลการเปรียบเทียบการทำแห้งกาแฟกะลาจำนวน 5 วิธีจนความชื้นเมล็ดกาแฟน้อยกว่าร้อยละ 5 (Bean Moisture content < 5%) ได้แก่ การตากแดดธรรมชาติ, การใช้ตู้อบลมร้อนที่ 60 องศาเซียส, การใช้โรงอบลมร้อนและการคั่วอ่อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 80 องศาเซลเซียสพบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และ Kahteol อย่างมีนัยสำคัญโดยพบว่าเมื่อใช้ความร้อนในการทำแห้งสูงโดยเฉพาะการเลือกใช้กระบวนการทำแห้งโดยใช้เครื่องมือไม่ว่าจะเป็นตู้อบ โรงอบพลังงานแสงอาทิตย์หรือการใช้เครื่องคั่วอ่อนนั้นปริมาณสารดังกล่าวจะลดลงในปริมาณมากเมื่อเทียบกับชุดควบคุมจากร้อยละ50 – 75 ทั้งนี้ผลจากการลดลงของสารทั้งสองชนิดเมื่อนำมาคำนวณอัตราการลดลงเป็นอัตราส่วนของ Cafestol/Kahweol จะเป็นไปในทางเดียวกันโดย Ratio จะอยู่ที่ 1.47 – 1.33 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าบ่งบอกอัตลักษณ์ของกาแฟ อย่างไรก็ตามเมื่อทำการทดสอบชิมในชุดทดลองทั้ง 5 ชุดพบผลการทดสอบของคุณภาพที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยชุดทดสอบที่ใช้เวลาการทำแห้งนานที่สุดคือชุดควบคุมและชุดตากแห้งโดยแสงอาทิตย์ที่ใช้เวลากว่า 2 สัปดาห์นั้นมีผลการทดสอบชิมในระดับคะแนน 74.52 - 75.35 แตกต่างกับชุดทดสอบที่ใช้เตาอบ โรงอบลมร้อนหรือการทำ preroast ที่มีผลทดสอบชิมเพียง 61.25 – 67.25 ซึ่งคะแนนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะข้อมูลผลการชิมที่ได้ให้คำจำกัดความเรื่อง underoast (กาแฟไม่สุก) หรือกลุ่มรสชาติถั่วดิบและถั่วงอกทำให้ผลการทดสอบชิมมีความไม่พึงพอใจสูงกว่าชุดทดสอบที่ทำการตากโดยพลังงานแสงอาทิตย์และชุดควบคุมอย่างสิ้นเชิง ทั้งนี้แม้ในสภาวะจริงเกษตรกรที่แปรรูปกาแฟในพื้นที่สูงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยทำแห้งด้วยในระหว่างการแปรรูปกาแฟ

กรมวิชาการเกษตร

สภาพภูมิอากาศไม่อำนวยในการทำแห้งกาแฟนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการทำความเข้าใจถึงปัจจัยของอุณหภูมิต่อคุณภาพกาแฟต่อไป

5. ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol พร้อมปัจจัยการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟภาวะต่างๆที่ส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญ

ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญของกาแฟในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 6 กรรมวิธี พบว่าหลังจากทดสอบเก็บสารกาแฟที่อุณหภูมิและความชื้นควบคุม พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณลดลงของปริมาณน้ำมันโดยรวมและสารสำคัญโดยพบว่า ตั้งแต่เวลาการเก็บรักษา 210 วันถึง 300 วันพบว่าสารกาแฟที่เก็บในชุดควบคุม, ถุงฟลอยและถุง PP seal ปิดสนิทมีปริมาณน้ำมันลดลงอย่างมากโดยเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ยังพบการลดลงของสารดังกล่าวด้วยแม้อัตรา C/K จะลดลงเพียงเล็กน้อยเกือบคงที่จากค่าเริ่มต้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีเพียง HDPE ที่สามารถควบคุมปริมาณน้ำมันและสารสำคัญ ได้ดี โดยมีถุง PP และ PE ที่สามารถควบคุมได้ใกล้เคียงกันที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของปริมาณเริ่มต้น โดยสันนิษฐานว่าปริมาณออกซิเจนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญทั้ง 2 ชนิด

Table 32 Yield (g100 . g^{-1}) of diterpenes in Thailand green Arabica coffee oil (Chiangmai 80 varieties from Chiang Rai 'Wawi' site with C/K *in prior* 0.24) after 300days of storage at 30C and Humidity below than 70%

Storage type	Cafestol (C)	Kahweol (K)	Ratio (C/K)	Total Oil content (%)
Control	1.20	15.05	0.08	6.37
PE	1.77	8.83	0.20	9.34
HDPE	2.26	9.54	0.24	11.95
PP	1.83	10.17	0.18	9.69
PP-seal	1.48	8.57	0.17	7.83
Foil	1.31	6.15	0.20	6.35

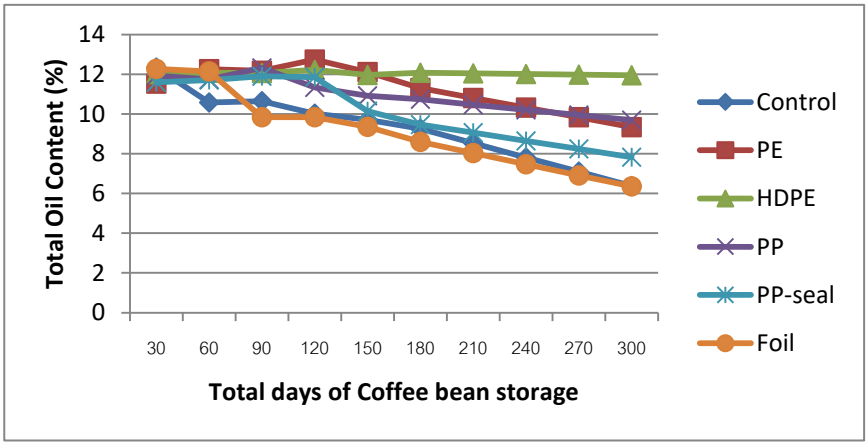


Figure 13 Shown evaluation of coffee oil content in six types after 210 days of storage

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

สารประกอบกลุ่ม diterpene สามารถใช้ในการจำแนกอัตลักษณ์กาแฟตามหลักการของ chemometric โดยกลุ่มสารให้กลิ่นในกาแฟที่สำคัญรวมทั้งสารประกอบที่ส่งผลต่อคุณภาพกาแฟจะพบในส่วนของน้ำมันกาแฟที่มีปริมาณระหว่างร้อยละ 7.7 – 17.7 ที่เกิดจากแหล่งเพาะปลูกรวมทั้งกระบวนการแปรรูปการจำแนกอัตลักษณ์กาแฟโดยใช้อัตราส่วนของสาร Cafestol และ Kahweol นั้นสามารถพัฒนาสู่การตรวจสอบย้อนกลับสินค้ากาแฟโดยเฉพาะการจำแนกอัตราการผสมระหว่างกาแฟสายพันธุ์เศรษฐกิจหลักทั้ง *C. arabica* และ *C. canephora* โดยสาร Kahweol ที่จะพบปริมาณมากในกาแฟอะราบิก้าและน้อยมากหรือแทบไม่มีในกาแฟโรบัสต้า นอกจากนี้กระบวนการผลิตกาแฟตั้งแต่การเพาะปลูกที่เริ่มมีการสะสมปริมาณสารทั้งสองชนิดตั้งแต่วันที่ 90 หลังดอกบาน (DAF90) พื้นที่เพาะปลูกกาแฟอะราบิก้าที่ระดับความสูงแตกต่างกัน อุณหภูมิพื้นที่เพาะปลูก ปริมาณน้ำฝนล้วนส่งผลต่ออัตราส่วนของสารทั้งสองชนิด แต่เมื่อเข้าสู่กระบวนการแปรรูปแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารทั้งสองชนิดจากกระบวนการทำแห้งหรือกระบวนการเก็บรักษากาแฟในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิด ผลการวิจัยกลับพบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอัตราส่วนที่น้อยมากทำให้สมมติฐานของหลักการใช้ chemometric ของ diterpene ในกาแฟนั้นเป็นกระบวนการที่สามารถประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบย้อนกลับของสินค้ากาแฟได้ นอกจากนี้ผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสหรือ cupping score ยังส่งผลไปในแนวทางเดียวกันของปริมาณสารประกอบกลุ่มดังกล่าว ซึ่งกล่าวได้ว่าผลของการศึกษาปริมาณสารกำกับอัตลักษณ์ของกาแฟและบ่งบอกคุณภาพนี้เป็นต้นแบบการควบคุมแหล่งผลิตและกระบวนการผลิตกาแฟสู่การควบคุมคุณภาพอีกทั้งกำหนดอัตลักษณ์ของกาแฟเฉพาะถิ่นที่พัฒนาต่อยอดได้เพื่อความมั่นใจในการซื้อขายและการบริโภคกาแฟสำหรับตลาดกาแฟในปัจจุบัน

การทดลองที่ 3 การจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟโดยใช้วิธีทางกายภาพและประสาทสัมผัส

1) การจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee)

จากการทดสอบตัวอย่างเมล็ดกาแฟอาราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา ที่สุ่มเก็บจากแหล่งผลิตเมล็ดกาแฟของกรมวิชาการเกษตร และเกษตรกรในแถบพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย นำมาคัดเกรดตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA) บันทึกผลเป็นคะแนนข้อบกพร่อง (Defect score) และการคัดเกรดตามเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร เมล็ดกาแฟอะราบิกา (มกษ. 5701-2561) และและมาตรฐานสินค้าเกษตร เมล็ดกาแฟโรบัสตา (มกษ. 5700-2561) บันทึกผลเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของข้อบกพร่อง (% w/w) ได้ผลดังตารางที่ 1

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 33 ผลการคัดเกรดเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา

ลักษณะข้อบกพร่อง	เมล็ดกาแฟอะราบิกา				เมล็ดกาแฟโรบัสตา			
	จำนวนข้อบกพร่อง		ร้อยละโดยน้ำหนัก		จำนวนข้อบกพร่อง		ร้อยละโดยน้ำหนัก	
	ค่าเฉลี่ย	ต่ำ-สูง	ค่าเฉลี่ย	ต่ำ-สูง	ค่าเฉลี่ย	ต่ำ-สูง	ค่าเฉลี่ย	ต่ำ-สูง
เมล็ดดำ	10	0-184	0.2	0.0-3.3	60	11-99	1.9	0.4-3.3
เมล็ดเชื้อรา	40	21-63	1.6	0.5-2.5	69	22-98	3.0	0.8-4.4
เมล็ดที่มีแมลงทำลาย	119	61-186	4.4	1.5-7.7	110	56-140	4.8	2.5-6.6
เมล็ดเปรี้ยว*	12	5-28	0.6	0.2-1.1	10	7-12	0.4	0.3-0.4
ผลกาแฟแห้ง	0	0	0.0	0.0	5	0-100	0.3	0.0-6.1
สิ่งแปลกปลอม	3	0-8	0.0	0-0.1	13	1-56	0.1	0.0-0.5
เมล็ดแตก**	103	30-282	2.0	0.9-4.1	35	6-127	0.9	0.2-2.9

หมายเหตุ: * เมล็ดเปรี้ยว ไม่อยู่ในเกณฑ์ข้อบกพร่องของ มกษ. 5701-2561 และ มกษ. 5700-2561

** เมล็ดหักไม่ใช่ข้อบกพร่องหลักตามมาตรฐานของ SCAA

ผลการคัดเกรดทางกายภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิกา พบว่าค่าเฉลี่ยเมล็ดดำมีจำนวน 10 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 0.2 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยเมล็ดเชื้อรามีจำนวน 40 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 1.6 ซึ่งเกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยเมล็ดที่มีแมลงทำลายมีจำนวน 119 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 4.4 ซึ่งเกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยเมล็ดเปรี้ยวมีจำนวน 12 เมล็ด ไม่พบผลกาแฟแห้ง (เกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยสิ่งแปลกปลอมมีจำนวน 3 ชิ้น ซึ่งมีน้ำหนักเบามาก ได้แก่ เปลือกเมล็ดกาแฟเป็นส่วนมาก เส้นเชือก และก้อนหินเล็กน้อย ไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) และค่าเฉลี่ยเมล็ดแตกพบร้อยละ 2.0 ซึ่งเกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 (ไม่เกินร้อยละ 1.5) ส่วนผลการคัดเกรดทางกายภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสตา พบว่าค่าเฉลี่ยเมล็ดดำมีจำนวน 60 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 1.9 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 2.0) ค่าเฉลี่ยเมล็ดเชื้อรามีจำนวน 69 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 3.0 ซึ่งเกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยเมล็ดที่มีแมลงทำลายมีจำนวน 110 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 4.8 ซึ่งเกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 4.0) ค่าเฉลี่ยเมล็ดเปรี้ยวมีจำนวน 10 เมล็ด ค่าเฉลี่ยผลกาแฟแห้งมีจำนวน 5 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 0.3 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยสิ่งแปลกปลอมมีจำนวน 13 ชิ้น หรือคิดเป็นร้อยละ

กรมวิชาการเกษตร

0.1 ไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) และค่าเฉลี่ยเมล็ดแตกพบร้อยละ 0.9 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 2.0) นอกจากนี้ยังพบว่าข้อบกพร่องที่พบมากที่สุดทั้งในกาแฟอะราบิกาและโรบัสตา และมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร คือข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย โดยพบตั้งแต่ร้อยละ 1.5 – 7.7 หรือนับได้อยู่ในช่วง 61 – 186 เมล็ด สำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา และพบตั้งแต่ร้อยละ 2.5 – 6.6 หรือนับได้อยู่ในช่วง 56 – 140 เมล็ด สำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตา รองลงมาคือ ข้อบกพร่องเมล็ดเชื้อรา ซึ่งถือเป็นอีกหนึ่งข้อบกพร่องที่น่ากังวล โดยพบปริมาณที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตรอย่างชัดเจน พบตั้งแต่ร้อยละ 0.5 - 2.5 หรือนับได้อยู่ในช่วง 21 – 63 เมล็ด สำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา และพบตั้งแต่ร้อยละ 0.8 – 4.4 หรือนับได้อยู่ในช่วง 22 – 98 เมล็ด สำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตา แต่อย่างไรก็ตามหลังจากตรวจสอบสาร Ochratoxin A พบว่าไม่มีค่าเกินกำหนด (20 ppm)

เมื่อนำข้อมูลผลรวมคะแนนข้อบกพร่องหลัก 6 ข้อบกพร่อง ได้แก่ เมล็ดดำ เมล็ดเปรี้ยว ผลกาแฟแห้ง เมล็ดเชื้อรา เมล็ดที่มีแมลงทำลาย และสิ่งแปลกปลอม จากการคัดเกรดทางกายภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา มานับคะแนนข้อบกพร่องรวมตามหลักการของ SCAA (ข้อบกพร่อง 1 เมล็ด เท่ากับ 1 คะแนน ยกว้นข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 5 เมล็ด เท่ากับ 1 คะแนน) แล้วนำมาจัดกลุ่มข้อมูลตามหลัก Hierachy Classification of Ascendent (HAC) เพื่อจัดลำดับชั้นคุณภาพหรือจัดเกรดของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 34 การจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟโดยวิธีการนับคะแนนข้อบกพร่อง

ระดับชั้นคุณภาพ เมล็ดกาแฟอะราบิกา	เกณฑ์ข้อบกพร่อง (คะแนน)	ระดับชั้นคุณภาพ เมล็ดกาแฟโรบัสตา	เกณฑ์ข้อบกพร่อง (คะแนน)
เกรดคัดพิเศษ (Specialty)	0 - 5	เกรดเอ (A)	25 - 45
เกรดเอ (A)	6 - 30	เกรดเอบี (AB)	46 - 75
เกรดรวม (AB)	31 - 60	เกรดบี (B)	76 - 115
ไม่คัดเกรด (Y)	61 ขึ้นไป	ไม่คัดเกรด (Y)	116 ขึ้นไป

จากตารางที่ 34 เมื่อนำข้อมูลผลการคัดเกรดทางกายภาพ โดยวิธีการนับเมล็ดตามมาตรฐาน SCAA มาวิเคราะห์ข้อมูล และจัดกลุ่มชั้นคุณภาพ (Hierarchical Clustering) ตามภาคผนวก พบว่า สามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิกาได้ทั้งหมด 4 ระดับ ได้แก่ เกรดคัดพิเศษ (Specialty) ซึ่งต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 0 - 5 คะแนน เกรดเอ (A) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 6 - 30 คะแนน เกรดรวม (AB) ต้องมี

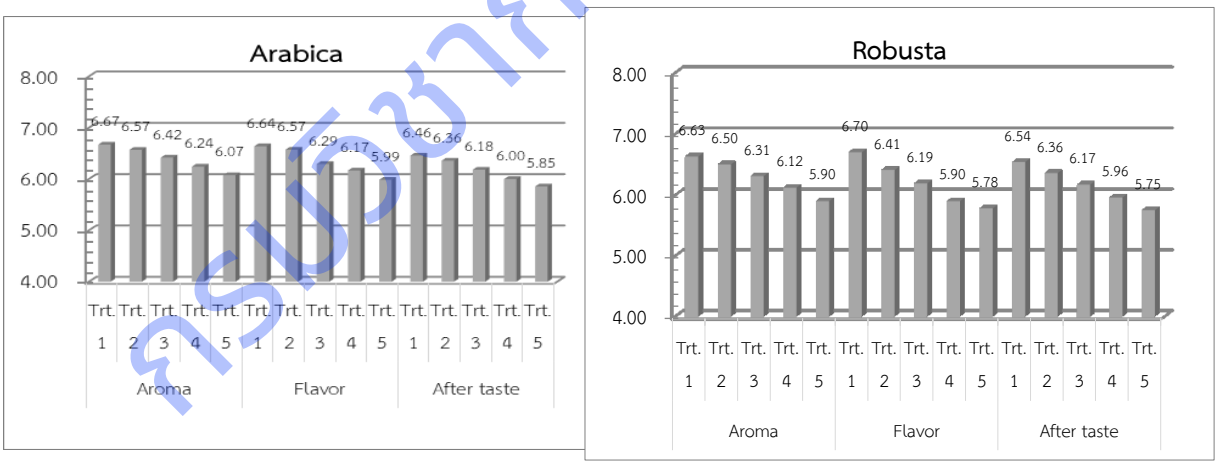
กรมวิชาการเกษตร

คะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 31 – 60 คะแนน และแบบไม่คัดเกรด (Y) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวมตั้งแต่ 61 ขึ้นไป และจากตารางที่ 2 สามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสตาได้ทั้งหมด 4 ระดับ ได้แก่ เกรดเอ (A) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 25 – 45 คะแนน เกรดรวม (AB) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 46 – 75 คะแนน เกรดบี (B) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 76 – 115 คะแนน และแบบไม่คัดเกรด (Y) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวมตั้งแต่ 116 ขึ้นไป ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์แนะนำสำหรับเกษตรกรและโรงคัดบรรจุสำหรับการซื้อขายเมล็ดกาแฟอะราบิกาและโรบัสตาของประเทศไทย

8.2) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee)

8.2.1 การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดดำ (Full black)

เมล็ดดำ (Full black) เป็นข้อบกพร่องหลัก ซึ่งเกิดจากเชื้อราตระกูล *Colletotrichum* spp. ส่งผลต่อคุณภาพของผลเชอรี่ก่อนการเก็บเกี่ยว และปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอระหว่างการพัฒนาผลเชอรี่ ซึ่งการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ เพื่อหาระดับคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ได้แก่ กลิ่น (Aroma) กลิ่นรส (Flavor) และความรู้สึกตกค้าง (After taste) ด้วยวิธีการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-จุด ได้ผลดัง ภาพที่ 14



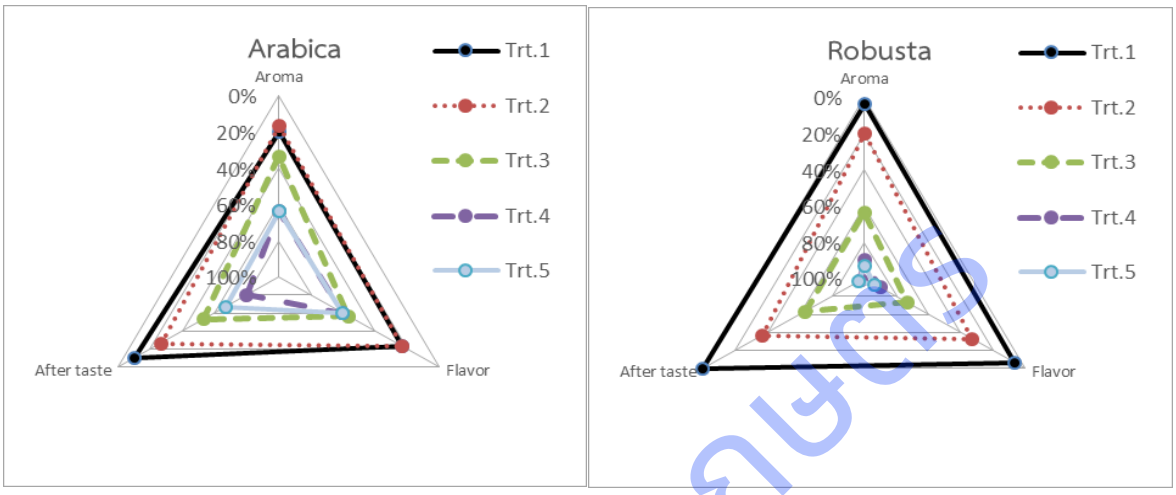
1 = extremely poor 2 = very poor 3 = poor 4 = below average 5 = fair
6 = good 7 = very good 8 = excellent 9 = outstanding

ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ยระดับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกรรมวิธีที่มีการเติมข้อบกพร่องเมล็ดดำ

ในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาการประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Green cupping test เมล็ดกาแฟ อะราบิกาและโรบัสตา โดยเปรียบเทียบปริมาณข้อบกพร่องเมล็ดดำกรรมวิธีที่ 1 – 5 ได้แก่ 0, 20, 40 , 60 และ 80 เมล็ด

กรมวิชาการเกษตร

ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างอยู่ในช่วง 5.85 – 6.67 คะแนน สำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา และอยู่ในช่วง 5.75 – 6.63 คะแนน สำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตา ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับดี โดยพบว่าเมื่อปริมาณข้อบกพร่องเมล็ดดำมากขึ้นจะมีผลให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลงตามลำดับเช่นเดียวกันทั้งเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา



ภาพที่ 15 เปรียบเทียบความแตกต่างด้านประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่ผสมข้อบกพร่องเมล็ดดำที่กรรมวิธีต่างๆ

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบทางเดียว ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้วิธีทดสอบของ Duncan เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างด้านประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่ผสมข้อบกพร่องเมล็ดดำที่กรรมวิธีต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ทางประสาทสัมผัส คือจำนวนตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด ถือว่ากรรมวิธีนั้นมีความแตกต่างกันทางประสาทสัมผัส ซึ่งจากการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 2 ไม่มีความแตกต่างทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบเริ่มรับรู้ความแตกต่างได้ตั้งแต่กรรมวิธีที่ 3 ขึ้นไปสำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา เช่นเดียวกับเมล็ดกาแฟโรบัสตา แม้ว่ากรรมวิธีที่ 2 จะมีแนวโน้มแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 แต่ไม่เกินร้อยละ 50 ในขณะที่กรรมวิธีที่ 3 ขึ้นไป มีความแตกต่างกันมากกว่าร้อยละ 50 ดังนั้นเมล็ดกาแฟที่มีเมล็ดดำเท่ากับกรรมวิธีที่ 2 (ผสมเมล็ดดำ 20 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 0.6 สำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา และคิดเป็นร้อยละ 0.7 สำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตา) จะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส และเมื่อตรวจสอบสารพิษจากเชื้อราของเมล็ดกาแฟ พบว่ากรรมวิธีที่ 2 ผลเป็น Not detected (เกณฑ์มาตรฐานของประเทศไทย ไม่เกิน 20 ppm) ดังนั้นกรรมวิธีที่ 2 จึงปลอดภัยต่อการบริโภค

ลิขสิทธิ์การเกษตร

เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เพื่อวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นรสที่เป็นผลกระทบจากปริมาณเมล็ดดำ พบลักษณะกลิ่น และรสชาติที่เป็นผลกระทบจากข้อบกพร่องเมล็ดดำ ได้แก่ กลิ่นหมัก (Fermented) กลิ่นดิน (Earthy) กลิ่นอับ/เชื้อรา (Fungus) บางตัวอย่างมีกลิ่นผลไม้สุก (Ripe-fruity) และมีรสชาติรสขม (Bitter) และกระด้าง (Harsh)

8.2.2 การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดเชื้อรา (Fungus)

การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดเชื้อรา (Fungus) ที่เกิดจากการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟหรือผลกระทบจากเชื้อราที่เกิดจากเมล็ดทำให้เมล็ดกาแฟมีเชื้อราเกิดขึ้น โดยการทดลองไม่ได้ดำเนินการทดสอบทางประสาทสัมผัส เนื่องจากกังวลเรื่องความปลอดภัยของผู้ทดสอบ จึงได้ปรับเปลี่ยนโดยใช้ตัวอย่างเมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้ว (ไม่มีเมล็ดเชื้อรา) และเมล็ดกาแฟที่เป็นเมล็ดเชื้อรามาทำการเพาะเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ ได้ผลดังตารางที่ 35

ตารางที่ 35 ผลการเพาะเชื้อราในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบวุ้น

Dichloran glycerol (DG18)

ตัวอย่างเมล็ดกาแฟ	อัตราการเจริญของเชื้อราที่สภาพบรรยากาศ (ร้อยละ)					
	เมล็ดกาแฟอะราบิกา			เมล็ดกาแฟโรบัสตา		
	3 วัน	5 วัน	7 วัน	3 วัน	5 วัน	7 วัน
เมล็ดคัดเกรด	50	90	100	100	100	100
เมล็ดเชื้อรา	70	100	100	70	80	100

หมายเหตุ; เมล็ดกาแฟอะราบิกาพบ *Aspergillus flavus* (โคโลนีสีเขียว) และ *Aspergillus niger* (โคโลนีสีดำ) ส่วนเมล็ดกาแฟโรบัสตาพบ *Aspergillus niger* (โคโลนีสีดำ)

และเมื่อนำตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่ผสมเมล็ดเชื้อราทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ 20, 40 , 60 และ 80 เมล็ด มาทดสอบสารพิษจากเชื้อรา ได้แก่ Aflatoxin (B1, B2, G1, G2) และ Ochratoxin A เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ 1 (ไม่มีเมล็ดเชื้อรา) ได้ผลดังตารางที่ 36

ตารางที่ 36 ปริมาณสารพิษจากเชื้อราในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่กรรมวิธีต่างๆ

เมล็ดกาแฟ	รายการทดสอบ	ผลทดสอบ (µg/kg)				
		กรรมวิธีที่ 1 (ไม่มี)	กรรมวิธีที่ 2 (20 เมล็ด)	กรรมวิธีที่ 3 (40 เมล็ด)	กรรมวิธีที่ 4 (60 เมล็ด)	กรรมวิธีที่ 5 (80 เมล็ด)
อะราบิกา	Aflatoxin	ND	ND	ND	ND	ND
	Ochratoxin A	ND	ND	ND	ND	ND
โรบัสตา	Aflatoxin	ND	ND	ND	ND	ND

กรมวิชาการเกษตร

	Ochratoxin A	ND	ND	ND	0.63	<0.50

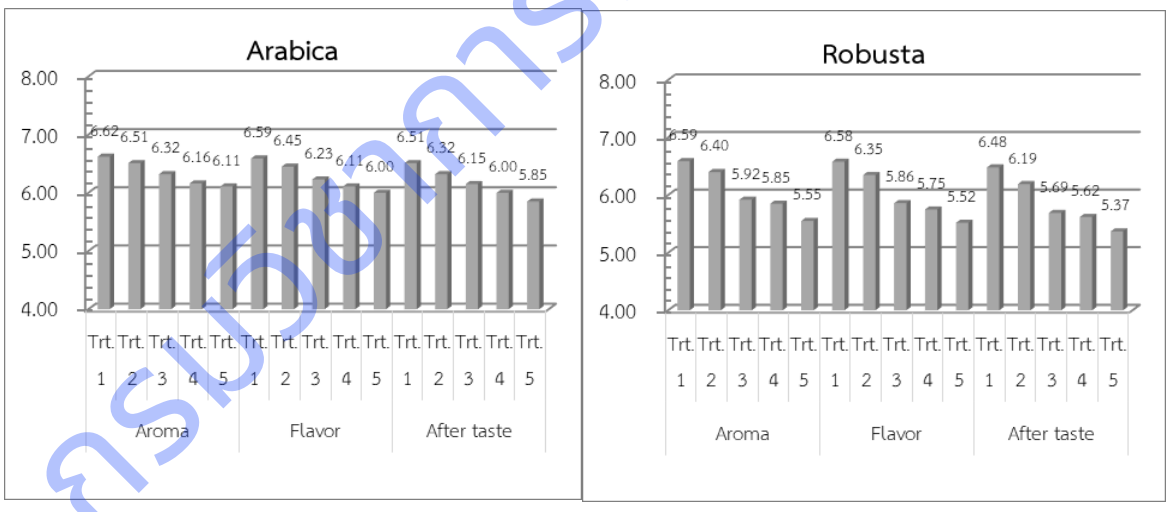
หมายเหตุ ND คือ Not detected

จากผลการทดสอบไม่พบ Aflatoxin (B1, B2, G1, G2) ในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาทุกกรรมวิธี แต่พบ Ochratoxin A ในกรรมวิธที่ 4 และ 5 ในเมล็ดกาแฟโรบัสตา โดยพบในปริมาณ 0.63 µg/kg และ <0.50 µg/kg (น้อยกว่าLOQ) แต่ยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน (10 µg/kg)

8.2.3 การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย (Severe insect)

การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย (Severe insect) ที่เกิดจากการทำลายของแมลง

กลุ่ม Coffee Bean Borer (CBB) ทำให้เกิดรูพรุนในเมล็ดกาแฟ ซึ่งจากการทดลองประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ เพื่อหาระดับคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ได้แก่ กลิ่น (Aroma) กลิ่นรส (Flavor) และความรู้สึกตกค้าง (After taste) ด้วยวิธีการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-จุด ได้ผลดัง ภาพที่ 16



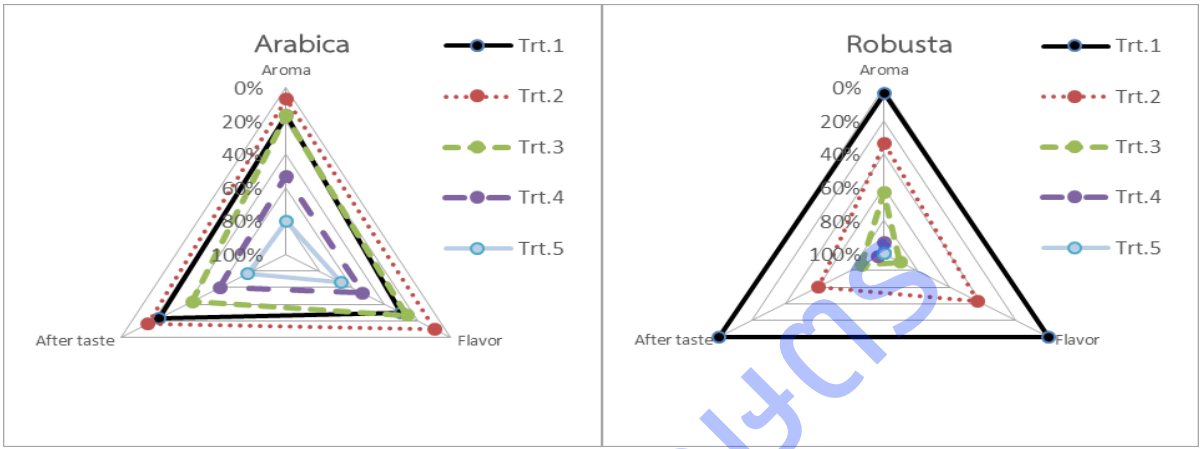
1 = extremely poor 2 = very poor 3 = poor 4 = below average 5 = fair
6 = good 7 = very good 8 = excellent 9 = outstanding

ภาพที่ 16 ค่าเฉลี่ยระดับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกรรมวิธีที่มีการเติมข้อบกพร่อง

เมล็ดที่มีแมลงทำลายในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาการประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Green cupping test เมล็ดกาแฟ อะราบิกา และโรบัสตา โดยเปรียบเทียบปริมาณข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย กรรมวิธีที่ 1 – 5 ได้แก่ 0, 20, 40 , 60 และ 80 เมล็ด ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างอยู่ในช่วง 5.85 – 6.59 คะแนน สำหรับเมล็ด

กรมวิชาการเกษตร

กาแฟอะราบิกา และอยู่ในช่วง 5.37 – 6.59 คะแนนสำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตา ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับดี โดยพบว่าเมื่อปริมาณข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลายมากขึ้นจะมีผลให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลงตามลำดับเช่นเดียวกันทั้งเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสต้า



ภาพที่ 37 เปรียบเทียบความแตกต่างด้านประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่ผสมข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลายที่กรรมวิธีต่างๆ

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบทางเดียว ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้วิธีทดสอบของ Duncan เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างด้านประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่ผสมข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลายที่กรรมวิธีต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ทางประสาทสัมผัส คือจำนวนตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมดถือว่ากรรมวิธีนั้นมีความแตกต่างกันทางประสาทสัมผัส ซึ่งจากการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 3 ไม่มีความแตกต่างทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบเริ่มรับรู้ความแตกต่างได้ตั้งแต่กรรมวิธีที่ 4 ขึ้นไปสำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา ส่วนเมล็ดกาแฟโรบัสตา แม้ว่ากรรมวิธีที่ 2 จะมีแนวโน้มแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 แต่ด้านกลิ่นและกลิ่นรสมีความแตกต่างยังไม่เกินร้อยละ 50 ในขณะที่กรรมวิธีที่ 3 ขึ้นไป มีความแตกต่างกันมากกว่าร้อยละ 50 ดังนั้นเมล็ดกาแฟอะราบิกาที่มีเมล็ดแมลงทำลายเท่ากับกรรมวิธีที่ 3 (ผสมเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 40 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 1.4) และเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่มีเมล็ดแมลงทำลายเท่ากับกรรมวิธีที่ 2 (ผสมเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 20 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 1.1) จะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส

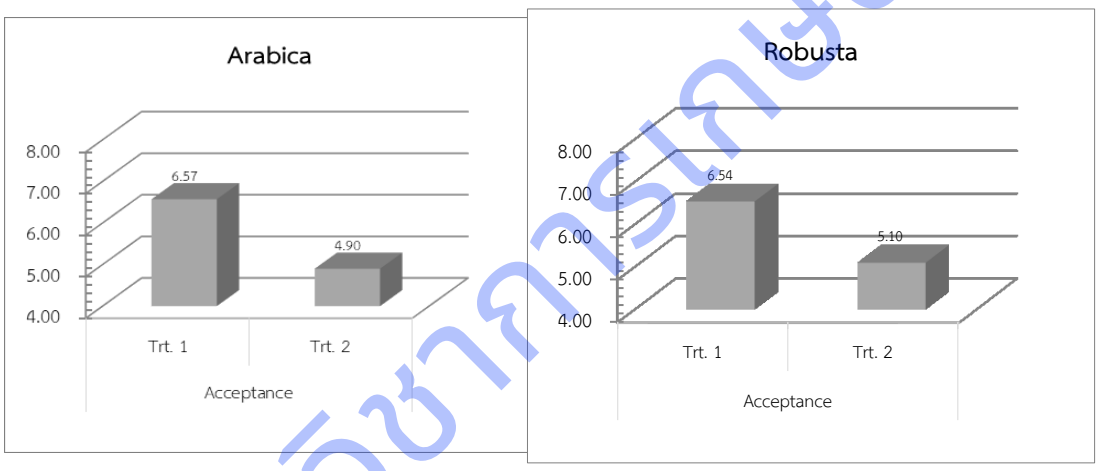
เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เพื่อวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นรสที่เป็นผลกระทบจากปริมาณเมล็ดที่มีแมลงทำลาย พบลักษณะกลิ่น และรสชาติที่เป็น

กรมวิชาการเกษตร

ผลกระทบจากข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย ได้แก่ กลิ่นถั่ว(Peanut) กลิ่นอับ/เชื้อรา (Fungus) กลิ่นเนื้อไม้ (Woody) และมีรสชาติ รสจืดแบบขี้เถ้า (Ashy) และรสกระด้าง (Harsh)

8.2.4 การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดเปรี้ยว (Full sour)

การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดเปรี้ยว (Full sour) ที่เกิดจากกระบวนการหมักเกินกำหนด (Over-fermented bean) ทำให้มีปริมาณกรดอะซิติกมากเกินไปหรือเกิดกระบวนการหมักทั้งเมล็ด (Seed fermentation) โดยออกแบบการทดลองเป็น 2 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซึ่งจากการประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟอะราบิกาแต่ละกรรมวิธีทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Green cupping test เพื่อทดสอบการยอมรับ (Acceptance) ด้วยวิธีการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-จุด ได้ผลดังภาพที่ 38



1 = extremely poor 2 = very poor 3 = poor 4 = below average 5 = fair
6 = good 7 = very good 8 = excellent 9 = outstanding

ภาพที่ 38 ค่าเฉลี่ยระดับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาคัดเกรดเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่มีการเติมข้อบกพร่องเมล็ดเปรี้ยว

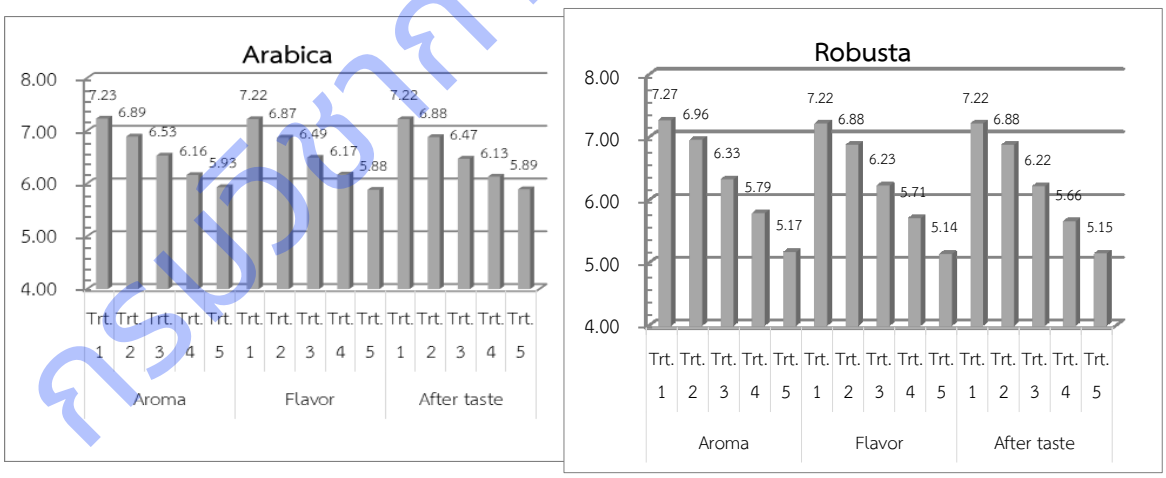
การประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Green cupping test โดยเปรียบเทียบเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาคัดเกรด (กรรมวิธีที่ 1) กับเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่มีการเติมข้อบกพร่องเมล็ดเปรี้ยว 20 เมล็ด (กรรมวิธีที่ 2) ซึ่งจากการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 1 ตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา มีระดับคะแนนการยอมรับเฉลี่ย 6.57 และ 6.54 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบ ในขณะที่กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟ อะราบิกามีระดับคะแนนการยอมรับเฉลี่ย 4.90 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบ และเมล็ดกาแฟโรบัสตามีระดับคะแนนการ

กรมวิชาการเกษตร

ยอมรับเฉลี่ย 5.10 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เฉยๆ ดังนั้นคาดว่าหากปริมาณข้อบกพร่องเมล็ดเปรี้ยวมากกว่า 20 เมล็ด จะมีผลให้ระดับคะแนนการยอมรับลดลงอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบ โดยเฉพาะในเมล็ดกาแฟอะราบิกาจะชัดเจนมากกว่าเมล็ดกาแฟโรบัสตา และเมื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ T-test พบว่าตัวอย่างทั้ง 2 กรรมวิธี มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยกรรมวิธีที่ 2 มีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกา และกรรมวิธีที่ 2 มีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 53 ของจำนวนตัวอย่างเมล็ดกาแฟโรบัสตา ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เพื่อวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นรสที่เป็นผลกระทบจากข้อบกพร่องเมล็ดเปรี้ยว ได้แก่ กลิ่นกรดอะซิติก (Acetic acid) และรสเปรี้ยว (Sour)

8.2.5 การทดสอบข้อบกพร่องผลกาแฟแห้ง (cherry/pod)

การทดสอบข้อบกพร่องผลกาแฟแห้ง (cherry/pod) ที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปแบบแห้งหรือกึ่งแห้งทำให้ไม่สามารถคัดแยกเปลือกผลเชอร์รี่ออกได้ทั้งหมด โดยออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำเพื่อหาระดับคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ได้แก่ กลิ่น (Aroma) กลิ่นรส (Flavor) และความรู้สึกตกค้าง (After taste) ด้วยวิธีการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-จุด ได้ผลดัง ภาพที่ 39



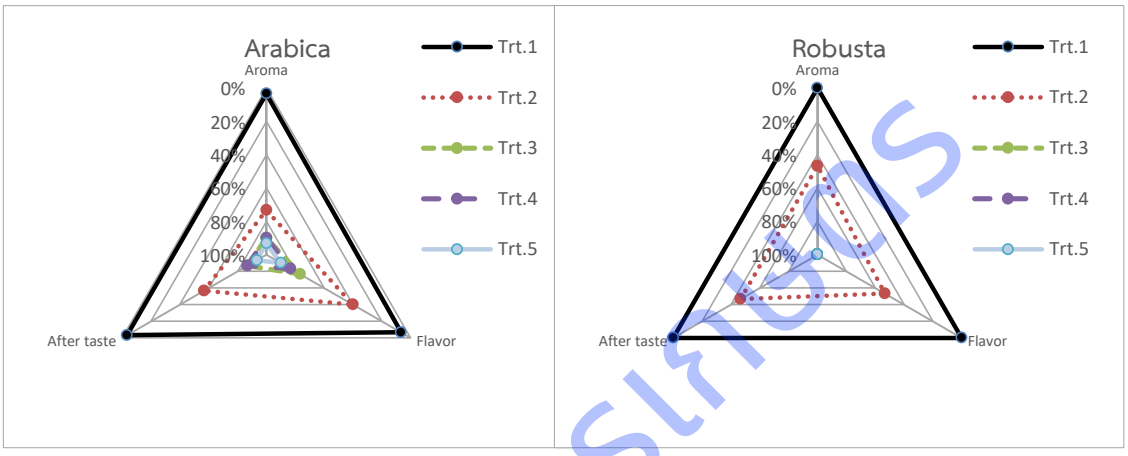
1 = extremely poor 2 = very poor 3 = poor 4 = below average 5 = fair
6 = good 7 = very good 8 = excellent 9 = outstanding

ภาพที่ 39 ค่าเฉลี่ยระดับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกรรมวิธีที่มีการเติมข้อบกพร่องผลกาแฟแห้งในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา

การประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Green cupping test เมล็ดกาแฟ อะราบิกาและโรบัสตา โดยเปรียบเทียบปริมาณข้อบกพร่องผลกาแฟแห้ง กรรมวิธีที่ 1 – 5 ได้แก่ 0, 20, 40 , 60 และ 80 เมล็ด ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบพบว่า

กรมวิชาการเกษตร

คะแนนการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างอยู่ในช่วง 5.88 – 7.23 คะแนน สำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา และอยู่ในช่วง 5.14 – 7.27 คะแนนสำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตา ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับดีจนถึงดีมาก โดยพบว่าเมื่อปริมาณข้อบกพร่องผลกาแฟแห้งมากขึ้น จะมีผลให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลงตามลำดับเช่นเดียวกันทั้งเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา โดยเมล็ดกาแฟอะราบิกาจะชัดเจนมากกว่าเมล็ดกาแฟโรบัสตา



ภาพที่ 40 เปรียบเทียบความแตกต่างด้านประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่ผสมข้อบกพร่องผลกาแฟแห้งที่กรรมวิธีต่างๆ

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบทางเดียว ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้วิธีทดสอบของ Duncan เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างด้านประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่ผสมข้อบกพร่องผลกาแฟแห้งที่กรรมวิธีต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ทางประสาทสัมผัส คือจำนวนตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด ถือว่ากรรมวิธีนั้นมีความแตกต่างกันทางประสาทสัมผัส ซึ่งจากการทดลองพบว่า

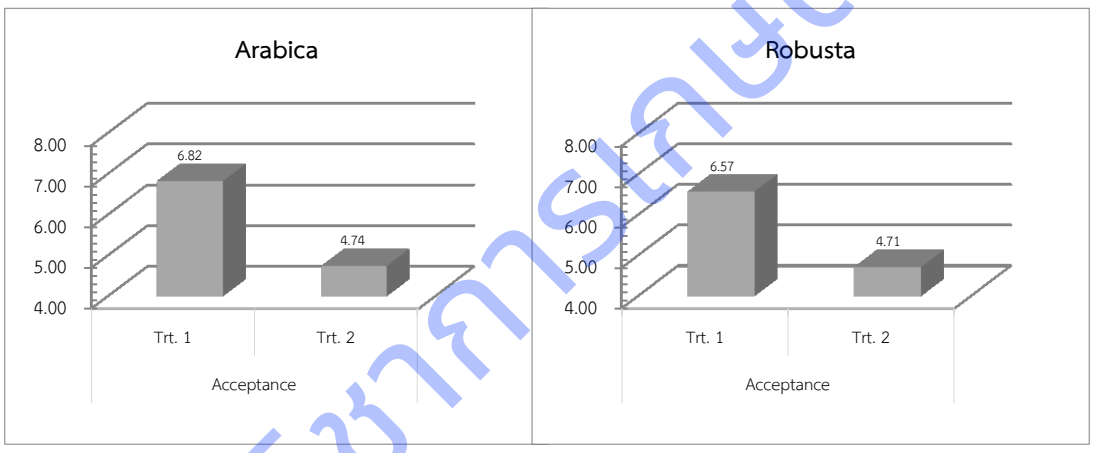
ผู้ทดสอบเริ่มรับรู้ความแตกต่างด้านกลิ่น กลิ่นรส และรสชาติตกค้างได้ตั้งแต่กรรมวิธีที่ 3 ขึ้นไปสำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา แม้ว่ากรรมวิธีที่ 2 จะมีแนวโน้มแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 แต่ด้านกลิ่นรสมีความแตกต่างยังไม่เกินร้อยละ 50 ส่วนเมล็ดกาแฟโรบัสตามีความแตกต่างตั้งแต่กรรมวิธีที่ 3 ขึ้นไปไปทุกตัวอย่าง ดังนั้นเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาเท่ากับกรรมวิธีที่ 2 (ผสมผลกาแฟแห้ง 20 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 1.1 ทั้งเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา) จะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส และเมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เพื่อวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นรสที่เป็นผลกระทบจากปริมาณผลกาแฟแห้ง พบลักษณะกลิ่น และรสชาติที่เป็นผลกระทบจาก

ลิขสิทธิ์การเกษตร

ข้อบกพร่องผลกาแฟแห้ง ได้แก่ กลิ่นมะตูมแห้ง (Dried Quince) และกลิ่นเนื้อไม้ (Wood) ส่วนรสชาติจะมีรสจืดชืด (Bland) แต่บางตัวอย่างอาจมีรสหวาน (Sweet) เล็กน้อย

8.2.6 การทดสอบสิ่งแปลกปลอม (Foreign Matter)

การทดสอบสิ่งแปลกปลอม (Foreign Matter) ที่เกิดจากกระบวนการเก็บผลผลิตกาแฟ การตากเมล็ดกาแฟที่ไม่ได้มาตรฐาน โดยตากบนพื้นที่ไม่มีภาชนะรองรับและไม่ได้รับการคัดเกรดเมล็ด โดยสิ่งแปลกปลอมที่พบในเมล็ดกาแฟส่วนใหญ่ ได้แก่ เปลือกเมล็ดกาแฟ เศษกะลา ก้อนหิน อิฐ และเศษเชือก เป็นต้น ออกแบบการทดลองเป็น 2 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซึ่งจากการประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟ อะราบิกาแต่ละกรรมวิธีทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Green cupping test เพื่อทดสอบการยอมรับ (Acceptance) ด้วยวิธีการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-จุด ได้ผลดังภาพที่ 8



1 = extremely poor 2 = very poor 3 = poor 4 = below average 5 = fair
6 = good 7 = very good 8 = excellent 9 = outstanding

ภาพที่ 41 ค่าเฉลี่ยระดับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาคัดเกรดเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่มีการเติมสิ่งแปลกปลอม

การประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Green cupping test โดยเปรียบเทียบเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาคัดเกรด (กรรมวิธีที่ 1) กับเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่มีการเติมสิ่งแปลกปลอมร้อยละ 0.5 (กรรมวิธีที่ 2) ซึ่งจากการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 1 ตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา มีระดับคะแนนการยอมรับเฉลี่ย 6.82 และ 6.57 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบ ในขณะที่กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตามีระดับคะแนนการยอมรับเฉลี่ย 4.74 และ 4.71 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบ ดังนั้นคาดว่าหากปริมาณสิ่งแปลกปลอมมากกว่าร้อยละ 0.5 จะมีผลให้ระดับคะแนนการยอมรับลดลงอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบ และเมื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ T-test พบว่า

กรมวิชาการเกษตร

ตัวอย่างทั้ง 2 กรรมวิธี มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยกรรมวิธีที่ 2 มีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 70 ของจำนวนตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกา และกรรมวิธีที่ 2 มีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนตัวอย่างเมล็ดกาแฟโรบัสตา ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เพื่อวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นรสที่เป็นผลกระทบจากสิ่งแปลกปลอม ได้แก่ กลิ่นเหม็นอับ (Musty) และจืดชืด (Bland)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

9.1 จากการตรวจสอบข้อบกพร่องหลักในตัวอย่างเมล็ดกาแฟอาราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาของประเทศไทย พบข้อบกพร่องหลักที่พบมากที่สุดในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา คือเมล็ดที่มีแมลงทำลาย รองลงมาคือ เมล็ดเชื้อรา ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร ส่วนเมล็ดแตก ซึ่งถือเป็นข้อบกพร่องรอง พบในเมล็ดกาแฟอะราบิกามีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร ดังนั้นปัญหาข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลายถือว่าเป็นปัญหาสำคัญต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากมอดเจาะผลกาแฟ (Coffee berry borer) ผลกาแฟที่ถูกเจาะจะเป็นช่องทางให้เชื้อรา และเชื้อแบคทีเรียเข้าทำลายซ้ำได้ ส่วนข้อบกพร่องเมล็ดเชื้อรามักพบเนื่องจากปริมาณความชื้นในเมล็ดกาแฟสูงกว่าร้อยละ 15 และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เกินร้อยละ 75 มีโอกาสทำให้เมล็ดกาแฟเกิดการปนเปื้อนเชื้อราและผลิตสารพิษโอคราทอกซิน เอ ซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกายได้

9.2 การจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee) นับจำนวนข้อบกพร่องหลักในเมล็ดกาแฟ สามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิกาได้ 4 ระดับ ได้แก่ เกรดคัดพิเศษ เกรดเอ เกรดรวม และไม่คัดเกรด และสามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสตาได้ 4 ระดับ ได้แก่ เกรดเอ เกรดเอบี เกรดบี และไม่คัดเกรด ซึ่งสามารถใช้เป็นเกณฑ์แนะนำในการซื้อขายเมล็ดกาแฟได้ โดยการใช้ร่วมกับกระดานคัดเกรด เนื่องจากสามารถทำได้ง่ายและสะดวกรวดเร็วกว่าการคำนวณร้อยละโดยน้ำหนักของข้อบกพร่องในเมล็ดกาแฟ

9.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee) เป็นการประเมินคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่มีข้อบกพร่องหลักในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยจากการทดลองพบว่า ปริมาณเมล็ดดำและปริมาณผลกาแฟแห้ง จำนวนอย่างละ 20 เมล็ด และปริมาณเมล็ดที่มีแมลงทำลายจำนวน 40 เมล็ด ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิกา และปริมาณเมล็ดดำ ปริมาณผลกาแฟแห้ง และปริมาณเมล็ดที่มีแมลงทำลาย จำนวนอย่างละ 20 เมล็ด ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟโรบัสตา ส่วนเมล็ดเปรี้ยวไม่เกิน 20 เมล็ด และสิ่งแปลกปลอมไม่เกินร้อยละ 0.5 ทั้งในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและโรบัสตา เนื่องจากมีผลทำให้คะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบเชื้อราจากผลการเพาะเชื้อราเมล็ด

กรมวิชาการเกษตร

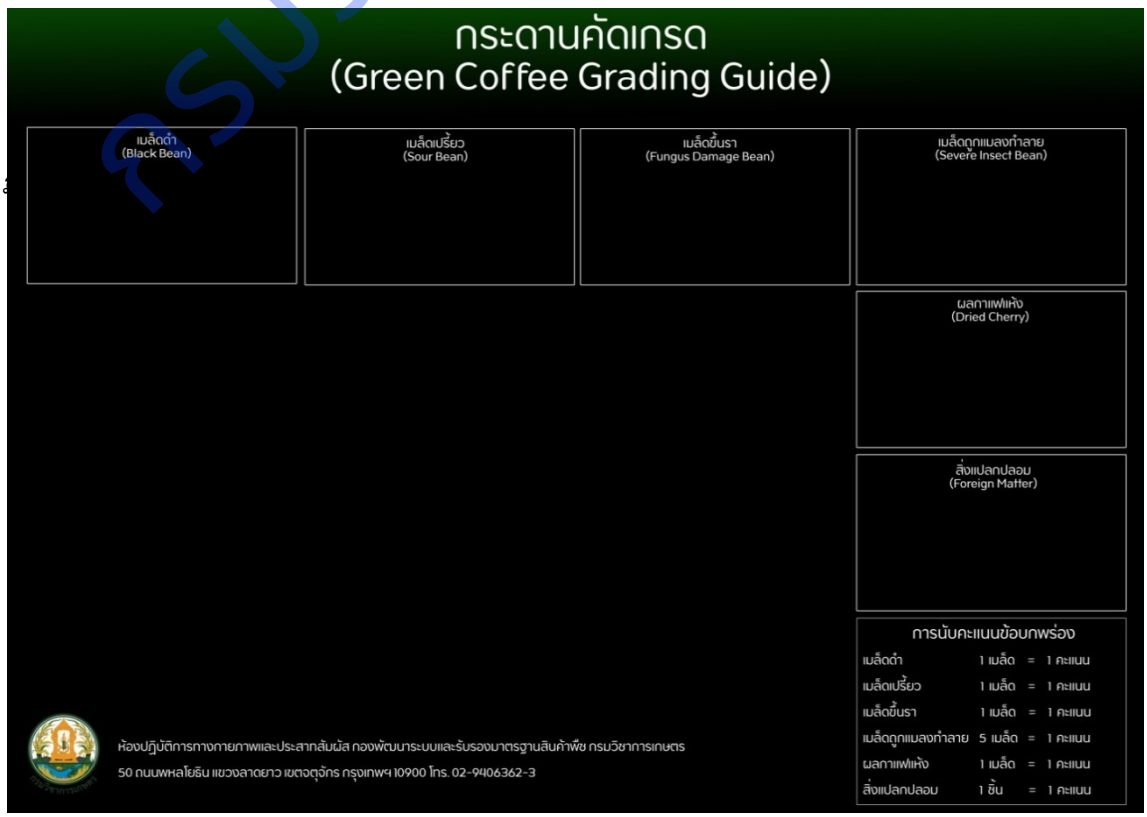
คัดเกรด และเมล็ดที่มีข้อบกพร่องเชื้อรา แต่เมื่อทดสอบปริมาณสารพิษจากเชื้อรา ผลไม่พบและพบในบางกรรมวิธีแต่ยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้อาจอยู่ในช่วงที่เชื้อรายังไม่สร้างสารพิษ

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของเมล็ดกาแฟอะราบิกา (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

ข้อบกพร่อง	กรรมวิธีที่ 1		กรรมวิธีที่ 2		กรรมวิธีที่ 3		กรรมวิธีที่ 4		กรรมวิธีที่ 5	
	เมล็ด	%	เมล็ด	%	เมล็ด	%	เมล็ด	%	เมล็ด	%
เมล็ดดำ	0	0	20	0.6	40	1.2	60	1.8	80	2.4
เมล็ดเชื้อรา	0	0	20	0.8	40	1.5	60	2.5	80	3.3
เมล็ดที่มีแมลงทำลาย	0	0	20	0.8	40	1.4	60	2.2	80	2.8
เมล็ดเปรี้ยว	0	0	20	1.0	-	-	-	-	-	-
ผลกาแฟแห้ง	0	0	20	1.1	40	2.1	60	3.1	80	5.1

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของเมล็ดกาแฟโรบัสตา (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

ข้อบกพร่อง	กรรมวิธีที่ 1		กรรมวิธีที่ 2		กรรมวิธีที่ 3		กรรมวิธีที่ 4		กรรมวิธีที่ 5	
	เมล็ด	%	เมล็ด	%	เมล็ด	%	เมล็ด	%	เมล็ด	%
เมล็ดดำ	0	0	20	0.7	40	1.5	60	2.0	80	2.8
เมล็ดเชื้อรา	0	0	20	0.9	40	1.8	60	2.7	80	3.5
เมล็ดที่มีแมลงทำลาย	0	0	20	1.1	40	2.1	60	3.1	80	4.0
เมล็ดเปรี้ยว	0	0	20	0.9	-	-	-	-	-	-
ผลกาแฟแห้ง	0	0	20	1.1	40	1.8	60	3.4	80	4.6



กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 42 ข้อบกพร่องหลักที่พบในเมล็ดกาแฟ

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ประกอบด้วย

1. ผลการวิจัยของโครงการ เน้นผลผลิต output ตรงเป้าประสงค์ของโครงการ ตามวัตถุประสงค์

ผลงานที่ได้รับประกอบด้วย

1) ต้นแบบเทคโนโลยีระดับกึ่งอุตสาหกรรมและภาคสนามจำนวน 2 เทคโนโลยี ได้แก่

1.1 ดัชนีหลังการเก็บเกี่ยวกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้า

1.2 เกณฑ์การคัดเกรดคุณภาพสารกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้า

2) องค์ความรู้ใหม่ จำนวน 3 องค์ความรู้ได้แก่

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความสุกแก่ของกาแฟต่อปริมาณสาระสำคัญ

3.2 ปริมาณสารและอัตราส่วน Cafestol และ Kahweol ในกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้าและพื้นที่ปลูก

3.3 ร้อยละปริมาณข้อบกพร่องของสารกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้าในประเทศไทย

3) การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะและการฝึกอบรม ได้แก่

4.1 เทคโนโลยีการหมักกาแฟคุณภาพ ภายใต้โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกาแฟพรีเมี่ยมปี 2560 – 2564 ในพื้นที่ 13 จังหวัด

4) การนำเสนอผลงานในงานประชุมระดับชาติและนานาชาติ จำนวน 4 เรื่องได้แก่

5.1 ระดับนานาชาติ

- The correlation between brix degree in the maturity level of coffee cherries; a specific marker in coffee Arabica green bean and coffee quality ในงานประชุม Asean Coffee and Industrial Development Conference 2020 ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติ จังหวัดเชียงใหม่

- Quality by cupping test: The study of black bean defect in green coffee beans by grading test and effect on sensory ในงานประชุม Asean Coffee and Industrial Development Conference 2020 ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติ จังหวัดเชียงใหม่

- Using diterpene as detecting for coffee authentication ในงานประชุม Asean Coffee and Industrial Development Conference 2020 ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติ จังหวัดเชียงใหม่

กรมวิชาการเกษตร

2. ข้อเสนอแนะ (เชิงการนำไปใช้ประโยชน์ บอกผลลัพธ์ (outcome) ที่มีผลกระทบในทางกว้างที่นำผลผลิตไปใช้ หรือนำไปวิจัยต่อ)

แผนการนำไปใช้ประโยชน์

กลุ่มเป้าหมาย	แผนการดำเนินการ	ระยะเวลา
1. ศูนย์วิจัยด้านกาแฟ (จำนวน 7 ศูนย์)	นำเทคโนโลยีไปใช้ในการเก็บเกี่ยว การคัดเกรดและพิสูจน์อัตลักษณ์กาแฟ	ทดสอบอย่างน้อย 2 ปี
2. ภาคเอกชน -มูลนิธิโครงการหลวง -โครงการในพระราชดำริฯ (ไทย, ลาว)	นำเทคโนโลยีไปใช้ในการเก็บเกี่ยวกาแฟของหน่วยงานและโครงการพระราชดำริ 9 แห่งทั่วประเทศ รวมทั้งการคัดเกรดกาแฟเพื่อจำแนกคุณภาพการซื้อขาย	ทดสอบอย่างน้อย 2 ปี (ธ.ค. 63 – ก.พ. 66)
3. ภาคเอกชน - เครือข่ายแปลงกาแฟพรีเมี่ยม จำนวน 13 บริษัท - บริษัท PANAcoffee (ศูนย์เรียนรู้ the Coffenery)	1.นำเทคโนโลยีดัชนีการเก็บเกี่ยวกาแฟวางแผนการเก็บเกี่ยวกาแฟ 2.นำเทคโนโลยีการคัดเกรดทดสอบในกลุ่มวิสาหกิจชุมชน สหกรณ์ผู้รับซื้อกาแฟ 12 แห่งทั่วประเทศ 3.ตรวจสอบแหล่งที่มาการผสมกาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้าและกาแฟในท้องตลาด	ทดสอบอย่างน้อย 2 ปี (ธ.ค. 63 – มี.ค. 66)
4. การขยายผล -ทดสอบในแปลงเกษตรกรโรบัสต้า	นำเทคโนโลยีทดสอบกับผลผลิตกาแฟโรบัสต้าในจังหวัดชุมพรและสตูล	ทดสอบอย่างน้อย 2 ปี

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2558. ยุทธศาสตร์การพัฒนางานวิจัยกาแฟ พ.ศ. 2559-2563. (วันที่ 16 พ.ค. 59) เข้าถึงได้จากอินเตอร์เน็ต http://www.doa.go.th/hort/index.php?searchword=%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B9%81%E0%B8%9F&ordering=&searchphrase=all&Itemid=1&option=com_search/strategycoffee

กรมวิชาการเกษตร[1]. 2559. การผลิตกาแฟครบวงจร : ลักษณะทางพฤกษศาตร์และพันธุ์กาแฟ (วันที่ 17 พ.ค.59) เข้าถึงได้จากอินเตอร์เน็ต http://www.doa.go.th/hort/images/stories/academy/coffee/botanyandcultivar.pdf

กรมวิชาการเกษตร[2]. 2559. การผลิตกาแฟครบวงจร : การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (วันที่17 พ.ค.59) เข้าถึงได้จากอินเตอร์เน็ต http://www.doa.go.th/hort/images/stories/academy/coffee/prepostharvest.pdf

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. 2563. คู่มือการผลิตกาแฟพรีเมี่ยม. กรมวิชาการเกษตร. 11 หน้า.

โกเมศ สัตยาวุธ. 2559. Coffee taster and roaster level1. เอกสารประกอบการฝึกอบรม วันที่ 25-29 เม.ย. 2559. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. 57 หน้า.

โกเมศ สัตยาวุธ, วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร, ปิยนุช นาคะ, มาโนช หาญเทวี และสรัญญา อุปรักขิตานนท์, 2556. การผลิตกาแฟที่มีสารกลุ่ม Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ต่ำ. รายงานการประชุมวิชาการสำนักวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร โรงแรมชะอำบีสรีสอร์ท จังหวัดเพชรบุรี, 15 หน้า.

โกเมศ สัตยาวุธ, สุกัญญา นิติยนต์, สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติและฉัตรนภา ข่มอาวุธ, 2560. การหมักกาแฟโดยเชื้อจุลินทรีย์. รายงานการประชุมวิชาการการกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ปี 2560, 18 หน้า.

จิรสวัสดิ์ ภูวิภิรมย์. 2546. ปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อสารให้กลิ่นรสของกาแฟผสมแบบไทย. บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 7 หน้า.

นนทวัชร ชิตวิลัย. 2547. การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบระเหย และกรดอินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมักของกาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในประเทศไทย. บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยศิลปากร. 8 หน้า

ปิยะมาศ ศรีรัตน์, ปิยะนุช นาคะ และอรพิน ภูมิภมร. 2551. ผลของการสีเปลือกนอกของผลกาแฟและการสลายเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟด้วยเอนไซม์เพคติเนสต่อระยะเวลาการอบแห้งและคุณภาพของเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 39(3), 401-404.

ปิยนุช นาคะ, ผานิต งานกรณาธิการ, ทิพยา ไกรทอง, สำเริง ช่างประเสริฐ, กมลภัทร ศิริพงษ์, นิตยา คงสวัสดิ์, วิไลวรรณ ทวิชศรี, สุธีรา ถาวรรัตน์, เกริกชัย ธนรักษ์ และธวัชชัย นิ่มกิ่งรัตน์. 2561. รายงานเรื่องเต็มการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกาแฟโรบัสตาในแหล่งปลูกต่างๆ ด้วยกาแฟพันธุ์ดี. กรมวิชาการเกษตร. 58 หน้า.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2551. หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 341 หน้า.

พัชนี สุวรรณวิศาลกิจ. 2545. กาแฟคั่ว. วารสารอาหาร: เรื่องของกาแฟที่คุณไม่อาจรู้. วันทีค้นข้อมูล 10 กุมภาพันธ์ 2556, เข้าถึงจาก http://www.nescafe.co.th/coffee_abc_th_th.axcms

กรมวิชาการเกษตร

ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง. 2542. การปลูกกาแฟและผลิตกาแฟอาราบิก้าบนที่สูง. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สมเจตน์ ซิ้มเจริญ. 2546. ผลการวิเคราะห์ดินจากแปลงปลูกกาแฟโรบัสต้าในประเทศไทย. วารสารกาแฟเนสท์เล่, ฉบับที่ 2, หน้า 2-7.

สถาบันวิจัยพืชสวน[1]. 2548. การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับกาแฟโรบัสต้า. กรมวิชาการเกษตร. 22 หน้า.

สถาบันวิจัยพืชสวน[2]. 2562. คู่มือการจัดการการผลิตกาแฟโรบัสต้า. กรมวิชาการเกษตร. 30 หน้า.

สถาบันวิจัยพืชสวน[3]. 2562. คู่มือการจัดการการผลิตกาแฟอะราบิกา. กรมวิชาการเกษตร. 30 หน้า

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2561. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 5700-2561. กรุงเทพฯ. 17 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2561. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 5701-2561. กรุงเทพฯ. 17 หน้า.

สุรีรัตน์ ทวนทวี และ เสาวนีย์ มีมุทา. 2543. การศึกษาพัฒนาการของผลและความแก่จัดทางสรีรวิทยาของเมล็ดกาแฟโรบัสต้า. รวมงานวิจัย “กาแฟโรบัสต้า”ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร เล่ม 1. หน้า 183-202.

Boot, W. 2005. Cupping for flavor vs. defects, roast magazine, Jan./Feb. 2005, 1-4.

Burton, I. 2020. Quantitative NMR Methodology for the authentication of roasted coffee and prediction of blends, *J. Agri. Food Chem.* 68, 49, 14643-14651.

Castro, R.D., and P. Marraccini. 2006. Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. Braz. J. Plant Physiol. 18(1):175-199.

Cavin, C. 2002. Cafestol and kahweol, two coffee specific diterpenes with anticarcinogenic activity. Food Chem. Toxicol. 40, 1151-1163.

Clarke, R.J. 1986. The Flavour of Coffee. Department of Food Science. University of Reading, UK. 1-47 p.

Craig, A.P, C. Fields, N. Liang, D. Kitts and A. Erickson. 2016. Performance review of a fast HPLC-UV method for the quantification of chlorogenic acids in green coffee bean extracts. Talanta 154. 481-485. (23 May 2016) search from https://www.researchgate.net/publication/299990734_Performance_review_of_a_fast_HPLC-UV_method_for_the_quantification_of_chlorogenic_acids_in_green_coffee_bean_extracts

กรมวิชาการเกษตร

Eloy-dias, R.C. Campanha, F.G. Vieira, L.G.E. Ferreira, L.P. Pot, D. Marraccini, P. and M. Toledo benassi. 2010. Evaluation of kahweol and Cafestol in coffee tissues and roasted coffee by a new high-performance liquid chromatography methodology. *J. Agric. Food Chem.* 58, 88-93.

Franca, A.S. Mendonca, JCF. and S.D. Oliveira. 2005. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. LWT, 38, 709–715.

Gokulakrishnan, S. Chandraraj, K. and S.N. Gummadi. 2005. Microbial and enzymatic methods for the removal of caffeine. Enzyme and Microbial Technology, 37, 225–232.

Gordon, R.E. and J.M. Mihm. 1962. Identification of Nocardia caviae (Erickson) nov. comb. Annals of the New York Academy of Sciences 98, 628-636.

Hameed, A., S.A. Hussain and H.A.R. Suleria. 2018. "Coffee bean-related" agroecological factors affecting the coffee. (11 Feb 2020) Search from https://www.researchgate.net/publication/328135364_Coffee_Bean-Related_Agro-ecological_Factors_Affecting_the_Coffee_In_Merrilon_J_M_Ramawat_KG_eds

Keiko, I., S. Daiki, S. Harumichi, S. Hiroaki, F. Yoshinori, M. Daisuke, W. Hiroyaki, N. Chifumi and N. Koichi. 2014. World's First Eulcidation of the Strong Correlation between Tryptophan in *Coffeaarabica* green beans and the Maturity Level of Coffee Cherries, a Determinant of Coffee Falvor Quality. Presentation at the 25th International Conference on Coffee Science. (7 July 2016) search from http://www.suntry.com/softdrink/news/pr/d/SBF0198.html?fromid=sic

Kwang-Geun, L. and T. Shibamoto. 2002. Analysis of volatile components isolated from Hawaiian green coffee beans (*Coffea Arabica* L.). Flavour Fragr. J. 17: 349-351. (17 July 2016) search from http://www2.hcmuaf.edu.vn/data/lhquang/file/Coffee/Analysis%20of%20volatile%20components.pdf

Martins, A.C., and M.B. Gloria. 2010. Changes on the levels of serotonin precursors-trytophaan and 5-hydroxytryptophan during roasting of Arabica and Robusta coffee. Food Chemistry 118 (3):529-533.

Nasanit R. and K. Satayawut. 2014. Microbial communities during wet fermentation process of *Coffea Arabica* var. *chiangmai 80.* Kasetsart University Journal.

Pandey, A. Soccol, CR. Nigam, P. Brand, D. Mohan, R. and S. Roussos. 2000. Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. Biochemical Engineering Journal, 6, 153–162.

SCAA. 2012. SCAA standard for cupping: cupping vessel v.06_20_2012. (7 Dec 2016) Search from http://www.scaa.org

SCAA. 2014. Three varieties in El Salvador Production and Potential. (7 July2016) Search from https://static1.squarespace.com/static/53a8685ee4b0b60c01cf8b20/t/53b2d744e4b00f80139736bd/1404229444681/2014+SCAA+-+Three+Varieties+Presentation.pdf

Schievano, E. Finotello, C. De Angelis, E. Mammi, S. and L. Navarini. 2014. Rapid authentication of coffee blends and quantification of 16-O-Methylcafestol in roasted coffee beans by nuclear magnetic resonance. *J. Agri. Food Chem.*

Setoyama, D., K. Iwasa, H. Seta, H. Shimizu, Y. Fujimura, D. Miura, et al. 2015. High-throughput metabolic profiling of diverse green *Coffea arabica* beans identified tryptophan as a universal discrimination factor for immature beans. (11 Feb 2020) Search from https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0070098.

Silva, CF. Vilela, DM. Cordeiro, CLDS. Duarte, W.F. Dias, D.R. and R.F. Schwan. 2013. Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. World J Microbiol Biotechnol, 29, 235–247.

Sivetz, M. and H.E. Foote. 1963. Coffee Processing Technology. Vol 1: Fruit-Green, Roast and soluble Coffee. London. 598 p.

Skowron, M.J., A.Z. Grzeskowiak and T. Grzeskowiak. 2015. Analytical methods appliec for the characterization and the determination of bioactive compounds in coffee. Eur. Food Res. Technol 240:19-31.

Smith, A.W. 1985. Introduction in coffee, chapter 1. *In* R.J. Clarke and R. Macrae, eds. Coffee Volume 1: Chemistry. Elvevier Applied Sience Publisher Ltd.

Sousa, D.A.G., J.L. Paes, J.P.B. Cunha and M.V.M. Oliveria. 2020. Classification of robusta coffee fruits at different maturation stages using colorimetric characteristics. (11 Feb 2020) Search from

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162020000400518&lng=en&nrm=iso

Toledo, P., L. Pezza, H.R. Pezza and A.T. Toci. 2016. Relationship between the different aspects related to coffee quality and their volatile compounds. (11 Feb 2020) Search from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12205.

Varnam, H.A. and P.J. Sutherland. 1994. Beverage Technology Chemistry and Microbiology. New York: Chapman&Hall. 191-254 p.

Viencent, J.C. 1989. Green coffee processing. In R.J. Clarke and R. Macrae, eds. Coffee Vol. 2: Technology. Elsevier Applied Science PublisherLtd.

Wenjiang, D., T. Lehe, Z. Jianping, H. Rongsuo and L. Minquan. 2015. Characterization of fatty acid and amino acid and volatile compound composition and bioactive components of seven coffee (*Coffea robusta*) Cultivars grown in Hainan province

Wintgens, J.N. 2004. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. Druckhaus Darmstadt GmbH, Darmstadt. 976p.

กรมวิชาการเกษตร