

อิทธิพลของกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟ อุณหภูมิ และระยะเวลาในการสกัดต่อคุณภาพของกาแฟสกัดเย็น

The Influence of Coffee Bean Processing Extraction Temperature and Time on the Quality of Cold Brew Coffee

รุ่งทิวา กองเงิน^{1,*}, พิมลพรรณ พลอยแก้วพน¹, พรพนา ชีวขุนศิริ¹, นภาพร ดีสนาม¹, อีรวัฒน์ เทพใจภาส¹ และ เสกสรร วงศ์ศิริ¹
Rungtiwa Kongngoen^{1,*}, Pimolpun Ploykaewphon¹, Pornpana Cheewakhunkheeree¹, Napaporn Deesanam¹,
Teeravat Tepjaikad¹ and Seksan Wongsiri¹

Received: June 25, 2025

Revised: October 27, 2025

Accepted: November 27, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟ อุณหภูมิ ระยะเวลาสกัดที่มีต่อคุณภาพกาแฟสกัดเย็นจากเมล็ดกาแฟอาราบิก้าคั่วบดที่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีแห้งและวิธียีสต์ ด้วยการนำผงกาแฟผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:10 (w/v) นำไปสกัดเย็นที่อุณหภูมิ 5 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง พบว่ากาแฟสกัดเย็นจากการแปรรูปทั้งสองวิธีไม่ส่งผลต่อค่าทางกายภาพด้านสี L^* , a^* , b^* , h° ค่าดัชนีสีน้ำตาล (BI) ค่าพีเอชและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด แต่ส่งผลต่อค่า C^* ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของ ABTS โดยกาแฟสกัดเย็นจากการแปรรูปด้วยวิธียีสต์มีค่าที่สูงกว่ากาแฟสกัดเย็นที่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีแห้ง การใช้อุณหภูมิและระยะเวลาสกัดเย็นที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่า L^* และ C^* ลดลง แต่ค่า a^* ค่า BI ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของ ABTS สูงขึ้น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่า L^* , b^* , C^* และ h° แต่แปรผันโดยตรงกับค่า a^* จากผลดังกล่าวแนะนำเตรียมกาแฟสกัดเย็นเพื่อสุขภาพจากเมล็ดกาแฟคั่วบดที่ผ่านการแปรรูปด้วยการใช้ยีสต์สกัดเย็นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาสกัด 6 ชั่วโมง

คำสำคัญ: กาแฟสกัดเย็น การแปรรูปด้วยวิธีแห้ง การแปรรูปด้วยวิธียีสต์ ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ

ABSTRACT

This study examines the influence of coffee bean processing, extraction temperature and extraction time on the quality of cold brew coffee made from roasted and ground arabica coffee beans processed by using the dry and yeast methods. Ground coffee was mixed with water at the ratio of 1:10 (w/v) and extracted at two different temperatures (5°C and 25°C) for 0, 6, 12, 18, and 24 h. The results showed that the processing method had no significant effect on the physical properties included color values (L^* , a^* , b^* , h°), browning index (BI), pH, and total soluble solids. However, it affected chroma (C^*), total acidity, total phenolic content, and ABTS⁺ radical scavenging activity. Cold brew coffee made from yeast-processed beans exhibited higher values for these parameters compared to coffee beans made from the dry method. As the extraction temperature and time increased, the L^* and C^* values decreased, while a^* , BI, total phenolic content, and ABTS⁺ radical scavenging activity increased. Total phenolic content was negatively correlated with L^* , b^* , C^* , and h° , but positively correlated with a^* . Based on these findings, cold brew coffee with potential health benefits is recommended using yeast-processed beans, extracted at 25°C for 6 hours.

Keywords: cold brew coffee, dry process, yeast process, free radical scavenging activity

*Corresponding author: rungtiwa@rmutl.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

¹Division of Agro-Industry Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 52000

บทนำ

กาแฟ เป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง เนื่องจากเป็นเครื่องดื่มที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของร่างกายให้ตื่นตัว ลดอาการง่วงนอน และช่วยผ่อนคลายความเครียดได้ [1] สารสำคัญที่มีในเครื่องดื่มกาแฟไม่ว่าจะเป็นคาเฟอีน สารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ หรือสารเอสเทอร์ที่ให้กลิ่นจะมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นกับปริมาณสารที่มีในกาแฟแต่ละสายพันธุ์เกิดการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการผลิต ตั้งแต่ วิธีการแปรรูป เทคนิคการคั่ว ตลอดจนวิธีการชงสกัดน้ำกาแฟ

กระบวนการแปรรูปกาแฟแบบดั้งเดิมที่นิยมใช้ในปัจจุบันมี 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) การแปรรูปแบบธรรมชาติหรือแบบแห้ง (natural process หรือ dry process) เป็นการนำผลกาแฟเชอร์รี่ทั้งเมล็ดที่ผ่านการทำความสะอาดและคัดผลที่ไม่ได้ขนาดหรือเน่าเสียออกแล้วไปตากแห้งโดยไม่ได้สีเปลือกออก เมล็ดกาแฟจะให้รสชาติหวาน มีความหลากหลายของกลิ่นรสผลไม้ 2) การแปรรูปแบบเปียก (wet process หรือ washed process) เป็นการนำผลกาแฟเชอร์รี่มาสีเปลือกออกทำให้ได้กะลาที่มีเมือกเกาะอยู่ จากนั้นนำไปแช่น้ำสะอาดเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ล้างน้ำจนปราศจากเมือกแล้วนำไปตากให้แห้ง เมล็ดกาแฟที่ได้จะมีกลิ่นสะอาด รสชาตินุ่มรับประทานง่าย 3) การแปรรูปแบบฮันนี่ (semi-dry process) คือ การนำผลกาแฟเชอร์รี่ที่ล้างทำความสะอาดแล้วไปสีเปลือกออก แล้วนำไปตากแห้งโดยจะมีเมือกกาแฟเชอร์รี่หรือเนื้อผลกาแฟบางส่วนติดอยู่ในขณะตากแห้ง รสชาติของกาแฟจะมีรสชาติดูเหมือนชัดเจน มีความกลมกล่อม ได้ความเปรี้ยวจากกรดที่อยู่ในเมล็ดกาแฟที่มีความเป็นผลไม้ ต่อมายุคสมัยที่เปลี่ยนไปผู้บริโภคมีความต้องการบริโภคกาแฟที่มีกลิ่นและรสชาติที่หลากหลายมากขึ้นจึงทำให้ปัจจุบันมีการแปรรูปกาแฟในรูปแบบสมัยใหม่ที่มีการประยุกต์หลักการทางวิทยาศาสตร์ของการทำไวน์มาใช้ในการแปรรูปกาแฟบนพื้นฐานของการแปรรูปด้วยวิธีแห้งแบบดั้งเดิมซึ่งผลที่ได้ทำให้กาแฟมีกลิ่นรสที่ซับซ้อนและหลากหลายมากกว่ากาแฟที่มีการแปรรูปด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม [2] โดยสามารถแปรรูปได้ 2 รูปแบบ คือ 1) การแปรรูปด้วย

การใช้ยีสต์ (yeast process) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ประยุกต์ใช้ยีสต์ในการแปรรูปเพื่อให้เกิดกระบวนการหมักและทำให้เกิดกลิ่นกาแฟที่มีความซับซ้อน สารให้กลิ่นกาแฟจะถูกกำหนดโดยกระบวนการหมักซึ่งจะช่วยสร้างคุณลักษณะที่พึงประสงค์และป้องกันการหมักที่ทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ได้ ยีสต์เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้มากที่สุดจากกระบวนการหมักกาแฟ และมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการหมักและพัฒนากลิ่นรสของกาแฟ ยีสต์จึงเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีการศึกษาอย่างกว้างขวางในการหมักกาแฟ ถึงหน้าที่ต่างๆ ของสารเมแทบอไลต์ [2, 3] โดยยีสต์ที่มักพบในกระบวนการแปรรูปกาแฟ ได้แก่ *Pichia kluyveri*, *Pichia anomala*, *Hanseniaspora uvarum*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Debaryomyces hansenii* และ *Torulaspora delbrueckii* [2-6] ยีสต์ยังช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ต้องการออกซิเจน ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในกลุ่มที่ย่อยสลายเพกตินซึ่งจะช่วยในการย่อยสลายเมือกและเปลือกของกาแฟสำหรับกระบวนการแปรรูปด้วยวิธียีสต์ Ribeiro et al. (2017) [7] ได้ศึกษาการใช้กล้าเชื้อในกระบวนการแปรรูปด้วยวิธี semi-dry โดยใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* (CCMA 0543) *Candida parapsilosis* (CCMA 0544) และ *Torulaspora delbrueckii* (CCMA0684) เติบโตบนเมล็ดกาแฟโดยตรงในระหว่างที่ทำการตาก (direct inoculation) และเติมลงในถังหมัก (bucket inoculation) พบว่า เมล็ดกาแฟที่ผ่านการหมักโดยวิธี bucket inoculation หลังจากที่ผ่านมาการคั่วเมล็ดจะมีปริมาณกรดคลอโรจีนิกสูงขึ้น นอกจากนี้วิธีการหมักโดยใช้ bucket inoculation จะช่วยให้จุลินทรีย์มีความทนในระหว่างการหมักและยังพบกรดซิตริกและซักซินิกตลอดระยะเวลาในการหมัก โดยเฉพาะตัวอย่างที่เติม *S. cerevisiae* การคัดเลือกกล้าเชื้อที่เหมาะสมจะช่วยเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้ ยังพบการเปลี่ยนแปลงของกรดชนิดต่างๆ ได้แก่ กรดแอสติค กรดแล็กติก รวมถึงสารประกอบต่างๆ เช่น คาเฟอีน กรดคลอโรจีนิก ซึ่งจะช่วยปรับปรุงในเรื่องคุณภาพกลิ่นรสของกาแฟตลอดไปจนถึงการสร้างสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น สารต้านอนุมูล

*Corresponding author: rungtiwa@rmut.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

¹Division of Agro-Industry Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 52000

อิสระ สารช่วยลดโรคเบาหวาน สารลดคอเลสเตอรอล เป็นต้น 2) การแปรรูป โดยวิธีคาร์บอนิก มาซิเรชัน (carbonic maceration process) ซึ่งเป็นกระบวนการที่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกายภาพ (physico-chemical reaction) ในเนื้อเยื่อของพืช เช่น การไฮโดรไลซิสของพอลิเมอร์สายโซ่ยาวทำให้ degree of polymerization ลดลง โครงสร้างพอลิเมอร์มีสายโซ่สั้นลง เกิดช่องว่างระหว่างโซ่พอลิเมอร์เพิ่มขึ้น จึงเกิดการปลดปล่อยน้ำบางส่วนที่อยู่ในรูปของน้ำที่เกาะกับสารอื่น (bound water) ไปเป็นน้ำอิสระ (free water) น้ำอิสระมีพันธะระหว่างโมเลกุลน้อยกว่าทำให้โมเลกุลมีการเคลื่อนที่อิสระมากกว่าและมีคุณสมบัติที่มีความเป็นขั้ว (dielectric) สูงกว่าน้ำที่เกาะกับสารอื่น (bound water) ทำให้น้ำระเหยได้เร็ว จึงเพิ่มประสิทธิภาพการทำแห้งได้มากขึ้น [8] นอกจากนี้วิธีคาร์บอนิกมาซิเรชันยังมีความเกี่ยวข้องไปถึงค่าพีเอชของไซโตพลาสซึมที่ลดลง เกิดการแตกของเซลล์ เกิดการเปลี่ยนแปลงของเยื่อหุ้มเซลล์ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และช่วยในการสกัดสารต่างๆ ที่อยู่ระหว่างเซลล์ [8-9] สำหรับการประยุกต์การแปรรูปวิธีคาร์บอนิกมาซิเรชันในกาแฟจะเริ่มจากการนำผลกาแฟเชอร์รี่สีแดงสุกเต็มที่มาล้างทำความสะอาด แล้วจึงนำมาสีเปลือกออก จากนั้นนำเมล็ดกาแฟใส่ในถังสแตนเลส ปิดฝาถังแล้วจึงอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าถังเพื่อไล่ก๊าซออกซิเจนออกผ่านวาล์วควบคุม หมักเมล็ดกาแฟประมาณ 24-48 ชั่วโมง ทำการตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิภายในและภายนอกถังตลอดช่วงระยะเวลาการหมัก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะซึมเข้าสู่ผลกาแฟทำให้เกิดกระบวนการหมักเล็กน้อยภายในผลของเมล็ดกาแฟ เอนไซม์ในเมล็ดกาแฟจะทำการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรต กรดอินทรีย์และสารประกอบภายในเมล็ด (endogenous metabolism) [10] นอกจากนี้จุลินทรีย์ธรรมชาติที่ติดมากับเปลือกผลกาแฟจะทำการเปลี่ยนน้ำตาลให้ได้เป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ซึ่งแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณน้อยมาก น้ำตาลจะสามารถซึมเข้าไปยังเมล็ดกาแฟได้มากขึ้น ทำให้เมล็ดกาแฟที่ผ่านกระบวนการข้างต้นมีรสหวานมากกว่าการแปรรูปแบบดั้งเดิม กรดมาลิกจะถูกย่อยให้

ได้เป็นกรดผลไม้หลายชนิด ช่วยลดความโดดเด่นของความเป็นกรด (acidity) และได้ผลพลอยได้เป็นแอลกอฮอล์เล็กน้อย รวมถึงสารประกอบอื่นในกลุ่มเอสเทอร์ ซึ่งทำให้กาแฟที่ได้มีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว [2]

กาแฟสกัดเย็น (cold brew coffee) เป็นกาแฟที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการดริป หรือจุ่มแช่กาแฟบดในน้ำที่มีอุณหภูมิเย็น 4 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมนั้นๆ โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงระยะเวลา 6-24 ชั่วโมง การสกัดที่อุณหภูมิต่ำจะมีผลทำให้ต้องใช้เวลากัดนานกว่าการสกัดโดยวิธีชงร้อน (hot brew) [11-16] Wang and Lim (2023) [17] ได้ศึกษาผลของขนาดอนุภาคกาแฟบด (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอนุภาคเฉลี่ยในช่วง 282-1057 ไมโครเมตร) อุณหภูมิในการสกัด (4-37 องศาเซลเซียส) เวลาในการแช่ (5 นาที-18 ชั่วโมง) และอัตราส่วนการชงกาแฟบดต่อน้ำโดยน้ำหนัก (1:3 - 1:11) ที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพเคมีของกาแฟที่มีการสกัดเย็น (cold brew) พบว่าอัตราการสกัดและปริมาณกาแฟที่สกัดได้เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดและลดขนาดผงกาแฟลง อัตราส่วนของการชงมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณกาแฟที่สกัดได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ แต่จะไม่มีผลกับอัตราการสกัด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) ขึ้นในระหว่างการสกัด ความสัมพันธ์เชิงบวกของปริมาณของแข็งที่ละลายได้กับคุณสมบัติทางกายภาพเคมี ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณคาเฟอีน ปริมาณกรด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการชงร้อน กาแฟสกัดเย็นจะมีค่าพีเอชและค่าแรงตึงผิวสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญแต่มีค่าปริมาณกรด ปริมาณโพลีฟีนอล และค่าจลนศาสตร์การไหล (kinematic viscosity) ต่ำกว่า ผลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์กับกลุ่มบาร์ิสต้าที่จะต้องควบคุมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของประสิทธิภาพการสกัดที่ดี ทำให้ต้องคัดประกอบที่ใช้เป็นโปรไฟล์ที่มีเอกลักษณ์เฉพาะในเครื่องต้ม กาแฟสกัดเย็นเป็นกาแฟที่มีแนวโน้มที่จะให้รสขมน้อยและให้โปรไฟล์ของกลิ่นที่มีความนุ่มนวลมากกว่าการชงแบบร้อน โดยมีความเข้มข้นของ

*Corresponding author: rungtiwa@rmutl.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000¹Division of Agro-Industry Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 52000

ความหวาน กลิ่นของผลไม้ และดอกไม้ที่ชัดเจน เนื่องจากการสกัดเย็นต้องใช้ระยะเวลาในการสกัดนาน มีผลทำให้สารประกอบต่างๆ ที่มีในกาแฟค่อยๆ ละลายออกมาในน้ำที่สกัด โดยสารประกอบที่ละลายได้และมีชีวิต เช่น ฟรุแทน คีโตน กรดและน้ำตาลจะละลายออกมาเมื่อใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าในการสกัดขณะที่สารประกอบที่มีชีวิตน้อยกว่าซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับรสชาติจะต้องใช้อุณหภูมิในการสกัดที่สูงกว่า [18] เป็นผลให้กาแฟสกัดเย็นดื่มง่ายและเป็นที่ยอมรับเพิ่มมากขึ้นในหมู่ผู้บริโภคกาแฟทั่วไป เหมาะอย่างยิ่งกับกลุ่มผู้บริโภคที่เริ่มเป็นนักดื่มกาแฟ นอกจากนี้ กาแฟสกัดเย็นยังมีมูลค่าทางการตลาดที่มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีตัวเลขการเติบโตทั่วโลก ประมาณร้อยละ 26 ในปี 2021 และมูลค่าตลาดมีแนวโน้มสูงกว่า 1,300 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี 2025 [19] ด้วยข้อดีของคุณสมบัติกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟด้วยวิธีสมัยใหม่ด้วยการใช้ยีสต์ที่นอกจากจะให้กาแฟที่มีคุณภาพของกลิ่นรสที่ดีและยังให้สารที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพ ทั้งยังเป็นกระบวนการที่ง่ายในการต่อยอดธุรกิจเชิงพาณิชย์ จากเหตุผลดังกล่าว คณะวิจัย จึงเห็นความสำคัญของการศึกษาคุณสมบัติ และองค์ประกอบทั้งทางด้านกายภาพและเคมี โดยเฉพาะฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำกาแฟสกัดเย็นที่ได้จากเมล็ดกาแฟที่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีการสมัยใหม่ด้วยการใช้ยีสต์เปรียบเทียบกับกาแฟสกัดเย็นที่ได้จากเมล็ดกาแฟที่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีแบบดั้งเดิม ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลด้านสุขภาพและหาสภาวะของการสกัดน้ำกาแฟที่ได้จากวิธีสกัดเย็นที่เหมาะสมที่มีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟ อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดกาแฟต่อคุณภาพทางกายภาพเคมีและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของกาแฟสกัดเย็น

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ตัวอย่างเมล็ดกาแฟอาราบิกาคั่วอ่อน สายพันธุ์คาร์ติมอร์-บาร์บอนที่ได้จากการแปรรูปด้วยวิธีแบบดั้งเดิม แหล่งปลูกที่หมู่บ้านฝักกุด อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน

ที่ระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเลที่ 1,200-1,500 เมตร และเมล็ดกาแฟอาราบิกาคั่วอ่อน สายพันธุ์คาร์ติมอร์-บาร์บอนที่ได้จากการแปรรูปด้วยวิธีการสมัยใหม่ด้วยการใช้ยีสต์แหล่งปลูกที่ดอยฝักกุด โกลยาดี และแม่เหาะ จ. แม่ฮ่องสอน และที่ดอยช้าง จ.เชียงราย ที่ระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเลที่ 1,200-1,400 เมตร ผลิตจากโรงคั่วกาแฟปริดา อ.เมือง จ.ลำปาง ตัวอย่างเมล็ดกาแฟจะถูกบดด้วยเครื่องบดเมล็ดกาแฟ (PLU 12251; Jowsua, China) จนได้ขนาดผงกาแฟ ระดับ finer grind โดยเมื่อนำผงกาแฟมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช (จำนวนช่องเปิดของตะแกรงในช่วงความยาว 1 นิ้ว = 0.850 มิลลิเมตร) และ 40 เมช (จำนวนช่องเปิดของตะแกรงในช่วงความยาว 1 นิ้ว = 0.420 มิลลิเมตร) เขย่าเป็นเวลา 5 นาที จะมีผงกาแฟค้างที่ตะแกรงร่อนขนาด 20 และ 40 เมช ปริมาณร้อยละ 15 และ 55 ตามลำดับตามวิธีการของ Portela et al. (2021) [20]

1. การเตรียมน้ำกาแฟสกัดเย็นจากผงกาแฟ

ในการสกัดเย็นจะทำการสกัดน้ำกาแฟด้วยวิธีการแช่ผงกาแฟกับน้ำใสในขวดแก้วที่มีขนาดบรรจุ 120 มิลลิลิตร (ml) โดยนำผงกาแฟบดละเอียด 10 กรัม (g) ผสมกับน้ำกรองผ่านกรรมวิธีรีเวอร์สออสโมซิส 100 มิลลิลิตร (น้ำดื่มเซเวนซีส์) ตั้งไว้ในตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิการสกัดที่ 5 องศาเซลเซียส (Samsung; RT62K7350) และที่ 25 องศาเซลเซียส (Panasonic; SMR-PT250E) ทำการสกัดกาแฟด้วยการแช่ผงกาแฟในน้ำตามอุณหภูมิที่ใช้ศึกษาเป็นเวลา 0, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาตามที่กำหนดจะทำการกรองผ่านกระดาษกรองกาแฟแล้วนำส่วนใสที่ได้บรรจุในขวดพลาสติกที่หุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาตรวจสอบคุณภาพ

2. การวิเคราะห์คุณภาพค่าสีและดัชนีการเกิดสีน้ำตาล

นำตัวอย่างสารสกัดกาแฟที่แช่แข็งมาทำการละลายที่อุณหภูมิห้อง ทำการวัดค่าสีระบบ CIELAB $L^*a^*b^*C^*h^*$ โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 มุมสังเกต 10° ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter lab; Color Quest XE,

*Corresponding author: rungtiwa@rmutl.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

¹Division of Agro-Industry Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 52000

USA) นำค่าสีที่ได้มาคำนวณดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning Index, BI) [21] ดังสมการ

$$BI = \frac{[100 (x-0.31)]}{0.17}$$

$$\text{เมื่อ } X = \frac{(a^* + 1.75 L^*)}{(5.645 L^* + a^* - 3.012 b^*)}$$

3. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ

นำตัวอย่างสารสกัดกาแฟที่แช่แข็งมาทำละลายที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้

3.1 ค่าพีเอช

วัดค่าพีเอชของสารสกัดกาแฟ ด้วยเครื่องวัดพีเอช (pH meter; Docu-pH: Sartorius, Germany) [22]

3.2 ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไทเทรตได้

ปิเปตตัวอย่างสารสกัดกาแฟ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด ทำการไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล (N) จนกระทั่งถึงจุดยุติสีชมพู บันทึกปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์และคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดเทียบกับกรดซิตริก [22] ดังสมการ

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (\%)} (\text{เทียบกับกรดซิตริก}) = \frac{(\text{ปริมาตร (ml) NaOH}) (\text{ความเข้มข้น (N) NaOH}) \times 64}{\text{ปริมาตรของตัวอย่าง (ml)} \times 10}$$

หมายเหตุ 64 = กรัมสมมูลของกรดซิตริก

3.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้แบบพกพา (Hand refractometer; MASTER-α series: ATAGO, Japan) [22]

3.4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ปิเปตตัวอย่างสารสกัดกาแฟ 0.02 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 1.58 มิลลิลิตร และเติม

สารละลาย Folin-Ciocalteu's reagent 0.1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าผสมแบบหมุนวนแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องไม่เกิน 8 นาที เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ร้อยละ 20 (w/v) 0.3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมงในที่มืด นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร (nm)

เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid) ความเข้มข้น 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l) ดูดสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้ 0.02 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 1.58 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu's reagent 0.1 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ร้อยละ 20 (w/v) 0.3 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm สร้างกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับค่าความเข้มข้นของกรดแกลลิก คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก [23]

3.5 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของ ABTS

เตรียมสารละลาย ABTS (2,2-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ (mM) โดยปิเปตสารละลาย ABTS 5 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย potassium persulphate ความเข้มข้น 140 ไมโครโมลาร์ (μM) 88 ไมโครลิตร (μl) แล้วนำมาตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่วโมง เจือจางสารผสมที่ได้ด้วยน้ำกลั่นเพื่อให้ได้ค่าการดูดกลืนแสง 0.7±0.02 unit ที่ความยาวคลื่น 734 nm โดยใช้อัตราส่วนของสารผสมที่ได้ต่อน้ำ เท่ากับ 1:100 (v/v)

เตรียมสารสกัดกาแฟในอัตราส่วน สารสกัดกาแฟ:น้ำ เท่ากับ 1:10, 1:15, 1:20 และ 1:25 (v/v) โดยปิเปตสารละลายที่ได้มา 30 ไมโครลิตร ทำปฏิกิริยากับสารละลาย ABTS 3000 ไมโครลิตร ในที่มืดเป็นเวลา 6 นาที จากนั้นจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm คำนวณค่า % scavenging activity ดังสมการ

*Corresponding author: rungtiwa@rmutl.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

¹Division of Agro-Industry Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 52000

$$\text{scavenging activity} = \frac{(A_0 - A_{\text{sample}})}{A_0} \times 100$$

เมื่อ A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุม
 A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดกาแฟ
 ที่ทำปฏิกิริยากับ สารละลาย ABTS

นำค่า % scavenging activity ที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้ในการวิเคราะห์ คำนวณค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของ ABTS (IC_{50} ; ความเข้มข้นของสารสกัดกาแฟที่ใช้ในการกำจัดอนุมูลอิสระของ ABTS ลงร้อยละ 50) จากกราฟความสัมพันธ์ที่ได้ [20]

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลอง แบบ 2x2x5 factorial completely randomized design โดยทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัยได้แก่ กระบวนการแปรรูป 2 กระบวนการ โดยใช้เมล็ดกาแฟที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยวิธีแห้งแบบดั้งเดิม (dry process) และเมล็ดกาแฟที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยวิธีสมัยใหม่ด้วยการใช้

ยีสต์ (yeast process) อุณหภูมิในการสกัด 2 ระดับ อุณหภูมิ (5 และ 25 องศาเซลเซียส) และระยะเวลาในการสกัด 5 เวลา (0, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple range test ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และค่าคุณภาพทางกายภาพ ด้านสีนำมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson's correlation coefficient) โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics v.24

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์คุณภาพค่าสีและดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning Index; BI)

น้ำกาแฟสกัดเย็นที่ได้จากผงเมล็ดกาแฟคั่วบดที่ผ่านการแปรรูปโดยวิธีแห้งแบบดั้งเดิมและวิธีแปรรูปสมัยใหม่ด้วยการใช้ยีสต์ ผ่านการสกัดที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน (5 และ 25 องศาเซลเซียส) และใช้เวลาในการสกัด 0, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Effects of coffee bean processing (Pro) extraction temperature (Te) and extraction time (Ti) on color values (CIE L*a*b* and CIE L*C*h°) and browning index (BI) for cold brew coffee extract

Factors	L*	a*	b*	C*	h°	BI
Pro	ns	ns	ns	**	ns	ns
Dry	52.11 ± 3.49	35.02±1.96	83.64±3.16	90.60±2.26 ^b	66.45±2.56	44.07±4.69
Yeast	52.47 ± 4.12	35.38±2.52	84.50±5.03	92.23±3.32 ^a	67.11±2.72	44.46±5.72
Te (°C)	**	**	**	**	ns	**
5	53.65±3.22 ^a	34.89±2.48 ^b	85.57±2.74 ^a	92.50±1.78 ^a	67.15±2.17	42.78±4.79 ^b
25	50.94±3.88 ^b	35.51±1.97 ^a	82.55±4.79 ^b	90.28±3.36 ^b	66.42±3.00	45.75±5.23 ^a
Ti (hrs)	**	**	**	**	**	**
0	55.03±3.79 ^a	33.05±1.93 ^b	87.07±3.96 ^a	93.15±3.10 ^a	68.30±3.36 ^a	39.94±4.50 ^a
6	50.92±2.95 ^b	36.17±1.22 ^a	83.03±3.94 ^b	91.74±1.34 ^{ab}	66.67±2.91 ^{ab}	46.48±3.72 ^b
12	51.28±2.06 ^b	36.06±1.43 ^a	83.40±2.34 ^b	90.93±1.75 ^b	66.34±1.43 ^b	45.76±3.13 ^b
18	52.91±3.46 ^b	35.19±2.07 ^a	84.40±3.22 ^b	91.02±2.34 ^b	66.34±0.46 ^b	43.33±4.61 ^b
24	51.31±5.00 ^b	35.78±2.69 ^a	82.45±5.46 ^b	89.99±4.15 ^b	66.07±3.23 ^b	45.82±6.90 ^b

Note: Mean±SD, the mean difference of letters within each column indicated a significant difference ($p \leq 0.01$)
 ns means not significant difference ($p > 0.01$) ** means significant difference ($p \leq 0.01$)

*Corresponding author: rungtiwa@rmutl.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

¹Division of Agro-Industry Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 52000

เมื่อพิจารณาแต่ละปัจจัยด้านกระบวนการผลิตพบว่าน้ำกาแฟสกัดที่ได้จากเมล็ดกาแฟคั่วบดที่แปรรูปทั้งสองกระบวนการไม่ส่งผลต่อค่าสี L^* a^* b^* h° และค่า BI ($p>0.01$) แต่ส่งผลกับค่า C^* ($p\leq 0.01$) ในขณะที่ปัจจัยด้านอุณหภูมิการสกัดส่งผลต่อค่าสี L^* a^* b^* C^* และค่า BI ($p\leq 0.01$) แต่ไม่ส่งผลต่อค่า h° ($p>0.01$) แสดงว่าเมล็ดของน้ำกาแฟสกัดมีเมล็ดเดียวกัน จึงมีค่ามุม h° ในทุกค่าปัจจัยในช่วง 66.07-68.30 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.01$) ส่วนปัจจัยด้านระยะเวลาในการสกัด ส่งผลต่อค่าสีทุกค่ารวมถึงค่า BI ($p\leq 0.01$) ในแต่ละคู่ปัจจัยการศึกษา (Table 2) ด้านกระบวนการผลิตและอุณหภูมิในการสกัด พบว่าปัจจัยด้านกระบวนการผลิต และอุณหภูมิส่งผลต่อค่า L^* a^* และค่า BI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.01$) โดยน้ำกาแฟสกัดที่ได้จากเมล็ดกาแฟคั่วบดที่ผ่านกระบวนการผลิตทั้งสองกระบวนการเมื่อทำการสกัดที่อุณหภูมิสูงกว่า (25 องศาเซลเซียส) ต่างมีแนวโน้มของค่าความสว่าง (L^*) ลดลง เมื่อพิจารณาถึงค่า a^* และค่า BI น้ำกาแฟสกัดที่ได้จากเมล็ดกาแฟคั่วบดที่ผ่านกระบวนการผลิตโดยวิธีแห้งแบบดั้งเดิมและใช้อุณหภูมิในการสกัดที่สูงขึ้นจะมีค่าความเป็นสีแดง a^* และค่า BI มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น แต่ในน้ำกาแฟสกัดที่ได้จากเมล็ดกาแฟคั่วบด ที่ผ่านกระบวนการผลิตโดยวิธีสมัยใหม่ด้วยการใช้ยีสต์เมื่อทำการสกัดโดยใช้อุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส จะมีค่า a^* และ BI ที่ไม่แตกต่างกันกับค่าที่ได้จากการสกัด ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส อาจมีความเป็นไปได้ว่าน้ำกาแฟสกัดที่ได้จากเมล็ดกาแฟคั่วบดโดยวิธีสมัยใหม่ด้วยการใช้ยีสต์ ยีสต์จะสร้างสารเมแทบอไลต์ เช่น กรดและเอทานอลซึ่งจะไปเปลี่ยนสถานะเคมีของเมล็ดกาแฟ ทำให้สารตั้งต้นที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลมีความสมดุล ซึ่งจะปลดปล่อยความไวต่ออุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดจึงอาจเป็นผลทำให้การสกัดที่ 5 และ 25 องศาเซลเซียส ให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันได้ ด้านกระบวนการผลิตและเวลาที่ใช้ในการสกัด พบว่าน้ำกาแฟสกัดที่ได้จากเมล็ดกาแฟที่ผ่านกระบวนการผลิตโดยวิธีแห้งแบบดั้งเดิม เมื่อใช้เวลาในการสกัดนานขึ้น จะทำให้ค่า BI มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงเวลาสกัดนาน 12 ชั่วโมง จากนั้นค่า BI จะลดลง เมื่อเวลาสกัดผ่านไป 18-24 ชั่วโมง สอดคล้องกับค่าความสว่าง L^* ที่มีแนวโน้มลดลง (มีดมากขึ้น) เมื่อทำการสกัดนานถึง 12 ชั่วโมง และเมื่อเวลาผ่านไป 18-24 ชั่วโมง

ค่าความสว่าง L^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (สว่างมากขึ้น) ทั้งนี้ อาจเกิดจากในช่วงแรกที่มีการสกัดนาน 0-12 ชั่วโมง จะเกิดการละลายของสารประกอบฟีนอลิก melanoidins หรือสารประกอบที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา maillard reaction เพิ่มขึ้นแต่เมื่อระยะเวลาในการสกัดนานขึ้น จนถึง 18-24 ชั่วโมง สารประกอบบางชนิดที่เป็นสารในกลุ่มฟีนอลิก อาจเกิดการออกซิเดชันบางส่วนทำให้ค่า BI ลดลงได้ ส่วนน้ำกาแฟสกัดที่ได้จากเมล็ดกาแฟที่ผ่านกระบวนการผลิต โดยวิธีสมัยใหม่ด้วยการใช้ยีสต์ เมื่อใช้เวลาในการสกัดถึง 6 ชั่วโมง ทำให้ค่า BI เพิ่มขึ้นจากนั้นจะคงที่เล็กน้อยในช่วงเวลาการสกัดที่ 12-18 ชั่วโมง และมีค่า BI เพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อระยะเวลาการสกัด 24 ชั่วโมง ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าความสว่าง L^* ที่มีค่าลดลง (มีดมากขึ้น) ที่ระยะเวลาการสกัด 0-6 ชั่วโมง จากนั้นจะมีค่า L^* เพิ่มขึ้น (สว่างมากขึ้น) และคงที่ในช่วงเวลาการสกัดที่ 12-18 ชั่วโมง และมีค่า L^* ลดลงอีกครั้งเมื่อระยะเวลาการสกัด 24 ชั่วโมง ทั้งนี้ อาจเกิดเนื่องจากในช่วงแรกของการสกัด สารที่ละลายได้ง่าย เช่น กรดและสารประกอบสีน้ำตาลจะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างรวดเร็ว ค่า BI จึงมีค่าสูงขึ้น จากนั้นในช่วง 12-18 ชั่วโมง ระบบเกิดความสมดุลของสารละลายทำให้อัตราการละลายและการสลายตัวของสารประกอบต่างๆ คงที่ ค่า BI จึงมีค่าค่อนข้างคงที่ และเมื่อเวลาผ่านไปจนถึงเวลา 24 ชั่วโมง สารประกอบเชิงซ้อน เช่น กลุ่ม melanoidins ที่มีโมเลกุลใหญ่ที่ต้องใช้เวลานานในการสกัดลงในน้ำกาแฟและละลายออกมาจึงอาจมีผลทำให้ค่า BI สูงขึ้นอีกครั้ง ค่า BI จะเป็นค่าที่บ่งบอกถึงค่าความเปลี่ยนแปลงในวัตถุดิบหรืออาหารที่เกิดการเปลี่ยนแปลง อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลในอาหารทั้งที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์และไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ Saloko *et al.* (2019) [24] ได้รายงานถึงผลของระดับการคั่วที่มีต่อค่า BI ของผงกาแฟโรบัสตา พบว่าผงกาแฟโรบัสตาที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิ 225 องศาเซลเซียส นาน 10, 15 และ 20 นาที จะมีค่า BI เป็น 20.77, 193.44 และ 232.89 ตามลำดับ และในผงกาแฟที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส นาน 10, 15 และ 20 นาที มีค่า BI เป็น 51.02, 252.75 และ 362.23 ตามลำดับ ผลการทดลองนี้อาจสะท้อนให้เห็นว่าผลของอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้ค่า BI สูงขึ้น

*Corresponding author: rungtiwa@rmut.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000¹Division of Agro-Industry Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 52000

Table 2 Effects of the interactions between processes-extraction temperatures (Pro-Te) processes-extraction times (Pro-Ti) and extraction temperatures (Te) and extraction times (Ti) on color values (CIE L*a*b* and CIE L*C*h°) and browning index (BI) for cold brew coffee extract

Factors	L*	a*	b*	C*	h°	BI
Pro-Te (°C)	**	**	ns	ns	ns	**
Dry-5	54.23±3.30 ^a	33.89±1.94 ^c	85.59±2.37	91.98±1.65	67.07±2.12	41.29±4.36 ^b
Dry 25	50.00±2.19 ^c	36.07±1.32 ^a	81.68±2.63	89.31±1.99	65.91±2.86	46.86±3.16 ^a
Yeast 5	53.06±3.15 ^{ab}	35.81±2.63 ^{ab}	85.53±3.18	93.07±1.79	67.23±2.30	44.27±4.88 ^a
Yeast 25	51.88±4.95 ^b	34.91±2.40 ^b	83.48±6.34	91.40±4.27	66.99±3.18	44.64±6.63 ^a
Pro-Ti (hrs)	**	**	**	**	**	**
Dry 0	51.54±1.45 ^{bcd}	34.90±0.12 ^{bc}	83.54±2.05 ^b	95.82±0.67 ^b	65.60±2.71 ^{bc}	44.19±0.10 ^{bcd}
Dry 6	51.75±1.50 ^{bcd}	35.46±0.29 ^{ab}	84.05±1.78 ^b	92.09±0.25 ^b	68.15±2.70 ^b	45.09±1.74 ^{abcd}
Dry 12	50.55±2.51 ^{bcd}	36.22±1.85 ^{ab}	82.49±2.84 ^b	91.35±0.99 ^b	65.75±1.72 ^{bc}	46.55±4.00 ^{abc}
Dry 18	53.69±4.95 ^b	34.32±2.45 ^c	84.40±4.24 ^b	90.80±0.53 ^b	66.01±0.24 ^b	41.70±6.30 ^d
Dry 24	53.03±5.31 ^{bc}	34.24±2.30 ^c	83.71±4.71 ^b	86.96±6.93 ^b	66.96±3.81 ^{bc}	42.83±7.12 ^{cd}
Yeast 0	58.51±0.51 ^a	31.20±0.77 ^d	90.60±0.66 ^a	95.82±0.67 ^a	70.99±0.17 ^a	35.69±0.36 ^e
Yeast 6	50.09±3.90 ^c	36.74±1.42 ^a	82.00±5.33 ^b	92.58±1.28 ^b	64.82±2.14 ^{bc}	47.88±4.78 ^{ab}
Yeast 12	52.01±1.33 ^{bcd}	35.90±1.03 ^{ab}	84.32±1.41 ^b	91.96±1.33 ^b	66.94±0.85 ^{bc}	44.96±2.00 ^{abcd}
Yeast 18	52.13±0.70 ^{bcd}	36.26±0.16 ^{ab}	84.39±1.06 ^b	92.92±0.34 ^b	66.74±0.30 ^{bc}	44.96±0.94 ^{abcd}
Yeast 24	49.60±4.44 ^d	37.31±1.27 ^a	81.18±6.30 ^b	91.86±0.69 ^b	65.19±2.57 ^c	48.81±5.72 ^a
Te (°C)-Ti (hrs)	**	**	ns	**	ns	**
Te 5 Ti 0	55.03±3.97 ^a	33.05±2.03 ^d	87.07±4.16	93.15±3.25 ^a	68.30±3.53	39.94±4.72 ^e
Te 5 Ti 6	51.34±2.01 ^{bcd}	36.67±1.49 ^a	83.75±2.40	91.88±1.65 ^{ab}	65.79±1.18	46.33±2.96 ^{abc}
Te 5 Ti 12	52.24±1.60 ^{abc}	35.75±1.58 ^{ab}	84.62±1.59	91.96±1.07 ^{ab}	66.74±1.12	44.64±2.85 ^{bcd}
Te 5 Ti 18	55.37±3.14 ^a	34.32±1.58 ^{cd}	87.05±1.68	93.23±0.42 ^a	66.40±0.17	40.69±5.23 ^{de}
Te 5 Ti 24	54.25±3.61 ^{ab}	34.77±3.09 ^{bc}	85.59±2.05	92.44±0.83 ^{ab}	67.82±2.19	42.30±5.68 ^{cde}
Te 25 Ti 0	55.03±3.97 ^a	33.05±2.03 ^d	87.07±4.16	93.15±3.25 ^a	68.30±3.53	39.94±4.72 ^e
Te 25 Ti 6	50.50±3.83 ^{cd}	35.55±0.31 ^{ab}	82.30±5.20	91.60±1.13 ^{bc}	67.37±3.80	46.64±4.65 ^{abc}
Te 25 Ti 12	50.33±2.14 ^{cd}	36.37±1.34 ^{ab}	82.19±2.46	89.90±1.74 ^{bc}	65.95±1.71	46.87±3.24 ^{ab}
Te 25 Ti 18	50.46±1.44 ^{cd}	35.88±0.33 ^{ab}	81.74±1.69	89.26±1.43 ^{bc}	66.29±0.63	45.97±1.69 ^{abc}
Te 25 Ti 24	48.37±4.60 ^d	36.79±1.96 ^a	79.30±6.15	87.54±4.77 ^c	64.32±3.29	49.33±6.54 ^a

Note: Mean±SD, the mean difference of letters within each column indicated a significant difference ($p \leq 0.01$)
 ns means not significant difference ($p > 0.01$) ** means significant difference ($p \leq 0.01$)

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ

ผลของกระบวนการผลิต อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดเย็นผงกาแฟคั่วบดที่ได้จากกระบวนการผลิตสมัยใหม่ โดยการใช้ยีสต์และกระบวนการแปรรูปแห้งแบบดั้งเดิมที่มีต่อคุณภาพทาง

เคมีด้านค่าพีเอช (pH) ร้อยละปริมาณกรดทั้งหมด (%Total acidity; TA) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid; TSS) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compound; TPC) และค่า IC₅₀ ดัง Table 3

*Corresponding author: rungtiwa@rmutl.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

¹Division of Agro-Industry Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 52000

Table 3 Effects of coffee bean processing (Pro) extraction temperature (Te) and extraction time (Ti) on pH total acidity (TA) total soluble solid (TSS) total phenolic content (TPC) and IC₅₀ of ABTS for cold brew coffee extract

Factors	pH	TA (%)	TSS (°Brix)	TPC (mg GAE/L)	IC ₅₀ of ABTS (mg/L)
Pro	ns	**	ns	**	**
Dry	5.05±0.30	0.15±0.01 ^b	2.00±0.00	2749.01±421.47 ^b	61.09±11.53 ^a
Yeast	4.99±0.07	0.16±0.00 ^a	2.00±0.00	2861.58±405.01 ^a	49.45±15.98 ^b
Te (°C)	ns	ns	ns	**	**
5	5.00±0.06	0.15±0.01	2.00±0.00	2739.54±484.55 ^b	59.50±14.91 ^a
25	5.05±0.31	0.15±0.01	2.00±0.00	2871.06±323.23 ^a	51.04±14.10 ^b
Ti (hrs)	**	**	ns	**	**
0	5.22±0.45 ^a	0.15±0.01 ^b	2.00±0.00	2571.48±166.05 ^a	69.57± 7.93 ^a
6	4.97±0.01 ^b	0.16±0.01 ^a	2.00±0.00	2786.15±214.93 ^b	52.01± 4.88 ^b
12	5.00±0.08 ^b	0.16±0.01 ^a	2.00±0.00	2809.52±248.17 ^b	51.85±12.54 ^b
18	4.96±0.02 ^b	0.16±0.00 ^a	2.00±0.00	2924.20±568.84 ^b	52.12± 9.17 ^b
24	4.96±0.01 ^b	0.16±0.00 ^a	2.00±0.00	2976.17±608.64 ^b	48.66±21.23 ^b

Note: Mean±SD, the mean difference of letters within each column indicated a significant difference ($p \leq 0.01$)
 ns means not significant difference ($p > 0.01$) ** means significant difference ($p \leq 0.01$)

เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านกระบวนการผลิต พบว่า กระบวนการผลิตไม่มีผลต่อค่า pH และค่า TSS แต่มีผลต่อค่า TA ค่า TPC และค่า IC₅₀ ซึ่งชี้ให้เห็นว่ากระบวนการแปรรูปโดยวิธีการใช้ยีสต์จะมีค่า TA และค่า TPC สูงกว่า แต่มีค่า IC₅₀ ต่ำกว่ากระบวนการแปรรูปแห้งแบบดั้งเดิม เนื่องจากยีสต์สามารถสังเคราะห์กรดอินทรีย์ เช่น กรดแอซติก กรดแล็กติก กรดซัคซินิก เป็นต้น ในระหว่างการหมัก ค่า TA จึงสูงขึ้นและยังผลิตเอนไซม์ เช่น β -glucosidase ที่จะช่วยย่อยสลายสารประกอบฟีนอลิกให้อยู่ในรูปอิสระทำให้ค่า TPC สูงขึ้น ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของ ABTS จึงสูงด้วย ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของ ABTS มักจะแสดงผลในรูปแบบ IC₅₀ ซึ่งหมายถึงความเข้มข้นของสารที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 หากค่า IC₅₀ ต่ำ แสดงว่าสารนั้นมีคุณสมบัติในการกำจัดอนุมูลอิสระได้ดีและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง แต่เนื่องจากเมล็ดกาแฟมีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ (buffer capacity) สูง การเพิ่มของค่า TA โดยที่สัดส่วน $[A^-]/[HA]$ (จากสมการ $pH = pK_a + \log [A^-]/[HA]$) ไม่เปลี่ยนมากนัก อาจมีผลทำให้ค่าพี

เอชไม่เปลี่ยนได้ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลไปเป็นสารเมแทบอไลต์ใหม่โดยยีสต์อาจทดแทนการสูญเสียของสารละลายบางชนิดจึงส่งผลให้ค่า TSS รวมไม่เปลี่ยนแปลง ในส่วนค่า TSS จากงานวิจัยพบว่ากาแฟสกัดเย็นที่ได้จากเมล็ดกาแฟแปรรูปด้วยวิธีสมัยใหม่ด้วยการใช้ยีสต์มีค่า TSS ไม่แตกต่างกันกับค่า TSS ของกาแฟสกัดเย็นที่ได้จากเมล็ดกาแฟที่แปรรูปด้วยวิธีแห้งแบบดั้งเดิม ($p > 0.01$) โดยมีค่า TSS เท่ากับ 2.00 ± 0.00 °Brix ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกันกับงานวิจัยของ Portela *et al.* (2021) [20] ที่ได้รายงานค่าของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของกาแฟอะราบิกาสกัดเย็นที่ระดับการบดละเอียด (มีผงกาแฟคั่วบดบดละเอียด 20 เมช ร้อยละ 15) สกัดเย็นที่อุณหภูมิ 5 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง พบว่ามีค่า TSS เท่ากับ $2,035 \pm 7$ และ $1,960 \pm 99$ mg/100 มิลลิลิตร ซึ่งสามารถเทียบเป็นหน่วย °Brix ได้เป็น 2.035 และ 1.960 °Brix ตามลำดับ สำหรับปัจจัยด้านอุณหภูมิการสกัดพบว่าอุณหภูมิการสกัดทั้งสองอุณหภูมิที่ต่างกัน (5 และ 25 องศาเซลเซียส) ไม่มีผลต่อค่า pH ค่า TA

*Corresponding author: rungtiwa@rmutl.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000¹Division of Agro-Industry Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 52000

และค่า TSS แต่มีผลต่อค่า TPC และ IC_{50} จะเห็นว่าการใช้อ่อนฤทธิ์ในการสกัดสูงจะทำให้ค่า TPC สูงขึ้นและมีค่า IC_{50} ต่ำลง เนื่องจากอ่อนฤทธิ์การสกัดที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้เกิดการปลดปล่อย bound phenolics อยู่ในรูปอิสระมากขึ้นสารประกอบฟีนอลิก มีการละลายได้ดีขึ้น ค่า TPC จึงมีค่าสูง ซึ่งจะมีฟีนอลิกอิสระช่วยในการกำจัดอนุมูลอิสระของ ABTS ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นสอดคล้องกับค่า IC_{50} ที่ต่ำลง แสดงว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kang et al. (2019) [25] ที่ได้ศึกษาถึงศักยภาพของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของกาแฟคั่วกลางที่ทำการชงแบบเย็นด้วยการจุ่มแช่และการดริปที่อุณหภูมิ 5 และ 20 องศาเซลเซียส ใช้เวลาสกัดนาน 12 ชั่วโมง พบว่าการชงแบบเย็นด้วยการจุ่มแช่และการชงเย็นแบบดริปที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ต่างให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด มีค่า 10.75 ± 0.49 และ 10.91 ± 0.48 $\mu\text{mol GAE/ml}$ ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการชงเย็นที่ 5 องศาเซลเซียส และเมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS ในกาแฟชงเย็นทั้งแบบจุ่มแช่และแบบดริปที่อุณหภูมิ 5 และ 20 องศาเซลเซียส พบว่าการชงเย็นแบบจุ่มแช่และแบบดริปที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะมีค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระมากกว่าการชงเย็นแบบจุ่มแช่และแบบดริป ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS ของกาแฟชงเย็นที่ 20 องศาเซลเซียส แบบจุ่มแช่และแบบดริป มีค่า $4,243.40 \pm 290.46$ และ $4,417.28 \pm 167.13$ mgVcE/L ในขณะที่ค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS ของกาแฟชงเย็นที่ 5 องศาเซลเซียส แบบจุ่มแช่ และแบบดริป มีค่า $3,249.31 \pm 287.82$ และ $3,217.94 \pm 428.16$ mgVcE/L ตามลำดับ ส่วนการสกัดที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ให้ผลของค่า pH TA และ TSS ไม่แตกต่างกันกับการสกัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยค่า pH ที่ไม่เปลี่ยนแปลง อาจเนื่องมาจากในน้ำกาแฟสกัดมีคุณสมบัติเป็น buffering capacity ที่จะช่วยคงสภาพ pH ให้คงที่และมีค่าที่ไม่แตกต่างกันได้ กรดอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำกาแฟสกัดอาจมีความสามารถในการละลายได้ทั้งสองอุณหภูมิอาจมีชนิดและปริมาณกรดที่

ละลายได้ใกล้เคียงกัน ค่า TA จึงมีค่าไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ปริมาณสารที่ละลายได้ทั้งหมด เช่น กรดน้ำตาล ฟีนอลิก แม้ฟีนอลิกจะละลายได้มากขึ้น แต่อาจไม่มีผลที่จะทำให้ค่า TSS เกิดการเปลี่ยนแปลง ค่า TSS ที่วัดได้จากการใช้อ่อนฤทธิ์ในการสกัดทั้งสองอุณหภูมิจึงมีค่าไม่แตกต่างกัน ปัจจัยด้านระยะเวลาในการสกัดพบว่าระยะเวลาในการสกัดไม่มีผลต่อค่า TSS แต่มีผลต่อค่า pH ค่า TA ค่า TPC และค่า IC_{50} จะเห็นว่าการใช้ระยะเวลาในการสกัดนานขึ้น ค่า TSS มีค่าไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากการใช้ระยะเวลาสกัดนานขึ้นสารประกอบที่ละลายได้ เช่น น้ำตาล อาจจับกับสารประกอบอื่น เช่น โพลีฟีนอล ทำให้เกิดการละลายได้น้อยลงทำให้ค่า TSS ก่อนข้างคงที่ จึงให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันเมื่อใช้เวลาในการสกัดนานขึ้นจนถึง 24 ชั่วโมง [14] สำหรับค่า pH และค่า TA นั้นการสกัดที่ใช้ระยะเวลานานขึ้น จะมีแนวโน้มทำให้ค่า pH ลดลง ในขณะที่มีค่า TA เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกรดสามารถละลายในน้ำกาแฟสกัดได้มากขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นของการสกัด สำหรับค่า TPC และค่า IC_{50} การใช้ระยะเวลาการสกัดนานขึ้นจะทำให้สารประกอบฟีนอลิกละลายลงในน้ำกาแฟสกัดได้มากขึ้น bound phenolic จะถูกปลดปล่อยเปลี่ยนเป็น free phenolic ทำให้ค่า TPC มีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS มีประสิทธิภาพมากขึ้น ค่า IC_{50} ลดลงบ่งบอกถึงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี จากผลดังกล่าวพิจารณาได้ว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของ ABTS ของการใช้ระยะเวลาการสกัดเย็น 6 ชั่วโมง มีค่าไม่แตกต่างจากค่าที่ใช้ระยะเวลาการสกัด 24 ชั่วโมง ($p > 0.01$) ดังนั้นจึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้ระยะเวลาในการสกัดให้เหมาะสมประกอบกับการดำเนินชีวิตในปัจจุบันที่มีความเร่งรีบ การสกัดเย็นกาแฟที่ใช้ระยะเวลาในการสกัด 6 ชั่วโมง ใช้อ่อนฤทธิ์ในการสกัด 25 องศาเซลเซียส และเลือกใช้ผงกาแฟที่ได้จากเมล็ดกาแฟคั่วบดที่แปรรูปด้วยวิธีการสมัยใหม่ด้วยการใช้ยีสต์ จึงเป็นแนวทางในการเตรียมน้ำกาแฟสกัดเย็นเพื่อสุขภาพได้

*Corresponding author: rungtiwa@rmutl.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000¹Division of Agro-Industry Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 52000

Table 4 Pearson's correlation coefficient between total phenolic content and color values of cold brew coffee extract

Parameter	L*	a*	b*	C*	h°
Total phenolic content	-0.467**	0.614**	-0.347*	-0.305*	-0.359*
L*		-0.905**	0.967**	0.921**	0.781**
a*			-0.809**	-0.706**	-0.780**
b*				0.987**	0.775**
C*					0.739**

Note: ns: Not significant, * significant at $p \leq 0.05$, ** significant at $p \leq 0.01$

เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และค่าสีของน้ำกาแฟสกัดเย็น ดังแสดงได้จาก Table 4 พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ค่าความสดของสี (C*) และค่าเฉดสี (h°) แต่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าความเป็นสีแดง (a*) จะเห็นได้ว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น จะมีแนวโน้มทำให้ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีเหลือง ค่าความของสีลดลง แต่มีแนวโน้มของค่าความเป็นสีแดงมากขึ้น น้ำกาแฟสกัดเย็นที่ได้จึงมีสีที่เข้มขึ้นตามปริมาณฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การใช้เวลาในการสกัดเย็นมากขึ้นจะมีผลต่อสารประกอบต่างๆที่จะถูกละลายออกมาจากผงกาแฟที่ใช้สกัดซึ่งสารประกอบที่อยู่บริเวณผิวของผงกาแฟจะถูกสกัดออกมาอย่างรวดเร็วและเมื่อใช้เวลากัดเย็นนานขึ้น สารประกอบที่อยู่ภายในชั้นที่ลึกกว่าก็จะถูกสกัดละลายลงในน้ำที่ใช้สกัดได้ [18] ซึ่งมีผลทำให้สีของน้ำกาแฟสกัดเย็นที่ใช้เวลานานในการสกัดเอาสารประกอบต่างๆละลายลงในน้ำที่ใช้สกัด ทำให้สีของน้ำกาแฟสกัดเย็นมีความเข้มมากขึ้น

สรุปผล

กาแฟสกัดเย็นที่ได้จากผงกาแฟคั่วบดที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยวิธีแห้งแบบดั้งเดิมและการแปรรูปด้วยวิธีการสมัยใหม่โดยใช้ยีสต์ สกัดเย็นที่อุณหภูมิ 5 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมงไม่ส่งผลต่อค่าทางกายภาพด้านสี L*a*b* h° ค่า BI ค่าพีเอชและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดแต่ส่งผลต่อค่า C* ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของ ABTS⁺ โดยกาแฟสกัดเย็นจากการแปรรูปด้วยวิธียีสต์ให้ค่าที่มากกว่ากาแฟสกัดเย็นที่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีแห้ง นอกจากนี้การใช้อุณหภูมิและระยะเวลาสกัดเย็นที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่า L* และค่า C* ลดลง แต่ค่า a* ค่า BI ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของ ABTS⁺ สูงขึ้น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่า L* b* C* และ h° แต่มีเชิงบวกกับค่า a* จากผลดังกล่าวทำให้สามารถเลือกใช้ผงกาแฟที่ได้จากเมล็ดกาแฟคั่วบดที่แปรรูปด้วยวิธีการสมัยใหม่ด้วยการใช้ยีสต์ สกัดเย็นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาสกัด 6 ชั่วโมง เป็นแนวทางหนึ่งในการเตรียมกาแฟสกัดเย็นเพื่อสุขภาพได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Rakthao, D., Kosai, P., Wicha., T., Jongpongsa., S. and Tantong., P. (2018). Consumer behavior of fresh coffee in Thasala District, Nakhon Si Thammarat Province. Veridian E-journal, Silpakorn University. 11(3):3329-3352. (in Thai).
- [2] Jitjaroen, W., Ta-kham, T., Jitjaroen, A., Kongngoen, R. and Panjai, L. (2020). The impact of innovative coffee processing on the quality of Arabica coffee grown on different altitude areas, with the goal to enhance the export standards of specialty coffee industry on the

*Corresponding author: rungtiwa@rmut.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

¹Division of Agro-Industry Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 52000

- economic model of new s- curve. Rajamangala University of Technology Lanna Lampang (in Thai).
- [3] Pereira, G.V.M., Soccol, V.T., Pandey, A., Medeiros, A.B.P., Lara, J.M.R.A. and Gollo A. L. (2014). Isolation, selection and evaluation of yeasts for use in fermentation of coffee beans by the wet process. *International Journal of Food Microbiology*. 188: 60-66.
- [4] Masoud, W., Cesar, L.B., Jespersen, L., and Jakobsen, M. (2004). Yeast involved in fermentation of *Coffea arabica* in East Africa determined by genotyping and by direct denaturing gradient gel electrophoresis. *Yeast*. 21(7): 549– 556.
- [5] Silva, C.F., Batistam, L.R., Abreu, L.M., Dias, E.S. and Schwan R.F. (2008). Succession of bacterial and fungal communities during natural coffee (*Coffea arabica*) fermentation. *Food Microbiology*. 25(8): 951–957.
- [6] Vilela, D.M., Pereira, G.V., Silva, C.F., Batista, L.R., and Schwan R.F. (2010). Molecular ecology and polyphasic characterization of the microbiota associated with semi-dry processed coffee (*Coffea arabica* L.). *Food Microbiology*. 27(8): 1128–1135.
- [7] Ribeiro, L.S., Miguel, M.G. da C.P., Evangelista, S.R., Martins, P.M.M., van Mullem, J., Belizario, M. H., and et.al. (2017) . Behavior of yeast inoculated during semi-dry coffee fermentation and the effect on chemical and sensorial properties of the final beverage. *Food Research International*. 92:26-32.
- [8] Liu, L., Wang, Y., Zhao, D., An, K., Ding, S. and Wang, Z. (2014). Effect of carbonic maceration pre- treatment on drying kinetics of chili (*Capsicum annuum* L.) flesh and quality of dried product. *Food and Bioprocess Technology*. 7(9): 2516-2527.
- [9] Gunes, G., Blum, L.K. and Hotchkiss, J.H. (2005). Inactivation of yeasts in grape juice using a continuous dense phase carbon dioxide processing system. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 85: 2362-2368.
- [10] Várady, M., Tauchen, J., Franková. A., Klouček, P and Popelka, P. (2022). Effect of method of processing specialty coffee beans (natural, washed, honey, fermentation, maceration) on bioactive and volatile compound. *LWT-Food Science and Technology*. 172: 114245.
- [11] Fuller, M., and Rao, N.Z. (2017). The effect of time, roasting temperature, and grind size on caffeine and chlorogenic acid concentrations in cold brew coffee. *Science*. 7:17979.
- [12] Rao, N.Z., and Fuller, M. (2018). Acidity and antioxidant activity of cold brew coffee. *Science*. 8(1):16030.
- [1 3] Angeloni, G., Guerrini, L., Masella, P., Bellumori, M., Daluiso, S., Parenti, A. and et.al. (2019). What kind of coffee do you drink? An investigation on effects of eight different extraction methods. *Food Research International*. 16:1327-1335.
- [14] Cordoba, N., Pataquiva, L., Osorio, C., Moreno, F.L.M. and Ruiz, R.Y. (2019) . Effect of grinding, extraction time and type of coffee on the physicochemical

*Corresponding author: rungtiwa@rmutl.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000¹Division of Agro-Industry Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 52000

- and flavour characteristics of cold brew coffee. *Scientific Reports*. 9:8440. doi:10.1038/s41598-019-44886-w
- [15] Cordoba, N., Fernandez-Alduenda, M., Moreno, F.L. and Ruiz, Y. (2020). Coffee extraction: A review of parameters and their influence on the physicochemical characteristics and flavour of coffee brews. *Trends in Food science and Technology*. 96:45-60.
- [16] Rao, N.Z., Fuller, M. and Grim, M.D. (2020). Physiochemical characteristics of hot and cold brew coffee chemistry: The effects of roast level and brewing temperature on compound extraction. *Food*. 9(7):902. doi:10.3390/foods9070902.
- [17] Wang, X. and Lim, L.T. (2023). Effects of grind size, temperature, and brewing ratio on immersion cold brewed and French press hot brewed coffees. *Applied Food Research*. 3(2):1-8.
- [18] Yust, B.G., Wilkinson, F. and Rao, N.Z. (2024). Variables affecting the extraction of antioxidants in cold and hot brew coffee: A Review. [Online] Available from <http://dx.doi.org/10.3390/antiox13010029> [Accessed January 24, 2025]
- [19] Waradee, C. (2024). Healthy coffee 'cold brew' faces major challenge in 'food safety'. [Online] Available from <https://www.bangkokbiznews.com/lifestyle/food/1116819> [Accessed January 24, 2025] (in Thai).
- [20] Portela, C.S., Almeida, I.F., Mori, A.L.B., Yamashita, F. and Benassi, M.T. (2021). Brewing conditions impact on the composition and characteristics of cold brew Arabica and Robusta coffee beverages. [Online] Available from <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111109> [Accessed January 24, 2025]
- [21] Shan, O.E., Zzaman, W. and Yang, T.A. (2016). Impact of different temperature-time profiles during superheated steam roasting on some physical changes of Robusta coffee. *Tropical Agricultural Science*. 39(3): 311-320.
- [22] AOAC. (2000). Official methods of analysis (17th ed). The Association of Official Analytical Chemists, Maryland, USA.
- [23] Haile, M. and Kang, W.H. (2019). Antioxidant activity, total polyphenol, flavonoid and tannin contents of fermented green coffee beans with selected yeasts. [Online] Available from <http://dx.doi.org/10.3390/fermentation5010029>. [Accessed January 24, 2025]
- [24] Saloko, S., Sulastri, Y., Murad, M. and Rinjani, M.A. (2019). The effects of temperature and roasting time on the quality of ground Robusta coffee (*Coffea robusta*) using Gene Café roaster. *Proceedings of the 2nd International Conference on Bioscience, Biotechnology, and Biometrics 2019*. AIP Conference Proceedings, 2199, 060001-1–060001-14; doi:10.1063/1.5141310
- [25] Kang, D.E., Lee, H-U., Davaatseren, M. and Chung M-S. (2019). Comparison of acrylamide and furan concentrations, antioxidant activities, and volatile profiles in cold or hot brew coffees. [Online] Available from <http://doi.org/10.1007/s10068-019-00644-2> [Accessed January 24, 2025]

*Corresponding author: rungtiwa@rmutl.ac.th

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000¹Division of Agro-Industry Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 52000