

บทความวิจัย

การเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาดำอัสสัมผลิตด้วยวิธีแบบออร์โธดอกซ์กับวิธีดัดแปลงแบบ CTC Comparison of Physicochemical Properties and Sensory Quality of Orthodox versus Modified CTC Methods of Assam Black Tea

ธัญลักษณ์ บัวผัน^{1*} ทนงศักดิ์ สัสดีแพง² และ กาญจนา ดวงฟูคำ¹

Tunyaluk Bouphun^{1*} Tanongsak Sassa-deepang² and Kanjana Dongfookam¹

Received: June 14, 2022

Revised: September 16, 2022

Accepted: September 22, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความแตกต่างของการแปรรูปใบชาอัสสัมด้วยวิธีแบบออร์โธดอกซ์ และวิธีดัดแปลงแบบ CTC ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ ประสาทสัมผัส และการยอมรับของผู้บริโภคต่อคุณภาพของชาดำอัสสัม พบว่า ชาดำที่ผึ่งใบชาบนกระด้งมีค่าคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นที่สูงกว่าใบชาที่ผึ่งบนตาข่าย ระยะเวลาการหมักที่อุณหภูมิห้อง 3-5 ชั่วโมง ทำให้ชาดำทุกตัวอย่างมีค่าสีแดงเป็นบวก (1.23-1.70) ชาดำแบบออร์โธดอกซ์มีค่า TLC (ร้อยละ 3.1) สูงกว่าชาดำดัดแปลงด้วยวิธีแบบ CTC การนวดใบชาด้วยมือทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีค่าสูงกว่าตัวอย่างชาดำที่ไม่ผ่านการนวด ชาดำออร์โธดอกซ์มีคะแนนการทดสอบผู้บริโภคด้านรสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมสูงกว่าชาดำจากท้องตลาด ในขณะที่ชาดำดัดแปลงด้วยวิธี CTC โดยการผึ่งใบชาบนกระด้ง บดย่อยใบชา 10 นาที และระยะเวลาการหมัก 5 ชั่วโมง (BTNRB) มีคะแนนในทุกคุณลักษณะไม่มีความแตกต่างกับชาดำจากท้องตลาด ($p>0.05$) ยกเว้นด้านความเข้มข้นของน้ำชาดำ การแปรรูปชาดำด้วยวิธีแบบออร์โธดอกซ์ (BTO) และวิธีดัดแปลงแบบ CTC (BTNRB) เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในโรงงานที่ขาดความพร้อมด้านเครื่องมือผลิตเฉพาะในบางขั้นตอน

คำสำคัญ: ชาดำ ชาอัสสัม ชาออร์โธดอกซ์ สารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ABSTRACT

This study investigated the effects of Assam leaves tea manufacturing by Orthodox and the modified CTC methods on the physicochemical properties, sensory qualities, and consumer acceptance of quality Assam black tea. The results showed that black tea withering on the bamboo sieve had a higher sensory score of aroma attribute than black tea withering on the net sieve. All black tea samples showed a positive red color (a+) after a 3-5 hour fermentation time at room temperature (1.23-1.70). Orthodox black teas had higher TLC (3.1%) than modified black teas. Rolling tea leaves by hand resulted in increased total phenolic content and antioxidant activity compared to non-rolling black tea samples. The consumer test scores of Orthodox black tea were higher than those of commercial black tea in terms of taste, flavor, and overall liking, whereas the modified CTC method (BTNRB) with the process of withering on the bamboo sieve, crushing the tea leaves for 10 minutes, and fermentation for 5 hours, had no difference in score on all characteristics with commercial black tea, except for tea intensity. Orthodox (BTO) and modified CTC (BTNRB) black tea processing methods are suitable for application in factories lacking access to specific processing machinery.

Keywords: black tea, Assam tea, Orthodox tea, antioxidant, sensory quality

*Corresponding author e-mail: than259@yahoo.com

¹ Department of Agro-Industry, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang

² Department of Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang

บทนำ

ชาดำ เป็นเครื่องดื่มชาที่มีการบริโภคมากที่สุดในโลก คิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 55 ของการผลิตชาทั่วโลก [1] โดยสายพันธุ์ชาที่ใช้ผลิตชา แบ่งได้เป็น 2 สายพันธุ์ใหญ่ ๆ ได้แก่ *Camellia sinensis* var. *assamica* หรือ กลุ่มพันธุ์ชาอัสสัม (Assam tea) และ *Camellia sinensis* var. *sinensis* หรือ กลุ่มพันธุ์ชาจีน (Chinese tea) สำหรับประเทศไทยในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบนจะเป็นแหล่งปลูกของชาทั้งสองสายพันธุ์ โดยที่ชาอัสสัมหรือเรียกว่า “ชาเมี่ยง” ถือเป็นพืชท้องถิ่นตามธรรมชาติที่นิยมนำมาทำเมี่ยงหมัก การนำชาอัสสัมมาแปรรูปเป็นชาดำถือเป็นการเพิ่มมูลค่าใบชาและส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชน กระบวนการผลิตชาดำมีขั้นตอนหลักประกอบด้วย การเก็บใบชา (plucking/picking) การผึ่งใบชา (withering) การนวดใบชา (rolling) หรือการตัดบดให้ใบชามีขนาดเล็ก (cutting/maceration) การหมักหรือการทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน (fermentation/oxidation) และการทำแห้ง (drying) [2] โดยในกระบวนการผลิตชาดำสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ กระบวนการแบบออร์โธดอกซ์ (orthodox) และกระบวนการแบบ CTC (crush, tear and curl)

กระบวนการผลิตชาดำแบบออร์โธดอกซ์ จะทำให้ได้ใบชาดำที่ยังคงมีลักษณะเป็นใบที่สมบูรณ์ เป็นวิธีดั้งเดิมที่นิยมใช้แปรรูปใบชาในประเทศจีน [3] โดยมีขั้นตอนหลักที่ทำให้ได้ชาดำที่แตกต่างจากชาดำแบบ CTC คือ การนวดใบชาด้วยมือหรือเครื่องนวดโดยไม่ทำให้ใบชาแตกหัก ทุกขั้นตอนการผลิตจะมีเทคนิคที่มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับโรงงานและแหล่งที่ผลิต [4] ซึ่งในแต่ละขั้นตอนต้องอาศัยความชำนาญจากผู้เชี่ยวชาญในโรงงานผลิตชาเพื่อตรวจสอบคุณภาพใบชาทุกขั้นตอนเพื่อให้ได้ชาที่มีลักษณะพิเศษเป็นเอกลักษณ์ของท้องถิ่นหรือโรงงานของตน คุณภาพของชาดำแบบออร์โธดอกซ์จะขึ้นอยู่กับคุณภาพวัตถุดิบใบชาแต่ละแหล่ง อายุของใบชา สายพันธุ์ของใบชา สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ ความชื้น และความชำนาญของผู้ผลิต [5] คุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาดำแบบออร์โธดอกซ์พิจารณาจากลักษณะปรากฏของรูปทรงใบชา สีของใบชา สีของน้ำชา รสชาติ

น้ำชา และกลิ่นของน้ำชา [6] โดยองค์ประกอบทางเคมีในชาดำ ได้แก่ โพลีฟีนอล (polyphenols) ซึ่งสารประกอบโพลีฟีนอลส่วนใหญ่เป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) กาเฟอีน (caffeine) ทีเอฟลาวิน (theaflavins, TF) และ ทีเอรูบิจิน (thearubigins, TR) ซึ่งทีเอฟลาวินและทีเอรูบิจิน มีบทบาทด้านความสว่าง สีและรสผาดของน้ำชา โดยองค์ประกอบกลิ่นที่ระเหยได้ขึ้นอยู่กับสารไกลโคซิดิก (glycosidic) เป็นสารตั้งต้นที่พบในยอดชา ทุกขั้นตอนในระหว่างกระบวนการผลิตชาดำมีความสำคัญต่อการกระตุ้นกลิ่นรสให้เกิดขึ้นในชาดำ [6]

กระบวนการผลิตชาดำแบบ CTC (Crush, tear and curl) เป็นวิธีที่นิยมใช้แปรรูปใบชาในประเทศอินเดีย ศรีลังกา และเคนยา [3] การผลิตชาดำแบบ CTC จะใช้เครื่องจักรทำให้ใบชาถูกบดย่อยซึ่งใบชาจะถูกตัด ฉีก และฉีกโดยเครื่องจักรทำให้ใบชาถูกหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ที่สม่ำเสมอทำให้ใบมีลักษณะอนุภาคเป็นเม็ดเล็กๆ (granular leaf particles) ทำให้ชาดำที่ได้แตกต่างจากชาดำแบบออร์โธดอกซ์ ระยะเวลาการหมักของชาดำแบบ CTC อาจใช้เวลาประมาณ 55-110 นาที ภายใต้สภาวะควบคุมในโรงงานซึ่งปัจจุบันยังต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญกำหนดระยะเวลาในการหมัก เนื่องจากต้องพิจารณาสีของใบชา กลิ่นและองค์ประกอบโดยรวมที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักร่วมกัน โดยทั่วไปชาดำแบบ CTC จะใช้เวลาในการหมักสั้นเนื่องจากการทำให้เซลล์ในใบชาแตกทำให้เอนไซม์ในใบชาและออกซิเจนในอากาศสัมผัสกันได้มาก ซึ่งหากใช้ระยะเวลาการหมักที่นานไปก็จะเกิดความเสื่อมคุณภาพของน้ำชา ชาที่ใช้เวลาหมักมากเกินไบนั้นทำให้มีสมบัติที่ไม่พึงประสงค์มากมาย แม้ว่าจะทำให้น้ำชามีความเข้มข้น มีการรายงานว่าน้ำชาที่ดีควรมีอัตราส่วนของปริมาณสารทีเอฟลาวิน ต่อสารทีเอรูบิจินที่เหมาะสม ประมาณ 1 ต่อ 10 [4] แต่ยังคงพิจารณาร่วมกับปัจจัยอื่นร่วมด้วย การผลิตชาดำแบบ CTC จะใช้เครื่องจักรในหลาย ๆ ขั้นตอนเป็นการผลิตในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ สำหรับการดัดแปลงกระบวนการผลิตชาดำแบบ CTC (modified CTC) อาจมีการสลับขั้นตอนการแปรรูปใบชา เช่น การหมักใบชาก่อนแล้วจึงนำมาบดย่อย [4] หรือใช้เครื่องจักร

*Corresponding author e-mail: than259@yahoo.com

¹ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

² สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

ที่ช่วยปรับใบชาให้อ่อนนุ่มมากขึ้น [3] ภายหลังกการผึ่งใบชาเพื่อเตรียมความพร้อมของใบชาก่อนป้อนเข้าสู่ขั้นตอนการบดย่อยใบชา ข้อดีของการผลิตแบบ CTC คือ สามารถทำการผลิตชาดำได้ปริมาณมากด้วยเครื่องจักร ชาที่ได้นิยมนำไปบรรจุขายในรูปแบบของชาซอง ราคาขึ้นอยู่กับเกรดของใบชาและคุณภาพของชาดำที่ผลิตได้ การดัดแปลงการผลิตแบบ CTC อาจใช้ในกรณีที่มีข้อจำกัดด้านความพร้อมของเครื่องจักร คุณภาพหรือสายพันธุ์ของใบชา อายุของใบชา เป็นต้น

จากการวิจัยที่ผ่านมาผู้วิจัยได้ศึกษาการนำใบชาอัสสัมหรือใบชาเมี่ยงมาแปรรูปเป็นชาดำด้วยเทคนิคการนวดใบชาด้วยมือและการวิเคราะห์หาสารสำคัญที่มีในผลผลิตชาดำ [7] แต่ยังไม่พบการศึกษาเปรียบเทียบผลจากการแปรรูปใบชาอัสสัมเป็นชาดำด้วยวิธีแบบออร์โธดอกซ์ กับวิธีดัดแปลงแบบ CTC นอกจากนี้จากการรายงานการศึกษาที่ผ่านมา [8] พบว่า ทุกขั้นตอนในกระบวนการแปรรูปใบชามีผลมาจากคุณภาพของวัตถุดิบใบชาแต่ละแหล่ง สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ ความชื้น และความชำนาญของผู้ผลิต [5] ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ชาดำที่ได้มีความแตกต่างและมีเอกลักษณ์เฉพาะ ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความแตกต่างของกระบวนการแปรรูปชาดำอัสสัมต่อสมบัติทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส รวมถึงการยอมรับของผู้บริโภคต่อคุณภาพของชาดำที่แปรรูปจากวัตถุดิบใบชาอัสสัมจากแหล่งเดียวกันในการแปรรูปด้วยวิธีแบบออร์โธดอกซ์ และการดัดแปลงวิธีแบบ CTC รวมทั้งการศึกษาปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมในการแปรรูปใบชา ได้แก่ การผึ่งบนกระด้งไม้ไผ่ การผึ่งบนตาข่าย และระยะเวลาการหมักในอุณหภูมิห้องของประเทศไทย ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อคุณภาพของชาดำ [9] เพื่อให้สามารถนำหลักวิธีการแปรรูปชาดำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมแปรรูปใบชาขนาดเล็กหรือในระดับชุมชนของประเทศไทยได้

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การเตรียมวัตถุดิบใบชาอัสสัม

เก็บยอดใบชาพันธุ์อัสสัม 1 ยอด 2 ใบ ด้วยมือ ปริมาณ 10 กิโลกรัม ในพื้นที่บ้านแม่เลย์ ตำบลสะเมิงเหนือ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล ประมาณ 886 เมตร ในช่วงเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2562

2. กระบวนการผลิตชาดำ และการเตรียมตัวอย่างชาดำ

ใบชาอัสสัม นำมาแปรรูปเป็นชาดำ ตามกระบวนการดัดแปลงตามวิธีของ Sarkar et al. [9] และ ัญลักษณ์และคณะ [10] มีกระบวนการผลิตชาดำ 5 รูปแบบ ดังแสดงใน Figure 1 มีขั้นตอนตามลำดับ ประกอบด้วย การเก็บใบชาอัสสัม 1 ยอด 2 ใบด้วยการผึ่งใบชาบนตาข่าย (BTR, BTNR) หรือ กระด้งไม้ไผ่ (BTRB, BTNRB, BTO) โดยแผ่ใบชาให้หนาประมาณ 2 เซนติเมตร ใช้เวลาผึ่งประมาณ 15-16 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง (~30-32 องศาเซลเซียส) การนวดใบชาโดยใช้เทคนิคการนวดใบชาด้วยมือแบบออร์โธดอกซ์ครั้งละประมาณ 250 กรัมใช้เวลาประมาณ 3-5 นาที (BTR, BTRB และ BTO) การบดย่อยใบชาด้วยเครื่องบดย่อยอาหาร (ยี่ห้อ MARA, รุ่น N.V. Direct-SKU-MARA-MR-1268, Thailand) ใช้เวลาประมาณ 7-10 นาที (BTR, BTNR, BTRB และ BTNRB) หลังจากนั้นนำไปหมักที่อุณหภูมิห้อง (~30-32 องศาเซลเซียส) ให้เกิดการออกซิไดซ์ประมาณ 3-5 ชั่วโมง ร่วมกับการพิจารณาการเปลี่ยนสีและกลิ่นของใบชาจากการหมัก จากนั้นนำใบชาไปอบแห้งในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 30-60 นาที โดยมีค่าความชื้นสุดท้ายร้อยละ 6-8 เก็บตัวอย่างชาดำทั้ง 5 ตัวอย่างบรรจุในถุงพอยด์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพโดยเก็บไว้ในที่แห้งและไม่โดนแสงแดด

3. การวิเคราะห์ค่าสี และค่าการดูดกลืนแสงของน้ำชา (Total Liquor Color: TLC)

เตรียมตัวอย่างน้ำชาโดยใช้ตัวอย่างชาดำ 2.5 กรัม ชงในน้ำเดือด 100 มิลลิลิตร 5 นาที [11] วิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่อง Colorimeter (ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Quest XE, USA) ซึ่งวัดในระบบ CIE Lab (L*,

*Corresponding author e-mail: than259@yahoo.com

¹ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

² สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

a^* , b^*) ค่า L^* แสดงถึงความสว่าง a^* แสดงถึงสีแดง ($+a^*$) หรือสีเขียว ($-a^*$) และ b^* แสดงถึงสีเหลือง ($+b^*$) หรือสีน้ำเงิน ($-b^*$) และ การวิเคราะห์ค่า total liquor color (TLC) โดยเตรียมตัวอย่างน้ำชาจากตัวอย่างชาดำ 2 กรัม ต้มในน้ำเดือด 100 มิลลิลิตร 10 นาทีกรองชาออกแล้วดูดน้ำชา 1 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 460 นาโนเมตร (A) [5],[12] ดังสมการที่ 1

$$\text{TLC (\%)} = 10 \times A \quad (1)$$

4. การวิเคราะห์ค่าเคมี

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ใช้ตัวอย่างชาดำ 5 กรัม โดยใช้เครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด (Infrared Moisture Analyzer, MA150) วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

4.2 วิธีการสกัดสารจากชาดำ (ดัดแปลงจาก [13])

สกัดสารตัวอย่างจากชาดำด้วยน้ำกลั่น ใช้ตัวอย่างชาดำ 0.1 กรัม เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเหวี่ยงนาน 15 นาที (3,000 รอบต่อนาที) เพื่อแยกสารละลายและตะกอนออกจากกัน นำสารละลายส่วนใสที่ได้ใส่ในหลอดทดลองปิดด้วยพาราฟิล์มและเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส สารสกัดที่ได้นำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

4.3 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (ดัดแปลงจาก [14])

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โดยนำตัวอย่างน้ำชาดำปริมาณ 50 ไมโครลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 1,950 ไมโครลิตร จากนั้นเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent 100 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเติมสารละลาย Na_2CO_3 300 ไมโครลิตร บ่มทิ้งไว้ในที่มืด 1 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Visible Spectrophotometer (UV-2600i

Shimadzu, Japan) เทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกและรายงานเป็นไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง ($\mu\text{g GAE/mg Tea DW}$)

4.4 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (ดัดแปลงจาก [13])

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total Flavonoids Content; TFC) โดยวิธี Aluminum Chloride Colorimetry Method ดูดสารละลายตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้ครบ 300 ไมโครลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเติมสารละลาย NaNO_2 ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติมสารละลาย AlCl_3 ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติม 1M NaOH ปริมาตร 400 ไมโครลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน บ่มไว้ในที่มืดนาน 30 นาที จากนั้นนำสารละลายมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดจะแสดงผลเป็นไมโครกรัมของเคอร์ซีตินต่อมิลลิกรัมของน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง ($\mu\text{g QE/mg Tea DW}$)

4.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (ดัดแปลงจาก [14- 16])

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดักจับอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH radical scavenging activity assay) โดยการนำสารละลายตัวอย่างปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เติมลงในสารละลาย DPPH (ความเข้มข้น 0.06 มิลลิโมลาร์) ปริมาตร 0.9 มิลลิลิตร เขย่าผสมในหลอดทดลองทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวอย่างควบคุม (A_0) เติมด้วยสารละลาย DPPH เช่นเดียวกับสารละลายตัวอย่าง (A_1) แล้วนำสารละลายทั้งหมด มาวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปแทนค่าในสมการที่ 2 เพื่อหาค่า % Inhibition

$$\text{DPPH inhibition (\%)} = (A_0 - A_1 / A_0) \times 100 \quad (2)$$

*Corresponding author e-mail: than259@yahoo.com

¹ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

² สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

จากนั้นนำค่าร้อยละการยับยั้งที่ความเข้มข้นของตัวอย่างมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % Inhibition กับความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) แล้วคำนวณ IC_{50} ตามสมการเส้นตรงของกราฟที่ได้ โดยกำหนดให้ค่า y ของสมการเท่ากับ 50 แล้วรายงานผลในหน่วย mg/mL

4.6 ปริมาณสารแทนนิน (ดัดแปลงจาก [17])

การวิเคราะห์ปริมาณแทนนิน โดยนำสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 2.5 มิลลิลิตรมาเติม Vanillin reagent 4.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้นาน 1 นาที จากนั้นนำไปเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 37 บ่มในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง นำสารละลายที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร จะแสดงผลเป็นไมโครกรัมของคาเทชิน (catechin equivalents :CE) ต่อมิลลิกรัมของน้ำหนักรวมของตัวอย่าง ($\mu\text{g CE/mg Tea DW}$)

5. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาดำ (ดัดแปลงจาก [2], [18-19])

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาดำ โดยใช้ผู้มีทักษะและประสบการณ์ในการแปรรูปใบชาและการทดสอบชิมชาซึ่งเป็นอาจารย์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง และกลุ่มผู้แปรรูปใบชาบ้านแม่เลย จ.เชียงใหม่ จำนวน 5 คน ให้คะแนนคุณภาพเกรดชาดำจาก 100 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนการจัดอันดับคุณภาพชาดำตามคุณลักษณะที่แตกต่างกันจะถูกแบ่งออกเป็นสามระดับคือ: 90-99 , 80-89 และ 70-79 ตามลำดับ ดัดแปลงจากมาตรฐานการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาดำจีน [2],[18] ดังนี้ สีของน้ำชาร้อยละ 10 (สีแดงสดใสสว่างมีค่าคะแนน 90-99,สีแดงสดใสสว่างเล็กน้อยมีค่าคะแนน 80-89, สีแดงและสีหมองคล้ำมีค่าคะแนน 70-79), กลิ่นของน้ำชาร้อยละ 30 (กลิ่นดอกไม้/กลิ่นผลไม้ที่หอมยาวนานมีค่าคะแนน 90-99, กลิ่นหอมหวานยาวนานมีค่าคะแนน 80-89, กลิ่นสะอาดไม่มีกลิ่นแปลกปลอมมีค่าคะแนน 70-79), รสชาติร้อยละ 30 (รสชาตินุ่มนวลกลมกลและสดชื่นมีค่าคะแนน 90-99,

รสชาติกลมกล่อมมีค่าคะแนน 80-89, รสเข้ม/รสจัด 70-79), ความสมดุลร้อยละ 30 (น้ำชามีน้ำหนักและความหนืดที่ให้ความรู้สึกต่อลิ้นที่น้ำประตบใจและมีรสฝาดเล็กน้อย ให้ความสดชื่นมีค่าคะแนน 90-99, น้ำชา มีน้ำหนักและความหนืดที่ให้ความรู้สึกต่อลิ้นและมีรสฝาดมีค่าคะแนน 80-89, น้ำชา มีน้ำหนักเบาและความหนืดที่ให้ความรู้สึกต่อลิ้นเบาและมีรสฝาดเล็กน้อยมีค่าคะแนน 70-79) และการรวมคะแนนค่าคุณภาพของชาดำแบบถ่วงน้ำหนักรวมร้อยละ 100 ทั้ง 5 ตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่างชาดำสำหรับประเมินคุณภาพโดยนำตัวอย่างชาดำ 3 กรัม แช่น้ำต้มเดือด 150 มิลลิลิตร 5 นาที ในถ้วยกระเบื้องเคลือบสีขาว (white porcelain) [19] ดังแสดงใน Figure 2

6. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชาดำ

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (untrained panelists) จากผู้บริโภคที่สนใจและเคยดื่มชาดำ จำนวน 100 คน ทำการทดสอบแบบ Home Use Test ทดสอบโดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ ต่อตัวอย่างชาดำ BTO (Orthodox tea) และ BTNRB (Modified CTC) ที่ได้รับคะแนนสูงกว่าตัวอย่างอื่นโดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างชาดำ CTC ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด นำเสนอตัวอย่างโดยสุ่มลำดับการเสิร์ฟและแต่ละตัวอย่างติดเลขรหัส 3 ตัว โดยให้ผู้ทดสอบเตรียมตัวอย่างชาตามข้อแนะนำจากฉลากบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ชาดำในท้องตลาด ด้วยการแช่ถุงชา (ปริมาณ 2 กรัม) ในน้ำต้มเดือด 200 มิลลิลิตร 3-5 นาที และข้อแนะนำการทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์ชาดำด้วยวิธีการให้คะแนน 9 Point Hedonic scale test (คะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด) ด้านสีของน้ำชา กลิ่น รสชาติ กลิ่นรส ความเข้มข้นของน้ำชา และความชอบโดยรวม นำข้อมูลที่ได้นำมาทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยความแต่ละคุณลักษณะ

*Corresponding author e-mail: than259@yahoo.com

¹ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

² สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

7. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลอง แบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) นำข้อมูลมาวิเคราะห์

ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple-range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

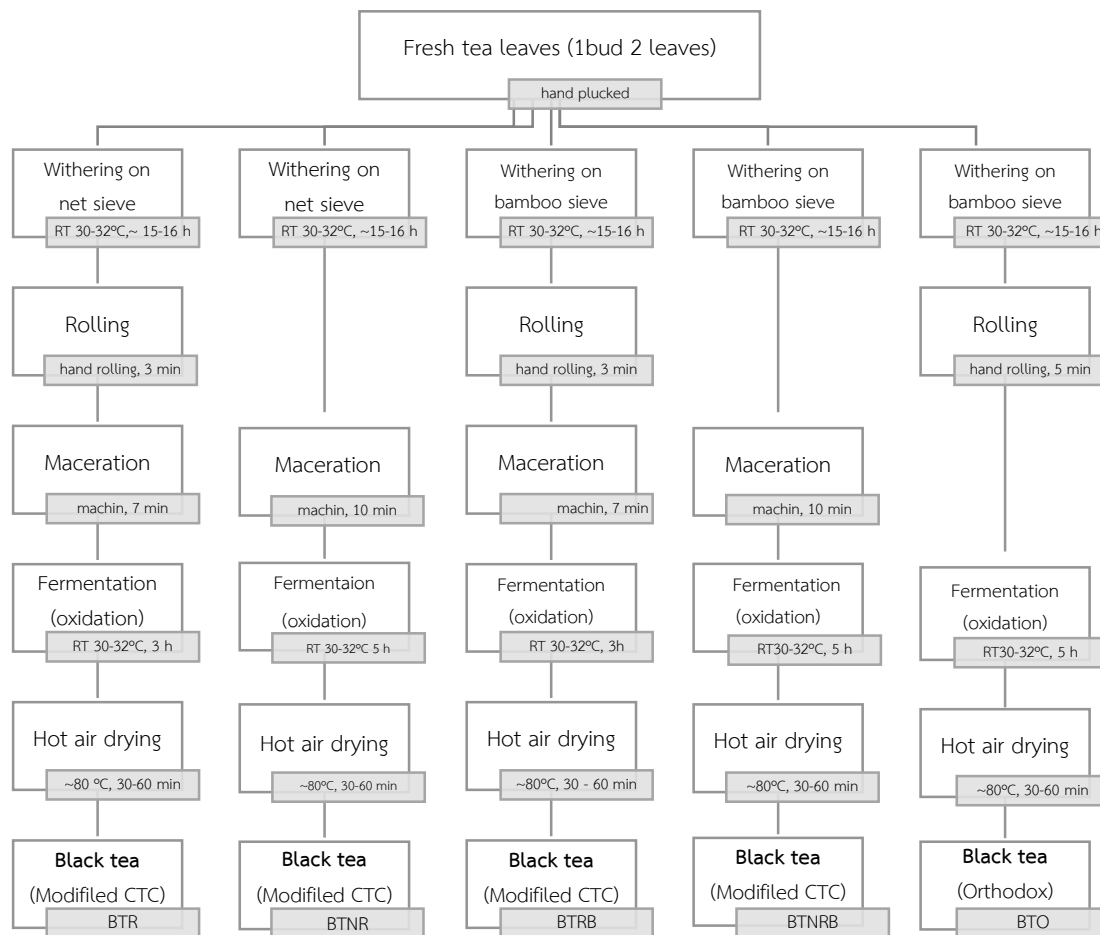


Figure 1 Flow chart showing the different stages of black tea processing.

Note: RT = Room Temperature, BTR = Black Tea Rolling, BTNR = Black Tea Non-Rolling, BTRB = Black Tea Rolling Bamboo, BTNRB = Black Tea Non-Rolling Bamboo, BTO = Black Tea Orthodox

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของความแตกต่างของกระบวนการแปรรูปชาดำ อัสสัมต่อค่าสีและค่าการดูดกลืนแสงของน้ำชา (TLC)

ผลการวิเคราะห์ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของตัวอย่างชาดำที่ได้จากกระบวนการผลิตชาดำอัสสัมที่มีขั้นตอนการแปรรูปที่แตกต่างกัน (Table 1) พบว่าผลิตภัณฑ์ตัวอย่างน้ำชาดำทั้ง 5 ตัวอย่างมีค่าความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 42.05-42.81 โดยตัวอย่าง Modified CTC (BTR) เป็นตัวอย่างที่มีกระบวนการฝั่งบนตาข่าย มี

การนวดใบชา 3 นาทีก่อนนวดใบชา 7 นาที และใช้เวลาในการหมัก 3 ชั่วโมง ให้ค่า L^* สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามทุกตัวอย่างมีค่า L^* ที่ใกล้เคียงกับค่า L^* ของตัวอย่างชาดำตามการรายงานของ Guzel-Seydim et al. (2021) ที่รายงานค่า L^* ของตัวอย่างชาดำเกรด loose orange peoke black tea (ตรา Lipton™) และ loose black tea (ตรา Rize Turist™, Turkey) ที่มีค่าอยู่ในช่วง 34.33-40.27 [20] Liang et al. (2003) รายงานค่าสีแดง ($+a^*$) และ สี

*Corresponding author e-mail: than259@yahoo.com

¹ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

² สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

เหลือง (+b*) ของน้ำชาดำควรมีค่าบวกเนื่องจากน้ำชาดำที่มีคุณภาพสูงส่วนใหญ่จะมีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเข้มกว่าน้ำชาที่มีคุณภาพต่ำ และค่า L*, a* และ b* ยังมีความสัมพันธ์ด้านบวกต่อลักษณะปรากฏของน้ำชา ใบชาหลังชงและคุณภาพโดยรวมของชาดำ [21] ชาดำทั้ง 5 สูตรซึ่งใช้กระบวนการแปรรูปแบบออร์โธดอกซ์และการตัดแปลงแบบ CTC ให้ค่าสีแดง อยู่ในช่วง 1.23 - 1.61 โดยตัวอย่าง BTNR BTRB และ BTNRB มีค่าสีแดงสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งค่าสีแดงของตัวอย่างชาดำทั้ง 5 ตัวอย่างมีค่าสีแดงใกล้เคียงกับตัวอย่างชาดำจากจีนที่มาจากพื้นที่ Zhejiang Huzhou แต่มีค่าสีแดงที่น้อยกว่าชาดำจากมณฑล Yunnan และ Guangxi [21] สำหรับค่าสีเหลือง (+b*) ของน้ำชาทั้ง 5 สูตรอยู่ในช่วง 2.56-2.89 จะสังเกตได้ว่าตัวอย่างชาดำจากวิธีตัดแปลงแบบ CTC ที่มีการผึ่งบนกระดังไม้ไผ่และเตรียมใบชาก่อนหมักโดยการนวดด้วยมือ 3 นาทีและการบดย่อยใบชา 7 นาที (BTRB) มีผลทำให้มีค่าสีเหลืองสูงสุด ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าสีแดง และค่าสีเหลืองจากกระบวนการแปรรูปชาดำทั้ง 5 แบบซึ่งให้ค่าเป็นบวก โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าสีแดงจะมีค่าเป็นบวกและสูงกว่าตัวอย่างค่าสีแดงของชาอู่หลง [11] แสดงให้เห็นว่ากระบวนการแปรรูปชาดำออสสัมทั้ง 5 แบบใช้ระยะเวลาการหมัก 3- 5 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลาที่เพียงพอสำหรับการทำให้ใบชาเปลี่ยนสีตามคุณลักษณะสีของชาดำ โดยกระบวนการแปรรูปชาดำและชาอู่หลงนั้นมีความใกล้เคียงกันยกเว้นขั้นตอนและระยะเวลาการหมักซึ่งชาอู่หลงเป็นชาที่หมักที่ต้องอาศัยเทคนิคและระยะเวลาการหมักที่สั้นกว่าและน้ำชาที่ได้จะมีสีเหลืองทองหรือเหลืองอมเขียวใน

ขณะที่ชาดำต้องทำให้ใบชาเกิดการหมักที่สมบูรณ์และน้ำชาที่ได้มีสีแดงสว่าง [4]

ค่า TLC เป็นค่าการดูดกลืนแสงของน้ำชาที่ความยาวคลื่นแสง 460 นาโนเมตรสำหรับน้ำชาดำ [5] ใช้ในการประเมินคุณภาพความเข้มของสีน้ำชาตามมาตรฐานของชาจีน โดยน้ำชาที่มีคุณภาพดีจะให้ค่า TLC สูง [11] ชาดำทั้ง 4 ตัวอย่างจากวิธีตัดแปลงแบบ CTC มีค่า TLC ร้อยละ 2.0 -2.8 (Table 1) ในขณะที่ตัวอย่างชาดำวิธีออร์โธดอกซ์ (BTO) มีค่า TLC ร้อยละ 3.1 สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่ง Hafezi et al. (2006) รายงานค่าร้อยละของ TLC ของชาดำออร์โธดอกซ์ผลิตจากใบชาจีนมีค่า TLC ร้อยละ 2.1-2.5 ผลิตจากใบชาออสสัมมีค่า TLC ร้อยละ 3.12 และชาดำ CTC ที่ผลิตจากใบชาจีนมีค่าร้อยละ 2.6 [12] การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การนวดใบชาใน กระบวนการแปรรูปชาดำออสสัมแบบออร์โธดอกซ์ (BTO) ซึ่งชาดำที่ได้มีลักษณะใบชาที่สมบูรณ์ทำให้ค่าร้อยละ TCL ที่สูงกว่าการแปรรูปใบชาแบบตัดแปลง CTC (BTNR และ BTNRB) ที่ใช้ระยะเวลาการหมักเท่ากันที่ 5 ชั่วโมง และการผึ่งใบชาบนกระดังไม้ไผ่ทำให้น้ำชาดำตัวอย่าง BTNRB มีค่าสูงกว่า BTNR และตัวอย่าง BTRB มีค่าสูงกว่า BTR เล็กน้อยเช่นเดียวกัน การผึ่งใบชาบนกระดังเป็นวัสดุที่ใช้ในการแปรรูปใบชาแบบจีน ในขณะที่การแปรรูปใบชาแบบ CTC นิยมผึ่งใบชาในห้องควบคุมอุณหภูมิบนวัสดุต่างๆ เช่น ผ้าใบ ตาข่าย สแตนเลสหรือเครื่องจักรที่ออกแบบเฉพาะ เพราะเป็นการแปรรูปในโรงงานขนาดใหญ่ซึ่งปัจจุบันยังไม่พบรายงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ที่รายงานผลของความแตกต่างจากการผึ่งใบชาบนวัสดุที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่มีรายงานการศึกษาถึงวิธีการผึ่งใบชาที่แตกต่างกันมีผลต่อกลิ่นของใบชา [22]

*Corresponding author e-mail: than259@yahoo.com

¹ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

² สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

Table 1 Color (L^* a^* b^*) and total liquor color (TLC) of infusions black tea samples manufactured using various methods

Samples	L^*	a^*	b^*	TLC (%)
BTR	42.81 ± 0.01 ^a	1.23 ± 0.01 ^c	2.56 ± 0.02 ^d	2.00 ^c
BTNR	42.01 ± 0.04 ^c	1.68 ± 0.02 ^a	2.79 ± 0.07 ^b	2.30 ^c
BTRB	42.08 ± 0.03 ^c	1.68 ± 0.02 ^a	2.89 ± 0.06 ^a	2.80 ^b
BTNRB	42.05 ± 0.00 ^c	1.70 ± 0.04 ^a	2.65 ± 0.01 ^c	2.60 ^b
BTO	42.26 ± 0.02 ^b	1.61 ± 0.02 ^b	2.80 ± 0.01 ^b	3.10 ^a

Mean ± standard deviation values (n=3) followed by different lower case letters within the same column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

Note: BTR = Black Tea Rolling, BTNR = Black Tea Non-Rolling, BTRB = Black Tea Rolling Bamboo, BTNRB = Black Tea Non-Rolling Bamboo, BTO = Black Tea Orthodox

2. ผลของความแตกต่างของกระบวนการแปรรูปชาดำอัสสัมต่อคุณสมบัติทางเคมีของชาดำ

ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของชาดำทั้ง 5 ตัวอย่าง (Table 2) พบว่า อยู่ในช่วงร้อยละ 5.97-7.58 ซึ่งเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 196 เรื่องชาที่กำหนดให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนัก [23] ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Table 2) พบว่าตัวอย่างชาดำด้วยวิธีดัดแปลงแบบ CTC ที่มีการนวดใบชา (BTR และ BTRB) 3 นาที และตัวอย่างชาดำออร์โธดอกซ์ (BTO) 5 นาที มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าตัวอย่างชาดำด้วยวิธีดัดแปลงแบบ CTC ที่ไม่ผ่านการนวดใบชา (BTNR และ BTNRB) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และแสดงผลแนวโน้มเช่นเดียวกับปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ยกเว้นตัวอย่าง BTO ที่มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดไม่แตกต่างจากตัวอย่างชาดำ BTNR และ BTNRB นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่าการใช้ระยะเวลาการหมัก 5 ชั่วโมง และการบดย่อยใบชา 10 นาที ที่เพิ่มมากขึ้นแต่ไม่ได้นวดใบชาก่อนบดย่อยใบชาไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณของสารฟีนอลิกทั้งหมด ซึ่งจากการศึกษาของ Carloni et al. (2013) รายงานค่าปริมาณสาร Total phenol (TPC) ในตัวอย่างชาดำแบบออร์โธดอกซ์มีปริมาณมากกว่าชาดำแบบ CTC [24] แสดงให้เห็นว่าการใช้กระบวนการนวดด้วยมือร่วมกับการบดย่อยใบชา มีผลทำให้ปริมาณสาร

ฟีนอลิกทั้งหมดในชาดำมีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยสารพอลิฟีนอลในชาดำมีผลต่อความเข้มข้นและความสว่างของสีน้ำชา รวมถึงความรู้สึกในปากถึงความเข้มข้นของน้ำชาดำด้วย [24] ซึ่งการศึกษานี้ได้เปรียบเทียบวิธีการทำให้เซลล์ในใบชาแตกด้วยขั้นตอนการนวดหรือการบดย่อยใบชา และการผสมทั้งสองกระบวนการเพื่อส่งเสริมให้เกิดกระบวนการออกซิเดชันของเอนไซม์ในชาให้เปลี่ยนสารฟลาโวนอล (คาเทชิน) ในใบชาสีเขียวให้เป็นสารฟลาโวนอยด์ในรูปของสาร theaflavins (TFs) และ thearubigins (TRs) ในชาดำ

ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH รายงานค่าเป็น IC_{50} แสดงถึงความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ทำให้ความเข้มข้นของอนุมูล DPPH ลดลงร้อยละ 50 พบว่าตัวอย่างชาดำที่มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันดีที่สุดที่สุดเนื่องจากมีค่า IC_{50} ต่ำที่สุด คือ ตัวอย่างชาดำออร์โธดอกซ์ BTO และตัวอย่างชาดำดัดแปลง BTR BTRB BTNR และ BTNRB ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งตัวอย่างชาดำที่มีปริมาณ TPC สูงจะมีผลแนวโน้มให้มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าตัวอย่างที่มีปริมาณ TPC ต่ำ [25] โดยในการศึกษานี้จะสังเกตได้ว่า ตัวอย่างชาดำที่ผ่านขั้นตอนการนวด (BTR BTRB และ BTO) จะมีค่า TPC และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าชาดำที่ไม่ผ่านขั้นตอนการนวดแม้มีการเพิ่มระยะเวลาการหมักใน

*Corresponding author e-mail: than259@yahoo.com

¹ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

² สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

ตัวอย่างชาดำ BTNR และ BTNRB ซึ่ง Carloni et al. (2013) รายงานค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของชาดำออร์โธดอกซ์มีแนวโน้มที่มีค่าสูงกว่าชาดำ CTC ที่ผลิตจากชาสายพันธุ์เดียวกัน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแทนนินในตัวอย่างชาดำทั้ง 5 ตัวอย่าง (Table2) พบว่า ปริมาณสารแทนนินในตัวอย่าง BTO มีค่าต่ำที่สุดและแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติจากตัวอย่างชาดำที่ใช้ในกระบวนการตัดแปลงวิธีแบบ CTC ทั้ง 4 ตัวอย่าง ทั้งนี้อาจเนื่องจากผลของการนวดและการบดย่อยใบชาให้มือนุภาคขนาดเล็กในตัวอย่างใบชาที่แปรรูปด้วยวิธีตัดแปลงแบบ CTC มีผลทำให้ปริมาณสารแทนนินในใบชามีค่าสูงขึ้น ซึ่ง Hung et al. (2010) รายงานระดับแทนนินในชาจะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของชาและขั้นตอนการผลิตแทนนินเป็นสารที่ทำให้เกิดรสฝาดเนื่องจากไกลโคโปรตีนที่อยู่ในน้ำลายเกิดการตกตะกอนเมื่อผสมกับแทนนินทำให้การหล่อลื่นลดลงหรือทำให้เกิดอาการฝืดคอ

หากมีในปริมาณมากเกินไป [26] นอกจากนี้แทนนินยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระแต่หากมีความเข้มข้นสูงอาจเป็นสารต้านคุณค่าทางโภชนาการได้ ดังนั้นอาหารที่อุดมด้วยสารแทนนินจึงถือเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการต่ำและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ [17] ซึ่ง Orak et al. (2013) รายงานค่าปริมาณแทนนินในตัวอย่างชาดำ (34.38 μg tannic acid equivalent/ mg) มีปริมาณน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชาเขียว (266.79 μg tannic acid equivalent/ mg) และชาขาว (211.14 μg tannic acid equivalent/ mg [27] ในขณะที่ Khasnabis et al. (2015) รายงานปริมาณของแทนนินในตัวอย่างชาดำ (ร้อยละ 13.36) สูงกว่าชาเขียว (ร้อยละ 2.65) [17] ความแตกต่างหลากหลายของปริมาณแทนนินในตัวอย่างชาต่างๆ อาจเป็นผลจากความแตกต่างในกระบวนการผลิต อายุของใบชา หรือความแตกต่างของสภาพอากาศและสภาพดินในแต่ละแหล่ง [17]

Table 2 Chemical component of black tea samples manufactured using various methods

Sample	Moisture content (%) ^{ns}	Total Phenolic content (μg GAE/mg Tea DW)	Total Flavonoids content (μg QE/mg Tea DW)	DPPH radical scavenging activity assay IC ₅₀ (mg/mL)	Tannin content (μg CE/mg Tea DW)
BTR	7.58±0.62 ^a	84.57±2.57 ^a	73.45±8.09 ^a	0.16±0.01 ^b	66.74±7.40 ^a
BTNR	6.94±0.36 ^{ab}	68.28±0.55 ^{bc}	64.45±5.61 ^{cd}	0.24±0.00 ^d	56.78±4.83 ^b
BTRB	6.96±0.42 ^{ab}	71.12±5.27 ^b	76.62±6.91 ^{bc}	0.21±0.00 ^c	56.91±3.90 ^b
BTNRB	6.08±0.18 ^{bc}	60.42±1.47 ^c	38.27±5.56 ^e	0.24±0.01 ^d	53.28±8.23 ^b
BTO	5.97±0.89 ^{bc}	72.53±3.29 ^b	39.05±2.01 ^e	0.05±0.00 ^a	25.26±3.16 ^c

Mean \pm standard deviation values (n=3) followed by different lower case letters within the same column are significantly different ($p \leq 0.05$) by Duncan's multiple range test.

Note: BTR = Black Tea Rolling, BTNR = Black Tea Non-Rolling, BTRB = Black Tea Rolling Bamboo, BTNRB = Black Tea Non-Rolling Bamboo, BTO = Black Tea Orthodox

*Corresponding author e-mail: than259@yahoo.com

¹ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

² สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

3. ผลของความแตกต่างของกระบวนการแปรรูปชาดำอัสสัมต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาดำ

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาดำทั้ง 5 ตัวอย่าง (Figure 2) ด้วยการให้คะแนนคุณภาพเกรดชาดำ 100 คะแนน (Table 3) พบว่า ตัวอย่างชาดำออร์โธดอกซ์(BTO) มีค่าคะแนนทุกคุณลักษณะและค่าคุณภาพรวมมีค่าคะแนนสูงกว่าตัวอย่างชาดำที่ใช้กระบวนการตัดแปลงวิธีแบบ CTC ทั้ง 4 ตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าคะแนนคุณภาพรวมตามลำดับดังนี้ BTO (86.96) > BTNRB (81.10) > BTNR (78.32) > BTRB (77.46) > BTR (74.60) โดยจะสังเกตได้ว่าตัวอย่าง BTO มีคะแนนค่าสีของน้ำชา กลิ่น รสชาติและความสมดุลที่สูงกว่าตัวอย่างชาดำตัดแปลงด้วยวิธี CTC ซึ่งอาจมีผลจากกระบวนการผลิตชาดำแบบออร์โธดอกซ์ใช้กระบวนการผึ่งบนกระดิ่งไม้ไผ่ที่อาจส่งผลด้านกลิ่นเนื่องจากชามีคุณสมบัติในการดูดซึ่มกลิ่นได้ง่าย ซึ่ง Huang et al. (2022) รายงานความแตกต่างของวิธีการผึ่งใบชาจะส่งผลต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์ชา และขั้นตอนนี้ยังส่งผลต่อคุณภาพของชาดำและก่อให้เกิดกลิ่นหอมในชาดำด้วย โดยปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการผึ่งใบชา เช่น คุณภาพแสง สภาวะแวดล้อม อุณหภูมิและระยะเวลาการผึ่ง เป็นต้น [22] ชาดำ BTO ใช้ระยะเวลาในการนวด 5 นาที และการ

หมักที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่ทำให้มีน้ำชาที่มีค่า TLC สูงสุด และมีค่าปริมาณสารแทนนินที่เกี่ยวข้องกับรสชาติฝาดของน้ำชาในระดับที่น้อยกว่าตัวอย่างอื่น สำหรับตัวอย่างชาดำจากวิธีตัดแปลงแบบ CTC ตัวอย่างที่ได้คะแนนสูงสุดคือตัวอย่าง BTNRB ซึ่งมีการผึ่งบนกระดิ่งและระยะเวลาการหมัก 5 ชั่วโมงเช่นเดียวกับชาดำ BTO และใช้วิธีการบดย่อยใบชาโดยไม่ต้องนวดใบชาด้วยมือก่อนจะทำให้รสชาติชาดำไม่ฝาดเพี้ยนเกินไป และสังเกตได้ว่ามีปริมาณแทนนินที่น้อยกว่าตัวอย่างที่ตัดแปลงด้วยวิธี CTC แบบอื่นๆ เล็กน้อย ในขณะที่ตัวอย่าง BTR และ BTRB ซึ่งมีกระบวนการผสมผสานของขั้นตอนการนวดและการบดย่อยใบชา ก่อนหมักและลดระยะเวลาการหมักใบชาเป็น 3 ชั่วโมง มีคะแนนน้อยในด้านความสมดุลหรือน้ำหนักของน้ำชา ร่วมกับระดับของรสฝาด ดังนั้นจากการเปรียบเทียบผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการให้คะแนนคุณภาพเกรดชาดำต่อกระบวนการแปรรูปชาดำอัสสัมทั้ง 5 รูปแบบ ตัวอย่างชาดำ BTO และ BTNRB เป็นตัวอย่างที่ได้รับคะแนนสูงกว่าตัวอย่างอื่น และอยู่ในระดับคะแนนในช่วง 80-89 คะแนน ซึ่งจะนำไปทดสอบความชอบของผู้บริโภคด้วยการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

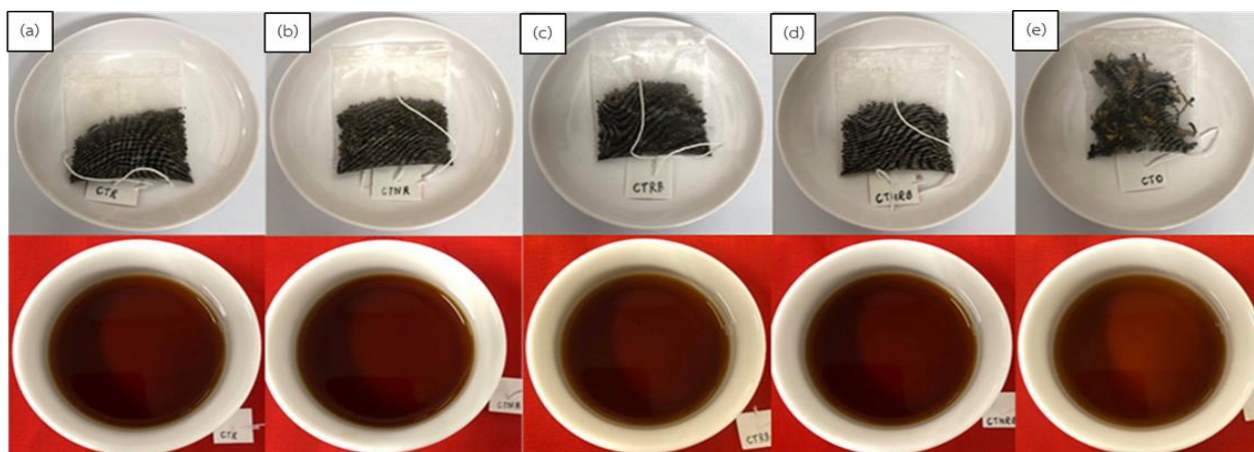


Figure 2 Appearance of dry tea and infusions color of black tea samples manufactured using various methods; (a) BTR, (b) BTNR, (c) BTRB, (d) BTNRB and (e) BTO

Note: BTR = Black Tea Rolling, BTNR = Black Tea Non-Rolling, BTRB = Black Tea Rolling Bamboo, BTNRB = Black Tea Non-Rolling Bamboo, BTO = Black Tea Orthodox

*Corresponding author e-mail: than259@yahoo.com

¹ Department of Agro-Industry, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang

² Department of Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang

Table 3 Sensory quality scores of black tea samples manufactured using various methods

Samples	Liquor color	Aroma	Taste	Balance	Total quality
	10%	30%	30%	30%	score 100 %
BTR	72.80 ± 1.48 ^b	70.80 ± 1.30 ^d	80.20 ± 0.83 ^c	73.40 ± 1.14 ^c	74.60 ± 1.02 ^d
BTNR	72.20 ± 1.09 ^b	74.80 ± 0.83 ^c	80.60 ± 0.89 ^{bc}	81.60 ± 1.39 ^b	78.32 ± 1.46 ^c
BTRB	72.00 ± 1.73 ^b	77.20 ± 1.92 ^b	81.00 ± 0.70 ^b	76.00 ± 0.70 ^c	77.46 ± 0.73 ^c
BTNRB	73.00 ± 1.22 ^b	84.40 ± 1.14 ^a	80.60 ± 0.89 ^{bc}	81.00 ± 1.00 ^b	81.10 ± 0.73 ^b
BTO	87.80 ± 0.83 ^a	85.00 ± 0.70 ^a	87.80 ± 0.83 ^a	87.80 ± 1.92 ^a	86.96 ± 0.83 ^a

Mean ± standard deviation values (n=5), followed by different lower case letters within the same column are significantly different ($p \leq 0.05$) by Duncan's multiple range test.

Note: Based on "Sensory Evaluation of Tea" standard [2], black tea ratings are divided into three grades: 90-99, 80-89, and 70-79. BTR = Black Tea Rolling, BTNR = Black Tea Non-Rolling, BTRB = Black Tea Rolling Bamboo, BTNRB = Black Tea Non-Rolling Bamboo, BTO = Black Tea Orthodox.

4. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชาดำ

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธีการทดสอบความชอบด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ชาดำออร์โธดอกซ์ (BTO) ชาดำด้วยวิธีตัดแปลงแบบ CTC (BTNRB) เปรียบเทียบกับชาดำ CTC จากท้องตลาด (Table 4) พบว่า ชาดำ BTO มีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านรสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวม สูงกว่าชาดำจากท้องตลาด และชาดำ BTNRB อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่คะแนนความชอบด้านสี

ของน้ำชาดำ กลิ่น และความเข้มข้นของน้ำชาดำไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชาดำจากท้องตลาด ในขณะที่ตัวอย่างชาดำ BTNRB มีคะแนนในทุกคุณลักษณะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชาดำจากท้องตลาด ยกเว้นด้านความเข้มข้นของน้ำชาดำที่ได้คะแนนน้อยกว่าชาดำจากท้องตลาดและชาดำ BTO ($p \leq 0.05$) โดยทุกคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาดำออร์โธดอกซ์ (BTO) มีค่าคะแนนอยู่ในระดับความชอบปานกลาง (7.0-7.3)

Table 4 Liking score (9-points hedonic scaling test) of Orthodox black tea (BTO), Modified CTC (BTNRB) compare with commercial CTC black tea.

Attributes	BTO	BTNRB	Commercial
	(Orthodox)	(Modified CTC)	(CTC)
Liquor color	7.18±1.07 ^a	6.65±1.02 ^b	6.96±1.10 ^{ab}
Aroma ^{ns}	7.05±1.14	6.58±1.30	6.81±1.02
Taste	7.05±0.07 ^a	6.29±1.21 ^b	6.47±1.31 ^b
Flavor	7.09±1.14 ^a	6.20±1.45 ^b	6.33±1.40 ^b
Intensity of tea	7.14±1.11 ^a	6.36±1.40 ^b	6.94±1.20 ^a
Overall liking	7.29±1.06 ^a	6.52±1.35 ^b	6.63±1.11 ^b

Mean ± standard deviation values (n=100) followed by different lower case letters within the same row are significantly different ($p \leq 0.05$). ^{ns} not statistically significant at 95% confidence level.

Note : BTO = Black Tea Orthodox , BTNRB = Black Tea Non-Rolling Bamboo,

*Corresponding author e-mail: than259@yahoo.com

¹ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

² สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

สรุปผล

การศึกษากระบวนการแปรรูปชาดำด้วยวิธีแบบ ออร์โธดอกซ์และวิธีตัดแปลงแบบ CTC ซึ่งมีขั้นตอนที่ทำให้ องค์ประกอบทางเคมีในใบชามีการเปลี่ยนแปลงที่ซับซ้อน และมีผลต่อคุณภาพชาดำที่แตกต่างกัน ดังนี้ การผึ่งใบ ชาบนกระดั่งมีผลต่อค่าคะแนนทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่นของตัวอย่างชาดำที่ดีขึ้นในตัวอย่าง BTO และ BTNRB ชาดำทุกตัวอย่างที่ใช้ระยะเวลาการหมักที่ อุณหภูมิห้อง 3-5 ชั่วโมงทำให้น้ำชามีสีแดง (a+) โดยการผลิตชาดำแบบออร์โธดอกซ์ทำให้ใบชาที่ได้มีลักษณะ ใบชาที่สมบูรณ์มีผลทำให้มีค่า TLC สูงกว่าวิธีการ ตัดแปลงแบบ CTC ที่มีการบดย่อยใบชาและมีปริมาณ สารแทนนินที่ต่ำกว่าวิธีการตัดแปลงแบบ CTC ขั้นตอน การนวดใบชาที่มีผลทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีค่าสูงกว่าตัวอย่างชาดำที่ไม่ ผ่านการนวดใบชาแม้มีการเพิ่มระยะเวลาการหมัก ค่า คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านค่าสีของน้ำชา กลิ่น รสชาติและความสมดุลของตัวอย่างชาดำออร์โธดอกซ์มี ค่าสูงกว่าตัวอย่างชาดำตัดแปลงด้วยวิธี CTC และมี คะแนนจากการทดสอบผู้บริโภครด้านความชอบเฉลี่ย ด้านรสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมสูงกว่าชาดำ จากท้องตลาด ในขณะที่ชาดำ BTNRB มีคะแนนในทุก คุณสมบัติไม่มีความแตกต่างกับชาดำจากท้องตลาด ยกเว้นด้านความเข้มข้นของน้ำชาดำ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ใบชาอัสสัมหรือใบชาเมี่ยงสามารถนำมาแปรรูปเป็นชาดำที่มีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ ด้วยกระบวนการแบบออร์โธดอกซ์ (BTO) และวิธี ตัดแปลงแบบ CTC (BTNRB) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปใบชาในโรงงานที่ขาดความพร้อมในด้านต่างๆ เช่น เครื่องนวดใบชา ห้องควบคุม อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่ขณะผึ่งใบชาและ การหมักใบชา ซึ่งกระบวนการแปรรูปชาดำอัสสัมทั้ง 2 รูปแบบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ถ่ายทอดเทคโนโลยี และองค์ความรู้เพื่อการผลิตในเชิงพาณิชย์แก่กลุ่ม วิสาหกิจ ชุมชน เกษตรกร ผู้สนใจในการแปรรูปใบ ชาอัสสัมให้มีมูลค่าเพิ่มได้ และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน

สำหรับการศึกษาปัจจัยด้านอื่นๆ เพื่อพัฒนาขั้นตอนการ ผลิตและคุณภาพของชาดำต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชภัฏรำไพพรรณี ที่มอบทุนสนับสนุนงานวิจัยภายใต้ โครงการความร่วมมือในการจัดการศึกษาเชิงบูรณาการ การเรียนรู้ในสถานศึกษากับการนำวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมไปพัฒนาและยกระดับ ผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่ภาคเหนือ 6 จังหวัด และความเอื้อเฟื้อพื้นที่วิจัยจากชุมชนผู้แปรรูป ใบชาบ้านแม่ลอย อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ และศูนย์พัฒนา โครงการหลวงแม่แพะ จ.เชียงใหม่

งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการ จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา RMUTL-IRB 005/2022

เอกสารอ้างอิง

- [1] Deka, H., Sarmah, P.P., Devi, A., Tamuly, P. and Karak, T. (2021). Changes in major catechins, caffeine, and antioxidant activity during CTC processing of black tea from North East India. *RSC Advances*. 11:11457–11467.
- [2] Qu, F., Qiu, F., Zhu, X., Ai, Z., Ai, Y. and Ni, D. (2018). Effect of different drying methods on the sensory quality and chemical components of black tea. *LWT - Food Science and Technology*. 99:112–118.
- [3] Ho, C.T., Lin, J.K., and Fereidoon, S. (2008). Tea and tea products chemistry and health-promoting properties. In: Wan, X., Li, D., and Zhengzhu, Z. (eds.), *Nutraceutical Science and Technology*. Taylor & Francis Group, New York. 1–8.
- [4] Jolvis Pou, K.R. (2016). *Fermentation : The key step in the processing of black*

*Corresponding author e-mail: than259@yahoo.com

¹ Department of Agro-Industry, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang

² Department of Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang

- Tea. *Journal of Biosystems Engineering*. 41(2): 85–92.
- [5] Someswararao, C. and Srivastav, P.P. (2012). A novel technology for production of instant tea powder from the existing black tea manufacturing process. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 16:143–147.
- [6] Joshi, R., Babu, G.D.K., and Gulati, A. (2013). Effect of decaffeination conditions on quality parameters of Kangra orthodox black tea. *Food Research International*. 53(2): 693–703.
- [7] Bouphun, T., Sassa-deepang, T., Phromrukachat, S., Meechoui, S., and Chatngern, S. (2018). Effect of tea processing on antioxidant capacity. In S. Apirak, (ed). *Proceeding of the 10th Rajamangala university of technology national conference (RMUTCON2018)*, pp. 724–734. August 1-3, 2018. Trang. Thailand. (in Thai).
- [8] Carloni, P., Tiano, L., Padella, L., Bacchetti, T., Customu, C., Kay, A. and Damiani, E. (2013) Antioxidant activity of white, green and black tea obtained from the same tea cultivar. *Food Research International*. 53(2): 900–908.
- [9] Sarkar, S., Chowdhury, A., Das, S., Chakraborty, B., Mandal, P. and Chowdhury, M. (2016). Major tea processing practices in India. *International Journal of Bioassays*.5(11): 5071-5083.
- [10] Bouphun, T., Sassa-deepang, T., Phanomvan, R. and Chatngern, S. (2018). Development of black tea manufacturing process from assam wild tea leaf by hand rolling Techniques. *Proceeding of the 5th Conference on research and creative Innovation (CRCI2018)*, pp.124-133. December 6-8, 2018. Tak. Thailand. (in Thai).
- [11] Theppakorn, T. (2015). Chemical constituents of oolong tea produced in Thailand and their correlation with infusion colour. *Maejo International Journal of Science and Technology*. 9(03):344-354.
- [12] Hafezi, M., Nasernejad, B., and Vahabzadeh, F. (2006). Optimization of fermentation time for Iranian black tea production. *Iran Journal Chemical Engineering*. 25(1): 39–44.
- [13] Cheng, A., Yan, H., Han, C., Chen, X., Wang, W., Xie, Ch., Qu, J., Gong, Z. and Shi, X. (2014). Acid and alkaline hydrolysis extraction of non-extractable polyphenols in blueberries : Optimisation by response surface methodology. *Czech Journal Food Science*. 32(3):218–225.
- [14] Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in Enzymology*. 299:152–178.
- [15] Coklar, H. and Akbulut, M. (2017). Anthocyanins and phenolic compounds of Mahonia aquifolium berries and their contributions to antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*. 35:166–174.
- [16] Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. (1995). Use of a free radical

*Corresponding author e-mail: than259@yahoo.com

¹ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง² สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

- method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm Wiss Technology*. 28(1):25–30.
- [17] Khasnabis, J., Rai, C. and Roy, A. (2015). Determination of tannin content by titrimetric method from different types of tea. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 7(6):238-241.
- [18] Inanç, A.L. and Çiftaslan, A.R. (2017). Comparison of black tea types with grades and blends. *Italian Journal of Food Science*. 29:707–727.
- [19] British Standard. (1980). Method for preparation of a liquor of tea for use in sensory tests: BS 6008:1980.
- [20] Guzel-Seydim, Z., Seydim, A.C. and Greene, A.K. (2021). Effect of brewing method on quality parameters and antioxidant capacity of black tea. *Functional Food Science*. 1(8):1-13.
- [21] Liang, Y., Lu, J., Zhang, L., Wu, S., and Wu, Y. (2003). Estimation of black tea quality by analysis of chemical composition and colour difference of tea infusions. *Food Chemistry*. 80:283–290.
- [22] Huang, W., Fang, S., Wang, J., Zhuo, C., Luo, Y., Yu, Y., Li, L., Wang, Y., Deng, W.W. and Ning, J. (2022). Sensomics analysis of the effect of the withering method on the aroma components of Keemun black tea. *Food Chemistry*. 395: 133549.
- [23] Notification of the Ministry of Public Health (No. 196) B.E. 2543 (2000). Tea. Published in the government gazette. 118. FDA, MOPH.Thailand.
- [24] Carloni, P., Tiano, L., Padella, L., Bacchetti, T., Customu, C., Kay, A. and Damiani, E. (2013) Antioxidant activity of white , green and black tea obtained from the same tea cultivar. *Food Research International*. 53: 900–908.
- [25] Chan, E.W.C., Lim, Y.Y. and Chew, Y.L. (2007). Antioxidant activity of *Camellia sinensis* leaves and tea from a lowland plantation in Malaysia. *Food Chemistry*. 102: 1214–1222.
- [26] Hung, Y., Chen, P., Chen, R.L. and Cheng, T. (2010). Sequential determination of tannin and total amino acid contents in tea for taste assessment by a fluorescent flow-injection analytical system. *Food Chemistry*. 118:876–881.
- [27] Orak, H., Yagar, H., Isbilir, S., Demirci, A. and Gumus, T. (2013). Antioxidant and antimicrobial activities of white, green, and black tea extracts. *Acta Alimentaria*, 42(3): 379-389.

*Corresponding author e-mail: than259@yahoo.com

¹ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

² สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง