

## การศึกษาอิทธิพลของสภาวะที่ใช้ในการชงชาโมโรเฮยะ ต่อลักษณะทางเคมีกายภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

### Effect of Brewing Conditions on Physicochemical Properties, Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Moroheiya (*Corchorus olitorius* L.) Tea

ธนาพร มั่นจง<sup>1</sup> สุภัทร์ ไชยกุล<sup>1</sup> และ ชญาภรณ์ ศรีณพฤต<sup>2</sup>  
Manjong, T.<sup>1</sup> Chaiyakul, S.<sup>1</sup> and Saranpuetti, C.<sup>2</sup>

#### Abstract

This research aimed to study the effect of brewing conditions on physicochemical, bioactive compounds, and antioxidant capacity of Moroheiya tea. The experimental design was a factorial in CRD. The result showed the interaction between temperature (70, 80, 90 °C) and brewing time (10, 15, 20 minutes) on TTC and FRAP. In conclusion, there is an interaction between temperature and brewing time of Moroheiya tea on antioxidant properties but physicochemical properties. Above all else, finding out the best optimal brewing conditions of moroheiya tea to obtain the highest health benefits is brewing condition at 87 °C, 16 minutes.

**Keywords:** moroheiya tea, brewing conditions, antioxidant capacity, bioactive compounds.

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของสภาวะที่ใช้ในการชงชาโมโรเฮยะ ต่อลักษณะทางเคมีกายภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวางแผนการทดลองแฟคทอเรียลแบบสุ่มสมบูรณ์ จากการศึกษาค่าการใช้อนุมูลอิสระที่ระดับ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส ร่วมกับ ระยะเวลาในการชงที่ระดับ 10 15 และ 20 นาที พบว่าการใช้อนุมูลอิสระและเวลาร่วมกันในช่วงดังกล่าว มีปฏิสัมพันธ์ต่อปริมาณ แทนนินทั้งหมด และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ จากการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่าการใช้อนุมูลอิสระและระยะเวลาที่ใช้ในการชงชาโมโรเฮยะในช่วงที่ศึกษามีปฏิสัมพันธ์ต่อปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อลักษณะทางเคมีกายภาพ งานวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมชาโมโรเฮยะ ซึ่งทำให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์ในแง่ของสุขภาพสูงที่สุด จากการดื่มชาโมโรเฮยะที่เตรียมโดยใช้อนุมูลอิสระ 87 องศาเซลเซียส ร่วมกับระยะเวลาในการชง 16 นาที

**คำสำคัญ:** ชาโมโรเฮยะ สภาวะที่ใช้ชงชา ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

#### คำนำ

โมโรเฮยะ หรือ ปอกระเจาฝักยาว เป็นพืชผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ส่วนใบของโมโรเฮยะ อุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆ เช่น ธาตุเหล็ก แคลเซียม เบต้าแคโรทีน วิตามินซี รวมถึงสารสำคัญที่อยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ Corchoionosides, Corchoroside, Strophanthidin และสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ สารเหล่านี้มีคุณสมบัติในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ต้านการอักเสบ ต้านการเจริญของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค รวมทั้งช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน (Kumari และคณะ, 2018) ด้วยเหตุนี้ใบโมโรเฮยะจึงเป็นที่นิยมบริโภคโดยเฉพาะในแถบทวีปเอเชีย โดยนำไปมาปรุงประกอบอาหาร เช่น ซุป สตูว์ บะหมี่ผัก และอีกทั้งยังนำมารับประทานในรูปแบบชาสมุนไพร (Loumerem และ Alercia, 2016) โดยเมื่อเปรียบเทียบกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพกับใบชา (*Camellia sinensis* L.) ประเภทต่างๆ พบว่าใบโมโรเฮยะมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่า ชาเขียว ชาดำ ชาอู่หลง และชาขาว ซึ่งมีค่าดังนี้ 244.18, 193.75, 116.06, 108.91, 86.28 mgGAE/g DW ตามลำดับ (Zhao และคณะ 2019, Yan และคณะ, 2013) โดยในขั้นตอนการชงชาสมุนไพร ปัจจัยที่จะส่งผลต่อคุณภาพของน้ำชาสมุนไพร ได้แก่ อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ชง อัตราส่วนระหว่างน้ำกับใบชา และขนาดอนุภาคของใบชาหรือสมุนไพรนั้นๆ (Liu และคณะ, 2018) ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของน้ำชาสมุนไพร ทั้งในด้านเคมี กายภาพ ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมถึงการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของสภาวะที่ใช้ในการชงชาโมโรเฮยะ ต่อลักษณะทางเคมีกายภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

<sup>1</sup> ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ 420/1 ถนนราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi RD., Ratchathewi District, Bangkok 10400. Thailand

<sup>2</sup> ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ 420/1 ถนนราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

Department of Microbiology, Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi RD., Ratchathewi District, Bangkok 10400. Thailand

## อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างโดยนำใบชาโมโรเฮยะจากฟาร์ม ที่ปลูกในจังหวัดขอนแก่น ที่ผ่านการกรรมวิธีการทำชาแบบคั่วมาชงชาที่อัตราส่วนน้ำ 200 มิลลิลิตรต่อใบโมโรเฮยะแห้ง 1 กรัม โดยใช้ น้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส แช่เป็นเวลานาน 10 15 และ 20 นาที รวมจำนวน 9 ทริตเมนต์ โดยมีทริตเมนต์ละ 3 ซ้ำ น้ำชาที่ได้นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่อง pH meter ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ด้วยเครื่อง Digital refractometer ค่าสีในระบบ CIE ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) ด้วยเครื่องวัดสียี่ห้อ Hunter lab และนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธีของ Singleton และ Rossi (Pinelo และคณะ, 2010) ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดด้วยวิธี Aluminium chloride (Fawole และ Opara, 2016) ปริมาณสารแทนนินทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ร่วมกับการใช้ Polyvinylpyrrolidone (Mphahlele และคณะ, 2014) ความสามารถในการรีดิวซ์เพอริลของสารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) ด้วยวิธีของ Benzie และ Strain (Wang และคณะ, 2019) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ DPPH (Wang และคณะ, 2019) วางแผนการทดลองแฟคทอเรียลแบบสุ่มสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson's Correlation Coefficient) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมในการชงชาโมโรเฮยะด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (response surface methodology)

โครงการวิจัยนี้ ได้ผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เอกสารรับรองเลขที่ COA. No. MUPH 2020-023

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาอิทธิพลของสภาวะที่ใช้ในการชงชาโมโรเฮยะ ต่อลักษณะทางเคมีกายภาพ พบว่า การใช้อุณหภูมิร่วมกับเวลา ในช่วงที่ศึกษา ไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อค่า pH ค่าสี ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) และค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ  $p > 0.05$  แต่เมื่อพิจารณาที่ปัจจัยหลักพบว่า ทั้ง อุณหภูมิ และ เวลา ส่งผลต่อค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าความเป็นสีแดง-เขียว ( $a^*$ ) (Table 1) โดยเมื่อ อุณหภูมิ และ เวลาเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ ค่า  $L^*$  ลดลงนั่นหมายถึงความสว่างของน้ำชาโมโรเฮยะลดลง และค่า  $a^*$  เพิ่มขึ้นหรือมีความเป็นสีแดงมากขึ้น Table 2 ทั้งนี้เนื่องจากการใช้อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น หรือ ระยะเวลาที่นานขึ้นจะส่งผลให้น้ำสามารถเข้าไปทำลายสารประกอบเชิงซ้อนที่ให้สีน้ำตาลอย่าง เมลานิน ได้มากขึ้น ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยใช้เอนไซม์ โดยมีสารประกอบฟีนอลิกที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากผนังเซลล์หลังจากที่ผนังเซลล์ถูกทำลายจากกระบวนการเตรียมใบชาโมโรเฮยะในขั้นตอนต่างๆ เป็นสารตั้งต้นของการเกิดปฏิกิริยา ร่วมกับการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ในขณะที่ชงชาโมโรเฮยะด้วยระดับความร้อนที่สูงขึ้น (Liu และคณะ, 2020, Lu และคณะ, 2021)

การศึกษาอิทธิพลของสภาวะที่ใช้ในการชงชาโมโรเฮยะ ต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าการใช้อุณหภูมิร่วมกับเวลา ในช่วงที่ศึกษา มีปฏิสัมพันธ์ต่อค่าปริมาณแทนนินทั้งหมด และค่า FRAP ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ  $p < 0.05$  โดยการใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ร่วมกับระยะเวลา 20 นาทีส่งผลให้น้ำชาโมโรเฮยะมีค่าปริมาณแทนนินทั้งหมด และค่า FRAP สูงที่สุด คือ  $4.44 \pm 0.35$  mg GAE/100 ml และ  $18.93 \pm 1.14$  mmol Fe(II)/l ตามลำดับ (Table 1) และเมื่อพิจารณาที่ปัจจัยหลักพบว่า ทั้ง อุณหภูมิ และ เวลา ส่งผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ( $18.95$ – $32.54$  mg GAE/100 ml) และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ( $12.59$ – $23.54$  mg CE/100ml) (Table 1) โดยเมื่อ อุณหภูมิ และ เวลาเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณสารสำคัญทั้งสองชนิดเพิ่มมากขึ้น Table 2 เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้ความร้อนสามารถเข้าไปทำลายผนังเซลล์ของใบชาโมโรเฮยะได้มากขึ้น และ ระยะเวลาที่นานขึ้นจะส่งผลให้น้ำสามารถเข้าไปทำลายสารฟีนอลิกทั้งหมด รวมถึงสารฟลาโวนอยด์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาได้มากขึ้นหลังจากที่ผนังเซลล์ถูกทำลายตั้งแต่กระบวนการเตรียมใบชาโมโรเฮยะ (Le-Gall และคณะ, 2015) ซึ่งให้ผลมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการศึกษาของ Perez-Burillo ที่ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการชงชาขาว และชาดำ (Perez-Burillo และคณะ, 2018) สำหรับค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ( $29.51$ – $38.84$  %) มีแนวโน้มตรงข้ามกับค่าของปริมาณฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ทั้งหมด โดยมีค่าลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Table 2) เนื่องจากธรรมชาติของใบโมโรเฮยะมีปริมาณธาตุเหล็กอยู่ในปริมาณที่สูงถึง 7.7 มิลลิกรัมต่อใบโมโรเฮยะแห้ง 100 กรัม (Shitanda และ Wanjala, 2006) ซึ่งไอออนของธาตุเหล็กจะยิ่งถูกปลดปล่อยออกมาเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิสูงขึ้น และสภาวะที่ค่า pH เป็นกลางอย่างในน้ำชาโมโรเฮยะที่มีค่า pH อยู่ที่ 6.64–6.77 รวมทั้งไอออนของโลหะชนิดอื่นอย่างเช่น ไอออนของทองแดง ที่สามารถพบได้ในใบโมโรเฮยะ ก็จะถูกปลดปล่อยออกมาเพิ่มขึ้นด้วย จึงทำให้เกิดกลไกการป้องกันการเกิดออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกในกลุ่ม Catechol อย่างเช่น catechin และกลุ่ม Galloyl อย่าง gallic acid และ hydrolysable tannin

โดยการจับกันของสารประกอบฟีนอลิกกับไอออนของโลหะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ และแทนนิน (Pazas และ Medina, 2014) จึงทำให้จำนวนของสารที่สามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมกับอนุมูลอิสระของ DPPH ลดลง (Kejik และคณะ, 2021) จึงเป็นเหตุผลให้ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ลดลง จะเห็นได้ว่านอกจากปริมาณไอออนของโลหะจะมีผลต่อค่า DPPH แล้ว ชนิดของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่อยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก ยังมีผลต่อการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH อีกด้วย และจากผลการทำนายสภาวะที่เหมาะสม พบว่าการชงชาโมโรเฮยะโดยใช้อุณหภูมิ 87 องศาเซลเซียส ร่วมกับระยะเวลาในการชง 16 นาที ส่งผลให้น้ำชาโมโรเฮยะมีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงที่สุด แต่มีปริมาณสารแทนนินทั้งหมดน้อยที่สุด (Figure 1)

### สรุปผล

การศึกษาพบอิทธิพลร่วมของการใช้อุณหภูมิ (70, 80, 90 องศาเซลเซียส) และเวลา (10, 15, 20 นาที) ในการชงชาโมโรเฮยะต่อปริมาณแทนนินทั้งหมด และค่าFRAP และพบว่าอุณหภูมิ หรือเวลาที่ใช้ในการชงชา มีผลต่อค่า  $L^*$  ค่า  $a^*$  ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ DPPH และสภาวะที่เหมาะสมในการชงชาโมโรเฮยะคือ อุณหภูมิ 87 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการชง 16 นาที จากผลการศึกษาทำให้ทราบถึงอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการชงชาโมโรเฮยะที่มีต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำชาโมโรเฮยะ เพื่อประกอบการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำชา โมโรเฮยะพร้อมดื่มบรรจุขวดในงานวิจัยต่อจากนี้

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ภาควิชาโภชนาวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในการสนับสนุนบุคคลากรผู้เชี่ยวชาญห้องปฏิบัติการและสถานที่ทำวิจัย โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ภายใต้สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) รวมถึงและบริษัทอิชิตัน จำกัด (มหาชน) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- Fawole, O.A. and Opara, U.L., 2016, Stability of Total Phenolic Concentration and Antioxidant Capacity of Extracts from Pomegranate Co-products Subjected to in Vitro Digestion. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16 (356): 1-10.
- Kejik, Z., Kaplanek, R., Bobula, P., Matkowski, A. and Filipensky, P., 2021, Iron Complexes of Flavonoids Antioxidant Capacity and Beyond, *International Journal of Molecular Sciences*, 22: 1-20.
- Kumari, N., Choudhary, S.C., Sharma, H.K., Singh, B.K. and Kumar, A.A., 2018, Health-promoting Properties of Corchorus leaves: A review, *Journal of Herbal Medicine*, 15: 1-10.
- Le-Gall, H., Philippe, F., Domon, J.M., Gillet, F., Pelloux, J. and Rayon, C., 2015, Cell Wall Metabolism In Response to Abiotic Stress, *Plants*, 4: 112-166.
- Liu, Y., Luo, L., Liao, C., Chen, L., Wang, J. and Zeng, L., 2018, Effects of Brewing Conditions on the Phytochemical Composition, Sensory Qualities and Antioxidant Activity of Green Tea Infusion: A Study Using Response Surface Methodology, *Food Chemistry*, 269: 24-34.
- Liu, X., Bourullec, C.L. and Renard, C.M.G.C., 2020, Interactions between Cell Wall Polysaccharides and Polyphenols: Effect of Molecular Internal, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19:3574-3617.
- Loumerem, M. and Alercia, A., 2016, Descriptors for Jute (*Corchorus olitorius* L.), *Genetic Resources and Crop Evolution* 63: 1103-1111.
- Lu, Y., Xu, Y., Song, M.T., Qian, L.L., Liu, X.L. and Gao, R.Y., 2021, Promotion Effect of Flavonoids on Browning Induced by Enzymatic Oxidation of Tyrosinase; Structure-activity Relationship, *RSC Advances*, 11: 13769-13779.
- Mphahlele, R.R., Stander, M.A., Fawole, O.A. and Opara, U.L., 2014, Effect of Fruit Maturity and Growing Location on the Postharvestcontents of Flavonoids, Phenolic Acids, Vitamin C and Antioxidant Activity of Pomegranate Juice (cv. Wonderful), *Scientia Horticulturae*, 179: 36-45.
- Pazas, M. and Medina, I., 2014, Oxidants Occuring in Food Systems, In: Bartose, G., editor, *Food Oxidants and Antioxidants Chemical, Biological and Functional Properties*, 1 st ed, New York: CRC Press Taylor and Francis Group, p.21-44.

Perez-Burillo, S., Gimenez, R., Rufian-Henares, J.A. and Pastoriza, S., 2018, Effect of Brewing Time and Temperature on Antioxidant Capacity and Phenols of White tea: Relationship with Sensory Properties, *Food Chemistry*, 248: 111-118.

Pinelo, M., Zeuner, B., and Meyer, A.S., 2010, Juice Clarification by Protease and Pectinase Treatments Indicates New Roles of Pectin and Protein in Cherry Juice Turbidity, *Food and Bioproducts Processing*, 88: 259-265.

Shitanda, D. and Wanjala, N.V., 2006, Effect of Different Drying Methods on the Quality of Jute (*Corchorus olitorius* L.), *Drying Technology*, 24: 96-98.

Wang, J., Ye, J., Vanga, S.V. and Raghavan, V., 2019, Influence of High-intensity Ultrasound on Bioactive Compounds of Strawberry Juice: Profiles of Ascorbic Acid, Phenolics, Antioxidant Activity and Microstructure, *Food Control*, 96: 128-136.

Yan, Y.Y., Wang, Y.W., Chen, S.L., Zhuang, S.R. and Wang, C.K., 2013, Anti-inflammatory Effects of Phenolic Crude Extracts from Five Fractions of *Corchorus Olitorius* L., *Food Chemistry*, 138: 1008-1014.

Zhao, C.N., Tang, G.Y., Cao, S.Y., Xu, X.Y., Gan, R.Y. and Liu, Q., 2019, Phenolic Profiles and Antioxidant Activities of 30 Tea Infusions from Green, Black, Oolong, White, Yellow and Dark Teas, *Antioxidants*, 8: 1-14.

**Table 1** Effect of the independent variables on physicochemical properties, bioactive compounds and antioxidant capacity of moroheiya tea.

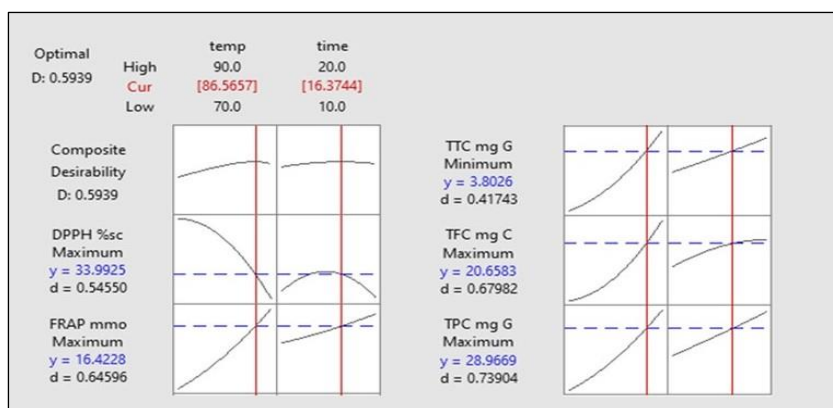
Factor	F value									
	pH	L*	a*	b*	TSS	TPC	TFC	TTC	FRAP	DPPH
T	2.37	8.32**	75.30***	1.35	1.93	187.92***	56.72***	289.32***	402.38***	21.91***
BT	0.22	4.40*	25.77***	2.36	1.03	56.85***	5.11*	26.69***	27.59***	3.58*
T*BT	0.18	0.86	2.13	2.3	0.12	0.66	0.21	10.04***	10.57***	1.5
Error	0.14	0.14	0.03	0.07	0.01	2.03	6.47	0.05	0.61	8.74

\*, \*\*, \*\*\* Correlation is significant at the 0.05, 0.01, and 0.001 level (2-tailed) respectively. T; Temperature, BT; brewing time

**Table 2** Pearson’s correlation coefficient within main effect and different variables tested.

	T	BT	pH	L*	a*	b*	TSS	TPC	TFC	TTC	FRAP	DPPH
T	1	0	-.303*	-.544**	.810**	-.025	0.265	.831**	.795**	.885**	.917**	-.624**
BT	0	1	0.091	-.421*	.468*	-.0223	0.2	.460**	0.235	.273*	0.24	0.134
pH	-.303*	0.091	1	0.212	-.502**	0.245	.574**	-.0158	-.0186	-.0219	-.0235	0.204
L*	-.544**	-.421*	0.212	1	-.747**	.470*	-.0322	-.620**	-.466*	-.611**	-.581**	0.254
a*	.810**	.468*	-.502**	-.747**	1	-.307	.617**	.865**	.747**	.841**	.822**	-.462*
b*	-.025	-.0223	0.245	.470*	-.307	1	-.0178	-.393*	-.0234	-.0353	-.0375	0.364
TSS	0.265	0.2	.574**	-.0322	.617**	-.0178	1	.391**	.316*	.272*	.296*	-.014
TPC	.831**	.460**	-.0158	-.620**	.865**	-.393*	.391**	1	.756**	.883**	.894**	-.440**
TFC	.795**	0.235	-.0186	-.466*	.747**	-.0234	.316*	.756**	1	.832**	.850**	-.596**
TTC	.885**	.273*	-.0219	-.611**	.841**	-.0353	.272*	.883**	.832**	1	.982**	-.611**
FRAP	.917**	0.24	-.0235	-.581**	.822**	-.0375	.296*	.894**	.850**	.982**	1	-.606**
DPPH	-.624**	0.134	0.204	0.254	-.462*	0.364	-.014	-.440**	-.596**	-.611**	-.606**	1

\*, \*\*, Correlation is significant at the 0.05, and 0.01 level (2-tailed) respectively.



**Figure 1** Response optimization of brewing condition on bioactive compounds and antioxidant capacity of moroheiya tea.