



บทความวิจัย

ผลของการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและลมร้อนต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของขมิ้นชัน

พรพิชญ์ ธรรมปัทม์^{1*} วีระยุทธ แสนมหาชัย² สุพรรณษา บ่อใหญ่² และ กมล พลคำ²

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

² สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
Article history	
รับ: 14 กรกฎาคม 2564	
แก้ไข: 6 สิงหาคม 2564	
ตอบรับการตีพิมพ์: 24 สิงหาคม 2564	
ตีพิมพ์ออนไลน์: 30 กันยายน 2564	
คำสำคัญ	
สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	
เคอร์คิวมิน	
การอบแห้ง	
	<p>ขมิ้น (<i>Curcuma longa</i> L.) เป็นหนึ่งในเครื่องเทศและสารแต่งสีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอาหารของคนเอเชีย เหง้าของขมิ้นชันอุดมไปด้วยสารเคอร์คิวมิน ซึ่งเป็นเม็ดสีตามธรรมชาติและมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทำให้แห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 °C ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี คุณสมบัติน้ำตาลและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของขมิ้นชัน สำหรับการประเมินแหล่งความร้อนของการอบแห้ง พบว่าอัตราการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลสูงกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิเดียวกัน การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและลมร้อนส่งผลต่อสีของขมิ้นชันอย่างมีนัยสำคัญในค่าสี L*, a*, b* และ ΔE ($p < 0.05$) ความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิการอบแห้งที่ลดลง การอบแห้งขมิ้นชันด้วยรังสีอินฟราเรดไกล (80 °C) สามารถรักษาค่าสีให้คงเดิมมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อน ซึ่งอาจเกิดจากการทำให้เกิดความร้อนที่รวดเร็วและสม่ำเสมอ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและลมร้อนส่งผลให้ปริมาณเคอร์คิวมิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จุดเด่นของงานวิจัยนี้พบว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลที่อุณหภูมิ 80°C มีปริมาณเคอร์คิวมิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด</p>

บทนำ

ขมิ้นชันมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Curcuma longa* L. และมีชื่อสามัญว่า Turmeric จัดเป็นพืชล้มลุกในวงศ์ขิง มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีเนื้อในเหง้าสีเหลืองหรือสีเหลืองส้ม มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่มีคุณประโยชน์อย่างมาก ขมิ้นชันเป็นพืชสมุนไพรที่มีความสำคัญและใช้ประโยชน์อย่างมากในอุตสาหกรรมอาหาร (Asghari et al., 2009) สามารถสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการ เช่น ยารักษาโรค ลูกประคบ สมุนไพร ผลิตภัณฑ์ดูแลร่างกาย รวมไปถึงผงขัดผิวที่ทำมาจากขมิ้นชัน (Assawarachan et al., 2013) สำหรับขมิ้นชันมีการเพาะปลูกทั่วประเทศ นิยมนำมา

เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง โดยเฉพาะในส่วนของลำต้นที่อยู่ใต้ดินที่เรียกว่าเหง้า เพราะในส่วนของเหง้าขมิ้นชันประกอบไปด้วยสารเคอร์คิวมิน ซึ่งเป็นสารสีเหลืองมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี จึงได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน โดยเฉพาะทางด้านการผลิตยา อาหาร และเครื่องสำอาง นอกจากนี้ได้มีการวิจัยทั้งในคนและสัตว์ทดลองพบว่า เคอร์คิวมินมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฤทธิ์บำรุงรักษาตับ ช่วยป้องกันมะเร็ง ฤทธิ์ในการลดระดับโคเลสเตอรอล และฤทธิ์ในการป้องกันสมองเสื่อม (Tirawanichakul et al., 2013)

* Corresponding author

E-mail address: Thammapat.p@gmail.com (P. Thammapat)

Online print: 28 June 2021. Copyright © 2021. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University.

การทำผลิตภัณฑ์สมุนไพรจากขมิ้นชันนั้นควรต้องมีการลดความชื้นของผลิตภัณฑ์เสียก่อนเพื่อช่วยในการยืดอายุในการเก็บรักษาและเพื่อช่วยในกระบวนการเตรียมขมิ้นชันแห้งในการเป็นวัตถุดิบเบื้องต้นสำหรับกระบวนการอื่น ๆ การลดความชื้นเป็นการนำน้ำออกจากวัสดุไม่ว่าจะเป็นในรูปของของเหลวหรือในรูปของไอน้ำเพื่อให้วัสดุนั้น ๆ มีปริมาณความชื้นต่ำลงตามความต้องการที่เรียกว่าวิธีการอบแห้ง การอบแห้งวัสดุสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การอบแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ (การตากแดด) ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย เสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่ยากต่อการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำหรับการอบแห้งระบบสุญญากาศและการอบแห้งแบบฟลูอิดซ์เบดเป็นวิธีการที่ต้องใช้ต้นทุนในการดำเนินงานสูง วิธีการที่นิยมใช้ในการอบแห้งวัสดุทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรคือการอบแห้งด้วยลมร้อน วิธีการนี้ใช้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้งต่ำ ทำให้ช่วยรักษากลิ่นและสีของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ แต่ก็มีข้อเสียคือใช้เวลาในการอบแห้งค่อนข้างนานส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงาน วิธีการหนึ่งที่มีความน่าสนใจในปัจจุบันคือการนำรังสีอินฟราเรดไกลมาใช้ในการอบแห้ง (Riadh, 2015) เนื่องจากรังสีอินฟราเรดไกลสามารถทะลุผ่านวัตถุโดยเฉพาผลผลิตทางการเกษตรเข้าไปทำให้โมเลกุลของวัตถุนั้น ๆ ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนมากกว่าปกติ เป็นผลให้วัตถุนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้อัตราการอบแห้งสูงขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้พลังงานที่แผ่รังสีออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะไม่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุนั้นๆ ต้องเสียไป (Nathakaranakule et al., 2010) ซึ่งในปัจจุบันมีการนำรังสีอินฟราเรดไกลมาใช้ในการอบแห้งอาหารหลายชนิด เช่น ขนุน (Tirawanichakul et al., 2012) กล้วย (Swasdisevi et al., 2007) เนื้อวัว (Muga et al., 2021) กระเทียม (Papu et al., 2014) เป็นต้น

จากปัญหาและความสำคัญดังกล่าว การอบแห้งขมิ้นชันในปัจจุบันนิยมใช้การตากแห้งและการอบด้วยลมร้อนเท่านั้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการอบแห้งขมิ้นชันระหว่างการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อคุณภาพของขมิ้นชัน ซึ่งจะเป็นแนวทางในการผลิตขมิ้นชันอบแห้งเพื่อยังคงให้มีระดับของสารเคอร์คิวมินในขมิ้นชันที่สูงและสามารถใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นที่สำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตได้อย่างครบวงจร ซึ่งเป็นการต่อยอดทางเศรษฐกิจของประเทศในการสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันทั้งในและต่างประเทศต่อไป

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างโดยนำขมิ้นชันสด (อายุที่มีความแก่ทางการค้า 9 – 11 เดือน) ซึ่งจากตลาดในท้องถิ่นในจังหวัดมหาสารคาม

มาล้างทำความสะอาดเพื่อเอาดินและสิ่งสกปรกออก จากนั้นนำขมิ้นชันสดไปล้างให้แห้งที่อุณหภูมิอากาศห้องปกติ ทำการคัดเลือกขมิ้นชันสดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยที่เท่า ๆ กัน (0.84 ± 0.02 นิ้ว) แล้วนำมาเข้าเครื่องสไลด์ให้มีขนาดความหนา 1 มม. ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อไปวิเคราะห์หาความชื้นเริ่มต้น (AOAC, 2002) จากนั้นนำไปอบแห้งขมิ้นชันตามเงื่อนไขที่กำหนด (ข้อ 2)

2. การศึกษาอัตราการอบแห้ง

นำตัวอย่างขมิ้นชัน 100 ก. ไปอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล ($\lambda = 15 \mu\text{m} - 1 \text{mm}$) และลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 60, 70 และ 80 °C แล้วทำการเก็บข้อมูลน้ำหนักขมิ้นชันที่เปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการอบแห้งด้วยอินฟราเรดไกลและลมร้อน สำหรับการอบแห้งด้วยลมร้อนทุก ๆ 10 นาที และสำหรับการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลทุก ๆ 5 นาที จนกระทั่งน้ำหนักและความชื้นไม่เปลี่ยนแปลง นำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นไปคำนวณหาอัตราการอบแห้ง โดยสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับอัตราส่วนความชื้น (Abdulla et al., 2011)

3. การศึกษาผลของการอบแห้งต่อคุณภาพของขมิ้นชัน

นำตัวอย่างขมิ้นชันที่ผ่านการสไลด์เรียบร้อยแล้ว 800 ก. ไปอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดและลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 60, 70 และ 80 °C เมื่ออบแห้งจนได้ความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 8% มาตรฐานแห้ง จากนั้นนำขมิ้นชันที่แห้งแล้วไปบดจนละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 150 mesh เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

3.1 ค่าสี

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านการเปลี่ยนแปลงค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) ยี่ห้อ Hunter lab รุ่น CQXE/SAV-2 วัดในระบบ CIE L*, a* และ b* ซึ่งค่า L* คือ ค่าความสว่าง มีค่าเท่ากับ 0 – 100 ค่า +a* คือ ค่าสีแดง ค่า -a* คือ ค่าสีเขียว ค่า +b* คือ ค่าสีเหลือง ค่า -b* คือ ค่าสีน้ำเงิน

3.2 ปริมาณเคอร์คิวมิน

การวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คิวมินจากวิธีของ Pawar et al. (2014) โดยใช้สารเคอร์คิวมิน (Fluka, Switzerland) เป็นสารมาตรฐาน ทำการเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้น 6.25, 12.50, 25, 50, 100 และ 200 มก./ล. การเตรียมตัวอย่างโดยใช้ตัวอย่างขมิ้นชันที่ผ่านการบดเรียบร้อยแล้ว 100 มก. สกัดด้วยเอทานอล 95 % ปริมาณ 50 มล. ทำการสกัดเป็นระยะเวลา 10 นาที และปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล. กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 (Whatman) หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณเคอร์คิวมินด้วย UV – Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน

3.3 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) โดยดัดแปลงวิธีการจาก Kragujevac (2011) ด้วยการใช้ Folin – Ciocalteu Reagent โดยนำสารสกัดจากตัวอย่างปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมเข้ากับสารละลาย Folin – Ciocalteu Reagent ที่ความเข้มข้น 10 % ปริมาตร 125 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 6 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 7.5 % ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic acid) ที่ระดับความเข้มข้น 6.25, 12.50, 25, 50, 100 และ 200 มก./ล. แสดงผลเป็นค่า mg สมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่างน้ำหนักแห้ง 100 ก. (mg GAE/100 g dry weight)

3.4 การวัดการต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging assay โดยดูดสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ 3 มล. ลงในสารสกัดจากตัวอย่าง 150 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันบ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV – visible spectrophotometer) ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร (Mokbel et al., 2005) เพื่อคำนวณหา % radical scavenging จากสมการ

$$\% \text{ DPPH radical scavenging} = [(X - Y) / X] \times 100$$

เมื่อ Y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

X คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ Control

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของขมิ้นชันตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติโดย Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ค่าสถิติ Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows version 23 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. อัตราการอบแห้ง

การศึกษาอัตราการอบแห้งขมิ้นชันที่ทำการอบแห้ง 2 เจือไน คือ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 °C มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

ขมิ้นชันแสดงดัง Figure 1 และ Figure 2

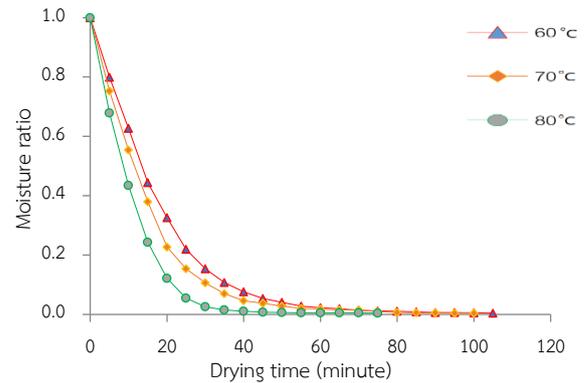


Figure 1 Effects of different temperature of infrared on drying time of turmeric.

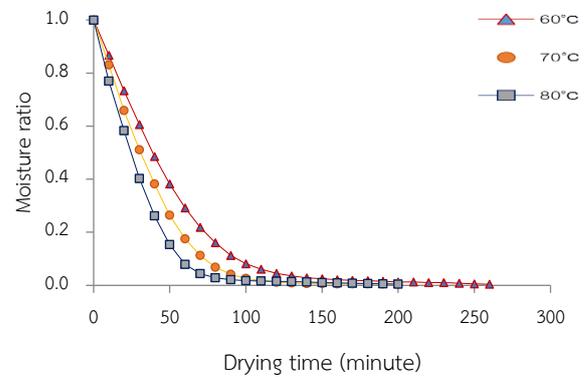


Figure 2 Effects of different temperature of hot air on drying time of turmeric.

จากการเปรียบเทียบการอบแห้งด้วยสภาวะต่าง ๆ การอบแห้งที่ระดับอุณหภูมิ 6, 70 และ 80 °C ทั้งกรณีการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและการอบแห้งด้วยลม พบว่าปัจจัยของอุณหภูมิอบแห้งมีผลต่ออัตราการส่วนความชื้น และการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีอัตราการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นระยะเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ โดยสังเกตจากกราฟระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้งที่ระดับอุณหภูมิ 60, 70 และ 80 °C ทั้งกรณีการอบแห้งด้วยลมร้อนและการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล ช่วงแรกจะมีความชื้นสูงเนื่องจากมีอัตราการอบแห้งสูง เมื่อระยะเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นกราฟจะมีความชื้นลดลงตามลำดับเนื่องจากอัตราการอบแห้งลดลง การอบแห้งที่ระดับอุณหภูมิ 80 °C ทั้งกรณีการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและการอบแห้งด้วยลมร้อน พบว่ากราฟมีค่าความชื้นสูงสุดรองลงมา คือที่ระดับอุณหภูมิ 70 และ 60 °C ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบที่ระดับอุณหภูมิเดียวกันของการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและการอบแห้งด้วยลมร้อน พบว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลมีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับอัตราส่วนความชื้นในการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและการอบแห้งด้วยลมร้อนที่เงื่อนไขอุณหภูมิ 60, 70 และ 80 °C (Figure 3 และ Figure 4)

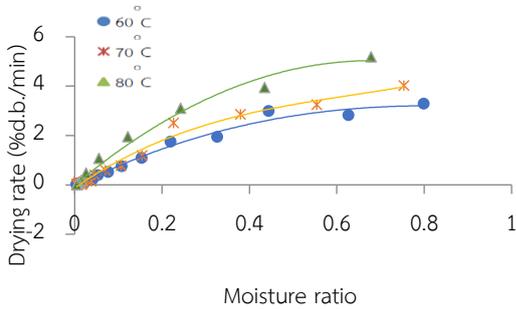


Figure 3 Relation of drying rate and moisture ratio of infrared drying of turmeric.

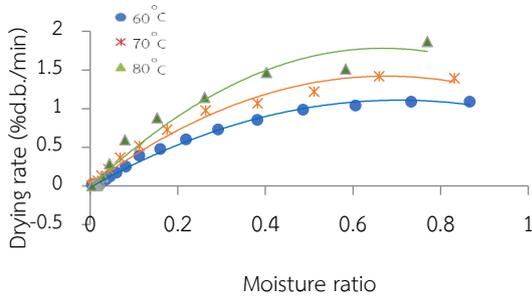


Figure 4 Relation of drying rate and moisture ratio of hot air drying of turmeric.

พบว่าอัตราการอบแห้งจะลดลงทั้งสามอุณหภูมิ ซึ่งที่อุณหภูมิ 80 °C จะพบอัตราการอบแห้งสูงที่สุด รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 70 และ 60 °C ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิในการอบแห้งสูงคือ 80 °C จะมีอัตราการอบแห้งสูงกว่า 70 และ 60 °C ตามลำดับ ทั้งในการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและลมร้อน โดยในช่วงเริ่มต้นของการอบแห้งทั้ง 3 ระดับอุณหภูมิจะมีอัตราการอบแห้งสูงที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงเริ่มต้นที่ชั้นชั้นที่ใช้ในการอบแห้งมีความชื้นเริ่มต้นยังสูงอยู่ ผิวของอาหารจะมีลักษณะเปียกชื้นมาก เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างตัวกลางลมร้อนกับอาหาร ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวอาหารมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature) ของกระแสลมร้อนที่ใช้เป็นตัวกลาง อัตราการอบแห้งค่อย ๆ ลดลงเมื่ออบแห้งเป็นระยะเวลาเพิ่มขึ้น (Abdulla et al., 2011) เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับอุณหภูมิเดียวกันของการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและลมร้อนพบว่าอัตราการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลมีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน เนื่องจากการอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดไกล เป็นการแผ่รังสีในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรดไกลจากแหล่งพลังงานความร้อนมาตก

กระทบลงบนผิวของวัสดุ แล้วรังสีทะลุทะลวงเข้าไปในวัสดุ ทำให้พลังงานส่วนหนึ่งของการแผ่รังสีถูกวัสดุดูดกลืนเอาไว้ และทำให้โมเลกุลของวัสดุเกิดการสั่นสะเทือนแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนขึ้นในวัสดุ ดังนั้นน้ำที่อยู่ในโมเลกุลก็จะได้รับความร้อน และเกิดการแพร่ไปยังบริเวณผิวของวัสดุ จึงทำให้มีอัตราการอบแห้งสูงกว่าการใช้ลมร้อน (Sharma et al., 2005) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Vishwanathan et al. (2010) ที่พบว่าอัตราการอบแห้งแครอทและมะเขือเทศด้วยรังสีอินฟราเรดไกลจะมีอัตราการอบแห้งสูงกว่าลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิเดียวกัน

2. ลักษณะทางกายภาพ เคมี และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

2.1 การเปลี่ยนแปลงค่าสี

จากการศึกษาผลกระทบบนของอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสีของขมิ้นชัน (Table 1)

ขมิ้นชันที่ผ่านการอบแห้งด้วยอินฟราเรดไกลและลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 °C พบว่าค่าความสว่าง (L*) ของขมิ้นชันสดมีค่าเท่ากับ 69.36 เมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและลมร้อนทำให้ค่าความสว่างลดลง (p<0.05) การอบแห้งด้วยอินฟราเรดไกลที่อุณหภูมิ 80 °C ค่าความสว่างสูงสุด (44.58) ส่วนการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C จะทำให้ค่าความสว่างต่ำสุด (37.49)

ค่าความเป็นสีเขียว/สีแดง (a*) ของขมิ้นชันสดมีค่าเท่ากับ 13.56 เมื่อผ่านการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและลมร้อนทำให้ค่าสีแดงเพิ่มขึ้น (p < 0.05) เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับอุณหภูมิเดียวกัน พบว่าการอบแห้งขมิ้นชันด้วยลมร้อนมีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นสูงกว่าการอบแห้งขมิ้นชันด้วยรังสีอินฟราเรดไกล (p < 0.05)

ค่าความเป็นสีน้ำเงิน/สีเหลือง (b*) ของขมิ้นชันสดมีค่าเท่ากับ 21.21 การอบแห้งขมิ้นชันด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและลมร้อนจะส่งผลให้ขมิ้นชันมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น (p < 0.05) เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับอุณหภูมิเดียวกันพบว่าอัตราการอบแห้งขมิ้นชันด้วยลมร้อน

Table 1 Effects of drying methods on color characteristics of turmeric

Drying method	Temperature (°C)	L*	a'	b'	ΔE
Infrared drying	60	42.38±1.11 ^{bc}	17.03±0.32 ^{ab}	27.94±0.43 ^{ab}	28.03±0.95 ^b
	70	43.35±0.55 ^{bc}	16.29±0.51 ^{abc}	26.72±0.82 ^{bc}	28.17±2.62 ^b
	80	44.58±0.62 ^b	15.29±0.47 ^{bc}	26.00±0.56 ^c	25.30±0.74 ^c
Hot air drying	60	37.49±0.99 ^d	18.42±1.02 ^a	28.66±0.89 ^a	33.10±0.90 ^a
	70	38.16±1.55 ^d	17.06±0.20 ^{ab}	27.43±0.54 ^b	32.01±1.50 ^a
	80	41.16±0.94 ^c	14.27±3.68 ^{bc}	26.85±0.35 ^{bc}	28.92±0.91 ^b
Raw	-	69.36±3.07 ^a	13.56±1.04 ^c	21.21±0.76 ^d	-

Note: Mean values ± standard deviation of determinations for triplicate samples. Values with the different superscript in each column are significantly different ($P < 0.05$).

มีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นสูงกว่าการอบแห้งไขมันชั้นด้วยรังสีอินฟราเรดไกล ($p < 0.05$) ค่าความแตกต่างค่าสีโดยรวม (ΔE) ของไขมันชั้นที่ผ่านการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 60, 70 และ 80 °C พบว่า การอบแห้งด้วยลมร้อนมีค่าความแตกต่างค่าสีโดยรวมของไขมันชั้นสูงกว่าการอบแห้งด้วยอินฟราเรดไกล ($p < 0.05$) เนื่องจากการอบแห้งด้วยลมร้อนอาศัยอากาศร้อนเป็นตัวพาความชื้นออกจากผิวของไขมันชั้น ซึ่งแตกต่างจากการให้รังสีอินฟราเรดไกลที่ทำให้โมเลกุลของวัสดุเกิดการสั่นสะเทือนแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนขึ้นในวัสดุ ดังนั้นการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลจึงทำให้น้ำระเหยได้เร็วกว่าการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน ทำให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าจึงทำให้การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลมีการเปลี่ยนแปลงค่าความแตกต่างค่าสีโดยรวมน้อยกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน (Sakare et al., 2020) การอบแห้งไขมันชั้นด้วยรังสีอินฟราเรดไกลที่อุณหภูมิ 80 °C มีการเปลี่ยนแปลงค่าความแตกต่างค่าสีโดยรวมต่ำสุด (25.30) ในขณะที่การอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C มีการเปลี่ยนแปลงค่าความแตกต่างค่าสีโดยรวมสูงสุด (33.10) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Vishwanathan et al. (2010) ที่พบว่าการอบแห้งแคโรทและมะเขือเทศด้วยรังสีอินฟราเรดไกลจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีหรือการเกิดดัชนีสีน้ำตาล (browning index) น้อยกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน

2.2 ปริมาณเคอร์คูมิน ฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

ปริมาณเคอร์คูมิน ฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของไขมันชั้นที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีการที่แตกต่างกันแสดงดัง Table 2 เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของระดับอุณหภูมิในการอบแห้งไขมันชั้นด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 °C ต่อปริมาณสารเคอร์คูมิน พบว่าไขมันชั้นสดมีปริมาณเคอร์คูมินสูงสุด 19.49 ก./100 ก. (dry basis) การอบแห้งไขมันชั้นด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและลมร้อนส่งผลให้ปริมาณเคอร์คูมินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) การอบแห้งด้วยลมร้อนจะส่งผลให้ปริมาณเคอร์คูมินลดลงมากกว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล โดยการ

อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลที่อุณหภูมิ 80 °C จะมีปริมาณเคอร์คูมินลดลง (15.68 ก./100 ก.) น้อยกว่าที่อุณหภูมิ 60 และ 70 °C ส่วนการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C จะมีปริมาณเคอร์คูมินลดลง (11.79 ก./100 ก.) มากกว่าที่อุณหภูมิ 70 และ 80 °C สอดคล้องกับการศึกษาของ Jeevarathinam et al. (2021) ที่พบว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลทำให้ปริมาณเคอร์คูมินลดลงน้อยกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของระดับอุณหภูมิในการอบแห้งไขมันชั้นด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 °C พบว่าไขมันชั้นสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด 550.28 มก. สมมูลย์กรดแกลลิก/100 ก. การอบแห้งไขมันชั้นด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและลมร้อนส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) การอบแห้งด้วยลมร้อนจะส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงมากกว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล โดยการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลที่อุณหภูมิ 70 และ 80 °C จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงต่ำสุด 494.18 และ 494.24 มก. สมมูลย์กรดแกลลิก/100 ก. ตามลำดับ ส่วนการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงสูงสุด (438.11 มก. สมมูลย์กรดแกลลิก/100 ก.) จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลส่งผลต่อการลดลงของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดน้อยกว่าการอบแห้ง ด้วยลมร้อนเมื่อเทียบกับไขมันชั้นสด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wanyo et al. (2011) ที่พบว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนส่งผลต่อการลดลงของกรดฟีนอลิกในใบหม่อนมากกว่าการอบแห้งด้วยอินฟราเรดไกล การวิเคราะห์ฤทธิ์การอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging) พบว่าไขมันชั้นสดมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระการต้านอนุมูลสูงสุด (82.01 % inhibition) เมื่อเทียบกับไขมันชั้นที่ ผ่านการอบแห้ง เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของระดับอุณหภูมิในการอบแห้งไขมันชั้นด้วยรังสีอินฟราเรดไกล และลมร้อนที่

Table 2 Effects of drying methods on curcumin, total phenolic content and DPPH radical scavenging of turmeric

Drying method	Temperature (°C)	Curcumin (g/100g)	Total Phenolic content (mg GAE/100g)	DPPH radical scavenging (% inhibition)
Infrared drying	60	14.28±0.47 ^{cd}	472.81±4.84 ^c	61.95±1.01 ^d
	70	15.24±0.46 ^{bc}	494.18±6.59 ^b	64.19±0.83 ^c
	80	15.68±0.39 ^b	494.24±10.90 ^b	70.03±0.41 ^b
Hot air drying	60	11.79±0.47 ^e	438.11±8.87 ^e	54.55±0.98 ^g
	70	13.09±0.60 ^d	455.09±11.37 ^d	57.16±0.99 ^f
	80	13.71±0.27 ^d	464.47±8.73 ^{cd}	60.07±0.71 ^e
Raw	-	19.49±1.40 ^a	550.28±11.28 ^a	82.01±0.60 ^a

Note: Mean values ± standard deviation of determinations for triplicate samples. Values with the different superscript in each column are significantly different (P < 0.05)

อุณหภูมิ 60 70 และ 80 °Cต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจะส่งผลให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลที่ระดับอุณหภูมิ 80 °C มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงต่ำสุด (70.03 % inhibition) ในขณะที่การอบแห้งด้วยลมร้อนพบว่าที่ระดับอุณหภูมิของการอบแห้ง 60 °C มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงสูงสุด (54.55 % inhibition) การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลและลมร้อนจะส่งผลต่อการลดลงของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารเคอร์คิวมินและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ลดลงในกระบวนการอบแห้งทั้งสองวิธี ซึ่งการลดลงของสารดังกล่าวจะส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงตามไปด้วย โดยการอบแห้งด้วยลมร้อนจะส่งผลให้ปริมาณเคอร์คิวมิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงมากกว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกลเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับอุณหภูมิเดียวกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Abbaspour – Gilandeh et al. (2021) ที่ได้ทำการศึกษากลไกของการอบแห้งผลจากด้วยวิธีการต่าง ๆ ผลการศึกษาพบว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนส่งผลต่อการลดลงของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากกว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด การอบแห้งด้วยลมร้อนส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) ปริมาณเคอร์คิวมิน ฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเปลี่ยนแปลงไปจากขมื่นชันสดมากกว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล เนื่องจากการอบแห้งด้วยลมร้อนมีอัตราการอบแห้งต่ำกว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล จึงทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่า ทำให้ตัวอย่างสัมผัสกับความชื้นเป็นระยะเวลาสั้น ส่งผลให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงมากกว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล (Cousins et al., 2007; Lima et al., 2017) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wanyo et al. (2011) ที่พบว่า

การอบแห้งด้วยลมร้อนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีมากกว่าการอบแห้งด้วยอินฟราเรดไกล

References

- Abbaspour – Gilandeh, Y., Kaveh, M., Fatemi, H. & Aziz, M. (2021). Combined hot air, microwave, and infrared drying of hawthorn fruit: Effects of ultrasonic pretreatment on drying time, energy, qualitative, and bioactive compounds' properties. *Foods*, 10, 1 – 18.
- Abdulla, S., Wen, P., Landers, R. & Yousif, B.F. (2011). Fruit drying process: Analysis, modeling and simulation. *Scientific Research and Essays*, 6(23), 4915 – 4924.
- AOAC. (2002). *Official methods of analysis of AOAC International*. Maryland : Gaithersburg.
- Asghari, G., Mostajeran, A. & Shebli, M. (2009). Curcuminoid and essential oil components of turmeric at different stages of growth cultivated in Iran. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 4(1), 55 – 61.
- Assawarachan, R., Nookong, M. & Amornlerdpison, D. (2013). Effects of microwave power on the drying characteristics, color and phenolic content of *Spirogyra* sp. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11(1), 15 – 18.
- Cousins, M., Adelberg, J., Chen, F. & Rieck, J. (2007). Antioxidant capacity of fresh and dried rhizomes from four clones of turmeric (*Curcuma longa* L.) grown in vitro. *Industrial Crops and Products*, 25(2), 129 – 135.
- Jeevarathinam, G., Pandiselvam, R., Pandiarajan, T., Preetha, P., Balakrishnan, M., Thirupathi, V. & Kothakota, A. (2021). Infrared assisted hot air dryer for turmeric slices: Effect on drying rate and quality parameters. *LWT*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111258>

- Kragujevac, M.S. (2011). Total phenolic content, flavonoid concentration and antioxidant activity of *Marrubium peregrinum* L. extracts. *Kragujevac Journal of Science*, 33, 63 – 72.
- Lima, M.S.D., Silva, M.A.P., Plácido, G.R., Cagnin, C., Vieira, N.F., Carmo, R.M., Silva, R.C.F., Castro, C.F.S., Caliani, M. & Silva, R.M. (2017). Physical and chemical characteristics and drying kinetics of turmeric (*Curcuma longa* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 12(1), 28 – 34.
- Mokbel, M., Saif, F. & Hashinaga, F. (2005). Antibacterial and antioxidant activities of banana (*Musa*, AAA cv. cavendish) fruits peel. *Asian Journal of Biotechnology*, 2, 1 – 4.
- Muga, F. C., Marenya, M. O., & Workneh, T. S. (2021). Modelling the Thin – Layer Drying Kinetics of Marinated Beef during Infrared – Assisted Hot Air Processing of Biltong. *International Journal of Food Science*, 2021, 8819780. <https://doi.org/10.1155/2021/8819780>
- Nathakaranakule, A., Jaiboon, P. & Soponronnarit, S. (2010). Far – infrared radiation assisted drying of longan fruit. *Journal of Food Engineering*, 100(4), 662 – 668.
- Pawar, H., Karde, M., Mundle, N., Jadhav, P. & Mehra, K. (2014). Phytochemical evaluation and curcumin content determination of turmeric rhizomes collected from Bhandara district of Maharashtra (India). *Medical Chemistry*, 4(8), 588 – 591.
- Papu, S., Singh, A., Jaivir, S., Sweta, S., Arya, A.M. and Singh, B.R. (2014). Effect of drying characteristics of garlic – A Review. *Food Processing and Technolog*, 5(4), 1 – 6.
- Riadh, M.H., Ahmad, S.A.B., Marhaban, M.H. & Soh, A.C. (2015). Infrared heating in food drying: An overview. *Drying Technology*, 33(3), 322 – 335.
- Sakare, P., Prasad, N., Thombare, N., Singh, R. & Sharma, S.C. (2020). Infrared drying of food materials: recent advances. *Food Engineering Reviews*, 12, 381 – 398.
- Sharma, G.P., Verma, R.C. & Pathare, P. (2005). Mathematical modeling of infrared radiation thin layer drying of onion slices. *Journal of Food Engineering*, 71, 282 – 286.
- Swasdisevi, T., Devahastin, S., Ngamchum, R. & Soponronnarit, S. (2007). Optimization of a drying process using infrared vacuum drying of Cavendish banana slices. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 29(3), 809 – 816.
- Tirawanichakul, S., Lamaepae, S. & Tirawanichakul, Y. (2012). Combined infrared/microwave and hot air drying for jackfruit: kinetics, quality and sensory analysis. *Burapha Science Journal*, 17(1), 117 – 129. (in Thai)
- Tirawanichakul, S., Chanchiew, S. and Tirawanichakul, Y. (2013). Pennywort drying using infrared radiation: drying kinetics, energy consumption and quality aspect. *KKU Research Journal*, 18(2), 311 – 324. (in Thai)
- Vishwanathan, K.H., Hebbar, H.U. & Raghavarao, K.S.M.S. (2010). Hot air assisted infrared drying of vegetables and its quality. *Food Science and Technology Research* 16(5), 381 – 88.
- Wanyo, P., Siriamornpun, S. & Meeso, N. (2011). Improvement of quality and antioxidant properties of dried mulberry leaves with combined far – infrared radiation and air convection in Thai tea process. *Food and Bioproducts Processing*, 89(1), 22 – 30

Research article

Effects of far – infrared and hot air drying methods on physical, chemical and antioxidant properties of turmeric (*Curcuma longa* L.)

Pornpisanu Thammapat^{1*} Weerayuth Saenmahachai² Supansa Boryai² and Kamon Ponkham²

¹ Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University Mueang Maha sarakham 44000

² Faculty of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University Mueang Maha sarakham 44000

ARTICLE INFO

Article history

Received: 14 July 2021

Revised: 6 August 2021

Accepted: 24 August 2021

Online published: 30 september 2021

Keyword

Bioactive compound

Curcumin

Drying

ABSTRACT

Turmeric (*Curcuma longa* L.) is one of the most extensively used spices and coloring agents in Asian cuisine. Rhizome of turmeric is rich in curcumin which is also an important natural pigment and has important biological activity. The aim of this study was to investigate the effect of far – infrared and hot air drying at 60, 70 and 80 °C on color changes, chemical and antioxidant properties of turmeric. For evaluating of heat sources of drying, the results showed that far – infrared drying rate is higher than drying with hot air at the same temperature. The far – infrared and hot air drying significantly affected the color of turmeric in L*, a*, b* and ΔE values ($p < 0.05$). The total color was difference increase with the decline in the drying temperature. The highest retention of color in the turmeric treated by far – infrared (80°C) may be attributed to the uniform and quick heating of the sample compared to the hot air drying. The far – infrared and hot air drying methods resulted in a decrease in curcumin, total phenolic and antioxidant activity was statistically significant ($p < 0.05$) Highlights of this research turmeric was dried by far – infrared at 80 °C has the highest of curcumin, total phenolic and antioxidant activity.

*Corresponding author

E-mail address: Thammapat.p@gmail.com (P. Thammapat)

Online print: 30 September Copyright © 2021. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University.