# การพัฒนาผลิตภัณฑ์เปลือกมะนาวผงด้วยการอบแห้ง

# Development of Lime Peel Powder by Hot Air Drying

**สุชาดา เลาหศิลป์สมจิตร์[1*] รัตนชัย ศรีชารู[1] และ ภัทราพร ยุธาชิต[2]**
**Suchada Laohasilpsomjit[1*], Rattanachai Sricharu[1] and Phattharaporn Yuthachit[2]**

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะการอบแห้งเปลือกมะนาวด้วยตู้อบลมร้อนต่อคุณภาพของเปลือกมะนาวผงและศึกษาสภาวะการอบแห้งเปลือกมะนาวที่เหมาะสม สำหรับการผลิตเปลือกมะนาวผง สภาวะการอบแห้งที่ศึกษาได้แก่ อุณหภูมิการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการอบแห้งที่ 3 และ 7 ชั่วโมง คุณภาพของเปลือกมะนาวผง ได้แก่ ความขมและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้งเปลือกมะนาวไม่มีผลต่อความขม แต่มีผลต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ การศึกษาสภาวะการผลิตเปลือกมะนาวผงที่เหมาะสมโดยศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้ง ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิการอบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง เป็นสภาวะการผลิตที่เหมาะสมที่สุดโดยมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเท่ากับ 32.68 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมเปลือกมะนาวผง (น้ำหนักแห้ง).

**คำสำคัญ**: เปลือกมะนาวผง อุณหภูมิอบแห้ง ระยะเวลาอบแห้ง กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

Received: 28 January 2021; Accepted: 27 August 2021

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 34000
[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon ratchathani 34000
[2] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000
[2] Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Nakornratchasima Rajabhat University Nakornratchasima, 30000.
* Corresponding author: suchada.l@ubru.ac.th

## Abstract

This research was conducted to investigate effects of drying conditions by using hot air oven on the qualities of lime peel powder and to optimize the optimal drying conditions for lime peel powder. Drying conditions were drying temperature i.e. 50 and 100 ºC and drying time i.e. 3 and 7 h. Qualities of lime peel powder were bitterness and antioxidant activity. The results indicated the drying conditions did not affect bitterness but significantly affect to antioxidant activity of lime peel powder. The optimal drying temperature and drying time were 100 "C and 3 h, respectively. This drying condition demonstrated the highest antioxidant activity about 32.68 milligrams equivalent of ascorbic acid per gram lime peel powder (dry weight).


**Keywords**: lime peel powder, drying temperature, drying time, antioxidant activity

**บทนำ**

มะนาวจัดอยู่ในกลุ่มของผลไม้ตระกูลส้ม (citrus fruit) เป็นหนึ่งในผลไม้ที่ได้รับความนิยมทั่วโลก มะนาวอุดมไปด้วยสารพฤกษเคมี (phytochemicals) ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายที่สำคัญได้แก่ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble fibre) เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ที่ช่วยเพิ่มกากใยอาหารในลำไส้ส่งผลต่อระบบขับถ่ายและการทำงานของลำไส้ที่ดี (Gul and Monga, 2014) มะนาวมีเปลือกที่บางทำให้สะดวกต่อการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารโดยใช้ส่วนของน้ำมะนาวและเนื้อมะนาว เปลือกมะนาวมักเป็นสิ่งที่เหลือทิ้งและใช้เป็นส่วนผสมของอาหารโคกระบือโดยนำไปตากแห้ง เปลือกมะนาวอุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลิก ที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Özcan et al., 2021) สามารถต้านมะเร็ง ต้านไวรัส ต้านแบคทีเรียและต้านการอักเสบ ลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจ โรคมะเร็งและลดไตรกลีเซอไรด์ในเลือดได้ (Figuerola et al., 2005) Rafiq และคณะ (2018) รายงานว่าเปลือกมะนาวมีใยอาหาร (dietary fibre) 66.7-70.4 % โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งมากกว่าใยอาหารที่พบในเปลือกส้ม (orange peel) ประมาณ 8 % และมากกว่าใยอาหารที่พบในเปลือกองุ่น (grapefruit peel) ประมาณ 11 % เนื่องจากเปลือกมะนาวมีใยอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระสูงจึงได้มีการนำเปลือกมะนาวผงซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มผลไม้ตระกูลส้ม (citrus fruit) ไปใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ลูกอมเปลือกมะนาว (citrus candy) (Kumar et al., 2015) บิสกิต (Roy et al., 2021) ชอกโกแลตเครื่องเทศของประเทศตุรกี (Albak and Tekin, 2014) sponge cake (Khormaeepour et al., 2019) เพคตินที่ผลิตจากเปลือกมะนาว (Çilingir et al., 2021) แต่เนื่องจากเปลือกมะนาวมีรสขมจากสารลิโมนิน (limonene) จึงได้มีการลวกเปลือกมะนาวก่อนนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนเพื่อผลิตเป็นเปลือกมะนาวผงต่อไป Peerajit และคณะ (2012) รายงานว่าการนำเปลือกมะนาวไปลวกในน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาทีสามารถลดความขมของเปลือกมะนาวได้ ก่อนนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนาน 8 ชั่วโมง Kumar และคณะ (2015) ได้ลวกเปลือกมะนาวในน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ก่อนนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ลูกอมเปลือกมะนาว นอกจากนี้ Wuttipalakorn และคณะ (2009) รายงานว่า อุณหภูมิในการอบแห้งกากมะนาว (ที่ได้สกัดน้ำมะนาวออกแล้ว) ด้วยตู้อบลมร้อนที่สูง (100 องศาเซลเซียส) สามารถลดปริมาณสารลิโมนินในกากมะนาวอบแห้งได้มากกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ การผลิตเปลือกมะนาวผงนิยมใช้การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Ozcan et al., 2021) โดยให้เปลือกมะนาวที่ได้มีความชื้นประมาณ 10 % (น้ำหนักเปียก) เช่น การอบแห้งเปลือก citrus fruit ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (Marey and Shoughy, 2016) และ 60 องศาเซลเซียส (Kuljarachanan et al., 2009) เมื่ออุณหภูมิการอบแห้งที่สูงขึ้นและระยะการอบแห้งที่นานขึ้นเปลือกมะนาวและ citrus fruit ที่ได้มีความชื้นที่น้อยกว่า 10 % (น้ำหนัก

เปียก) อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่คงเหลือในเปลือกมะนาว เปลือก citrus fruit อบแห้งด้วย (M'hiri et al., 2015) Chen และคณะ (2011) ได้ศึกษาการอบแห้งเปลือกส้มเช้ง (*Citrus sinensis*) ด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่า การอบแห้งเปลือกส้มเช้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เปลือกส้มเช้งผงที่ได้มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะการอบแห้งเปลือกมะนาวที่เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้งเปลือกมะนาวด้วยตู้อบลมร้อนเพื่อให้ได้เปลือกมะนาวผงที่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ก่อนที่นำไปใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหาร และได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาอบแห้งเปลือกมะนาวด้วยตู้อบลมร้อนต่อความขมและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วย

## วิธีการวิจัย

### วัตถุดิบ

มะนาวแป้นอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 6 เดือน จาก ส.สวนมะนาวแป้น อำเภอน้ำขุ่น จังหวัดอุบลราชธานี คัดมะนาวแป้นลูกที่มีตำหนิออก ล้างด้วยน้ำให้สะอาด ผึ่งลมให้แห้ง แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

### การศึกษาสภาวะการผลิตเปลือกมะนาวผงที่เหมาะสมที่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูง

ทำการศึกษาสภาวะการผลิตเปลือกมะนาวผงที่เหมาะสมที่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงโดยวางแผนการทดลองแบบ $3^2$ factorial in Randomized Completely Block Design ทำการศึกษา 2 ปัจจัย 3 ระดับ คือ อุณหภูมิที่ใช้อบแห้งเปลือกมะนาว (50 75 และ 100 องศาเซลเซียส) และระยะเวลาที่ใช้อบแห้งเปลือกมะนาว (3 5 และ 7 ชั่วโมง) (ตารางที่ 2 ) จากแผนการทดลองดังกล่าวได้การทดลองทั้งหมดจำนวน 9 การทดลอง (ตารางที่ 3) ทำการทดลองทั้งหมดจำนวน 2 ซ้ำ ปอกเอาเปลือกส่วนนอกสุดของมะนาว ลวกในน้ำร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เพื่อลดความขมของเปลือกมะนาว จากนั้นแช่น้ำเย็นและผึ่งลมให้แห้งพอหมาดๆ ที่อุณหภูมิห้อง นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาตามตารางที่ 3 หลังจากอบแล้วนำออกมาพักให้เย็นที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที บดด้วยเครื่องปั่น (tefal : LA MOULINETTE DPA 1T, Thailand) จากนั้นนำไปกรองด้วยตะแกรงร่อนขนาด 70 mesh เก็บตัวอย่างเปลือกมะนาวผงในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ วิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

### การศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้งเปลือกมะนาวต่อความขมและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกมะนาวผง

ทำการศึกษาผลของปัจจัยต่อความขมและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกมะนาวผงโดยวางแผนการทดลองแบบ $2^2$ factorial in Randomized Completely block Design ทำการศึกษา 2 ปัจจัย 2 ระดับ คือ อุณหภูมิที่ใช้อบแห้งเปลือกมะนาว (50 และ 100 องศาเซลเซียส) และระยะเวลาที่ใช้อบแห้งเปลือกมะนาว (3 และ 7 ชั่วโมง) จากแผนการทดลองดังกล่าวได้การทดลองทั้งหมดจำนวน 4 การทดลอง (ตารางที่ 1) ทำการทดลองทั้งหมดจำนวน 2 ซ้ำ

ปอกเอาเปลือกส่วนนอกสุดของมะนาว ลวกในน้ำร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เพื่อลดความขมของเปลือกมะนาว จากนั้นแช่น้ำเย็น ตามวิธีของ Peerajit และคณะ (2012) และผึ่งลมให้แห้งพอหมาดๆ ที่อุณหภูมิห้อง นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาตามตารางที่ 1 หลังจากอบแล้วนำออกมาพักให้เย็นที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที บดด้วยเครื่องปั่น (tefal : LA MOULINETTE DPA 1T, Thailand) จากนั้นนำไปกรองด้วยตะแกรงร่อนขนาด 70 mesh เก็บตัวอย่างเปลือกมะนาวผงในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ (ดัดแปลงจากวิธีของไพลิน, 2549) วิเคราะห์ความขมและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

**ตารางที่ 1** สภาวะการผลิตผลิตภัณฑ์เปลือกมะนาวผง

| การทดลอง | ปัจจัย | |
|---|---|---|
| | อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง (องศาเซลเซียส) | ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง (ชั่วโมง) |
| 1 | 50 | 3 |
| 2 | 50 | 7 |
| 3 | 100 | 3 |
| 4 | 100 | 7 |

**ตารางที่ 2** ระดับต่ำ กลางและสูงของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง

| ปัจจัย | ระดับปัจจัย | | |
|---|---|---|---|
| | ระดับต่ำ | ระดับกลาง | ระดับสูง |
| อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง (องศาเซลเซียส) | 50 | 75 | 100 |
| ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง (ชั่วโมง) | 3 | 5 | 7 |

**ตารางที่ 3** สภาวะการผลิตผลิตภัณฑ์เปลือกมะนาวผง

| การทดลอง | ปัจจัย | |
|---|---|---|
| | อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง (องศาเซลเซียส) | ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง (ชั่วโมง) |
| 1 | 50 | 3 |
| 2 | 50 | 5 |
| 3 | 50 | 7 |
| 4 | 75 | 3 |
| 5 | 75 | 5 |
| 6 | 75 | 7 |
| 7 | 100 | 3 |
| 8 | 100 | 5 |
| 9 | 100 | 7 |

**การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ**

วิเคราะห์โดยวิธี 2,2-Diphenyl-3-picrylhydrazyl DPPH Free Radical Scavenging ตามวิธีของ Makni et al. 2018 ชั่งตัวอย่างเปลือกมะนาวผง 5 กรัม นำมาสกัดด้วยสารละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 (โดยปริมาตร) จำนวน 50 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 100ไมโครโมลาร์ 3.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรโดยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ รายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมตัวอย่างเปลือกของมะนาวผง โดยทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

**การวิเคราะห์ความขม**

วิเคราะห์ความขมของเปลือกมะนาวผงโดยผู้ประเมินที่ฝึกฝนจำนวน 7 คน เป็นผู้ที่บริโภคมะนาวเป็นประจำและสามารถรับรู้ลักษณะความขมของมะนาว ทุกคนผ่านการฝึกฝนประเมินความเข้มของลักษณะความขมของตัวอย่างเปลือกมะนาวผงป็นเวลาทั้งหมด 36 ชั่วโมง โดยฝึกฝนให้ผู้ประเมินคุ้นเคยกับความขมระดับต่างๆ ได้แก่ ความขมมาก (เตรียมโดยนำมะระจีนความหนา 5 มิลลิเมตร ความยาว 4 เซนติเมตร จำนวน 10 ชิ้น ต้มในน้ำเดือด 600 มิลลิลิตรนาน 15 นาที กรองเอาเฉพาะน้ำ) ความขมปานกลาง (เตรียมโดยนำมะระจีนความหนา 5 มิลลิเมตร ความยาว 4 เซนติเมตร จำนวน 5 ชิ้น ต้มในน้ำเดือด 600 มิลลิลิตรนาน 15 นาที กรองเอาเฉพาะน้ำ) และไม่ขม (น้ำเปล่า) ผู้ประเมินทำการประเมินระดับความเข้มของความขมของตัวอย่างปลือกมะนาวผง (เตรียมโดยเติมน้ำเดือดปริมาณ 5 มิลลิลิตรในตัวอย่างเปลือกมะนาวผง 5 กรัม) โดยใช้แบบประเมินลักษณะความขมของเปลือกมะนาวผงแบบมาตรวัดแบบเส้นความยาว 110 มิลลิเมตร ที่ระยะ 5 มิลลิเมตรจากปลายทั้งสองข้างมีเส้นตรงตัดขวางอยู่ ทางด้านขวามือมีตำระบุความขมมาก ส่วนด้านซ้ายมือระบุไม่ขม (เกษมและคณะ, 2546)

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อประเมินอิทธิพลของ อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้อบแห้งเปลือกมะนาวที่มีต่อความขมและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกมะนาวผง และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ผลการวิจัยและวิจารณ์**

**ผลของปัจจัยการผลิตผลต่อความขมและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกมะนาวผง**

จากการคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อความขมและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกมะนาวผง โดยปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้อบแห้งเปลือกมะนาวและระยะเวลาที่ใช้อบแห้งเปลือกมะนาว ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิที่ใช้อบแห้งและระยะเวลาที่ใช้อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนไม่มีผลต่อความขมของเปลือกมะนาวผงโดยมีค่า P-value เท่ากับ 0.312 และ 0.094 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่ใช้อบแห้งและระยะเวลาที่ใช้อบแห้งมีผลต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระอย่างของเปลือกมะนาวผงอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า P-value เท่ากับ 0.00 (ตารางที่ 4)

**ตารางที่ 4** ผลของปัจจัยการผลิตต่อความขมและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกมะนาวผง

| คุณภาพ | ปัจจัย | P-value |
|---|---|---|
| ความขม | อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง | 0.312 |
| | ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง | 0.094 |
| กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ | อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง | 0.000 |
| | ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง | 0.000 |

อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง และระยะเวลาที่ใช้อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนไม่มีผลต่อความขมของเปลือกมะนาวผง เนื่องจากสารลิโมนิน (limonene) เป็นสารที่ให้ความขมที่มีในปลือกมะนาว และเปลือกผลไม้ตระกูลส้ม ไม่คงตัวสามารถสลายตัวเมื่อได้รับความร้อน และการศึกษานี้ได้ลวกเปลือกมะนาวในน้ำเดือดนาน 10 นาที ซึ่งสารลิโมนินถูกทำลายไปแล้วและอาจเหลือในปริมาณที่ไม่มาก ก่อนนำไปเข้าตู้อบลมร้อนตามอุณหภูมิและระยะเวลาการอบตามที่ได้ศึกษา ไพลิน (2549) ได้รายงานว่า สารลิโมนินในผลไม้ตระกูลส้ม (citrus fruit) สลายได้ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 60 ถึง 100 องศาเซลเซียส และ 45 ถึง 80 องศาเซลเซียส (Jitpukdeebodintra et al., 2005) อุณหภูมิที่ใช้อบแห้งและระยะเวลาที่ใช้อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนจึงไม่มีผลต่อความขมของเปลือกมะนาวผงในการศึกษานี้ อย่างไรก็ตาม Wuttipalakorn และคณะ (2009) ได้รายงานว่า อุณหภูมิการอบแห้งเปลือกมะนาวด้วยตู้อบลมร้อนมีผลต่อการลดลงของสารลิโมนิน โดยเปลือกมะนาวที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสพบการลดลงของสารลิโมนินมากกว่าเปลือกมะนาวที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 90, 80, 70 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ Jitpukdeebodintra และคณะ (2005) รายงานว่า ผงลิโมนินที่สกัดจากเมล็ดมะนาวแล้วนำไปเก็บในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45, 70 และ 80 องศาเซลเซียส นาน 3 เดือน เพื่อศึกษาความคงตัวของสารลิโมนิน ผลการศึกษาพบว่าการสลายตัวของสารลิโมนินจัดเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง โดยที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสมีอัตราการสลายตัวของลิโมนินมากกว่าที่อุณหภูมิ 70 และ 45 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสสารลิโมนิน มีความคงตัวมากที่สุด

อุณหภูมิที่ใช้อบแห้งและระยะเวลาที่ใช้อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีผลต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกมะนาวผง เมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้นหรือระยะเวลาการอบแห้งนานขึ้น กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกถูกทำลายด้วยความร้อน (thermal degradation) (Kuljarachanun et al., 2009) Garau และคณะ (2007) ได้ศึกษาการอบแห้งเปลือกส้ม (*Citrus aurantium*) ที่อุณหภูมิการอบแห้ง 30-90 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิการอบแห้งเปลือกส้มที่อุณหภูมิสูง 80 และ 90 องศาเซลเซียส และระยะเวลาการอบแห้งที่นานขึ้นที่

อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียสส่งผลต่อการลดลงของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกส้มแห้ง ดังนั้นการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิสูงหรืออบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ (30 และ 40 องศาเซลเซียส) แต่ใช้เวลานาน ส่งผลต่อการลดลงของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่มากขึ้น (M'hiri et al., 2015)

**ผลการศึกษาสภาวะการผลิตที่เหมาะสมต่อการผลิตเปลือกมะนาวผง**

การอบแห้งเปลือกมะนาวด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมงเป็น สภาวะการผลิตที่เหมาะสมต่อการผลิตเปลือกมะนาวผง แสดงค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 32.88 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมเปลือกมะนาวผง (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chen และคณะ (2011) ที่พบว่าเปลือกส้มเช้งผง (*Citrus sinensis*) ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดและสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส Ho และ Lin (2008) รายงานว่า สภาวะการอบแห้งเปลือกส้มแมนดาริน (*Citrus reticulata*) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมง เปลือกส้มแมนดารินผงที่ได้มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด จากผลการศึกษาที่ได้และจากผลการศึกษาของ Chen และคณะ (2011) ผลการศึกษาของ Ho และ Lin (2008) อธิบายได้ว่าช่วงแรกของการอบแห้งโดยเฉพาะชั่วโมงแรกของการอบแห้ง การสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิก และการลดลงของความชื้นในเปลือกมะนาวเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในชั่วโมงแรก โดยการลดลงของสารประกอบฟีนอลิกเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบฟีนอลิกโดยเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดส (Enzymatic oxidation by polyphenoloxidase) ในระหว่างที่อบในตู้อบลมร้อน (M'hiri et al., 2015) และการสลายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารประกอบฟีนอลิกจากการถูกทำลายด้วยความร้อน (thermal degradation) เมื่ออุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีความร้อนเพียงพอต่อการทำลายพันธะ ester และ glycosidic ของสารประกอบฟีนอลิกโดยเฉพาะอย่างยิ่ง phenolic acid เช่น กรดแกลลิกและคาเฟอิกจากโครงสร้างของผนังเซลล์ของเปลือกมะนาว ทำให้ phenolic acid ออกมาสู่เปลือกมะนาวมากขึ้นจึงทำให้สภาวะการอบแห้งปลือกมะนาวที่ 100 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมง แสดงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด (Ho and Lin, 2008) เมื่ออบแห้งเปลือกมะนาวต่อไป สารประกอบฟีนอลิกจะถูกทำลายด้วยความร้อน (thermal degradation) ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระจึงลดลงเมื่ออบแห้งเปลือกมะนาวต่อไป

จากตารางที่ 5 พบว่าที่อุณหภูมิการอบแห้งอุณหภูมิเดียวกันแต่ระยะเวลาอบแห้งเพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาอบแห้ง 7 ชั่วโมงแสดงค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด น้อยกว่าการอบแห้งที่ 5 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้นสารประกอบฟีนอลิกถูกทำลายด้วยความร้อนมากขึ้น

**ตารางที่ 5** กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกมะนาวผง

| การทดลอง | อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง (องศาเซลเซียส) | ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง (ชั่วโมง) | กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมตัวอย่าง) |
|---|---|---|---|
| 1 | 50 | 3 | $14.21 \pm 0.19^{e}$ |
| 2 | 50 | 5 | $12.36 \pm 0.19^{f}$ |
| 3 | 50 | 7 | $10.88 \pm 0.40^{h}$ |
| 4 | 75 | 3 | $15.86 \pm 0.43^{d}$ |
| 5 | 75 | 5 | $13.68 \pm 0.12^{e}$ |
| 6 | 75 | 7 | $11.53 \pm 0.19^{g}$ |
| 7 | 100 | 3 | $32.68 \pm 0.51^{a}$ |
| 8 | 100 | 5 | $24.81 \pm 0.54^{b}$ |
| 9 | 100 | 7 | $23.45 \pm 0.43^{c}$ |

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=6)

a-h ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

## สรุปผลการวิจัย

อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้อบแห้งเปลือกมะนาวด้วยตู้อบลมร้อนมีผลต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกมะนาวผงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีผลต่อความขมของเปลือกมะนาวผง การอบแห้งเปลือกมะนาวด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมงเป็นสภาวะการผลิตเปลือกมะนาวผงที่เหมาะสมที่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 32.88 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมเปลือกมะนาวผง

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานีที่อนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือในการดำเนินการวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

เกษม นันทชัย สุชาดา เลาหศิลป์สมจิตร์ รัชฎา ตั้งวงศ์-ไชย และวิเชียร วรพุทธพร. 2546. การศึกษาสัดส่วนการผสมข้าวจ้าวขาวดอกมะลิ 105 กับข้าวชัยนาท 1 และสภาวะการหุงให้ได้ข้าวสุกที่มีคุณภาพเหมาะสมในการบริโภค. วารสารวิจัย มข. 8(1), 20-33.

ไพลิน วุฒิพลากร. 2549. ผลของการบำบัดเบื้องต้นต่อองค์ประกอบของใยอาหารจากกากมะนาว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.

Albak, F. and A.R. Tekin. 2014. Development of Functional Chocolate with Spices and Lemon Peel Powder by using Response Surface Method: Development of Functional Chocolate. Academic Food Journal. 12(2), 19–25.

Chen, M.-L., D.-J. Yang and S.-C. Liu. 2011. Effects of drying temperature on the flavonoid, phenolic acid and antioxidative capacities of the methanol extract of citrus fruit (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) peels. International Journal of Food Science & Technology. 46(6), 1179–1185.

Çilingir, S., A. Goksu, and S. Sabanci. 2021. Production of Pectin from Lemon Peel Powder Using Ohmic Heating-Assisted Extraction Process. Food and Bioprocess Technology.14, 1349–1360.

Figuerola, F., M.L. Hurtado, A.M. Estévez, I. Chiffelle, and F. Asenjo. 2005. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. Food Chemistry. 91(3), 395–401.

Garau, M.C., S. Simal, C. Rossello and A. Femenia. 2007. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. Food chemistry. 104(3), 1014–1024.

Gul, Z. and M. Monga. 2014. Medical and dietary therapy for kidney stone prevention. Korean Journal of urology. 55(12), 775–779.

Ho, S.-C., and C.-C. Lin. 2008. Investigation of heat treating conditions for enhancing the anti-inflammatory activity of citrus fruit (*Citrus reticulata*) peels. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56(17), 7976–7982.

Jitpukdeebodintra, S., S. Chantachum, A. Ratanaphan, and K. Chantapromma. 2005. Preliminary study on immunomodulatory property of limonin from lime seeds. Journal of Food, Agriculture & Environment. 3(2), 109–111.

Khormaeepour, M., A. Vazirizadeh. and G. Mohebbi. 2019. Fortification of sponge cake by lemon peel and using of Stevia as a replacement of sugar. Food Science and Technology. 16(88), 135–145.

Kuljarachanan, T., S. Devahastin and N. Chiewchan. 2009. Evolution of antioxidant compounds in lime residues during drying. Food Chemistry. 113(4), 944–949.

Kumar, R., K.L. Bala and A. Kumar. 2015. Study on development of value added product from citrus peel. The Allahabad Farmer Journal. 70(2), 39-44.

M'hiri, N., I. Ioannou, M. Ghoul and N.M. Boudhrioua. 2015. Proximate chemical composition of orange peel and variation of phenols and antioxidant activity during convective air drying. Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology. JS-INAT(9), 881-890

Marey, S., and M. Shoughy. 2016. Effect of temperature on the drying behavior and quality of citrus peels. International Journal of Food Engineering. 12(7), 661–671.

Özcan, M.M., K. Ghafoor, F. Al Juhaimi, N. Uslu, E.E. Babiker, I.A. Mohamed Ahmed and I.A. Almusallam. 2021. Influence of drying techniques on bioactive properties, phenolic compounds and fatty acid compositions of dried lemon and orange peel powders. Journal of Food Science and Technology. 58(1), 147–158.

Peerajit, P., N. Chiewchan and S. Devahastin. 2012. Effects of pretreatment methods on health-related functional properties of high dietary fibre powder from lime residues. Food Chemistry. 132(4), 1891–1898.

Rafiq, S., R. Kaul, S.A. Sofi, N. Bashir, F. Nazir and G.A. Nayik. 2018. Citrus peel as a source of functional ingredient: a review. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 17(4), 351–358.

Roy, J., S. Roy, M.J. Ali, M.R. Hossain and M.S.H. Sarker. 2021. Effect of drying temperature on physiochemical properties of powder from blanched and unblanched lemon peel and sensory quality evaluation of the powder fortified biscuits. Journal of Food Engineering and Technology. 10(1), 9–18.

Wuttipalakorn, P., W. Srichumpuang and N. Chiewchan. 2009. Effects of pretreatment and drying on composition and bitterness of high-dietary-fiber powder from lime residues. Drying Technology. 27(1), 133–142.