

ผลของการเตรียมขั้นต้นและอุณหภูมิของการอบแห้งที่มีต่อจลนพลศาสตร์การ  
อบแห้งและลักษณะคุณภาพบางประการของเนือมะพร้าวชูดอบแห้ง  
Effect of Pretreatment and Drying Temperature on Drying Kinetics  
and Selected Quality Attributes of Dried Desiccated Shredded  
Coconut

ณัฐมล จินดาพรรณ\* กาญจนาลักษณ์ ศรีภาเลิศ ติดารัตน์ อินทร์แก้ว

ณัฐริกา ศีลาลัย และธัญญภรณ์ ศรีเลิศ

Nathamol Chindapan\*, Kanjanalak Sreepalerd, Tidarat Inkaew,

Nattiga Silalai and Tunyaporn sirilert

ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160

\*ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Rchindapan@gmail.com

#### Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of pretreatments and drying temperatures on drying kinetics of desiccated shredded coconut and selected quality attributes of dried desiccated shredded coconut. Adding with sodium metabisulfite of 1 g per 1 kg desiccated shredded coconut and steam blanching for 5 minute were used to be pretreatment. Each pretreated sample was dried at 80 °C and 90 °C using tray dryer. During drying process, the sample was taken out for moisture content determination every 30 minute until its moisture was negligible. The equilibrium moisture content and drying time for final moisture content of about 2.48 % (w.b.) of sample at each drying condition was noted. Moreover, selected quality attributes of the dried desiccated shredded coconuts having final moisture content of about 2.48 % (w.b.) obtained from different drying conditions were determined to compare with a control sample in terms of water activity, bulk density, rehydration ratio and color. The result showed that the pretreatments did not significantly affect the drying kinetics of the desiccated shredded coconut, but significantly affected the selected quality attributes of the dried desiccated shredded coconut ( $p < 0.05$ ). The drying temperatures significantly affected both the drying kinetics and the selected quality attributes of the dried desiccated shredded coconut ( $p < 0.05$ ).

**Keywords:** Drying, Kinetics, Desiccated shredded coconut

### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นและอุณหภูมิของการอบแห้งที่มีต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งเนื้อมะพร้าวขูด รวมทั้งลักษณะคุณภาพบางประการของเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้งที่ได้ การเตรียมขั้นต้นในการศึกษานี้ ได้แก่ การผสมสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 1 กรัมต่อเนื้อมะพร้าวขูด 1 กิโลกรัม และการลวกโดยใช้ไอน้ำเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด ในระหว่างการอบแห้ง ทำการสุ่มตัวอย่างออกมาวัดปริมาณความชื้น ทุกๆ 30 นาที จนกระทั่งความชื้นของตัวอย่างไม่มีการเปลี่ยนแปลง จากนั้นรายงานปริมาณความชื้นสมดุลของแต่ละตัวอย่างและเวลาที่ใช้ออบแห้งเพื่อให้แต่ละตัวอย่างมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 2.48 % (ฐานเปียก) นอกจากนี้ทำการวิเคราะห์ลักษณะคุณภาพบางประการ ได้แก่ วอเตอร์แอกติวิตี ความหนาแน่นรวม อัตราการคืนตัว และค่าสีของเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้งที่เหลือความชื้น 2.48 % (ฐานเปียก) เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม จากผลการทดลองพบว่าวิธีการเตรียมขั้นต้นไม่มีผลต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งเนื้อมะพร้าวขูด แต่กระทบต่อลักษณะคุณภาพบางประการของเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ในขณะที่อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมีผลต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งเนื้อมะพร้าวขูด รวมทั้งลักษณะคุณภาพบางประการของเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

*คำสำคัญ:* การอบแห้ง จลนพลศาสตร์ เนื้อมะพร้าวขูด

### บทนำ

เนื้อมะพร้าวขูด (Desiccated Shredded Coconut) เป็นวัตถุดิบที่สามารถหาซื้อได้จากตลาดสดเกือบทุกที่ในประเทศไทยเพื่อนำไปเตรียมเป็นน้ำกะทิสำหรับการประกอบอาหารทั้งคาวและหวาน อย่างไรก็ตามเนื่องจากเนื้อมะพร้าวขูดประกอบด้วยความชื้นค่อนข้างสูงและมีโปรตีนค่อนข้างมากจึงเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ง่ายแม้เก็บไว้ในตู้เย็น ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการแปรรูปไปเป็นเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้ง แม้ว่าปัจจุบันการแปรรูปมะพร้าวขูดอบแห้งอาจยังไม่มีจำหน่ายเป็นมากนักสำหรับประเทศไทย แต่เริ่มมีความต้องการมากขึ้นตามการขยายตัวของธุรกิจอาหารและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นมากขึ้น จึงทำให้นักวิจัยจำนวนหนึ่งหันมาสนใจการศึกษาการแปรรูปเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้ง เช่น การพัฒนาเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้งเพื่อใช้เป็นส่วนผสมหนึ่งในการผลิตขนมปังกรอบ โดยงานถนอมอาหารและเทคโนโลยีอาหาร กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ อีกทั้งการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้ง

มะพร้าวขูดแบบชั้นบาง (อาณัติ พิลา และคณะ, 2551) และผลของลวก กรดซิตริกและกลีเซอรอลต่อคุณภาพของเนื้อมะพร้าวอบแห้งที่หั่นเป็นลูกเต๋า (Vongsawasdi และคณะ 2010)

การอบแห้ง (Drying) คือ กระบวนการแปรสภาพของเหลว ของเหลวกึ่งแข็ง หรือของแข็ง ให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายในรูปของแข็งโดยการระเหยน้ำออกไปจากวัสดุโดยการให้ความร้อน (สั๊กมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา, 2555) ปัจจุบันเป็นกระบวนการที่สำคัญมากสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร กรณีอาหารมีลักษณะเป็นชิ้นของแข็ง อุตสาหกรรมขนาคกลางและขนาดเล็กในประเทศไทยนิยมใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryers) เนื่องจากต้นทุนของราคาเครื่องค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับเครื่องอบแห้งแบบอื่นๆ สามารถอบแห้งอาหารได้หลากหลาย ไม่มีข้อจำกัดในแง่ของเวลาที่ต้องใช้ในการอบแห้ง (สั๊กมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา, 2555) อย่างไรก็ตามเครื่องอบแห้งแบบถาดจะใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางให้ความร้อนโดยตรงแก่อาหาร จึงมักส่งผลกระทบต่อคุณภาพของอาหารในด้านต่างๆ เช่น อาหารมีสี

ค่าคล้ำ เนื้อสัมผัสมีลักษณะแข็งกระด้าง การสูญเสียคุณค่าทางอาหาร เพราะกระบวนการนี้ใช้อุณหภูมิสูงและใช้เวลานาน ภายใต้ความดันบรรยากาศ (Pimpaporn และคณะ, 2007) ทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของอาหารที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้อากาศร้อนภายใต้ความดันบรรยากาศ คือการเลือกใช้อุณหภูมิอบแห้งและวิธีการเตรียมตัวอย่างก่อนการอบแห้งที่เหมาะสมกับอาหารชนิดนั้นๆ (Hiranvarachat และคณะ, 2011; Mrad และคณะ, 2012; Carranza-Concha และคณะ, 2012; Igual และคณะ, 2012)

จากที่กล่าวมาข้างต้นยังไม่พบงานวิจัยที่ศึกษาผลของวิธีการเตรียมเบื้องต้นและอุณหภูมิของการอบแห้งโดยใช้อากาศร้อนที่มีต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งเนื้อมะพร้าวชูดและลักษณะคุณภาพบางประการของเนื้อมะพร้าวชูดอบแห้ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เบื้องต้นเพื่อศึกษาผลของการลวกโดยใช้ไอน้ำ การผสมด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และอุณหภูมิในการอบแห้งที่ 80 และ 90 องศาเซลเซียส มีต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งเนื้อมะพร้าวชูดและลักษณะคุณภาพบางประการ ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ความหนาแน่นรวม อัตราการคืนตัว และค่าสีของเนื้อมะพร้าวชูดอบแห้งซึ่งมีความชื้นประมาณ 2.4 % (ฐานเปียก)

### ระเบียบวิธีวิจัย

#### 1. ศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นและอุณหภูมิของการอบแห้งที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้ง

ซั่มมะพร้าวชูดสดจากตลาดและนำมาเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในกรณีของตัวอย่างควบคุม เริ่มทำการทดลองโดยซั่มมะพร้าวชูดที่เตรียมไว้ 2 กิโลกรัม เกลี่ยบางๆ ลงบนถาดสแตนเลสขนาด 50×60×4 เซนติเมตร ขนาดของรูตะแกรง 4 มิลลิเมตร (1 กิโลกรัมต่อถาด) จากนั้นนำมะพร้าวชูดไปอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งที่ให้ความร้อนด้วยลมร้อน ระบบไฟฟ้า อินฟราเรด ติดตั้งมอเตอร์หมุนเวียนอากาศขนาด ½ แรงม้า (ผลิตโดยบริษัทเซ็นทรัลเวลล์ จำกัด) ที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ ในระหว่างการอบแห้งจะสุ่มตัวอย่างมะพร้าวชูดออกมาประมาณ 2 กรัม ทุกๆ 30

นาที เพื่อนำไปหาความชื้น จนกระทั่งความชื้นของตัวอย่างไม่เปลี่ยนแปลง จากนั้นพลอตกราฟระหว่างปริมาณความชื้น (% ฐานเปียก) ของตัวอย่างกับเวลาที่ใช้อบแห้ง สำหรับการเตรียมขั้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำจะทำการนึ่งมะพร้าวชูดครั้งละ 1 กิโลกรัม เป็นเวลานาน 5 นาที จากนั้นเกลี่ยมะพร้าวชูดที่ผ่านการลวกแล้วจำนวน 2 กิโลกรัม ลงบนถาดสแตนเลส (1 กิโลกรัมต่อถาด) และนำไปอบแห้งเช่นเดียวกับตัวอย่างควบคุม ส่วนการเตรียมขั้นต้นโดยการผสมด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ จะทำการเตรียมสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 1 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จำนวน 100 มิลลิลิตร จากนั้นพ่นสารละลายทั้งหมดลงบนมะพร้าวชูดจำนวน 1 กิโลกรัม ซึ่งถูกเกลี่ยไว้บนถาด หลังจากคลุกเคล้าให้เข้ากันอย่างดีแล้วจึงนำไปอบแห้งเช่นเดียวกับตัวอย่างควบคุม

#### 2. ศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นและอุณหภูมิของการอบแห้งที่มีต่อลักษณะคุณภาพบางประการของมะพร้าวชูดอบแห้ง

หาเวลาในการอบแห้ง (Drying time) สำหรับการลดปริมาณความชื้นของเนื้อมะพร้าวชูดให้เหลือ 2.48 % (ฐานเปียก) จากเส้นโค้งการอบแห้ง (Drying curve) ที่ได้จากการทดลองข้างต้น เพื่อใช้ในการอบแห้งเนื้อมะพร้าวชูดที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นใดๆ และที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 5 นาที และการผสมกับโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 1 กรัมต่อเนื้อมะพร้าวชูด 1 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิอบแห้ง 80 และ 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นเก็บเนื้อมะพร้าวชูดอบแห้งที่ได้ในถุงออลูมิเนียมฟอยล์และปิดผนึกแบบสุญญากาศ จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น วอเตอร์แอกติวิตี ความหนาแน่น อัตราการคืนตัว และค่าสี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

##### 2.1 ปริมาณความชื้น (Moisture content)

วัดปริมาณความชื้นของมะพร้าวชูดอบแห้งโดยใช้วิธีของ AOAC (1995) โดยสุ่มตัวอย่างมะพร้าวชูดอบแห้งมาประมาณ 2 กรัม และซั่มหามวลที่แน่นอน จากนั้นนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมวลคงที่ ซั่มหามวลอีกครั้ง ทำการ

ทดลอง 2 ซ้ำ และรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นโดยน้ำหนักเปียก

## 2.2 วอเตอร์แอกติวิตี้ (Water activity)

วัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของมะพร้าวชูดอบแห้งโดยใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (Aqua Lab, Model CX3TE, USA) รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยจากการวัดจำนวนอย่างน้อย 3 ครั้ง

## 2.3 ความหนาแน่นรวม (Bulk density)

วัดความหนาแน่นรวมของเนื้อมะพร้าวชูดอบแห้ง โดยบรรจุตัวอย่างลงในกระบอกตวงจำนวน 100 มิลลิลิตร จากนั้นหามวลของตัวอย่างที่อยู่ในกระบอกตวงโดยใช้เครื่องชั่งความละเอียด 4 ตำแหน่ง คำนวณหาความหนาแน่นรวมโดยหารมวลของตัวอย่างด้วยปริมาตร

## 2.4 การวัดสี (Color measurement)

วัดค่าสีของมะพร้าวชูดสดและอบแห้งโดยใช้เครื่องวัดสี (Color Flex, Model 45/0, USA) ซึ่งใช้ D65 เป็นแหล่งกำเนิดแสงและกำหนดมุมมองของตาไว้ที่ 10 องศา สอบเทียบเครื่องวัดสีโดยใช้แผ่นสีดำและสีขาวมาตรฐาน จากนั้นวัดสีของตัวอย่างอย่างน้อย 3 ตำแหน่ง แล้วคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยในเทอมของค่า  $L^*$  (ความสว่าง)  $a^*$  (สีแดง/สีเขียว) และ  $b^*$  (สีเหลือง/สีน้ำเงิน) จากนั้นคำนวณหาเปลี่ยนแปลงของสี (Color change) ในเทอมของ  $\Delta E^*$  เทียบกับค่าสีของตัวอย่างสดดังนี้:

$$\Delta L^* = L^* - L_0^*, \Delta a^* = a^* - a_0^*, \Delta b^* = b^* - b_0^*$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

ขณะที่  $L^*$ ,  $a^*$ , และ  $b^*$  คือค่าความสว่าง สีแดง และสีเหลืองของตัวอย่างอบแห้งตามลำดับ และ  $L_0^*$ ,  $a_0^*$ , และ  $b_0^*$  แสดงค่าความสว่าง สีแดงและสีเหลืองของตัวอย่างสดตามลำดับ

## 2.5 อัตราการคืนตัว (Rehydration ratio)

วัดอัตราการคืนตัวของเนื้อมะพร้าวชูดอบแห้งโดยใช้วิธีการของ Wachiraphansakul (2007) โดยมีการตัดแปลงเล็กน้อย โดยบรรจุเนื้อมะพร้าวชูดอบแห้งประมาณ 5 กรัม ลงในห่อผ้าขาวบาง (15×15 เซนติเมตร)

ซึ่งมวลของทั้งมะพร้าวชูดอบแห้งพร้อมด้วยผ้าขาวบางโดยใช้เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง จากนั้นจุ่มห่อผ้าพร้อมตัวอย่างลงในน้ำซึ่งมีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 50 นาที เมื่อครบเวลาสะเด็ดน้ำที่ผิวออกโดยแขวนไว้นาน 10 นาที และวัดมวลของมะพร้าวชูดอบแห้งที่คืนตัวแล้วพร้อมด้วยผ้าเปียก คำนวณหาอัตราการคืนตัวในเทอมของสัดส่วนระหว่างมวลของมะพร้าวชูดอบแห้งที่คืนตัวแล้วพร้อมด้วยผ้าห่อหุ้มด้วยมวลของมะพร้าวชูดอบแห้งก่อนคืนตัวพร้อมผ้า

## 3. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดลองจัดแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และทำการทดลองอย่างน้อย 2 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range tests ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรม SPSS 16.0 for Windows®

## ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

### 1. ผลของการเตรียมชิ้นต้นและอุณหภูมิของการอบแห้งที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งเนื้อมะพร้าวชูด

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณความชื้นเริ่มต้นของเนื้อมะพร้าวชูดที่ได้ผ่านการเตรียมชิ้นต้นก่อนการอบแห้งเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าการผสมเนื้อมะพร้าวชูดกับโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 1 กรัมต่อเนื้อมะพร้าวชูด 1 กิโลกรัม (กรมวิทยาศาสตร์บริการ) โดยวิธีการที่อธิบายไว้เบื้องต้นส่งผลให้ความชื้นเริ่มต้นของเนื้อมะพร้าวชูดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยความชื้นเพิ่มจาก 52.81 % (ฐานเปียก) ไปเป็น 55.64 % (ฐานเปียก) ขณะที่การลวกเนื้อมะพร้าวชูดโดยใช้ไอน้ำเป็นเวลานาน 5 นาที พบว่าเนื้อมะพร้าวชูดมีความชื้นเริ่มต้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ( $p \geq 0.05$ )

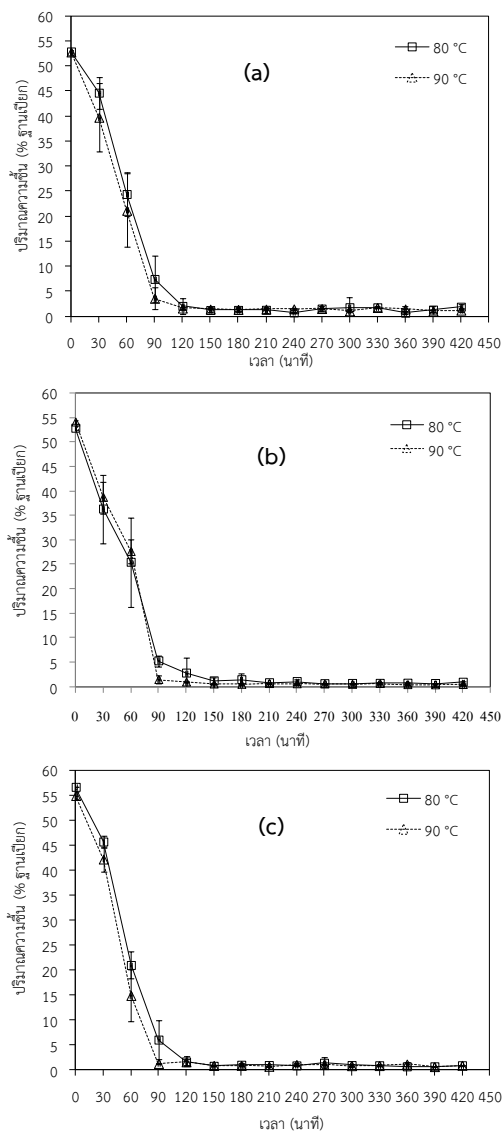
ตารางที่ 1 ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของเนื้อมะพร้าวชูดหลังผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีการต่างๆ

การเตรียมขั้นต้น	ปริมาณความชื้นเริ่มต้น (% ฐานเปียก)
ตัวอย่างควบคุม	52.81 ± 0.21 <sup>b</sup>
ลวกด้วยไอน้ำ 5 นาที	53.44 ± 0.75 <sup>b</sup>
1% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (1 กรัม/1 กิโลกรัมตัวอย่าง)	55.64 ± 1.05 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

รูปที่ 1(a-c) แสดงจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งเนื้อมะพร้าวชูดที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลานาน 5 นาที และการผสมกับโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์อัตราส่วน 1 กรัมต่อเนื้อมะพร้าวชูด 1 กิโลกรัม จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม จากผลการทดลองพบว่าวิธีการเตรียมขั้นต้นก่อนการอบแห้งไม่มีผลต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งเนื้อมะพร้าวชูด แม้ว่าเนื้อมะพร้าวชูดที่ผ่านการผสมกับโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์จะมีความชื้นเริ่มต้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งระหว่างที่ 80 และ 90 องศาเซลเซียส ระหว่างช่วงเวลา 0-60 นาที พบว่าอุณหภูมิที่ต่างกัน 10 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งเนื้อมะพร้าวชูด โดยพบว่าช่วงนี้ความชื้นในเนื้อมะพร้าวชูดมีการลดลงแบบเชิงเส้นเนื่องจากเนื้อมะพร้าวชูดมีลักษณะเป็นเส้นผอยขนาดเล็กจึงมีพื้นที่ในการระเหยน้ำสูง แต่ที่พบความแตกต่างคือการอบแห้งที่ 90 องศาเซลเซียส ทำให้ความชื้นของเนื้อมะพร้าวชูดลดลงเหลือน้อยกว่า 3 % (ฐานเปียก) ภายในเวลา 90 นาที ในทุกๆ วิธีการเตรียมขั้นต้นรวมทั้งตัวอย่างควบคุมด้วย จากนั้นจะเห็นช่วงของอัตราการอบแห้งลดลงเล็กน้อยก่อนความชื้นของเนื้อมะพร้าวชูดจะเข้าสู่ความชื้นสมดุล ในขณะที่ 90 นาที ของการอบแห้งที่ 80 องศาเซลเซียส ความชื้นของเนื้อมะพร้าวชูดจะมีค่าประมาณ 5-6 % (ฐานเปียก) หลังจากนั้นความชื้นของเนื้อมะพร้าวชูดจะเริ่มลดลงแบบไม่เป็นเชิงเส้น และเข้าสู่

ความชื้นสมดุลที่เวลาประมาณ 150 นาที ทั้งนี้สามารถสรุปค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเพื่อทำให้เนื้อมะพร้าวชูดมีความชื้นเหลือประมาณ 2.48 % (ฐานเปียก) และปริมาณความชื้นสมดุลของแต่ละสภาวะการอบแห้งได้ดังตารางที่ 2



รูปที่ 1 แสดงจลนพลศาสตร์การอบแห้งของเนื้อมะพร้าวชูดที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีการต่างๆ; ตัวอย่างควบคุม (a), ลวกด้วยไอน้ำ 5 นาที (b) ผสม 1 % โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (1 กรัม/1 กิโลกรัมตัวอย่าง) (c) ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส

2. ผลของการเตรียมขั้นต้นและอุณหภูมิของการอบแห้งที่มีต่อลักษณะคุณภาพบางประการของเนื้อมะพร้าวชูดอบแห้ง

ตารางที่ 3 และ 4 แสดงลักษณะคุณภาพบางประการ ได้แก่ วอเตอร์แอกติวิตี้ ความหนาแน่นรวม อัตราการคืบตัว และค่าสีของเนือมะพร้าวชูดอบแห้งที่ได้จากการอบแห้งโดยใช้สภาวะต่างๆ ข้างต้น จนกระทั่งเหลือความชื้นโดยเฉลี่ย  $2.48 \pm 0.88$  % (ฐานเปียก) พบว่าเนือมะพร้าวชูดอบแห้งที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีต่างๆ มีค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ และอัตราการคืบตัวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) แต่พบว่าวิธีการเตรียมขั้นต้นมีผลต่อความหนาแน่นรวมของเนือมะพร้าวชูดอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยพบว่าเนือมะพร้าวชูดอบแห้งที่ผ่านการลวกด้วยไอน้ำก่อนนำไปอบแห้งจะมีความหนาแน่นรวมน้อยที่สุด อาจเป็นเพราะการลวกช่วยลดการหดตัวของเนือมะพร้าวชูดอบแห้ง

เมื่อพิจารณาค่าสีของเนือมะพร้าวชูดอบแห้ง (ตารางที่ 4) จะพบว่าการอบแห้งเนือมะพร้าวชูดอบแห้งอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยไม่ผ่านการเตรียมตัวอย่างขั้นต้นใดๆ เลยจะทำให้สีของเนือมะพร้าวชูดอบแห้งเปลี่ยนแปลงไปจากตัวอย่างสดมากที่สุด ( $\Delta E^* = 21.87$ ) โดยค่า  $L^*$  มีค่าต่ำที่สุด ขณะที่ค่า  $a^*$  และ  $b^*$  เพิ่มสูงที่สุด เนือมะพร้าวชูดอบแห้งที่ได้จากการอบแห้งในสภาวะนี้มีสีน้ำตาลเข้มชัดเจนเนื่องจากปฏิกิริยาสีน้ำตาล ซึ่งอาจเกิดได้ทั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์และปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ แต่เมื่อพิจารณาการอบแห้งมะพร้าวชูดอบแห้งที่ผ่านการลวกด้วยไอน้ำก่อนอบแห้งที่ 80 องศาเซลเซียส เนือมะพร้าวชูดอบแห้งที่ได้เกิดสีน้ำตาลน้อยลงกว่าตัวอย่างควบคุม ( $\Delta E^* = 10.25$ ) แสดงให้เห็นว่าสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในตัวอย่างควบคุมเป็นผลมาจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์เป็นสำคัญ และสามารถยับยั้งได้บางส่วนโดยการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงถึง 90 °C ( $\Delta E^* = 12.66$ ) โดยไม่ต้องผ่านการลวกก่อนอบแห้ง นอกจากนี้พบว่าเนือมะพร้าวชูดอบแห้งที่ผสมด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์จำนวน 1 กรัมต่อกิโลกรัม ก่อนนำไปอบแห้งทำให้ได้เนือมะพร้าวชูดอบแห้งที่มีการเปลี่ยนแปลงของสีโดยรวมต่ำที่สุด เพียงแต่เนือมะพร้าวชูดอบแห้งที่ได้จะมีสีเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเนือมะพร้าวชูดอบแห้งที่ได้อีกทั้งพบว่าการใช้อุณหภูมิสูง (90 องศาเซลเซียส) จะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มมากกว่าการใช้อุณหภูมิที่ต่ำ

กว่า (80 องศาเซลเซียส) ยกเว้นการอบแห้งตัวอย่างควบคุม

**ตารางที่ 3** แสดงผลของการเตรียมขั้นต้นและอุณหภูมิที่ใช้อบแห้งที่มีต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ความหนาแน่นรวม และอัตราการคืบตัวของเนือมะพร้าวชูดอบแห้ง

การเตรียมขั้นต้น	อุณหภูมิ (°C)	ลักษณะคุณภาพบางประการ		
		วอเตอร์แอกติวิตี้	ความหนาแน่นรวม	อัตราการคืบตัว
ตัวอย่าง	80	0.30±0.04 <sup>a</sup>	0.33±0.01 <sup>a</sup>	3.13±0.14 <sup>a</sup>
ควบคุม	90	0.32±0.02 <sup>a</sup>	0.31±0.01 <sup>ab</sup>	3.16±0.16 <sup>a</sup>
ลวกด้วยไอน้ำ 5 นาที	80	0.30±0.04 <sup>a</sup>	0.28±0.01 <sup>c</sup>	3.06±0.12 <sup>a</sup>
	90	0.28±0.03 <sup>a</sup>	0.29±0.00 <sup>bc</sup>	3.11±0.10 <sup>a</sup>
1%โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์	80	0.29±0.08 <sup>a</sup>	0.30±0.02 <sup>b</sup>	3.13±0.16 <sup>a</sup>
	90	0.29±0.02 <sup>a</sup>	0.32±0.01 <sup>ab</sup>	2.95±0.03 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

**ตารางที่ 4** แสดงผลของการเตรียมขั้นต้น และอุณหภูมิที่ใช้อบแห้งที่มีต่อค่าสีของเนือมะพร้าวชูดอบแห้ง

การเตรียมขั้นต้น	อุณหภูมิ (°C)	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E^*$
มะพร้าวชูดสด		81.78±0.38	1.86±0.27	7.19±0.21	
ตัวอย่าง	80	74.24±2.58 <sup>c</sup>	.90±1.51 <sup>a</sup>	27.02±0.69 <sup>a</sup>	1.87±3.27 <sup>a</sup>
ควบคุม	90	77.07±1.38 <sup>ab</sup>	.28±0.41 <sup>b</sup>	18.67±0.64 <sup>a</sup>	2.66±2.31 <sup>b</sup>
ลวกด้วยไอน้ำ 5 นาที	80	76.64±0.59 <sup>ab</sup>	.99±0.49 <sup>b</sup>	15.97±0.56 <sup>c</sup>	0.25±0.79 <sup>c</sup>
	90	75.87±0.48 <sup>b</sup>	.81±0.22 <sup>b</sup>	17.93±0.69 <sup>a</sup>	2.42±1.60 <sup>b</sup>
1%โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์	80	77.16±1.20 <sup>ab</sup>	.94±0.60 <sup>c</sup>	15.63±0.69 <sup>c</sup>	9.72±0.20 <sup>c</sup>
	90	77.98±0.96 <sup>a</sup>	.87±0.42 <sup>c</sup>	18.20±0.96 <sup>a</sup>	1.71±0.72 <sup>bc</sup>

<sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

### สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเนื้อมะพร้าวชูดโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด ได้แก่ การใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 1 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จำนวน 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันกับเนื้อมะพร้าวชูด 1 กิโลกรัม จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 110 นาที

### เอกสารอ้างอิง

งานถนอมอาหารและเทคโนโลยีอาหาร, กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, กรมวิทยาศาสตร์บริการ, เนื้อมะพร้าวชูดอบแห้ง (Desiccated Shredded Coconut), Retrieve from [http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss\\_j/2523\\_94\\_15.pdf](http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_j/2523_94_15.pdf).

สีกกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา. (2555). *การอบแห้งอาหารและวัสดุชีวภาพ*. กรุงเทพฯ : ท้อป. 344 หน้า.

อาณัติ พิลา, ฐานิตย์ เมธิยานนท์ และ สมชาติ (2551) โสภณธรรมฤทธิการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22, 15-17 ตุลาคม 2551 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

Carranza-Concha, J., Benlloch, M., Camacho, M.M., Martínez-Navarrete, N. (2012). Effects of drying and pretreatment on the nutritional and functional quality of raisins, *Food and Bioproducts Processing*. 90, 243–248.

Hiranvarachat, B., Devahastin, S., Chiewchan, N., (2011). Effects of acid pretreatments on some physicochemical properties of carrot undergoing hot air drying, *Food and Bioproducts Processing*. 89, 116-127.

Igual, M., García-Martínez, E., Martín-Esparza, M.E., Martínez-Navarrete, N. (2012). Effect of processing on the drying kinetics and

functional value of dried apricot. *Food Research International*, 47, 284–290.

Mrad, N.D., Boudhriouad, N., Kechaou, N., Francis Courtois, F., Catherine Bonazzi, C. (2012). Influence of air drying temperature on kinetics, physicochemical properties, total phenolic content and ascorbic acid of pears, *Food and Bioproducts Processing*, 90, 433–441.

Pimpaporn, P., Devahastin, S., Chiewchan, N. (2007). Effects of combined pretreatments on drying kinetics and quality of potato chips undergoing low-pressure superheated steam drying. *Journal of Food Engineering*, 81, 318–329.

Vongsawasdi, P., Nopharatana, M., Jaengkajang, J. Sangpring, Y., Yoochareonsuk, W. (2010). Effect of blanching, citric acid and glycerol on qualities of dried coconut. *Agricultural Science Journal*, 41, 145-148.

Wachiraphansakul, S., Devahastin, S. (2007). Drying kinetics and quality of okara dried in a jet spouted bed of sorbent particles. *LWT* 40, 207–219.