

## อุณหภูมิที่เหมาะสมของกระบวนการทำแห้งกระเจี๊ยบเขียว

### Optimum Temperature for Drying Process of Okra Fruit

ธิดารัตน์ จูทอง<sup>1</sup> และ สรพงศ์ เบนจศรี<sup>2\*</sup>

Thidarat Juthong<sup>1</sup> and Sorapong Benchasri<sup>2\*</sup>

ได้รับบทความ: 26 เม.ย. 2565

ได้รับบทความแก้ไข: 9 ก.ย. 2565

ยอมรับตีพิมพ์: 27 ก.ย. 2565

#### บทคัดย่อ

ศึกษาวิธีการทำแห้งกระเจี๊ยบเขียวโดยการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งกระเจี๊ยบเขียวด้วยวิธีการอบลมร้อน โดยนำฝักสดกระเจี๊ยบเขียวสายพันธุ์ KN-OYV-02 ที่ได้จากการผลิตในแปลงคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง มาแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิก 3 เข้มข้น คือร้อยละ 0, 1 และ 2 ร่วมกับการลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 นาที แล้วนำกระเจี๊ยบเขียวไปทำการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อคัดเลือกวิธีการเตรียมกระเจี๊ยบเขียวที่เหมาะสมโดยพิจารณาด้านการรักษาสีของกระเจี๊ยบเขียว หลังจากนั้นทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า การลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลา 4 นาที เป็นวิธีที่เหมาะสมกว่าการลวกร่วมกับสารละลายกรดแอสคอร์บิก โดยรักษาความเป็นสีเขียวของกระเจี๊ยบเขียวได้ดีกว่า ในขณะที่การลวกร่วมกับสารละลายกรดแอสคอร์บิกทำให้กระเจี๊ยบเขียวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้ำตาล สำหรับการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ทำให้กระเจี๊ยบเขียวมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้น้อยกว่า 0.6 ดังนั้นการทำแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมเนื่องจากใช้ระยะเวลาสั้นและมีอัตราการทำแห้งสูงสุด นอกจากนี้อุณหภูมิในการทำแห้งช่วง 60-70 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อความแตกต่างของค่า  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  และการให้ความร้อนโดยการลวกและการทำแห้งมีผลทำให้ค่า  $L^*$  และค่า  $b^*$  ลดลง แต่ค่า  $a^*$  เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกระเจี๊ยบเขียวสด

**คำสำคัญ:** กระเจี๊ยบเขียว การอบแห้ง การอบลมร้อน การลวก

<sup>1</sup> คณะอุตสาหกรรมเกษตรและชีวภาพ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

<sup>1</sup> Faculty of Agro and Bio Industry Thaksin University, Phatthalung, 93210

<sup>2</sup> คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

<sup>2</sup> Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung, 93210

\*ผู้รับผิดชอบประสานงาน (Corresponding author) e-mail: benchasri@gmail.com

## ABSTRACT

The okra (KN-OYV-02) were planted at the Faculty of Technology and Community Development, Phatthalung campus, Thaksin University for studying the appropriate conditions for okra blanching and drying process. Okra blanching methods, immersion in water and in boiling water with ascorbic acid (0, 1 and 2%) for 0, 2, 4 and 6 minutes, were compared. Blanching in boiling water for 4 mins without ascorbic acid preserved green color of okra. The okra showed yellow-brown color when blanching in boiling water with ascorbic acid. Subsequently, drying temperatures of hot-air dryer were observed at 60, 65 and 70 °C. Drying time was determined when water activity of okra was less than 0.6. Drying time decreased with an increase in drying temperature. Drying temperature at 60-65 °C and at 70 °C took 16 hrs and 12 hrs, respectively. Therefore, drying temperature at 70 °C was appropriated for okra drying process due to the short duration and maximum drying rate. In addition, L\* and b\* values of dried okra were decreased due to blanching and drying process but a\* value of dried okra was increased when compared with fresh okra.

**Keywords:** Okra; drying; hot air baking; blanching

## บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาศาสตร์ความรู้เกี่ยวกับผักอย่างกว้างขวาง ประกอบกับกระแสการบริโภคและการจำหน่ายผักมีมากกว่าในอดีตจึงทำให้ผักมีการเพิ่มมูลค่ามากขึ้น โดยประเทศไทยมีการผลิตและการส่งออกผักหลายชนิด เช่น ถั่วฝักยาว คะน้า หอมหัวใหญ่ หอมหัวเล็ก กระเทียม หน่อไม้ฝรั่ง และกระเจี๊ยบเขียว เป็นต้น [1] โดยส่งออกจำหน่ายยังประเทศต่างๆ เช่นประเทศจีน เวียดนาม อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น คูเวต บาห์เรน สหรัฐอเมริกา และ ฮองกง ทั้งในรูปผักสด และผักแช่แข็ง สร้างมูลค่าไม่น้อยกว่าสี่หมื่นล้านบาทต่อปี [2] สำหรับกระเจี๊ยบเขียว (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) เป็นผักส่งออกที่สำคัญชนิดหนึ่ง โดยมีการจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น อินเดีย ฟิลิปปินส์ และ มาเลเซีย [3] จากการรายงานของ สกุกานต์ และ สรพงศ์ [4] พบว่ากระเจี๊ยบเขียวในประเทศไทยมีการส่งออกในรูปผักสดจำนวน 2,161.5 ตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออกถึง 301,313,389 บาท กระเจี๊ยบเขียวแช่แข็งจำนวน 1,560.05 ตัน มูลค่าการส่งออก 107,582,244 บาท และในปี พ.ศ. 2557 มีการส่งออกกระเจี๊ยบเขียวผักสดจำนวน 1,871 ตัน มูลค่าการส่งออก 254,235,842 บาท กระเจี๊ยบเขียวแช่แข็งจำนวน 1,543.9 ตัน มีมูลค่าการส่งออก 110,929,428 บาท [5] นอกจากนี้กระเจี๊ยบเขียวยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีคุณสมบัติช่วยป้องกันอาการหลอดเลือดตีบตัน บรรเทาอาการโรคกระเพาะอาหาร และยังมีฤทธิ์ต้านเบาหวาน สารต้านอนุมูลอิสระ ต่อด้านไขมันในเลือดสูง และฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด [6-9] กระเจี๊ยบเขียวจึงเป็นพืชผักที่ควรสนับสนุนให้มีการผลิตและบริโภคอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย [10]

อย่างไรก็ตามจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าการส่งออกกระเจี๊ยบเขียวเริ่มประสบปัญหา เนื่องจากกระเจี๊ยบเขียวที่ผลิตได้มีปริมาณมากเกินความต้องการของตลาด จึงเกิดปัญหาในการส่งออก เนื่องจากกระเจี๊ยบเขียวเป็นผักทานผักสด จึงเกิดการสูญเสียได้ง่าย และไม่สามารถเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำได้ เนื่องจากเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) จึงส่งผลเสียต่อเกษตรกร [11] นักวิทยาศาสตร์หลายท่านพยายามนำผลผลิตกระเจี๊ยบเขียวมาแปรรูปเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่า และเพิ่มทางเลือกของสินค้าแก่ผู้ผลิต ดังนั้นรายงานการวิจัยชิ้นนี้ก็เป็นส่วนหนึ่งในการแปรรูปกระเจี๊ยบเขียว โดยทำการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสม

ในการทำแห้งกระเจี๊ยบเขียว พร้อมทั้งวิเคราะห์คุณภาพสีและอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับทำแห้งกระเจี๊ยบเขียว ซึ่งผลจากงานชิ้นนี้สามารถนำไปปรับใช้ในเชิงพาณิชย์ได้เป็นอย่างดี

### วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาคุณภาพของกระเจี๊ยบเขียว โดยทำการปลูกกระเจี๊ยบเขียว พันธุ์ KN-OYV-02 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง [9] ณ แปลงทดลองคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง ก่อนปลูกจะต้องมีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ หยอดเมล็ดพันธุ์หุลุมละ 3 – 4 เมล็ดต่อหลุม เมื่อดันกล้าอายุ 2 สัปดาห์หลังปลูก กำจัดวัชพืชพร้อมใส่ปุ๋ยสูตร 15 – 15 – 15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากนั้นถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น และดูแลบำรุงรักษา เพื่อให้ต้นพืชมีความสมบูรณ์ เก็บฝักกระเจี๊ยบเขียวที่มีขนาดเท่ากัน ที่อายุ 6-7 วัน หลังผสมเกสร เพื่อศึกษาปริมาณกรดแอสคอร์บิกและระยะเวลาการลวกกระเจี๊ยบเขียวที่มีผลต่อคุณภาพสี โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 ศึกษาปริมาณกรดแอสคอร์บิกและระยะเวลาการลวกกระเจี๊ยบเขียว

ศึกษาวิธีการเตรียมกระเจี๊ยบเขียวก่อนการอบแห้ง โดยนำกระเจี๊ยบเขียวสด (พันธุ์ KN-OYV-02) ที่เก็บจากแปลงปลูก มาแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิก 3 ระดับความเข้มข้น คือร้อยละ 0, 1 และ 2 ร่วมกับการลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 นาที แล้วนำกระเจี๊ยบเขียวไปทำการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นเปรียบเทียบสีของกระเจี๊ยบเขียวหลังการอบแห้ง เพื่อคัดเลือกวิธีการเตรียมกระเจี๊ยบเขียวที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของสีของกระเจี๊ยบเขียว

การทดลองที่ 2 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งกระเจี๊ยบเขียว

ศึกษาวิธีการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน โดยนำกระเจี๊ยบเขียวสดพันธุ์ KN-OYV-02 ที่เก็บจากแปลงปลูกมาทำการตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 60, 65 70 องศาเซลเซียส โดยทำการอบแห้งเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ ในระหว่างการอบแห้งทำการเก็บตัวอย่างกระเจี๊ยบเขียวทุกๆ 2 ชั่วโมง เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าความชื้น แล้วนำมาศึกษาอัตราการแห้ง ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลระยะเวลาการทำแห้งที่เหมาะสมของแต่ละอุณหภูมิ หลังจากนั้นเปรียบเทียบคุณภาพของกระเจี๊ยบเขียวที่ทำการอบแห้งจากการทดลองที่ 2 จากสภาวะอบแห้งที่เหมาะสมของการทำแห้งแต่ละอุณหภูมิ เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าสี ค่าความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ( $a_w$ )

การวิเคราะห์

#### 1) ค่าสี

วัดสีด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, USA) โดยแสดงค่าสี ดังนี้ ค่าความสว่าง (lightness,  $L^*$ ) ค่าความเป็นสีแดง (redness,  $a^*$ ) และค่าความเป็นสีเหลือง (yellowness,  $b^*$ ) โดยสุ่มวัดตัวอย่างกระเจี๊ยบเขียว จำนวน 3 ซ้ำ

#### 2) ค่าความชื้น

วัดปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC (1990) [12] โดยชั่งตัวอย่างกระเจี๊ยบเขียวประมาณ 3-5 กรัม ณ เวลาการอบแห้งต่างๆ ใส่ภาชนะสำหรับหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักที่ อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักตัวอย่างคงที่ แล้วนำมาคำนวณปริมาณความชื้นดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)}} \times 100$$

#### 3) ค่าวอเตอร์แอกติวิตี

วิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ ด้วยเครื่องวัด Water activity meter (Aqua Lab, 4TE, USA) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส  
การคำนวณ

1) อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio; MR)

$$\text{อัตราส่วนความชื้น} = \frac{X_t - X_{eq}}{X_i - X_{eq}}$$

$X_t$  คือ ปริมาณความชื้นที่เวลาใดๆ (g water/g dry matter)

$X_i$  คือ ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่าง (g water/g dry matter)

$X_{eq}$  คือ ปริมาณความชื้นสมดุลของตัวอย่างที่สภาวะนั้นๆ (g water/g dry matter)

การวิเคราะห์กราฟของการอบแห้ง (Drying curve) ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นและเวลาในการทำแห้ง [13]

2) ปริมาณน้ำที่ระเหย

ปริมาณน้ำที่ระเหย (g water/ g solid) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของตัวอย่างในช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง

$$\text{ปริมาณน้ำที่ระเหย} = X_{(t+\Delta t)} - X_t$$

$X_t$  คือ ปริมาณความชื้นที่เวลาใดๆ (g water/g solid)

$X_{(t+\Delta t)}$  คือ ปริมาณความชื้นที่เวลาใดๆ บวกกับช่วงเวลาการบันทึกข้อมูลตัวอย่าง (g water/g solid)

3) อัตราการทำแห้ง (Drying rate)

อัตราการทำแห้ง (Drying rate) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของตัวอย่างต่อหนึ่งหน่วยเวลา (g water/g solid · hr)

$$\text{อัตราการทำแห้ง} = \frac{X_{(t+\Delta t)} - X_t}{\Delta t}$$

$\Delta t$  คือ ช่วงเวลาการบันทึกข้อมูลตัวอย่าง (ชั่วโมง)

$X_t$  คือ ปริมาณความชื้นที่เวลาใดๆ (g water/g solid)

$X_{(t+\Delta t)}$  คือ ปริมาณความชื้นที่เวลาใดๆ บวกกับช่วงเวลาการบันทึกข้อมูลตัวอย่าง (g water/g solid)

การวิเคราะห์สถิติ

การทดลองครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

## ผลการวิจัย

เตรียมกระเจี๊ยบเขียวก่อนการอบแห้ง

การเตรียมกระเจี๊ยบเขียวก่อนการทำแห้งมีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาสีของกระเจี๊ยบเขียว และทำให้เซลล์เปิดเพื่อสามารถระเหยน้ำและทำแห้งได้เร็วขึ้น โดยเลือกวิธีการลวก (blanching) ซึ่งเป็นการให้ความร้อน และนิยมใช้ก่อนการแปรรูปเนื่องจากสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ในเบื้องต้นได้ สำหรับการทดลองจะใช้สารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 1 และ 2 ร่วมกับการลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 นาที แล้วนำกระเจี๊ยบเขียวไปทำการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อเปรียบเทียบสีของกระเจี๊ยบเขียวหลังการอบแห้ง เพื่อคัดเลือกวิธีการเตรียมกระเจี๊ยบเขียวที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากการรักษาสีของกระเจี๊ยบเขียว ผลการทดลองพบว่าการลวกในน้ำเดือดโดยไม่มีการเติมสารละลายกรด

## บทความวิจัย (Research Article)

วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร

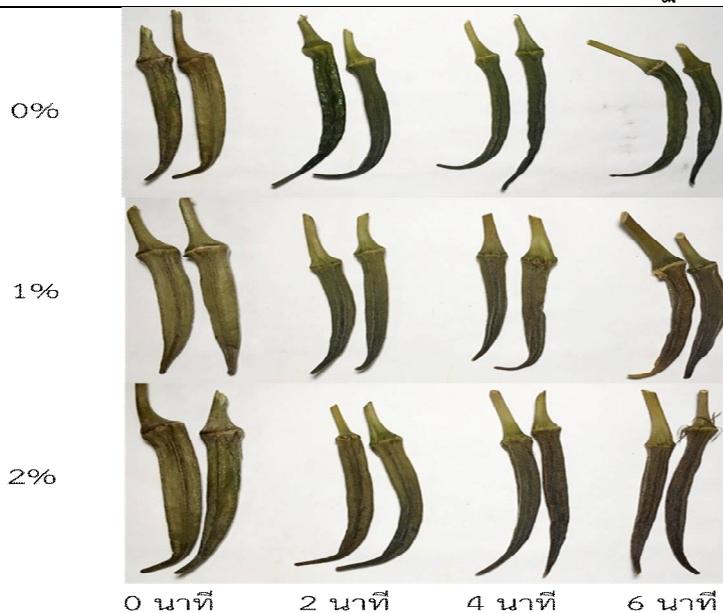
ปีที่ 6 • ฉบับที่ 2 • กรกฎาคม-ธันวาคม 2565

แอสคอร์บิก กระจับเขียวยังคงความมีสีเขียวของกระจับเขียวได้ดี แต่เมื่อเพิ่มเวลาลวกเป็นระยะเวลา 6 นาที จะทำให้เมือกออกมามาก และเมื่อใช้สารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 2 ร่วมกับการลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 นาที พบว่าเมื่อความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกเพิ่มและระยะเวลาการลวกเพิ่มขึ้นทำให้สีกระจับเขียวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหลังการลวก (ภาพที่ 1) สีเขียวของผักหรือผลไม้เป็นสมบัติที่สำคัญต่อลักษณะปรากฏและลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดี แต่กระบวนการแปรรูปสามารถทำให้ความเป็นสีเขียวของผักเปลี่ยนแปลงได้



ภาพที่ 1 กระจับเขียวหลังการลวกในน้ำเดือดร่วมกับการเติมกรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 1 และ 2 โดยทำการลวกเป็นระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 นาที

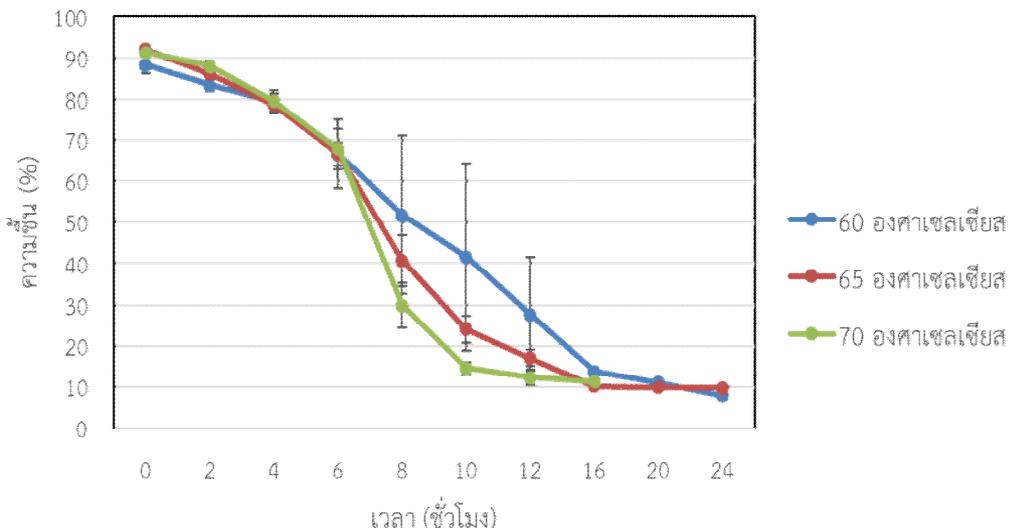
เมื่อนำกระจับเขียวที่ผ่านการลวกร่วมกับการเติมสารละลายกรดแอสคอร์บิกไปทำการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่ากระจับเขียวผ่านการลวก และไม่ผ่านการลวกร่วมกับการเติมสารละลายกรดแอสคอร์บิกทำให้กระจับเขียวหลังการทำแห้งมีสีน้ำตาล ดังนั้นจากการทดลองจะเห็นได้ว่าการลวกด้วยน้ำเดือดอย่างเดียวสามารถคงสีเขียวของกระจับเขียวได้ดีกว่า (ภาพที่ 2) และเมื่อพิจารณาระยะเวลาการลวก พบว่าการลวกกระจับเขียวเป็นเวลาอย่างน้อย 2 นาที จะทำให้สามารถคงสีเขียวของกระจับได้ แต่ระยะเวลาการลวกมีผลต่อการทำแห้ง โดยพบว่าหลังการทำแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง กระจับเขียวที่ผ่านการลวกนานตั้งแต่ 4 นาที เป็นต้นไปจะทำให้การระเหยน้ำออกจากตัวอย่างได้ดีกว่า ดังนั้นจากการทดลองเลือกการเตรียมกระจับเขียวโดยการลวกเป็นระยะเวลา 4 นาที



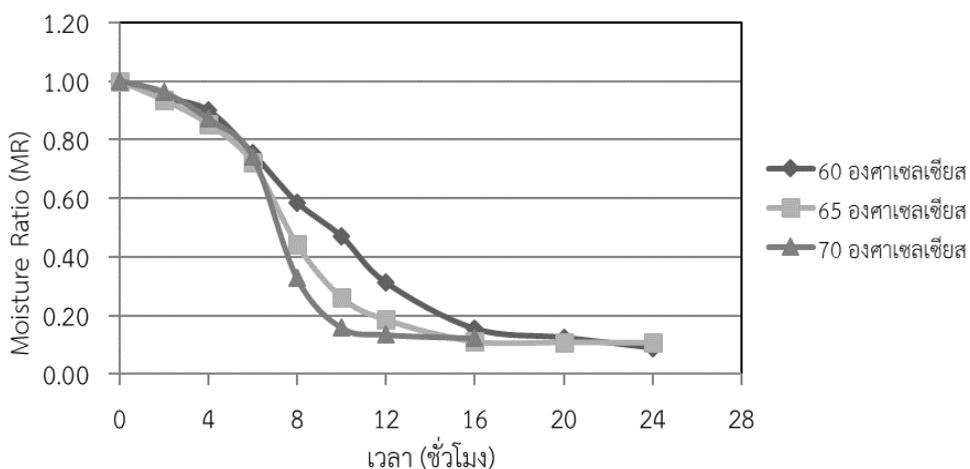
ภาพที่ 2 กระจับเขียวหลังการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง หลังการลวกในน้ำเดือดร่วมกับการเติมกรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0, 1 และ 2 โดยทำการลวกเป็นระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 นาที

#### อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งกระจับเขียว

จากภาพที่ 3 และ 4 พบว่าความชื้นและอัตราส่วนความชื้นของกระจับเขียวให้ผลสอดคล้องกัน โดยมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการทำแห้งเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างกระจับเขียวมีความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 88-92 และทำการระเหยน้ำจนความชื้นคงที่ประมาณร้อยละ 7-11 พบว่าอุณหภูมิสูงชันทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น โดยการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสทำให้ความชื้นของกระจับเขียวคงที่เมื่อใช้ระยะเวลา 12 ชั่วโมง ในขณะที่การทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 65 องศาเซลเซียสทำให้ความชื้นของกระจับเขียวคงที่เมื่อใช้ระยะเวลา 16 ชั่วโมง ดังนั้น อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งกระจับเขียวคือ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าที่อุณหภูมิ 60 และ 65 องศาเซลเซียส โดยให้คุณภาพของกระจับเขียวอบแห้งไม่ต่างกัน

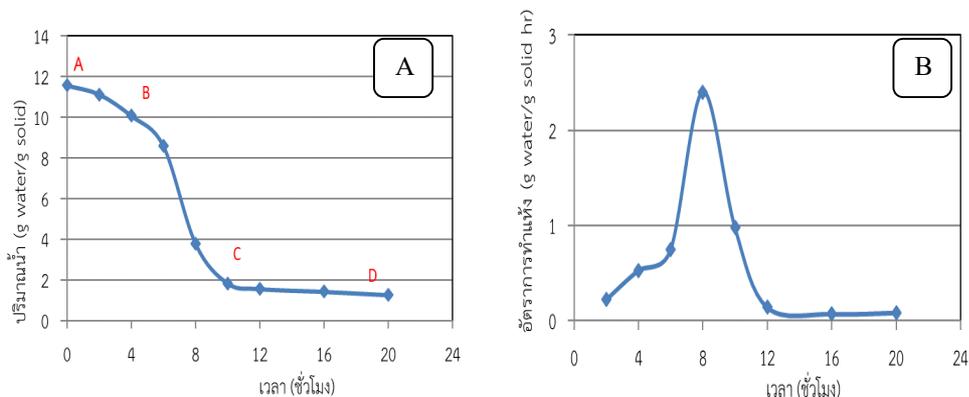


ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของกระเจี๊ยบเขียวระหว่างการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังการลวกในน้ำเดือด 4 นาที



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้น (Moisture Ratio; MR) ของกระเจี๊ยบเขียวระหว่างการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส

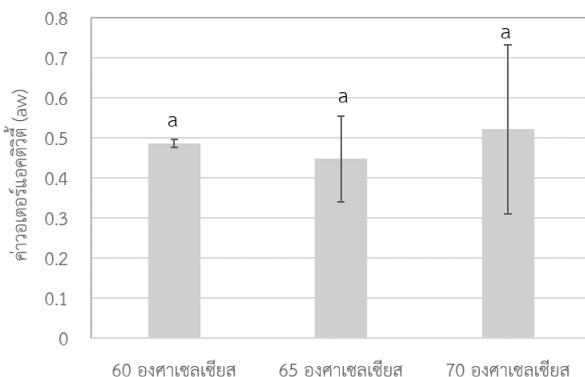
เมื่อพิจารณาการทำแห้งกระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าช่วง 6 ชั่วโมงแรก (ภาพที่ 5A) โดยปริมาณน้ำระเหยออกจากตัวอย่างในอัตราการแห้งประมาณ 0.22-0.74 กรัมต่อกรัมของแห้งต่อชั่วโมง (ภาพที่ 5B) แล้วอัตราการแห้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยมีอัตราการแห้งสูงสุดที่ 2.40 กรัมต่อกรัมของแห้งต่อชั่วโมง ในช่วงชั่วโมงที่ 8 ของการทำแห้ง ซึ่งช่วงนี้จะเป็นช่วงการทำแห้งคงที่ (constant rate period) แล้วอัตราการแห้งจะลดลงเหลือประมาณ 0.07 กรัมต่อกรัมของแห้งต่อชั่วโมงในช่วงชั่วโมงที่ 12 ของการทำแห้ง ทำให้กระเจี๊ยบเขียวลดความชื้นจนถึงความชื้นวิกฤต (critical moisture content) ซึ่งมีค่าประมาณ 1.26-1.42 กรัมต่อกรัมของแห้ง



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ (A) และอัตราการทำแห้ง (B) ของกระเจี๊ยบเขียวระหว่างการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

คุณภาพของกระเจี๊ยบเขียวอบแห้ง

เมื่อทำแห้งกระเจี๊ยบเขียวเพื่อสามารถเก็บรักษาได้นานโดยทำให้กระเจี๊ยบเขียวมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี้น้อยกว่า 0.6 ซึ่งสามารถป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ได้ ดังนั้นพบว่าระยะเวลาในการทำแห้งเพื่อให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้น้อยกว่า 0.6 โดยทำแห้งกระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง และการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบค่าวอเตอร์แอกติวิตี้อของกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง และการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง (อักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์)

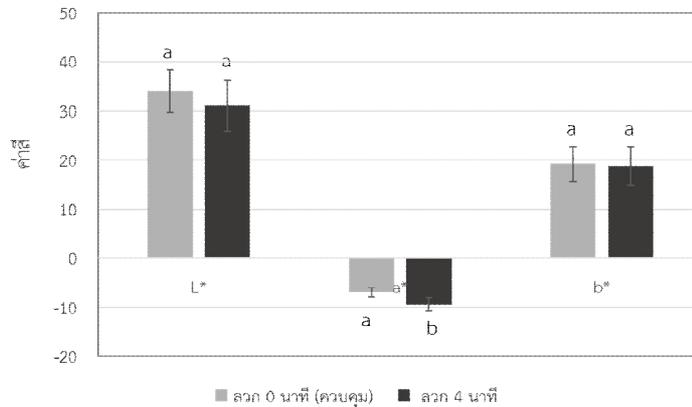
ผลของการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  พบว่าอุณหภูมิในการทำแห้งช่วง 60-70 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อความแตกต่างของค่า  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  ( $p > 0.05$ ) แต่การให้ความร้อนโดยการลวก และการทำแห้งมีผลทำให้ค่า  $L^*$  และค่า  $b^*$  ลดลง ( $p < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับกระเจี๊ยบก่อนการลวก (ภาพที่ 7-8) โดยค่า  $(-b^*)$  แสดงค่าสีน้ำตาลไปสีเหลือง  $(+b^*)$  ซึ่ง

## บทความวิจัย (Research Article)

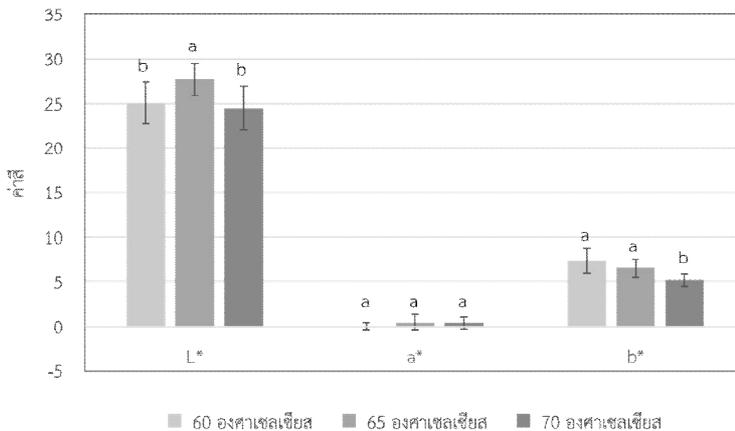
วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร

ปีที่ 6 • ฉบับที่ 2 • กรกฎาคม-ธันวาคม 2565

สอดคล้องกับการทดลองโดยเมื่อตัวอย่างกระเจี๊ยบผ่านการอบจะทำให้มีสีเข้มขึ้น นอกจากนี้การทำแห้งมีผลทำให้ค่า  $a^*$  เพิ่มขึ้น โดยค่า  $(-a^*)$  แสดงค่าสีเขียวและค่า  $(+a^*)$  แสดงค่าสีแดง ดังนั้นการทำแห้งทำให้สีเขียวของกระเจี๊ยบเขียวลดลง



ภาพที่ 7 ค่าสี ( $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$ ) ของกระเจี๊ยบเขียวเริ่มต้น (ลวก 0 นาที) เปรียบเทียบกับหลังการลวกในน้ำเดือดนาน 4 นาที (อักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์)



ภาพที่ 8 ค่าสี ( $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$ ) ของกระเจี๊ยบเขียว หลังการลวกในน้ำเดือดนาน 4 นาที แล้วทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง และการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง (อักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์)

### อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

กระบวนการแปรรูปผักเป็นผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องคำนึงถึงวิธีการที่สามารถคงความเป็นสีเขียวของผักไว้ได้ คลอโรฟิลล์ (chlorophylls) เป็นองค์ประกอบสำคัญในเซลล์พืชที่ทำให้ลักษณะปรากฏเป็นสีเขียว โดยทั่วไปคลอโรฟิลล์มี 2 ประเภท คือ คลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ซึ่งคลอโรฟิลล์ เอ จะปรากฏเป็นสีเขียว-น้ำเงิน และคลอโรฟิลล์ บี จะปรากฏเป็นสีเขียว-เหลือง โดยปกติในปริมาณสัดส่วนของคลอโรฟิลล์ เอ

ต่อคลอโรฟิลล์ บี เป็น 3 ต่อ 1 [14] คลอโรฟิลล์ถูกทำลายได้จากกระบวนการต่างๆ เช่น ความร้อน กรด แสง และออกซิเจน เป็นต้น โดยในสภาวะที่มีกรดทั่วไปจะทำให้คลอโรฟิลล์เปลี่ยนเป็นฟีโอฟิติน (pheophytins) โดยธาตุแมกนีเซียมที่อยู่ในโครงสร้างของคลอโรฟิลล์จะถูกแทนที่ด้วยไฮโดรเจน 2 อะตอม ทำให้มีลักษณะปรากฏของสีเขียว-น้ำตาล (olive brown) นอกจากนี้การให้ความร้อนสามารถทำให้ฟีโอฟิตินเปลี่ยนรูปเป็น ไพรอฟีโอฟิตินเนื่องจากการสูญเสียหมู่คาร์โบเมทอกซี (carbomethoxy group) การย่อยสลายคลอโรฟิลล์ ด้วยเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลส (chlorophyllase) และกรด สามารถทำให้ไฟทอลแยกออกจากโครงสร้าง คลอโรฟิลล์ทำให้เปลี่ยนรูปเป็นฟีโอฟอไบด์ (pheophorbides) ซึ่งทำให้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล [15] การกำจัด น้ำหรือการทำแห้ง คือการให้ความร้อนภายใต้สภาวะที่ควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ในอาหารโดยการระเหย น้ำ ซึ่งเมื่ออาหารถูกกำจัดน้ำหรือปริมาณความชื้นออกจะทำให้สามารถลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ทำให้ยืดอายุ การเก็บรักษาของอาหารได้โดยการลดการเจริญของจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ สำหรับการทดลอง เพื่อทำแห้งกระเจียบเขียวโดยทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน 3 ระดับ คืออุณหภูมิ 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส โดยทำการอบแห้งจนน้ำหนักคงที่ ในระหว่างการอบแห้งทำการเก็บตัวอย่าง กระเจียบเขียวทุกๆ 2 ชั่วโมง เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าความชื้น และศึกษาอัตราการแห้ง ซึ่งทำให้ได้ข้อมูล ระยะเวลาการทำแห้งที่เหมาะสมของแต่ละอุณหภูมิ [16-17] วิภูและคณะ [13] ศึกษาผลของอุณหภูมิและความเร็วลมต่ออัตราการแห้ง สมบัติ ทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของกล้วยหอมสุกและฟักทอง โดยศึกษาสภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 1.0, 1.5 และ 2.0 เมตรต่อวินาที พบว่าอุณหภูมิและความเร็วลมในการทำแห้งเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราเร็วในการทำแห้งของทั้งสอง ตัวอย่างจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลม 2.0 เมตรต่อวินาที จะมีการเปลี่ยนแปลงของสีที่ต่ำที่สุดและมีคะแนนความชอบของผู้บริโภคโดยรวมโดยรวมมากที่สุด [13] สำหรับการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในการอบแห้งจะพัฒนาให้ตัวอย่างอาหารสัมผัสความร้อนใน ระยะเวลาสั้นหรือให้อัตราการอบแห้งสูง โดยเร็วและคณะ (2561) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้ง ขนุนโดยเครื่องอบแห้งอินฟราเรดระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 55 และ 60 องศาเซลเซียสพบว่าเมื่อ อบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียสให้อัตราการอบแห้งที่สูงที่สุด 0.172 kg/hr เนื่องจากการทำสุญญากาศที่ความดันต่ำสามารถลดอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำภายในเนื้อขนุนและระยะห่างของฮีตเตอร์อินฟราเรดกับวัสดุที่ใกล้ กับเนื้อขนุนให้กำลังของอินฟราเรดต่อพื้นที่สูงมีผลทำให้ความชื้นเปลือกพลังงานจำเพาะลดลง อัตราการ อบแห้งเพิ่มขึ้น [18]

การทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยการลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลา 4 นาที เป็นวิธีที่เหมาะสมกว่า การลวกร่วมกับสารละลายกรดแอสคอร์บิก โดยทำให้รักษาความเป็นสีเขียวของกระเจียบเขียวได้ดีกว่า ในขณะที่การลวกร่วมกับสารละลายกรดแอสคอร์บิกทำให้กระเจียบเขียวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้ำตาล การทำ แห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ทำให้กระเจียบเขียวมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้น้อยกว่า 0.6 โดยการทำแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส เป็น สภาวะที่เหมาะสมเนื่องจากใช้ระยะเวลาสั้นและมีอัตราการแห้งสูงสุด ในขณะที่อุณหภูมิในการทำแห้งช่วง 60-70 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อความแตกต่างของค่า  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  และการให้ความร้อนโดยการลวกและ การทำแห้งมีผลทำให้ค่าความสว่าง  $L^*$  และค่า  $b^*$  ลดลง แต่ค่า  $a^*$  เพิ่มขึ้น

### คำขอบคุณ

การทดลองครั้งนี้ ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน คณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณ ณ ที่นี้ และขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ รวมทั้งคณะเทคโนโลยีและการ

พัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย และให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ในการทดลองครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- [1] สรพงศ์ เบญจศรี และคณะ. (2564). อิทธิพลของชนิดปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียวในภาคใต้ของประเทศไทย. *วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร*, 5(2), 59-69.
- [2] กรมเศรษฐกิจระหว่างประเทศ กระทรวงต่างประเทศ. (2563). พักและผลไม้. เข้าถึงได้จาก <http://www.thaibiz.net/th/business/314>.
- [3] Benchasri, S. (2012) Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) as a valuable vegetable of the world. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 49(1), 105-112.
- [4] สกกุลกานต์ สิมลา และ สรพงศ์ เบญจศรี. (2558). การประเมินลักษณะทางการเกษตรและผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียวในจังหวัดมหาสารคาม. *แก่นเกษตร*, 43(1), 894-899.
- [5] อัญญา จันทร์ปะทิว และ วรณพร สิทธิกานต์. (2562). อิทธิพลของระยะปลูกและอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบของผลผลิตกระเจี๊ยบเขียว. *แก่นเกษตร*, 47(1), 1557-1562.
- [6] Lu, Y., et al. (2016). Oligomeric proanthocyanidins are the active compounds in *Abelmoschus esculentus* Moench for its  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase inhibition activity. *Journal of Functional Foods*, 20, 463-471.
- [7] Graham, J. O., et al. (2017). Total phenol content and antioxidant activity of okra seeds from different genotypes. *American Journal of Food and Nutrition*, 5(3), 90-94.
- [8] Zhang T., et al. (2018). Preliminary characterization and anti-hyperglycemic activity of a pectic polysaccharide from okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *Journal of Functional Foods*, 41, 19-24.
- [9] Benchasri, S., et al. (2020). The effect of genotypic variability on the yield and yield components of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) in Thailand. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 8(4), 480-490.
- [10] สรพงศ์ เบญจศรี และชฎารัตน์ บุญจันทร์. (2554). ศึกษาความเป็นไปได้ในการตัดสีนใจปลูกกระเจี๊ยบเขียวภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์เพื่อเป็นอาชีพเสริมของเกษตรกร ตำบลบ้านเกอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร*, 19(1), 24-32.
- [11] Phornvillay, S., et al. (2020). Physio-biochemical responses of okra (*Abelmoschus esculentus*) to oxidative stress under low temperature storage. *Horticulture Journal*, 89(1), 69-77.
- [12] A.O.A.C. (1990). *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemistry*. 15<sup>th</sup> ed. Washington DC: A.O.A.C.
- [13] วิฑู ชูศรี และคณะ. (2563). ผลของกระบวนการทำแห้งด้วยลมร้อนต่อสมบัติของกล้วยหอมสุกและผักทองอบแห้ง. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 15(1), 37-52.
- [14] Erge ta la., (2008). Effect of heat treatment on chlorophyll degradation and color loss in green peas. *GIDA*, 33(5), 225-233.
- [15] Schmalko, M. E., et al. (2005). Effect of water activity and temperature in color and

## บทความวิจัย (Research Article)

วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร

ปีที่ 6 ● ฉบับที่ 2 • กรกฎาคม-ธันวาคม 2565

---

- chlorophylls changes in Yerba Mate leaves. *International Journal of Food Properties*, 8(2), 313-322.
- [16] Ndukwu, M.C.(2009). Effect of drying temperature and drying air velocity on the drying rate and drying constant of cocoa bean. *Agricultural Engineering International : The CIGR e-journal*, XI, 1091(1-7).
- [17] Putra, R. N. & Ajiwiguna, T. A. (2017). Influence of Air Temperature and Velocity for Drying Process. *Procedia Engineering*, 170, 516-519.
- [18] เรวัตม์ คำวัน และคณะ. (2561). การหาอัตราการแห้งตัวของขนุนโดยเครื่องอบแห้งอินฟราเรดระบบสุญญากาศ. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 11(2), 67-77.