



ผลของระยะเวลาการลวกและการรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของพริกไทยอ่อนแห้ง (*Piper nigrum* Linn.)

Effect of Blanching Time and Sulphur Dioxide Fumigation on Physical Chemical and Sensory Quality of Dried Green Peppercorns (*Piper nigrum* Linn.)

ดวงกมล แสงธีรกิจ¹ ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์^{1*} ณัฐริกา อ่อนน้อม² และ สรวิศ แจ่มจำรัส³

¹สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

³ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

*Corresponding Author, E-mail: fagrpsch@ku.ac.th

Received: 30 May 2019 | Revised: 1 August 2019 | Accepted: 22 October 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการลวกและการรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของพริกไทยอ่อนแห้ง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ศึกษา ระยะเวลาลวก 4 ระดับ คือ 3 5 7 และ 9 นาที โดยมีตัวอย่างพริกไทยที่ไม่ผ่านการลวกเป็นตัวอย่างควบคุม จากนั้นจึงศึกษาปริมาณ การรม SO_2 3 ระดับ คือ 15 20 และ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วนำไปอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าเมื่อ เพิ่มระยะเวลาลวกทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเขียว (a^*) ค่าการหดตัว และปริมาณฟิเพอรินเพิ่มขึ้น ในขณะที่ร้อยละผลผลิต ความหนาแน่นและกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase; PPO) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หลังการรม SO_2 พบว่ามีค่า L^* เพิ่มขึ้นและมีค่า a^* ลดลงจากพริกไทยที่ไม่ได้รม SO_2 การเพิ่มปริมาณ SO_2 ไม่ส่งผลต่อค่า L^* ค่า a^* ร้อยละผลผลิต ค่าการหดตัว และปริมาณฟิเพอริน แต่มี SO_2 ตกค้างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่กิจกรรมของ PPO ลดลง ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในเมนูผัดฉ่าปลา พบว่าคะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านกลิ่นรส ความเผ็ดร้อน รสชาติ และความชอบโดยรวมของพริกไทยอ่อนแห้งไม่แตกต่างจากพริกไทยอ่อนสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ผลจากการวิจัย นี้แสดงให้เห็นว่าการลวกที่ระยะเวลา 7 นาที ร่วมกับการการรม SO_2 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร ช่วยคงคุณภาพของพริกไทยอ่อนแห้ง มีความปลอดภัยต่อการบริโภค ตรงตามมาตรฐานของ Codex Alimentarius (CXS 326-2017) และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ABSTRACT

The objectives of this research were to study the effects of blanching time and sulphur dioxide (SO_2) fumigation on physical, chemical and sensory quality of dried green peppercorns (*Piper nigrum* Linn.). A completely randomized design (CRD) was used to study four levels of blanching time which were 3, 5, 7 and 9 min. Non-blanching peppercorns served as a control. Then, three levels of sulphur dioxide (SO_2) fumigation which were 15,

20 and 25 cm³ and drying at 50°C for 24 h were studied. The results showed that increase the blanching time enhanced the lightness (L*), greenness (a*), %shrinkage and piperine content, but a significantly decreased ($p \leq 0.05$) in %yields, bulk density and polyphenol oxidase (PPO) activities. After SO₂ fumigation caused an increase in L* value, but a decrease in a* value. Increasing the amount of SO₂ had no significant difference ($p > 0.05$) on the L*, a*, %yields, %shrinkage and piperine content. The residue of SO₂ significantly increased ($p \leq 0.05$) while PPO activities decreased. The results of sensory evaluation from Pad-cha-pla revealed that the liking score of flavor, pungency, taste and overall liking of dried green peppercorns were not significantly different from fresh green peppercorns ($p > 0.05$). Therefore, the results from this study demonstrated that 7 min of blanching and 15 cm³ of SO₂ fumigation could maintain the quality of dried green peppercorns with consumer acceptability. Finally, dried green peppercorns were safe for consumption, according to the standards of Codex Alimentarius (CXS 326-2017).

คำสำคัญ: พริกไทยอ่อนแห้ง พิเพอรีน การลวก ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อบแห้ง

Keywords: Green Peppercorns, Piperine, Blanching, Sulphur dioxide, Drying

บทนำ

พริกไทย (*Piper nigrum* Linn.) จัดเป็นไม้เถาเลื้อยในวงศ์ Pipeaceae มีถิ่นกำเนิดจากประเทศอินเดีย ผลของพริกไทยมีลักษณะเป็นช่อ มีสีเขียวเข้ม (คานิง, 2530) สามารถรับประทานสดหรือนิยมนำมาทำแห้งเป็นเครื่องเทศที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลกและมีมูลค่าการซื้อขายสูงที่สุดในบรรดาเครื่องเทศทั้งหมด จนถูกขนานนามว่าเป็น “ราชาแห่งเครื่องเทศ” สำหรับประเทศไทยนั้น พันธุ์พริกไทยที่เกษตรกรนิยมปลูก ได้แก่ พันธุ์สีลอน (ยอดขาว) พันธุ์ซาราวัดหรือพันธุ์มาเลเซีย ซึ่งพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมส่งขายเป็นพริกไทยอ่อน คือ พันธุ์สีลอน (ยอดขาว) มีลักษณะพิเศษคือช่อผลจะยาว เมล็ดใหญ่มีสีเขียวเข้ม สวยกว่าพันธุ์ซาราวัด (พนม, 2555; เถลิงชล, 2559) โดยจังหวัดจันทบุรีเป็นแหล่งปลูกพริกไทยที่มีชื่อเสียงว่าเป็นพริกไทยพันธุ์ดี มีรสชาติเผ็ดร้อน กลิ่นรสหอมฉุนที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว ซึ่งสารให้ความเผ็ดร้อนที่สำคัญที่พบในพริกไทยเป็นสารในกลุ่มอัลคาลอยด์ ได้แก่ สารพิเพอรีน (Piperine) (Ravindran and Kallupurackal, 2012) ปัจจุบันพริกไทยถูกนำมาแปรรูปเป็นพริกไทยดำ พริกไทยขาว และพริกไทยอ่อนแห้งหรือพริกไทยเขียว (Dried green peppercorns) แต่พริกไทยอ่อนแห้งยังไม่มีการผลิตในประเทศไทยแต่มีการนำเข้ามาจากต่างประเทศ โดยพริกไทยอ่อนแห้งนั้นแปรรูปจากพริกไทยในระยะที่ไม่แก่จัดเช่นเดียวกับพริกไทยดำ (พิทยา, 2551) ซึ่งกระบวนการผลิตจำเป็นต้องผ่านกระบวนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการทำแห้ง (Pre-treatment) เพื่อช่วยคงสีและกลิ่นรสให้ได้ลักษณะที่ดี ตามมาตรฐาน Codex

Alimentarius (CXS 326-2017) ที่กำหนดไว้ว่าควรมีเปลือกสีเขียว หรือสีเขียวเข้ม เมล็ดมีลักษณะกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0-6.0 มิลลิเมตร กลิ่นรสต้องมีความเผ็ดฉุน ไม่มีรสขมและรสชาติแปลกปลอม โดยกระบวนการเตรียมพริกไทยก่อนการทำแห้งที่นิยม คือ การลวกและการใช้สารกลุ่มซัลไฟต์ในการช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase; PPO) ที่พบในบริเวณเปลือก ช่วยลดปฏิกิริยาการเกิดสีคล้ำของพริกไทย (Gu et al., 2013) และคงสีเขียวของเปลือกไว้หลังจากผ่านการทำแห้งแล้ว ปัจจุบันพริกไทยอ่อนแห้งมีความต้องการทางตลาดเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะกลุ่มของโรงแรมและร้านอาหารในต่างประเทศ (Wanbang International Market, 2019) ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์พริกไทยอ่อนแห้ง จึงเป็นการเพิ่มช่องทางในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร และสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่พริกไทย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการลวกและปริมาณการรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมี และนำพริกไทยอ่อนแห้งที่ผลิตได้มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในเมนูอาหารไทยที่มีพริกไทยเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ ผัดฉ่าปลา เปรียบเทียบกับพริกไทยอ่อนสด เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตพริกไทยอ่อนแห้งที่มีคุณภาพตรงตามมาตรฐาน Codex Alimentarius (CXS 326-2017) และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เพื่อส่งเสริมให้มีการผลิตในเชิงพาณิชย์และสามารถส่งจำหน่ายไปยังต่างประเทศต่อไป

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. การศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบ

ตัวอย่างพริกไทยอ่อน (พันธุ์ซีลอน) จาก อ. นายายอาม จ. จันทบุรี อายุการเก็บเกี่ยว 6 เดือน นำมาแยกเมล็ดออกจากก้านและคัดเลือกขนาดเมล็ด 3 มิลลิเมตรขึ้นไปมาทำการศึกษาคุณภาพ ดังนี้

1.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1.1.1 วัดค่าสี ในระบบ CIE LAB โดยใช้เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Colourflex ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยค่าสี L^* (ค่าความสว่างมีค่า 0-100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ ค่า 100 หมายถึง วัตถุที่มีค่าความสว่างสีขาว) ค่าสี a^* (+ หมายถึง วัตถุที่มีสีแดง, - หมายถึง วัตถุที่มีสีเขียว) ค่าสี b^* (+ หมายถึง วัตถุที่มีสีเหลือง, - หมายถึง วัตถุที่มีสีน้ำเงิน) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

1.1.2 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) นำตัวอย่างพริกไทยอ่อนแห้งมาบดละเอียด แล้ววัดค่าด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ ยี่ห้อ AQUA Lab รุ่น 4TE ประเทศสหรัฐอเมริกา ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

1.1.3 ค่าความหนาแน่นโดยรวม ตามวิธีการของปริยาฉัตร (2560) นำตัวอย่างใส่ถ้วยอะลูมิเนียมที่ทราบปริมาตรแน่นอนให้เต็มปาดให้เรียบชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ได้ รายงานผลเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

1.1.4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดพริกไทย โดยสุ่มเมล็ดพริกไทยอ่อน จำนวน 50 เมล็ด วัดเส้นผ่านศูนย์กลางด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ ยี่ห้อ MACOH รุ่น 2551 ประเทศไทย ความละเอียด ± 0.05 มิลลิเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

1.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1.2.1 ปริมาณความชื้นตามวิธีการของ AOAC (2012) นำภาชนะอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิด อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส และชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักภาชนะที่แน่นอน จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ลงในภาชนะอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิด แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 5-6 ชั่วโมง นำออกมาพักในโถดูดความชื้น นำมาชั่งน้ำหนัก ทำการอบซ้ำจำนวนครั้งละ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งได้น้ำหนักของตัวอย่างที่คงที่(เปลี่ยนแปลงไม่เกิน ± 3 มิลลิกรัม) รายงานผลเป็นร้อยละของปริมาณความชื้น ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยคำนวณดังสมการ (1)

$$\text{ร้อยละปริมาณความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ})}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100 \quad (1)$$

1.2.2 ปริมาณฟิโพรน ตามวิธีการของ AOAC (2012) นำพริกไทยอ่อนสดไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง แล้วจึงนำมาบดละเอียด ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 0.5 กรัม สกัดตัวอย่างด้วย Denatured Alcohol (SDA No.3A) แล้วจึงนำสารละลายที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 423 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ชนิดลำแสงคู่ ยี่ห้อ SHIMADSU รุ่น UV-1900 ประเทศญี่ปุ่น โดยใช้ Denatured Alcohol เป็น blank รายงานผลเป็นร้อยละของปริมาณฟิโพรน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2. ศึกษาระยะเวลาการลวกพริกไทยอ่อนต่อคุณภาพของพริกไทยอ่อนแห้ง

ศึกษาระยะเวลาการลวกพริกไทยอ่อนโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ลวกในน้ำเดือด ที่ระยะเวลาต่างกัน 4 ระดับ คือ 3 5 7 และ 9 นาที โดยใช้ตัวอย่างที่ไม่ได้ลวกเป็นตัวอย่างควบคุม คัดแปลงตามวิธีการของ Gu et al. (2013) แล้วจึงนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบภาดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 12) และนำมาศึกษาคุณภาพ ดังนี้

2.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

วัดค่าสี ปริมาณน้ำอิสระ และค่าความหนาแน่นโดยรวมตามวิธีการข้อ 1.1

2.1.1 ค่าการหดตัวของพริกไทย ตามวิธีการของ อัจฉราและคณะ (2556) โดยสุ่มเมล็ดพริกไทยอ่อน ก่อนอบและหลังอบแห้ง จำนวน 50 เมล็ด มาวัดเส้นผ่านศูนย์กลางตามข้อ 1.1.4 รายงานผลเป็นร้อยละการหดตัว ทำการทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณดังสมการ (2)

$$\text{ร้อยละการหดตัว} = 1 - \left(\frac{\text{ขนาดเมล็ดพริกไทยหลังอบ}}{\text{ขนาดเมล็ดพริกไทยก่อนอบ}} \right) \times 100 \quad (2)$$

2.1.2 ค่าร้อยละผลผลิต (%yield) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยคำนวณดังสมการ (3)

$$\text{ร้อยละผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักสดหลังอบ}}{\text{น้ำหนักแห้งก่อนอบ}} \times 100 \quad (3)$$

2.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ปริมาณความชื้นและปริมาณฟิเพอริน ตามวิธีการข้อ

1.2

2.2.1 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol Oxidase Activity: PPO activity) ตามวิธีการของ Gu et al. (2013) นำตัวอย่างพริกไทยอ่อนที่ผ่านการทำให้แห้งแล้วมาบดละเอียด ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม และสกัดตัวอย่างด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (phosphate buffer) (pH=7) และ

$$\text{ร้อยละการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส} = 100 - \left(\frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงตัวอย่างควบคุม} - \text{ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง}}{\text{ค่าการดูดกลืนแสงตัวอย่างควบคุม}} \right) \times 100 \quad (4)$$

3. ศึกษาปริมาณการรวมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อคุณภาพของพริกไทยอ่อนแห้ง

นำพริกไทยอ่อนที่ได้สภาวะการลวกที่เหมาะสมมาศึกษาปริมาณการรวมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ศึกษาปริมาณในการรวม SO₂ 3 ระดับ คือ 15 20 และ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อตัวอย่าง 100 กรัม โดยมีตัวอย่างที่ไม่ผ่านการรวม SO₂ เป็นตัวอย่างควบคุม

เตรียมตัวอย่างโดยนำพริกไทยอ่อนที่ผ่านการลวกแล้วมาใส่ภาชนะโถแก้วสำหรับรณควิน จากนั้นใช้ไซริงค์ดูดก๊าซ SO₂ จากถังอัดความดัน ฉีดลงในภาชนะโถแก้ว ทั้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 12) และนำมาศึกษาคุณภาพ ดังนี้

3.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าสี ปริมาณน้ำอิสระ ความหนาแน่นโดยรวม ตามวิธีการข้อ 1.1 ค่าการหดตัวตามวิธีการข้อ 2.1.1 และวัดร้อยละผลผลิตตามวิธีการข้อ 2.1.

3.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณฟิเพอริน ตามข้อวิธีการข้อ 1.2 และ วิเคราะห์ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ตามวิธีการข้อ 2.2.1

3.2.1 วิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง ตามวิธีการของ In-house method based on AOAC (2016) นำตัวอย่างมาบดละเอียดใส่ในขวดก้นกลม เติมน้ำกลั่นและประกอบเข้ากับชุดกลั่น เติมนกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (HCl) ร้อยละ 36-38 ลงไป เทสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ลงในขวดรูปชมพู่และหลอดทดลองที่ประกอบอยู่กับชุดกลั่น แล้วเปิดเตาให้ความร้อน 60 นาที นำสารละลายที่ได้จากขวดรูปชมพู่และหลอดทดลองไปไทเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความ

สารละลายสารละลายแคทีคอล (catechol) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Gene Quant รุ่น 10300 ประเทศอังกฤษ โดยมีพริกไทยอ่อนสดเป็นตัวอย่างควบคุมซึ่งมีค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เท่ากับร้อยละ 100 รายงานผลเป็นร้อยละการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ทำการทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณดังสมการ (4)

เข้มข้น 0.01 นอร์มอล (N) รายงานผลเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยคำนวณดังสมการ (5)

$$\text{ปริมาณ SO}_2 \text{ ตกค้าง} = \frac{N \cdot \text{NaOH} \times \text{ml.NaOH} \times 32 \times 1000}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \quad (5)$$

4. การประเมินทางประสาทสัมผัส

นำพริกไทยอ่อนแห้งที่ผลิตได้มาปรุงอาหารเมนูผัดฉ่าปลาและประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9 – points hedonic scale) โดยมีคุณลักษณะที่ทำการทดสอบ ได้แก่ สีของพริกไทยอ่อน กลิ่นรสของพริกไทยอ่อน ความเผ็ดร้อน รสชาติ และความชอบโดยรวม กับผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมายที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน เป็นผู้มีอายุระหว่าง 25-55 ปี สามารถรับประทานพริกไทยอ่อนได้และไม่เคยมีประวัติการแพ้สารกลุ่มซัลไฟต์

5. การวิเคราะห์ผล

5.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและวิเคราะห์หาความแปรปรวนด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

5.2 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการยอมรับของพริกไทยอ่อนแห้งด้วยวิธี Paired samples T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบ

ผลการศึกษาคุณภาพพริกไทยอ่อน พันธุ์ชีลอน (ยอดขาว) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้น แสดงดังตารางที่ 1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดเท่ากับ 5.30 มิลลิเมตร ซึ่งพันธุ์ชีลอน (ยอดขาว) เป็นพันธุ์ที่มีขนาดเมล็ดใหญ่กว่าพันธุ์ชาร์วาคซึ่งมี

ขนาดเมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 มิลลิเมตร (พนม, 2555) มีปริมาณความชื้นร้อยละ 82.21 และพบว่ามีปริมาณฟิโเพอรินร้อยละ 7.26 สอดคล้องกับรายงานของ Ravindran et al. (2000) ที่พบว่าพริกไทยพันธุ์ชีลอน มีปริมาณฟิโเพอรินร้อยละ 7.60 ซึ่งปริมาณฟิโเพอรินที่พบอยู่ในช่วงร้อยละ 5-9 เป็นช่วงที่พบในพริกไทยโดยทั่วไป (Ravindran and Kallapurackal, 2012)

ตารางที่ 1 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของพริกไทยสด

คุณภาพ	พริกไทยสด
คุณภาพทางกายภาพ	
ค่าสี	
L*	26.99±0.77
a*	-8.31±0.57
b*	28.25±0.93
ปริมาณน้ำอิสระ (a _w)	0.99±0.00
ความหนาแน่นโดยรวม (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	0.63±0.00
เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	5.30±0.60
คุณภาพทางเคมี	
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	82.21±0.29
ฟิโเพอริน (ร้อยละ)	7.26±0.04

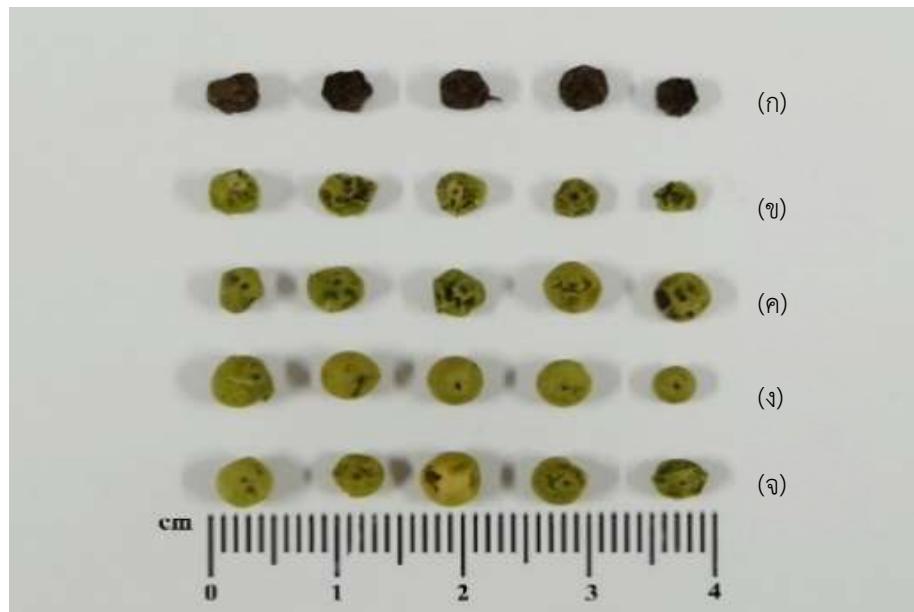
2. ผลการศึกษาระยะเวลาการลวกพริกไทยอ่อนต่อคุณภาพของพริกไทยอ่อนแห้ง

ผลการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาการลวกพริกไทย ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพริกไทยที่ผ่านการลวกที่ระยะเวลา 7 และ 9 นาที มีค่าความสว่างไม่แตกต่างกัน และยังพบว่าการลวกส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดง-สีเขียว (a*) อยู่ในช่วงติดลบแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นสีเขียวซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญที่ต้องการของพริกไทยอ่อนแห้ง โดยพริกไทยที่ผ่านการลวกที่ระยะเวลา 3 5 และ 7 นาที มีค่าความความเป็นสีเขียวมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะอื่น (ตารางที่ 2) ลักษณะของเมล็ดพริกไทยเมื่อผ่านการอบแห้งด้วยความร้อนจะมีลักษณะเหี่ยว ย่นแบบไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากเกิดความเครียดภายในเมล็ดและเกิดการหดตัวในระหว่างการอบแห้ง (อัจฉรา และคณะ, 2556) นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาการลวกทำให้มีร้อยละผลผลิตลดลง โดยพบว่าเมล็ดพริกไทยที่ผ่านการลวกมีลักษณะกลม ผิวเรียบ แต่มีปริมาตรลดลง เนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำหนักจากการลวกและการทำแห้งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ

Gu et al. (2013) ที่พบว่าพริกไทยดำที่ผ่านการลวกก่อนการทำแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 10 นาที ทำให้เกิดการสูญเสีย น้ำหนักไปถึงร้อยละ 28 ระยะเวลาในการลวกที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol Oxidase Activity: PPO) ลดลงตามลำดับ และกิจกรรมของ PPO เหลือน้อยที่สุดเมื่อผ่านการลวก 9 นาที สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Gu et al. (2013) ที่พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการลวกส่งผลให้กิจกรรมของ PPO ลดลงเนื่องจาก PPO เกิดการเสียสภาพไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิไดซ์ (Oxidation reaction) สารประกอบกลุ่มฟีนอลให้เกิดเป็น O-quinone (สมฤดี และปราณี, 2557) ช่วยยับยั้งกิจกรรมของ PPO ซึ่งพบในบริเวณเปลือกของพริกไทย ลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทำให้ยับยั้งการเกิดสีคล้ำของพริกไทยเมื่อผ่านการทำแห้ง (รูปที่ 1) พริกไทยอ่อนแห้งที่ไม่ได้ผ่านการลวกมีปริมาณฟิโเพอริน ร้อยละ 6.41 แต่เมื่อผ่านการลวกที่ระยะเวลา 3 5 7 และ 9 นาที พบว่าปริมาณฟิโเพอรินเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 6.71 7.14 7.11 และ 7.26 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Risfaheri and Hidayat (1993) ที่พบว่าพริกไทยดำที่ผ่านการลวกเป็นเวลา

1.5 และ 2.5 นาที แล้วนำไปตากแห้ง มีปริมาณฟิเพอริน ร้อยละ 3.20 และ 3.07 ตามลำดับซึ่งมีปริมาณมากกว่าพริกไทยดำตากแห้งที่ไม่ผ่านการลวก (ร้อยละ 2.99) ดังนั้นผลการศึกษานี้แสดงให้เห็น

ว่าการลวกที่ระยะเวลา 7 นาที ทำให้มีค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีเขียวมากที่สุด และมีค่าความหดตัวต่ำที่สุด ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ดีตรงตามมาตรฐานที่ต้องการ



รูปที่ 1 พริกไทยอ่อนแห้งที่ผ่านการลวกที่ระยะเวลาแตกต่างกัน; ตัวอย่างควบคุม (ก), ลวก 3 นาที (ข), ลวก 5 นาที (ค), ลวก 7 นาที (ง), ลวก 9 นาที (จ)

3. ผลการศึกษาปริมาณการรวมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อคุณภาพของพริกไทยอ่อนแห้ง

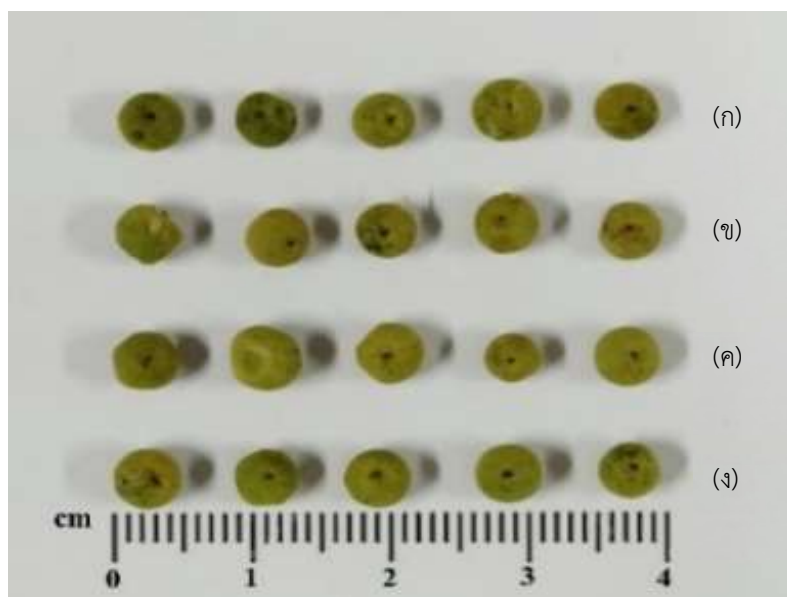
นำพริกไทยที่สภาวะการลวกที่เหมาะสมจากข้อ 2 คือ ผ่านการลวก 7 นาที แล้วจึงนำมารวมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ที่ปริมาณ 15 20 และ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่า การรวม SO_2 ส่งผลให้พริกไทยอ่อนแห้งมีค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้นและค่าความเป็นสีเขียว (a^*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม แสดงดังรูปที่ 2 นอกจากนี้พบว่าพริกไทยอ่อนแห้งที่ผลิตได้จากทุกสภาวะมีปริมาณความชื้นเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของ Codex Alimentarius (CX5 326-2017) ซึ่งกำหนดไว้ให้พริกไทยอ่อนแห้งมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 และยังพบว่าค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของพริกไทยอ่อนแห้งทุกสภาวะการผลิตมีค่าอยู่ในช่วง 0.39-0.42 ซึ่งต่ำกว่า 0.6 ดังนั้นเชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ (Beuchat, 2013)

การรวม SO_2 ช่วยยับยั้งกิจกรรมของ PPO เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม เมื่อผ่านการรวม SO_2 ในปริมาณ 15 20 และ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร พบว่ากิจกรรมของ PPO ลดลงจาก 13.83 เหลือร้อยละ 9.90 5.84 และ 5.79 ตามลำดับ ผลของกิจกรรมของ PPO ที่ลดลงนั้นสอดคล้องกับค่าความสว่าง (L^*) ของพริกไทยอ่อนแห้งที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มปริมาณ SO_2 ไม่ส่งผลต่อค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเขียวของพริกไทยอ่อนแห้ง และไม่พบความแตกต่างของปริมาณฟิเพอรินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ของพริกไทยอ่อนแห้งที่ผ่านการรวม SO_2 และตัวอย่างควบคุม โดยพบว่ามีปริมาณ SO_2 ตกค้างมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณในการรวม SO_2 แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐาน คือไม่เกิน 150 มิลลิกรัม/กก. (Codex Alimentarius, 2017) ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสม คือ การรวม SO_2 ในปริมาณ 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมี ของพริกไทยอ่อนแห้งที่ระยะเวลาการลวกแตกต่างกัน

คุณภาพ	ตัวอย่างควบคุม (ไม่ลวก)	ระยะเวลาลวก			
		3 นาที	5 นาที	7 นาที	9 นาที
คุณภาพทางกายภาพ					
ค่าสี					
L*	16.25±0.26 ^d	34.27±0.80 ^c	36.69±0.27 ^b	37.46±0.26 ^a	38.09±0.03 ^a
a*	3.45±0.33 ^a	-1.61±0.12 ^c	-1.60±0.07 ^c	-1.56±0.24 ^c	-1.19±0.02 ^b
b*	8.33±0.57 ^d	23.54±0.73 ^c	26.58±0.53 ^b	27.52±0.18 ^a	26.23±0.20 ^b
ปริมาณน้ำอิสระ (a _w)	0.33±0.01 ^b	0.37±0.02 ^a	0.38±0.01 ^a	0.37±0.01 ^a	0.38±0.00 ^a
ความหนาแน่นโดยรวม (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	0.27±0.00 ^a	0.23±0.01 ^b	0.21±0.01 ^c	0.19±0.00 ^d	0.21±0.01 ^c
ค่าการหดตัว (ร้อยละ)	27.31±1.3 ^a	24.25±0.26 ^b	23.45±1.18 ^{bc}	20.86±0.92 ^d	22.23±1.15 ^{cd}
ร้อยละผลผลิต (ร้อยละ)	16.87±0.12 ^{ab}	16.93±0.12 ^a	16.67±0.12 ^c	16.53±0.12 ^c	16.47±0.11 ^c
คุณภาพทางเคมี					
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	8.82±0.28 ^d	9.71±0.04 ^c	9.78±0.11 ^{bc}	10.06±0.04 ^{ab}	10.12±0.04 ^a
ฟิเพอริน (ร้อยละ)	6.41±0.33 ^d	6.71±0.01 ^c	7.14±0.09 ^b	7.11±0.06 ^b	7.26±0.40 ^a
กิจกรรมของ PPO (ร้อยละ)	100±0.00 ^a	25.48±0.97 ^b	15.06±0.48 ^c	13.83±0.20 ^d	10.58±0.33 ^e

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



รูปที่ 2 พริกไทยอ่อนแห้งที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ที่ปริมาณแตกต่างกัน; ตัวอย่างควบคุม (ก), รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ข), รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ค), รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ง)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมี ของพริกไทยอ่อนแห้งที่รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณแตกต่างกัน

คุณภาพ	ตัวอย่างควบคุม (ไม่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์)	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์		
		15 ลูกบาศก์เซนติเมตร	20 ลูกบาศก์เซนติเมตร	25 ลูกบาศก์เซนติเมตร
คุณภาพทางกายภาพ				
ค่าสี				
L*	35.42±0.47 ^b	38.55±0.29 ^a	38.60±0.07 ^a	38.50±0.05 ^a
a*	-1.32±0.51 ^a	-1.93±0.09 ^b	-2.21±0.04 ^b	-2.12±0.10 ^b
b*	24.61±0.31 ^b	26.28±0.23 ^a	26.40±0.03 ^b	26.32±0.37 ^b
ปริมาณน้ำอิสระ (a _w)	0.41±0.01 ^a	0.42±0.01 ^a	0.40±0.01 ^b	0.39±0.01 ^b
ความหนาแน่นโดยรวม (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร) ^{ns}	0.22±0.00	0.22±0.00	0.22±0.00	0.22±0.00
ค่าการหดตัว (ร้อยละ) ^{ns}	20.86±0.92	20.28±0.62	20.70±0.78	20.51±0.29
ร้อยละผลผลิต (ร้อยละ) ^{ns}	16.33±0.06	16.33±0.12	16.27±0.06	16.37±0.06
คุณภาพทางเคมี				
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	10.74±0.08 ^a	10.64±0.11 ^a	10.42±0.10 ^b	10.63±0.07 ^a
ฟิเพอริน (ร้อยละ) ^{ns}	7.11±0.06	7.07±0.02	7.14±0.07	7.17±0.02
กิจกรรมของ PPO (ร้อยละ)	13.83±0.20 ^a	9.91±0.10 ^b	5.84±0.05 ^c	5.79±0.05 ^c
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ND	70.77±0.00 ^c	81.79±0.00 ^b	131.55±0.00 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ND หมายถึง ตรวจไม่พบ (Not detected)

4. ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของพริกไทยอ่อนแห้งที่นำมาประยุกต์ใช้ในเมนูผัดฉ่าปลาเปรียบเทียบกับพริกไทยอ่อนสด แสดงดังตารางที่ 4 พบว่าคุณลักษณะด้านกลิ่นรส ความเผ็ดร้อน รสชาติ และความชอบโดยรวมของพริกไทยอ่อนแห้งนั้นไม่แตกต่างจากพริกไทยอ่อนสด อย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($p > 0.05$) คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในทุกคุณลักษณะอยู่ในระดับชอบปานกลาง ในส่วนของคุณลักษณะด้านสีของพริกไทยอ่อนแห้งนั้นถึงแม้จะแตกต่างจากพริกไทยอ่อนสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าคะแนนความชอบนั้นยังคงอยู่ในระดับชอบปานกลางเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของพริกไทยอ่อนแห้งที่นำมาประยุกต์ใช้ในเมนูผัดฉ่าปลา

คุณลักษณะ	ผัดฉ่าปลา	
	พริกไทยสด	พริกไทยอ่อนแห้ง
สี*	7.50±0.93	7.16±0.89
กลิ่นรส ^{ns}	7.48±0.95	7.22±0.97
ความเผ็ดร้อน ^{ns}	7.36±0.94	7.24±0.96
รสชาติ ^{ns}	7.42±0.84	7.26±0.85
ความชอบโดยรวม ^{ns}	7.56±0.76	7.30±0.89

หมายเหตุ * หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

การลดการปนเปื้อนจากการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก่อนการอบแห้งพริกไทยอ่อนช่วยคงคุณภาพโดยเฉพาะด้านสีและกลิ่นรสให้ได้คุณลักษณะตรงตามมาตรฐานของ Codex Alimentarius (CXS 326-2017) โดยการลดและการรม SO_2 ทำให้กิจกรรมของ PPO ลดลงลดการเกิดสีคล้ำในระหว่างการทำแห้งพริกไทยอ่อน และการลดยังช่วยให้สารพิเพอรินมีปริมาณเพิ่มขึ้นสถานะการลดและการรม SO_2 ที่ทำให้ได้พริกไทยอ่อนแห้งที่มีคุณภาพดีที่สุด คือ การลดที่ระยะเวลา 7 นาที ร่วมกับการรม SO_2 ปริมาณ 15 ลูกบาศก์เซนติเมตรเมื่อนำพริกไทยอ่อนแห้งมาปรุงอาหารในเมนูผัดฉ่าปลา พบว่าคะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านกลิ่นรส ความเผ็ดร้อน รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากพริกไทยอ่อนสด ผลจากงานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางในการผลิตพริกไทยอ่อนแห้งที่มีคุณภาพ และปลอดภัยตามมาตรฐานของ Codex Alimentarius (CXS 326-2017) เป็นการเพิ่มทางเลือกในการแปรรูปพริกไทยในรูปแบบพริกไทยอ่อนแห้งที่สามารถต่อยอดการผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่ให้การสนับสนุนวัตถุดิบพริกไทย ขอขอบคุณฝ่ายเทคโนโลยีการเกษตร ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ที่อนุเคราะห์เครื่องมือในการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช (ทุ่งใหญ่) สำหรับห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และอุปกรณ์วิเคราะห์การทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

เอกสารอ้างอิง

คำนึ่ง คำอุดม. (2530). พริกไทย: พืชกลุ่มน้อยที่มีค่า. กรุงเทพฯ: ฐานเกษตรกรรม. หน้า 5-22.
เฉลิมชล ช่างถม. (2559). จันทบุรี เมืองแห่งพริกไทยพันธุ์ดี. เกษตรกรรม. 40(1): 157-162.
ปรีชาวัตร สังข์พระกร, ปาริสุทธิ์ เกลิมชัยวัฒน์, ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร และณัฐิกา เพ็งสี. (2559). ผลของวิธีการทำแห้งและเวลาในการทำห้พองตัวด้วยเตาอบไมโครเวฟต่อคุณภาพของข้าวพองและการใช้

ประโยชน์สำหรับการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งรสลาบ. ใน: การประชุมวิชาการงานเกษตรกรรม “เกษตรและสุขภาพ” ครั้งที่ 14 วันที่ 1 – 2 พฤศจิกายน 2559. มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, พิษณุโลก.
พนม เกิดแสง. (2555). การปลูกพริกไทย, แหล่งข้อมูล: <http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/panomA2.pdf>. ค้นเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2561.
พิทยา สรวมศิริ. (2551). อุตสาหกรรมพืชเครื่องเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่: วนิดาเพลส. หน้า 209-223.
สมฤดี ไทพาณิชย์ และ ปราณี อ่านเปรื่อง. (2557). การป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์เนื้อก๊วยหอมตีปนพาสเจอร์ไรซ์. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร 9(1): 39-51.
อัจฉรา แซ่โค้ว, สุภวรรณ ภูริวงษ์กุล และ ยุทธนา ภูริวงษ์กุล. (2556). ปัจจัยของการอบแห้งด้วยแหล่งพลังงานความร้อนแบบพาและการแผ่รังสีความร้อนที่มีต่อจุลินทรีย์และคุณภาพของพริกไทยดำ. วิทยาศาสตร์บูรพา 18(1): 166-180.
AOAC. (2012). Official Methods of Analysis of AOAC International. 19th edition. Gaithersburg: AOAC International.
AOAC. (2016). Official Methods of Analysis of AOAC International. 20th edition. Gaithersburg: AOAC International.
Beuchat, L.R., Komitopoulou, E., Beckers, H., Betts, R.P., Bourdichon, F., Fanning, S., Joosten, H.M. and Kuile, B.H.T. (2013). Low-Water Activity Foods: Increased Concern as Vehicles of Foodborne Pathogens. Journal of Food Protection 76(1): 150-172.
Codex Alimentarius Commission. (2017). Codex Alimentarius: Standard for Black, White and Green pepper (CXS 326-2017).
Gu, F., Tan, L., Wu, H., Fang, Y. and Wang, Q. (2013). Analysis of the Blackening of Green Pepper (*Piper nigrum* Linnaeus) Berries. Food Chemistry 138(2-3): 797-801.
Ravindran, P.N., Babu, K.N., Sasikumar, B. and Kishnamurthy, K.S. (2000). Botany and crop improvement of black pepper. United Kingdom: Harwood Academic Publishers.
Ravindran, P.N. and Kallupurackal J.A. (2012). Handbook of Herbs and Spices. 2nd edition. United Kingdom: Woodhead Publishing.
Risfaheri, D. and Hidayat, T. (1993). Effect of treatment prior to sun drying on black pepper Quality. Journal of Spice and Medicinal Crops. 2(1): 36-40.
Wanbang International Market (2019) แหล่งข้อมูล <https://www.fresh-plaza.com/article/9075940/china-green-pepper-prices-show-upward-trend>. ค้นเมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2561