รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **แผนงานวิจัย :** ระบุชื่อชุดโครงการวิจัยตามแบบ ว1-ก ที่ผ่านการอนุมัติ
2. **โครงการวิจัย :** การควบคุมการปนเปื้อนจุลินทรีย์และสารพิษจากเชื้อราในกระบวนการผลิตผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว

   กิจกรรม: การปนเปื้อนสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว
3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย):** แนวทางการควบคุมการปนเปื้อนและการลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในพริก

   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): Guidelines for Contamination Control and Reduction of Ochratoxin A in Chilli
4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

หัวหน้าการทดลอง: ศุภรา อัคคะสาระกุล

หน่วยงานต้นสังกัด กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผู้ร่วมงาน : เนตรา สมบูรณ์แก้ว

หน่วยงานต้นสังกัด กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

สุพี วนศิรากุล

หน่วยงานต้นสังกัด กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

อัจฉราพร ศรีจุดานุ

หน่วยงานต้นสังกัด กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

5. **บทคัดย่อ**

โอคราทอกซิน เอ เป็นสารพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็งที่ไต สร้างขึ้นโดยเชื้อราหลายชนิด เช่น *Aspergillus ochraceus* และ *A. niger* เป็นต้น พบปนเปื้อนทั้งในอาหารและอาหารสัตว์ พริกเป็นอีกหนึ่งพืชอาหารที่พบมีการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ งานวิจัยนี้จึงสำรวจสถานการณ์การปนเปื้อนพริกแห้งในประเทศ และหาวิธีการลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ เพื่อพัฒนาคุณภาพของพริกแห้งให้มีความปลอดภัย โดยเก็บข้อมูลวิธีการผลิตพริกแห้งใน 3 จังหวัด (นครราชสีมา อุบลราชธานี และชัยภูมิ) ทดสอบการปนเปื้อนเชื้อราที่สร้างสารพิษในพริกแห้งด้วยวิธี direct plate count และวิเคราะห์การปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ ด้วยวิธี fluorometry พบว่าจากพริกแห้งจำนวน 87 ตัวอย่าง มีการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ 0.1-9.8 µg/kg จำนวน 42 ตัวอย่าง (48.28 %) และมีเพียง 1 ตัวอย่างที่พบสารโอคราทอกซิน เอ สูง 65 µg/kg ซึ่งเกินค่ามาตรฐานที่สหภาพยุโรปกำหนด (15 µg/kg) โดยตัวอย่างจากจังหวัดชัยภูมิ พบการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ สูง มีการปนเปื้อนเชื้อรา *A. niger* มากที่สุด 44.91% รองลงมาคือเชื้อรา *A. flavus* 32.45% และ *A. ochraceus* 2.64% ทดสอบวิธีการลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในพริกแห้งด้วยตู้อบลมร้อน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) ทำ 2 การทดลอง ที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส จำนวน 3 ซ้ำ โดยการอบด้วยลมร้อนนาน 30 , 45

และ 60 นาที พบว่า การอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที ลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ จากชุดควบคุม (พริกแห้งที่ไม่ผ่านการอบ) ได้มากที่สุด 77.71%

Abstract

Ochratoxin A (OTA) is a toxin causing kidney cancer produced by some species of fungi, e.g. *Aspergillus flavus* and *A. niger*. The contamination of OTA is often found in feed and food including chilli. This research examined the situation of OTA contamination in dried chilli from major production areas in Thailand and determined the method to reduce OTA for enhancing food safety and quality. The data of dried chilli productions were collected from 3 provinces (Nakhon Ratchasima, Ubon Ratchathani and Chaiyaphum). Contaminated toxigenic fungi was observed by direct plate count method and OTA concentrations were analyzed by fluorometry. OTA contaminations were detected in 42 of 87 samples (48.28%) with level between 0.1 and 9.8 µg/kg. The highest OTA amount was detected in sample from Chaiyaphum province at 65 µg/kg. This concentration exceed maximum level of the European Union (15 µg/kg). *A. niger* was the major toxigenic fungi contaminated in dried chilli from Chaiyaphum province (44.91%), followed by *A. flavus* 32.45% and *A. ochraceus* 2.64%. Randomized Complete Block design was applied for 2 experiments of toxin reduction with 3 replications. Six groups of dried chilli were treated at 70 and 80°C for 30, 45 and 60 minute OTA concentration of dried chilli treated at 80°C for 60 minute decreased by 77.71% comparing to non-treated chilli (control group).

6. คำนำ

พริกขี้หนู (Chilli pepper) มีความสำคัญต่อวิถีชีวิตคนไทย ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน พริกเป็นเครื่องปรุงอาหารที่สำคัญประจำบ้านและครัวไทย ปี 2556 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกพริก 348,539 ไร่ และมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ จากเดิมในปี 2553 ที่มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 474,000 ไร่ เพราะเกษตรกรหันไปปลูกพืชอื่น ที่มีการดูแลง่ายกว่าและขายผลผลิตได้ราคาสูงกว่า แม้ว่าผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ของการปลูกพริกจะสูงกว่าก็ตาม (วีระ และเยาวรัตน์, 2557) พื้นที่การปลูกพริกกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นการปลูกพริกขี้หนูเม็ดใหญ่ รองลงมาเป็นพริกชี้ฟ้า ซึ่งพื้นที่ปลูกพริกขี้หนู ส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยมีแหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา รองลงมาคือ จังหวัดชัยภูมิ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ ฯลฯ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2554) แต่เนื่องจากความต้องการในการบริโภคและประโยชน์ที่มากมายของพริก ทำให้พริกยังคงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งในแง่ของการบริโภคและเป็นยารักษาโรค พริกขี้หนูเม็ดเล็กและพริกขี้หนูเม็ดใหญ่นิยมใช้ประกอบอาหาร ทำพริกแห้ง พริกป่น ปรุงแต่งรสในการทำซอสพริก ส่งออกในรูปของพริกสดและพริกแห้ง และใช้เป็นส่วนประกอบของยารักษาโรคต่างๆ โดยสารสำคัญในพริกที่ชื่อ แคปไซซิน (Capsaicin) สามารถนำไปทำเป็นยาที่ใช้ในทางการแพทย์ เช่น ยา ลดอาการปวดศรีษะไมเกรน ยาช่วยลดปริมาณสารคอเลสเตอรอล และยาบรรเทาอาการอักเสบของข้อ เป็นต้น ผลผลิตส่วนใหญ่เกษตรกรจะนิยมจำหน่ายในรูปพริกแห้ง เนื่องจากได้ราคาดีกว่าพริกสด อีกทั้งพริกสดมี ข้อจำกั ด เช่น เกิดการเน่าเสีย ง่าย คุณภาพของพริกไม่สม่ำเสมอ หรือมีปริมาณที่มากเกินความต้องการ จึงทำให้ผู้บริโภคหันไปนิยมใช้พริกแห้งมากขึ้น ซึ่งการทำพริกแห้งที่นิยมกันโดยทั่วไป คือ การตากแดดกลางแจ้ง แต่ก็ต้องขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศด้วย คุณภาพของพริกแห้งจึงไม่มีความสม่ำเสมอ รวมทั้งเกิดการปนเปื้อนจากแมลง หนู นก และจุลินทรีย์ ส่งผลให้คุณภาพของพริกแห้งไม่ได้มาตรฐานความปลอดภัย (ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว , 2552) ซึ่งในการทำพริกแห้งส่วนใหญ่จะใช้

วิธีการตากบนพื้นดินที่รองด้วยตาข่ายพลาสติก ทำให้เกิดโอกาสในการปนเปื้อนเชื้อราที่อยู่ในดินได้ง่าย รวมทั้งในขั้นตอนการเก็บรักษาหากมีการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม เก็บในที่มีความชื้นสูง ซึ่งเหมาะแก่การสร้างสารพิษของเชื้อราก่อให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนสารพิษที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เช่น แอฟลาทอกซิน (Aflatoxin) และโอคราทอกซิน (Ochratoxin) เป็นต้น ซึ่งสารพิษเหล่านี้จะไปเกาะจับกับ DNA และ RNA ในร่างกาย ทำให้กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนในเซลล์ผิดปกติ และก่อให้เกิดมะเร็ง นอกจากนี้การปนเปื้อนของ สารพิษจากเชื้อรา ในผลิตผลทางการเกษตรยังถูกนำมาใช้เป็นเครื่องต่อรองราคาในการซื้อขายผลิตผลดังกล่าวทั้งในระดับประเทศและระหว่างประเทศ ทำให้แต่ละประเทศกำหนดค่าการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราในอาหารชนิดต่างๆ ไม่เท่ากัน

จากปัญหาสารพิษจากเชื้อราที่ปนเปื้อนในพริกเนื่องมาจากการผลิตและการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม ดวงจันทร์ และ วนิดา (2545) ได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างเครื่องเทศได้แก่ พริกขี้หนู พริกชี้ฟ้า (ชนิดที่เป็นเมล็ดพริกแห้งและชนิดป่นละเอียด), พริกไทยป่น, กระเทียม (ชนิดสด เจียวกับน้ำมัน และชนิดผง) , หอมแดง (ชนิดสด และชนิดผง), น้ำจิ้มสะเต๊ะ , ซีอิ๊ว และอื่นๆ ได้แก่ เครื่องแกงสำเร็จรูป , น้ำพริกเผา , ซอสพริก , ซุปสกัด โดยจำนวนตัวอย่างที่ตรวจทั้งหมด) พริกขี้หนู พริกชี้ฟ้า 35 (ทั้งเมล็ด) , 29 (ป่นละเอียด) 37, 27, 17, 2, 5 และ 11 ตัวอย่างตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเครื่องเทศทั้งหมด 160 ตัวอย่าง ตรวจพบ แอฟลาทอกซินปนเปื้อน 8 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 5 ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 6.59 - 61.28 พีพีบี โดยจะพบในพริกทั้งเมล็ด 4 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 12.26 - 61.28 พีพีบี พริกป่น 3 ตัวอย่างปริมาณที่พบคือ 7.84, 12.94 และ 14.40 พีพีบี นอกจากนี้ยังมีรายงานจากสถาบันอาหารซึ่งสุ่มตัวอย่างพริกขี้หนูป่นจากร้านค้าในเขตกรุงเทพฯ จังหวัดนนทบุรี และ ปทุมธานี จำนวน 5 ตัวอย่าง เพื่อนำมาวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ พบว่าทุกตัวอย่างมีสารโอคราทอกซิน เอ ปนเปื้อน และมี 1 ตัวอย่างที่พบปนเปื้อนเกินมาตรฐานของอียู (European Union) ที่อนุญาตให้ปนเปื้อนได้ไม่เกิน 30 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (สถาบันอาหาร, 2556) Iqbal *et al.* (2013) รายงานว่า จากการสุ่มตัวอย่างพริก 170 ตัวอย่าง (chilli sauce, crushed chilli และ powdered chilli) มาตรวจสอบการปนเปื้อนแอฟลาทอกซิน และโอคราทอกซิน เอ พบว่า ตรวจพบการปนเปื้อนแอฟลาทอกซินใน chilli sauce, crushed chilli และ powdered chilli จากตัวอย่างที่จำหน่ายในตลาด 39, 59 และ 56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบการปนเปื้อนแอฟลาทอกซินจากตัวอย่างในร้านอาหาร 29, 54 และ 58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในส่วนของสารโอคราทอกซิน เอ พบการปนเปื้อนใน chilli sauce, crushed chilli และ powdered chilli จากตัวอย่างที่จำหน่ายในตลาด 19, 38 และ 38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากตัวอย่างในร้านอาหาร 17, 50 และ 41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

นอกจากปัญหาสารแอฟลาทอกซินในพริกที่มีการรายงานพบการปนเปื้อนแล้ว จะเห็นได้ว่ามีการรายงานการพบการปนเปื้อนสารโอคราทอกซินเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งคณะกรรมาธิการยุโรปได้ออกประกาศกฎระเบียบ Commission Regulation (EU) 2015/1137 of 13 July 2015 ซึ่งเป็นการปรับระดับค่าตกค้างสูงสุดของสาร Ochratoxin A (OTA) เพื่อให้สอดคล้องกับผลวิจัยประเมินความเสี่ยงที่หน่วยงานความปลอดภัยด้านอาหารประจำสหภาพยุโรปกำหนดขึ้น เนื่องจากสารโอคราทอกซิน เอ สามารถก่อให้เกิดมะเร็งได้เมื่อมีการสะสมในร่างกาย โดยกำหนดให้ Ochratoxin A ใน *Capsicum* spp. (dried fruits thereof, whole or ground, including chillies, chilli powder, cayenne and paprika) มีค่าตกค้างสูงสุดเท่ากับ 15 μg/kg มีผลบังคับใช้ตั้งแต่ 1 มกราคม 2558 (European Commission, 2015) และเพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับสถานการณ์ที่มีรายงานการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ เพิ่มขึ้น จึงควรมีการสำรวจการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ ในพริกแห้ง และพริกป่น เพื่อเป็นข้อมูลสถานการณ์การปนเปื้อนในประเทศ พร้อมทั้งหาวิธีการในการลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ เพื่อพัฒนาคุณภาพของพริกแห้งให้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและได้มาตรฐานในการส่งออก

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. พริกขี้หนูแห้ง และพริกป่น
2. เครื่องปั่น (blender)
3. Immunoaffinity column (Ochra test affinity column®)
4. fluorometer
5. เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity: a_w)
6. ตู้อบลมร้อน

- วิธีการ

1. ข้อมูลการผลิตและการแปรรูปพริกแห้งและพริกป่น

ทำแบบสอบถามเพื่อสัมภาษณ์เกษตรกร เก็บข้อมูลขั้นตอนการปฏิบัติของเกษตรกรในการผลิตพริกแห้งและพริกป่น ในพื้นที่ (ภาพที่ 1) โดยเก็บข้อมูลแหล่งปลูก ฤดูปลูก วิธีการทำแห้ง การเก็บรักษา และการแปรรูปเป็นพริกแห้ง ของเกษตรกร ใน 3 พื้นที่ ได้แก่ อ.ขามสะแกแสง จ.นครราชสีมา จำนวน 33 ราย อ.ม่วงสามสิบ จ.อุบลราชธานี จำนวน 17 ราย และ อ.จัตุรัส จ.ชัยภูมิ จำนวน 37 ราย รวมทั้งหมด 87 ราย การผลิตพริกป่นของเกษตรกร ในพื้นที่ อ.ขามสะแกแสง จ.นครราชสีมา จำนวน 10 ราย และ อ.จัตุรัส จ.ชัยภูมิ จำนวน 2 ราย รวมทั้งหมด 12 ราย และสรุปข้อมูลทั้งหมดเพื่อให้ได้ภาพรวมของกระบวนการผลิตและการแปรรูป

ภาพที่ 1 เก็บข้อมูลขั้นตอนการผลิตพริกแห้งและพริกป่นโดยใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ผลิต

2. การปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ ในพริก

2.1 เก็บตัวอย่างพริกแห้งและพริกป่น ตัวอย่างละ 1 กิโลกรัม มาตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อราด้วยวิธี direct plate count โดยนำพริกแห้งแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) 0.825% นาน 2 นาที ซับให้แห้งด้วยกระดาษที่ผ่านการ นึ่งฆ่าเชื้อ และวางบนอาหาร Dichloran Glycerol (DG 18) agar จำนวน 2 ผลต่อจานเลี้ยงเชื้อ (plate) ตัวอย่างละ 5 ซ้ำ บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 5-7 วัน เพื่อตรวจสอบชนิดของเชื้อราที่พบและเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน (ภาพที่ 2) โดยคำนวณจาก

$$\%\ \text{การปนเปื้อนทั้งหมดของเชื้อรา 1 species ที่พบ} = \frac{\text{จำนวนเชื้อราที่พบทั้งหมดของ 1 species} \times 100}{\text{จำนวนเชื้อราที่พบทั้งหมดของทุก species}}$$

ภาพที่ 2 ตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อราในพริกแห้ง ด้วยวิธี direct plate count

2.2 วิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ เพื่อเก็บข้อมูลการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ ในแต่ละตัวอย่าง ด้วยวิธี fluorometry นำตัวอย่างพริกแห้งมาบดให้ละเอียด สกัดตัวอย่างโดยชั่งตัวอย่างพริกแห้งและพริกป่นที่ได้ ตัวอย่างละ 50 กรัม เติมด้วยตัวทำละลาย Methanol:1% Sodium bicarbonate (70:30 v/v) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และปั่นตัวอย่างด้วยเครื่องปั่นที่ระดับความเร็วสูงสุด นาน 2 นาที นำตัวอย่างที่ได้มากรองผ่านกระดาษกรอง เบอร์ 1 ดูดสารสกัดที่ได้ 10 มิลลิลิตร เจือจางด้วย 2% Tween-20/Phosphate buffer saline (PBS) ปริมาตร 40 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำสารสกัดที่ได้กรองผ่าน Glass Microfiber filter ดูดสารสกัดที่กรองได้ 10 มิลลิลิตร นำไป Cleanup โดยผ่าน Immunoaffinity column (Ochra test affinity column®) ที่อัตรา 1-2 หยดต่อวินาที และล้างcolumn ด้วย 2% Tween-20/PBS และ น้ำกลั่น (ภาพที่ 3) elute ตัวอย่างที่ได้ด้วย eluting solution 1.5 มิลลิลิตร ใส่ลงใน glass cuvette นำตัวอย่างที่ได้ไปอ่านค่าด้วยเครื่อง fluorometer (ภาพที่ 4)

ภาพที่ 3 Clean-up สารสกัดตัวอย่างที่ได้โดยผ่าน Immunoaffinity column ที่อัตรา 1-2 หยดต่อวินาที

ภาพที่ 4 นำตัวอย่างที่ได้ไปอ่านค่าด้วยเครื่อง fluorometer

2.3 ทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการ (proficiency testing) ในการตรวจวิเคราะห์สารโอคราทอกซิน เอ ด้วยวิธีการ fluorometry โดยทำการสอบเทียบกับ ตัวอย่างอ้างอิง (chilli powder 04297 FAPAS®) จาก Food Analysis Performance Assessment Scheme (FAPAS) ผลการทดสอบจะใช้ค่า Z-Score ใช้ในการประเมินผลการเข้าร่วมของห้องปฏิบัติการทดสอบ คำนวณจาก

$$Z = \frac{(X - X_a)}{\sigma_p}$$

โดย X = ผลของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วม

X_a = ค่าที่กำหนดหรือค่าอ้างอิง

σ_p = ค่าเบี่ยงเบนจากการทดสอบ

ซึ่งเป็นการคำนวณหาอัตราส่วนของการเบี่ยงเบนระหว่างค่าอ้างอิง และค่าของห้องปฏิบัติการต่อค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการเข้าร่วมทั้งหมด

3. การลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในพริก

ทดสอบวิธีการลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในพริก โดยใช้ ตู้อบลมร้อน วางแผนการทดลองแบบ RCB ทำ 2 การทดลอง ที่ 2 อุณหภูมิ คือ 70 และ 80 องศาเซลเซียส จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีกรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 อบด้วยลมร้อน นาน 30 นาที

กรรมวิธีที่ 2 อบด้วยลมร้อน นาน 45 นาที

กรรมวิธีที่ 3 อบด้วยลมร้อน นาน 60 นาที

กรรมวิธีที่ 4 ไม่ผ่านการอบด้วยลมร้อน (ชุดควบคุม)

ชั่งพริกแห้งตัวอย่างละ 100 กรัม ใส่ถาด แล้วนำไปอบด้วยลมร้อนตามกรรมวิธีต่างๆ และนำพริกแห้งที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆ แล้วมาบดให้ละเอียด นำไปวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ และสกัดตัวอย่าง โดยผ่าน Ochra test affinity column เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ด้วยวิธี fluorometry บันทึกข้อมูลปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ และคำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ โดยการคำนวณจากสูตร

$$\text{\% การลดลงของปริมาณสาร OTA} = \frac{(\text{ปริมาณ OTA จากชุดควบคุม} - \text{ปริมาณ OTA จากตัวอย่าง}) \times 100}{\text{ปริมาณ OTA จากชุดควบคุม}}$$

- **เวลาและสถานที่**

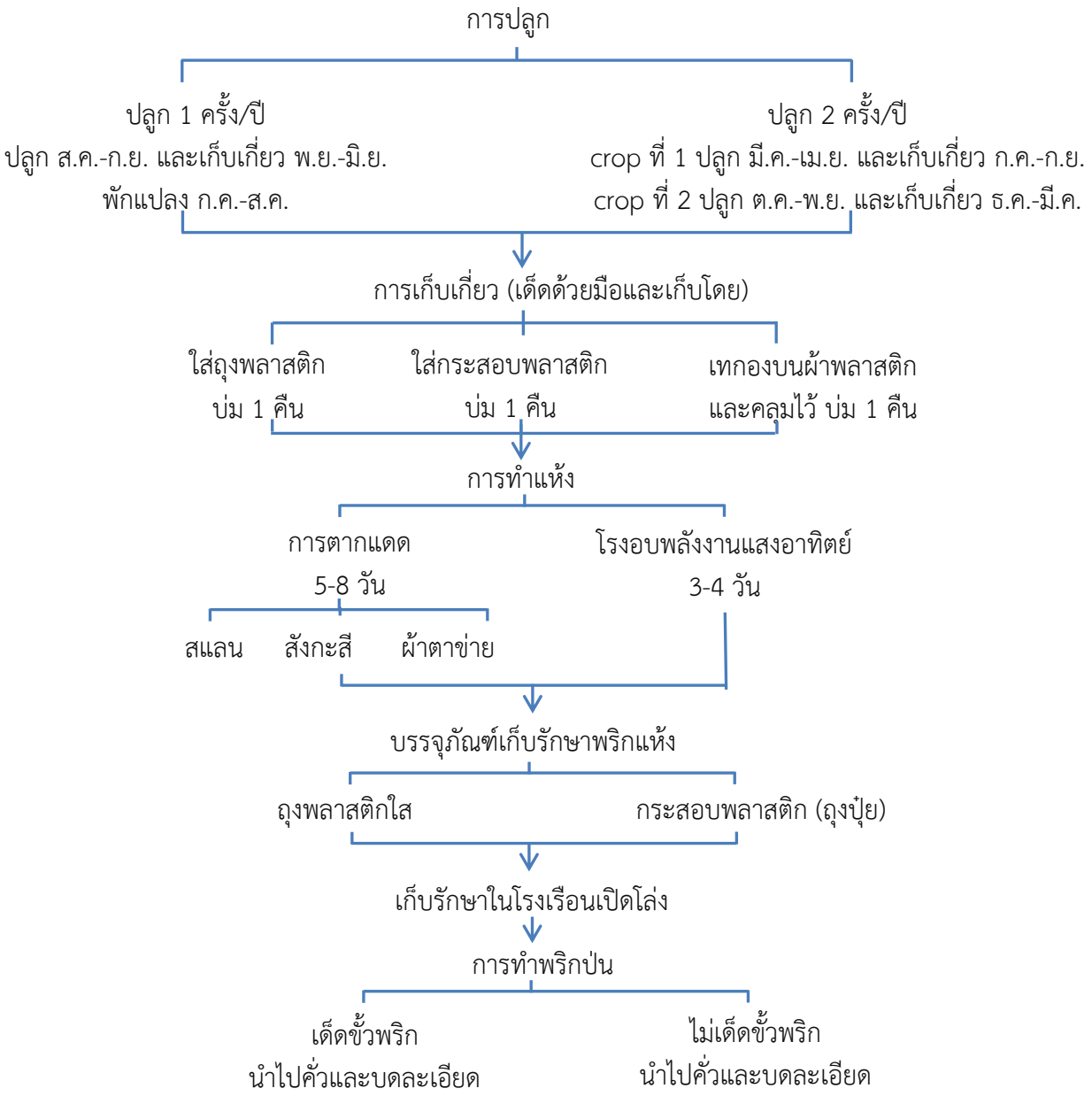
ระยะเวลาทำการทดลอง: เริ่มต้น ตุลาคม 2558 – กันยายน 2560

สถานที่ทำการทดลอง: กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ข้อมูลการผลิตและการแปรรูปพริกแห้งและพริกป่น

จากการสำรวจขั้นตอนการผลิตพริกแห้งและพริกป่น ในพื้นที่ทั้ง 3 จังหวัด พบว่ามีการปลูก 2 แบบ คือ ปลูกปีละ 1 ครั้ง โดยมีการพักแปลงประมาณ 2 เดือน และปลูกปีละ 2 ครั้ง โดยไม่มีการพักแปลง ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนตามที่แสดงใน ภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แผนผังสรุปขั้นตอนการผลิตพริกแห้งและพริกป่นของเกษตรกร 3 พื้นที่ (จังหวัดนครราชสีมา, อุบลราชธานี และ ชัยภูมิ)

1.1 การปลูกมี 2 แบบ คือ

1. ปลูก 1 ครั้งต่อปี โดยเริ่มปลูก เดือนสิงหาคม-กันยายน และเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงพฤศจิกายน-มิถุนายน และพักแปลงช่วงเดือน สิงหาคม-กันยายน
2. ปลูก 2 ครั้งต่อปี โดยช่วงที่ 1 เริ่มปลูกประมาณเดือนมีนาคม-เมษายน และเก็บเกี่ยวกรกฎาคม-กันยายน ช่วงที่ 2 เริ่มปลูกประมาณเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน และเก็บเกี่ยวธันวาคม-มีนาคม

1.2 การเก็บเกี่ยว ใช้แรงงานคนเด็ดด้วยมือ และมีการบ่มทิ้งไว้คืน เพื่อให้พริกมีสีแดงสม่ำเสมอกัน โดย

- ใส่ถุงพลาสติกใส บ่มทิ้งไว้ 1 คืน
- ใส่ในกระสอบพลาสติก บ่มทิ้งไว้ 1 คืน
- เทกองแล้วนำผ้าพลาสติกมาคลุม บ่มไว้ 1 คืน

1.3 การตากแห้ง มี 2 วิธี คือ

- การตากแดด โดยตากบนผ้าสแลน สังกะสี หรือผ้าตาข่ายพลาสติกวางบนพื้นดิน เป็นระยะเวลา 5-8 วัน
- การอบด้วยโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นระยะเวลา 3-4 วัน

1.4 การเก็บรักษา บรรจุในถุงพลาสติกใส หรือกระสอบพลาสติก และเก็บไว้ในโรงเรือน

1.5 การทำพริกป่น มี 2 แบบ คือ
- เด็ดขั้ว แล้วนำมาคั่วและบดละเอียด
- ไม่เด็ดขั้ว แล้วนำมาคั่วและบดละเอียด

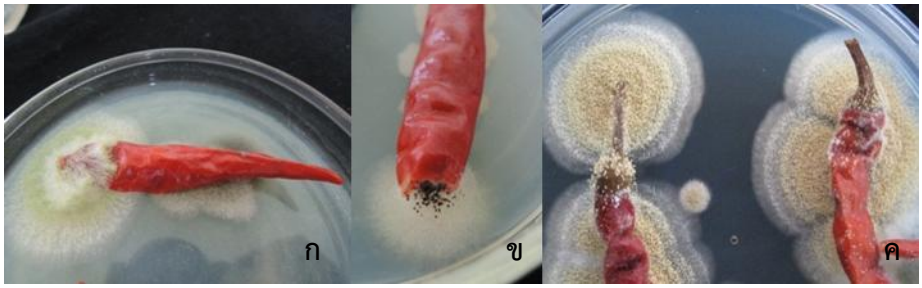
1.6 บรรจุภัณฑ์พริกป่น ใส่ในถุงพลาสติก มัดด้วยหนังยาง

ในขั้นตอนการผลิตพริกแห้งและพริกป่นพบว่า ขั้นตอนที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อรา *Aspergillus* sp. ซึ่งเป็นเชื้อรากลุ่มที่สร้างสารพิษ คือ ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและบ่มทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้พริกมีสีแดงสม่ำเสมอกันนั้น อาจทำให้เชื้อราที่ปนเปื้อนมาจากแปลงเข้าไปทำลายพริกบริเวณที่เกิดรอยแผลจากการเก็บเกี่ยวได้ และในขั้นตอนการตากแห้งโดยการตากบนสแลน หรือผ้าตาข่ายพลาสติกที่วางบนพื้นดิน เป็นอีกหนึ่งจุดเสี่ยงที่อาจเกิดการปนเปื้อนเชื้อรา *Aspergillus* sp. จากดิน และความชื้นที่อยู่ในดิน เนื่องจากในการตากแดดต้องอาศัยความร้อนจากธรรมชาติในช่วงกลางวัน แต่ในช่วงกลางคืนที่มีอากาศเย็นลง ความชื้นในอากาศเพิ่มมากขึ้น ทำให้เชื้อราสามารถสร้างสารพิษได้ ในขั้นตอนการทำพริกป่น การเด็ดขั้วก่อนการนำมาคั่วและบด ถ้ามีการคัดเมล็ดพริกที่เน่าเสียออกก่อนช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการนำไปทำพริกป่น แต่ในส่วนที่ไม่เด็ดขั้ว พริกที่นำมาทำพริกป่นไม่มีการคัดเลือกก่อนอาจเป็นจุดเสี่ยงที่ทำให้มีการปนเปื้อน สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2548) ได้กำหนดแนวทางการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพริก โดยแนะนำขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวดังนี้ เก็บเกี่ยวผลิตผลทั้งก้านอย่างระมัดระวัง ไม่ทำให้ผลิตผลเสียหาย และให้นำพริกเข้าที่ร่ม หรือพักในที่มีการระบายอากาศดี และไม่วางสุมทับซ้อน เพราะจะทำให้เกิดการเน่าเสียได้ การปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยวพริก ควรดูแลสุขลักษณะของการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว ไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนจากวัตถุอันตรายที่ส่งผลต่อความปลอดภัยในการบริโภค และคัดแยกพริกที่มีตำหนิหรือด้อยคุณภาพออก

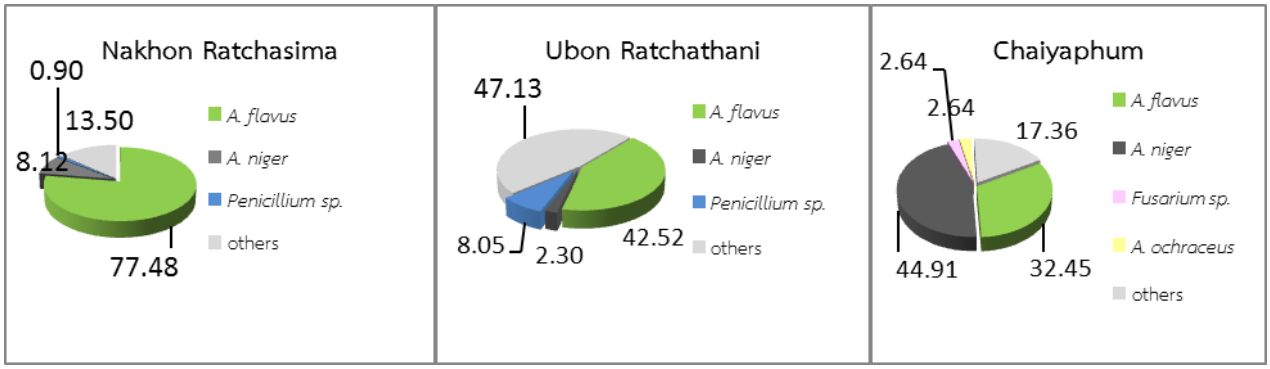
2. การปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ ในพริก

2.1 ผลทดสอบการปนเปื้อน เชื้อราที่สร้างสารพิษในตัวอย่างพริกแห้งโดยวิธี direct plate count พบว่าตัวอย่างพริกแห้ง อ.ขามสะแกแสง จ.นครราชสีมา จำนวน 33 ตัวอย่าง มีการปนเปื้อนเชื้อรา *Aspergillus flavus* มากที่สุด 77.48% รองลงมาคือเชื้อรา *A. niger* พบการปนเปื้อน 8.12% และพบเชื้อราในกลุ่มที่ไม่สร้างสารพิษ 13.51% เช่น *Curvularia* sp. และ *Rhizopus* sp. เป็นต้น ตัวอย่างพริกแห้ง จำนวน 17 ตัวอย่าง จาก อ.ม่วงสามสิบ จ.อุบลราชธานี พบการปนเปื้อนเชื้อรา*A. flavus* และ *A. niger* 42.52 และ 2.30% ตามลำดับ แต่ตัวอย่างพริกแห้งจาก อ.จัตุรัส จ.ชัยภูมิ จำนวน 37 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนเชื้อรา *A. niger* มากที่สุด 44.91% รองลงมาคือเชื้อรา *A. flavus* 32.45% และยังพบการปนเปื้อนเชื้อรา *A. ochraceus* 2.64% (ภาพที่ 6) จากตัวอย่างพริกแห้งจากทั้ง 3 พื้นที่ พบว่า จ.ชัยภูมิ ตัวอย่างมีการ ปนเปื้อนเชื้อรา *A. niger* มากที่สุด และยังพบเชื้อรา *A. ochraceus* ด้วย (ภาพที่ 7) ซึ่งเชื้อรา *A. niger* และ *A. ochraceus* เป็นเชื้อราที่มีการรายงานว่าสร้างสารโอคราทอกซิน เอ โดยเชื้อรา *Aspergillus* และ *Penicillium* บางสปีชีส์ สร้างสารโอคราทอกซิน เอ ในพืชอาหารหลากหลายชนิด *Aspergillus* เป็นเชื้อรากลุ่มหลักที่มีรายงานว่าสร้างสารพิษในเขตร้อนชื้น ในขณะที่ *Penicillium* มักจะพบในเขตหนาว โดยเชื้อรา กลุ่ม *Aspergillus* ส่วนใหญ่ที่สร้างสารพิษโอคราทอกซิน เอ จัดอยู่ใน section: *Circumdati* คือ *A. ochraceus* และ section: *Nigri* คือ *A. carbonarius* และ *A. niger* (Wang *et al.,* 2016) เช่นเดียวกับรายงานของ Jeswal and Kumar (2015) ที่ทำการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของเชื้อราที่สร้างสาร aflatoxin (AFs) ochratoxin A (OTA) และ citrinin (CTN) ในเครื่องเทศของ

อินเดีย 9 ชนิด (red chilli, black pepper, turmeric, coriander, cumin, fennel, caraway, fenugreek and dried ginger) พบว่า *Aspergillus flavus* and *A. niger* เป็นเชื้อราที่พบการปนเปื้อนมากที่สุดในทุกชนิดของเครื่องเทศ โดยตัวอย่างพริกมีการปนเปื้อนสารแอฟลา ทอกซินมากถึง 85.4% รองลงมาคือ ขิงแห้ง 77.7% ซึ่ง 56% ของ *A. flavus* ที่ปนเปื้อนในพริก และ 45% ของ *A. ochraceus* ที่พบในพริกไทยดำ สามารถสร้างสารพิษแอฟลาทอกซิน และโอคราทอกซิน เอ ตามลำดับ



ภาพที่ 6 เชื้อรากลุ่มที่สร้างสารพิษที่พบปนเปื้อนในพริกแห้ง (ก) *Aspergillus flavus* and (ข) *A. niger* (ค) *A. ochraceus*



ภาพที่ 7 กราฟแสดงเปอร์เซ็นการปนเปื้อนเชื้อรากลุ่มที่สร้างสารพิษในพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่าง

2.2 การตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนสา รโอคราทอกซิน เอ ในพริกแห้งใน 3 พื้นที่ พื้นที่แรก อ.ขามสะแกแสง จ.นครราชสีมา พบว่าจากตัวอย่างพริกแห้งจำนวน 33 ตัวอย่าง มีการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ ไม่เกินค่ามาตรฐานที่สหภาพยุโรปได้กำหนดไว้ 15 µg/kg โดยพบการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ ปริมาณ 0.1-9.8 µg/kg จำนวน 8 ตัวอย่าง คิดเป็น 24.24% จากตัวอย่างทั้งหมดในพื้นที่ และไม่พบการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ จำนวน 25 ตัวอย่าง คิดเป็น 75.76% จากตัวอย่างทั้งหมดในพื้นที่ ตัวอย่างพริกแห้งที่พบการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ สูงสุด เท่ากับ 9.8 µg/kg ทั้ง 33 ตัวอย่างมีปริมาณน้ำอิสระ 0.64-0.68 (ตารางที่ 1)

ผลการเก็บข้อมูลพื้นที่ที่ 2 อ.ม่วงสามสิบ จ.อุบลราชธานี พบว่าจากตัวอย่างพริกแห้งจำนวน 17 ตัวอย่าง มีปริมาณน้ำอิสระ 0.62-0.65 พบการปนเปื้อนสารโอคราทอกซินเอ จำนวน 8 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.5-4.0 µg/kg คิดเป็น 47.06% จากตัวอย่างทั้งหมดในพื้นที่ และไม่พบการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ จำนวน 9 ตัวอย่าง คิดเป็น 52.94% จากตัวอย่างทั้งหมดในพื้นที่ โดยตัวอย่างพริกแห้งที่พบการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ สูงสุดเท่ากับ 4.0 µg/kg (ตารางที่ 1)

พื้นที่ที่ 3 อ.จัตุรัส จ.ชัยภูมิ จากการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ จำนวน 37 ตัวอย่างพบว่า พริกแห้งมี ปริมาณน้ำอิสระ 0.54-0.72 มีการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ จำนวน 26 ตัวอย่าง คิดเป็น 70.27% ของตัวอย่างทั้งหมด ในพื้นที่ พบการปนเปื้อนปริมาณ 0.1-5.7 µg/kg โดยมี 1 ตัวอย่างที่พบการ

ปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ สูงถึง 65.0 μg/kg และไม่พบการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ จำนวน 11 ตัวอย่าง คิดเป็น 29.73% ของตัวอย่างทั้งหมดในพื้นที่ (ตารางที่ 1)

จากภาพรวมการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ ในพริกแห้งทั้ง 3 พื้นที่ จำนวน 87 ตัวอย่าง พบว่า มีการปนเปื้อนสารโอครา ทอกซิน เอ ปริมาณ 0.1-65.0 μg/kg ซึ่งคิดเป็น 48.28% แต่มีเพียงตัวอย่างเดียวจาก จ.ชัยภูมิ ที่พบสารโอ คราทอกซิน เอ เกินมาตรฐานที่กำหนด เนื่องจากเมื่อตากพริกบนผ้าสแลนจนแห้งแล้ว จะนำมาคัดแยกใส่ถุงพลาสติกสำหรับรอการจำหน่าย แต่พริกส่วนที่ยังไม่ได้คัดจะม้วนใส่ผ้าสแลนห่อไว้ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดความร้อน รวมทั้งความชื้นในอากาศ ทำให้พริกที่มีการปนเปื้อนเชื้อราสามารถสร้าง สารพิษเพิ่มขึ้น และจากข้อมูลการปนเปื้อนเชื้อรายังพบว่าเป็นพื้นที่ที่พบการปนเปื้อนรา *A. niger* และ *A. ochraceus* มากที่สุด 44.91 และ 2.64% ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำอิสระในตัวอย่างที่ค่อนข้างสูง 0.72 เมื่อเทียบกับพริกแห้งในพื้นที่อื่น สำหรับการทำพริกแห้งโดยการตากแดดจะมีปริมาณน้ำอิสระ 0.55-0.72 และการทำแห้งโดยโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์จะมีปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า อยู่ระหว่าง 0.54-0.69 ซึ่งงานวิจัยของ Jalili and Jinap (2012) รายงานว่าจากการตรวจสอบการปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซิน และโอคราทอกซิน เอ ในพริกแห้งประเทศมาเลเซีย พบการปนเปื้อนแอฟลาทอกซิน 65 เปอร์เซ็นต์ และพบการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ ปริมาณ 0.2-101.2 ng/g คิดเป็น 81.25% โดยพบว่าตัวอย่างพริกแห้งจากตลาดจะพบปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ สูงกว่าพริกแห้งจากซูเปอร์มาเก็ต

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำอิสระ เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนสารพิษโอคราทอกซิน เอ และ ปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ของตัวอย่างพริกแห้งที่พบการปนเปื้อนในแต่ละพื้นที่ที่ทำการทดสอบ

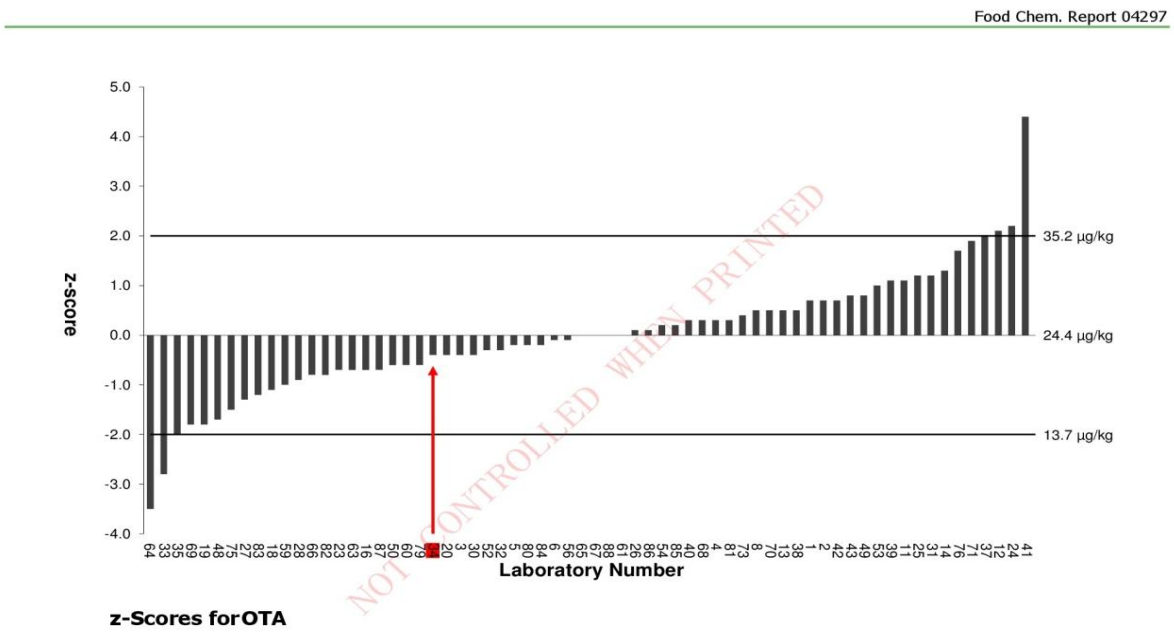
พื้นที่เก็บตัวอย่าง	**จำนวนตัวอย่าง**	**ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)**	**จำนวนตัวอย่างที่พบสารพิษ** OTA **(ตัวอย่าง)**		**เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน** OTA	**ปริมาณการปนเปื้อน** OTA **(μg/kg)**
1. อ.ขามสะแกแสง	33	0.64-0.68	พบ	8	24.24	0.1-9.8
จ.นครราชสีมา			ไม่พบ	25	75.76	-
2. อ.ม่วงสามสิบ	17	0.62-0.65	พบ	8	47.06	0.5-4.0
จ.อุบลราชธานี			ไม่พบ	9	52.94	-
3. อ.จัตุรัส	37	0.54-0.72	พบ	26	70.27	0.1-65.0
จ.ชัยภูมิ			ไม่พบ	11	29.73	-
รวม	**87**		**พบ**	**42**	**48.28**	**0.1-65.0**
			ไม่พบ	**45**	**51.72**	**-**

นอกจากนี้ได้มีการเก็บตัวอย่างพริกป่นในพื้นที่ อ.ขามสะแกแสง จ.นครราชสีมา จำนวน 10 ตัวอย่าง พบว่ามีการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ ปริมาณ 0.7-3.5 μg/kg ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานที่สหภาพยุโรปกำหนด มีปริมาณน้ำอิสระ 0.51-0.55 โดยตัวอย่างพริกป่นที่พบการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ สูงสุด เท่ากับ 3.5 μg/kg และวิเคราะห์พริกป่น จำนวน 2 ตัวอย่าง จากกลุ่มผู้ปลูกพริกปลอดภัย จ.ชัยภูมิ พบการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ 0.8 และ 1.9 μg/kg มีปริมาณน้ำอิสระ 0.35 และ 0.37 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำอิสระ เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนสารพิษโอคราทอกซิน เอ และ ปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ของตัวอย่างพริกป่นที่พบการปนเปื้อนในแต่ละพื้นที่ที่ทำการทดสอบ

พื้นที่เก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	จำนวนตัวอย่างที่พบสารพิษ OTA (ตัวอย่าง)		เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน OTA	ปริมาณการปนเปื้อน OTA (µg/kg)
1. อ.ขามสะแกแสง จ.นครราชสีมา	10	0.51-0.55	พบ	10	100	0.7-3.5
			ไม่พบ	-	-	-
2. อ.จัตุรัส จ.ชัยภูมิ	2	0.35, 0.37	พบ	2	100	0.8, 1.9
			ไม่พบ	-	-	-
รวม	**12**		**พบ**	**12**	**100**	**0.7-3.5**
			ไม่พบ	**-**	**-**	**-**

2.3 ผลการทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการ (proficiency testing) ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วม ลำดับที่ 34 ในการตรวจวิเคราะห์สารโอคราทอกซิน เอ ด้วยวิธีการ fluorometry กับตัวอย่างอ้างอิง (chilli powder 04297 FAPAS®) พบว่า สารโอคราทอกซิน เอ ที่ตรวจวิเคราะห์ได้จากห้องปฏิบัติการมีปริมาณ 22.1 µg/kg ซึ่งค่าที่กำหนดหรือค่าอ้างอิงคือ 24.4 µg/kg ทำให้ค่า Z-Score ที่ได้อยู่ในช่วง $-2 \leq z \leq 2$ เป็นค่าที่ยอมรับได้ (ภาพที่ 8) Thompson *et al.* (2006) รายงานว่าประมาณ 95% ของค่า Z-Score จะอยู่ในช่วงระหว่าง -2 และ +2 ซึ่งเครื่องหมาย (- หรือ +) จะเป็นค่าที่ชี้ให้เห็นถึงข้อผิดพลาดว่าผลที่ได้เป็น negative หรือ positive error โดยค่าที่อยู่ในช่วงจะแสดงว่าผลนั้นยอมรับได้หรือเป็นที่น่าพอใจ



ภาพที่ 8 กราฟแสดงผลการตรวจวิเคราะห์สารโอคราทอกซิน เอ โดยวิธี fluorometry ของห้องปฏิบัติการ (Lab. no.34) พบว่าผลยอมรับได้อยู่ในช่วงค่า z-score ของ FAPAS® proficiency test

3. การลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในพริก

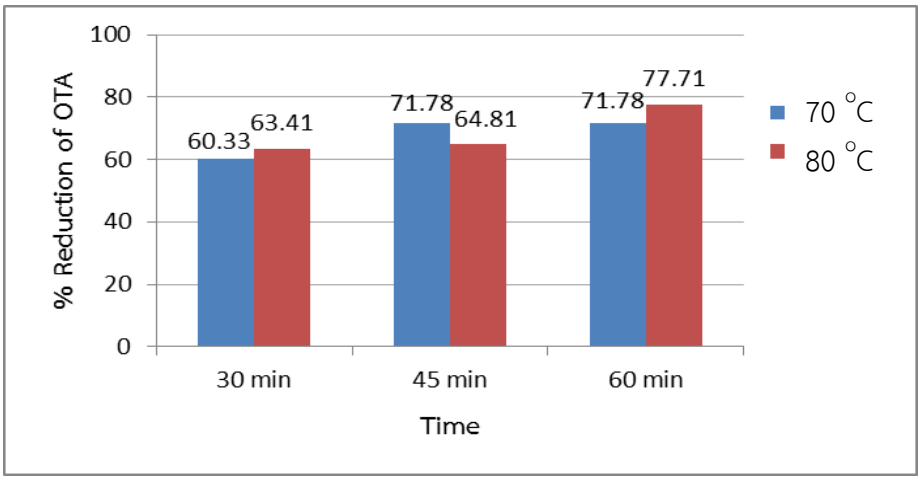
ทดสอบวิธีการลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในพริกแห้งด้วยตู้อบลมร้อนพบว่า การอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส นาน 30, 45 และ 60 นาที มีปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการอบด้วยลมร้อนทั้ง 2 อุณหภูมิ นาน 30, 45 และ 60 นาที มีปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ เฉลี่ย 0.87, 0.72 และ 0.58 µg/kg ตามลำดับ แต่ทำให้สารพิษโอคราทอกซินลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (พริกแห้งไม่ผ่านการให้ความร้อน) ที่พบว่ามีปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ เฉลี่ย 2.28 µg/kg (ตารางที่ 3) เปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ จากชุดควบคุมพบว่า การอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที ลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ จากชุดควบคุมได้มากที่สุด 77.71% (ภาพที่ 9) ซึ่งพริกที่ได้ค่อนข้างจะแห้งกรอบแตกหักได้ง่าย สารโอคราทอกซิน เอ มีความคงตัวในความร้อน การลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในข้าวสาลีแห้งลง 50 เปอร์เซ็นต์ ต้องใช้เวลามากกว่า 10 ชั่วโมง (700 นาที) และ 200 นาที ที่อุณหภูมิ 100 และ 150 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (Varga *et al.*, 2016; Boudra *et al.*, 1995)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ที่ผ่านการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 และ 80°C

กรรมวิธี	อุณหภูมิ (°C)		ค่าเฉลี่ยปริมาณ OTA[(1)] (µg/kg)
	70	80	
	ปริมาณ OTA (µg/kg)	ปริมาณ OTA (µg/kg)	
อบด้วยลมร้อน นาน 30 นาที	0.96	0.78	0.87 a
อบด้วยลมร้อน นาน 45 นาที	0.68	0.75	0.72 a
อบด้วยลมร้อน นาน 60 นาที	0.68	0.48	0.58 a
ไม่ผ่านการอบด้วยลมร้อน (ชุดควบคุม)	2.42	2.14	2.28 b
ค่าเฉลี่ย	1.18 a	1.04 a	1.11

cv = 37.9%

(1) Mean in a column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT



ภาพที่ 9 กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในตัวอย่างพริกแห้งที่ผ่านกรรมวิธีอบด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 และ 80°C นาน 30, 45 และ 60 นาที

ค่าปริมาณน้ำอิสระที่วัดได้จากการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที ทำให้พริกแห้งมีปริมาณน้ำอิสระเฉลี่ยน้อยที่สุด 0.35 รองลงมาคือ การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที มีปริมาณน้ำอิสระ 0.38 และในการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที และ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที มีปริมาณน้ำอิสระเฉลี่ยเท่ากัน คือ 0.43 ค่า Water Activity เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากค่า Water Activity เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ เราสามารถใช้ค่า Water Activity ในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดขึ้นจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ เพราะเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ภายใต้ค่า Water Activity ที่จำกัด โดยเราจะทำให้อาหารมีค่า Water Activity ต่ำกว่าที่เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ ตัวอย่างเช่น ราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่า Water Activity ต่ำกว่า 0.7 (ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2546)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

Aspergillus flavus และ *A. niger* เป็นเชื้อรา 2 สายพันธุ์หลักที่พบปนเปื้อนในตัวอย่างพริกแห้งทั้ง 3 พื้นที่ ซึ่งเป็นเชื้อราที่สามารถสร้างสารพิษแอฟลาทอกซิน และโอคราทอกซิน เอ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบเชื้อรา *A. ochraceus* ที่สร้างสารโอคราทอกซิน เอ โดยพริกแห้งจาก จ.ชัยภูมิ มีตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำอิสระสูง มีการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ 70.27% รวมทั้งมีการปนเปื้อนเชื้อรา *A. niger* มากที่สุด รองลงมาคือเชื้อรา *A. flavus* และ *A. ochraceus* ตัวอย่างพริกแห้งทั้งหมดมีเพียง 1 ตัวอย่างที่พบสารโอคราทอกซิน เอ สูง 65.0 µg/kg เกินมาตรฐานที่สหภาพยุโรปกำหนด ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเก็บรักษาที่ไม่ถูกวิธี ส่วนพริกป่นที่ทดสอบพบว่ามีการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด วิธีการลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ โดยการให้ความร้อนพริกแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส นาน 30, 45 และ 60 นาที มีปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ทำให้สารพิษโอคราทอกซินลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (พริกแห้งที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน) ซึ่งการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที ลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ จากชุดควบคุมได้มากที่สุด 77.71% แนวทางในการควบคุมการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ ควรดูแลตั้งแต่การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวจนถึงการเก็บรักษาก่อนถึงมือผู้บริโภค

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ได้ข้อมูลพื้นฐานที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับสถานการณ์การปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ ในพริกแห้งและพริกป่น ของประเทศไทย
2. การอบพริกแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที ลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ จากชุดควบคุมได้
3. แนวทางในการควบคุมการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ ควรแนะนำเกษตรกรให้ดูแลตั้งแต่กระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวจนถึงการเก็บรักษาอย่างถูกวิธี โดยคำนึงถึงจุดวิกฤตที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อรากลุ่มที่สร้างสารพิษ

11. คำขอบคุณ

12. เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2554. พริกขี้หนู. กลุ่มสื่อส่งเสริมการเกษตร ศูนย์วิทยบริการเพื่อส่งเสริมการเกษตร สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร. 5 หน้า.

ดวงจันทร์ สุขประเสริฐ และ วนิดา ยุรญาติ. 2545. สารพิษอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศ. กองอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. วารสารสุขาภิบาลอาหาร 4(2): 33-37.

วีระ ภาคอุทัย และเยาวรัตน์ ศรีวรานันท์. 2557. พริก: ปลูกอย่างไรในภาวะโลกกำลังร้อน. โครงการ “การพัฒนาระบบการตัดสินใจและการจัดการโซ่อุปทานพริกปลอดภัย จังหวัดแพร่ น่าน และชัยภูมิ”. สถานการณ์และความเสี่ยงของสินค้าเกษตรไทย (agriculture@risk) เล่มที่ 4. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กรุงเทพฯ. 28 หน้า.

ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. 2546. Water Activity กับการควบคุมอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร. วารสารจาร์พา ปีที่ 9 ฉบับที่ 68 เดือนกันยายน/ตุลาคม 2545. แหล่งที่มา: http://www.phtnet.org/2003/09/26/, 25 ธันวาคม 2560.

ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. 2552. ข่าวเกษตรประจำวัน. แหล่งที่มา: http://www.phtnet.org/news52/view-news.asp?nID=531, 25 ธันวาคม 2560.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2548. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 2502-2548: การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพริก. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 122 ตอนพิเศษ 117 ง วันที่ 20 ตุลาคม พุทธศักราช 2548. 25 หน้า.

สถาบันอาหาร. 2556. สารพิษในพริกขี้หนูป่น. คอลัมน์ : มัน!มากับอาหาร. หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ ฉบับวัน ศุกร์ที่ 8 มีนาคม 2556 ปีที่ 64 ฉบับที่ : 20135. หน้า 7. แหล่งที่มา : http://www.iqnewsclip.com/selection/nfi.htm, 25 ธันวาคม 2560.

Boudra, H., P. Le Bars and J. Le Bars. 1995. Thermostability of ochratoxin A in wheat under two moisture conditions. Applied and Environmental Microbiology 61: 1156–1158.

European Commission. 2015. Commission Regulation (EU) 2015/1137 of 13 July 2015 amending regulation (EC) No 1881/2006 as regards the maximum level of ochratoxin A in *Capsicum* spp. spices. Official Journal of the European Union. p. L185/11-12.

Iqbal, S.Z., M.R. Asi, M. Zuber, J. Akhtar and M.J. Saif. 2013. Natural occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in commercial chilli and chilli sauce samples. Food control 30: 621-625.

Jalili, M. and S. Jinap. 2012. Natural occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in commercial dried chili. Food Control 24(1-2): 160-164.

Jeswal P. and D. Kumar. 2015. Mycobiota and natural incidence of aflatoxins, ochratoxin A and citrinin in Indian spices confirmed by LC-MS/MS. International Journal of Microbiology. p. 1-8.

Thompson, M., S.L.R. Ellison and R. Wood. 2006. The international harmonized protocol for the proficiency testing of analytical chemistry laboratories. Pure and Apply Chemistry 78(1): 145–196.

Varga, J., S. Kocsubé, Z. Péteri, C. Vágvölgyi and B. Tóth. 2010. Chemical, physical and biological approaches to prevent ochratoxin induced toxicoses in humans and animals. Toxins 2010(2): 1718-1750.

Wang, Y., L. Wang, F. Liu, Q. Wang, J.N. Selvaraj, F. Xing, Y. Zhao and Y Liu. 2016. Review ochratoxin A producing fungi, biosynthetic pathway and regulatory mechanisms. Toxins 8(83): 1-15.