

## รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

- 
1. ชุดโครงการวิจัย : การลดการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยว
  2. โครงการวิจัย : การจัดการโรคและสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวโดยไม่ใช้สารเคมี
    - กิจกรรม : การควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อราโดยวิธีทางกายภาพ
    - กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : ระบุชื่อกิจกรรมย่อยตามแบบ ว1-ก ที่ผ่านการอนุมัติ
  3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้งและการลดปริมาณสารพิษโดยใช้วิธีทางกายภาพ
  4. ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Study of Fungi and Ochratoxin A Contamination in Dried Fruits and Reduction of Mycotoxin by Physical Method
  5. คณะผู้ดำเนินงาน
    - หัวหน้าการทดลอง : นางสาวสุพี วนศิริกุล สังกัด สวป.
    - ผู้ร่วมงาน : นางสาวอัจฉราพร ศรีจูดานุ สังกัด สวป.
    - นางสาวมัทนา วานิชย์ สังกัด สวพ.4
    - นางอมรา ชินภูติ สังกัด สวป.
  6. บทคัดย่อ

ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง จำนวน 20 ชนิด รวม 92 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนของเชื้อราในผลไม้อบแห้ง 14 ชนิด จำนวน 38 ตัวอย่าง เชื้อราที่พบ ได้แก่ *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. aculeatus*, *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp. และ *Fusarium* sp. แต่ไม่พบการสร้างสารพิษในเชื้อสาเหตุ การปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ ตรวจสอบด้วยวิธี ELISA พบการปนเปื้อนในผลไม้อบแห้ง 19 ชนิด จำนวน 80 ตัวอย่าง ปริมาณการปนเปื้อนอยู่ระหว่าง 0.05-24.10 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม การปนเปื้อนสูงสุดพบในบลูเบอร์รี่ 24.1 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมา คือ ลูกเกดขาว และแครนเบอร์รี่ พบ 13.0 และ 9.6 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับการลดการปนเปื้อนของสารพิษในบลูเบอร์รี่ ลูกเกดขาว และแครนเบอร์รี่ พบว่า การอบด้วยเตาไมโครเวฟมีผลทำให้ปริมาณสารพิษลดลง ซึ่งการลดลงจะแตกต่างกันในแต่ละชนิดของผลไม้ ในบลูเบอร์รี่สารพิษลดลงสูงสุด 28.4% เมื่อใช้กำลังไฟ 400 วัตต์ นาน 45 วินาที ลูกเกดขาว สารพิษลดลงสูงสุด 84.6% ที่ระดับกำลังไฟ 400 วัตต์ นาน 60 วินาที และในแครนเบอร์รี่สารพิษลดลงสูงสุด 74.3% เมื่อใช้กำลังไฟ 800 วัตต์ นาน 45 วินาที สำหรับการอบด้วยตู้อบลมร้อน พบว่า การอบที่อุณหภูมิสูงมีผล

ทำให้ปริมาณสารพิษลดลงได้มากกว่า โดยการอบด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที มีผลทำให้ปริมาณสารพิษในบลูเบอร์รี่ ลูกเกดขาว และแครนเบอร์รี่ ลดลงได้ 43.3, 81.8 และ 83.6 % ตามลำดับ การอบด้วยเตาไมโครเวฟและตู้อบก่อนการบริโภคสามารถทำให้ปริมาณสารพิษลดลงได้

## 7. คำนำ

การปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษจากเชื้อรา (Mycotoxins) เป็นปัญหาที่พบในผลิตภัณฑ์เกษตรหลังการเก็บเกี่ยวหลายชนิด ทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ สารพิษจากเชื้อราเป็นสารทุติยภูมิที่สร้างโดยเชื้อรา เมื่อมีสภาพแวดล้อมเหมาะสม ปัจจุบันประเทศไทยได้นำเข้าปัญหาการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อรามาเป็นข้อกีดกันทางการค้าในการส่งออกสินค้าเกษตร เช่น กำหนดว่าผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสงที่นำเข้าจะต้องไม่ให้มีการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินเกิน 2 พีพีบี (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม) สำหรับการกำหนดปริมาณสูงสุดของสารพิษในระดับที่ยอมให้มีได้ในอาหารของแต่ละประเทศจะมีการกำหนดแตกต่างกันไป (อมรธา, 2551)

สารโอคราทอกซิน (Ochratoxins) เป็นสารพิษที่สร้างขึ้นโดยเชื้อรา พบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1965 สร้างโดยเชื้อรา *Aspergillus ochraceus* ต่อมาพบว่าสารพิษชนิดนี้สามารถสร้างโดยเชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* หลายสายพันธุ์ เช่น *A. alliaceus*, *A. ostianus*, *A. sclerotiorum* และ *A. glaucus* ในปัจจุบันยังพบอีกว่าราดำ เช่น *A. niger*, *A. carbonarius* และ *A. foetidus* ก็สามารถสร้างสารพิษนี้ได้ ราในกลุ่ม *Aspergillus* พบสร้างสารพิษในแถบอากาศร้อนชื้น ส่วนในประเทศแถบอากาศเย็นการสร้างสารพิษจะเกิดจากเชื้อราในกลุ่ม *Penicillium* เช่น *Penicillium verrucosum* และ *P. aurantiogriseum* เชื้อราเหล่านี้จะสร้างสารพิษเมื่อมีอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความชื้นในตัวผลิตภัณฑ์เหมาะสม (Blesa et al, 2006) โอคราทอกซิน มี 2 ชนิด คือ โอคราทอกซิน เอ และบี แต่ที่พบตามธรรมชาติคือ โอคราทอกซิน เอ ซึ่งพบในผลิตภัณฑ์เกษตรหลายชนิด เช่น ข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี เมล็ดโกโก้ เมล็ดกาแฟ และถั่วชนิดต่างๆ (อมรธา, 2551) นอกจากนี้ยังพบในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ผลไม้อบแห้ง (Bercan, 2009) น้ำมัน เบียร์ และไวน์ (Belli et al, 2004) โอคราทอกซิน เอ เป็นสารที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษกับไต (nephrotoxic) ก่อให้เกิดลูกวิรูป (teratogenic) เป็นพิษต่อภูมิคุ้มกัน (immunotoxic) และเป็นพิษต่อพันธุกรรม (genotoxic) ในสัตว์ทดลองหลายชนิด (Bayman et al., 2002) และองค์กร International Agency for Research on Cancer (IARC) จัดให้สารโอคราทอกซิน เอ เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์อีกด้วย (IARC, 1993)

ผลไม้อบแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพ สะดวกในการบริโภค และประเทศไทยก็เป็นประเทศที่มีผลไม้หลากหลายชนิด จึงนิยมนำผลไม้มาแปรรูปเป็นผลไม้อบแห้ง นอกจากนี้ยังมีผลไม้อบแห้งที่นำเข้าจากต่างประเทศ เช่น ลูกเกด พิกซ์ บลูเบอร์รี่ และแครนเบอร์รี่ เป็นต้น แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาพบการปนเปื้อนของแอฟลาทอกซินและโอคราทอกซินในผลไม้อบแห้งหลายชนิด โดยพบการปนเปื้อนทั้งก่อนการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะในระหว่างกระบวนการทำให้แห้งและการเก็บรักษา แอฟลาทอกซินมักพบการปนเปื้อนตั้งแต่อยู่ในแปลง ในขณะที่โอคราทอกซิน เอ มักพบในระหว่างขั้นตอน

การทำให้แห้งและการเก็บรักษา (Magan และ Aldred, 2005) การจัดการสารพิษจากเชื้อราสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ความร้อน การใช้พลังงานแสง การใช้สารดูดซับสารพิษ และการใช้สารเคมี (อมรา, 2551) มีรายงานของ Osborne (1979) ว่า สาร โอคราทอกซิน เอ จะถูกทำลายอย่างรวดเร็วในธัญพืชที่มีความแห้งมากกว่าในธัญพืชที่มีปริมาณน้ำมาก และพบว่า ในระหว่างกระบวนการทำขนมปังไม่สามารถทำให้โอคราทอกซิน เอ สลายตัวได้ แต่เมื่อนำไปทำเป็นขนมปังอบกรอบปริมาณสารพิษลดลงถึง 62%

สหภาพยุโรปได้กำหนดค่าการปนเปื้อนสูงสุดของสารโอคราทอกซิน เอ สำหรับผลไม้อบแห้งไว้ที่ 10 พีพีบี (European Union, 2010) สำหรับประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดมาตรฐานของสารพิษนี้ในผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค รวมทั้งในผลไม้อบแห้งด้วย และเนื่องจากโอคราทอกซิน เอ มีโครงสร้างที่มีความคงตัว ไม่สามารถถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิห้องปกติ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราที่สร้างสารพิษชนิดนี้ รวมทั้งการหาวิธีการลดปริมาณสารพิษอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

## 8. วิธีดำเนินการ

### อุปกรณ์

1. ตัวอย่างผลไม้อบแห้ง
2. เครื่องปั่น (blender)
3. อาหารเลี้ยงเชื้อรา DG18 และ PDA
4. เมทานอล
5. ชุดตรวจสอบโอคราทอกซิน เอ
6. กระดาษกรอง whatman เบอร์ 4
7. เครื่องดูดปล่อยสารละลาย
8. เครื่องอ่าน MicroELISA Reader
9. ตู้อบลมร้อน
10. เต้าอบไมโครเวฟ

### วิธีการ

#### 1. การศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ

เก็บตัวอย่างผลไม้อบแห้งที่วางจำหน่ายในตลาดและห้างสรรพสินค้าต่างๆ ทั้งผลิตภัณฑ์นำเข้า และผลิตภัณฑ์ในประเทศ จำนวน 20 ชนิด รวม 92 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 500-1,000 กรัม แบ่งตัวอย่างเป็น 2 ส่วน สำหรับตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อรา และตรวจสอบปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ โดยวิธี ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay)

##### 1.1 การตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อราในผลไม้อบแห้งโดยวิธี Direct Plating Method

ล้างตัวอย่างผลไม้อบแห้งมาด้วยคลอโรกซ์ (Clorox) 10% นาน 1 นาที ซับตัวอย่างให้แห้ง วางตัวอย่างบนอาหารเลี้ยงเชื้อรา DG18 โดยวางตัวอย่าง 7-10 ชิ้นต่อจานเลี้ยงเชื้อ จำนวน 5 จานเลี้ยงเชื้อต่อตัวอย่าง บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน บันทึกลักษณะและจำนวนเชื้อราที่พบ แยกเชื้อราที่ปนเปื้อนมาเลี้ยงให้บริสุทธิ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA จำแนกชนิดเชื้อราจากลักษณะทางสัณฐานวิทยา

$$\% \text{ การปนเปื้อนของเชื้อรา} = \frac{\text{จำนวนชิ้นที่พบเชื้อรา}}{\text{จำนวนชิ้นที่วาง}} \times 100$$

## 1.2 การตรวจสอบปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง โดยวิธี ELISA (ใช้ชุดทดสอบ ของ Veratox<sup>®</sup> NEOGEN)

### *การสกัดสารพิษจากตัวอย่าง*

ซังผลไม้อบแห้งตัวอย่างละ 25 กรัม ใส่ลงในเครื่องปั่น เติมน้ำ 70% เมทานอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปั่นด้วยความเร็วสูงเป็นเวลา 2 นาที กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ปรับ pH ของสารสกัดให้อยู่ระหว่าง 6-7 เจือจางสารสกัดโดยใช้สารละลาย 0.01 M PBS (phosphate buffer saline)

### *การตรวจสอบสารพิษ*

หยดสารพิษโอคราทอกซินมาตรฐาน 5 ระดับความเข้มข้น (0, 0.5, 1.25, 2.5 และ 6.25 นาโนกรัมต่อ มิลลิลิตร) และตัวอย่าง ปริมาณ 100 ไมโครลิตร ลงในหลุมสำหรับผสมสาร หยดเอนไซม์คอนจูเกตตามลงไป 100 ไมโครลิตร ผสมสารให้เข้ากัน ดูดสารที่ผสมแล้ว 100 ไมโครลิตร ลงในหลุมทดสอบ บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดนาน 10 นาที ล้างด้วย 0.01 M PBS-T (phosphate buffer saline- tween 20) 5 ครั้ง ซับให้แห้ง หยดซับเสตรท (substrate) 100 ไมโครลิตร ลงในหลุมทดสอบ บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืด นาน 10 นาที หยดสารหยุดปฏิกิริยา (stopping solution) 100 ไมโครลิตร ลงในหลุมทดสอบ เขย่าเล็กน้อยอ่านค่าความเข้มสีด้วยเครื่อง micro plate reader ที่ช่วงคลื่น 630 นาโนเมตร

### *การทดสอบการสร้างสารพิษ*

เลี้ยงเชื้อราที่ต้องการทดสอบบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วันเตรียม spore suspension โดยเติมน้ำกลั่นผสม tween 20 ที่นิ่งฆ่าเชื้อแล้ว ลงในจานเลี้ยงเชื้อที่มีราเจริญเต็มที่ ขูดผิวหน้าให้สปอร์กระจาย เติมน้ำกลั่นผสม spore suspension 10 ไมโครลิตร ลงในอาหารเหลว Yes Medium ที่เตรียมไว้ในหลอดทดลอง หลอดละ 5 มิลลิลิตร บ่มทิ้งไว้ 14 วัน นำไปตรวจสอบสารพิษด้วยชุดทดสอบ Veratox<sup>®</sup> NEOGEN

## 2. การลดปริมาณเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้งด้วยวิธีทางกายภาพ

ผลไม้อบแห้งที่นำมาทดลอง ได้แก่ บลูเบอร์รี่ ลูกเกดสีเหลือง และแครนเบอร์รี่ โดยซังตัวอย่างหนัก 200 กรัม

**2.1 การอบด้วยเตาไมโครเวฟ** ใช้เตาไมโครเวฟ Sharp รุ่น R-241 ความถี่ 2,450 เมกะเฮิรตซ์ กำลังไฟสูงสุด 800 วัตต์ วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 7 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

- |               |                                                                |
|---------------|----------------------------------------------------------------|
| กรรมวิธีที่ 1 | กำลังไฟ 800 วัตต์ (ระดับความร้อนสูง) ระยะเวลา 30 วินาที        |
| กรรมวิธีที่ 2 | กำลังไฟ 800 วัตต์ (ระดับความร้อนสูง) ระยะเวลา 45 วินาที        |
| กรรมวิธีที่ 3 | กำลังไฟ 400 วัตต์ (ระดับความร้อนปานกลาง) ระยะเวลา 45 วินาที    |
| กรรมวิธีที่ 4 | กำลังไฟ 400 วัตต์ (ระดับความร้อนปานกลาง) ระยะเวลา 60 วินาที    |
| กรรมวิธีที่ 5 | กำลังไฟ 240 วัตต์ (ระดับความร้อนต่ำปานกลาง) ระยะเวลา 60 วินาที |
| กรรมวิธีที่ 6 | กำลังไฟ 240 วัตต์ (ระดับความร้อนต่ำปานกลาง) ระยะเวลา 90 วินาที |
| กรรมวิธีที่ 7 | ชุดควบคุม                                                      |

### 2.2 การอบด้วยตู้อบลมร้อน

วางแผนการทดลองแบบ 3x3(+1) factorial in CRD ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ 3 ระดับ คือ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาในการอบ 3 ระดับ คือ 30 45 และ 60 นาที มี 10 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1	80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที	กรรมวิธีที่ 6	70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 นาที
กรรมวิธีที่ 2	80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 45 นาที	กรรมวิธีที่ 7	60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที
กรรมวิธีที่ 3	80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 นาที	กรรมวิธีที่ 8	60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 45 นาที
กรรมวิธีที่ 4	70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที	กรรมวิธีที่ 9	60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 นาที
กรรมวิธีที่ 5	70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 45 นาที	กรรมวิธีที่ 10	ชุดควบคุม

ตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อราจากตัวอย่างที่ผ่านการอบด้วยตู้อบและเตาไมโครเวฟ โดยวางตัวอย่างบนอาหารเลี้ยงเชื้อรา DG18 ซ้ำละ 3 จานเลี้ยงเชื้อๆ ละ 10 ชิ้น บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน บันทึกเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของเชื้อรา

$$\% \text{ การปนเปื้อนของเชื้อรา} = \frac{\text{จำนวนชิ้นที่พบเชื้อรา}}{\text{จำนวนชิ้นที่วาง}} \times 100$$

ตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน ด้วยชุดทดสอบ Veratox<sup>®</sup> NEOGEN คำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารพิษ

$$\% \text{ การลดลงของสารพิษ} = \frac{\text{ปริมาณสารพิษจากชุดควบคุม} - \text{ปริมาณสารพิษที่พบ}}{\text{ปริมาณสารพิษจากชุดควบคุม}} \times 100$$

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาทำการทดลอง เริ่มต้น ตุลาคม 2553 สิ้นสุด กันยายน 2555

สถานที่ทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

## 9. ผลการทดลองและวิจารณ์

### การปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ

พบการปนเปื้อนของเชื้อราในผลไม้อบแห้ง 14 ชนิด จำนวน 38 ตัวอย่าง (41.30%) เชื้อราที่พบ ได้แก่ *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. aculeatus*, *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp. และ *Fusarium* sp. เชื้อราสาเหตุที่มีรายงานการสร้างสารโอคราทอกซิน เอ ได้แก่ *A. niger* (Abarca et al, 1994) และกลุ่ม *Penicillium* เช่น *P. verrucosum* (Cabanes et al, 2010) จากการศึกษาพบเชื้อสาเหตุคือ *A. niger* ในผลไม้อบแห้ง 13 ชนิด ได้แก่ แครนเบอร์รี่ บลูเบอร์รี่ บ๊วย บิงเชอร์รี่ พรุน มะขาม มะม่วง ลำไย ลูกเกดขาว ลูกเกดดำ สตอเบอร์รี่

และอินทผลัม และพบ *Penicillium* sp. ในผลไม้อบแห้ง 4 ชนิด ได้แก่ พรุณ มะขาม ลินจี่ และลูกเกดดำ (Table 1) การทดสอบการสร้างสารพิษของเชื้อรา *A. niger*, *A. aculeatus* และ *Penicillium* sp. ที่พบในตัวอย่างผลไม้อบแห้ง ไม่พบการสร้างสารพิษของเชื้อราดังกล่าว

การวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ ด้วยวิธี ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) พบการปนเปื้อนจำนวน 80 ตัวอย่าง (86.96%) มีการปนเปื้อนอยู่ระหว่าง 0.30 - 24.10 พีพีบี (ไมโครกรัม ต่อกิโลกรัม) การปนเปื้อนสูงสุดพบในบลูเบอร์รี่ 24.10 พีพีบี รองลงมาคือ ลูกเกดขาว แครนเบอร์รี่ มะเขือเทศ และลินจี่ พบ 13.0, 9.55, 9.4 และ 8.00 พีพีบี ตามลำดับ และพบผลไม้อบแห้งจำนวน 13 ชนิด ที่มีการปนเปื้อนของโอคราทอกซิน เอ ในทุกตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ กีวี แครนเบอร์รี่ บลูเบอร์รี่ บิงเชอร์รี่ ฝรั่ง พุทราจีน พิกซ์ มะขาม มะม่วง ลูกเกดขาว สตรอเบอร์รี่ สับปะรด และอินทผลัม (Table 2)

นอกจากนี้ ยังพบว่า ผลไม้อบแห้งนำเข้ามีการปนเปื้อนของเชื้อราน้อยกว่าผลไม้อบแห้งที่ผลิตในประเทศ โดยพบการปนเปื้อน 37.50% และ 50.00% ตามลำดับ แต่ในทางตรงกันข้ามพบการปนเปื้อนของสารพิษในผลไม้อบแห้งนำเข้ามากกว่าผลไม้อบแห้งที่ผลิตในประเทศ โดยพบการปนเปื้อน 92.85% และ 77.77% ตามลำดับ (Figure 1) จากการศึกษา พบว่าตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนของเชื้อราอาจไม่มีการปนเปื้อนของสารพิษหรือมีการปนเปื้อนในปริมาณน้อย และเชื้อราที่พบอาจไม่ใช่สายพันธุ์ที่สร้างสารพิษ ทั้งนี้การสร้างสารพิษของเชื้อราสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในแปลงปลูก ระหว่างเก็บเกี่ยว หลังการเก็บเกี่ยว และในระหว่างการเก็บรักษา (เนตรนภิส, 2554) สำหรับผลไม้อบแห้งนำเข้า สารพิษอาจถูกสร้างทิ้งไว้ในผลิตผล แต่เชื้อราอาจถูกทำลายในระหว่างขั้นตอนการผลิต เช่น การลวกด้วยน้ำร้อน หรือไอน้ำ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2556) อีกทั้งผลิตภัณฑ์นำเข้าส่วนใหญ่มีการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ได้มาตรฐาน โอกาสในการปนเปื้อนของเชื้อราจึงน้อย ในขณะที่ผลไม้อบแห้งที่ผลิตในประเทศ ผลิตภัณฑ์หลายชนิดใช้บรรจุภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน เมื่อมีสภาพแวดล้อมและอาหารที่เหมาะสมเชื้อราจึงเจริญได้ดีกว่า

### **การลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้งด้วยวิธีทางกายภาพ**

การปนเปื้อนของเชื้อราในบลูเบอร์รี่ ลูกเกดขาว และแครนเบอร์รี่ หลังทำการอบด้วยเตาไมโครเวฟและตู้อบลมร้อน พบว่าในทุกกรรมวิธีมีการปนเปื้อนของเชื้อราในปริมาณที่น้อยมาก โดยพบเพียง 0-2.22% และไม่พบเชื้อราสาเหตุที่สร้างสารพิษ ทั้งนี้ผลไม้อบแห้งทั้ง 3 ชนิดเป็นผลไม้นำเข้า จึงอาจเป็นไปได้ว่าเชื้อราที่มีการสร้างสารพิษไว้ในผลิตผล แต่เมื่ออุณหภูมิไม่เหมาะสมเชื้อราอาจตายหรืออาจถูกทำลายลงในระหว่างกระบวนการทำแห้ง

#### *การอบด้วยเตาไมโครเวฟ*

ผลการทดลองพบว่า ปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้งหลังทำการอบด้วยเตาไมโครเวฟที่ กำลังไฟและระยะเวลาการอบต่างๆ เปรียบเทียบกับผลไม้อบแห้งที่ไม่ผ่านการอบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การอบด้วยเตาไมโครเวฟความร้อนระดับปานกลางหรือกำลังไฟ 400 วัตต์ขึ้นไป มีผลทำให้ปริมาณสารพิษลดลงได้ โดยระดับกำลังไฟและระยะเวลาจะแตกต่างกันในแต่ละชนิดของผลไม้ ในบลูเบอร์รี่พบปริมาณสารพิษอยู่ระหว่าง 19.17 – 21.25 พีพีบี สารพิษลดลงสูงสุด 28.45% เมื่ออบที่กำลังไฟ 400 วัตต์ นาน 45 วินาที แต่ปริมาณสารพิษที่ผ่านการอบในแต่ละกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ลูกเกดขาวพบการปนเปื้อนของ

สารพิษอยู่ระหว่าง 2.17 – 9.47 พีพีพี เเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารพิษอยู่ระหว่าง 32.48 – 84.56% โดยพบว่าการอบที่กําลังไฟ 400 วัตต์ นาน 60 วินาที ลดปริมาณสารพิษลงได้สูงสุด 84.56% และในลูกเกดที่ผ่านการอบที่กําลังไฟ 800 วัตต์ นาน 30 และ 45 วินาที และที่กําลังไฟ 400 วัตต์ นาน 45 วินาที มีปริมาณสารพิษไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยสามารถลดสารพิษลงได้ 69.70, 68.46 และ 68.59 % ตามลำดับ สำหรับแครนเบอร์รี่พบการปนเปื้อนของสารพิษตั้งแต่ 4.45 – 13.28 พีพีพี สารพิษลดลงสูงสุด 74.35% เมื่อทำการอบที่กําลังไฟ 800 วัตต์ นาน 45 วินาที (Table 3, Figure 2)

#### การอบด้วยตู้อบลมร้อน

ผลการทดลองพบว่า ปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้งหลังทำการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างกัน เปรียบเทียบกับผลไม้อบแห้งที่ไม่ผ่านการอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้จะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของผลไม้ ในบลูเบอร์รี่พบปริมาณสารพิษอยู่ระหว่าง 15.19- 20.74 พีพีพี สารพิษลดลงสูงสุด 43.30% เมื่ออบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที ซึ่งการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นและระยะเวลายาวขึ้นไม่มีผลต่อการลดลงของสารพิษ ลูกเกดขาวพบการปนเปื้อนของสารพิษอยู่ระหว่าง 2.55- 13.74 พีพีพี สารพิษลดลงสูงสุด 81.85% เมื่ออบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลต่อการลดลงของสารพิษ สำหรับแครนเบอร์รี่พบการปนเปื้อนของสารพิษอยู่ระหว่าง 2.85- 7.27 พีพีพี ลดลงสูงสุด 83.59% เมื่ออบด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที การใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลายาวขึ้นมีผลต่อการลดลงของสารพิษ แต่ไม่มีร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสอง (Table 4, Figure 3)

### 10. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. เชื้อราที่พบในผลไม้อบแห้งได้แก่ *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. aculeatus*, *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp. และ *Fusarium* sp. แต่ไม่พบการสร้างสารพิษของเชื้อราสาเหตุ
2. การปนเปื้อนของสารพิษสูงสุดพบในบลูเบอร์รี่ ลูกเกดขาว และแครนเบอร์รี่ โดยการปนเปื้อนในบลูเบอร์รี่ และลูกเกดขาว มีค่าเกินมาตรฐานกำหนดสูงสุดสำหรับโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง ที่ 10 พีพีพี (European Union, 2010)
3. การให้ความร้อนสามารถลดปริมาณสารพิษในผลไม้อบแห้งลงได้ แต่อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้จะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของผลไม้ การอบด้วยเตาไมโครเวฟหรือการอบด้วยตู้อบลมร้อนก่อนการบริโภคจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคได้รับสารพิษในปริมาณที่น้อยลง
4. การอบผลไม้อบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟที่ความร้อนระดับปานกลางหรือกําลังไฟ 400 วัตต์ขึ้นไปก่อนการบริโภค เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในการลดปริมาณสารพิษในครัวเรือนได้

### 11. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผู้บริโภคสามารถนำวิธีการลดปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง ไปปฏิบัติในครัวเรือนได้ โดยเฉพาะการอบด้วยเตาไมโครเวฟซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวก โดยเลือกระดับความร้อนและระยะเวลาที่เหมาะสมกับผลไม้แต่ละชนิด

## 12. เอกสารอ้างอิง

- เนตรนภิส เขียวขำ. 2554. สารพิษจากเชื้อราในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว. *Postharvest Newsletter* 10: 5-7.
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2556. ผลไม้อบแห้ง. แหล่งที่มา [http://www.tistr-foodprocess.net/fruit\\_dry.html](http://www.tistr-foodprocess.net/fruit_dry.html)
- อมรา ชินภูติ. 2551. สารพิษจากเชื้อราและการจัดการ. หน้า1-21. ใน: เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การตรวจวิเคราะห์สารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตรอย่างรวดเร็วโดยชุด ตรวจ สอบ สำเร็จรูป “DOA-Aflatoxin ELISA Test Kit”. สำนักวิจัยพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร.
- Abarca, M.L., M.R. Bragulat, G. Castella and F.J. Cabanes. 1994. Ochratoxin A Production by Strains of *Aspergillus niger* var. *niger*. *Applied and Environmental Microbiology* 60: 2650-2652.
- Bayman, P., J.L. Baker, M.A. Doster, T.J. Michailides and N.E. Mahoney. 2002. Ochratoxin production by the *Aspergillus ochraceus* group and *Aspergillus alliaceus*. *Applied and Environmental Microbiology* 68: 2326- 2329.
- Belli, N., S. Marin, A. Duaignes, A. J. Ramos and V. Sanchis. 2004. Ochratoxin A in wines, musts and grape juices from Spain. *J. Sci. Food Agric.* 84: 591- 594.
- Bercan C. 2009. Incidence of ochratoxin A in dried fruits and co-occurrence with aflatoxins in dried figs. *Food and Chemical Toxicology* 47: 1996-2001.
- Blesa, J., J.M. Soriano, J.C. Molto and J. Manes. 2006. Factors affecting the presence of ochratoxin A in wine. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 46: 473-478.
- Cabanes F.J., M.R. Bragulat and G. Castella. 2010. Ochratoxin A Producing Species in the Genus *Penicillium*. *Toxin* 2: 1111- 1120.
- European Union. 2010. Maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Commission Regulation (EU) No 165/2010. 26 february 2010.
- IARC. 1993. Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemical to Humans. Some Naturally-Occurring Substances. Food Item and Constituents. Heterocyclic Aromatic Amines and Mycotoxins. Monographs, vol. 56. pp. 359- 362.
- Magan N. and D. Aldred. 2005. Conditions of formation of ochratoxin A in drying, transport and in different commodities. *Food Additives and Contaminants*: 10-16.
- Osborne, B.G. 1979. Reverse-phase high performance liquid chromatography determination of Ochratoxin A in flour and bakery products. *J. Sci. Food Agric.* 30: 1065-1070.



## 11. ภาคผนวก

Table 1. The percentage of contaminated and fungi in dried fruit samples.

Dried fruit	No. of samples	No. of contaminated	Contaminated fungi (%)							Total
			<i>A. flavus</i>	<i>A. niger</i>	<i>A. aculeatus</i>	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Rhizopus</i> sp.	Other	
Kiwi	1	0	-	-	-	-	-	-	-	0
Cranberry	6	1	-	0.48	0.48	-	-	-	-	0.96
Blueberry	4	2	3.5	1	-	-	-	1.5	-	6
Apricot	2	1	4.28	4.28	-	-	-	-	-	8.56
Bing cherry	3	2	8	2.67	1.33	-	-	-	-	12
Guava	2	0	-	-	-	-	-	-	-	0
Prune	10	3	1.6	1	-	0.4	-	-	-	3
Chinese jujube	3	1	1.33	-	-	-	-	-	1.33	2.66
Fig	2	0	-	-	-	-	-	-	-	0
Tomato	4	0	-	-	-	-	-	-	-	0
Tamarind	3	3	4.67	6.67	-	1.33	-	5.33	-	18
Mango	3	1	-	1.33	-	-	-	-	-	1.33
Papaya	1	0	-	-	-	-	-	-	-	0
Longan	9	7	3.97	7.43	2.41	-	-	-	5.01	18.82
Lychee	5	3	4.4	-	0.8	0.4	-	0.4	3.2	9.2
White raisin	15	4	2.48	0.95	0.19	-	0.19	-	-	3.81
Black raisin	12	7	3.09	3.57	1.9	0.24	0.48	0.24	-	9.52
Strawberry	4	2	2.14	2	1	-	-	-	1	6.14
Pineapple	1	0	-	-	-	-	-	-	-	0
Date	2	1	4	42	4	-	-	-	-	50
Total	92	38	43.46	73.38	12.11	2.37	0.67	7.47	10.54	

Table 2. The number of OTA contaminated samples and concentration in dried fruit samples.

Dried fruit	No. of samples	No. of contaminated samples	Range of OTA concentration ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
Kiwi	1	1	0.5
Cranberry	6	6	4.50 - 9.55
Blueberry	4	4	16.05 - 24.10
Apricot	2	1	0-1.00
Bing cherry	3	3	0.9 - 6.4
Guava	2	2	2.50 - 4.85
Prune	10	9	0 - 4.40
Chinese jujube	3	3	0.70 - 3.30
Fig	2	2	1.30 - 2.50
Tomato	4	3	0-9.40
Tamarind	3	3	1.20 - 5.10
Mango	3	3	0.30 - 3.00
Papaya	1	0	0
Longan	9	6	0 - 2.30
Lychee	5	2	0-8.00
White raisin	15	15	0.50 - 13.00
Black raisin	12	10	0 - 1.30
Strawberry	4	4	1.00 - 6.40
Pineapple	1	1	0.1
Date	2	2	0.35 - 1.15
Total	92	80	0 - 24.10

Table 3. The concentration and percentage of OTA reduction after treated with microwave oven at different electric powers and times.

Treatment	Amount of OTA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		
	Blueberry <sup>1/</sup>	White raisin <sup>1/</sup>	Cranberry <sup>1/</sup>
800 watt 30 sec	21.25 a	4.25 ab	7.29 ab
800 watt 45 sec	20.13 a	4.42 ab	4.45 a
400 watt 45 sec	19.17 a	4.41 ab	13.02 c
400 watt 60 sec	20.65 a	2.17 a	10.45 bc
240 watt 60 sec	20.59 a	9.47 c	11.25 c
240 watt 90 sec	20.03 a	7.23 bc	13.28 c
control	26.79 b	14.03 d	17.36 d
	**	**	**
cv (%)	8.6	27.1	17.8

<sup>1/</sup> In a column , Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 4. The concentration and percentage of OTA reduction after treated with hot air oven at different temperatures and times.

Treatment	Amount of OTA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		
	Blueberry <sup>1/</sup>	White raisin <sup>1/</sup>	Cranberry <sup>1/</sup>
80 °C, 30 min.	16.64 abc	8.02 bc	4.55 abc
80 °C, 45 min.	16.10 ab	6.15 b	3.27 ab
80 °C, 60 min.	15.19 a	2.55 a	2.85 a
70 °C, 30 min.	18.88 abc	6.69 b	7.27 d
70 °C, 45 min.	17.66 abc	7.70 bc	5.39 cd
70 °C, 60 min.	16.26 ab	6.13 b	3.87 abc
60 °C 30 min.	20.74 c	13.74 d	5.35 bcd
60 °C, 45 min.	18.81 abc	10.02 c	3.71 abc
60 °C, 60 min.	19.94 bc	13.00 d	3.25 ab
control	26.79 d	14.03 d	17.36 e
	**	**	**
cv (%)	12.1	19.0	19.3

<sup>1/</sup> In a column , Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

% contamination

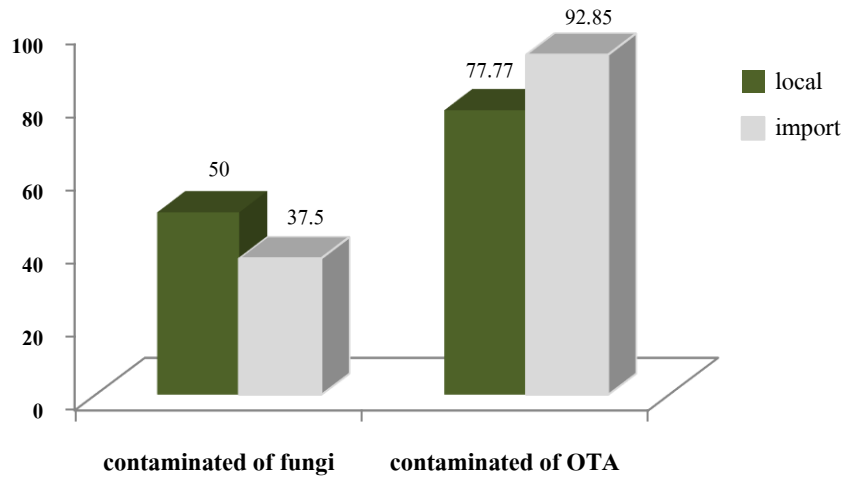


Figure 1. Comparison percentage of fungi and OTA contamination in local and import dried fruit samples.

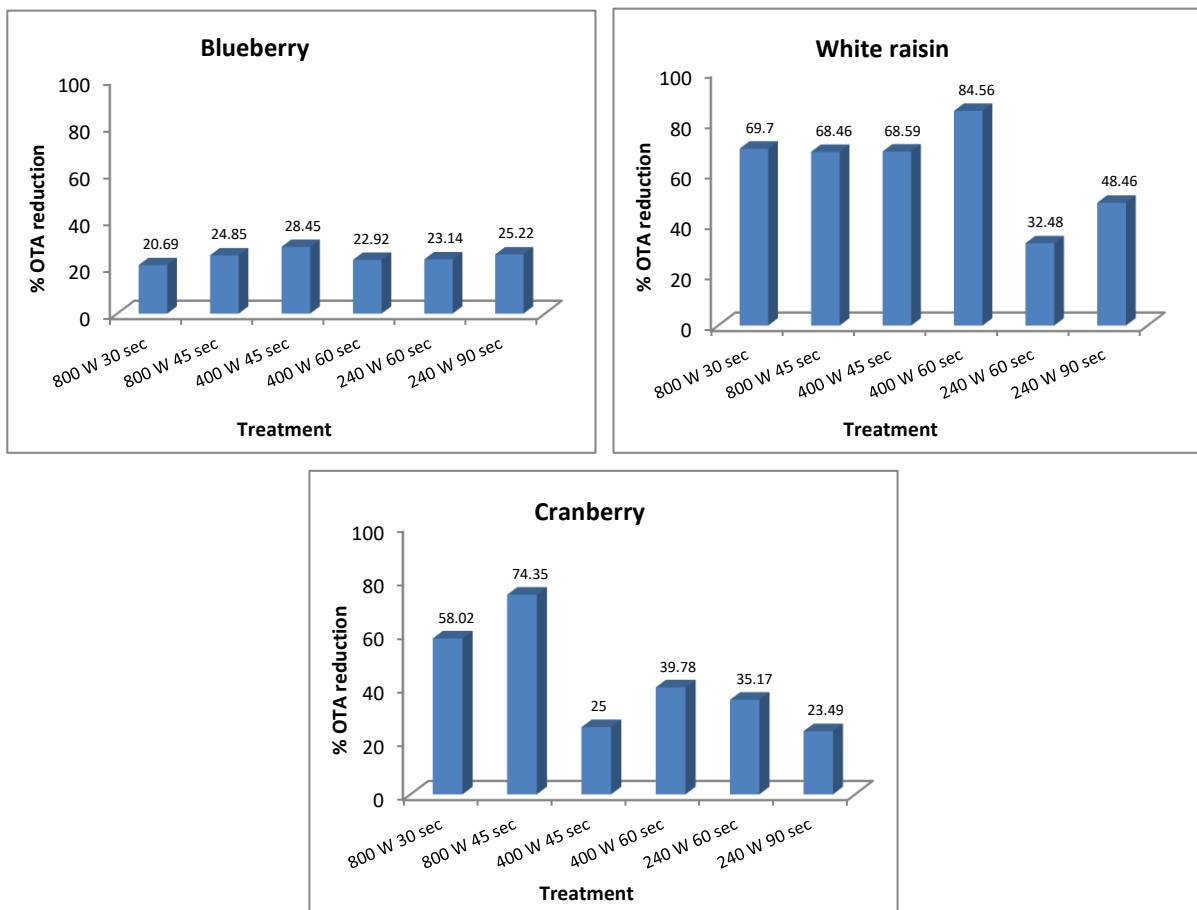


Figure 2. Comparison percentage of OTA reduction after treated with microwave at different electric powers and times.

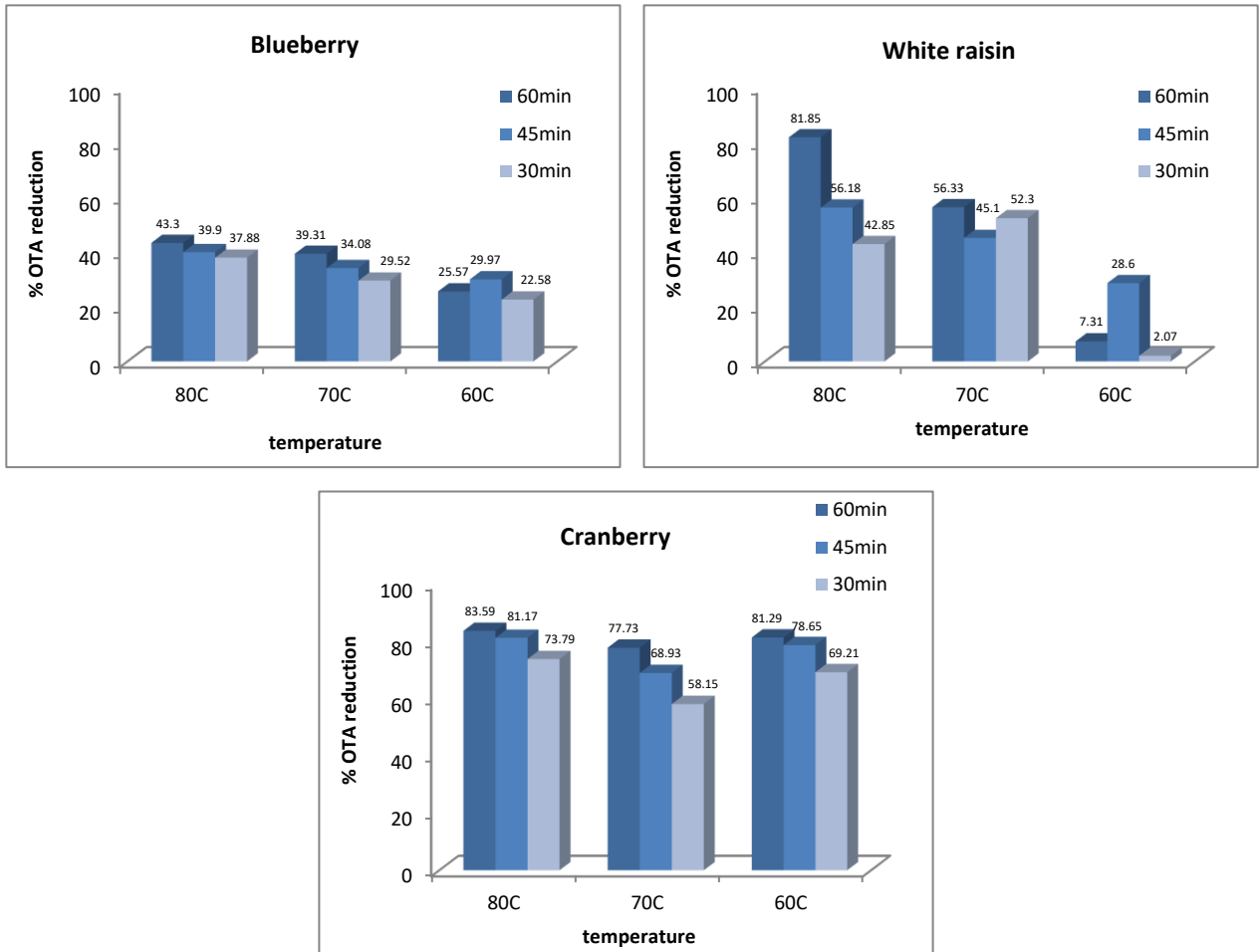


Figure 3. Comparison percentage of OTA reduction after treated with hot air oven at different temperatures and times.

ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้งและการลดปริมาณสารพิษ  
โดยใช้วิธีทางกายภาพ

Study of Fungi Contamination and Ochratoxin A in Dried Fruits and  
Reduction of Mycotoxin by Physical Method

สุพี วณิชรากุล<sup>1/</sup> อัจฉราพร ศรีจตุตถ<sup>1/</sup> มัทนา วานิชย์<sup>2/</sup> อมรา ชินภูติ<sup>1/</sup>

<sup>1/</sup>กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

<sup>2/</sup>ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรร้อยเอ็ด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๔

บทคัดย่อ

ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง จำนวน 20 ชนิด รวม 92 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนของเชื้อราในผลไม้อบแห้ง 14 ชนิด จำนวน 38 ตัวอย่าง เชื้อราที่พบ ได้แก่ *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. aculeatus*, *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp. และ *Fusarium* sp. แต่ไม่พบการสร้างสารพิษในเชื้อสาเหตุ การปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ ตรวจสอบด้วยวิธี ELISA พบการปนเปื้อนในผลไม้อบแห้ง 19 ชนิด จำนวน 80 ตัวอย่าง ปริมาณการปนเปื้อนอยู่ระหว่าง 0.05-24.10 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม การปนเปื้อนสูงสุดพบในบลูเบอร์รี่ 24.1 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมา คือ ลูกเกดขาว และแครนเบอร์รี่ พบ 13.0 และ 9.6 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับการลดการปนเปื้อนของสารพิษในบลูเบอร์รี่ ลูกเกดขาว และแครนเบอร์รี่ พบว่า การอบด้วยเตาไมโครเวฟมีผลทำให้ปริมาณสารพิษลดลง ซึ่งการลดลงจะแตกต่างกันในแต่ละชนิดของผลไม้ ในบลูเบอร์รี่สารพิษลดลงสูงสุด 28.4% เมื่อใช้กำลังไฟ 400 วัตต์ นาน 45 วินาที ลูกเกดขาว สารพิษลดลงสูงสุด 84.6% ที่ระดับกำลังไฟ 400 วัตต์ นาน 60 วินาที และในแครนเบอร์รี่สารพิษลดลงสูงสุด 74.3% เมื่อใช้กำลังไฟ 800 วัตต์ นาน 45 วินาที สำหรับการอบด้วยตู้อบลมร้อน พบว่า การอบที่อุณหภูมิสูงมีผลทำให้ปริมาณสารพิษลดลงได้มากกว่า โดยการอบด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที มีผลทำให้ปริมาณสารพิษในบลูเบอร์รี่ ลูกเกดขาว และแครนเบอร์รี่ ลดลงได้ 43.3, 81.8 และ 83.6 % ตามลำดับ การอบด้วยเตาไมโครเวฟและตู้อบลมร้อนสามารถทำให้ปริมาณสารพิษลดลงได้

คำสำคัญ : ผลไม้อบแห้ง, โอคราทอกซิน เอ, การปนเปื้อน, การลดลง, ELISA

คำนำ

การปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษจากเชื้อรา (Mycotoxins) เป็นปัญหาที่พบในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวหลายชนิด ทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ สารพิษจากเชื้อราเป็นสารทุติยภูมิที่สร้างโดยเชื้อรา เมื่อมีสภาพแวดล้อมเหมาะสม ปัจจุบันประเทศไทยได้นำเข้าเอาปัญหาการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อรามาเป็นข้อกีดกันทางการค้าในการส่งออกสินค้าเกษตร เช่น กำหนดว่าผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสงที่นำเข้าจะต้องไม่ให้มีการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอก

ซินเกิน 2 พีพีปี (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม) สำหรับการกำหนดปริมาณสูงสุดของสารพิษในระดับที่ยอมให้มีได้ในอาหารของแต่ละประเทศจะมีการกำหนดแตกต่างกันไป (อมรา, 2551)

สารโอคราทอกซิน (Ochratoxins) เป็นสารพิษที่สร้างขึ้นโดยเชื้อรา พบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1965 สร้างโดยเชื้อรา *Aspergillus ochraceus* ต่อมาพบว่าสารพิษชนิดนี้สามารถสร้างโดยเชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* หลายสายพันธุ์ เช่น *A. alliaceus*, *A. ostianus*, *A. sclerotiorum* และ *A. glaucus* ในปัจจุบันยังพบอีกว่าราดำ เช่น *A. niger*, *A. carbonarius* และ *A. foetidus* ก็สามารถสร้างสารพิษนี้ได้ ราในกลุ่ม *Aspergillus* พบสร้างสารพิษในแถบอากาศร้อนชื้น ส่วนในประเทศแถบอากาศเย็นการสร้างสารพิษจะเกิดจากเชื้อราในกลุ่ม *Penicillium* เช่น *Penicillium verrucosum* และ *P. aurantiogriseum* เชื้อราเหล่านี้จะสร้างสารพิษเมื่อมีอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความชื้นในสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม (Blesa *et al*, 2006) โอคราทอกซิน มี 2 ชนิด คือ โอคราทอกซิน เอ และบี แต่ที่พบตามธรรมชาติคือ โอคราทอกซิน เอ ซึ่งพบในผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี เมล็ดโกโก้ เมล็ดกาแฟ และถั่วชนิดต่างๆ (อมรา, 2551) นอกจากนี้ยังพบในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ผลไม้อบแห้ง (Bercan, 2009) น้าองุ่น เบียร์ และไวน์ (Belli *et al*, 2004) โอคราทอกซิน เอ เป็นสารที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษกับไต (nephrotoxic) ก่อให้เกิดลูกวิรูป (teratogenic) เป็นพิษต่อภูมิคุ้มกัน (immunotoxic) และเป็นพิษต่อพันธุกรรม (genotoxic) ในสัตว์ทดลองหลายชนิด (Bayman *et al.*, 2002) และองค์กร International Agency for Research on Cancer (IRAC) จัดให้สารโอคราทอกซิน เอ เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์อีกด้วย (IRAC, 1993)

ผลไม้อบแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพ สะดวกในการบริโภค และประเทศไทยก็เป็นประเทศที่มีผลไม้หลากหลายชนิด จึงนิยมนำผลไม้มาแปรรูปเป็นผลไม้อบแห้ง นอกจากนี้ยังมีผลไม้อบแห้งที่นำเข้าจากต่างประเทศ เช่น ลูกเกด พิกซ์ บลูเบอร์รี่ และแครนเบอร์รี่ เป็นต้น แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาพบการปนเปื้อนของแอฟลาทอกซินและโอคราทอกซินในผลไม้อบแห้งหลายชนิด โดยพบการปนเปื้อนทั้งก่อนการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะในระหว่างกระบวนการทำให้แห้งและการเก็บรักษา แอฟลาทอกซินมักพบการปนเปื้อนตั้งแต่อยู่ในแปลง ในขณะที่โอคราทอกซิน เอ มักพบในระหว่างขั้นตอนการทำให้แห้งและการเก็บรักษา (Magan และ Aldred, 2005) การจัดการสารพิษจากเชื้อราสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ความร้อน การใช้พลังงานแสง การใช้สารดูดซับสารพิษ และการใช้สารเคมี (อมรา, 2551) มีรายงานของ Osborne (1979) ว่า สาร โอคราทอกซิน เอ จะถูกทำลายอย่างรวดเร็วในธัญพืชที่มีความแห้งมากกว่าในธัญพืชที่มีปริมาณน้ำมาก และพบว่า ในระหว่างกระบวนการทำขนมปังไม่สามารถทำให้โอคราทอกซิน เอ สลายตัวได้ แต่เมื่อนำไปทำเป็นขนมปังอบกรอบปริมาณสารพิษลดลงถึง 62%

สหภาพยุโรปได้กำหนดค่าการปนเปื้อนสูงสุดของสารโอคราทอกซิน เอ สำหรับผลไม้อบแห้งไว้ที่ 10 พีพีปี (European Union, 2010) สำหรับประเทศไทยยังไม่มีกำหนดมาตรฐานของสารพิษนี้ในผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค รวมทั้งในผลไม้อบแห้งด้วย และเนื่องจากโอคราทอกซิน เอ มีโครงสร้างที่มีความคงตัว ไม่สามารถถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิห้องตามปกติ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราที่สร้างสารพิษชนิดนี้ รวมทั้งการหาวิธีการลดปริมาณสารพิษอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. ตัวอย่างผลไม้อบแห้ง
2. เครื่องปั่น (blender)
3. อาหารเลี้ยงเชื้อรา DG18 และ PDA
4. เมทานอล
5. ชุดตรวจสอบโครราทอกซิน เอ
6. กระดาษกรอง whatman เบอร์ 4
7. เครื่องดูดปล่อยสารละลาย
8. เครื่องอ่าน MicroELISA Reader
9. ตู้อบลมร้อน
10. เตาอบไมโครเวฟ

### วิธีการ

#### 1. การศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารโครราทอกซิน เอ

เก็บตัวอย่างผลไม้อบแห้งที่วางจำหน่ายในตลาดและห้างสรรพสินค้าต่างๆ ทั้งผลิตภัณฑ์นำเข้า และผลิตภัณฑ์ในประเทศ จำนวน 20 ชนิด รวม 92 ตัวอย่างๆ ละ 5 ซ้ำ

##### 1.1 การตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อราในผลไม้อบแห้งโดยวิธี Direct Plate Count Method

ล้างตัวอย่างผลไม้อบแห้งด้วยคลอโรกซ์ (Clorox) 10% นาน 1 นาที ซับตัวอย่างให้แห้ง วางตัวอย่างบนอาหารเลี้ยงเชื้อรา DG18 โดยวางตัวอย่าง 7-10 ชิ้นต่อจานเลี้ยงเชื้อ จำนวน 5 จานเลี้ยงเชื้อต่อตัวอย่าง บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน บันทึกลักษณะและจำนวนเชื้อราที่พบ

$$\% \text{ การปนเปื้อนของเชื้อรา} = \frac{\text{จำนวนชิ้นที่พบเชื้อรา}}{\text{จำนวนชิ้นที่วาง}} \times 100$$

##### 1.2 การตรวจสอบปริมาณสารโครราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง โดยวิธี ELISA (ใช้ชุดทดสอบ ของ Veratox<sup>®</sup> NEOGEN)

###### การสกัดสารพิษจากตัวอย่าง

ชั่งผลไม้อบแห้งตัวอย่างละ 25 กรัม ใส่ลงในเครื่องปั่น เติมน้ำ 70% เมทานอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปั่นด้วยความเร็วสูงเป็นเวลา 2 นาที กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ปรับ pH ของสารสกัดให้อยู่ระหว่าง 6-7 เจือจางสารสกัดโดยใช้สารละลาย 0.01 M PBS (phosphate buffer saline)

###### การตรวจสอบสารพิษ

หยดสารพิษโครราทอกซินมาตรฐาน 5 ระดับความเข้มข้น (0, 0.5, 1.25, 2.5 และ 6.25 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร) และตัวอย่าง ปริมาณ 100 ไมโครลิตร ลงในหลุมสำหรับผสมสาร หยดเอนไซม์คอนจูเกตตามลงไป 100 ไมโครลิตร ผสมสารให้เข้ากัน ดูดสารที่ผสมแล้ว 100 ไมโครลิตร ลงในหลุมทดสอบ บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดนาน 10 นาที ล้างด้วย 0.01 M PBS-T (phosphate buffer saline- tween 20) 5 ครั้ง ซับให้แห้ง หยดซับสเตรท (substrate) 100 ไมโครลิตร ลงในหลุมทดสอบ บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืด นาน 10 นาที หยดสารหยุดปฏิกิริยา



(stopping solution) 100 ไมโครลิตร ลงในหลุมทดสอบ เขย่าเล็กน้อยอ่านค่าความเข้มสีด้วยเครื่อง micro plate reader ที่ช่วงคลื่น 630 นาโนเมตร

#### การทดสอบการสร้างสารพิษ

เลี้ยงเชื้อราที่ต้องการทดสอบบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วันเตรียม spore suspension โดยเติมน้ำกลั่นผสม tween 20 ที่นิ่งฆ่าเชื้อแล้ว ลงในจานเลี้ยงเชื้อที่มีราเจริญเต็มที่ ชูดผิวหน้าให้สปอร์กระจาย เติม spore suspension 10 ไมโครลิตร ลงในอาหารเหลว Yes Medium ที่เตรียมไว้ในหลอดทดลอง หลอดละ 5 มิลลิตร บ่มทิ้งไว้ 14 วัน นำไปตรวจสอบสารพิษด้วยชุดทดสอบ Veratox<sup>®</sup> NEOGEN

## 2. การลดปริมาณเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้งด้วยวิธีทางกายภาพ

นำผลไม้อบแห้ง 3 ชนิด ได้แก่ บลูเบอร์รี่ ลูกเกดขาว และแครนเบอร์รี่ มาชั่งตัวอย่างละ 200 กรัม และอบด้วยกรรมวิธีต่างๆ ดังนี้

**2.1 การอบด้วยเตาไมโครเวฟ** ใช้เตาไมโครเวฟ Sharp รุ่น R-241 ความถี่ 2,450 เมกะเฮิรตซ์ กำลังไฟสูงสุด 800 วัตต์ วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 7 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 กำลังไฟ 800 วัตต์ (ระดับความร้อนสูง) ระยะเวลา 30 วินาที

กรรมวิธีที่ 2 กำลังไฟ 800 วัตต์ (ระดับความร้อนสูง) ระยะเวลา 45 วินาที

กรรมวิธีที่ 3 กำลังไฟ 400 วัตต์ (ระดับความร้อนปานกลาง) ระยะเวลา 45 วินาที

กรรมวิธีที่ 4 กำลังไฟ 400 วัตต์ (ระดับความร้อนปานกลาง) ระยะเวลา 60 วินาที

กรรมวิธีที่ 5 กำลังไฟ 240 วัตต์ (ระดับความร้อนต่ำปานกลาง) ระยะเวลา 60 วินาที

กรรมวิธีที่ 6 กำลังไฟ 240 วัตต์ (ระดับความร้อนต่ำปานกลาง) ระยะเวลา 90 วินาที

กรรมวิธีที่ 7 ชูดควบคุม

## 2.2 การอบด้วยตู้อบลมร้อน

วางแผนการทดลองแบบ 3x3(+1) factorial in CRD ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ 3 ระดับ คือ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาในการอบ 3 ระดับ คือ 30 45 และ 60 นาที มี 10 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที

กรรมวิธีที่ 2 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 45 นาที

กรรมวิธีที่ 3 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 นาที

กรรมวิธีที่ 4 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที

กรรมวิธีที่ 5 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 45 นาที

กรรมวิธีที่ 6 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 นาที

กรรมวิธีที่ 7 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที

กรรมวิธีที่ 8 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 45 นาที

กรรมวิธีที่ 9 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 นาที

กรรมวิธีที่ 10 ชูดควบคุม

ตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อราจากตัวอย่างที่ผ่านการอบด้วยตู้อบและเตาไมโครเวฟ โดยวางตัวอย่างบนอาหารเลี้ยงเชื้อรา DG18 ตัวอย่างละ 5 จานเลี้ยงเชื้อๆ ละ 10 ชั้น บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน บันทึกเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของเชื้อรา

$$\% \text{ การปนเปื้อนของเชื้อรา} = \frac{\text{จำนวนชิ้นที่พบเชื้อรา}}{\text{จำนวนชิ้นที่วาง}} \times 100$$

ตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน ด้วยชุดทดสอบ Veratox<sup>®</sup> NEOGEN คำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารพิษ

$$\% \text{ การลดลงของสารพิษ} = \frac{\text{ปริมาณสารพิษจากชุดควบคุม} - \text{ปริมาณสารพิษที่พบ}}{\text{ปริมาณสารพิษจากชุดควบคุม}} \times 100$$

### เวลาและสถานที่

ระยะเวลาทำการทดลอง เริ่มต้น ตุลาคม 2553 สิ้นสุด กันยายน 2555

สถานที่ทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

### ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 1. การปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ

พบการปนเปื้อนของเชื้อราในผลไม้อบแห้ง 14 ชนิด จำนวน 38 ตัวอย่าง (41.30%) เชื้อราที่พบ ได้แก่ *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. aculeatus*, *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp. และ *Fusarium* sp. เชื้อราสาเหตุที่มีรายงานการสร้างสารโอคราทอกซิน เอ ได้แก่ *A. niger* (Abarca et al, 1994) และกลุ่ม *Penicillium* เช่น *P. verrucosum* (Cabanes et al, 2010) จากการศึกษาพบเชื้อสาเหตุคือ *A. niger* ในผลไม้อบแห้ง 13 ชนิด ได้แก่ แครนเบอร์รี่ บลูเบอร์รี่ บ๊วย บิงเชอร์รี่ พ룬 มะขาม มะม่วง ลำไย ลูกเกตขาว ลูกเกตดำ สตรอเบอร์รี่ และอินทผลัม และพบ *Penicillium* sp. ในผลไม้อบแห้ง 4 ชนิด ได้แก่ พ룬 มะขาม ลิ้นจี่ และลูกเกตดำ (Table 1) การทดสอบการสร้างสารพิษของเชื้อรา *A. niger*, *A. aculeatus* และ *Penicillium* sp. ที่พบในตัวอย่างผลไม้อบแห้ง ไม่พบการสร้างสารพิษของเชื้อราดังกล่าว

การวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ ด้วยวิธี ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) พบการปนเปื้อนจำนวน 80 ตัวอย่าง (86.96%) มีการปนเปื้อนอยู่ระหว่าง 0.30 - 24.10 พีพีบี (ไมโครกรัม ต่อกิโลกรัม) การปนเปื้อนสูงสุดพบในบลูเบอร์รี่ 24.10 พีพีบี รองลงมาคือ ลูกเกตขาว แครนเบอร์รี่ มะเขือเทศ และลิ้นจี่ พบ 13.0, 9.55, 9.4 และ 8.00 พีพีบี ตามลำดับ และพบผลไม้อบแห้งจำนวน 13 ชนิด ที่มีการปนเปื้อนของโอคราทอกซิน เอ ในทุกตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ กีวี แครนเบอร์รี่ บลูเบอร์รี่ บิงเชอร์รี่ ฝรั่ง พุทราจีน พิกซ์ มะขาม มะม่วง ลูกเกตขาว สตรอเบอร์รี่ สับปะรด และอินทผลัม (Table 2)

นอกจากนี้ ยังพบว่า ผลไม้อบแห้งนำเข้ามีการปนเปื้อนของเชื้อราน้อยกว่าผลไม้อบแห้งที่ผลิตในประเทศ โดยพบการปนเปื้อน 37.50% และ 50.00% ตามลำดับ แต่ในทางตรงกันข้ามพบการปนเปื้อนของสารพิษในผลไม้อบแห้งนำเข้ามากกว่าผลไม้อบแห้งที่ผลิตในประเทศ โดยพบการปนเปื้อน 92.85% และ 77.77% ตามลำดับ

(Figure 1) จากการศึกษา พบว่าตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนของเชื้อราอาจไม่มีการปนเปื้อนของสารพิษหรือมีการปนเปื้อนในปริมาณน้อย และเชื้อราที่พบอาจไม่ใช่สายพันธุ์ที่สร้างสารพิษ ทั้งนี้การสร้างสารพิษของเชื้อราสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในแปลงปลูก ระหว่างเก็บเกี่ยว หลังการเก็บเกี่ยว และในระหว่างการเก็บรักษา (เนตรนภิส, 2554) สำหรับผลไม้บอบแห้งนำเข้า สารพิษอาจถูกสร้างทิ้งไว้ในผลิตภัณฑ์ แต่เชื้อราอาจถูกทำลายในระหว่างขั้นตอนการผลิต เช่น การลวกด้วยน้ำร้อน หรือไอน้ำ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2556) อีกทั้งผลิตภัณฑ์นำเข้าส่วนใหญ่มีการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ได้มาตรฐาน โอกาสในการปนเปื้อนของเชื้อราจึงน้อย ในขณะที่ผลไม้บอบแห้งที่ผลิตในประเทศ ผลิตภัณฑ์หลายชนิดใช้บรรจุภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน เมื่อมีสภาพแวดล้อมและอาหารที่เหมาะสมเชื้อราจึงเจริญได้ดีกว่า

## 2. การลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้บอบแห้งด้วยวิธีทางกายภาพ

การปนเปื้อนของเชื้อราในบลูเบอร์รี่ ลูกเกดขาว และแครนเบอร์รี่ หลังทำการอบด้วยเตาไมโครเวฟและตู้อบลมร้อน พบว่าในทุกกรรมวิธีมีการปนเปื้อนของเชื้อราในปริมาณที่น้อยมาก โดยพบเพียง 0-2.22% และไม่พบเชื้อราสาเหตุที่สร้างสารพิษ ทั้งนี้ผลไม้บอบแห้งทั้ง 3 ชนิดเป็นผลไม้นำเข้า จึงอาจเป็นไปได้ว่าเชื้อราที่มีการสร้างสารพิษไว้ในผลิตภัณฑ์ แต่เมื่ออุณหภูมิไม่เหมาะสมเชื้อราอาจตายหรืออาจถูกทำลายลงในช่วงกระบวนการทำแห้ง

### *การอบด้วยเตาไมโครเวฟ*

ผลการทดลองพบว่า ปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้บอบแห้งหลังทำการอบด้วยเตาไมโครเวฟที่กำลังไฟและระยะเวลาการอบต่างๆ เปรียบเทียบกับผลไม้บอบแห้งที่ไม่ผ่านการอบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การอบด้วยเตาไมโครเวฟความร้อนระดับปานกลางหรือกำลังไฟ 400 วัตต์ขึ้นไป มีผลทำให้ปริมาณสารพิษลดลงได้ โดยระดับกำลังไฟและระยะเวลาจะแตกต่างกันในแต่ละชนิดของผลไม้ ในบลูเบอร์รี่พบปริมาณสารพิษอยู่ระหว่าง 19.17 – 21.25 พีพีบี สารพิษลดลงสูงสุด 28.45% เมื่ออบที่กำลังไฟ 400 วัตต์ นาน 45 วินาที แต่ปริมาณสารพิษที่ผ่านการอบในแต่ละกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ลูกเกดขาวพบการปนเปื้อนของสารพิษอยู่ระหว่าง 2.17 – 9.47 พีพีบี เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารพิษอยู่ระหว่าง 32.48 – 84.56% โดยพบว่าการอบที่กำลังไฟ 400 วัตต์ นาน 60 วินาที ลดปริมาณสารพิษลงได้สูงสุด 84.56% และในลูกเกดที่ผ่านการอบที่กำลังไฟ 800 วัตต์ นาน 30 และ 45 วินาที และที่กำลังไฟ 400 วัตต์ นาน 45 วินาที มีปริมาณสารพิษไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยสามารถลดสารพิษลงได้ 69.70, 68.46 และ 68.59 % ตามลำดับ สำหรับแครนเบอร์รี่พบการปนเปื้อนของสารพิษตั้งแต่ 4.45 – 13.28 พีพีบี สารพิษลดลงสูงสุด 74.35% เมื่อทำการอบที่กำลังไฟ 800 วัตต์ นาน 45 วินาที (Table 3, Figure 2)

### *การอบด้วยตู้อบลมร้อน*

ผลการทดลองพบว่า ปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้บอบแห้งหลังทำการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างกัน เปรียบเทียบกับผลไม้บอบแห้งที่ไม่ผ่านการอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้จะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของผลไม้ ในบลูเบอร์รี่พบปริมาณสารพิษอยู่ระหว่าง 15.19- 20.74 พีพีบี สารพิษลดลงสูงสุด 43.30% เมื่ออบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที ซึ่งการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นและระยะเวลาที่นานขึ้นไม่มีผลต่อการลดลงของสารพิษ ลูกเกดขาวพบการปนเปื้อนของ

สารพิษอยู่ระหว่าง 2.55- 13.74 พีพีบี สารพิษลดลงสูงสุด 81.85% เมื่ออบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลต่อการลดลงของสารพิษ สำหรับแครนเบอร์รี่พบการปนเปื้อนของสารพิษอยู่ระหว่าง 2.85- 7.27 พีพีบี ลดลงสูงสุด 83.59% เมื่ออบด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที การใช้อุณหภูมิสูง และระยะเวลาที่นานขึ้นมีผลต่อการลดลงของสารพิษ แต่ไม่มีร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสอง (Table 4, Figure 3)

### สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

1. เชื้อราที่พบในผลไม้อบแห้งได้แก่ *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. aculeatus*, *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp. และ *Fusarium* sp. แต่ไม่พบการสร้างสารพิษของเชื้อราสาเหตุ
2. การปนเปื้อนของสารพิษสูงสุดพบในบลูเบอร์รี่ ลูกเกตขาว และแครนเบอร์รี่ โดยการปนเปื้อนในบลูเบอร์รี่ และลูกเกตขาว มีค่าเกินมาตรฐานกำหนดสูงสุดสำหรับโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง ที่ 10 พีพีบี (European Union, 2010)
3. การให้ความร้อนสามารถลดปริมาณสารพิษในผลไม้อบแห้งลงได้ แต่อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้จะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของผลไม้ การอบด้วยเตาไมโครเวฟหรือการอบด้วยตู้อบก่อนการบริโภคจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคได้รับสารพิษในปริมาณที่น้อยลง
4. การอบผลไม้อบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟที่ความร้อนระดับปานกลางหรือกำลังไฟ 400 วัตต์ขึ้นไปก่อนการบริโภค เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในการลดปริมาณสารพิษในครัวเรือนได้

### การนำไปใช้ประโยชน์

ผู้บริโภคสามารถนำวิธีการลดปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง ไปปฏิบัติในครัวเรือนได้ โดยเฉพาะการอบด้วยเตาไมโครเวฟซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวก โดยเลือกระดับความร้อนและระยะเวลาที่เหมาะสมกับผลไม้แต่ละชนิด

### เอกสารอ้างอิง

- เนตรนภิส เขียวขำ. 2554. สารพิษจากเชื้อราในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว. *Postharvest Newsletter* 10: 5-7.
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2556. ผลไม้อบแห้ง. แหล่งที่มา [http://www.tistr-foodprocess.net/fruit\\_dry.html](http://www.tistr-foodprocess.net/fruit_dry.html)
- อมรา ชินภูติ. 2551. สารพิษจากเชื้อราและการจัดการ. หน้า1-21. ใน: เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การตรวจวิเคราะห์สารแอฟลาทอกซินในผลิตภัณฑ์เกษตรอย่างรวดเร็วโดยชุด ต ร ว จ ส อ บ สำเร็จรูป “DOA-Aflatoxin ELISA Test Kit”. สำนักวิจัยพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตร กรมวิชาการเกษตร.
- Abarca, M.L., M.R. Bragulat, G. Castella and F.J. Cabanes. 1994. Ochratoxin A Production by Strains of *Aspergillus niger* var. *niger*. *Applied and Environmental Microbiology* 60: 2650-2652.

- Bayman, P., J.L. Baker, M.A. Doster, T.J. Michailides and N.E. Mahoney. 2002. Ochratoxin production by the *Aspergillus ochraceus* group and *Aspergillus alliaceus*. *Applied and Environmental Microbiology* 68: 2326- 2329.
- Belli, N., S. Marin, A. Duaigues, A. J. Ramos and V. Sanchis. 2004. Ochratoxin A in wines, musts and grape juices from Spain. *J. Sci. Food Agric.* 84: 591- 594.
- Bercan C. 2009. Incidence of ochratoxin A in dried fruits and co-occurrence with aflatoxins in dried figs. *Food and Chemical Toxicology* 47: 1996-2001.
- Blesa, J., J.M. Soriano, J.C. Molto and J. Manes. 2006. Factors affecting the presence of ochratoxin A in wine. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 46: 473-478.
- Cabanes F.J., M.R. Bragulat and G. Castella. 2010. Ochratoxin A Producing Species in the Genus *Penicillium*. *Toxin* 2: 1111- 1120.
- European Union. 2010. Maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Commission Regulation (EU) No 165/2010. 26 february 2010.
- IARC. 1993. Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemical to Humans. Some Naturally-Occurring Substances. Food Item and Constituents. Heterocyclic Aromatic Amines and Mycotoxins. Monographs, vol. 56. pp. 359- 362.
- Magan N. and D. Aldred. 2005. Conditions of formation of ochratoxin A in drying, transport and in different commodities. *Food Additives and Contaminants*: 10-16.
- Osborne, B.G. 1979. Reverse-phase high performance liquid chromatography determination of Ochratoxin A in flour and bakery products. *J. Sci. Food Agric.* 30: 1065-1070.

Table 1. The percentage of contaminated and fungi in dried fruit samples.

Dried fruit	No. of samples	No. of contaminated	Contaminated fungi (%)							Total
			<i>A. flavus</i>	<i>A. niger</i>	<i>A. aculeatus</i>	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Rhizopus</i> sp.	Other	
Kiwi	1	0	-	-	-	-	-	-	-	0
Cranberry	6	1	-	0.48	0.48	-	-	-	-	0.96
Blueberry	4	2	3.5	1	-	-	-	1.5	-	6
Apricot	2	1	4.28	4.28	-	-	-	-	-	8.56
Bing cherry	3	2	8	2.67	1.33	-	-	-	-	12
Guava	2	0	-	-	-	-	-	-	-	0
Prune	10	3	1.6	1	-	0.4	-	-	-	3
Chinese jujube	3	1	1.33	-	-	-	-	-	1.33	2.66
Fig	2	0	-	-	-	-	-	-	-	0
Tomato	4	0	-	-	-	-	-	-	-	0
Tamarind	3	3	4.67	6.67	-	1.33	-	5.33	-	18
Mango	3	1	-	1.33	-	-	-	-	-	1.33
Papaya	1	0	-	-	-	-	-	-	-	0
Longan	9	7	3.97	7.43	2.41	-	-	-	5.01	18.82
Lychee	5	3	4.4	-	0.8	0.4	-	0.4	3.2	9.2
White raisin	15	4	2.48	0.95	0.19	-	0.19	-	-	3.81
Black raisin	12	7	3.09	3.57	1.9	0.24	0.48	0.24	-	9.52
Strawberry	4	2	2.14	2	1	-	-	-	1	6.14
Pineapple	1	0	-	-	-	-	-	-	-	0
Date	2	1	4	42	4	-	-	-	-	50
Total	92	38	43.46	73.38	12.11	2.37	0.67	7.47	10.54	

Table 2. The number of OTA contaminated samples and concentration in dried fruit samples.

Dried fruit	No. of samples	No. of contaminated samples	Range of OTA concentration ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
Kiwi	1	1	0.5
Cranberry	6	6	4.50 - 9.55
Blueberry	4	4	16.05 - 24.10
Apricot	2	1	0-1.00
Bing cherry	3	3	0.9 - 6.4
Guava	2	2	2.50 - 4.85
Prune	10	9	0 - 4.40
Chinese jujube	3	3	0.70 - 3.30
Fig	2	2	1.30 - 2.50
Tomato	4	3	0-9.40
Tamarind	3	3	1.20 - 5.10
Mango	3	3	0.30 - 3.00
Papaya	1	0	0
Longan	9	6	0 - 2.30
Lychee	5	2	0-8.00
White raisin	15	15	0.50 - 13.00
Black raisin	12	10	0 - 1.30
Strawberry	4	4	1.00 - 6.40
Pineapple	1	1	0.1
Date	2	2	0.35 - 1.15
Total	92	80	0 - 24.10

Table 3. The concentration and percentage of OTA reduction after treated with microwave oven at different electric powers and times.

Treatment	Amount of OTA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		
	Blueberry <sup>1/</sup>	White raisin <sup>1/</sup>	Cranberry <sup>1/</sup>
800 watt 30 sec	21.25 a	4.25 ab	7.29 ab
800 watt 45 sec	20.13 a	4.42 ab	4.45 a
400 watt 45 sec	19.17 a	4.41 ab	13.02 c
400 watt 60 sec	20.65 a	2.17 a	10.45 bc
240 watt 60 sec	20.59 a	9.47 c	11.25 c
240 watt 90 sec	20.03 a	7.23 bc	13.28 c
control	26.79 b	14.03 d	17.36 d
	**	**	**
cv (%)	8.6	27.1	17.8

<sup>1/</sup> In a column , Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 4. The concentration and percentage of OTA reduction after treated with hot air oven at different temperatures and times.

Treatment	Amount of OTA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		
	Blueberry <sup>1/</sup>	White raisin <sup>1/</sup>	Cranberry <sup>1/</sup>
80 °C, 30 min.	16.64 abc	8.02 bc	4.55 abc
80 °C, 45 min.	16.10 ab	6.15 b	3.27 ab
80 °C, 60 min.	15.19 a	2.55 a	2.85 a
70 °C, 30 min.	18.88 abc	6.69 b	7.27 d
70 °C, 45 min.	17.66 abc	7.70 bc	5.39 cd
70 °C, 60 min.	16.26 ab	6.13 b	3.87 abc
60 °C 30 min.	20.74 c	13.74 d	5.35 bcd
60 °C, 45 min.	18.81 abc	10.02 c	3.71 abc
60 °C, 60 min.	19.94 bc	13.00 d	3.25 ab
control	26.79 d	14.03 d	17.36 e
	**	**	**
cv (%)	12.1	19.0	19.3

<sup>1/</sup> In a column , Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT



% contamination

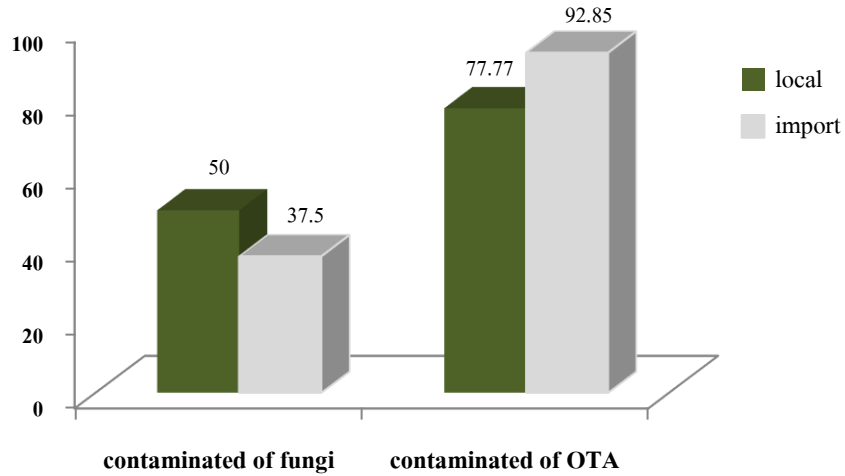


Figure 1. Comparison percentage of fungi and OTA contamination in local and import dried fruit samples.

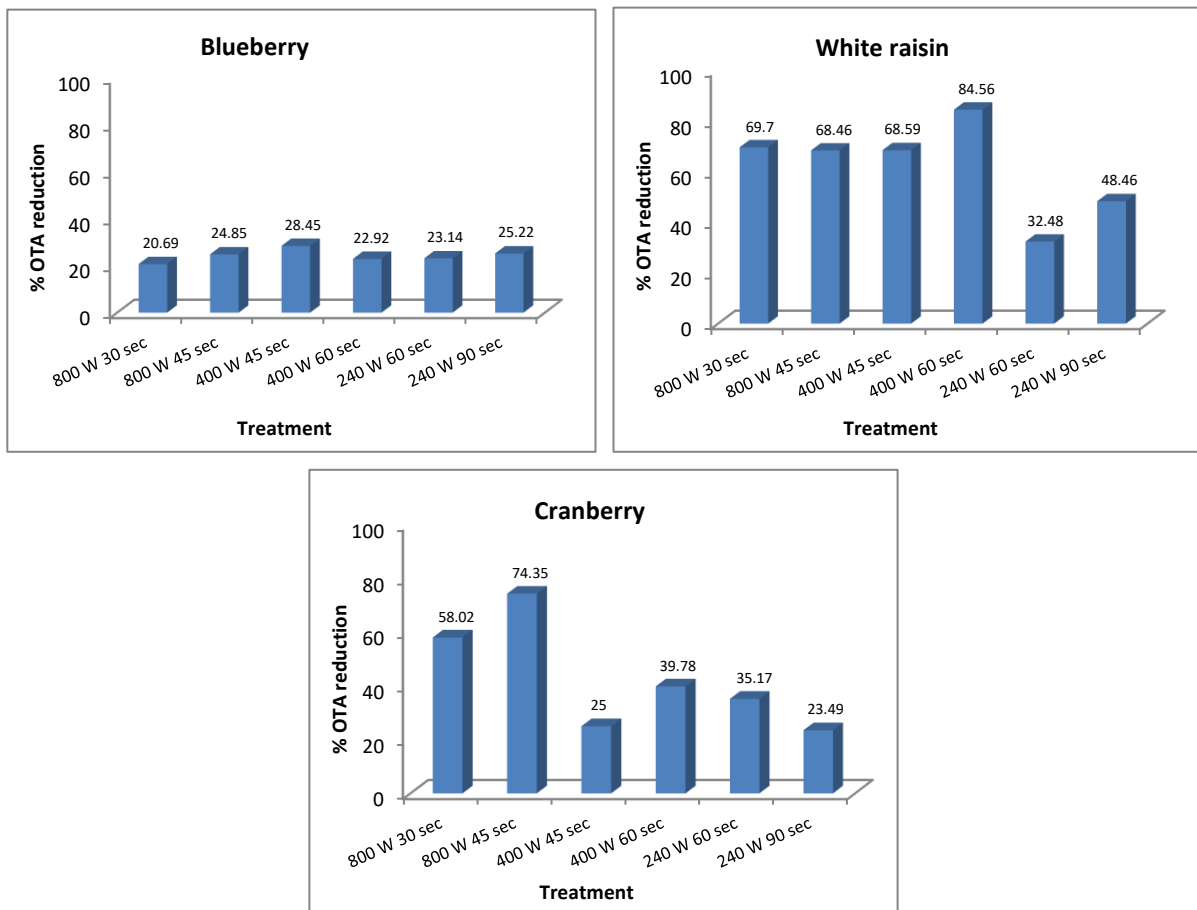


Figure 2. Comparison percentage of OTA reduction after treated with microwave at different electric powers and times.

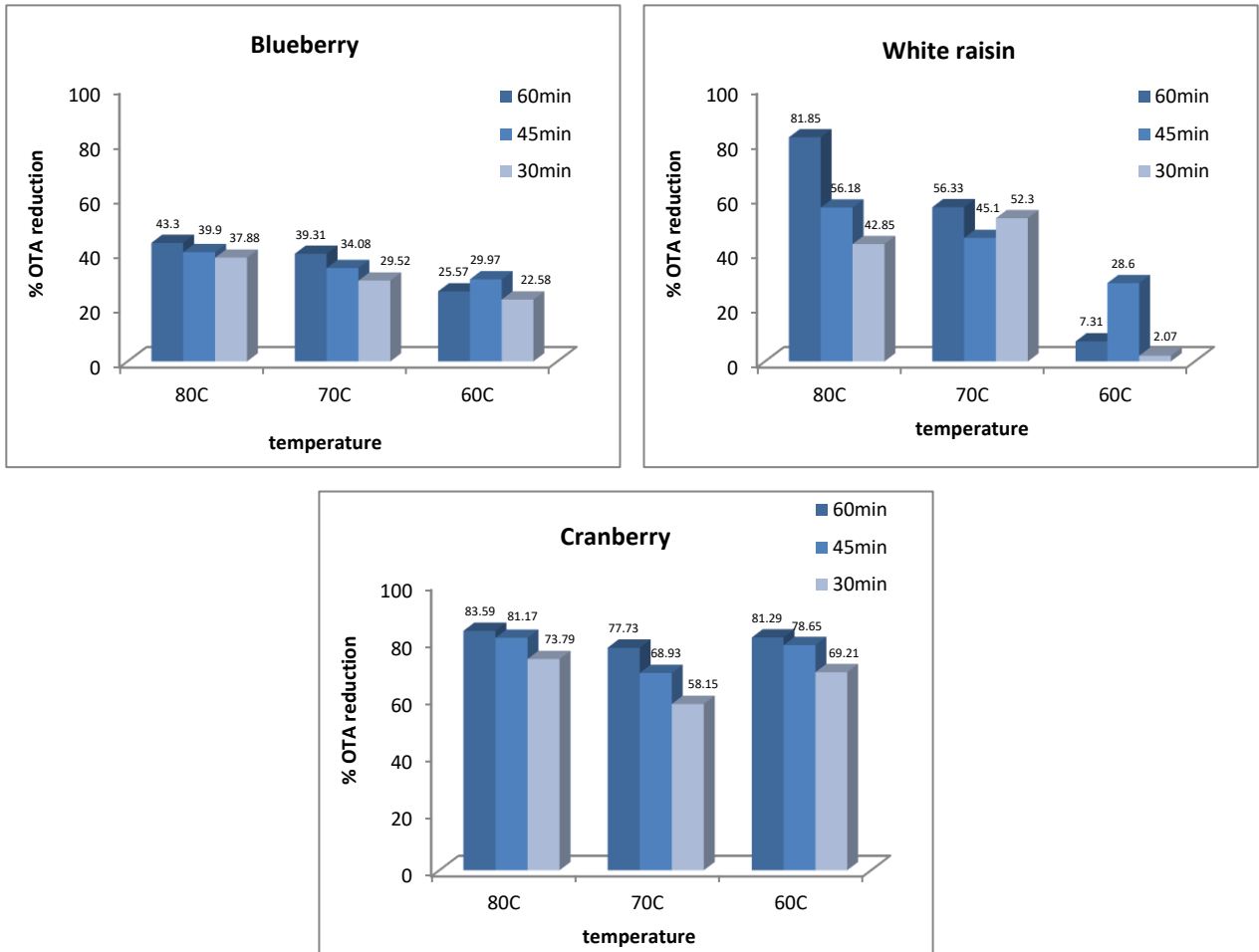


Figure 3. Comparison percentage of OTA reduction after treated with hot air oven at different temperatures and times.