

ผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาในกระบวนการให้ความร้อนต่อการเกิดและความคงตัวของอะคริลาไมด์ในพริกป่น

พนาวลัย กลิ่งกลางดอน และมยุรี อูรารุ่งโรจน์

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

บทคัดย่อ พริกป่นเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ของสินค้าเกษตรที่นิยมบริโภคอย่างแพร่หลาย และมีการผลิตเพื่อการบริโภคโดยตรงและใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหาร ได้มีการประเมินความเสี่ยงของสารอะคริลาไมด์ (acrylamide, AA) ในอาหารต่อคนไทยในปี พ.ศ. 2550 - 2551 พบว่าในประเภทอาหารต่าง ๆ ที่ศึกษานั้น พริกป่นพบ AA เฉลี่ยสูงสุด และการได้รับสัมผัส AA จากพริกป่นสูงเป็นอันดับ 3 รองจากขนมถุงขบเคี้ยวที่ทำจากมันฝรั่งและแป้งมันฝรั่ง ดังนั้นเพื่อลดการเกิด AA ในพริกป่น ผู้วิจัยจึงศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาในการผลิตพริกป่น และศึกษาความคงตัวของสาร AA ที่เกิดขึ้นในพริกป่น เพื่อให้ทราบสภาวะการผลิตพริกป่นให้เกิดสาร AA ต่ำ และทราบแนวโน้มความคงตัวของ AA ในพริกป่นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลาต่าง ๆ ตัวอย่างพริกที่ใช้ศึกษา คือ พริกชี้ฟ้าผลใหญ่ (*Capsicum annuum* Linn.) โดยตรวจวัดปริมาณ AA ในพริกสด พริกแห้ง (พริกสดอบที่ 60°C นาน 9 ชั่วโมง) และพริกป่น (พริกแห้งอบที่ 90, 110 และ 130°C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ) ตรวจวิเคราะห์ปริมาณ AA ใช้เครื่อง Liquid Chromatograph/Triple quadrupole Mass Spectrometer (LC/MS-MS) ผลพบว่าพริกสดและพริกแห้งไม่พบ AA และพริกป่นพบปริมาณ AA ตั้งแต่ 0.07 - 6.48, 1.75 - 8.65 และ 14.7 - 18.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำพริกแห้งอบที่อุณหภูมิ 90°C นาน 20 - 300 นาที, 110°C นาน 20 - 180 นาที และอบที่อุณหภูมิ 130°C นาน 20 - 180 นาที ตามลำดับในการศึกษานี้พบว่าปัจจัยหลักที่ทำให้ AA สูงในการผลิตพริกป่น คือ อุณหภูมิ ดังนั้นการผลิตพริกป่นเพื่อให้เกิด AA ต่ำในกระบวนการอบหรือคั่วพริกนั้นควรเลือกใช้ที่อุณหภูมิต่ำแต่ใช้เวลาเพิ่มขึ้นจะดีกว่าการใช้อุณหภูมิสูงแต่ระยะเวลานั้น สาร AA ที่เกิดขึ้นในพริกป่นจะไม่มีผลคงตัว ซึ่ง AA จะลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล โดยช่วงแรกจะลดลงอย่างรวดเร็วแล้วจึงลดลงอย่างช้า ๆ จนคงที่

Accepted for publication, 18 August 2017

บทนำ

พริกเป็นเครื่องเทศที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง และมีความสัมพันธ์ต่อความเป็นอยู่ของคนไทยมานาน เนื่องจากคนไทยนิยมรับประทานอาหารรสเผ็ด มีการนำพริกมาทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย พริกป่นเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ของสินค้าเกษตรที่นิยมบริโภคอย่างแพร่หลาย และมีการผลิตเพื่อการบริโภคโดยตรงและใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหาร พริกป่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพริกที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum frutescens* L. และ *C. annuum* L. ที่ผ่านกระบวนการทำให้แห้งก่อนนำไปบด⁽¹⁾ สำหรับพริกป่นที่คนไทยนิยมบริโภคนั้นจะเป็นการนำพริกแห้งคั่วหรืออบ เพื่อจะเกิดกลิ่นหอมฉุนจากพริกแล้วจึงนำไปบดละเอียด ซึ่งกระบวนการในการผลิตพริกแห้งโดยทั่วไปใช้วิธีการตากแดด อย่าง หรืออบ

อะคริลาไมด์ (Acrylamide, AA) เป็นโมโนเมอร์ที่นำมาผลิตโพลีอะคริลาไมด์ ใช้สำหรับกรองสิ่งสกปรกในน้ำดื่ม กระบวนการเกิด AA ในอาหารยังไม่ทราบแน่ชัด มีข้อสันนิษฐานหลายประการว่าอาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอาหารที่ใช้ความร้อนสูงโดยเฉพาะอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง ทำให้เกิดปฏิกิริยา Maillard reaction ระหว่างกรดอะมิโนแอสพาราจีนกับน้ำตาลรีดิวซิง เป็นผลทำให้อาหารมีสีน้ำตาล^(2, 3) หรืออาจเกิดขึ้นระหว่างการผลิตอาหารที่มีไขมันสูงด้วยความร้อนสูง ทำให้กรดอะมิโนในอาหารสลายตัวได้แอมโมเนีย ส่วนกลีเซอรอลจะเกิดปฏิกิริยาจัดน้ำออกทำให้ได้สารอะโครลีน อะโครลีนจะถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็นกรดอะคริลิกและทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียเกิดเป็นสาร AA⁽⁴⁾ อย่างไรก็ตามปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด AA ขึ้นอยู่กับเวลา อุณหภูมิ และกระบวนการให้ความร้อนกับอาหาร เช่น การอบ ทอด ปิ้ง ย่าง รวมทั้งส่วนประกอบของอาหาร ปริมาณน้ำในอาหาร พื้นที่ผิวของอาหาร วิธีการเก็บ ความเป็นกรด - ด่าง (pH) เป็นต้น⁽⁵⁾

AA มีพิษต่อระบบประสาทและมีผลต่อระบบสืบพันธุ์ในสัตว์ทดลอง หากได้รับสารดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง จะเกิดการเสื่อมถอยที่ปลายประสาทในสมองที่ควบคุมการเรียนรู้ ความจำ ทำให้เกิดมะเร็งและก่อการกลายพันธุ์ในสัตว์ทดลอง⁽⁵⁾ ปี พ.ศ. 2554 องค์การอนามัย (WHO) โดยการประเมินของ the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive (JECFA) จากค่า NOAEL (no observe adverse effect level) หลากหลายการศึกษาโดยใช้ end-point ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (non-carcinogenic) พบค่า NOAEL ที่ต่ำสุดเท่ากับ 0.2 มิลลิกรัมต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมต่อวัน (mg/kg bw/day)⁽⁶⁾ ซึ่งได้จากการศึกษาในหนู (rat) โดยให้ดื่มน้ำที่มี AA และ end-point ในการศึกษาคือการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา (morphological) ของประสาท สำหรับในการศึกษาในมนุษย์มีความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับ AA กับการเกิดมะเร็ง หน่วยงาน International Agency for Research on Cancer (IARC) จัดให้สารนี้อยู่ในกลุ่ม 2A คือเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ (probably carcinogenic to humans, group 2A)⁽⁷⁾ ปัจจุบันยังไม่ได้มีการกำหนดค่า Tolerable intake และเนื่องจาก AA เป็นสารก่อมะเร็งที่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ (genotoxic carcinogen) ในสัตว์ทดลอง จึงใช้ค่า Margin of exposure (MOE) ในการบ่งบอกความปลอดภัยต่อสุขภาพ ซึ่งจากการประเมินของ JECFA พบว่าปริมาณการได้รับสัมผัส (exposure) AA ของประชากรทั่วไป เท่ากับ 0.001 mg/kg bw/day และประชากรที่บริโภคสูง 0.004 mg/kg bw/day และค่า MOE เท่ากับ 200 และ 50 ตามลำดับ⁽⁶⁾ ซึ่งค่า MOE ใช้ค่า NOAEL ที่ 0.2 mg/kg bw/day ในการคำนวณ โดย MOE เท่ากับ Point of Departure (POD) หารด้วยปริมาณการได้รับสัมผัส (exposure) ซึ่งค่า POD ในการคำนวณนี้ใช้ค่า NOAEL

ปี พ.ศ. 2556 คณะกรรมาธิการของสหภาพยุโรปได้เสนอแนะค่าบ่งชี้ของ AA (inductive acrylamide values) ซึ่งแบ่งตามชนิดอาหาร มีค่าตั้งแต่ 50 - 4,000 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ข้อมูลนี้ได้จากการตรวจเฝ้าระวังปริมาณอะคริลาไมด์ในอาหารขององค์การความปลอดภัยอาหารแห่งยุโรป (The European Food Safety Authority, EFSA) ในปี พ.ศ. 2550 - 2555⁽⁸⁾ และปัจจุบันยังไม่มีกำหนดมาตรฐานของ AA ในอาหาร

เนื่องจากพริกชี้หนูแห้งที่นิยมนำมาทำพริกป่นนั้นมีคาร์โบไฮเดรตสูง⁽⁹⁾ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 50.50 กรัมต่อ 100 กรัม นอกจากนั้นยังพบโปรตีน ไขมัน น้ำ และสารอนินทรีย์ เท่ากับ 15.80, 9.10, 20.8 และ 3.80 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งจากส่วนประกอบต่าง ๆ ที่พบในพริกนี้สามารถเป็นตัวตั้งต้นปฏิกิริยา (precursor) ในการเกิด AA ได้ และการเกิด AA จะเกิดที่ผิวหนังของอาหารที่เกิดการไหม้เป็นสีน้ำตาล ดังนั้นอาหารที่มีพื้นที่ผิวบางจะสัมผัสกับความร้อนได้มากโอกาสเกิด AA สูง ซึ่งพริกมีลักษณะเปลือกบางทำให้เกิดการไหม้ง่ายจึงเกิด AA สูง และเมื่อนำพริกแห้งมาคั่วหรืออบจึงมีโอกาที่จะเกิด AA สูง จากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่เคยมีรายงานการตรวจวิเคราะห์ AA ในพริก ต่อมาในปี พ.ศ. 2550 - 2551 ได้มีการประเมินความเสี่ยงของสาร AA ในอาหารต่อคนไทย พบว่า ในประเภทอาหารต่างๆ ที่ศึกษานั้น พริกป่นพบ AA เฉลี่ยสูงสุด มีค่าเท่ากับ 2.179 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) และปริมาณการได้รับสัมผัสสาร AA เฉลี่ย เท่ากับ 0.0415 ไมโครกรัมต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมต่อวัน ($\mu\text{g/kg bw/day}$) ซึ่งเป็นอันดับ 3 รองจากขนมถุงขบเคี้ยวที่ทำจากมันฝรั่ง และขนมถุงขบเคี้ยวที่ทำจากแป้งมันฝรั่ง มีค่าเท่ากับ 0.0473 และ 0.0646 $\mu\text{g/kg bw/day}$ ตามลำดับ⁽¹⁰⁾ ซึ่งการได้รับ AA จากพริกป่นนี้ต่ำกว่าการได้รับ AA ในประชากรทั่วไปที่ JECFA ประเมินไว้ประมาณ 25 เท่า แต่นอกจากพริกป่นแล้วยังต้องได้รับ AA จากอาหารอื่นๆ เพิ่มอีก คนไทยอาจมีโอกาสเสี่ยงที่จะได้รับ AA โดยเฉพาะคนที่ชอบทานเผ็ดที่ใช้พริกป่นเพื่อปรุงรสหรือประกอบอาหาร ผู้วิจัยจึงศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาในการผลิตพริกป่น และศึกษาความคงตัวของสาร AA ที่เกิดขึ้นในพริกป่น เพื่อให้ทราบสถานะการผลิตพริกป่นให้เกิดสาร AA ต่ำ และทราบแนวโน้มความคงตัวของ AA ในพริกป่นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลาต่าง ๆ

วัสดุและวิธีการ

การศึกษานี้ดำเนินการในปี พ.ศ. 2553 - 2554 มี 2 ขั้นตอน คือ ศึกษาผลกระทบอุณหภูมิและเวลาต่อการเกิด AA ในการผลิตพริกป่น และความคงตัวของ AA ที่เกิดขึ้นในพริกป่น

1. วัสดุ

1.1 ตัวอย่าง

- พริกสด เลือกใช้พริกชี้หนูผลใหญ่ (*Capsicum annuum* Linn.)⁽¹¹⁾ เป็นตัวแทนในการศึกษา ซึ่งเป็นพริกแห้งเดียวกัน จำนวน 5 กิโลกรัม

- พริกแห้ง ได้จากการนำพริกสดดังกล่าวมาอบให้แห้ง

- พริกป่น ได้จากการนำพริกแห้งมาอบที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ แทนการคั่ว

1.2 เครื่องมือ

- เตาอบร้อน (Hot air oven)

- เครื่องบดตัวอย่าง

- เครื่องมือ liquid chromatography/triple quadrupole mass spectrometer (LC/MS-MS) (model Agilent 1100 - API 4000)

2. วิธีการ

2.1 ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อการเกิด AA ในการผลิตพริกป่น (ภาพที่ 1)

2.1.1 ตัวอย่างพริกสด จำนวน 300 กรัม นำมาบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำวิเคราะห์ AA ตามวิธีการตรวจวิเคราะห์ โดยการวิเคราะห์ 1 ซ้ำ ($n = 1$)

2.1.2 ตัวอย่างพริกแห้ง พริกสดที่เหลือมาทำเป็นพริกแห้ง โดยการอบที่อุณหภูมิตัวแทนวิธีการตากแดดหรือย่าง โดยเริ่มจากชั่งน้ำหนักพริกสดก่อนอบ นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำพริกเข้าอบซ้ำ ครั้งละ 1 ชั่วโมง และ



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

ภาพที่ 1 พริกชี้ใหญ่ที่สภาวะทดลองต่าง ๆ (a) พริกสด (b) พริกแห้ง (c) พริกแห้ง อบที่ 90°C 240 นาที (d) พริกแห้ง อบที่ 90°C 300 นาที (e) พริกแห้ง อบที่ 110°C 90 นาที (f) พริกแห้ง อบที่ 110°C 120 นาที (g) พริกแห้ง อบที่ 130°C 40 นาที (h) พริกแห้ง อบที่ 130°C 60 นาที

ดำเนินการตามวิธีเดียวกัน จนน้ำหนักพริกแห้งคงที่ ซึ่งใช้เวลาทั้งหมด 9 ชั่วโมง นำตัวอย่างพริกแห้ง จำนวน 100 กรัม มาบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำมาวิเคราะห์ AA ตามวิธีการตรวจวิเคราะห์ ($n = 1$) และตัวอย่างพริกแห้งที่เหลือใช้ การเตรียมตัวอย่างพริกป่น

2.1.3 ตัวอย่างพริกป่น นำพริกแห้งจากข้อ 2.1.2 มาศึกษาต่อโดยอบที่อุณหภูมิ 90, 110 และ 130°C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ดังนี้

- อุณหภูมิ 90°C ที่เวลา 20, 40, 60, 90, 120, 150, 180, 240 และ 300 นาที
- อุณหภูมิ 110°C ที่เวลา 20, 40, 60, 90, 120 และ 180 นาที
- อุณหภูมิ 130°C ที่เวลา 20, 40, 60, 90, 120 และ 180 นาที

นำตัวอย่างพริกที่อบแต่ละสภาวะ จำนวน 100 กรัม มาบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำมา วิเคราะห์ AA ตามวิธีการตรวจวิเคราะห์ ($n = 1$)

2.2 ทดสอบความคงตัว (Stability) ของ AA ที่เกิดในพริกป่น

เลือกตัวอย่างพริกป่นที่ได้จากการอบที่ 90°C เวลา 300 นาที (5 ชั่วโมง) เพื่อเป็นตัวแทน ในการศึกษาความคงตัวของสาร AA (เนื่องจากตัวอย่างนี้พบสาร AA ในระดับกลาง ๆ) โดยแบ่งตัวอย่างมาวิเคราะห์ ทุกเดือน เป็นระยะเวลา 9 เดือน ตัวอย่างบรรจุในถุงพลาสติกปิดปากถุงด้วยยางรัด เก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง

3. การตรวจวิเคราะห์

ตรวจวิเคราะห์ปริมาณ AA ในตัวอย่าง ด้วยวิธี In-house method based on J. Chromatography. A Vol. 1120, 2006⁽¹²⁾ หลักการสกัดสาร AA จากตัวอย่างด้วยสารละลายผสมเมทานอลในน้ำ 70% (v/v) ทำให้บริสุทธิ์ด้วยสารละลาย carrez I และ carrez II กำจัดชั้นเมทานอลออกจากสารละลายตัวอย่างโดยการระเหยด้วย แก๊สไนโตรเจน แล้วเก็บในชั้นน้ำ นำมาวิเคราะห์ปริมาณ AA ด้วยเครื่องมือ liquid chromatography/triple quadrupole mass spectrometer (LC/MS-MS) วิธีนี้มีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (method validation) และได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2005

ประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ Limit of detection (LOD) เท่ากับ 0.02 mg/kg, Limit of quantitation (LOQ) เท่ากับ 0.04 mg/kg ตรวจสอบความแม่นยำและความเที่ยง (accuracy and precision) โดยการเติมสาร มาตรฐานในตัวอย่าง และวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน standard reference material 2387 Peanut butter (NIST) พบอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ โดย % recovery เท่ากับ 84 - 101% และ % RSD เท่ากับ 5 - 11% เข้าร่วม ทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการ (PT) กับต่างประเทศ ได้ผลอยู่ในเกณฑ์น่าพอใจ และมีการควบคุมคุณภาพ ทุกชุดการทดสอบ (batch) ได้แก่ แบลงค์ (blank) การทำซ้ำ (duplicate) และการเติมสารละลายมาตรฐาน ในตัวอย่างเพื่อหา % recovery

การรายงานผล

- ค่าที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่า LOD จะรายงานไม่พบ
- ค่าที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่า LOQ แต่สูงกว่าหรือเท่ากับ LOD จะรายงานค่า น้อยกว่า LOQ
- ค่าที่วิเคราะห์ได้เท่ากับและสูงกว่า LOQ จะรายงานค่าที่ตรวจพบ

ผล

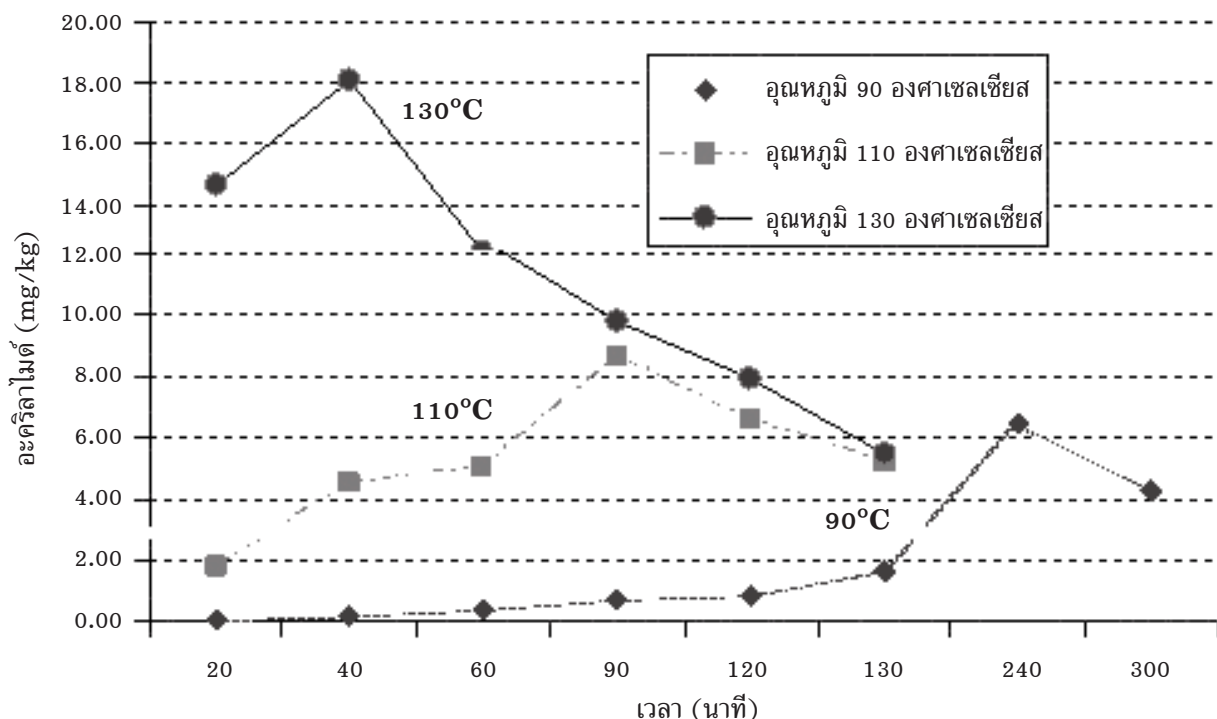
ผลการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อการเกิด AA ในการผลิตพริกป่น (ตารางที่ 1) พบว่าใน พริกสดและพริกแห้ง (อบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 9 ชั่วโมง) ไม่พบสาร AA และเมื่อทดลองผลิตพริกป่นโดยการนำ พริกแห้งอบที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ กัน พบว่าพริกป่นที่ได้จากการอบที่ 90°C ระยะเวลาต่าง ๆ ตั้งแต่ 20 - 300 นาที พบ AA ตั้งแต่ 0.07 - 6.48 mg/kg และพบ AA สูงสุดเมื่ออบเป็นเวลา 240 นาที พริกป่นที่ได้จากการอบที่ 110°C

ระยะเวลาต่าง ๆ ตั้งแต่ 20 - 180 นาที พบ AA ตั้งแต่ 1.75 - 8.65 mg/kg และพบ AA สูงสุดเมื่ออบเป็นเวลา 90 นาที และพริกป่นที่ได้จากการอบที่ 130°C ระยะเวลาต่าง ๆ ตั้งแต่ 20 - 180 นาที พบ AA ตั้งแต่ 14.7 - 18.1 mg/kg และพบ AA สูงสุดเมื่ออบเป็นเวลา 40 นาที เมื่อใช้อุณหภูมิเดียวกันในการอบพบว่า AA จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการอบที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งเกิดสาร AA ในระดับสูงสุดแล้ว ถ้าเพิ่มเวลาอบต่อไปอีกจะพบว่าปริมาณสาร AA จะเริ่มลดลง (ภาพที่ 2) สำหรับในกรณีที่ระยะเวลาการอบที่เท่ากันแต่ใช้อุณหภูมิต่างกัน การเกิดสาร AA จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เช่น พริกป่นที่ได้จากการอบที่ 90, 110 และ 130°C เป็นเวลา 20 นาทีที่เท่ากัน พบ AA เท่ากับ 0.07, 1.75 และ 14.7 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอะคริลาไมด์ (AA) ของพริกที่ศึกษาในสภาวะต่าง ๆ

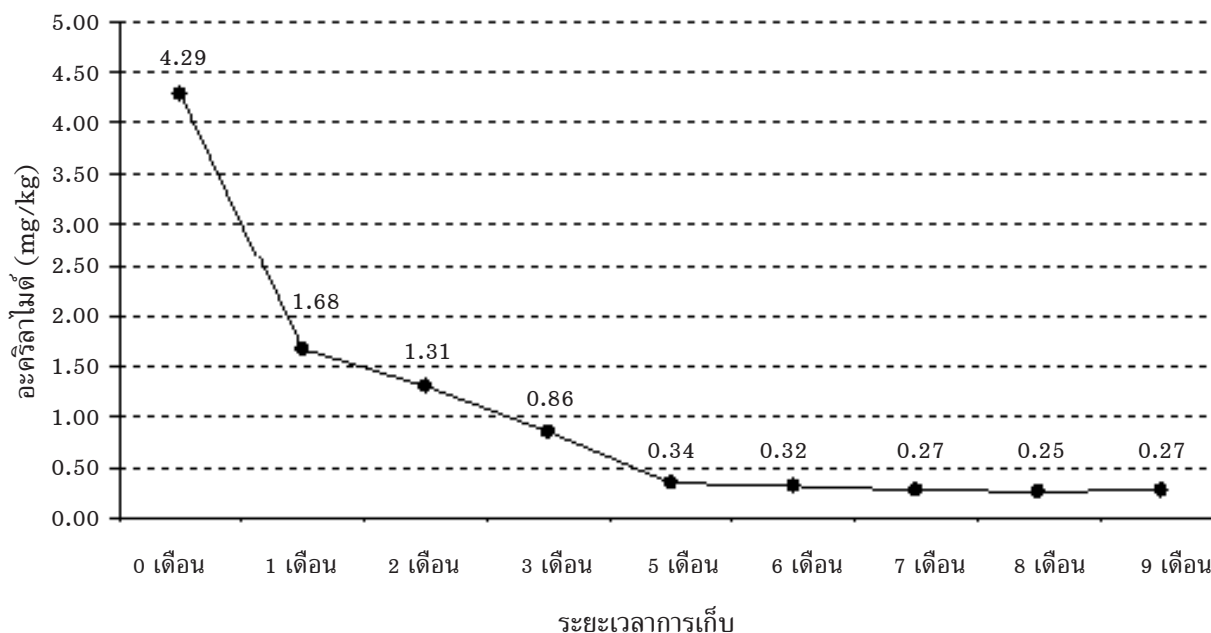
สภาวะที่ศึกษา	ปริมาณอะคริลาไมด์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)									
	เวลา (นาที)	0	20	40	60	90	120	150	180	240 300
พริกสด	ไม่พบ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
พริกแห้ง (อบ 60°C เวลา 9 ชม.)	ไม่พบ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
พริกแห้ง อบที่ 90°C	-	0.07	0.21	0.38	0.75	0.88	1.17	1.64	6.48*	4.29
พริกแห้ง อบที่ 110°C	-	1.75	4.54	5.10	8.65*	6.60	-	5.20	-	-
พริกแห้ง อบที่ 130°C	-	14.7	18.1*	12.5	9.80	7.96	-	5.45	-	-

หมายเหตุ * พบปริมาณอะคริลาไมด์สูงสุดในแต่ละอุณหภูมิที่ศึกษา
จำนวนซ้ำในการตรวจวิเคราะห์ = 1



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอะคริลาไมด์ที่เกิดในพริกป่น อบที่อุณหภูมิ 90, 110 และ 130 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ผลการศึกษาความคงตัวของ AA พบว่าตัวอย่างพริกป่นที่ได้จากการอบที่ 90°C เป็นเวลา 300 นาที (5 ชั่วโมง) มี AA เริ่มต้น 4.29 mg/kg จากนั้นเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องไว้เป็นระยะเวลา 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน พบ AA เท่ากับ 1.68, 1.31, 0.86, 0.34, 0.32, 0.27, 0.25 และ 0.27 mg/kg ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า AA ในพริกป่นจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก แล้วจึงลดลงอย่างช้า ๆ และเมื่อเก็บไว้ประมาณ 6 - 9 เดือน จะพบว่าปริมาณ AA เริ่มคงที่ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 การศึกษาการคงตัวของสารอะคริลาไมด์ของพริกป่น (ที่ 90°C , 300 นาที) เมื่อเก็บไว้ระยะเวลาต่าง ๆ (จำนวนซ้ำในการตรวจวิเคราะห์ = 1)

วิจารณ์

การศึกษานี้เลือกพริกชี้ฟ้าพันธุ์ใหญ่เป็นตัวแทนพริกสด เนื่องจากเป็นพริกที่นิยมนำมาผลิตพริกแห้งและพริกป่น การเกิด AA ในพริกจะเพิ่มตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นของการอบหรือคั่ว แต่เมื่อเพิ่มจนมีปริมาณ AA สูงสุดแล้ว จากนั้นจะลดลงเพราะ AA ที่เกิดขึ้นจะถูกทำลาย ถึงแม้จะเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการผลิตพริกป่นเพื่อจะทำลาย AA นั้น แต่พริกป่นที่ได้จะไหม้ดำมีรสขมและกลิ่นเหม็นไหม้ไม่เหมาะที่จะรับประทาน (ภาพที่ 1) กรณีที่ระยะเวลาที่อบเท่า ๆ กัน แต่ใช้อุณหภูมิต่างกัน เช่น ระยะเวลา 20 นาทีเท่ากัน อบที่ 90°C , 110°C และ 130°C จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้น 20°C (จาก 90°C เป็น 110°C) AA เพิ่มขึ้นประมาณ 24 เท่า (0.07 mg/kg เป็น 1.75 mg/kg) และเมื่อเพิ่ม 40°C (จาก 90°C เป็น 130°C) AA เพิ่มขึ้นประมาณ 204 เท่า (0.07 mg/kg เป็น 14.7 mg/kg) ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตพริกป่นจึงถือเป็นปัจจัยหลัก การผลิตพริกป่นเพื่อให้เกิดสาร AA ต่ำ จึงควรเลือกใช้การอบหรือคั่วด้วยอุณหภูมิต่ำแต่ใช้เวลาเพิ่มขึ้น จะดีกว่าการใช้อุณหภูมิสูงแต่ระยะเวลาน้อย

การศึกษาความคงตัวของ AA ที่เกิดในพริกป่นพบว่าจะลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (exponential) ซึ่งจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกแล้วจึงคงที่ คล้ายกับ AA ที่เกิดในกาแฟหรือโกโก้ ซึ่งจะแตกต่างจากอาหารส่วนใหญ่ที่สาร AA เกิดขึ้นในอาหารจะค่อนข้างคงตัว การลดลงของ AA ที่เกิดขึ้นอาจเนื่องจากส่วนประกอบพิเศษและ/หรือปฏิกิริยาที่เกิดในผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลต่อระดับ AA เช่น SH group ที่มีในผลิตภัณฑ์ทำปฏิกิริยากับ AA

จะทำให้เกิดการเสื่อมสลาย (degradation) ของ AA ได้^(13, 14) แม้ว่าพริกป่นที่เก็บไว้นานจะพบ AA ต่ำกว่าพริกป่นที่ผลิตใหม่ ๆ แต่การที่เก็บพริกป่นไว้นาน ถ้าการเก็บรักษาไม่ดีพอก็อาจพบสารพิษจากเชื้อราเพิ่ม เช่น อะฟลาทอกซิน โอคราตอกซิน เอ ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งได้เช่นกัน สำหรับผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรมการผลิตพริกป่นเพื่อจำหน่ายควรจัดทำระบบ Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) เพื่อควบคุมการผลิตอาหารเพื่อให้ได้อาหารที่ปลอดภัย โดยในกระบวนการให้ความร้อนเลือกอุณหภูมิต่ำสุดและระยะเวลาที่เหมาะสมที่จะทำให้พริกป่นมีกลิ่นหอมจากพริก แต่ไม่ให้ไหม้ และกรณีที่คั่วพริกเพื่อทำพริกป่นเพื่อรับประทานเองในครัวเรือนหรือแบ่งจำหน่าย แนะนำให้ใช้ไฟอ่อน ๆ ในการคั่วพริก และคั่วเพื่อให้มีกลิ่นหอมจากพริกไม่ควรให้ไหม้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิด AA สูง ตั้งแต่การผลิต

การเกิด AA ในพริกป่นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมนอกจากปัจจัยเรื่อง อุณหภูมิและเวลา อาจจะมีปัจจัยอื่น ๆ อีก เช่น ชนิดของพริก และสำหรับส่วนการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ AA ในการศึกษาครั้งนี้ ถึงแม้จะวิเคราะห์ซ้ำเดียว แต่วิธีวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการใช้ตรวจวิเคราะห์ AA นั้นใช้เทคนิค isotope dilution โดยใช้ d3-acrylamide ซึ่งเป็นไอโซโทปของ AA เป็น internal standard ซึ่งจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดจากขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและการตรวจวัดปริมาณด้วยเครื่อง LC-MS/MS ทำให้ผลการตรวจมีความเที่ยง (precision) สูง ในการตรวจวิเคราะห์ และนอกจากนั้นยังมีการควบคุมการตรวจวิเคราะห์ทุกชุดการทดสอบ (batch)

สรุป

การศึกษานี้พบว่าในการผลิตพริกป่นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบสูงขึ้นจะพบ AA สูงขึ้น และเมื่อเพิ่มระยะเวลาอบนานขึ้นจะพบ AA สูงขึ้นเช่นกัน และเมื่อถึงสภาวะที่อุณหภูมิและเวลาหนึ่งที่ทำให้เกิด AA สูงสุดแล้ว หลังจากนั้น AA จะลดลง เนื่องจาก AA ที่เกิดขึ้นบางส่วนจะถูกทำลาย เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิ และระยะเวลา พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิด AA สูงในการผลิตพริกป่น ดังนั้นการผลิตพริกป่นเพื่อให้เกิดสาร AA ต่ำ กระบวนการอบหรือคั่วพริกนั้นควรเลือกใช้ที่อุณหภูมิต่ำแต่ใช้ระยะเวลานานขึ้นจะดีกว่าการใช้อุณหภูมิสูงแต่ระยะเวลานั้น สาร AA ที่เกิดขึ้นในพริกป่นจะไม่มีผลต่อสุขภาพ ซึ่งจะลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล โดยช่วงแรกจะลดลงอย่างรวดเร็ว แล้วจึงลดลงอย่างช้า ๆ จนคงที่

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 3004-2560 พริกป่น. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 134 ตอนพิเศษ 99 ง (วันที่ 7 เมษายน 2560).
2. Mottram DS, Wedzicha BJ, Dodson AT. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* 2002; 419: 448-9.
3. Stadler RH, Blank I, Varga N, Robert F, Hau J, Guy PA, et al. Acrylamide form Maillard reaction products. *Natures* 2002; 419: 449-50.
4. Yasuhara A, Tanaka Y, Hengel M, Shibamoto T. Gas chromatographic investigation of acrylamide formation in browning model systems. *J Agric Food Chem* 2003; 51: 3999-4003.
5. Joint FAO/WHO food standard programme codex committee on food additives and contaminants, discussion paper on acrylamide. CX/FAC 06/38/35. Thirty-eighth session. Hague, Netherlands. 24-28 April 2006.
6. World Health Organization. Evaluations of the joint FAO/WHO expert committee on food additive (JECFA). Acrylamide. [Online]. [cited 2017 Jun 7]. Available from: URL: <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=5198>.

7. World Health Organization, International Agency for Research on Cancer. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. [Online]. [cited 2016 Nov 15]. Available from: URL: <https://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>
8. The European Commission. Commission recommendation of 8 November 2013 on investigation into the levels of acrylamide in food. Official Journal of the European Union 2013; 2013/647/EU: L 301/15-17. [Online]. 2013 [cited 2016 Dec 23]; [3screens]. Available from: URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013H0647&from=EN>
9. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของไทย. นนทบุรี : โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก; 2544.
10. ลัดดาวัลย์ ไรจนพรรณทิพย์, พรรณทิพย์ ตียพันธ์, มยุรี อูรารุ่งโรจน์, พนาวัลย์ กลิ่งกลางดอน. การประเมินความเสี่ยงของสารอะคริลาไมด์ในอาหารต่อคนไทย. วารสารวิชาการสาธารณสุข 2554; 20 (1): 38-50.
11. สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 3001-2553 พริกแห้ง. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 127 ตอนพิเศษ 150 ง (วันที่ 28 ธันวาคม 2553).
12. Gokmen V, Senyuva HZ. A generic method for the determination of acrylamide in thermally processed foods. J Chromatography A 2006; 1120: 194-8.
13. Hoenicke K, Gattermann R. Studies on the stability of acrylamide in food during storage. J AOAC Int 2005; 88: 268-73.
14. Andrzejewski D, Roach JA, Gay ML, Mussser SM. Analysis of coffee for the presence of acrylamide by LC-MS/MS. J Agric Food Chem 2004; 52: 1996-2002.

Effect of Temperature and Duration of Thermal Process on the Occurrence and Stability of Acrylamide in Chili Powder

Panawan Kluengklangdon and Mayuree Uraroongroj

Bureau of Quality and Safety of Food, Department of Medical Sciences, Tiwanond Road, Nonthaburi 11000, Thailand.

ABSTRACT Chili powder is an agricultural commodity, which is commonly consumed, produced and used as a key ingredient in many food products. During 2007–2008, risk assessment of acrylamide (AA) in foods for Thais was conducted and found that chili powder had the highest mean levels of AA among foods subjected to the study and accounted for a third of dietary exposure to the AA, coming after potato crisps and potato starch. Consequently, to reduce acrylamide formation in chili powder, the effect of temperature and duration in chili powder processing was then investigated to obtain the processing condition with low acrylamide formation. Studies on the stability of acrylamide in chili powder was also examined to observe the trend in stability of AA in chili powder during storage at room temperature. Samples used in this study are *Capsicum annuum* Linn. The levels of acrylamide in fresh chili, dried chili (fresh chili heated at 60°C 9 h.) and chili powder (dried chili heated at 90, 110 and 130°C for various times) were analyzed by liquid chromatograph/triple quadrupole mass spectrometer (LC/MS-MS). The results showed that AA was not detected in both fresh and dried chili. Acrylamide was found at 0.07 – 6.48, 1.75 – 8.65 and 14.7 – 18.1 mg/kg in chili powder heated at 90°C for 20 – 300 min, 110°C for 20 – 180 min and 130°C for 20 – 180 min, respectively. This study indicated that the main factor causing the occurrence of acrylamide in chili powder was temperature used in process. Thus, low-temperature long-time process should be applied instead of high-temperature short-time process to reduce levels of acrylamide in chili powder. Acrylamide formed in chili powder is not stable. The acrylamide in chili decreases exponentially, rapidly decreasing at the beginning of the process, and then dropping slowly until being constant.

Keywords: Acrylamide, Occurrence, Stability, Chili powder