Original Article

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินความเสี่ยงของสารอะคริลาไมด์ในอาหารต่อคนไทย

ลัดดาวัลย์ โรจนพรรณทิพย์*
พรรณทิพย์ ตียพันธ์**
มยุรี อุรารุ่งโรจน์*
พนาวัลย์ กลึงกลางดอน*
**สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์*
***สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์*

บทคัดย่อ การประเมินความเสี่ยงของคนไทยจากการได้รับสารอะคริลาไมด์จากอาหารดำเนินการใน พ.ศ. 2550-2551 มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงของสารนี้ต่อคนไทย ข้อมูลความเสี่ยงที่ได้ใช้สนับสนุนการกำหนดค่ามาตรฐานสารอะคริลาไมด์ในอาหารของประเทศไทยและมาตรฐานอาหารสากล และสื่อสารความเสี่ยงให้ประชาชนทราบ การศึกษากระบวนการบ่งชี้ความเป็นอันตรายและการประเมินการตอบสนองต่อปริมาณศึกษาโดยทบทวนข้อมูลจากเอกสาร ปริมาณการได้รับสัมผัสประเมินได้จากปริมาณสารอะคริลาไมด์ในอาหารร่วมกับปริมาณการบริโภค การประเมินความเสี่ยงทำโดยเปรียบเทียบปริมาณการได้รับสารอะคริลาไมด์กับค่าความปลอดภัย การวิเคราะห์ปริมาณสารอะคริลาไมด์ใช้ High Performance Liquid Chromatograph-Mass Spectrometer-Mass Spectrometer (HPLC-MS-MS) ได้วิเคราะห์อาหารที่เสี่ยงต่อสารนี้ รวมทั้งสิ้น 469 ตัวอย่าง พบปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในพริกป่น (2.179 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) รองลงมาคือขนมถุงขบเคี้ยวที่ทำจากแป้งมันฝรั่ง (1.879 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ขนมถุงขบเคี้ยวที่ทำจากมันฝรั่ง (0.813 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) เฟรนช์ฟรายด์ (0.710 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และกาแฟผงสำเร็จรูป (0.655 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สำหรับปริมาณการบริโภคพบคนไทยบริโภคบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปสูงสุด คณะวิจัยประเมินค่าความปลอดภัยของสารอะคริลาไมด์โดยใช้ข้อมูลพิษวิทยาที่มีอยู่ในปัจจุบันได้เท่ากับ 2 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน การศึกษาพบคนไทยได้รับสัมผัสสารอะคริลาไมด์โดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน คิดเป็น 0.25 เท่าของค่าความปลอดภัย ส่วนคนที่บริโภคสูงระดับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ได้รับสัมผัสเท่ากับ 3.19 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน คิดเป็น 1.6 เท่าของค่าความปลอดภัย

คำสำคัญ: **ประเมินความเสี่ยง, อะคริลาไมด์ในอาหาร, คนไทย**

บทนำ

อะคริลาไมด์ (acrylamide, AA) เป็นสารที่ใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม เช่น กาว กระดาษ ภาชนะพลาสติก เป็นโมโนเมอร์ที่นำมาผลิตโพลีอะคริลาไมด์ ใช้สำหรับกรองสิ่งสกปรกในน้ำดื่ม และเป็นเจลสำหรับปลูกมะเขือเทศและเห็ด[1,2] จึงมีรายงานการตรวจพบสารนี้ในน้ำดื่ม มะเขือเทศและเห็ด ต่อมาใน ค.ศ. 2002 ประเทศสวีเดนได้รายงานการตรวจพบสาร AA ในอาหารจำพวกแป้งที่ผ่านการอบหรือทอด เช่น เฟรนช์ฟรายด์ มันฝรั่งแผ่น ขนมปัง ในปริมาณสูง[3] การ

เกิดสาร AA ในอาหารยังไม่ทราบแน่ชัด อาจเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนแอสพาราจีนซึ่งพบมากในมันฝรั่ง ธัญพืชบางชนิด กาแฟ ถั่ว ชอคโกแลต ฯลฯ กับน้ำตาลรีดิวซิง ในกระบวนการผลิตอาหารที่ใช้ความร้อนสูงเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Maillard reaction เป็นผลให้อาหารมีสีน้ำตาล[4,5] หรืออาจเกิดขึ้นระหว่างการผลิตอาหารที่มีไขมันสูงด้วยความร้อนสูง ทำให้กรดอะมิโนในอาหารสลายตัวได้แอมโมเนียเกิดขึ้น ส่วนกลีเซอรอลจะเกิดปฏิกิริยาขจัดน้ำออก ทำให้ได้อะโครลีนเกิดขึ้น อะโครลีนจะถูกออกซิไดซ์ต่อได้เป็นกรดอะคริลิคและทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียเกิดเป็นสาร AA[6]

การศึกษาด้านพิษวิทยา สารโพลีอะคริลาไมด์ไม่ก่อให้เกิดพิษ[7] แต่สาร AA ในปริมาณมากมีพิษต่อระบบประสาทและระบบสืบพันธุ์ในสัตว์ทดลอง หากได้รับอย่างต่อเนื่องจะเกิดการเสื่อมถอยที่ปลายประสาทในสมองที่ควบคุมการเรียนรู้ ความจำ ทำให้เกิดมะเร็งและก่อการกลายพันธุ์ในสัตว์ทดลอง ส่วนข้อมูลในคนยังไม่มีรายงาน ดังนั้นหน่วยงาน International Agency for Research on Cancer (IARC) จึงจัดให้สาร AA เป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งในคน (group 2A)[8,9] ในปี 2002 FAO/WHO Consultation ได้ประเมินค่า NOAEL (no observe adverse effect level) ของสารนี้ในการทำให้เกิดพิษต่อเส้นประสาทเท่ากับ 0.5 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน[10]

ขณะนี้ Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive (JECFA) ยังไม่ประเมินค่าความปลอดภัย (tolerable intake level) ของสารอะคริลาไมด์สำหรับมนุษย์ เนื่องจากขาดข้อมูลที่จะใช้ในการประเมิน ซึ่ง JECFA ได้ขอความร่วมมือประเทศสมาชิกที่อยู่ในภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิคในการส่งข้อมูลการปนเปื้อนสาร AA ในอาหาร และการได้รับสัมผัสสาร AA จากอาหารของคนในประเทศ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์จึงได้ดำเนินโครงการประเมินความเสี่ยงของสาร AA ต่อคนไทยขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคุ้มครองผู้บริโภคให้ปลอดภัยจากสารนี้ ได้ข้อมูลที่ใช้สื่อสารความเสี่ยงและให้คำแนะนำแก่ประชาชน เพื่อให้รู้จักวิธีการปรุงอาหารและเลือกซื้ออาหารที่ปลอดภัย ได้ข้อมูลปริมาณสาร AA ในอาหารไทย ข้อมูลการได้รับ สาร AA จากอาหารของคนไทยเป็นส่วนหนึ่ง สำหรับ JECFA ประเมินความเสี่ยงในภาพรวมของประชากรทั้งหมด และใช้เป็นข้อมูลประกอบการกำหนดค่ามาตรฐานสาร AA ในอาหารของประเทศไทยและมาตรฐานอาหารสากล (Codex)

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ดำเนินการตั้งแต่ พ.ศ. 2549 ถึง 2550 ตามขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษากระบวนการบ่งชี้ความเป็นอันตราย (hazard identification) ทบทวนวรรณกรรม (literature review) ให้ทราบคุณสมบัติของสาร AA ศึกษาความเป็นพิษและประเมินความสามารถในการทำให้เกิดพิษในมนุษย์ว่าเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินการตอบสนองต่อปริมาณ (dose-response assessment) ศึกษาจากเอกสารที่มีการศึกษาแล้วเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสาร AA และการทำให้เกิดผลอย่างใดอย่างหนึ่งต่อสัตว์ทดลองหรือมนุษย์และกลไกการเกิดผลดังกล่าว

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินการได้รับสัมผัส (exposure assessment) การประเมินการได้รับ สาร AA จากอาหาร ต้องการข้อมูล 2 ส่วน คือ ข้อมูลปริมาณสาร AA ในอาหาร และ ข้อมูลการบริโภคอาหาร

3.1 ข้อมูลปริมาณสาร AA ในอาหาร ได้ทบทวนวรรณกรรมเพื่อให้ทราบชนิดอาหารที่เป็นแหล่งปนเปื้อนสาร AA ที่สำคัญ เพื่อวางแผนการสำรวจปริมาณสาร AA ในอาหารของไทย

การเก็บตัวอย่าง สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร (สคอ.) ได้รับงบประมาณจากสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) เพื่อสำรวจปริมาณสาร AA ในอาหารที่มีความเสี่ยงต่อสารนี้ โดย สคอ. และศูนย์วิทยาศาสตร์

การแพทย์ 14 แห่ง ดำเนินการเก็บตัวอย่างจาก 5 ภาค คือ ภาคกลาง เหนือ ใต้ ตะวันออกเฉียงเหนือ และตะวันออก ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจครั้งนี้ ทำให้ทราบชนิดอาหารที่มีสาร AA ปนเปื้อนในปริมาณสูงหรือมีความเสี่ยงสูงจึงได้เลือกและจัดเป็นกลุ่มอาหารตามหนังสือคู่มือการบริโภคอาหารของประเทศไทย[11] เพื่ออ้างอิงปริมาณการบริโภคสำหรับการคำนวณปริมาณการได้รับสาร AA จากอาหารของคนไทยได้จำนวน 11 ประเภท คือ ประเภทธัญพืชและผลิตภัณฑ์ ประเภทถั่วเมล็ดแห้ง เมล็ดพืชและผลิตภัณฑ์ประเภทขนมถุงขบเคี้ยว ประเภทพืชผลอบกรอบ/ฉาบ ประเภทขนมทอด ประเภทขนมแป้งทอด ประเภทอบผิง ประเภทผลไม้แปรรูป ประเภทเครื่องเทศปรุงรส ประเภทกาแฟ ผู้วิจัยได้วางแผนสำรวจตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลปริมาณสาร AA ของอาหารที่มีความเสี่ยงครบถ้วนและมากพอที่จะเป็นตัวแทนที่ดี รวมตัวอย่างที่สำรวจทั้งสิ้น 469 ตัวอย่าง เป็นจำนวน 135, 40, 91, 41, 30, 58, 9,12, 16, 10 และ 27 ตัวอย่าง ต่อประเภทตามลำดับ

การตรวจวิเคราะห์ ปริมาณสาร AA ในอาหารโดยวิธี High Performance Liquid Chromatograph-Mass Spectrometer-Mass Spectrometer-HPLC-MS-MS[12] เป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นเองโดยอ้างอิงจากวิธีที่ระบุในเอกสารอ้างอิง ประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ (ขึ้นอยู่กับชนิดของกลุ่มอาหาร) LOD (Limit of detection) 5-13ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม, LOQ (limit of quantitation) 20-30 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม, percent recovery ที่ระดับ LOQ ร้อยละ 85-101, precision (%RSD) ร้อยละ 1-6 การวิเคราะห์เทียบกับ standard reference material 2387 peanut butter (NIST) และการเข้าร่วมทดสอบความชำนาญการวิเคราะห์ (PT) กับต่างประเทศ ได้ผลอยู่ในเกณฑ์น่าพอใจ การวิเคราะห์มีการควบคุมคุณภาพ โดยทำ method blank, duplicate และ recovery

3.2 ข้อมูลการบริโภคอาหารที่มีความเสี่ยงต่อสาร AA หน่วยเป็นกรัมต่อคนต่อวัน

ใช้ข้อมูลการบริโภคอาหารของประชากรช่วงอายุ 16-19 ปี (per capita) จากหนังสือข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศ จัดทำโดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ ใน พ.ศ 2545-2547[11]

อาหารที่มีความเสี่ยงบางชนิดที่ไม่พบข้อมูลการบริโภคในหนังสือข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศหรือเป็นอาหารที่ได้คำนวณปริมาณการบริโภคร่วมกับอาหารชนิดอื่นที่ไม่มีความเสี่ยงต่อสาร AA จำเป็นต้องศึกษาปริมาณการบริโภคที่แท้จริงเฉพาะอาหารที่มีความเสี่ยงนั้น การศึกษาใช้วิธี dietary recall ร่วมกับ food frequency method[13] โดยผู้วิจัยและคณะออกสัมภาษณ์ปริมาณและความถี่การบริโภคอาหารของประชากรด้วยแบบสอบถาม ประชากรกลุ่มเป้าหมายเป็นหญิงและชายที่มีช่วงอายุ 16-19 ปี จำนวนไม่น้อยกว่า 1,000 คน เป็นคนในภาคกลางร้อยละ 23.0 ภาคเหนือร้อยละ 24.8 ภาคใต้ร้อยละ 21.7 และภาคอีสานร้อยละ 30.5 คิดเป็นเพศชายร้อยละ 31.5 และเพศหญิงร้อยละ 68.5 การสัมภาษณ์ใช้แบบสอบถามที่จัดทำขึ้น ซึ่งประกอบด้วยคำถาม 2 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์ ประกอบไปด้วย ชื่อ/นามสกุล อายุ เพศ ที่อยู่อาศัยปัจจุบัน อาชีพ และส่วนที่ 2 เป็นการตอบคำถามเกี่ยวกับข้อมูลการบริโภคของผู้ให้สัมภาษณ์ ได้แก่ ชนิดของอาหาร ประเภทอาหาร ยี่ห้อ (ตรา) สถานที่ซื้อ ปริมาณที่กินต่อครั้งและความถี่ของการบริโภค

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ บันทึกข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามและแบบบันทึกข้อมูลในโปรแกรม Epidata ตรวจสอบข้อมูลด้วยวิธี range check และ logical check และนำข้อมูลที่ได้มาทำ percentage distribution และวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา

3.3 ประเมินการได้รับสาร AA จากอาหาร หน่วยเป็นไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน คำนวณได้จากปริมาณการบริโภค (หน่วยเป็นกรัมต่อวันต่อคน) คูณด้วยปริมาณการปนเปื้อนของสาร AA หน่วยเป็นไมโครกรัมต่อกรัมหรือมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมแล้ว

หารด้วยน้ำหนักตัวเฉลี่ยของประชากร ช่วงอายุ 16-19 ปี ซึ่งเท่ากับ 53 กิโลกรัม

ขั้นตอนที่ 4 อธิบายลักษณะความเสี่ยง (risk characterization) นำผลที่ได้จากการประเมินการได้รับสัมผัสและผลจากการประเมินการตอบสนองที่ขนาดต่าง ๆ มาประมาณความเสี่ยงต่อพิษที่จะเกิดขึ้นพร้อมบอกค่าความไม่แน่นอน

ผลการศึกษา

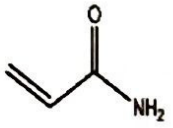
ขั้นตอนที่ 1 การศึกษากระบวนการบ่งชี้ความเป็นอันตราย (Hazard identification)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารอะคริลาไมด์ (CAS registry number 79-0601)[14,15]

ชื่อพ้องเหมือน : acrylic amide, akrylamide, propen-amide, propenoic acid amide

สูตรโมเลกุล : C_3H_5NO

โครงสร้างทางเคมี :



น้ำหนักโมเลกุล : 71.08

ลักษณะทางกายภาพ : เป็นผลึกของแข็งสีขาว ที่อุณหภูมิห้อง จุดหลอมเหลว 84.5 ± 0.3°C จุดเดือด 87°C ที่ 0.267 KPa ละลายได้ดีในน้ำและตัวทำละลาย เช่น เมทานอล เอทานอล อะซิโตน

กลไกการเกิดสารอะคริลาไมด์

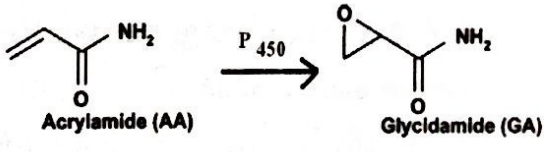
สาร AA ตรวจพบในอาหารจำพวกพืชที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง ปรุงด้วยความร้อนสูงถึง 120°C หรือมากกว่า โดยระดับสาร AA ในอาหารจะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ให้ความร้อน จะพบมากสุดในอาหารจำพวกมันฝรั่งและผลิตภัณฑ์ธัญพืช ที่ผ่านกระบวนการทอดหรืออบ สำหรับกลไกการเกิดสาร AA ในอาหารนั้นยังไม่ทราบแน่ชัด หลายงานวิจัยรายงานว่าเกิดจากกรดอะมิโนอิสระชนิดแอสพาราจีน ทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซิง เกิดเป็น Maillard reactions มีผลให้อาหารเกิดสีน้ำตาล ส่วน Yasuhara และคณะ[6] พบว่าการเกิดสาร AA ในอาหารที่มีไขมันสูง เกิดจากการให้ความร้อนสูงแก่กรดอะมิโนทำให้ได้แอมโมเนียเกิดขึ้นและแอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับกรดอะคริลิคที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของอะโครลีนที่เกิดจากปฏิกิริยาขจัดน้ำออกของกลีเซอรอล AA จะเกิดขึ้นในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการอบและทอด ซึ่งเป็นช่วงที่ความชื้นลดลงและอุณหภูมิบริเวณผิวสูงขึ้น ยกเว้นการคั่วกาแฟความชื้นจะลดลงอย่างมากในระยะแรกของการคั่ว (ไม่ใช่ขั้นตอนสุดท้าย) สาร AA ในอาหารส่วนใหญ่จะคงตัว ยกเว้นในกาแฟบดจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บ

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสารอะคริลาไมด์

การเกิดสาร AA ในอาหารขึ้นอยู่กับเวลา อุณหภูมิ และกระบวนการให้ความร้อนกับอาหาร จึงทำให้ปริมาณสาร AA มีความแตกต่างกันอย่างมากแม้เป็นอาหารชนิดเดียวกันแต่ต่างยี่ห้อ หรือยี่ห้อเดียวกันแต่ผลิตต่างเวลา นอกจากนี้ขึ้นอยู่กับ ส่วนประกอบของอาหาร pH ปริมาณน้ำในอาหาร วิธีการเก็บรักษา การแปรปรวนของฤดูกาล การใช้แอมโมเนียมคาร์บอเนตหรือเชื้อที่ช่วยให้ขนมปังฟู

การดูดซึม การแพร่กระจาย และการขับถ่าย

สาร AA ดูดซึมได้อย่างรวดเร็วจากทางเดินอาหาร และกระจายไปทั่วเนื้อเยื่อของร่างกาย จึงพบได้ในน้ำนม สามารถผ่านรก (placenta) ไปถึงทารกได้ AA จะถูก catalyzed ด้วย CYP2E1 เป็น glycidamide (GA) ซึ่งเป็นสาร reactive epoxide[16]



การเปลี่ยนแปลงสาร AA ในร่างกายโดยการ conjugate กับ glutathione จะถูกกำจัดออกจากร่างกาย

ทางปัสสาวะอย่างรวดเร็ว ในรูปของ mercapturic acid และ GA ค่า half life ของ AA และ GA ในหนู (rats) เท่ากับ 2 ชั่วโมง[17,18] ส่วนข้อมูล pharmacokinetic ในคนมีน้อย in vitro พบว่า GA adduct กับ DNA กับ purine base และยังพบว่า CYP2E1 เป็น mediated oxidation ในการทำให้เกิด adduct กับ DNA ข้อมูลเปรียบเทียบในสัตว์ทดลองระหว่าง mice และ rats พบว่าหลังจากให้สาร AA จะเกิด glycidamide-DNA-adducts สะสมในอวัยวะต่าง ๆ สำหรับ mice พบใน ตับ ปอด อัณฑะ, leukocytes และ ไต สำหรับ rats พบใน ตับ ไทรอยด์ อัณฑะ ต่อมน้ำนม ไขกระดูก, leukocytes และ สมอง มีหลักฐานพบว่าการเกิด adduct จะคงที่เมื่อให้ dose สูง ๆ ส่วนการศึกษาด้าน kinetic ทั้งใน in vitro และ in vivo พบว่า มีการหลุดของ adduct จาก DNA ด้วยตัวมันเองตามธรรมชาติ (spontaneous depurination) แต่กลไกการซ่อมแซมของร่างกายมีความแตกต่างกัน ทั้ง AA และ GA จะไป covalent bond กับ amino acid ในฮีโมโกลบิน (hemoglobin) และ adducts กับ N-terminal ของ valine ซึ่งนิยมใช้เป็นตัวชี้วัด การได้รับสัมผัส การศึกษาเบื้องต้นพบว่าความเข้มข้นของ AA และ GA-hemoglobin adducts ระหว่าง species เป็น mouse > rat > human อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของ AA ที่เป็นเส้นทางหลัก (major pathway) ในสัตว์ทดลองและในคนจะคล้ายกัน แต่จะมีความแตกต่างในเชิงปริมาณ ซึ่งถูกนำมาพิจารณาใช้ในการประเมินความเสี่ยงในคน สำหรับขนาดที่ใช้ในสัตว์ทดลองพบว่าที่ขนาดต่ำ ๆ จะยิ่งมีการเปลี่ยนแปลงเป็น GA มากขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างคนด้วย เนื่องจากบางคนมีการตอบสนองไว[16,18]

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินการตอบสนองต่อปริมาณ (Dose-response assessment)

ข้อมูลทางด้านพิษวิทยาพบว่า ขนาดของ AA ที่ทำให้เกิดพิษอย่างเฉียบพลัน คือ ขนาดที่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม[16] จึงทำให้มีการรายงานค่า LD_{50} มากกว่า 150 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม บางรายงานค่า LD_{50} (orally) ในหนู rats, หนูกินนี และกระต่าย เท่ากับ 150-180 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม[17] ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าค่า estimate daily intake of acrylamide จากอาหาร (1-10 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน) ถึง 100,000 เท่า

การศึกษาในสัตว์ทดลองหลาย species พบว่าเมื่อได้รับ AA ซ้ำ ๆ มีผลต่อระบบประสาท เกิดการเสื่อมถอยของประสาทส่วนปลาย (peripheral nerve) มีการสะสมการเกิดเป็นพิษตรงบริเวณที่ถูกทำลาย และในหนู (rats) เมื่อให้ AA ฉีดเข้าช่องท้อง ขนาด 50 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 11 วัน กับการให้หนู (rats) กินน้ำที่มี AA ขนาด 21 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 40 วัน พบว่าเกิดพิษต่อระบบประสาทมีความรุนแรงเท่ากัน และถ้าให้ AA อย่างต่อเนื่องพบว่าเกิดการเสื่อมถอยที่ปลายประสาทในสมองที่ควบคุมการเรียนรู้ ความจำและส่วน cerebral cortex, hippocampus, thalamus สิ่งเหล่านี้อาจเกิดก่อนมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะภายนอกของเส้นประสาท[16] นอกจากนี้ยังมีข้อมูลของคนงานในประเทศจีนที่ได้รับสัมผัส AA และ acrylonitrile 2 ปี หรือมากกว่า พบว่าความรุนแรงของการเกิดพิษต่อประสาท มีความสัมพันธ์กับระดับ adduct ของ AA กับฮีโมโกลบิน

AA เป็นสารที่มีผลต่อระบบสืบพันธุ์โดยผลการศึกษาในสัตว์ rodents เพศผู้ที่ให้ AA ขนาดมากกว่า 7 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน (ทางปาก) พบว่าการมีลูกดกลดลง ที่เด่นชัดคือมีผลต่อการตายและยังมีผลต่อจำนวนและลักษณะขนาดของสเปิร์ม (sperm) แต่ในเพศเมียไม่มีผลต่อการมีลูกดกหรือการขยายพันธุ์ แต่มีผลต่อน้ำหนักของลูก (off spring) ลดลงเล็กน้อย เมื่อให้ AA ≥ 2.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน และไม่พบการเกิด teratogenic ทั้งใน rats และ mice[16] สรุปว่าระดับ NOEL ที่มีผลต่อระบบสืบพันธุ์และการพัฒนาของลูกอ่อน เท่ากับ 2 มิลลิกรัมต่อน้ำ

หนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ส่วนข้อมูลการศึกษาแบบเรื้อรังใน rodent โดยให้ทางปาก รวมทั้งการศึกษาในprimateโดยให้ทางปากและฉีดใต้ผิวหนังและข้อมูลในคนที่ประกอบอาชีพสัมผัส AA สนับสนุนค่า NOEL 0.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน โดยพิจารณาการเกิด neuropathy เป็น end point ซึ่งน้อยกว่า 4 เท่าของค่า NOEL ของการเกิดพิษต่อระบบสืบพันธุ์และการพัฒนาของลูกอ่อน ดังนั้นจึงคาดหวังว่าการควบคุมการเกิดพิษต่อระบบประสาทในลักษณะเกิด peripheral neuropathy ก็จะสามารถควบคุมการเกิดพิษต่อระบบสืบพันธุ์ได้ จึงมีการประเมินค่าเฉลี่ยการได้รับสัมผัสในคนต่อวันเท่ากับ 0.001 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน มี margin of safety เป็น 500 เท่า[18]

ส่วนผลการศึกษาต่อพันธุกรรม[18] โดยAA ไม่แสดงการเกิด mutagenicity ใน Ames Salmonella assay แต่ GA ให้ผลบวกอย่างชัดเจนและในการศึกษาการก่อมะเร็งด้วยวิธี standard 2 year bioassay พบว่าสาร AA ทำให้เกิดเนื้องอก (tumor) ทั้งชนิด benign และ malignant ในอวัยวะต่าง ๆ เช่น thyroids adrenals, tunica vaginalis และยังมีการยืนยันจาก การศึกษาที่เป็น independent studies ที่ให้ AA ขนาด 2 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ทางน้ำดื่มก็พบการเกิดเนื้องอกเช่นเดียวกัน และยังพบเนื้องอกที่สมอง, spinal cord และเนื้อเยื่ออื่น ๆ

เนื่องจากขณะนี้ JECFA ยังไม่ประเมินค่าความปลอดภัย (tolerable intake level) ของสารAA คณะวิจัยจึงได้ทดลองประเมินค่าความปลอดภัยของสารนี้โดยใช้ข้อมูลพิษวิทยาที่มีอยู่ในปัจจุบัน พบว่าหากใช้การเกิดเนื้องอกในสัตว์ทดลองเป็นผลที่เกิด (endpoint) จะได้ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน โดยใช้ safety factor 1,000

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure assessment)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร AA ในอาหารที่มีความเสี่ยงของไทย จำนวน 11 กลุ่ม รวม 469 ตัวอย่างพบสาร AA เฉลี่ยสูงสุดในพริกป่น เท่ากับ 2.179 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือขนมถุงขบเคี้ยวที่ทำจากแป้งมันฝรั่งเท่ากับ 1.879 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ขนมถุงขบเคี้ยวที่ทำจากมันฝรั่งเท่ากับ 0.813 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มันฝรั่งทอด (เฟรนช์ฟรายด์) เท่ากับ 0.710 มิลลิกรัม/กิโลกรัม กาแฟผงสำเร็จรูปเท่ากับ 0.655 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เผือก

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอะคริลาไมด์ในอาหารที่จำหน่ายในประเทศไทย

ประเภทอาหาร	ปริมาณสารอะคริลาไมด์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)					
	จำนวนตัวอย่าง	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่ามัธยฐาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ธัญพืชและผลิตภัณฑ์	135					
อาหารเช้าประเภทธัญพืชอาหารเช้า	19	ND	0.230	0.078	0.068	0.055
บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป	23	0.067	0.410	0.212	0.209	0.105
ขนมปังกรอบ แครกเกอร์ ขาไก่	46	ND	0.638	0.149	0.101	0.153
เวเฟอร์	9	0.010	0.510	0.206	0.060	0.210
ขนมปังกรอบแท่ง	4	0.030	0.088	0.051	0.043	0.028
ขนมปังสอดไส้	14	0.010	0.440	0.116	0.075	0.121
คุกกี้ธัญพืช	11	0.082	0.746	0.265	0.234	0.192
เค้กกล้วยหอม	9	0.022	0.131	0.054	0.046	0.034
ถั่วเมล็ดแห้ง เมล็ดพืชผลิตภัณฑ์	40					
ถั่วทอด	11	ND	0.164	0.041	0.015	0.050
ถั่วเมล็ดแห้งกรอบ เมล็ดมะม่วงหิมพานต์	7	ND	0.131	0.036	0.015	0.046
เมล็ดฟักทอง เมล็ดทานตะวัน เมล็ดแตงโม	3	ND	0.054	0.034	0.049	0.030

ตารางที่ 1(ต่อ) ปริมาณสารอะคริลาไมด์ในอาหารที่จำหน่ายในประเทศไทย

ประเภทอาหาร	จำนวนตัวอย่าง	ปริมาณสารอะคริลาไมด์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่ามัธยฐาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ถั่วทอดสมุนไพร	6	0.033	0.160	0.082	0.058	0.051
ถั่วปากอ้า (อบ ทอด)	13	ND	0.093	0.054	0.054	0.036
ขนมถุงขบเคี้ยว	91					
ผลิตภัณฑ์แป้งข้าวจ้าว	8	ND	0.059	0.020	0.020	0.019
ผลิตภัณฑ์แป้งสาลี	8	0.057	0.761	0.269	0.220	0.238
ผลิตภัณฑ์แป้งข้าวโพด	22	ND	0.488	0.107	0.054	0.132
ผลิตภัณฑ์ข้าวโพด	9	0.032	0.202	0.093	0.077	0.061
ผลิตภัณฑ์แป้งมันฝรั่ง	6	0.534	3.466	1.879	1.707	1.233
ผลิตภัณฑ์มันฝรั่ง	32	0.110	2.676	0.813	0.690	0.524
ผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลัง	6	ND	0.363	0.100	0.070	0.134
พืช ผลไม้ อบกรอบ/ฉาบ	41					
มัน กล้วย	18	0.056	1.824	0.428	0.280	0.418
เผือก	23	0.025	2.884	0.533	0.330	0.678
ขนมทอด	30					
กล้วยทอด (กล้วยแขก)	3	ND	0.033	0.011	0.000	0.019
เผือกทอด	3	0.093	0.185	0.142	0.148	0.046
มันทอด	12	ND	0.188	0.056	0.033	0.060
มันฝรั่งทอด (เฟรนช์ฟรายด์)	12	0.162	3.776	0.710	0.289	1.046
ขนมแป้งทอด	58					
ปาท่องโก๋	13	ND	0.207	0.104	0.111	0.063
ไข่นกกระทา	8	0.068	1.097	0.327	0.230	0.336
ครองแครง	6	0.084	1.098	0.300	0.149	0.394
ซาลาเปาทอด	9	ND	0.174	0.078	0.086	0.058
ขนมดอกจอก	6	0.021	0.272	0.090	0.061	0.091
ข้าวแต๋น	16	0.037	0.503	0.187	0.157	0.125
อบผิง	9					
กลีบลำดวน ทองม้วน ขนมผิง ทองพับ	9	ND	0.079	0.029	0.024	0.026
แป้งกวนมีกะทิ	12					
กะละแม	12	ND	0.320	0.065	0.010	0.111
ผลไม้แปรรูป	16					
ทุเรียนกวน	13	ND	0.202	0.074	0.071	0.064
ฟักทองอบแห้ง อบเนย	3	0.315	0.394	0.344	0.322	0.044
เครื่องเทศ ปรุงรส	10					
พริกป่น	10	0.451	6.067	2.179	1.789	1.675
กาแฟ	27					
กาแฟผงชนิดละลายทันที	6	0.404	1.260	0.655	0.511	0.340
กาแฟผงชนิด 3 in 1	8	ND	0.107	0.047	0.039	0.039
กาแฟกระป๋องพร้อมดื่ม	7	ND	0.010	0.007	0.010	0.005
กาแฟสด	6	0.074	0.099	0.087	0.087	0.011
รวมทั้งหมด	**469**	**ND**	**6.067**	**0.289**	**0.099**	**0.565**

หมายเหตุ *ND not detected*

ตารางที่ 2 ปริมาณการบริโภคอาหารต่อประชากร ช่วงอายุ 16-19 ปี ที่ได้จากการสำรวจโดยแบบสอบถาม

อาหาร	ปริมาณการบริโภคอาหาร (กรัมต่อคนต่อวัน)					
	min	max	mean	SD	median	ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ 97.5
คุกกี้ธัญพืช	0.00	100.00	7.78	12.32	3.13	40.04
เค้กกล้วยหอม	0.00	265.01	8.63	18.35	2.72	54.46
ถั่วทอดสมุนไพร	0.00	197.14	5.90	17.42	0.00	51.77
ถั่วปากอ้า (อบ ทอด)	0.00	300.00	7.44	19.15	0.00	51.43
เผือก (ฉาบอบกรอบ)	0.00	135.06	3.96	8.23	0.00	23.75
ขนมไข่นกระทา	0.00	50.86	3.20	5.74	0.73	18.85
ครองแครง	0.00	145.87	4.92	13.60	0.00	42.61
ชาลาเปาทอด	0.00	296.63	5.25	16.62	0.00	41.99
ขนมดอกจอก	0.00	255.00	3.46	12.58	0.00	35.43
ข้าวแต๋น	0.00	74.00	2.15	5.54	0.00	18.50
กาละแม	0.00	96.71	2.02	6.07	0.00	13.76
ทุเรียนกวน	0.00	215.49	3.40	12.87	0.00	29.21
ฟักทองอบแห้งอบเนย	0.00	60.61	1.35	4.35	0.00	12.47
พริกป่น	0.00	36.00	1.02	2.27	0.00	7.79
กาแฟผงชนิดละลายทันที	0.00	38.57	0.31	1.73	0.00	2.83
กาแฟผงชนิด 3 in 1	0.00	80.00	2.99	8.74	0.00	20.00
กาแฟกระป๋องพร้อมดื่ม	0.00	360.00	12.58	43.09	0.00	128.57
กาแฟสด	0.00	102.86	1.80	6.23	0.00	24.00

ตารางที่ 3 ปริมาณการได้รับสัมผัสสารอะคริลาไมด์จากอาหารแต่ละประเภท

ประเภทอาหาร	ปริมาณอะคริลาไมด์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		ปริมาณการบริโภค per capita (กรัมต่อคนต่อวัน)		ปริมาณการได้รับสัมผัส (ไมโครกรัม/น้ำหนักตัว 1 ก.ก./วัน)	
	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	97.5th percentile	ค่าเฉลี่ย	97.5th percentile
ธัญพืชและผลิตภัณฑ์						
อาหารเช้าประเภทธัญพืชอาหารเช้า	19	0.078	0.40	5.40	0.0006	0.0079
บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป	23	0.212	11.70	55.00	0.0466	0.2190
ขนมปังกรอบ แครกเกอร์ ขาไก่	46	0.149	1.64	12.00	0.0046	0.0336
เวเฟอร์	9	0.206	1.17	9.60	0.0045	0.0372
ขนมปังกรอบแท่ง	4	0.051	1.83	20.00	0.0018	0.0192
ขนมปังสอดไส้	14	0.116	4.19	28.00	0.0091	0.0610
คุกกี้ธัญพืช*	11	0.265	7.78	40.04	0.0387	0.1993
เค้กกล้วยหอม*	9	0.054	8.63	54.46	0.0088	0.0552
ถั่วเมล็ดแห้ง เมล็ดพืชผลิตภัณฑ์						
ถั่วทอด	11	0.041	3.95	30.00	0.0030	0.0231
ถั่วเมล็ดแห้งกรอบ เมล็ดมะม่วงหิมพานต์	7	0.036	1.07	7.00	0.0007	0.0047
เมล็ดฟักทอง เมล็ดทานตะวัน เมล็ดแตงโม	3	0.034	2.20	15.00	0.0014	0.0096
ถั่วทอดสมุนไพร*	6	0.082	5.90	51.77	0.0091	0.0798
ถั่วปากอ้า (อบ ทอด)*	13	0.054	7.44	51.43	0.0075	0.0522

ตารางที่ 3(ต่อ) ปริมาณการได้รับสัมผัสสารอะคริลาไมด์จากอาหารแต่ละประเภท

ประเภทอาหาร	ปริมาณอะคริลาไมด์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		ปริมาณการบริโภค per capita (กรัมต่อคนต่อวัน)		ปริมาณการได้รับสัมผัส (ไมโครกรัม/น้ำหนักตัว 1 ก.ก./วัน)	
	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	97.5th percentile	ค่าเฉลี่ย	97.5th percentile
ขนมถุงขบเคี้ยว						
ผลิตภัณฑ์แป้งข้าวจ้าว	8	0.02	1.84	10.00	0.0007	0.0038
ผลิตภัณฑ์แป้งสาลี	8	0.269	2.30	10.00	0.0116	0.0505
ผลิตภัณฑ์แป้งข้าวโพด	22	0.107	1.48	12.00	0.0030	0.0241
ผลิตภัณฑ์ข้าวโพด	9	0.093	1.72	16.50	0.0030	0.0288
ผลิตภัณฑ์แป้งมันฝรั่ง	6	1.879	1.83	9.00	0.0646	0.3177
ผลิตภัณฑ์มันฝรั่ง	32	0.813	3.10	13.60	0.0473	0.2077
ผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลัง	6	0.1	1.17	9.00	0.0022	0.0169
พืช ผลไม้ อบกรอบ/ฉาบ						
มัน กล้วย	18	0.428	1.60	10.40	0.0129	0.0836
เผือก*	23	0.533	3.96	23.75	0.0397	0.2378
ขนมทอด						
กล้วยทอด (กล้วยแขก)	3	0.011	7.24	39.60	0.0015	0.0082
เผือกทอด	3	0.142	0.76	6.00	0.0020	0.0160
มันทอด	12	0.056	4.31	38.00	0.0045	0.0400
มันฝรั่งทอด (เฟรนช์ฟรายด์)	12	0.71	2.13	12.80	0.0284	0.1707
ขนมแป้งทอด						
ปาท่องโก๋	13	0.104	4.36	36.00	0.0085	0.0703
ไข่นกกระทา*	8	0.327	3.20	18.85	0.0197	0.1158
กรองแครง*	6	0.3	4.93	42.61	0.0278	0.2402
ซาลาเปาทอด*	9	0.078	5.25	41.99	0.0077	0.0615
ขนมดอกจอก*	6	0.09	3.46	35.43	0.0059	0.0599
ข้าวแต๋น*	16	0.187	2.15	18.50	0.0075	0.0650
อบผิง						
กลีบลำดวน ทองม้วน ขนมผิง ทองพับ	9	0.029	0.62	6.00	0.0003	0.0033
แป้งกวนมีกะทิ						
กะละแม*	12	0.065	2.02	13.76	0.0025	0.0168
ผลไม้แปรรูป						
ทุเรียนกวน*	13	0.074	3.40	29.21	0.0047	0.0406
ฟักทองอบแห้ง อบเนย*	3	0.344	1.35	12.47	0.0087	0.0806
เครื่องเทศ ปรุงรส						
พริกป่น*	10	2.179	1.02	7.79	0.0415	0.3189
กาแฟ						
กาแฟผงชนิดละลายทันที*	6	0.655	0.31	2.83	0.0038	0.0348
กาแฟผงชนิด 3 in 1 *	8	0.047	2.99	20.00	0.0026	0.0177
กาแฟกระป๋องพร้อมดื่ม*	7	0.007	12.58	128.57	0.0017	0.0169
กาแฟสด*	6	0.087	1.80	24.00	0.0029	0.0392
รวมทั้งหมด					**0.5038**	**3.1892**

หมายเหตุ *ปริมาณการบริโภคได้จากหนังสือข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศ จัดทำโดย สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ*
**ปริมาณการบริโภคได้จากการสำรวจของสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์*

ฉาบ เท่ากับ 0.533 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ตารางที่ 1)

ข้อมูลการบริโภคอาหารที่มีความเสี่ยงต่อสาร AA ใช้ข้อมูลการบริโภคอาหารต่อประชากรในช่วงอายุ 16-19 ปี (per capita) จากหนังสือข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศ[11]

สำหรับอาหารที่ตรวจพบ AA ปริมาณค่อนข้างสูง แต่ไม่พบข้อมูลการบริโภค ในหนังสือข้อมูลการบริโภค คณะวิจัยได้สำรวจปริมาณการบริโภคเฉลี่ยของอาหารดังกล่าวเพิ่มเติมจำนวน 18 ชนิด ผลการสำรวจพบการบริโภคคุกกี้ธัญพืชเฉลี่ยเท่ากับ 7.78 กรัมต่อคนต่อวัน เค้กกล้วยหอม 8.63 กรัมต่อคนต่อวัน ถั่วทอดสมุนไพร 5.90 กรัมต่อคนต่อวัน ถั่วปากอ้า(อบ ทอด) 7.44 กรัมต่อคนต่อวัน เป็นต้น (ตารางที่ 2)

จากข้อมูลการบริโภคอาหารทั้ง 2 ส่วน พบว่าคนไทยบริโภคบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปสูงสุด ในปริมาณ 11.70 กรัมต่อคนต่อวัน รองลงมา คือ เค็กกล้วยหอม 8.63 กรัมต่อคนต่อวัน คุกกี้ธัญพืช 7.78 กรัมต่อคนต่อวัน ถั่วปากอ้าทอด 7.44 กรัมต่อคนต่อวัน กล้วยทอด 7.24 กรัมต่อคนต่อวัน (ตารางที่ 3)

ปริมาณการได้รับสาร AA จากอาหาร พบคนไทยได้รับสาร AA เฉลี่ยจากอาหารที่บริโภคประจำวันเท่ากับ 0.504 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวันโดยได้รับจากขนมถุง ขบเคี้ยวที่ทำจากแป้งมันฝรั่งสูงสุดเท่ากับ 0.065 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน รองลงมาคือ ขนมถุงขบเคี้ยวที่ทำจากมันฝรั่งเท่ากับ 0.047 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเท่ากับ 0.047 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน คิดเป็นปริมาณได้รับสัมผัสรวมเท่ากับ 3.189 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน (ตารางที่ 3)

ขั้นตอนที่ 4 การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk characterization)

คนไทยได้รับสาร AA จากอาหารที่บริโภคประจำวันเป็นปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน สำหรับผู้ที่บริโภคปริมาณสูงระดับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ ได้รับเท่ากับ 3.19 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความปลอดภัยที่คณะวิจัยทดลองประเมินได้เท่ากับ 2 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน พบว่าปริมาณ AA เฉลี่ยที่คนไทยได้รับจากอาหารที่บริโภคประจำวัน คิดเป็นร้อยละ 25 ของค่าความปลอดภัย ส่วนคนที่บริโภคในปริมาณสูงมากระดับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ จะได้รับสาร AA คิดเป็น 1.6 เท่าของค่าความปลอดภัย

วิจารณ์

จากรายงานของ JECFA ใน พ.ศ. 2545-2547 พบการปนเปื้อนสาร AA ปริมาณสูงสุดมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตที่ผ่านการทอด อบ คั่ว หรือย่างที่อุณหภูมิสูง เช่น คุกกี้และบิสกิต (7.834) เฟรนช์ฟรายด์ (5.312) มันฝรั่งแผ่นทอด (4.080) ธัญพืชอาหารเช้า (1.346) และกาแฟ (7.300) [16] สำหรับอาหารที่ผ่านการต้ม นึ่ง จะตรวจพบสาร AA ในปริมาณต่ำ เช่น มันฝรั่งต้มตรวจพบ 0.069 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผลการสำรวจปริมาณ AA ในอาหารมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมที่มีความเสี่ยงของไทย ได้แก่ เฟรนช์ฟรายด์ (3.776) ขนมถุงขบเคี้ยวที่ทำจากแป้งมันฝรั่ง (3.466) ขนมถุงขบเคี้ยวที่ทำจากมันฝรั่ง (2.676) คุกกี้ธัญพืช (0.746) ธัญพืชอาหารเช้า (0.230) กาแฟสำเร็จรูป (1.260) พบปริมาณ AA สูงสุด ซึ่งปริมาณที่พบจะต่ำกว่าปริมาณที่ JECFA รายงานอยู่มาก สำหรับอาหารพื้นเมืองของไทยตรวจพบสูงใน พริกป่น เผือกฉาบ มันฉาบ ฟักทองอบแห้ง ไข่นกกระทา ครองแครง บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โดยเฉพาะพริกป่นซึ่งเป็นเครื่องปรุงรสที่คนไทยนิยมบริโภคมากตรวจพบสูงสุดถึง 6.067 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 2.179 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นที่น่าสังเกตว่าเผือกและมัน จัดเป็นพืชหัวอยู่ใต้ดินเช่นเดียวกับมันฝรั่ง และพบว่าเป็นอาหารที่มีความเสี่ยงสูงต่อสาร AA เช่นเดียวกัน เผือกและมันที่ทอดในน้ำมันเพียงอย่างเดียวจะพบ AA ปริมาณต่ำกว่าเผือกและมันที่ทอดและฉาบ

ด้วยน้ำตาลประมาณ 10-15 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่ว่า น้ำตาลรีดิวซิ่ง มีส่วนสำคัญให้เกิดสาร AA นอกจากนี้พบว่าปริมาณ AA สูงสุดที่พบในขนมขบเคี้ยวที่ทำจากแป้งข้าวจ้าว เท่ากับ 0.059 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าปริมาณที่พบในแป้งสาลีและแป้งข้าวโพด 12.9 และ 8.3 เท่า ตามลำดับ (ตารางที่ 1) สำหรับการสำรวจอาหารอื่น ๆ ตรวจพบ AA ในปริมาณต่ำกว่า 0.400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้นกลุ่มถั่วและผลิตภัณฑ์พบการปนเปื้อนต่ำกว่า 0.200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมทุกตัวอย่าง ข้อมูลที่ได้นี้มีประโยชน์ สามารถนำมาดัดแปลงสูตรอาหารโดยเพิ่มชนิดอาหารที่พบการปนเปื้อนต่ำ และลดชนิดอาหารที่พบการปนเปื้อนสูง เพื่อลดความเสี่ยงของผู้บริโภคได้

ปริมาณการบริโภคอาหารได้ใช้ข้อมูลการบริโภคอาหารเฉลี่ยต่อประชากรที่มีช่วงอายุ 16-19 ปี เนื่องจากคนช่วงอายุนี้บริโภคอาหารที่มีความเสี่ยงต่อสาร AA สูงที่สุด เมื่อเทียบกับคนช่วงอายุอื่น[11] พบคนไทยบริโภคบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปสูงสุดเท่ากับ 11.70 กรัมต่อคนต่อวัน สำหรับอาหารที่มีความเสี่ยงต่อสาร AA สูง จัดเป็นอาหารหลักของคนยุโรปและสหรัฐอเมริกาแต่คนไทยบริโภคต่ำกว่ากรัมต่อคนต่อวัน คือ คุกกี้ (7.78) มันฝรั่งทอด (1.83) กาแฟ (0.31) ธัญพืชอาหารเช้า (0.40) และขนมปัง (4.19) และผลการศึกษาปริมาณสาร AA ในอาหารประเภทเดียวกันของไทยพบ AA ต่ำกว่าอาหารของยุโรปและสหรัฐอเมริกา ดังนั้นคนไทยจึงมีโอกาสได้รับสาร AA จากอาหารที่มีความเสี่ยงเหล่านี้น้อยกว่าคนในยุโรปและสหรัฐอเมริกา

คนไทยได้รับสาร AA เป็นปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน และคนที่บริโภคสูงระดับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ ได้รับเท่ากับ 3.19 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณได้รับสัมผัสสาร AA เฉลี่ยของประชาชนทั่วไปที่ JECFA ประเมินได้เท่ากับ 1.0 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน และที่การบริโภค 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ ได้รับเท่ากับ 4.0 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน[17] พบว่าคนไทยยังคงได้รับสาร AA ต่ำกว่าปริมาณที่ประชาชนประเทศอื่นได้รับ

สรุป

จากการประเมินความเสี่ยงของสาร AA จากอาหารต่อคนไทย โดยขั้นตอนแรกการบ่งชี้ความเป็นอันตรายและขั้นตอนที่ 2 การประเมินการตอบสนองต่อปริมาณ ได้ข้อมูลจากการทบทวนเอกสารของต่างประเทศ คือ ผลที่เกิดของการเกิดเนื้องอกในสัตว์ทดลองมีค่า LOAEL เท่ากับ 2 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งประมาณค่าความปลอดภัยของสาร AA ได้เท่ากับ 2 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน โดยใช้ค่า safety factor เท่ากับ 1,000 และขั้นตอนที่ 3 คำนวณปริมาณการได้รับสาร AA จากการบริโภคอาหารของคนไทยต่อวัน พบว่าคนไทยได้รับสาร AA เป็นปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน และคนที่บริโภคสูงระดับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ ได้รับเท่ากับ 3.19 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน และขั้นตอนที่ 4 การอธิบายลักษณะความเสี่ยง โดยใช้ข้อมูลปริมาณการได้รับสาร AA จากอาหาร เปรียบเทียบกับค่าความปลอดภัยที่คณะวิจัยประเมินได้ ซึ่งสรุปในเบื้องต้นได้ว่าคนไทยส่วนใหญ่ยังปลอดภัยจากสาร AA ที่ได้รับจากอาหารที่บริโภคประจำวัน โดยได้รับต่ำกว่าค่าความปลอดภัย 4 เท่า แต่ผู้บริโภคอาหารระดับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ จะได้รับสูงกว่าค่าความปลอดภัย 1.6 เท่า ดังนั้นเพื่อให้เกิดความมั่นใจในความปลอดภัย คนกลุ่มนี้ควรปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภค โดยลดการบริโภคอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ผ่านการทอด อบ ฯลฯ ที่อุณหภูมิสูงลงอย่างน้อยครึ่งหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ให้เงิน

สนับสนุนการวิจัย ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บตัวอย่าง ทำให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้บรรลุผลสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Castle L, Campos MJ, Gilbert J. Determination of acrylamide monomer in hydroponically grown tomato fruits by capillary gas chromatography-mass spectrometry. J Sci Food Agric 1991; 54:549-55.
2. Castle L. Determination of acrylamide monomer in mushroom grown on polyacrylamide gel. J Sci Food Agric 1993; 41:1261-3.
3. Swedish National Food Administration. Acrylamide is formed during the preparation of food and occurs in many foodstuffs. [cited 2007 Dec 28]; Available from: URL : http://www.slv.se/templates/SLV_Page.aspx?id=6182.
4. Mottram DS, Wedzicha BJ, Dodson AT. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. Nature 2002; 419: 448-9.
5. Stadler RH, Blank I, Varga N, Robert F, Hau J, Guy PA, et al. Acrylamide form Maillard reaction products. Nature 2002; 419:449-50.
6. Yasuhara A, Tanaka Y, Hengel M, Shibamoto T, Riediker S. Gas chromatographic investigation of acrylamide formation in browning model systems. J Agric Food Chem 2003; 51:3999-4003.
7. Twaddle NC, McDaniel LP, Gamboa da Costa G, Churchwell MI, Beland FA, Doerge DR. Determination of acrylamide and glycidamide serum toxicokinetics in B6C3F1 mice using LC-ES/MS/MS. Cancer Letters 2004; 207:9-17.
8. World Health Organization, International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. [cited 2009 May 25]; Available from: URL : http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol60/volume60.pdf.
9. FAO/WHO. Discussion paper on acrylamide. [cited 2009 May 25]; Available from: URL : ftp://ftp.fao.org/codex/ccfac38/fa38_35e.pdf.
10. Food Safety Programme, World Health Oranization. Health implications of acrylamide in food. [cited 2009 May 25]; Available from: URL : http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/en/acrylamide_full.pdf.
11. สำนักมาตรฐานสินค้าและระบบคุณภาพ, สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2549.
12. Gokmen V, Senyuva HZ. "A generic method for the determination of acrylamide in thermally processed foods." J Chromatogr A 2006; 1120:194-8.
13. WHO. Guidelines for the Study of Dietary Intakes of Chemical Contaminants. [cited 2009 May 20]; Available from: URL : http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/Guidelines_chem_contam.pdf
14. Castle L, Eriksson S. Analytical method used to measure acrylamide concentrations in foods. Journal of AOAC International 2005; 88:274-84.
15. Rosen J, Hellenas KE. Analysis of acrylamide in cooked foods by liquid chromatography tandem mass spectrometry. Analyst 2002; 127:880-2.
16. FAO/WHO. Summary and conclusion of the sixty-fourth meeting of Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive (JECFA). [cited 2010 August 9]; Available from: URL: http://www.who.int/ipes/food/jecfa/summaries/summary report_64_final.pdf.
17. IPCS Inchem. Acrylamide. [cited 2009 May 10]; Available from: URL : http://www. Inchem.org/documents/pims/chemical/pim652.htm
18. FAO/WHO. Health Implications of Acrylamide in Food. [cited 2010 August 9]; Available from: URL: http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/en/acrylamide full.pdf.

Abstract **Risk Assessment of Acrylamide in Foods for Thais**

Laddawan Rojanapantip*, Puntip Teeyapan **, Mayuree Uraroongroj*, Panawan Kluengklangdon*

*Bureau of Quality and Safety of Food **National Institute of Health

Department of Medical Sciences, Nonthaburi

Journal of Health Science **2011; 20:38-50.**

A risk assessment study of dietary acrylamide intake of Thais was conducted during 2007-2008. The purpose of the study was to evaluate the health risks due to the exposure in Thai population. The result was subsequently used to develop both local and international standards for acrylamide in food and to increase public awareness. In a literature review hazard identification and dose response assessment were summarized. Exposure assessment data were concluded based on acrylamide quantity in food and daily intake. The risk assessment was done by comparing the dietary acrylamide intake with the tolerable intake level. In this study, the acrylamide quantity of 469 risk food samples were analysed by High Performance Liquid Chromatograph-Mass Spectrometer-Mass Spectrometer (HPLC-MS/MS) technique. The results showed that the highest mean level of acrylamide was found in ground chili at 2.179 mg/kg. The lower quantity was detected in potato flour-based crisps, potato chips, french fried and instant coffee, at the levels of 1.879, 0.813, 0.710 and 0.655 mg/kg, respectively. The research team had assessed the tolerable intake level of acrylamide from currently available toxicological data, resulting as 2 µg/kg body weight/day. In addition, the result revealed that the mean dietary exposure of acrylamide among Thai population was 0.50 µg/kg body weight/day, equal to 25 percent of the tolerable intake level. However among those who consumed the contaminated food at the level of 97.5 percentile would be exposed to acrylamide of 3.19 µg/kg body weight/day, or equivalent to 1.6 times of the torelable intake level.

Key words: **risk assessment, acrylamide in food, Thais**