

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของสารอะคริลาไมด์

สารอะคริลาไมด์ ($\text{CH}_2=\text{CHCONH}_2$) เป็นผลึกสีขาวที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 71.08 ในบางครั้งจะเรียกสารอะคริลาไมด์ว่า 2-โพรพีนามาไมด์ (2-propenamide) เอทิลคาร์บอกซาไมด์ (ethylene carboxamide) อะคริลิกเอไมด์ (acrylic amide) และไวนิลเอไมด์ (vinyl amide) ซึ่งมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 84.5°C และมีจุดเดือดที่ 125°C (Norris, 1967; American Cyanamid, 1969; Habermann, 1991) โดยทั่วไปสารอะคริลาไมด์นั้นสามารถละลายได้ดีในน้ำ เมทานอล เอทานอล และอะซิโตน แต่ไม่สามารถละลายได้ในเบนซีนและเฮปเทน สารอะคริลาไมด์เป็นโมโนเมอร์ที่ตรงบริเวณพันธะคู่มีสมบัติเป็นอิเล็กโตรฟิลิก (electrophilic) และหมู่เอไมด์สามารถแสดงความเป็นกรดและเบสอ่อนได้ เมื่อมีอิเล็กตรอนหลุดออกจากหมู่คาร์บอกซาไมด์ (carboxamide group) จะกระตุ้นให้พันธะคู่ในอะคริลาไมด์สามารถทำปฏิกิริยากับสารที่เป็นนิวคลีโอไฟล์ (nucleophilic) ได้ ซึ่งมักเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับที่อัตราเร็วของปฏิกิริยาขึ้นกับความแรงของนิวคลีโอไฟล์ได้ (Habermann, 1991).

2.2 ความเป็นพิษของสารอะคริลาไมด์

สารอะคริลาไมด์ เป็นสารประกอบคาร์บอนสามอะตอมที่สามารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายทาง (IARC, 1994; European Union Risk Assessment Report [EURA], 2002; Manson et al., 2005) รวมทั้งการดูดซึมจากอาหาร และสามารถถ่ายทอดจากแม่สู่ลูกได้ผ่านทางน้ำนมและรก เนื่องจากอะคริลาไมด์เป็นสารที่สามารถละลายน้ำได้ดี จึงสามารถถูกเมแทบอลิท์ (metabolize) ภายในเซลล์ได้ด้วยกลไกหลัก 2 วิธี คือ การออกซิไดส์ (oxidize) เป็นไกล์ซิไดนาไมด์ (glycidamide) หรือการรวมตัวกับกลูตาไทโอน (glutathione) ซึ่งโดยทั่วไปพบว่าทั้งอะคริลาไมด์และไกล์ซิไดนาไมด์ สามารถถูกขับออกจากร่างกายได้อย่างรวดเร็ว โดยพบว่าสารทั้งสองชนิดมีครึ่งชีวิตในหนูประมาณ 2 ชม. แต่ในคนยังไม่ชัดเจนนัก พบรายงานแค่เพียงว่าสารทั้งสองชนิดมีครึ่งชีวิตในผู้ชายอาสาสมัครอยู่ประมาณ 2.2-7 ชม. (Sörgel et al., 2002)

โดยทั่วไปสารอะคริลาไมด์สามารถส่งผลกระทบเชิงต่อผิวหนังและระบบทางเดินหายใจได้ (IARC, 1995) เมื่อร่างกายได้รับสารอะคริลาไมด์ในปริมาณสูงเข้าไปอย่างเฉียบพลัน จะส่งผลผิดปกติโดยตรงต่อระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก (Klaasen & Doull, 1986; Shanker & Seth, 1986; Tilson, 1981; U.S. EPA, 1985) โดยพิษของสารอะคริลาไมด์เชื่อว่าเกิดจากสาร

ตัวกลางชื่อไกลด์ซิคาไมด์ ที่ได้จากกระบวนการสลายสารอะคริลาไมด์ภายในเซลล์ เข้าจับกับดีเอ็นเอและทำลายรหัสพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต (Svensson *et al.*, 2003; Tareke *et al.*, 2000) และยังคงมีรายงานถึงพิษของสารอะคริลาไมด์ต่อระบบสืบพันธุ์ ซึ่งส่งผลต่อความแข็งแรงของสเปิร์มในหนูทดลอง (Friedman, Dulak & Stedham, 1995) นอกจากนี้ยังมีรายงานพบว่าสารอะคริลาไมด์นั้น มีพิษต่อระบบประสาท (Dearfield *et al.*, 1988; Tilson & Cabe, 1979) และมีรายงานยืนยันว่ามีแนวโน้มสูงที่จะเป็นสารก่อมะเร็งในคน (IARC, 1994; Segerback *et al.*, 1995; Tareke *et al.*, 2000) โดยจะส่งผลเหนี่ยวนำให้เกิดการแบ่งตัวของโครโมโซมที่ผิดปกติอีกด้วย (U.S. EPA, 1994)

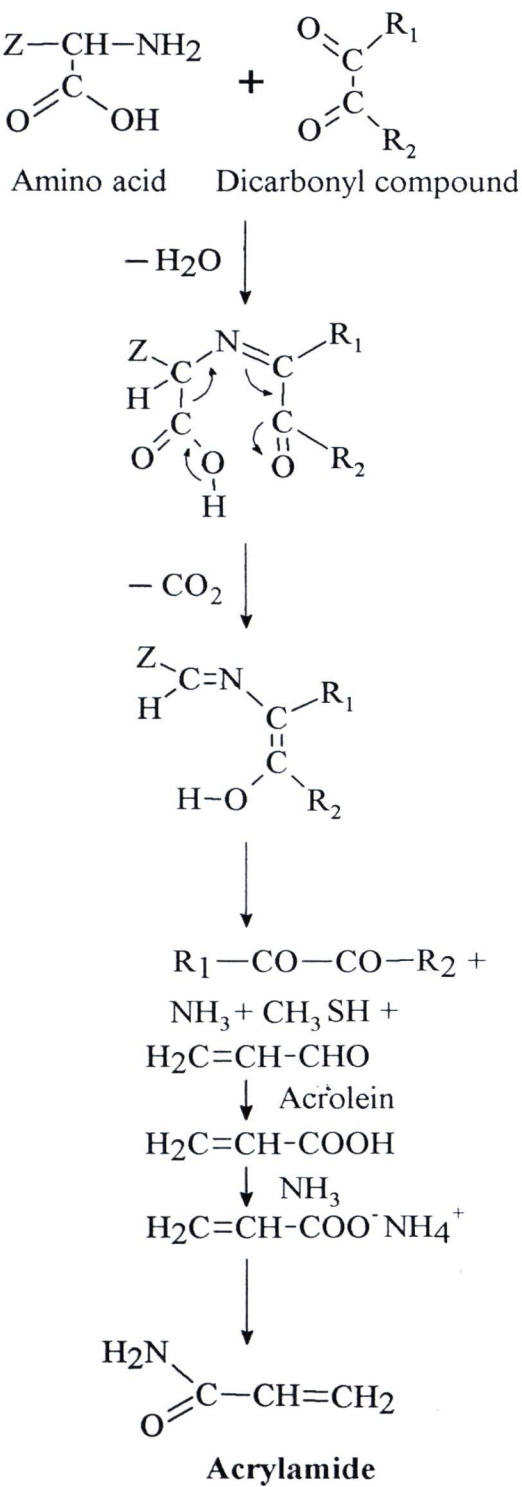
2.3 การก่อตัวของสารอะคริลาไมด์ในอาหาร

การปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ในอาหารมีการตรวจพบครั้งแรกโดยสถาบันวิจัยทางอาหารแห่งชาติสวีเดน (Swedish National Food Administration) และมีการยืนยันการปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ในอาหารประเภทอื่นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่วนใหญ่มักตรวจพบสารอะคริลาไมด์ในอาหารจำพวก มันฝรั่งทอด เฟรนช์ฟรายด์ ขนมปังอบกรอบ ช็อกโกแลต และการแพ (FAO/WHO, 2003) หลังจากนั้นไม่กี่เดือน ได้มีการรายงานถึงกลไกการก่อตัวของอะคริลาไมด์ในอาหารจำพวกแป้ง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนแอสพาราจีนและน้ำตาลรีดิวซ์ ระหว่างกระบวนการให้ปรุงที่ใช้อุณหภูมิสูง (Mottram *et al.*, 2002; Stadler *et al.*, 2002) และมีการยืนยันว่าปริมาณของสารอะคริลาไมด์ที่ก่อตัวขึ้นในอาหารจะขึ้นกับปริมาณของกรดอะมิโนแอสพาราจีนที่พบในวัตถุดิบที่ใช้ปรุงอาหารนั้น รวมทั้งอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการปรุง (Friedman, 2003) จึงทำให้ตรวจพบการปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ในอาหารแต่ละชนิดในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งในปัจจุบันมีสมมติฐานที่ใช้อธิบายการก่อตัวของสารอะคริลาไมด์ในอาหารได้ 2 กลไก ได้แก่

1) การก่อตัวจากสารอะโครเลอิน (acrolein) หรือ 2-โพรพิனால் (2-propenal, $\text{CH}=\text{CH}-\text{CHO}$) ซึ่งเป็นสารอัลดีไฮด์คาร์บอน 3 อะตอม ซึ่งสามารถเปลี่ยนโครงสร้างเป็นสารอะคริลาไมด์ได้ โดยทั่วไปสารอะโครเลอินนี้มักเกิดขึ้นได้จากการเปลี่ยนรูปลิพิดหรือการสลายกรดอะมิโน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ดังแสดงกลไกการก่อตัวในภาพที่ 1

2) การก่อตัวโดยปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) โดยทั่วไปเกิดได้ 3 ขั้นตอน (ภาพที่ 2) และเป็นกลไกที่ขึ้นกับความเข้มข้นและชนิดของสารตั้งต้น ค่าพีเอช เวลา อุณหภูมิ และปริมาณของน้ำในอาหาร รวมทั้งอนุมูลอิสระ (free radicals) และสารต้านออกซิเดชัน (antioxidants) ที่มีในอาหารด้วย (Mlotkiewicz, 1998) ในขั้นแรกเป็นการรวมตัวของกรดอะมิโนอิสระที่มาจากโปรตีนหรือกรดอะมิโนที่มีในอาหารเองกับน้ำตาลรีดิวซ์ ทำให้เกิดการจัดเรียงตัวใหม่เป็นสารอะมาโดริ (Amadori) หรือฮาย (Heyns) ต่อมาในขั้นที่ 2 เป็นการสลายสารอะมาโดริ ด้วยกลไกที่อาศัยไดออกซีโอโซน (deoxyosones) การแตกตัวของสารอะมาโดริเอง หรือการสลายสเตรคเกอร์ (Strecker degradation) ซึ่งต้องอาศัยปฏิกิริยาร่วม เช่น ปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน (dehydration) ปฏิกิริยาอีลิมีเนชัน (elimination) ปฏิกิริยาไซโคล-

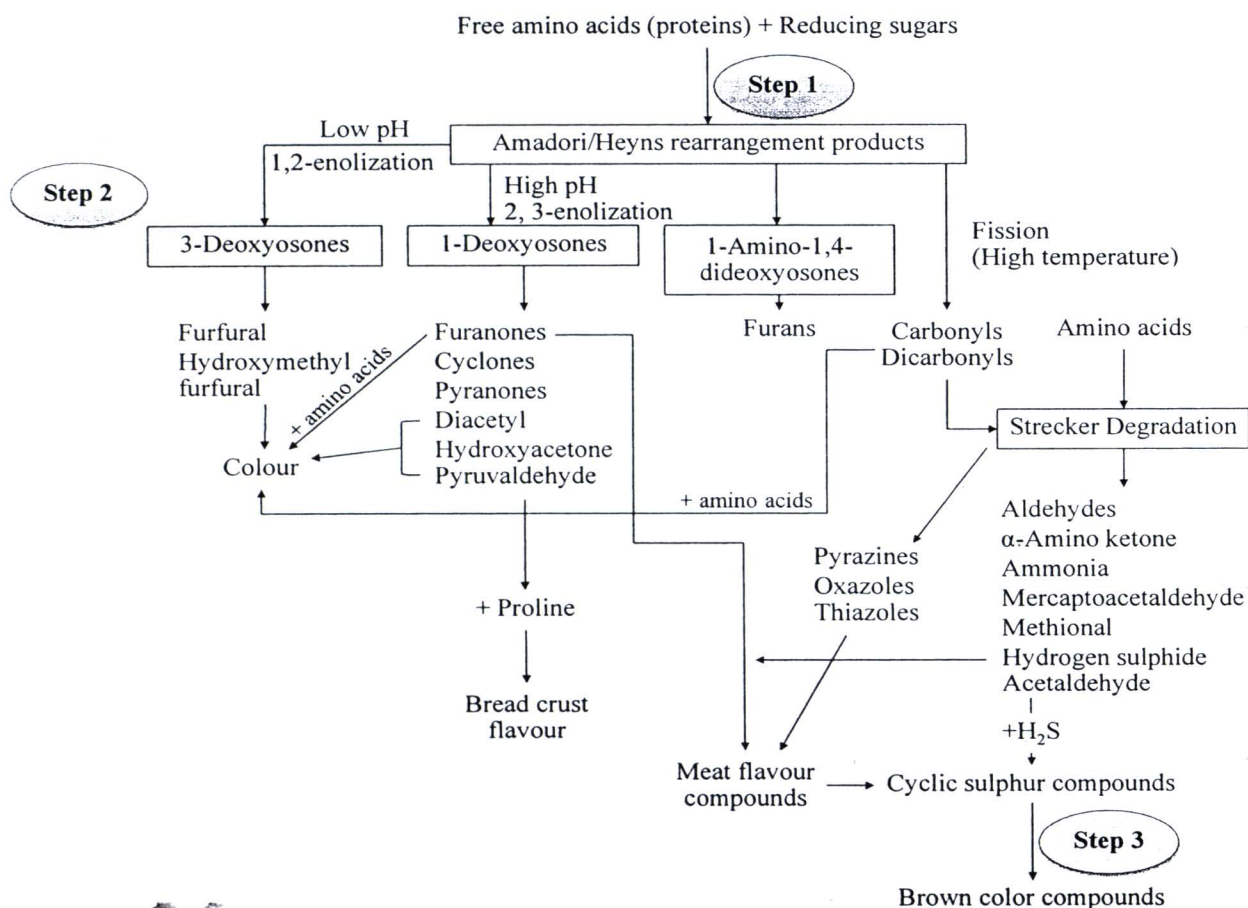
เซชัน (cyclization) ปฏิกิริยาฟิชชัน (fission) และปฏิกิริยาแฟรกเมนเทชัน (fragmentation) ทำให้ได้สาร
ตัวกลางที่มีกลิ่นเฉพาะ



ภาพที่ 1 วิธีการก่อตัวของสารอะคริลาไมด์จากสารอะโครเลอินที่เสนอโดย Mottram (2002) หมู่ข้าง Z-
คือ -CH₂CONH₂ ในแอสพาราจีน และ-CH₂CH₂SCH₃ ในเมไทโอนีน

ขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุดในกระบวนการสลายสเตอริกเกอร์ คือการทำปฏิกิริยาของกรดอะมิโนกับไดคาร์บอนิล (dicarbonyl) ที่เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด เพื่อสร้างสารตัวกลางที่สามารถทำปฏิกิริยาต่อได้ ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่ได้จากกระบวนการสลายสเตอริกเกอร์ได้แก่ อัลดีไฮด์ (aldehyde) เช่น ฟอรัลดีไฮด์ (formaldehyde) อะซีตัลดีไฮด์ (acetaldehyde) และ โพรเพนัลดีไฮด์ (propenaldehyde) หรือ อะโครลีน ซึ่งกระบวนการสลายสเตอริกเกอร์มักทำให้เกิดจากการสลายกรดอะมิโนเป็นอัลดีไฮด์ แอมโมเนีย และคาร์บอนไดออกไซด์ (Fennema, 1996) และมักเกิดในอาหารที่มีปริมาณกรดอะมิโนอิสระสูง ซึ่งผ่านการปรุงที่อุณหภูมิสูงหรือปรุงภายใต้ความดัน (Belitz & Grosch, 1999)

สำหรับขั้นตอนสุดท้าย (ขั้นที่ 3) ของปฏิกิริยาเมลลาร์ด คือการก่อตัวของสารสีน้ำตาล ซึ่งการทำให้เกิดสีนี้เป็นลักษณะที่สำคัญของปฏิกิริยานี้และแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสารมีสีที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ซึ่งประกอบด้วยวงแหวน 2-4 วงแหวน และกลุ่มของเมลานอยดิน (melanoidins) ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า



ภาพที่ 2 วิธีการก่อตัวของสารตัวกลางที่มีกลิ่นและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Mlotkiewicz, 1998)

2.4 การปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ในอาหาร

ในรอบสิบปีที่ผ่านมา มีรายงานจำนวนมากพบการปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ในอาหารจำพวกแป้งที่ได้จากพืชและอาหารที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบสูงซึ่งผ่านการปรุงแต่งโดยใช้ความร้อนสูงจากการทอดหรือการอบ โดยมีรายงานของ JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) พบว่า ชนิดของอาหารที่มักพบการปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ในทุกประเทศ ได้แก่ มันฝรั่งทอดแผ่นเรียบ (16-30%) มันฝรั่งทอดแผ่นบาง (6-46%) กาแฟ (13-39%) ขนมบิสกิต (10-20%) และขนมปังอบ (10-30%) (JECFA, 2005) ซึ่งมีรายงานถึงปริมาณอะคริลาไมด์ที่ผู้บริโภคได้รับในแต่ละวันเฉลี่ยที่ 0.3-1.4 ไมโครกรัมต่อกก.ของน้ำหนักร่างกาย และจะได้รับในระดับที่แตกต่างกันตามชนิดของอาหาร (The HEATOX Project, 2003) แต่ยังไม่เคยมีรายงานพบการปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ในอาหารที่ผ่านการปรุงด้วยการต้ม นึ่ง หรือ ลวก ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการปรุงดังกล่าวไม่มีการใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 100 °C จึงไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสื่อน้ำตาลขึ้นได้

ตัวอย่างรายงานวิจัยที่พบการปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ในอาหาร ได้แก่ รายงานวิจัยของ Tareke และคณะในปี ค.ศ. 2002 ที่พบปริมาณของสารอะคริลาไมด์ปนเปื้อนสูงถึง 150 – 4000 ไมโครกรัมต่อกก.ของอาหาร ในอาหารที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบสูง เช่น มันฝรั่งแผ่นทอด หัวยี่สิบ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากมันฝรั่งซึ่งมีขายทั่วไปในประเทศสวีเดน และตรวจพบในระดับที่มากกว่าปริมาณที่ตรวจพบในอาหารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูงซึ่งพบ 5 – 50 ไมโครกรัมต่อกก. เมื่อวิเคราะห์โดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (gas chromatography-mass spectrometry; GC-MS) ซึ่งในปีเดียวกันนี้ Rosén และ Hellenäs ใช้เทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟี-แทนเดม-แมสสเปกโตรเมตรี (liquid chromatography-mass spectrometry; LC-MS) ตรวจพบการปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ในมันฝรั่งทอดและซีเรียลที่ระดับ 30-10,000 มก.ต่อกก.อาหาร ขณะที่ Nemoto และคณะ ใช้เทคนิค GC-MS ที่มีสารมาตรฐานภายใน (internal standard) คืออะคริลาไมด์ไอโซโทป (¹³C-labeled acrylamide) ตรวจเจออะคริลาไมด์ในมันฝรั่งทอดแผ่นเรียบ 466-3,340 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร และตรวจพบอะคริลาไมด์ที่ระดับต่ำกว่า 520 ไมโครกรัมต่อกก.อาหารในอาหารชนิดอื่น เช่น บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เพสเซล (prezel) โดนัท ขนมญี่ปุ่นเซนเบ้ (senbei) รวมทั้งในชาและกาแฟ เป็นต้น

ต่อมาในปี ค.ศ. 2003 Becalski และคณะ ใช้เทคนิค LC-MS/MS สํารวจการปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ในอาหาร 30 ชนิด พบอะคริลาไมด์ในระดับที่ต่างกัน คือ 14 ไมโครกรัมต่อกก.ในขนมปังจนถึง 3700 ไมโครกรัมต่อกก.ในมันฝรั่งทอด และในปีเดียวกันนี้ Ono และคณะ วิธีการปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ในอาหารสำเร็จในประเทศญี่ปุ่น โดยใช้เทคนิค LC-MS ร่วมกับเทคนิค GC-MS พบว่า มันฝรั่งทอดแผ่นเรียบและอาหารว่างที่ทำจากมันฝรั่ง มีปริมาณอะคริลาไมด์สูง >1000 ไมโครกรัมต่อกก. ขณะที่ปริมาณของสารอะคริลาไมด์ในอาหารว่างอื่น เช่น ข้าวเกรียบทอดที่ผ่านการปรุงด้วยการทอดหรือการย่าง และลูกอมที่ทำจากมันฝรั่งหวาน มีปริมาณของสารอะคริลาไมด์ปนเปื้อนในระดับที่ต่ำ

กว่า ขณะที่ Svesson และคณะ ใช้เทคนิค LC-MS/MS ตรวจพบสารอะคริลาไมด์ในระดับน้อยกว่า 30 ถึง 2300 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร ในอาหารจำพวกผลิตภัณฑ์ที่ได้จากมันฝรั่ง ขนบึง อาหารเข้าซีเรียล บิสกิต คุกกี้ และในกาแฟ ที่มีขายในตลาดของประเทศสวีเดน รวมทั้งตรวจพบการปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ปริมาณเพียงไม่กี่ไมโครกรัมในเนื้อสัตว์ ปลา ผงโกโก้และช็อคโกแลต

ในปี ค.ศ. 2004 Murkovic และคณะ ใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูง (High performance liquid chromatography; HPLC) ตรวจพบสารอะคริลาไมด์ปริมาณสูง 1500 ไมโครกรัมต่อกก.อาหารในมันฝรั่งทอดแผ่นบาง และพบสารอะคริลาไมด์ปริมาณต่ำในอาหารประเภทอื่น ได้แก่ คุกกี้ (99 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร) ขนบึงแผ่น (69 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร) ป๊อปคอร์นและผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าว (97 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร) มันฝรั่งแผ่นทอด (161 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร) และกาแฟ (169 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร) หลังจากนั้นหนึ่งปี Jackson และ Al-Taher รายงานการก่อตัวของอะคริลาไมด์ในเฟรนช์ฟรายด์ที่ระดับ 55-2,130 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร เมื่อวิเคราะห์โดยเทคนิค LC-MS/MS ซึ่งตรวจพบปริมาณอะคริลาไมด์สูงที่สุดในเฟรนช์ฟรายด์ที่มีสีน้ำตาลเข้มที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของสารอะคริลาไมด์ในขนบึงบึงจะมีระดับที่ต่างกันตามความเข้มของสีน้ำตาลของขนบึง กล่าวคือขนบึงบึงที่มีสีดำน้อย (43.7-610.7 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร) จะมีปริมาณของสารอะคริลาไมด์สูงกว่าขนบึงบึงที่มีสีน้ำตาลปานกลาง (10.9-213.7 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร) และขนบึงบึงที่มีสีน้ำตาลอ่อน (8.27-217.5 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร)

ต่อมาในปี ค.ศ. 2006 Tateo และคณะ ใช้เทคนิค GC-MS ตรวจหาการปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ในซอสมะเขือเทศที่มีขายในประเทศอิตาลี พบปริมาณของสารอะคริลาไมด์น้อยกว่า 50 มก.ต่อกก.ในซอสมะเขือเทศทั่วไป แต่จะพบอะคริลาไมด์ในปริมาณสูงคือ 124 มก.ต่อกก. ในซอสมะเขือเทศที่มีการเติมเครื่องเทศ เช่น น้ำมันมะกอกลงไป รวมทั้งยังพบสารอะคริลาไมด์ในปริมาณสูงถึง 136-294 มก.ต่อกก. ในอาหารจานด่วน เช่น มันฝรั่งทอด อีกด้วย นอกจากนี้ในปีเดียวกัน Zhang และคณะ ได้พัฒนาวิธีการตรวจสอบการปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ในอาหารทอด เช่น มันฝรั่ง และปีกไก่ทอด โดยใช้เทคนิค GC ที่มีตัวรับคืออิเล็กตรอนแคปเจอร์ (electron capture detector) และสรุปว่าเป็นวิธีที่เร็วและมีค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่าเทคนิคที่เคยใช้ก่อนหน้านี้ ซึ่งต่อมาในปี ค.ศ. 2007 คณะผู้วิจัยเดียวกันได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบสารอะคริลาไมด์ในอาหารจีนระหว่างการใช้ GC และการใช้ HPLC และพบว่าเป็นวิธีที่มีความไวในการตรวจสอบในระดับที่ใกล้เคียงกัน ขณะที่ Liu และคณะ ใช้เทคนิค LC-MS/MS ตรวจหาสารอะคริลาไมด์ในชา 30 ชนิด ซึ่งพบว่า ชาดำ ชาอูหลง ชาขาว และชาเหลือง มีสารอะคริลาไมด์ปนเปื้อนในปริมาณที่น้อยกว่า 20 ไมโครกรัมต่อกก. แต่จะพบสารอะคริลาไมด์ในปริมาณสูงขึ้น (46-94 ไมโครกรัมต่อกก.) ในชาเขียวที่ผ่านการอบ คั่ว หรือ ตากแดด

และล่าสุดในปี ค.ศ. 2010 Daniali และคณะ ใช้เทคนิค GC-MS วิเคราะห์ปริมาณอะคริลาไมด์ในอาหารว่างที่ทำจากกล้วยซึ่งมีขายในประเทศมาเลเซีย และพบว่า กล้วยทอดมีปริมาณของสารอะคริลาไมด์หลากหลาย ตั้งแต่ 74 ถึง 7468.8 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร ขณะที่กล้วยทอดแผ่นเรียบ

เกลือบนน้ำตาลมีปริมาณอะคริลาไมด์ 160.7-500.4 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร แต่ไม่พบสารอะคริลาไมด์ในขนมเค้กกล้วยหอม และในปีเดียวกันนี้ Lasekan และ Abbas ได้ใช้เทคนิค GC-MS วิเคราะห์สารอะคริลาไมด์ในอาหารที่มีกลิ่น 74 ชนิดและพบว่า เมล็ดอัลมอนด์ของมาเลเซีย (*Terminalia catappa*) ที่ผ่านการคั่ว มีสารอะคริลาไมด์ปนเปื้อน 8-86 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร ขณะที่ Alves และคณะตรวจพบสารอะคริลาไมด์ปริมาณเล็กน้อย 1.16 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร ในกาแฟเอสเปรสโซ (expressos) และพบอะคริลาไมด์ 2.31 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร ในกาแฟอาราบิก้า (arabica) และโรบัสต้า (robusta) หรือรายงานวิจัยของ Boroushaki และคณะ ที่ใช้เทคนิค LC-MS/MS วิเคราะห์อะคริลาไมด์ในผลิตภัณฑ์ที่ทำจากมันฝรั่งและข้าวโพดที่มีขายทั่วไป โดยสามารถตรวจพบสารอะคริลาไมด์ในปริมาณที่หลากหลาย คือ 244-1,688 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร และ <30-410 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร ตามลำดับ ขณะที่ Mojska และคณะ พบอะคริลาไมด์ปริมาณตั้งแต่ 11 ถึง 3,647 ไมโครกรัมต่อกก.อาหารในอาหารพื้นเมืองของประเทศโปแลนด์ เมื่อวิเคราะห์โดยเทคนิค GC-MS/MS

นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยพบการตกค้างของสารอะคริลาไมด์ในน้ำดื่มและควันยาสูบอีกด้วย (Bergmark, 1997; EC, 2000) ซึ่งพบว่าสารอะคริลาไมด์ที่ปนเปื้อนมากับอาหาร สามารถขนส่งเข้าสู่บาโซลาทีรอลของเซลล์คาโคในระบบลำไส้ได้โดยกลไกหลักที่อาศัยการแพร่แบบแพสซีฟและส่งต่อจากบาโซลาทีรอลให้กับอะพิกอลบริเวณลูเมนของลำไส้ โดยอาศัยการทำงานร่วมกันกับสารประกอบขนาดเล็กที่ต้องการพลังงาน และค่าความเป็นกรด-เบสเฉพาะ (Schabacker *et al.*, 2004; Zodl *et al.*, 2007) จากนั้นสารอะคริลาไมด์ที่ถูกดูดซึมจะสามารถเปลี่ยนรูปต่อไปผ่านสองกลไก คือ การรวมตัวโดยตรงกับกลูตาไทโอนหรือการสร้างสารตัวกลางไกล์ซิดาไมด์โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันผ่านไซโทโครมพี 450 ซึ่งจะถูกไฮโดรไลสต่อไปเป็นไกล์ซิดาไมด์ หรือรวมตัวกับกลูตาไทโอนได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดเมอร์แคปทริกขับออกทางปัสสาวะ (Dybing *et al.*, 2005; Fennell *et al.*, 2005) ดังกล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนรูปของสารอะคริลาไมด์นั้นยังขึ้นกับกลไกที่เกิดไม่สมบูรณ์ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดการสะสมของอะคริลาไมด์ในร่างกายได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน โดยปริมาณของสารอะคริลาไมด์ที่สะสมมากขึ้นสามารถส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของเซลล์เม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบินในคน (Bergmark, 1997; Klaus and Schmahl, 1989) นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยยืนยันว่าสารตกค้างอะคริลาไมด์ในอาหารเมื่ออยู่ในปริมาณเพียงเล็กน้อยจะเกิดพิษต่อพันธุกรรมของสัตว์ทดลอง แต่ถ้าตกค้างในปริมาณสูงจะส่งผลกระทบต่อระบบประสาทและระบบการสืบพันธุ์ในสัตว์ทดลองได้ (EC, 2000) ด้วยเหตุนี้จึงมีโอกาสสูงที่สารอะคริลาไมด์จะเป็นสารก่อมะเร็งในคนต่อไปตามรายงานของ IARC (International Agency for Research on Cancer) (IARC, 1986; IARC 1987; IARC 1994; Segerback *et al.*, 1995; Tareke *et al.*, 2000)

สำหรับความคงตัวของสารอะคริลาไมด์ ได้มีรายงานการทดลองโดย Hoenicke และ Gatermann ในปี ค.ศ. 2005 พบว่า สารอะคริลาไมด์ที่ปนเปื้อนในคุกกี้ คอนเฟรค น้ำตาลดิบ มันฝรั่ง และถั่ว มีความคงตัวมากกว่า 3 เดือนของการเก็บหลังจากการผลิต ขณะที่สารอะคริลาไมด์ในบิสกิตมีระ

ดับที่ลดลงเล็กน้อยหลังจากการเก็บเกิน 3 เดือน สำหรับระดับของสารอะคริลาไมด์ในกาแฟและผงโกโก้จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเก็บไว้นาน 3 เดือนและ 6 เดือน ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณของสารอะคริลาไมด์ในกาแฟที่ปรุงสำเร็จแล้วมีความคงตัวสูงมากและไม่พบระดับที่ลดลงแต่อย่างใด

อย่างไรก็ตามเป็นที่น่ายินดีที่ในช่วงห้าปีที่ผ่านมา ได้มีคณะผู้วิจัยบางกลุ่มทำการทดลองหาสถานะการปรุงที่เหมาะสมในการลดการก่อตัวของสารอะคริลาไมด์ในอาหาร และพบว่ากลไกที่ทำให้เกิดการก่อตัวของสารอะคริลาไมด์ในอาหารนั้นเป็นกลไกที่ขึ้นกับอุณหภูมิสูง กล่าวคือเมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการปรุงแต่งอาหารให้สูงขึ้นจะทำให้โอกาสในการก่อตัวของสารอะคริลาไมด์เพิ่มได้มากขึ้น (Mottram *et al.*, 2002) รวมทั้งการปรุงแต่งอาหารที่อุณหภูมิซึ่งต่ำกว่า 120 °ซ และการต้มแปรงวัตถุดิบที่ใช้ประกอบอาหารก่อนการปรุงแต่งดูเหมือนว่าจะสามารถช่วยลดการก่อตัวของสารอะคริลาไมด์ในอาหารได้ (Mottram *et al.*, 2002; Tareke *et al.*, 2002) ดังนั้นหากสามารถปรุงแต่งอาหารแปรงเหล่านี้โดยการต้มแปรงวัตถุดิบเช่น หัวมันฝรั่ง ที่ใช้ในการปรุงก่อน หรือทำการทอดหรืออบอาหารแปรงเหล่านี้ที่อุณหภูมิที่ไม่สูงมาก แคประมาณ 100 - 110 °ซ ก็จะมีแนวโน้มได้ว่าอาหารแปรงที่ผ่านการปรุงแต่งนั้นปราศจากการปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ได้อย่างค่อนข้างแน่นอน และที่น่าสนใจคือเมื่อเร็วๆนี้ Hedegaard และคณะ (2008) ได้ทำการทดลองพบว่า สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ที่พบในชาและกระเทียม และการใช้น้ำมันที่ถูกออกซิไดส์ด้วยปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชัน (Peroxidation) ปรุงอาหารจะสามารถลดปริมาณการก่อตัวของสารอะคริลาไมด์ในอาหารได้ด้วย

อย่างไรก็ตาม จากรายงานการวิจัยที่ผ่านมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่าการตรวจพบการปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์มากับอาหารที่บริโภคในปัจจุบันเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในหลายๆประเทศ ดังนั้นจะเป็นการดีไม่น้อยหากเราสามารถวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ในอาหารของไทย ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นแป้งและมีขายอยู่ทั่วไป โดยกลุ่มตัวอย่างอาหารเป้าหมาย จะมุ่งเน้นไปที่อาหารพื้นเมืองที่มีการขายทั่วไปในตลาดหนองมน จังหวัดชลบุรี เนื่องจากเป็นตลาดที่มีกำลังในการซื้อขายจากผู้บริโภคจำนวนมาก เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการให้ความรู้กับประชาชน นอกจากนี้จะศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภค เพื่อนำมาวิเคราะห์ความเสี่ยงในการได้รับสารอะคริลาไมด์จากอาหาร และปรับปรุงพฤติกรรมผู้บริโภคของประชาชนต่อไป