ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
248958

รายงานการวิจัย

การศึกษาการปนเปื้อนของอะคริลาไมด์ในอาหารพื้นเมืองของไทยที่มีแป้งสูงในตลาดหนองมน จังหวัดชลบุรี และติดตามความคงตัวของอะคริลาไมด์จากอาหารด้วยระบบย่อยจำลอง

Study on the contamination of acrylamide in Thai traditional carbohydrate-rich foods in Nong Mon market, Chonburi and monitor of the stability of foodborne acrylamide contaminant under condition of in vitro digestion

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติมา เจริญพานิช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรสา สุริยาพันธ์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

bcc254390

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
248958

รายงานการวิจัย

การศึกษาการปนเปื้อนของอะคริลาไมด์ในอาหารพื้นเมืองของไทยที่มีแป้งสูงในตลาดหนองมน จังหวัดชลบุรี และติดตามความคงตัวของอะคริลาไมด์จากอาหารด้วยระบบย่อยจำลอง

Study on the contamination of acrylamide in Thai traditional carbohydrate-rich foods in Nong Mon market, Chonburi and monitor of the stability of foodborne acrylamide contaminant under condition of in vitro digestion

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติมา เจริญพานิช

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรสา สุริยาพันธ์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง "การศึกษาการปนเปื้อนของอะคริลาไมด์ในอาหารพื้นเมืองของไทยที่มีแป้งสูงในตลาดหนองมน จังหวัดชลบุรี และติดตามความคงตัวของอะคริลาไมด์จากอาหารด้วยระบบย่อยจำลอง" สำเร็จลงด้วยดีเนื่องจากได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 ตามสัญญาเลขที่ 57/2553 และทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 ตามสัญญาเลขที่ 27/2554 ผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

ธันวาคม 2554

โครงการวิจัยเรื่อง การศึกษาการปนเปื้อนของอะคริลาไมด์ในอาหารพื้นเมืองของไทยที่มีแป้งสูงในตลาดหนองมน จังหวัดชลบุรี และติดตามความคงตัวของอะคริลาไมด์จากอาหารด้วยระบบย่อยจำลอง (Study on the contamination of acrylamide in Thai-traditional carbohydrate-rich foods in Nongmon market, Chonburi and monitor of the stability of foodborne acrylamide contaminant under condition of in vitro digestion)

ระยะเวลาทำการวิจัย 2 ปี (ปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 และพ.ศ. 2554)

คณะผู้วิจัย [1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติมา เจริญพานิช คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา โทร 0-3810-3058, [2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรสา สุริยาพันธ์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา โทร 0-3810-3139

248958

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ปริมาณของสารอะคริลาไมด์ในอาหารพื้นเมืองของไทยที่มีแป้งสูง ที่มีขายในตลาดหนองมน จังหวัดชลบุรี ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปกโทรเมทรี ที่มีความไวในการวิเคราะห์ที่ระดับ 5 - 50 ไมโครกรัม และให้ค่า r^2 มากกว่า 0.99 ค่าพารามิเตอร์ที่ระบุถึงประสิทธิภาพของวิธีสกัดตัวอย่างและเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์คือ ค่า LOD (s/n = 3) และ LOQ (s/n = 10) ของระบบเท่ากับ 4 และ 15 ไมโครกรัมต่อกก. ตามลำดับ และให้ค่า RSD น้อยกว่า 2% ผลการวิเคราะห์ในอาหารตัวอย่าง 16 ชนิด พบปริมาณของสารอะคริลาไมด์ในช่วงตั้งแต่ <15 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร ถึง 1.26 มก.ต่อกก.อาหาร โดยพบปริมาณของสารอะคริลาไมด์มากที่สุดในขนมจาก โดยตรวจพบปริมาณของสารอะคริลาไมด์ในระดับปานกลางคือ 150-500 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร ในอาหารที่ผ่านการทอดแบบน้ำมันท่วมเกือบทุกชนิดโดยเฉพาะในมันฉาบ เผือกฉาบ ขนมไข่หงส์ กล้วยแขก และปอเปี๊ยะทอด สำหรับอาหารไทยพื้นเมืองที่ตรวจพบสารอะคริลาไมด์ปนเปื้อนในปริมาณต่ำ (<150 ไมโครกรัมต่อกก. อาหาร) คือ ข้าวหลาม ปาท่องโก๋ กล้วยฉาบ และเกี๊ยวทอด และพบปริมาณของสารอะคริลาไมด์ต่ำที่สุด (<15 ไมโครกรัมต่อกก.อาหาร) ในปลาเส้น ข้าวเกรียบ และฮ่อยจ๊อ เมื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการบริโภคของนักท่องเที่ยว จำนวน 400 คน ระบุว่า ผู้บริโภคมีความเสี่ยงที่จะรับสารอะคริลาไมด์จากอาหารได้โดยเฉลี่ยไม่เกิน 150 นาโนกรัมต่อวัน ซึ่งต่ำกว่าระดับที่จะส่งพิษต่อร่างกาย การติดตามความคงตัวของสารอะคริลาไมด์ในปาท่องโก๋ด้วยระบบย่อยอาหารจำลองดูเหมือนว่าสารอะคริลาไมด์สามารถดูดซึมได้ 48.45% ในบริเวณลำไส้เล็กของระบบย่อยอาหารจำลอง และดูเหมือนว่าสารต้านอนุมูลอิสระในชาเขียวไม่สามารถช่วยลดการดูดซึมอะคริลาไมด์ในระบบย่อยอาหารจำลองได้ และเมื่อทดลองพัฒนาวิธีการผลิตมันเทศทอดที่สามารถลดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ (การก่อตัวของสารอะคริลาไมด์) จากการศึกษาวิธีการเตรียมขั้นต้นได้แก่ การแช่แผ่นมันเทศ (ความหนา 2 มม.) ในน้ำ หรือ ในสารละลายของวัตถุเจือ

248958

ปนอาหาร เช่น กรดซิตริก หรือ ไกลซีน หรือ แคลเซียมคลอไรด์ โดยมีทั้งแบบแช่ในสารเดี่ยวและใช้สารผสมกัน ที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นเวลา 75 นาที หรือ การลวกในน้ำ ที่อุณหภูมิ 70 °ซ เป็นเวลา 10 นาที ก่อนทอดแผ่นมันเทศแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 150 ± 3 °ซ เป็นเวลา 3.5 นาที วิเคราะห์ค่าสี ความแข็ง ปริมาณไขมัน และ ความชอบ (วิธี 9-point Hedonic scale ผู้ทดสอบ 30 คน) ของมันเทศแผ่นกรอบที่ได้ พบว่า วิธีการเตรียมขั้นต้นแต่ละวิธีมีผลต่อคุณภาพของมันเทศแผ่นกรอบในทุกลักษณะที่วิเคราะห์ ($p<0.05$) การแช่ในกรดซิตริก ความเข้มข้น 1% (น้ำหนักต่อปริมาตร) ได้มันเทศแผ่นกรอบ (ปริมาณไขมัน 25.71%) มีสีเหลืองทอง แต่มีรสเปรี้ยวซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ สำหรับการแช่ในสารละลายไกลซีน (0.4% น้ำหนักต่อปริมาตร) ได้มันเทศแผ่นกรอบ (ปริมาณไขมัน 20.62 %)ที่มีสีน้ำตาลคล้ำ การแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 1% (น้ำหนักต่อปริมาตร) พบว่า มันเทศแผ่นกรอบที่ได้ (ปริมาณไขมัน 18.52 %) มีสีเหลืองอมน้ำตาล แต่มีค่าความแข็งที่สูงที่สุด (7.03 นิวตัน) มันเทศแผ่นกรอบที่ได้จากการแช่ในสารละลายผสมที่มีกรดซิตริกเข้มข้น 1% (น้ำหนักต่อปริมาตร) พบว่ามีรสเปรี้ยว และการใช้ไกลซีนร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ส่งผลให้มันเทศแผ่นกรอบมีสีคล้ำ การลวกแผ่นมันเทศมีผลด้านลบต่อคุณภาพด้านสีและความกรอบของมันเทศแผ่นกรอบอย่างมาก อย่างไรก็ตาม การลดความเข้มข้นของกรดซิตริก และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ใช้ในการแช่แผ่นมันเทศก่อนทอดเป็น 0.1% (น้ำหนักต่อปริมาตร) และ 0.5% (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ สามารถแก้รสเปรี้ยว และเนื้อสัมผัสที่แข็งได้

คำสำคัญ สารอะคริลาไมด์, อาหารพื้นเมืองของไทย, การวิเคราะห์ GC-MS, ตลาดหนองมน, ระบบย่อยจำลอง, พฤติกรรมการบริโภค

Abstract

Acrylamide in Thai-traditional carbohydrate-rich foods available in Nong Mon market, Chonburi was analysed by GC/MS with a linear response ranged of 5-50 μg and r^2 >0.99. The limit of detection (s/n = 3) and limit of quantification (s/n = 10) of the system were 4 and 15 μg kg^{-1}, respectively, and RSD was < 2%. Acrylamide in 16 food samples ranged from < 15 μg kg^{-1} to 1.26 mg kg^{-1} with highest concentrations in Kanom Jak (grilled sweet coconut meal-rice paste wrapped in palm leaf). Moderate levels (150 – 500 μg kg^{-1}) were detected mostly in deep-fried products, especially sweet potato and taro crisps, Kanom Kai Hong (deep-fried pre-gelatinized sweet potato ball), banana fritters and spring rolls. Thai-conventional foods possessed low concentrations (<150 μg kg^{-1}) including Khao Larm (grilled sweet rice with coconut milk packed in bamboo), Pa Tong Koo (deep-fried twisted wheat dough-roll, Chinese Style), sweet banana crisps and deep-fried Chinese wonton. Acrylamide

248958

was lowest (<15 μg kg^{-1}) in fish strips, rice crackers and Hoi Jor (deep fried minced pork and crabmeat balls wrapped in Tofu sheets). Dietary habits by 400 tourists indicate a daily intake of acrylamide <150 nanograms, well below a toxic dose. Monitoring of the stability of acrylamide contaminant in Pa Tong Koo under condition of in vitro digestion showed that 48.45% of acrylamide was adsorbed in intestinal tract and addition of green tea did not significantly reduced acrylamide adsorption. An attempt to develop the cooking method for reduction of browning (acrylamide formation) in sweet potato crisps was performed. The pre-treatment methods of sweet potato slices (2 mm in thickness) included soaking in water or aqueous food additive solutions (citric acid or glycine or $CaCl_2$) as single compound or in combination for 75 min at 30°C or blanching in water at 70°C for 10 min. The deep-frying temperature and time was at 150 ± 3°C for 3.5 min. The obtained sweet potato chips were evaluated color (L*, a*, b*), fat content, hardness, and liking (9-point hedonic scaling, n=30). Any pre-treatment method highly altered the quality of sweet potato chips ($p<0.05$). Soaking in 1% citric acid provided bright golden color sweet potatoes chips (25.71% fat) with off flavor (sourness). Soaking in 0.4% glycine solution highly promoted the formation of dark brown color on sweet potato chips (20.62 % fat) which was considered as off-color. In contrast, soaking in 1% $CaCl_2$ solution did not change the color of sweet potato chips (18.52 % fat) but the texture of sweet potato chips were slightly denser (hardness = 7.03 N). The presence of citric acid in any soaking solutions caused the off-flavor. Furthermore, soaking in glycine solution containing $CaCl_2$ considerably enhanced the intensity of brown color. Blanching had adverse effects on color and texture of sweet potato chips. Eliminations of sourness and texture defect of pre-treated sweet potato chips were readily performed by lowering concentration of citric acid and calcium chloride solution to 0.1%, and 0.5%, respectively.

Keywords: Acrylamide, Thai-conventional foods, GC-MS analysis, Nong Mon market, in vitro digestion system, Consumption habits

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	2
บทคัดย่อภาษาไทย	3
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	4
สารบัญเรื่อง	6
สารบัญตาราง	8
สารบัญภาพ	9
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย	10
บทที่	
1 บทนำ	11
2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	
2.1 คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของสารอะคริลาไมด์	14
2.2 ความเป็นพิษของสารอะคริลาไมด์	14
2.3 การก่อตัวของสารอะคริลาไมด์ในอาหาร	15
2.4 การปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ในอาหาร	18
3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 สารเคมี	22
3.2 ตัวอย่างอาหาร	22
3.3 การเตรียมและการสกัดอะคริลาไมด์ออกจากตัวอย่างอาหาร	24
3.4 การวิเคราะห์อะคริลาไมด์โดยเทคนิคแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปกโทรเมทรี	25
3.5 การวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้บริโภค	25
3.6 การประมาณการได้รับอะคริลาไมด์ของผู้บริโภคต่อวัน	26
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	26
3.8 การติดตามความคงตัวของสารอะคริลาไมด์ในปาท่องโก๋ด้วยระบบย่อยจำลอง	26
3.9 การพัฒนาวิธีการผลิตมันเทศทอดที่สามารถลดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์	28
4 ผลการวิจัย	
4.1 การตรวจสอบความไวของเทคนิค GC-MS ที่ใช้วิเคราะห์	31
4.2 ปริมาณของสารอะคริลาไมด์ที่ตรวจพบในตัวอย่างอาหารที่ผ่านการทอดแบบน้ำมันท่วม	31

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

บทที่		หน้า
4	ผลการวิจัย	
	4.3 ปริมาณของสารอะคริลาไมด์ที่ตรวจพบในตัวอย่างอาหารที่ผ่านการเผาหรือย่าง	33
	4.4 ปริมาณของสารอะคริลาไมด์ที่ตรวจพบในตัวอย่างอาหารที่ผ่านการอบและที่ผ่านการให้ความร้อนโดยตรงจากแผ่นให้ความร้อน	34
	4.5 การวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้บริโภค	37
	4.6 การประมาณการได้รับสารอะคริลาไมด์ของผู้บริโภคต่อวัน	47
	4.7 การติดตามความคงตัวของสารอะคริลาไมด์ในปาท่องโก๋ด้วยระบบย่อยจำลอง	47
	4.8 การพัฒนาวิธีการผลิตมันเทศทอดที่สามารถลดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์	52
5	อภิปรายและวิจารณ์ผลการวิจัย	56
6	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	62
บรรณานุกรม		63
ภาคผนวก		
1	กราฟมาตรฐานของอะคริลาไมด์ต่ออะคริลาไมด์ไอโซโทป เมื่อวิเคราะห์โดย GC-MS	70
2	ตัวอย่างแบบสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภค	73
3	ผลการสำรวจอัตราการบดเคี้ยวอาหารของชาย-หญิง 5 ช่วงอายุ	78
4	กราฟมาตรฐานของสารอะคริลาไมด์ เมื่อวิเคราะห์โดยเทคนิค HPLC	83
5	ค่า LOD, LOQ, repeatability และ LDR (linearity)	84
6	ข้อมูลปริมาณอะคริลาไมด์ที่ตรวจพบในอาหาร เมื่อวิเคราะห์โดยเทคนิค GC-MS	86
7	โครมาโทแกรมของ GC-MS และการสกัดพีคของอนุพันธ์อะคริลาไมด์ของอาหาร	91
8	วิธีการคำนวณค่า EDI	103
9	โครมาโทแกรมของเอนไซม์และสารเคมีต่างๆในระบบย่อยอาหารจำลอง	103
10	กราฟมาตรฐานความเข้มข้นของอะคริลาไมด์	106
ประวัติและผลงานผู้วิจัย		107

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณของสารอะคริลาไมด์ที่ตรวจพบในตัวอย่างอาหารที่ผ่านการทอดน้ำมันท่วม	32
2	ปริมาณของสารอะคริลาไมด์ที่ตรวจพบในตัวอย่างข้าวหลามและขนมจาก	35
3	ปริมาณของสารอะคริลาไมด์ที่ตรวจพบในตัวอย่างอาหารที่ผ่านการอบหรือให้ความร้อนโดยตรงจากแผ่นให้ความร้อน	36
4	จำนวนของผู้บริโภคที่มาตลาดหนองมน จังหวัดชลบุรี จำแนกตามข้อมูลทั่วไป	38
5	จำนวนและร้อยละของผู้บริโภคที่มาตลาดหนองมน จังหวัดชลบุรี จำแนกตามความบ่อยครั้งในการเลือกซื้ออาหารจากตลาดหนองมน	41
6	จำนวนและร้อยละของผู้บริโภคที่ตลาดหนองมน จังหวัดชลบุรี จำแนกตามปริมาณในการซื้ออาหาร ปริมาณในการรับประทานเอง และปริมาณที่ซื้อเป็นของฝาก	43
7	จำนวนและร้อยละของผู้บริโภคที่ตลาดหนองมน จังหวัดชลบุรี จำแนกตามความรู้พื้นฐานด้านอาหารปลอดภัยและพฤติกรรมความเสี่ยงของผู้บริโภค	45
8	ความเสี่ยงในการได้รับสารอะคริลาไมด์ต่อวันของผู้บริโภค	48
9	ค่าสีของแผ่นมันเทศทอดที่มีการเตรียมขั้นต้นก่อนการทอดต่างกัน	53
10	ปริมาณความชื้น น้ำมัน และความแข็งของแผ่นมันเทศทอดที่ได้จากการเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีที่ต่างกัน	54
11	การประเมินความชอบของผู้บริโภคต่อมันเทศทอดกรอบที่ทอดหลังการเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีต่างกัน	55
12	ปริมาณของอาหารที่สามารถบริโภคต่อวัน	59

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วิถีการก่อตัวของสารอะคริลาไมด์จากสารอะโครเลอิน	16
2	วิถีการก่อตัวของสารตัวกลางที่มีกลิ่นและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเมลล์ลาร์ด	17
3	ปริมาณเฉลี่ยของสารอะคริลาไมด์ที่ตรวจพบในอาหารทอดน้ำมันท่วม	33
4	ปริมาณเฉลี่ยของสารอะคริลาไมด์ที่ตรวจพบในข้าวหลามและขนมจาก	34
5	ปริมาณเฉลี่ยของสารอะคริลาไมด์ที่ตรวจพบในขนมหม้อแกงและเครปช็อคโกแลต	34
6	โครมาโทรแกรมของปาท่องโก๋ผสมสารอะคริลาไมด์ที่ผ่านการย่อยในระบบย่อยจำลอง	49
7	โครมาโทรแกรมของปาท่องโก๋ชุดควบคุมที่ผ่านการย่อยในระบบย่อยจำลอง	50
8	โครมาโทรแกรมของปาท่องโก๋ที่ผสมอะคริลาไมด์และชาเขียวเมื่อผ่านการย่อยในระบบย่อยอาหารจำลอง	51

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

<	=	น้อยกว่า
>	=	มากกว่า
±	=	บวก-ลบ
%	=	ร้อยละ
α	=	แอลฟา (alpha)
β	=	บีตา (beta)
°ซ	=	องศาเซลเซียส
μg	=	ไมโครกรัม
AU	=	ค่าการตอบสนองต่อสัญญาณ
kg	=	กิโลกรัม
mg	=	มิลลิกรัม
min	=	นาที
ml	=	มิลลิลิตร
N	=	นิวตัน (Newton)
SD	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
กก.	=	กิโลกรัม
ชม.	=	ชั่วโมง
ซม.	=	เซนติเมตร
มก.	=	มิลลิกรัม
มล.	=	มิลลิลิตร
มม.	=	มิลลิเมตร