ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
242344

รายงานการวิจัย

การตรวจหาอะคริลาไมด์ในตัวอย่างอาหารทอดของไทยที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง

SURVEYS OF ACRYLAMIDE IN CARBOHYDRATE-RICH DEEP-FRIED THAI FOOD SAMPLES

นาย ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2552
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
242344

รายงานการวิจัย

การตรวจหาอะคริลาไมด์ในตัวอย่างอาหารทอดของไทยที่มีคาร์โบไฮเดรทสูง

SURVEYS OF ACRYLAMIDE IN CARBOHYDRATE-RICH DEEP-FRIED THAI FOOD SAMPLES

นาย ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2552
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการตรวจหาอะคริลาไมด์ในตัวอย่างอาหารทอดของไทยที่มี คาร์โบไฮเดรทสูง ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2552 ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณอัญญารัตน์ นิ่มทองคำ ผู้ช่วยวิจัยที่มีส่วนให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณ นักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการให้บริการมาโดยตลอด

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม
หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อโครงการ การตรวจหาอะคริลาไมด์ในตัวอย่างอาหารทอดของไทยที่มี คาร์โบไฮเดรทสูง

Surveys of acrylamide in carbohydrate-rich deep-fried Thai food samples

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก เงินงบประมาณแผ่นดิน **ประจำปีงบประมาณ** 2552

จำนวนเงิน 316,900 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2551 ถึง กันยายน 2552

242344

บทคัดย่อ

อะคริลาไมด์เป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ (กลุ่ม 2A) ซึ่งมีการตรวจพบในอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ผ่านการปรุงด้วยความร้อนสูง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจปริมาณสารอะคริลาไมด์ในอาหารทอดของไทยที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง โดยวิเคราะห์ปริมาณด้วยเครื่องลิควิดโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง คู่กับตัวตรวจวัดยูวี โดยใช้คอลัมน์ Synergi 4u Hydro-RP 80A C18 ขนาด 250 x 4.6 มิลลิเมตร อนุภาคขนาด 4 ไมโครเมตร มีขีดจำกัดในการตรวจพบ น้อยกว่า 8 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และมีเปอร์เซ็นต์การคืนกลับในช่วง 98.22 ถึง 101.15 เปอร์เซ็นต์ จากการตรวจวิเคราะห์อาหารทอดของไทย 27 ชนิด จำนวน 177 ตัวอย่าง พบว่าตัวอย่างอาหารที่ตรวจพบอะคริลาไมด์คิดเป็น 66.67 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณสารอะคริลาไมด์ที่ตรวจพบ อยู่ในช่วง ไม่พบ (น้อยกว่าขีดจำกัดการตรวจพบ) จนถึง 3,751.04 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตัวอย่างอาหารที่มีสารอะคริลาไมด์สูงที่สุด คือ กล้วยหอมทอดกรอบ โดยมีค่าเฉลี่ย 1,807.29 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือ มันต่อเผือกทอดกรอบ(ชนิดหวาน) และขนุนทอดกรอบ โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 867.51 และ 503.56 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่า LD_{50} ของสารอะคริลาไมด์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว อาจกล่าวได้ว่าปริมาณอะคริลาไมด์ ในตัวอย่างอาหารที่ศึกษายังอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งการรับประทานอาหารที่มีอะคริลาไมด์ปนเปื้อน เป็นประจำก็เป็นการเพิ่มการรับสารชนิดนี้เข้าสู่ร่างกายอีกทางหนึ่ง นอกเหนือจากที่ได้รับจากสภาพแวดล้อมในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ยังได้นำตัวอย่างอาหารที่บดละเอียดมาวัดค่าสี L^*, a^* และ b^* และคำนวณพารามิเตอร์สีต่างๆคือ hue angle, chroma และ browning index เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์สีกับปริมาณอะคริลาไมด์ในตัวอย่างอาหาร พบว่าสีของตัวอย่างอาหารไม่มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับปริมาณอะคริลาไมด์ที่ตรวจพบ

242344

ABSTRACT

Acrylamide has been classified as probable human carcinogen (group 2A) and detected in carbohydrate foods that are processed at high temperature. The aim of this study was to survey the acrylamide content in deep fried carbohydrate-riched Thai foods. The acrylamide was analyzed by HPLC equipped with UV detector and Synergi 4u Hydro-RP 80A C18 column (250 x 4.6 mm.), 4 µm particle sizes. The limit of detection (LOD) in this study was lower 8 µg/kg and the recovery was between 98.22 – 101.15%. Twenty seven items of deep fried Thai foods in total of 177 samples were analyzed for the acrylamide content. Acrylamide was detected in 66.67% of all samples studied with the content ranged from less then not detected (< LOD) to 3,751.04 µg/kg. The highest acrylamide content was found in banana crisp with average content of 1,807.29 µg/kg, following by sweet potato crisp and crispy fried jackfruit with the average content of 867.51 and 503.56 µg/kg, respectively. Although acrylamide content found in the deep fried Thai foods was considerably low comparing to LD_{50} (150 mg/kg body weight), regular consumption of foods containing acrylamide would increase the total intake of this toxic compound beside from polluted environment. Other than the ground samples were subjected to the color measurement in L^*, a^* and b^* values, and the color parameters including hue angle, chroma and browning index were calculated. The correlation between those color parameters and acrylamide content in each sample was analyzed; however, no obvious correction could be made.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ.....I
บทคัดย่อภาษาไทย.....II
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VII
สารบัญรูป.....X
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญของวิทยานิพนธ์.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 อะคริลาไมด์.....4
2.1.1 สมบัติทางการภาพและเคมีของสารอะคริลาไมด์.....4
2.1.2 ความเป็นพิษของอะคริลาไมด์.....4
2.1.3 การเกิดสารอะคริลาไมด์ในอาหาร.....5
2.1.4 ปริมาณสารอะคริลาไมด์ที่มีในอาหารและปริมาณที่คนได้รับจากอาหาร.....8
2.2 ลิคควิดโครมาโทกราฟฟีสมรรถนะสูง
(high pressure liquid chromatography, HPLC).....10
2.2.1 หลักการพื้นฐาน.....10
2.2.2 ส่วนประกอบต่างๆของเครื่อง HPLC 10
2.2.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแยกสารโดยเทคนิคโครมาโทกราฟฟี.....16
2.3 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ (Method of validate).....22
2.3.1 ช่วงของการทดสอบ และความเป็นเส้นตรง (linearity)..... 23
2.3.2 ความแม่นของการทดสอบ (accuracy).....24

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.3 ปริมาณต่ำสุดที่วิธีทดสอบตรวจพบในเชิงคุณภาพ (limit of detection, LOD)……...…24

2.3.4 ปริมาณต่ำสุดที่วิธีทดสอบตรวจพบในเชิงปริมาณ (limit of quantification, LOQ)……...…25

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……..…25

2.4.1 อาหารสำเร็จรูป……...…25

2.4.2 อาหารท้องถิ่น……..……26

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย……28

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์สำหรับงานวิจัย……...28

3.1.1 สารมาตรฐาน……...28

3.1.2 สารเคมี……28

3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์……..28

3.1.4 ตัวอย่าง……29

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย……29

3.3 วิธีการดำเนินการ……...29

3.3.1 การเตรียมสารละลายและสารเคมี……29

3.3.2 การทดสอบความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์……30

3.3.3 การวัดสี……...31

3.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของสารอะคริลาไมด์ในตัวอย่างอาหาร……...…32

3.3.5 การควบคุมคุณภาพและการรายงานผล……...33

3.3.6 การรวบรวม วิเคราะห์ข้อมูล และประเมินผลการศึกษา……..33

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง……..34

4.1 การทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ ……34

4.1.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน ……..…34

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.2 การหาเปอร์เซ็นต์คืนกลับ 35
4.1.3 ขีดจำกัดการตรวจพบและปริมาณต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้เชิงปริมาณ.....36
4.2 การตรวจวิเคราะห์พารามิเตอร์สีของตัวอย่างอาหารชนิดต่างๆ.....37
4.3 วิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนอะคริลาไมด์ในตัวอย่างอาหาร.....39
4.3.1 การจำแนกลักษณะทางกายภาพ 39
4.3.2 ปริมาณอะคริลาไมด์ 42
4.4 การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี.....45
4.4.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับ พารามิเตอร์สีโดยไม่แยกชนิดตัวอย่าง.....45
4.4.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับ พารามิเตอร์สีโดยแยกตามชนิดตัวอย่าง.....46

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....49
5.1 สรุปผลการวิจัย 49
5.2 ข้อเสนอแนะ 50

บรรณานุกรม.....51
ภาคผนวก ก. การคำนวณเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ 55
ภาคผนวก ข. การคำนวณขีดจำกัดการตรวจพบและปริมาณต่ำสุดที่สามารถตรวจวิเคราะห์ ในเชิงปริมาณของอะคริลาไมด์ในตัวอย่างอาหารชนิดต่างๆ.....56
ภาคผนวก ค. การคำนวณค่าพารามิเตอร์สี 57
ภาคผนวก ง. ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณอะคริลาไมด์ในอาหาร.....65
ภาคผนวก จ. การหาค่าสะมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณอะคริลาไมด์ในอาหารกับพารามิเตอร์สี.....75

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การแบ่งกลุ่มสารก่อมะเร็ง 4

2.2 การเปรียบเทียบปริมาณการได้รับสารอะคริลาไมด์จากการบริโภคอาหารประจำวัน ที่นำเสนอโดยหน่วยงานต่างๆ 8

2.3 ระดับความเป็นพิษของค่า LD_{50} ที่ปริมาณต่างๆ 9

2.4 การเปรียบเทียบค่า k' 17

2.5 ค่าคงที่ a จากการวัดความกว้างพีกด้วยวิธีต่างๆ 20

2.6 เกณฑ์การยอมรับเปอร์เซ็นต์การคืนกลับตามมาตรฐาน Codex 24

3.1 ค่าสีของ hue angle 32

4.1 ค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ (% recovery) ของตัวอย่างอาหารชนิดต่างๆ 35

4.2 ขีดจำกัดในการตรวจพบ (LOD) และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวัดได้ในเชิงปริมาณ (LOQ) ของการวิเคราะห์ปริมาณอะคริลาไมด์ในอาหารชนิดต่างๆ.....36

4.3 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์สีของตัวอย่างอาหารชนิดต่างๆ.....37

4.4 ปริมาณอะคริลาไมด์ในตัวอย่างอาหารชนิดต่างๆ.....42

4.5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์สีกับปริมาณอะคริลาไมด์ โดยไม่แยกชนิดตัวอย่าง 46

4.6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์ในตัวอย่างอาหารแต่ละชนิด กับค่าพารามิเตอร์สี 46

ก.1 การคำนวณเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ (% recovery) ของตัวอย่างอาหารชนิดต่างๆ 55

ข.1 การคำนวณค่า LOD และ LOQ ของตัวอย่างอาหารชนิดต่างๆ 56

ค.1 การคำนวณค่าสี 58

ง.1 การคำนวณปริมาณอะคริลาไมด์ในตัวอย่างอาหารชนิดต่างๆ 66

จ.1 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างกระยาสารท 75

จ.2 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างกล้วยแขก 75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

จ.3 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างกล้วยทอดกรอบ (ชนิดเค็ม) 76

จ.4 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างกล้วยทอดกรอบ (ชนิดหวาน) 76

จ.5 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างกล้วยตากทอด 76

จ.6 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างกล้วยหอมทอดกรอบ 77

จ.7 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างกล้วยอบเนย 77

จ.8 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างขนมก้านบัว 77

จ.9 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างขนุนทอดกรอบ 78

จ.10 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างข้าวเกรียบงา 78

จ.11 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างข้าวแต๋น 78

จ.12 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างข้าวเม่า 79

จ.13 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างขนมไข่เต่า 79

จ.14 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างขนมไข่หงส์ 79

จ.15 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างครองแครงกรอบ 80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

จ.16 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างขนมดอกจอก 80

จ.17 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างถั่วทอด 80

จ.18 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างทุเรียนทอดกรอบ 81

จ.19 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างเผือกทอดกรอบ (ชนิดเค็ม) 81

จ.20 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างเผือกทอดกรอบ (ชนิดหวาน) 81

จ.21 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างเผือกทอด 82

จ.22 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างฟักทองทอดกรอบ 82

จ.23 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างมันทอดกรอบ (ชนิดเค็ม) 82

จ.24 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างมันทอดกรอบ (ชนิดหวาน) 83

จ.25 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างมันต่อเผือกทอดกรอบ (ชนิดหวาน) 83

จ.26 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างมันทอด.....83

จ.27 การวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี ในตัวอย่างซาลาเปาทอด 84

จ.28 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับพารามิเตอร์สี โดยไม่จำแนกชนิดตัวอย่าง 87

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 โครงสร้างของกรดอะมิโนแอสพาราจีนและอะคริลาไมด์ 6

2.2 กลไกการเกิดอะคริลาไมด์จากกรดอะมิโนแอสพาราจีนและกลูโคส 6

2.3 กลไกการเกิดอะคริลาไมด์จากสมมติฐานของ Zyzak และคณะ 7

2.4 หลักการทำงานของเครื่อง HPLC 10

2.5 ส่วนประกอบต่างๆของเครื่อง HPLC 11

2.6 Microsyringe 13

2.7 คอลัมน์ชนิดต่างๆและอุปกรณ์ 13

2.8 โครมาโทแกรมแสดงการหาพารามิเตอร์ต่างๆ 16

2.9 โครมาโทแกรมแสดงการหาค่าซีเล็คติวิตี้ 18

2.10 โครมาโทแกรมแสดงการคำนวณจำนวนเพลทของคอลัมน์ 19

2.11 โครมาโทแกรมแสดงการหาค่าการแยก (R_s) 21

4.1 โครมาโทแกรมของสามละลายอะคริลาไมด์มาตรฐานที่ความเข้มข้น
100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 34

4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้พีกกับความเข้มข้นของสารอะคริลาไมด์ 35

4.3 แสดงสีของตัวอย่างอาหารชนิดต่างๆ 39

4.4 ตัวอย่างอาหารที่มีลักษณะบางกรอบ 40

4.5 ตัวอย่างอาหารที่มีลักษณะเป็นแท่ง 41

4.6 ตัวอย่างอาหารที่มีลักษณะเป็นชิ้นหนา 41

ง.1 โครมาโทแกรมจากการวิเคราะห์ปริมาณอะคริลาไมด์ของสารสกัดตัวอย่าง
ฟักทองทอดกรอบด้วยวิธี RP-HPLC 65

จ.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับค่า L^* 84

จ.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับค่า a^* 85

จ.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับค่า b^* 85

จ.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับค่า hue angle 86

จ.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับค่า chroma 86

จ.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะคริลาไมด์กับค่า browning index 87