บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาผลของรังสีแกมมาคุณภาพการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ)

ข้าวเกรียบปลาแบบสดถูกผลิตจากโรงงานผลิตข้าวเกรียบในอำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี ด้วยกระบวนการผลิตที่ถูกสุขลักษณะ ข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ถูกขึ้นรูปเป็นแท่งทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ความยาว 20 เซนติเมตร บรรจุใส่ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนปิดผนึกแบบธรรมดาซึ่งยังมีอากาศอยู่ภายในถุงทันทีหลังการผลิตเสร็จขนส่งไปฉายรังสีแกมมาด้วยแหล่งกำเนิดรังสีแกมมา Co-60 ที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ โดยใช้ความแรงรังสีตั้งแต่ 0, 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ โดยบรรจุในลังโฟมที่มีน้ำแข็ง (อัตราส่วนน้ำแข็งต่อผลิตภัณฑ์ 1:1 โดยน้ำหนัก) เมื่อฉายรังสีข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) เสร็จ ขนส่งมายังภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ โดยบรรจุในลังโฟมที่มีน้ำแข็ง (อัตราส่วนน้ำแข็งต่อผลิตภัณฑ์ 1:1 โดยน้ำหนัก) จัดแบ่งข้าวเกรียบปลา เพื่อเก็บรักษาภายใต้สภาวะการเก็บรักษาต่างกัน 2 สภาวะ คือ

1) เก็บในห้องปรับอากาศ อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 75±1

2) เก็บแช่เย็นในห้องควบคุมอุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 41±1

สุ่มตัวอย่างในวันที่ 0, 1, 3, 7, 15, 20 และ 30 วัน เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่าง ๆ ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1.1 คุณภาพทางเคมี

4.1.1.1 ปริมาณความชื้น

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบปลาแบบสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิปรับอากาศ ได้ผลดังตารางที่ 4.1 พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบปลาแบบสดเริ่มต้นก่อนฉายรังสี (ตัวอย่างวันที่ 1) เท่ากับร้อยละ 56.34±0.52% แต่เนื่องจากชุดการทดลองดังกล่าวปรากฏลักษณะที่บ่งชี้การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ จึงสามารถเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าทางเคมีได้แค่วันที่หนึ่ง ผู้วิจัยจึงไม่ดำเนินการสุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบต่อ

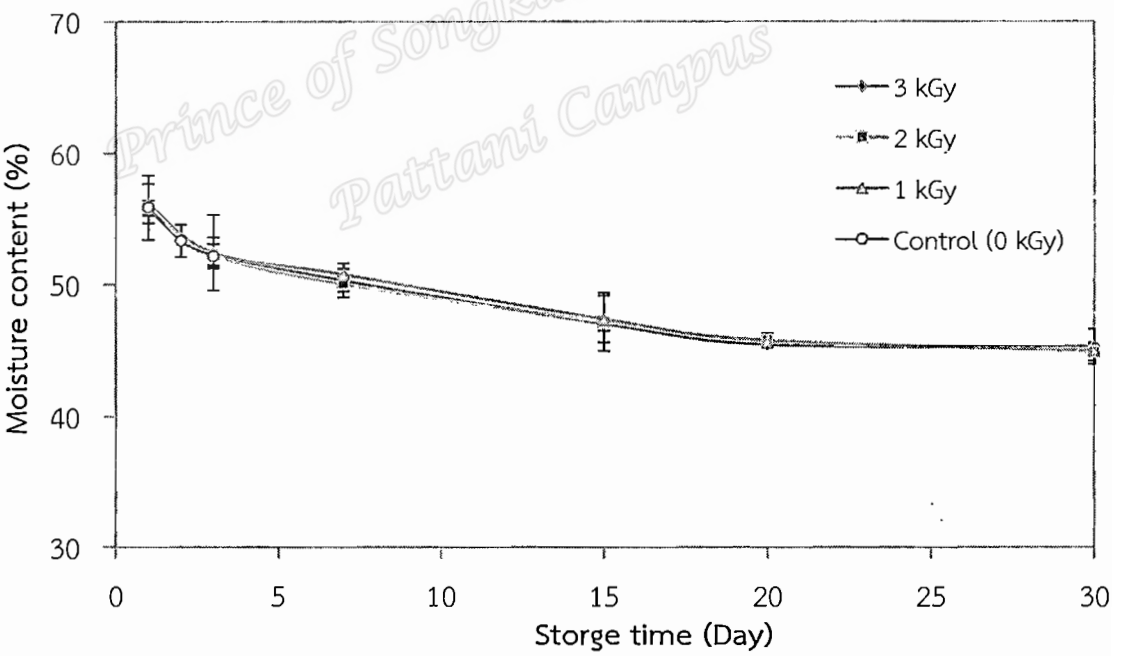
เมื่อตัวอย่างเจลข้าวเกรียบปลาแบบสดผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 1 กิโลเกรย์ มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 56.31±1.23% โดยมีปริมาณความชื้นลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานสองวัน เท่ากับ 56.14±0.91% ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 2 กิโลเกรย์ มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 55.95±0.52% โดยปริมาณความชื้นลดลงเท่ากับ 55.24±0.1% เมื่อเวลานาน 2 วัน แต่เนื่องจากชุดการทดลอง 1 และ 2 กิโลเกรย์ ปรากฏลักษณะที่บ่งชี้การเสื่อม

Prince of Songkla University Pattani Campus

เสียของผลิตภัณฑ์ จึงสามารถเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าทางเคมีได้แค่วันที่สอง ผู้วิจัยจึงไม่ดำเนินการสุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบต่อ และตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 3 กิโลเกรย์ มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 55.23±1.28% ลดลงเท่ากับ 54.45±0.63% เมื่อเวลานาน 3 วัน แต่เนื่องจากชุดการทดลองดังกล่าวปรากฏลักษณะที่บ่งชี้การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ จึงสามารถเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าทางเคมีได้แค่วันที่สาม ผู้วิจัยจึงไม่ดำเนินการสุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบต่อ

เมื่อพิจารณาเจลข้าวเกรียบปลาแบบสดที่เก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็น ได้ผลแสดงดังภาพที่ 4.1 พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบปลาแบบสดเริ่มต้นก่อนฉายรังสี (ตัวอย่างวันที่ 1) เท่ากับร้อยละ 55.86±2.45% และมีค่าปริมาณความชื้นลดลงจนมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 52.15±0.93% ในวันที่ 3 ของการเก็บ เมื่อตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 1, 2, 3 กิโลเกรย์ มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 56.15±1.50%, 55.85±0.53%, 55.77±0.56% ตามลำดับ และปริมาณความชื้นของเจลข้าวเกรียบปลาแบบสดลดลงอย่างเห็นได้ชัดตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บ และลดลงจนมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 45.01±0.45%, 44.91±0.67%, 45.31±1.32% ตามลำดับ ในวันที่ 30 ของการเก็บ

Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพที่ 4.1 ผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของข้าวเกรียบปลาแบบสด (กือโป๊ะ) ไม่ฉายรังสี (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสด (กือโป๊ะ) ฉายรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ ตามลำดับ ที่เก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 30 วัน

ตารางที่ 4.1 แสดงผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเกรียบปลาแบบสดไม่ฉายรังสี (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์

Moisture content (%)								
Storage time (Day)	Dose (kGy)							
	25°C				4°C			
	0 (Control)	1	2	3	0 (Control)	1	2	3
1	56.34±0.52	56.31±1.23	55.95±0.52	55.23±1.28	55.86±2.45	56.15±1.50	55.85±0.53	55.77±0.56
2	NA	56.14±0.91	55.24±0.13	55.12±1.12	53.32±1.23	NA	NA	NA
3	NA	NA	NA	54.45±0.63	52.15±0.93	52.43±2.88	52.27±0.81	52.44±1.14
7	NA	NA	NA	NA	NA	50.76±0.43	50.03±0.57	50.31±1.30
15	NA	NA	NA	NA	NA	47.38±1.78	47.16±2.21	47.02±0.54
20	NA	NA	NA	NA	NA	45.71±0.17	45.81±0.46	45.43±0.18
30	NA	NA	NA	NA	NA	45.01±0.45	44.91±0.67	45.31±1.32

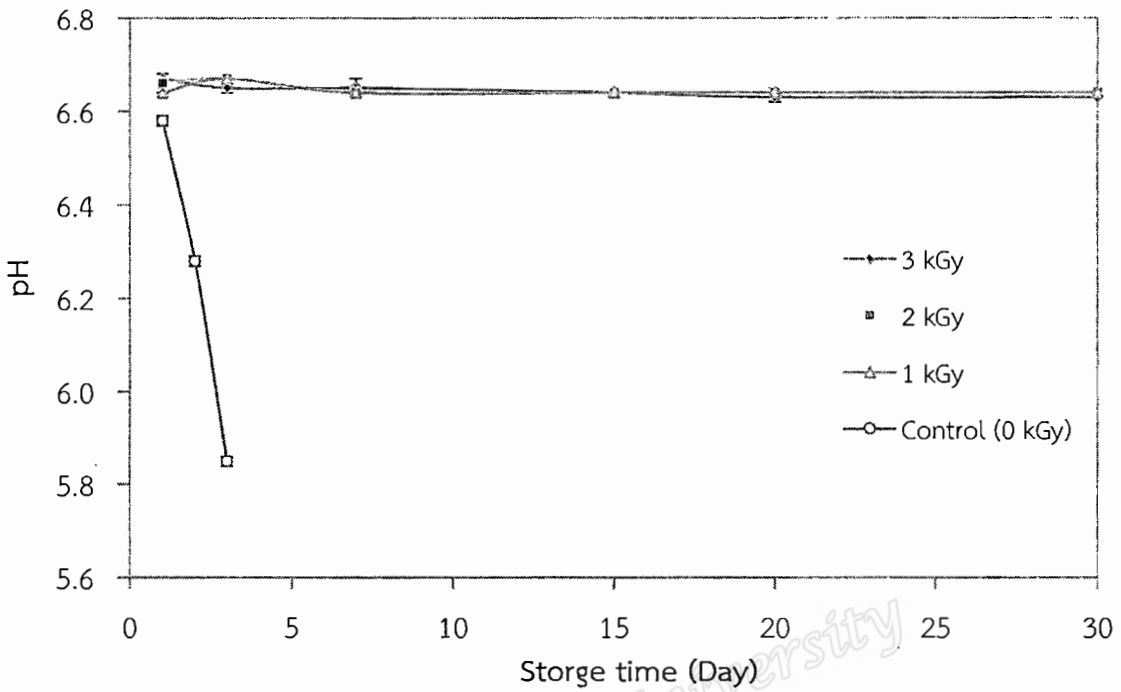
Prince of Songkla University Pattani Campus

4.1.1.2 ค่าพีเอช

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของข้าวเกรียบปลาแบบสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิปรับอากาศ ได้ผลดังตารางที่ 4.2 พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของข้าวเกรียบปลาแบบสดเริ่มต้นก่อนฉายรังสี (ตัวอย่างวันที่ 0) เท่ากับ 6.47±0.01 แต่เนื่องจากชุดการทดลองดังกล่าวปรากฏลักษณะที่บ่งชี้การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ จึงสามารถเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าทางเคมีได้แค่วันที่หนึ่ง ผู้วิจัยจึงไม่ดำเนินการสุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบต่อ

เมื่อตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดผ่านการฉายรังสีแกมมา ปริมาณรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 1 กิโลเกรย์ มีค่าพีเอชของข้าวเกรียบปลาแบบสดเท่ากับ 6.53±0.01และมีค่าพีเอชลดลง เมื่อเก็บนานสองวัน เท่ากับ 5.04±0.01 ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 2 กิโลเกรย์ มีค่าพีเอชเท่ากับ 6.53±0.01 และลดลงเท่ากับ 5.07±0.01 เมื่อเวลานานสองวัน แต่เนื่องจากชุดการทดลอง 1 และ 2 กิโลเกรย์ ปรากฏลักษณะที่บ่งชี้การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ จึงสามารถเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าทางเคมีได้แค่วันที่สอง ผู้วิจัยจึงไม่ดำเนินการสุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบต่อ และตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 3 กิโลเกรย์ มีค่าพีเอชเท่ากับ 6.54±0.01 และมีค่าพีเอชลดลงเท่ากับ 5.02±0.01 เมื่อเวลานาน 3 วัน แต่เนื่องจากชุดการทดลองดังกล่าวปรากฏลักษณะที่บ่งชี้การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ จึงสามารถเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าทางเคมีได้แค่วันที่สาม ผู้วิจัยจึงไม่ดำเนินการสุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบต่อ สอดคล้องกับลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่พบว่ามีการเสื่อมเสีย ค่าพีเอชที่ลดลงของผลิตภัณฑ์อาจเกิดจากกรดอินทรีย์ต่างๆ เช่น กรดแล็กทิกที่ผลิตจาก Lactic acid bacteria ซึ่งเป็นจุลินทรียหนึ่งที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์และยังส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (Borch *et al*., 1996; Murthy *et al*., 1997)

เมื่อพิจารณาเจลข้าวเกรียบปลาแบบสดที่เก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็น ได้ผลแสดงดังภาพที่ 4.14 พบว่าค่าพีเอชของข้าวเกรียบปลาแบบสดเริ่มต้นก่อนฉายรังสี (ตัวอย่างวันที่1) เท่ากับ 55.86±2.45 และมีค่ามีค่าพีเอชลดลงเท่ากับร้อยละ 52.15±0.93 ในวันที่สามของการเก็บ เมื่อตัวอย่างผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ พบว่ามีค่าพีเอชเท่ากับ 6.64±0.00, 6.66±0.00 และ 6.67±0.01 ตามลำดับในวันที่ 1 และมีค่าพีเอชเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อเก็บเจลข้าวเกรียบปลาแบบสดเป็นเวลา 30 วัน



ภาพที่ 4.2 ผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของข้าวเกรียบปลาแบบสด (กือโป๊ะ) ไม่ฉายรังสี (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสด (กือโป๊ะ) ฉายรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ ตามลำดับ ที่เก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 30 วัน

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 4.2 แสดงผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของข้าวเกรียบปลาแบบสดไม่ฉายรังสี (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์

	pH							
Storage time (Day)	Dose (kGy)							
	25°C				4°C			
	0 (Control)	1	2	3	0 (Control)	1	2	3
1	6.47±0.01	6.53±0.01	6.53±0.01	6.54±0.01	6.58±0.01	6.64±0.00	6.66±0.00	6.67±0.01
2	NA	5.04±0.01	5.07±0.01	5.16±0.01	6.28±0.01	NA	NA	NA
3	NA	NA	NA	5.02±0.01	5.85±0.01	6.67±0.01	6.67±0.00	6.65±0.01
7	NA	NA	NA	NA	NA	6.64±0.00	6.64±0.00	6.65±0.02
15	NA	NA	NA	NA	NA	6.64±0.01	6.64±0.01	6.64±0.00
20	NA	NA	NA	NA	NA	6.64±0.00	6.64±0.00	6.63±0.01
30	NA	NA	NA	NA	NA	6.64±0.00	6.64±0.00	6.63±0.00

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.5.1.3 ค่าทีบีเอ (TBA Value)

การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของเจลข้าวเกรียบปลาแบบสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิปรับอากาศ ได้ผลดังตารางที่ 4.3 พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของข้าวเกรียบปลาแบบสดเริ่มต้นก่อนฉายรังสี (ตัวอย่างวันที่ 0) เท่ากับ 2.01±0.03 แต่เนื่องจากชุดการทดลองดังกล่าวปรากฏลักษณะที่บ่งชี้การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ จึงสามารถเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าทางเคมีได้แค่วันที่หนึ่ง ผู้วิจัยจึงไม่ดำเนินการสุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบต่อ

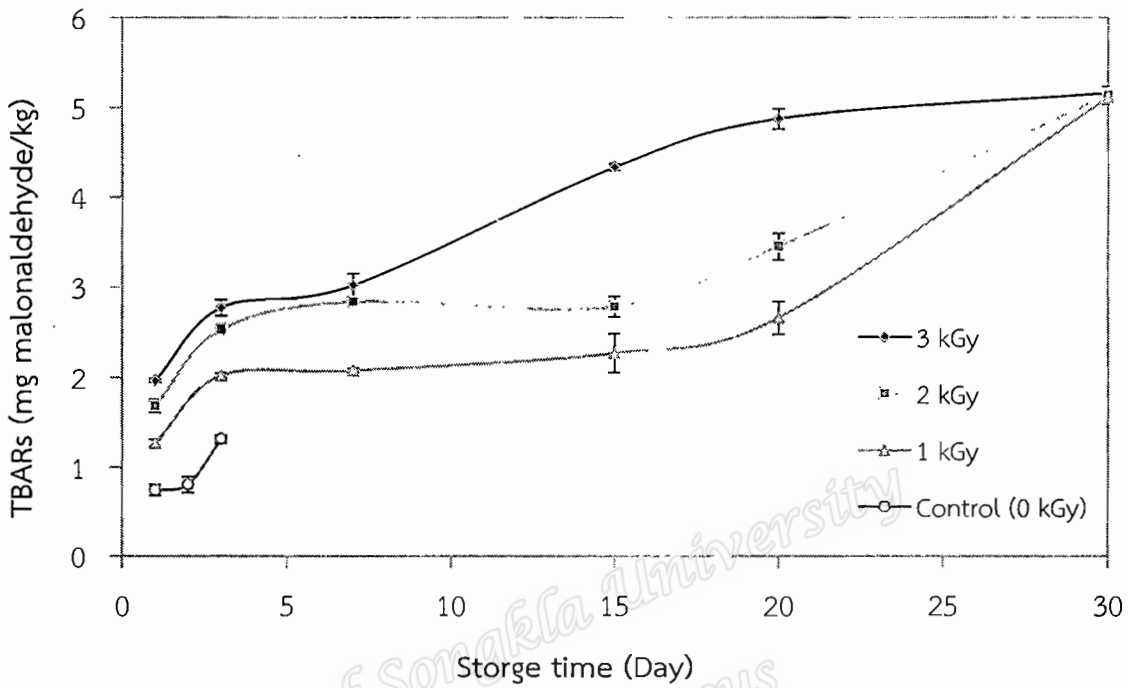
เมื่อตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดผ่านการฉายรังสีแกมมา ปริมาณรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ พบว่า ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 1 กิโลเกรย์ มีค่า TBA ของข้าวเกรียบปลาแบบสดเท่ากับ 2.36±0.04±0.04 และมีค่า TBA เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บนานสองวัน เท่ากับ 3.15±0.11 ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 2 กิโลเกรย์ มีค่า TBA เท่ากับ 2.37±0.11 และเพิ่มขึ้นเท่ากับ 3.34±0.10 เมื่อเวลานานสองวัน แต่เนื่องจากชุดการทดลอง 1 และ 2 กิโลเกรย์ ปรากฏลักษณะที่บ่งชี้การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ จึงสามารถเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าทางเคมีได้แค่วันที่สอง ผู้วิจัยจึงไม่ดำเนินการสุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบต่อ และตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 3 กิโลเกรย์ มีค่า TBA เท่ากับ 3.21±0.04 และมีค่า TBA เพิ่มขึ้นเท่ากับ 6.12±0.04 เมื่อเวลานาน 3 วัน แต่เนื่องจากชุดการทดลองดังกล่าวปรากฏลักษณะที่บ่งชี้การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ จึงสามารถเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าทางเคมีได้แค่วันที่สาม ผู้วิจัยจึงไม่ดำเนินการสุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบต่อ

เมื่อพิจารณาเจลข้าวเกรียบปลาแบบสดที่เก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็น ได้ผลแสดงดังภาพที่ 4.3 พบว่าค่า TBA ของข้าวเกรียบปลาแบบสดเริ่มต้นก่อนฉายรังสี (ตัวอย่างวันที่1) เท่ากับ 0.745±0.12 และมีค่ามี TBA เพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.312±0.17 ในวันที่สามของการเก็บ เมื่อตัวอย่างผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ พบว่ามีค่า TBA เริ่มต้นเท่ากับ 1.27±0.04, 1.68±0.07 และ 1.96±0.02 ตามลำดับในวันที่ 1 และมีค่า TBA เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บเจลข้าวเกรียบปลาแบบสดเป็นเวลา 30 วัน เท่ากับ 5.11±0.05, 4.88±0.10 และ 5.16±0.07 ตามลำดับ

ค่า TBA ของข้าวเกรียบปลาแบบสดที่ผ่านการฉายรังสีตั้งแต่ 1-3 กิโลเกรย์ ที่เก็บรักษาที่ทั้ง 2 สภาวะ พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น เนื่องจากในอาหารที่มีไขมันสูงอาจก่อให้เกิดกลิ่นหืนได้ ค่า TBA เป็นค่าบ่งชี้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขั้นที่สอง จากการเพิ่มขึ้นของ ค่า TBA จะแสดงถึงปริมาณสารมาโลนาดีไฮด์ (malonaldehyde) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของการเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว เป็นสารที่ระเหยง่าย และเป็นสาเหตุของกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปสามารถใช้ค่า TBA บ่งชี้การเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ได้ (Yang *et al*., 2014) โดยอาหารทะเลมักจะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว ดังนั้นในระหว่างการเก็บรักษาสารนี้อาจจะ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ Prince of Songkla University Pattani Campus

เพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดและลดลง การเพิ่มหรือลดลงของค่า TBA มีอิทธิพลจากปัจจัยหลายประการ ได้แก่



ภาพที่ 4.3 ผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอของข้าวเกรียบปลาแบบสด (กือโป๊ะ) ไม่ฉายรังสี (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสด (กือโป๊ะ) ฉายรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ ตามลำดับ ที่เก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 30 วัน

ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวและฟอสโฟลิปิด การกระจายของไขมัน สารเคมีอื่นที่เร่งหรือยับยั้งการเกิดความหืน สภาพแวดล้อมภายนอก เช่น อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน และแสง จากการทดลองนี้ บรรจุเจลข้าวเกรียบปลาแบบสดในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนปิดผนึกแบบธรรมดาซึ่งยังมีอากาศอยู่ภายในถุง ออกซิเจนภายในถุงจึงอำนวยต่อการเกิดปฏิกิริยา แต่แม้ค่า TBA ของเจลข้าวเกรียบปลาแบบสดจะเพิ่มขึ้นหลังการฉายรังสีและในระหว่างการเก็บรักษา แต่การเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องจากการใช้รังสีในระดับต่ำ และอาหารทะเลมีปริมาณไขมันไม่มากนัก แสดงให้เห็นว่า การฉายรังสีก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยอัตราการเกิดขึ้นอยู่กับระดับของรังสี และการมีอยู่ของออกซิเจน

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 4.3 แสดงผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอของข้าวเกรียบปลาแบบสดไม่ฉายรังสี (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ ตามลำดับ

TBARs (mg malonaldehyde/kg of sample)								
Storge time (Day)	Dose (kGy)							
	25°C				4°C			
	0 (Control)	1	2	3	0 (Control)	1	2	3
1	2.01±0.03	2.36±0.04	2.37±0.11	2.41±0.04	0.745±0.12	1.27±0.04	1.68±0.07	1.96±0.02
2	NA	3.15±0.11	3.34±0.10	3.86±0.09	0.805±0.09	NA	NA	NA
3	NA	NA	NA	4.12±0.04	1.312±0.17	2.02±0.03	2.53±0.02	2.77±0.09
7	NA	NA	NA	NA	NA	2.07±0.02	2.84±0.02	3.02±0.13
15	NA	NA	NA	NA	NA	2.27±0.21	2.78±0.11	4.34±0.04
20	NA	NA	NA	NA	NA	2.66±0.18	3.45±0.15	5.14±0.11
30	NA	NA	NA	NA	NA	5.11±0.05	4.88±0.10	5.16±0.07

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.1.2 คุณภาพทางกายภาพ

4.1.2.1 ค่าสี

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของข้าวเกรียบปลาแบบสดระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ โดยทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า *L** (ความสว่าง), *a** (ความเป็นสีแดง), *b** (ความเป็นสีเหลือง) ทั้งบริเวณผิวหน้าและกลางชิ้นตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิปรับอากาศ พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าสีของข้าวเกรียบปลาแบบสดเริ่มต้นก่อนฉายรังสี (ตัวอย่างวันที่ 1) ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์บริเวณผิวหน้าตัวอย่าง มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 53.34±0.11 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ พบว่ามีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.61±0.06 และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 16.56±0.34 ส่วนค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์บริเวณใจกลางชิ้นตัวอย่างมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 48.98±0.72 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.29±0.16 และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 11.51±0.04 ภายหลังการเก็บนานหนึ่งวันเป็นผลเนื่องมาจากชุดการทดลองดังกล่าวปรากฏลักษณะที่บ่งชี้การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ จึงสามารถเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าทางเคมีได้แค่วันที่หนึ่ง ผู้วิจัยจึงไม่ดำเนินการสุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบต่อ

เมื่อตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดผ่านการฉายรังสีแกมมา ปริมาณรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ พบว่าในตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 1 กิโลเกรย์ พบว่าค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์บริเวณผิวหน้าตัวอย่าง มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 52.34±0.11 และมีความสว่างลดลงเท่ากับ 52.14±0.25 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.61±0.06 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 1.33±0.18 และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 16.56±0.34 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 16.11±0.43 ภายหลังการเก็บนานหนึ่งวัน ส่วนค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์บริเวณใจกลางชิ้นตัวอย่างมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 48.98±0.72 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 49.01±0.71 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.29±0.16 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.51±0.67 และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 11.51±0.04 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 11.74±1.01 ภายหลังการเก็บนานหนึ่งวัน

ในตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 2 กิโลเกรย์ พบว่า ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์บริเวณผิวหน้าตัวอย่าง มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 52.23±0.16 และมีความสว่างเพิ่มขึ้นเท่ากับ 52.31±0.14 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.61±0.15 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 1.37±0.12 และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 15.21±1.01 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 15.11±0.25 ภายหลังการเก็บนานสองวัน ส่วนค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์บริเวณใจกลางชิ้นตัวอย่างมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 49.16±0.08 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 49.02±0.23 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.39±0.33 มี

แนวโน้มลดลงเท่ากับ 1.31±0.53และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 12.11±0.12 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 12.35±0.21 ภายหลังการเก็บนานสองวัน

ในตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 3 กิโลเกรย์ พบว่า ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์บริเวณผิวหน้าตัวอย่าง มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 52.48±0.06 และมีความสว่างลดลงเท่ากับ 51.47±0.33 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.05±1.15 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.23±0.10 และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 14.35±1.21 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 12.64±0.02 ภายหลังการเก็บนานสามวัน ส่วนค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์บริเวณใจกลางชิ้นตัวอย่างมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 49.56±0.16 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 50.78±0.86 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.31±0.28 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 1.11±0.02 และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 13.24±2.10 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 14.02±0.14 ภายหลังการเก็บนานสามวัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของข้าวเกรียบปลาแบบสดระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็น โดยทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า L^* (ความสว่าง), a^* (ความเป็นสีแดง), b^* (ความเป็นสีเหลือง) ทั้งบริเวณผิวหน้าและกลางชิ้นตัวอย่าง ได้แสดงดังภาพที่ 4.1 พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าสีของข้าวเกรียบปลาแบบสดเริ่มต้นก่อนฉายรังสี (ตัวอย่างวันที่ 1) ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์บริเวณผิวหน้าตัวอย่าง มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 48.55±1.25 และมีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 46.97±0.72 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.56±0.02 และมีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 1.37±0.17 และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 11.37±0.43 และมีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 10.06±0.41 ภายหลังเก็บนานสองวัน ส่วนค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์บริเวณใจกลางชิ้นตัวอย่างมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 45.53±0.39 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 48.12±0.45 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.93±0.12 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 1.65±0.12 และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 12.72±0.60 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 11.78±0.64 ภายหลังการเก็บนานสองวัน แต่เนื่องจากชุดการทดลองดังกล่าวปรากฏลักษณะที่บ่งชี้การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ จึงสามารถเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าทางเคมีได้แค่วันที่สอง ผู้วิจัยจึงไม่ดำเนินการสุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบต่อ

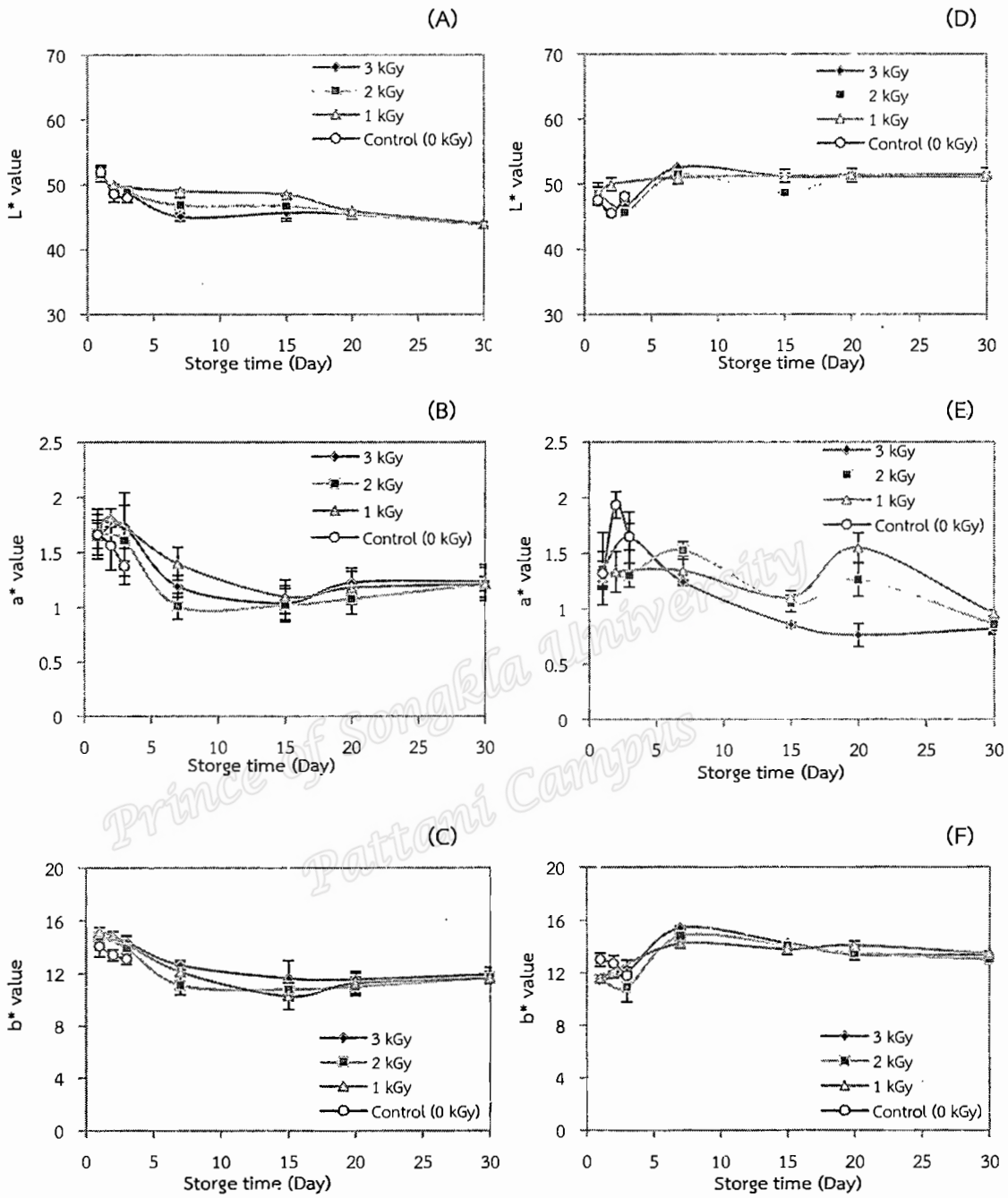
เมื่อตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดผ่านการฉายรังสีแกมมา ปริมาณรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ พบว่าในตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 1 กิโลเกรย์ พบว่าค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์บริเวณผิวหน้าตัวอย่าง มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 51.95±0.25 และมีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 43.92±0.55 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.65±0.11 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 1.21±0.06 และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 15.16±0.34 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 11.65±0.38 ส่วนค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์บริเวณใจกลางชิ้น

ตัวอย่างมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 48.49±0.34 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 51.41±0.18 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.28±0.11 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.96±0.03 และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 11.58±0.32 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 13.45±0.08 ภายหลังการเก็บนานสามสิบวัน

ในตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 2 กิโลเกรย์ พบว่า ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์บริเวณผิวหน้าตัวอย่าง มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 51.53±0.39 และมีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 43.84±0.49 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.66±0.13 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 1.21±0.15 และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 14.77±0.38 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 11.68±0.43 ส่วนค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์บริเวณใจกลางชิ้นตัวอย่างมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 48.50±1.70 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 51.26±0.52 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.36±0.16 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 0.86±0.08 และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 11.56±0.34 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 13.01±0.18 ภายหลังการเก็บนานสามสิบวัน

ในตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 3 กิโลเกรย์ พบว่า ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์บริเวณผิวหน้าตัวอย่าง มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 51.52±1.10 และมีความสว่างลดลงเท่ากับ 43.80±0.50 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.67±0.23 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 1.24±0.15 และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 14.70±0.21 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 11.93±0.54 ส่วนค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์บริเวณใจกลางชิ้นตัวอย่างมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 51.15±0.57 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 50.78±0.86 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.36±0.32 มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 0.82±0.05 และค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 11.50±0.25 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 13.38±0.24 ภายหลังการเก็บนานสามสิบวัน

ข้าวเกรียบปลาแบบสดที่ผ่านการฉายรังสีตั้งแต่ 1-3 กิโลเกรย์ มีสีที่เข้มขึ้นตามลำดับตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากอัตรารังสีของเครื่องฉายรังสีที่ใช้มีค่อนข้างต่ำ จึงต้องใช้ระยะเวลาในการฉายรังสีนาน ซึ่งส่งผลให้สีเข้มขึ้น



Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาพที่ 4.4 ผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของข้าวเกรียบปลาแบบสดไม่ฉายรังสี (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ บริเวณผิวหน้าของตัวอย่าง (รูปที่ 4.16A-C) และบริเวณด้านในชิ้นตัวอย่าง (รูปที่ 4.16D-F) ที่เก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 30 วัน

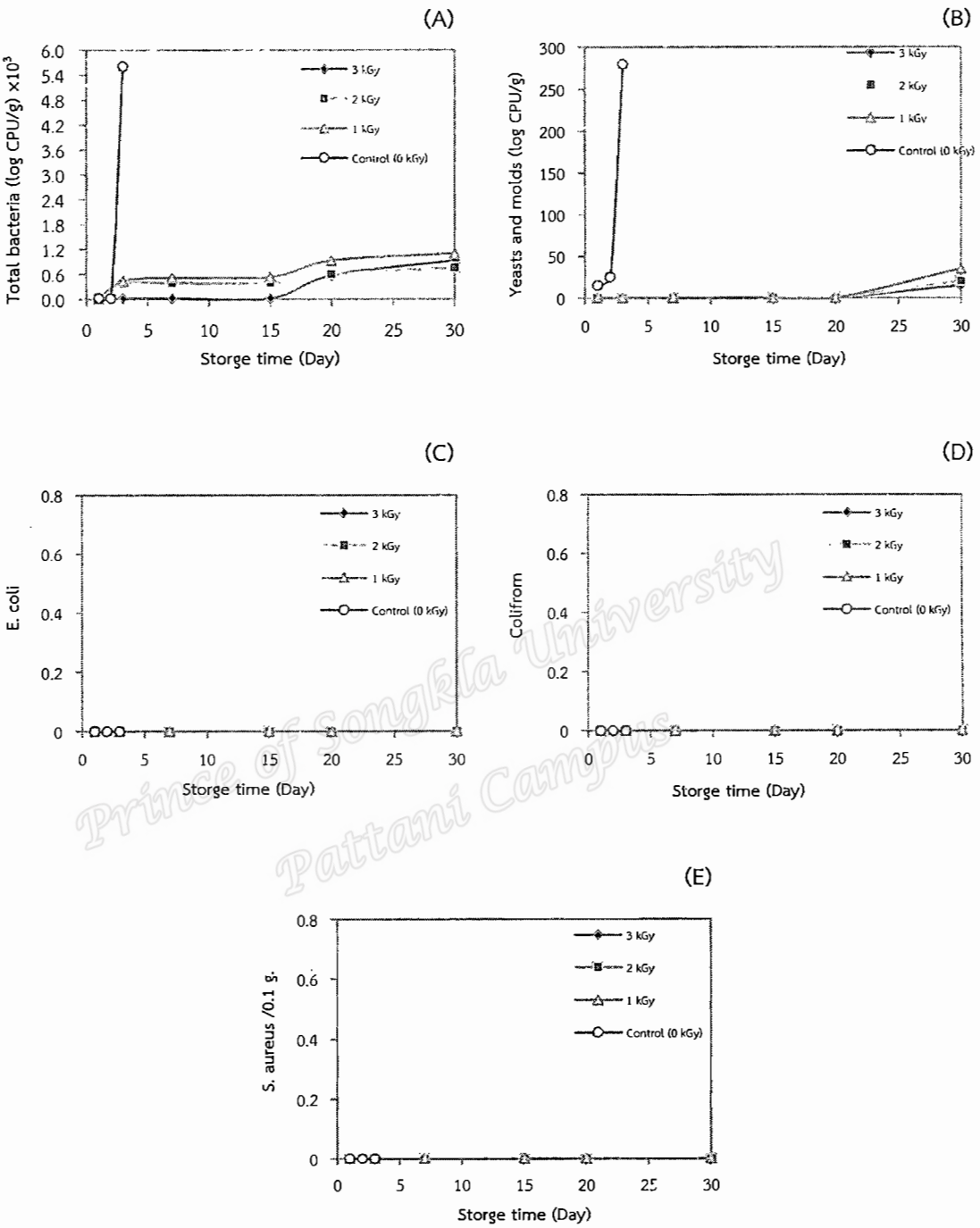
4.1.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลการตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์ของข้าวเกรียบปลาแบบสดในระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ โดยได้ทำการตรวจหา Total bacteria (CFU/g), Yeasts and molds (CFU/g), *Escherichia coli* (MPN/g), Colifrom bacteria (MPN/g), *Staphylococcus aureus* /0.1 g โดยประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์ตามเกณฑ์มาตรฐานทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของข้าวเกรียบปลา (มผช.107/2554)

ตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดที่เก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิห้องปรับอากาศ มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราในตัวอย่างเริ่มต้นก่อนฉายรังสี (ตัวอย่างวันที่ 1) เท่ากับ 2.3×10^4 CFU/g และ 180 CFU/g ซึ่งปริมาณดังกล่าวเกินกว่าที่มาตรฐาน มผช.ข้าวเกรียบปลากำหนด (1.0×10^4 CFU/g) สำหรับปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (100 CFU/g) สำหรับปริมาณยีสต์และรา ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.5A

เมื่อเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาแบบสดที่เก็บรักษาในสภาวะแช่เย็น มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างเริ่มต้นก่อนฉายรังสี (ตัวอย่างวันที่1) น้อยกว่า 25 CFU/g และเพิ่มขึ้นเป็น 5,600 CFU/g เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 7 วัน เมื่อตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 1 กิโลเกรย์ มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 440, 520, 540, 930 และ 1,100 CFU/g เมื่อเก็บรักษาในวันที่ 3, 7, 15, 20 และ 30 ตามลำดับ ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 2 กิโลเกรย์ มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้น 380, 3900, 400, 600 และ 760 CFU/g เมื่อเก็บรักษาในวันที่ 3, 7, 15, 20 และ 30 ตามลำดับ และตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 3 กิโลเกรย์ พบว่ารังสีแกมมาสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ และตรวจพบปริมาณแบคทีเรียในวันที่ 20 และ 30 คือ 570 และ 930 CFU/g ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การฉายรังสีด้วยรังสีแกมมามีผลในการรบกวนการแบ่งเซลล์ของจุลินทรีย์ ส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลง

ปริมาณยีสต์และรา ในตัวอย่างเริ่มต้นก่อนฉายรังสี (ตัวอย่างวันที่1) เท่ากับ 15 CFU/g และเพิ่มขึ้นเป็น 280 CFU/g เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 7 วัน ซึ่งปริมาณดังกล่าวเกินกว่าที่มาตรฐาน มผช.ข้าวเกรียบปลา กำหนด (100 CFU/g) เมื่อตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ เก็บรักษาเป็นเวลานาน 30 วัน พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ พบว่ารังสีแกมมาสามารถยับยั้งปริมาณยีสต์และราได้ และตรวจพบปริมาณยีสต์และราในวันที่ 30 คือ 35, 30 และ 15 CFU/g ตามลำดับ



Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาพที่ 4.5 ผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของข้าวเกรียบปลาแบบสด ไม่ฉายรังสี (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ ตามลำดับ ที่เก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 30 วัน

เมื่อทำการตรวจวิเคราะห์หาจุลินทรีย์ก่อโรคได้แก่ *Escherichia coli*, Coliform bacteria และ *Staphylococcus aureus* พบว่าในตัวอย่างเริ่มต้นก่อนฉายรังสี (ตัวอย่างวันที่1) และตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ ตรวจไม่พบเชื้อ *Escherichia coli*, Coliform bacteria และ *Staphylococcus aureus*. ในทุกตัวอย่าง

การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็นสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาแบบสดได้นานมากกว่า 30 วัน เนื่องจากการฉายรังสีมีผลในทำลายและชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย จากการศึกษาพบว่ารังสีทำให้ DNA เกิดการเปลี่ยนแปลงและไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้จุลินทรีย์ถูกทำลาย อย่างไรก็ตามรังสียังมีผลต่อโมเลกุลอื่น ๆ ที่ไม่ทนต่อรังสี (เช่น ในเมมเบรน) ซึ่งอาจเป็นผลให้จุลินทรีย์ถูกทำลายได้เช่นกัน ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตจากการฉายรังสีขึ้นอยู่กับองค์ประกอบภายในตัวจุลินทรีย์ ระยะการเจริญปริมาณของรังสี รวมทั้งความสามารถในการซ่อมแซมตนเอง การทนต่อรังสีของจุลินทรีย์จะแตกต่างไปตามสปีชีส์ ฉะนั้นการลดจุลินทรีย์ด้วยการฉายรังสีจึงเป็นกรรมวิธีหนึ่งที่จะป้องกันไม่ให้มีการแพร่กระจายหรือเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์โดยเฉพาะจุลินทรีย์ก่อโรคหลังการเก็บระยะเวลานานขึ้นที่สภาวะแช่เย็น

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 4.4 (A-D) แสดงผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ของข้าวเกรียบปลาแบบสดไม่ฉายรังสีที่ (Control) เทียบกับข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์

(A)

	0 kGy (Control)												
	Storge time (Day)												
	25°C							4°C					
	1	2	3	7	15	20	30	1	3	7	15	20	30
Total bacteria (CFU/g)	$<2.3\times10^4$	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<25	<25	5600	NA	NA	NA
Yeasts and molds (CFU/g)	<180	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15	25	280	NA	NA	NA
Escherichia coli (MPN/g)	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	NA	NA	NA
Colifrom bacteria (MPN/g)	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	NA	NA	NA
Staphylococcus aureus /0.1 g.	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	NA	NA	NA

Prince of Songkla University Pattani Campus

(B)

1 kGy (Control)													
	Storge time (Day)												
	25°C							4°C					
	1	2	3	7	15	20	30	1	3	7	15	20	30
Total bacteria (CFU/g)	$<1.1\times10^3$	1.4×10^4	NA	NA	NA	NA	NA	<25	440	520	540	930	1100
Yeasts and molds (CFU/g)	25	7.2×10^3	NA	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND	35
Escherichia coli (MPN/g)	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Colifrom bacteria (MPN/g)	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Staphylococcus aureus /0.1 g.	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND

(C)

2 kGy (Control)													
	Storge time (Day)												
	25°C							4°C					
	1	2	3	7	15	20	30	1	3	7	15	20	30
Total bacteria (CFU/g)	300	1.4×10^4	NA	NA	NA	NA	NA	<25	380	390	400	600	760
Yeasts and molds (CFU/g)	15	220	NA	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND	20
Escherichia coli (MPN/g)	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Colifrom bacteria (MPN/g)	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Staphylococcus aureus /0.1 g.	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Prince of Songkla University Pattani Campus

(D)

	3 kGy (Control)												
	Storge time (Day)												
	25°C							4°C					
	1	2	3	7	15	20	30	1	3	7	15	20	30
Total bacteria (CFU/g)	<25	8.0×10^3	1.3×10^4	NA	NA	NA	NA	<25	<25	<25	<25	570	930
Yeasts and molds (CFU/g)	5	95	5.6×10^3	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND	15
Escherichia coli (MPN/g)	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Colifrom bacteria (MPN/g)	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Staphylococcus aureus /0.1 g.	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.1.4 การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

ประเมินความชอบของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 30 คน โดยให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างข้าวเกรียบปลาไม่ฉายรังสี (Control (0 กิโลเกรย์)) ระยะเวลาการเก็บนาน 0 วัน เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 1 กิโลเกรย์ ระยะเวลาการเก็บนาน 7 วันและ 30 วัน และให้ผู้บริโภคประเมินคะแนนความชอบด้วยวิธี 9-pont hedonic scale ในด้านกลิ่นปลา สี เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวม โดยตัวอย่างข้าวเกรียบปลาที่ทำการทดสอบจะถูกเตรียมไว้สองลักษณะ คือแบบนึ่งและแบบทอด ผู้วิจัยเตรียมตัวอย่างโดยการหั่นเป็นแท่งยาว 3 เซนติเมตร และกว้าง 2 เซนติเมตร แล้วทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 นาที และเตรียมตัวอย่างโดยการหั่นเป็นแท่งยาว 3 เซนติเมตร และกว้าง 2 เซนติเมตร แล้วนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2 นาที จากนั้นนำไปประเมินความชอบของผู้บริโภคด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยการประเมินความชอบด้านกลิ่นปลา สี เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวม

ตารางที่ 4.5 การประเมินทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาแบบสดนึ่งโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale

Conditions/Liking score				
Sensory characteristics	Day 0 Control (0 kGy)	Day 7 1 kGy	Day 0 Control (0 kGy)	Day 30 1 kGy
Fish odour	4.90±2.38	4.60±1.99	4.84±1.76	4.97±1.75
Colour	5.01±1.89	6.13±1.48	5.78±1.58	5.84±1.65
Texture	6.23±1.28	6.60±1.19	6.47±1.11	6.28±1.25
Over liking	5.70±1.66	6.43±1.01	6.03±1.38	6.13±1.62

จากการศึกษาพบว่าที่ระยะเวลาการเก็บนาน 7 วัน ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.9 พบว่าข้าวเกรียบปลาแบบนึ่งไม่ฉายรังสี (วันที่ 0 ที่ 0 กิโลเกรย์) ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านกลิ่นปลา สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อยู่ในช่วงเฉยๆ ซึ่งมีคะแนนความชอบเท่ากับ 4.90±2.38, 5.01±1.89, 6.23±1.28 และ 5.70±1.66 ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวเกรียบปลาฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 1 กิโลเกรย์ มีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่นปลา เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย เท่ากับ 4.60±1.99, 6.13±1.48, 6.60±1.19 และ 6.43±1.01 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.9 สำหรับข้าวเกรียบปลาแบบทอดไม่ฉายรังสี (วันที่ 0 ที่ 0 กิโลเกรย์) ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านกลิ่นปลา สี เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวม อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ซึ่งมีคะแนนความชอบเท่ากับ 7.23±0.97, 6.93±1.23, 7.13±1.04, 7.30±1.32 และ 7.26±0.91 ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวเกรียบปลาฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 1 กิโลเกรย์ มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นปลา สี เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวม อยู่ในช่วงเฉยๆ คือเท่ากับ 6.20±1.37, 5.83±1.72, 6.27±1.23, 6.93±1.05 และ 6.63±1.07 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การประเมินทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาแบบสดทอดโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale

	Conditions/Liking score			
Sensory characteristics	Day 0 Control (0 kGy)	Day 7 1 kGy	Day 0 Control (0 kGy)	Day 30 1 kGy
Fish odour	7.23±0.97	6.20±1.37	6.50±0.95	6.12±1.31
Colour	6.93±1.23	5.83±1.72	5.75±1.24	5.72±1.35
Texture	7.13±1.04	6.27±1.23	6.25±1.30	6.16±0.95
Flavor	7.30±1.32	6.93±1.05	6.88±1.07	6.41±1.04
Over liking	7.26±0.91	6.63±1.07	6.56±1.27	6.40±0.76

ที่ระยะเวลาการเก็บนาน 30 วัน ข้าวเกรียบปลาแบบนึ่งไม่ฉายรังสี (วันที่ 0 ที่ 0 กิโลเกรย์) ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านกลิ่นปลา สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อยู่ในช่วงเฉยๆ ซึ่งมีคะแนนความชอบเท่ากับ 4.84±1.76, 5.78±1.58, 6.47±1.11 และ 6.03±1.38 ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวเกรียบปลาฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 1 กิโลเกรย์ มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นปลา สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย คือเท่ากับ 4.97±1.75, 5.84±1.65, 6.28±1.25 และ 6.13±1.62 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.9 สำหรับข้าวเกรียบปลาแบบทอดไม่ฉายรังสี (วันที่ 0 ที่ 0 กิโลเกรย์) ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านกลิ่นปลา สี เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวม อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ซึ่งมีคะแนนความชอบเท่ากับ 6.50±0.95, 5.75±1.24, 6.25±1.30, 6.88±1.07 และ 6.56±1.27 ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวเกรียบปลาฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 1 กิโลเกรย์ มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นปลา สี เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวม อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย คือเท่ากับ 6.12±1.31, 5.72±1.35, 6.16±0.95, 6.41±1.04 และ 6.40±0.76 ตามลำดับ

การประเมินทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาแบบสดโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale เปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างข้าวเกรียบปลาสดไม่ฉายรังสี (Control (0 กิโลเกรย์)) และข้าวเกรียบปลาสดฉายรังสี (1 กิโลเกรย์) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นนาน 7 วัน และ 30 วัน โดยตัวอย่างข้าวเกรียบปลาที่ทำการทดสอบจะถูกเตรียมไว้สองลักษณะ คือแบบนึ่งและแบบทอด สามารถสรุปได้ว่า การประเมินทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาแบบสดแบบนึ่งฉายรังสีที่ 1 กิโลเกรย์ ที่เก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นนาน 7 วัน พบว่าคะแนนความชอบในด้านกลิ่นปลาลดลง ส่วนคะแนนความชอบในสี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดไม่ฉายรังสี ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นนาน 30 วัน พบว่าคะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัสลดลง ส่วนคะแนนความชอบในกลิ่นปลา สี และความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดไม่ฉายรังสี สำหรับการประเมินทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาแบบสดแบบทอดฉายรังสีที่ 1 กิโลเกรย์ ที่เก็บรักษาใน

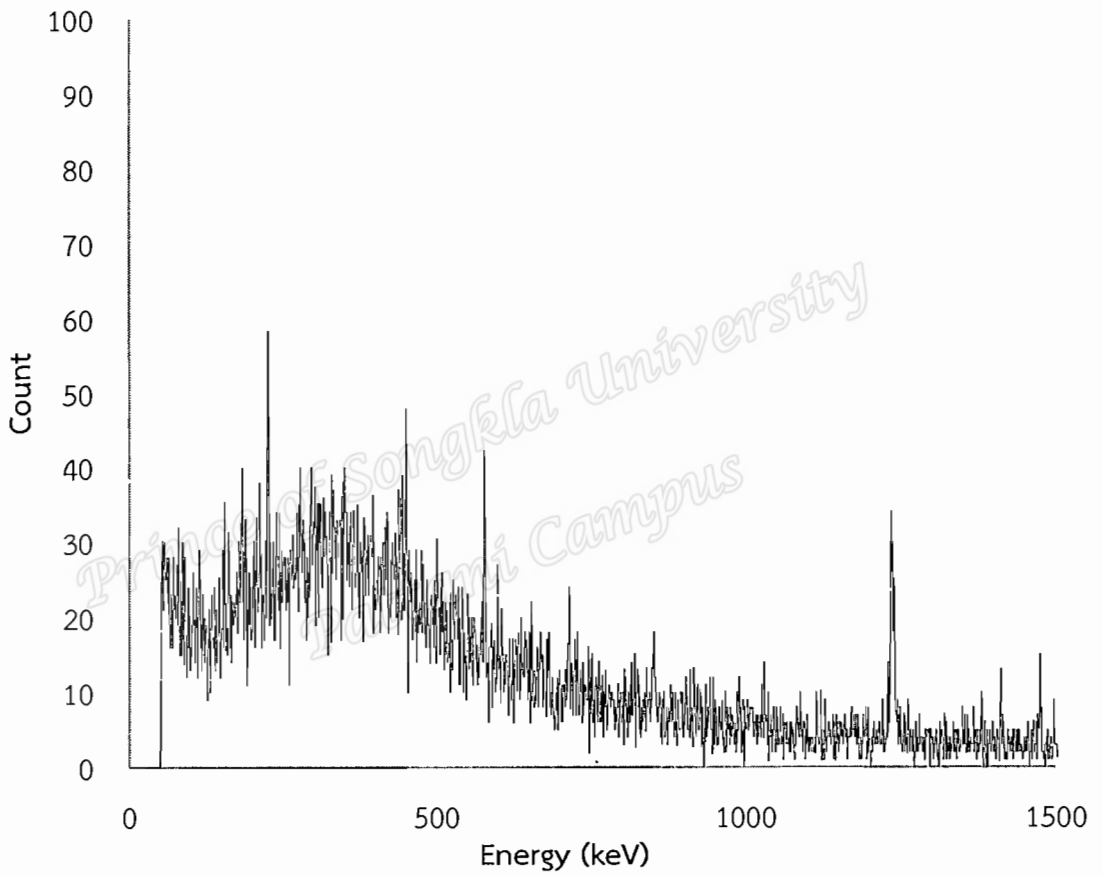
สภาวะแช่เย็นนาน 7 วันและ 30 วัน พบว่าคะแนนความชอบในด้านกลิ่นปลา สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดไม่ฉายรังสี

เมื่อประเมินอายุการเก็บรักษาของข้าวเกรียบปลาแบบสดไม่ฉายรังสี โดยประเมินจากผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ (microbiological shelf life) ร่วมกับระดับความชอบต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาแบบสด กำหนดให้ช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดสูงกว่าหรือเท่ากับ 2.3×10^4 CFU/g หรือมีปริมาณ yeast and mold ที่สูงกว่า 100 CFU/g เป็นวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่า ข้าวเกรียบปลาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บเพียง 1 วัน โดยประมาณ และข้าวเกรียบที่เก็บรักษาแบบแช่เย็นร่วมกับการฉายรังสีสามารถเก็บได้นานมากกว่า 30 วัน โดยที่ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกินตามมาตรฐานกำหนด ซึ่งข้าวเกรียบปลาแบบสดที่เก็บในสภาวะดังกล่าวไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างไปจากชุดควบคุม อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าปริมาณ yeast and mold (log CFU/g) ในตัวอย่างข้าวเกรียบปลาสดเริ่มต้นมีปริมาณที่สูงใกล้เคียงกับมาตรฐานกำหนด จึงทำให้ข้าวเกรียบปลาแบบสดมีปริมาณ yeast and mold (CFU/g) เกินในเวลาอันรวดเร็ว แต่จะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาทั้งแบบแช่เย็นร่วมกับการฉายรังสีสามารถชะลอการเพิ่มจำนวนของ yeast and mold (CFU/g) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาขั้นตอนนี้แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาแบบสดที่เก็บรักษาแบบแช่เย็นร่วมกับการฉายรังสีมีผลต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และยังยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถเก็บได้นานมากกว่า 30 วัน ในขณะที่การเก็บที่อุณหภูมิห้อง ผลิตภัณฑ์มีการเสื่อมเสียได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามการเก็บแบบแช่เย็นร่วมกับการฉายรังสี จะส่งผลต่อกระทบต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ เช่นตัวอย่างจะมีเนื้อสัมผัสแน่น แข็งขึ้น มีความเหนียวน้อยลง สีเข้มขึ้น เมื่อเก็บแบบรักษาเป็นระยะเวลายาวนาน และการเก็บที่ยาวนานอาจส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นคาวปลาที่ชัดขึ้น เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้น

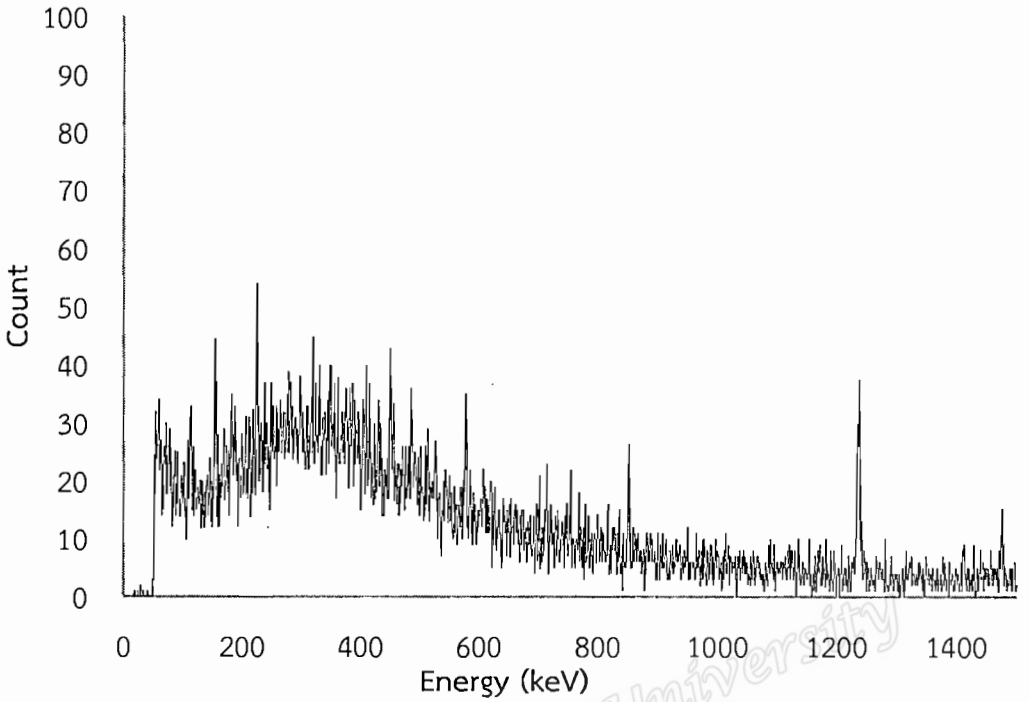
4.2 ตรวจวัดปริมาณรังสีด้วยระบบวัดรังสีแกมมาด้วยหัววัด HPGe ของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสด (กือโป๊ะ) ฉายรังสีที่ระดับความแรงต่างๆ

การตรวจวัดปริมาณรังสีด้วยระบบวัดรังสีแกมมาข้าวเกรียบปลาแบบสด (กือโป๊ะ) ด้วยระบบวัดรังสีแกมมาด้วยหัววัด HPGe พบว่า สเปคตรัมรังสีแกมมาของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสด (ของตัวอย่างวันที่ 0) ก่อนนำไปฉายรังสี ดังแสดงในภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 สเปคตรัมรังสีแกมมาของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดก่อนฉายรังสีแกมมา

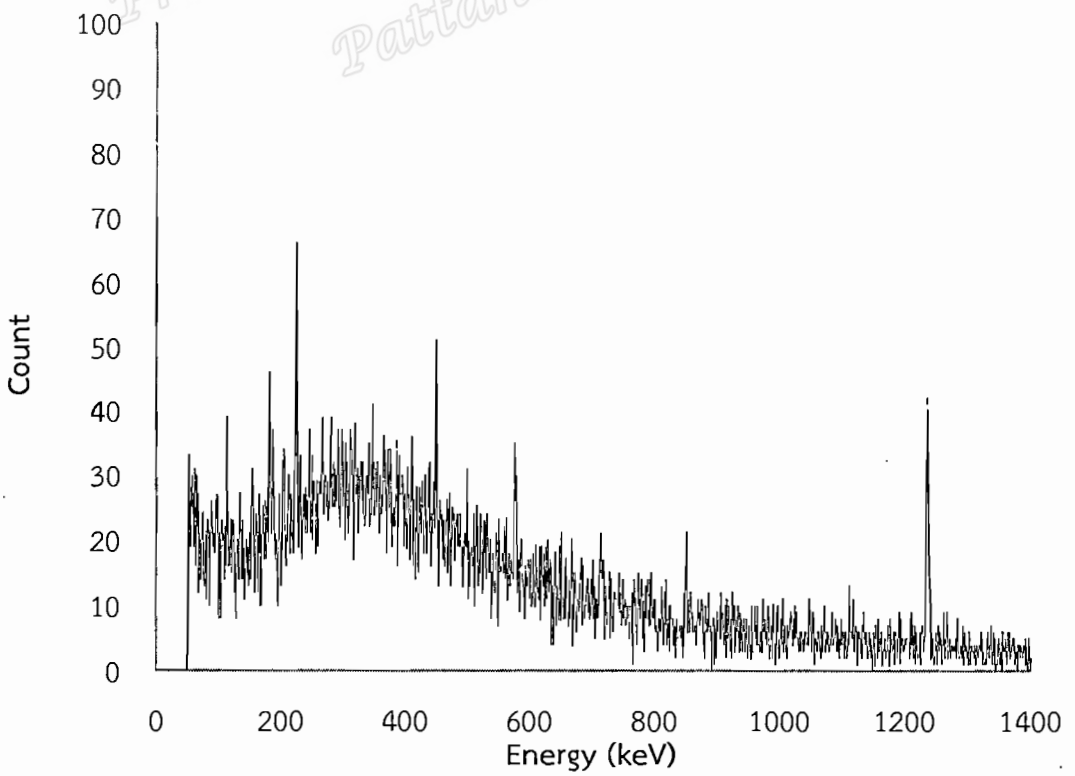
การตรวจวัดปริมาณรังสีด้วยระบบวัดรังสีแกมมาหลังจากนำข้าวเกรียบปลาแบบสด (กือโป๊ะ) โดยนำตัวอย่างไปฉายรังสีแกมมาที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ด้วยแหล่งกำเนิดรังสีแกมมา Co-60 ด้วยเครื่องฉายรังสี Gammacell 220 Excel ในปริมาณรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ นำไปวิเคราะห์ปริมาณรังสีด้วยระบบวัดรังสีแกมมาหลังจากนำตัวอย่างไปฉายรังสีแกมมาที่ระดับความแรงต่างๆ ด้วยระบบวัดรังสีแกมมาด้วยหัววัด HPG พบว่า สเปคตรัมรังสีแกมมาของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสีแกมมาที่ 1 กิโลเกรย์ ดังแสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 สเปคตรัมรังสีแกมมาของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสีแกมมาที่ 1 กิโลเกรย์

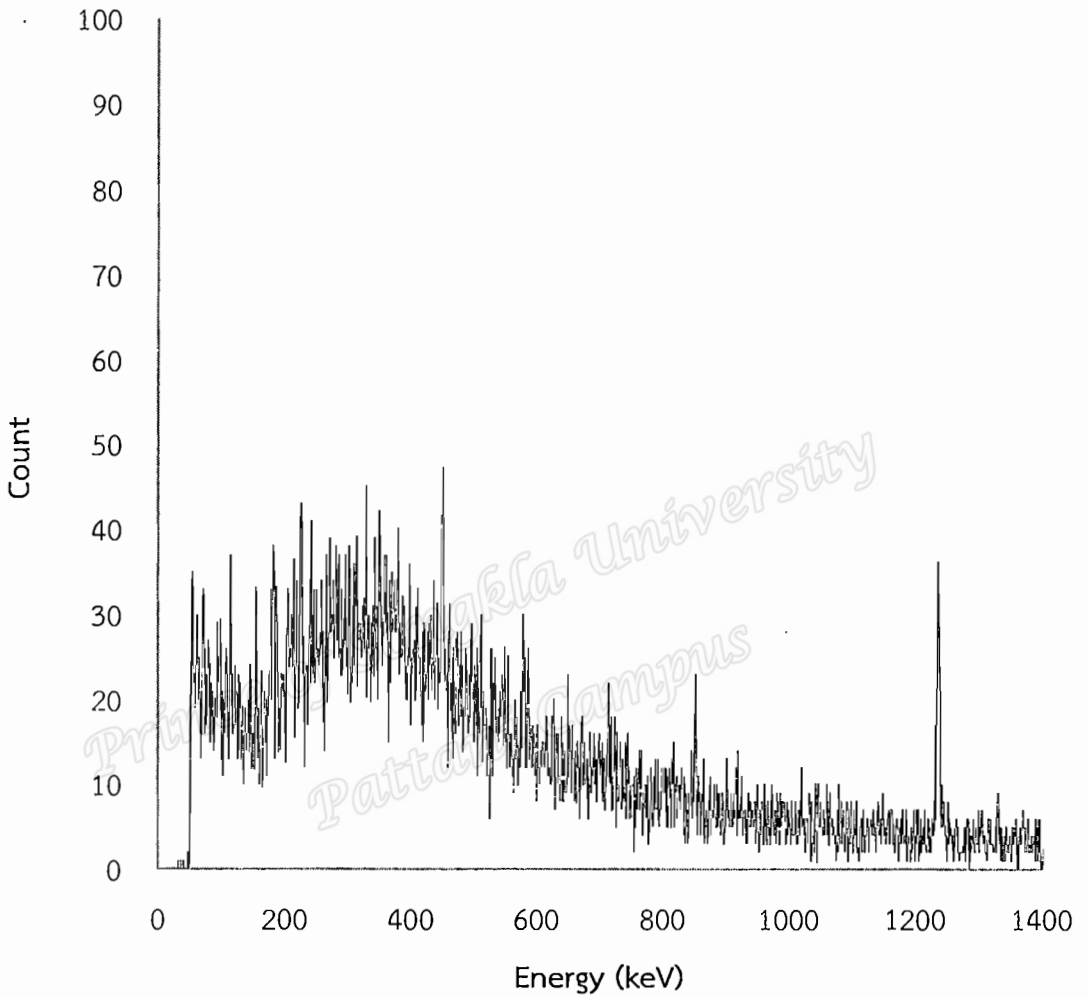
สเปคตรัมรังสีแกมมาของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสีแกมมาที่ 2 กิโลเกรย์ ดังแสดงในภาพที่ 4.8

Prince of Songkla University Pattani Campus



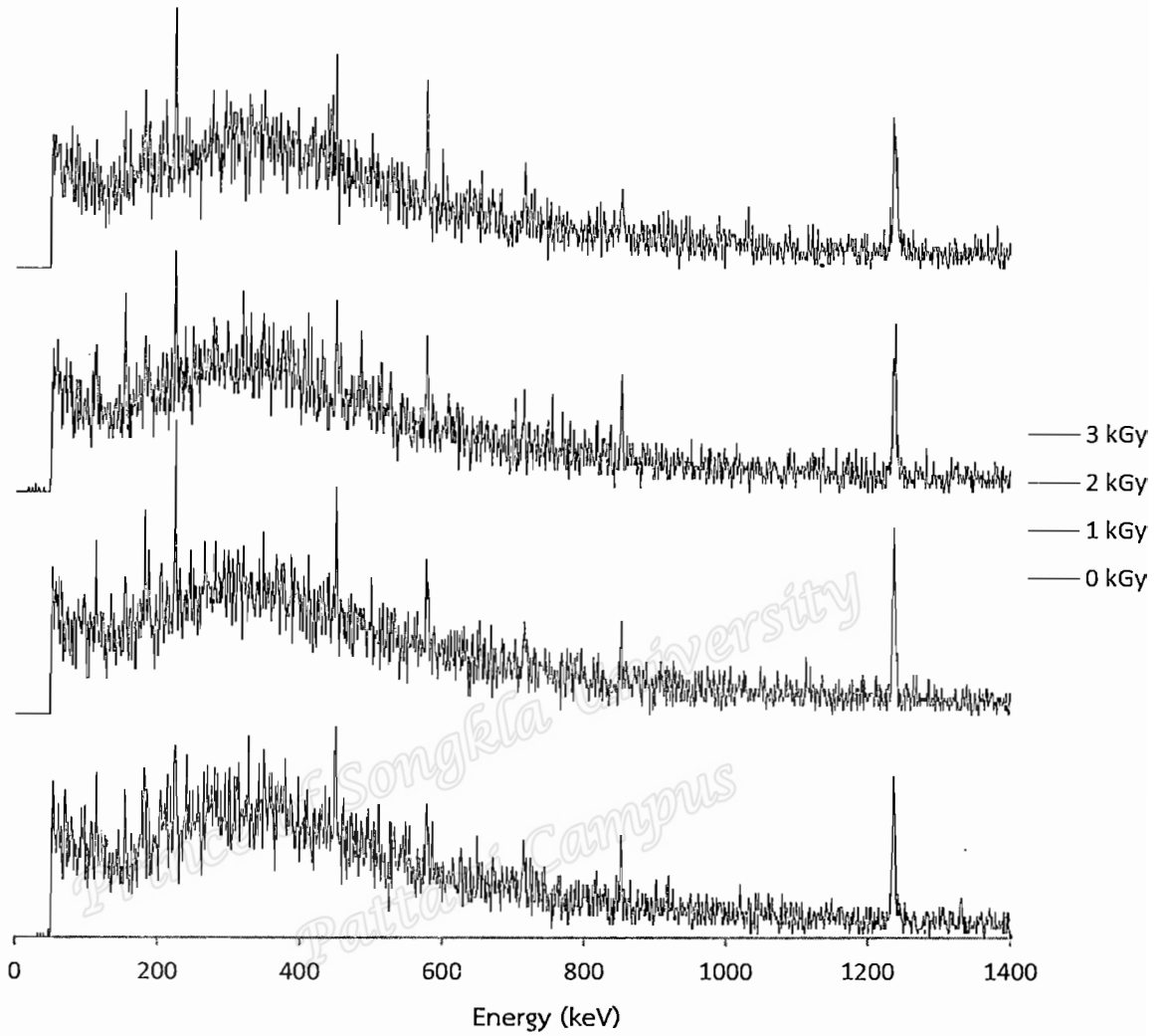
ภาพที่ 4.8 สเปคตรัมรังสีแกมมาของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสีแกมมาที่ 2 กิโลเกรย์

สเปคตรัมรังสีแกมมาของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสีแกมมาที่ 3 กิโลเกรย์ ดังแสดงในภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 สเปคตรัมรังสีแกมมาของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสีแกมมาที่ 3 กิโลเกรย์

จะเห็นได้ว่าการตรวจวัดปริมาณรังสีด้วยระบบวัดรังสีแกมมาหลังจากนำข้าวเกรียบปลาแบบสด (กือโป๊ะ) โดยนำตัวอย่างไปฉายรังสีแกมมา ด้วยแหล่งกำเนิดรังสีแกมมา Co-60 ด้วยเครื่องฉายรังสี Gammacell 220 Excel ในปริมาณรังสี 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ ด้วยระบบวัดรังสีแกมมาด้วยหัววัด HPG พบว่า สเปคตรัมรังสีแกมมาของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสด (ของตัวอย่างวันที่ 0) ก่อนนำไปฉายรังสีเทียบกับตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบฉายรังสีแกมมาที่ 1, 2 และ 3 กิโลเกรย์ มีการตอบสนองต่อสัญญาณไม่ต่างกัน



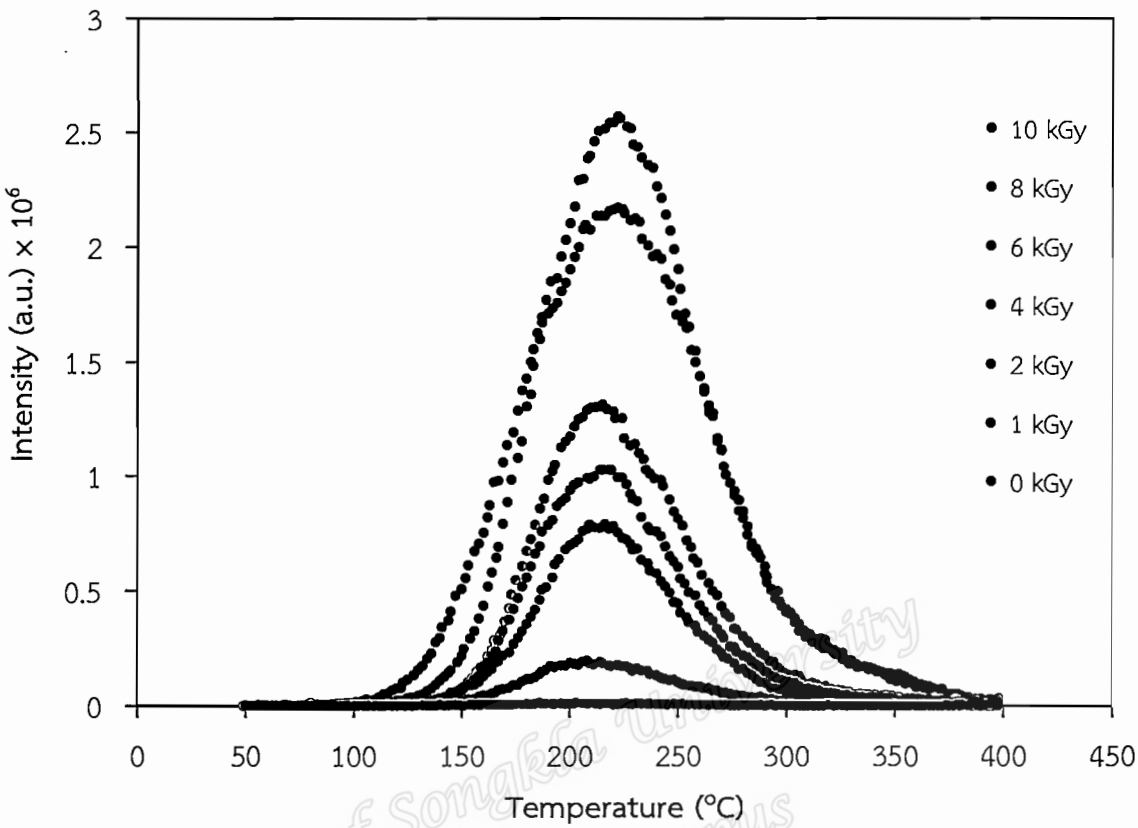
ภาพที่ 4.2 สเปคตรัมรังสีแกมมาที่ระดับโดสต่างๆ ของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ)

ทำให้สรุปได้ว่าการฉายรังสีในอาหารไม่ได้ทำให้อาหารมีกัมมันตรังสีตกค้างเนื่องจากกัมมันตรังสีในอาหารสามารถเกิดขึ้นได้ 2 ทาง คือการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสีในอาหารหรือมีรังสีพลังงานสูงเข้าไปทำปฏิกิริยากับนิวเคลียสของธาตุในอาหารแต่กระบวนการฉายรังสีอาหารเป็นการนำภาชนะที่บรรจุอาหาร ผ่านเข้าไปในบริเวณที่มีรังสี ซึ่งไม่มีการสัมผัสกับสารกัมมันตรังสี นอกจากนั้น รังสีที่ใช้ในกระบวนการฉายรังสีอาหาร ไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาที่นิวเคลียสของอะตอมของธาตุอาหารได้

4.3 การตอบสนองต่อปริมาณรังสีของข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ด้วยเทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนต์

4.3.1 กราฟ Glow Curve

จากการศึกษาการวิเคราะห์การตอบสนองต่อการรับรังสีของสัญญาณเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ในตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดด้วยเครื่องอ่านเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์แสดงดังภาพที่ 4.11 ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและอุณหภูมิเป็นกราฟความสัมพันธ์ที่เรียกว่า “Glow Curve” โดยจะพบว่าความเข้มแสงของการตอบสนองที่วัดได้ด้วยเครื่องอ่านเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ของตัวอย่าง มีค่ามากขึ้นตามปริมาณรังสี แปรผันตรงกับปริมาณอิเล็กตรอนอิสระ เมื่อตัวอย่างได้ผ่านการรับรังสีมาเป็นเวลานานในสิ่งแวดล้อม จะส่งผลให้มีปริมาณอิเล็กตรอนมากขึ้นตามระยะเวลาที่สะสม ความเข้มของการตอบสนองที่วัดได้ก็จะมากด้วยและสามารถจำแนกประเภทโครงสร้างผลึกได้อย่างชัดเจน การศึกษาสมบัติการรับรังสีและลักษณะเฉพาะเจาะจงการตอบสนองต่อรังสีของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) โดยวิเคราะห์ความเข้มของสัญญาณเทอร์โมลูมิเนสเซนต์ (TL) ด้วยเครื่องอ่านสัญญาณ TL รุ่น Harshaw 3500 ตัวอย่างผ่านการฉายรังสีแกมมาด้วยต้นกำเนิดรังสี ^{60}Co การตรวจสอบข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสีโดยเทคนิค TL เพื่อให้ได้ผลการตรวจสอบที่ถูกต้อง พบว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์คือ 50 ถึง 400 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการเพิ่มความร้อนเท่ากับ 6 องศาเซลเซียสต่อวินาที และเวลาสำหรับการวัดตัวอย่างเท่ากับ 50 วินาที จากการศึกษาผลของปริมาณรังสีดูดกลืนที่มีต่อสัญญาณ TL ระหว่างสัญญาณ TL ก่อนและหลังฉายรังสี 1 ถึง 10 กิโลเกรย์ พบว่า การตรวจสอบดังกล่าวสามารถใช้ยืนยันข้าวเกรียบปลาแบบสดที่ผ่านการฉายรังสีได้อย่างถูกต้อง ความเข้มของสัญญาณการตอบสนอง TL ในตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสดฉายรังสีสูงกว่าในตัวอย่างที่ไม่ได้รับการฉายรังสี พบตำแหน่งอุณหภูมิการตอบสนองในตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ที่อุณหภูมิระหว่าง 200 ถึง 350 องศาเซลเซียส

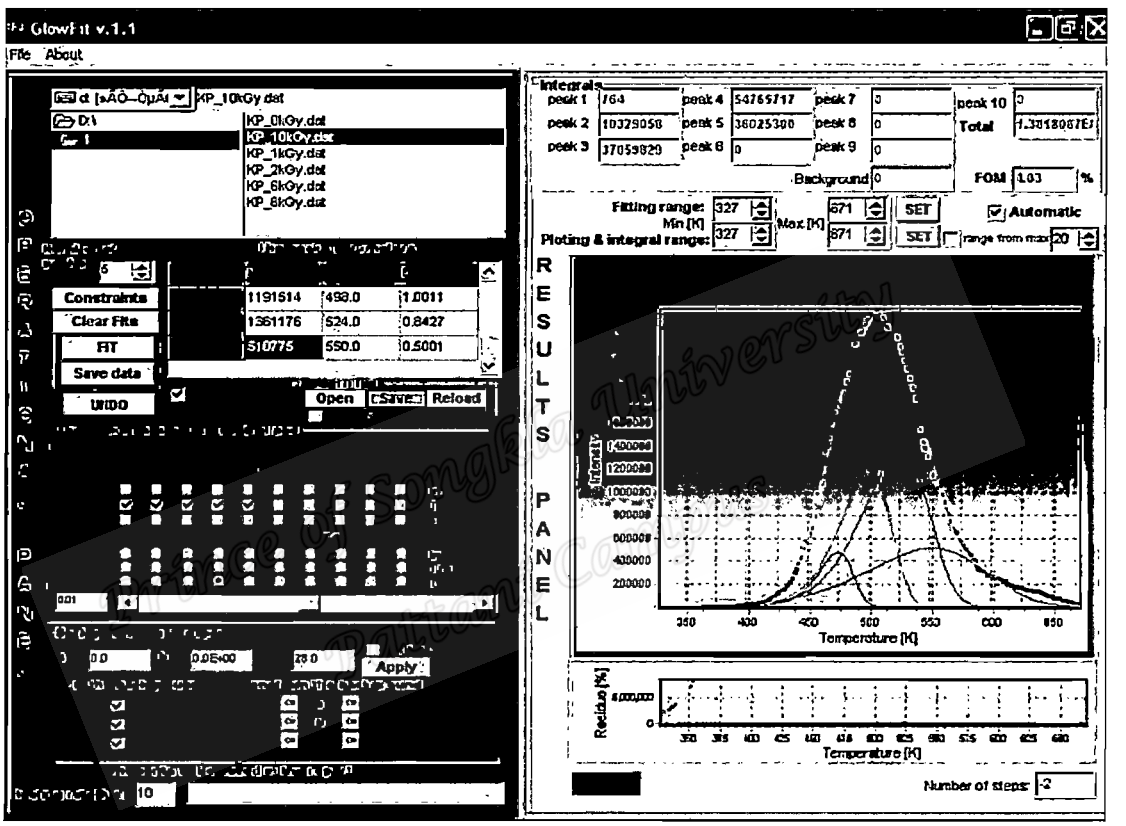


ภาพที่ 4.11 กราฟการตอบสนองของสัญญาณเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ของข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) เมื่อได้รับรังสีที่ระดับต่างๆ

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Glow Fit และกราฟปรับเทียบ (Calibration Curve)

เมื่อได้ข้อมูลจากกราฟ Glow-Curve ซึ่งได้ค่าระหว่างความเข้มแสงกับอุณหภูมิ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Glow Fit ดังภาพที่ 4.7 ซึ่งสามารถเลือกพารามิเตอร์ของอุณหภูมิต่างๆ ที่สอดคล้องกับอุณหภูมิ 175, 200, 225, 250 และ 275 องศาเซลเซียส (Ziegelmann *et al.* , 1999) ผลที่ได้จากโปรมแกรม Glow Fit แสดงดังตารางที่ 4.7



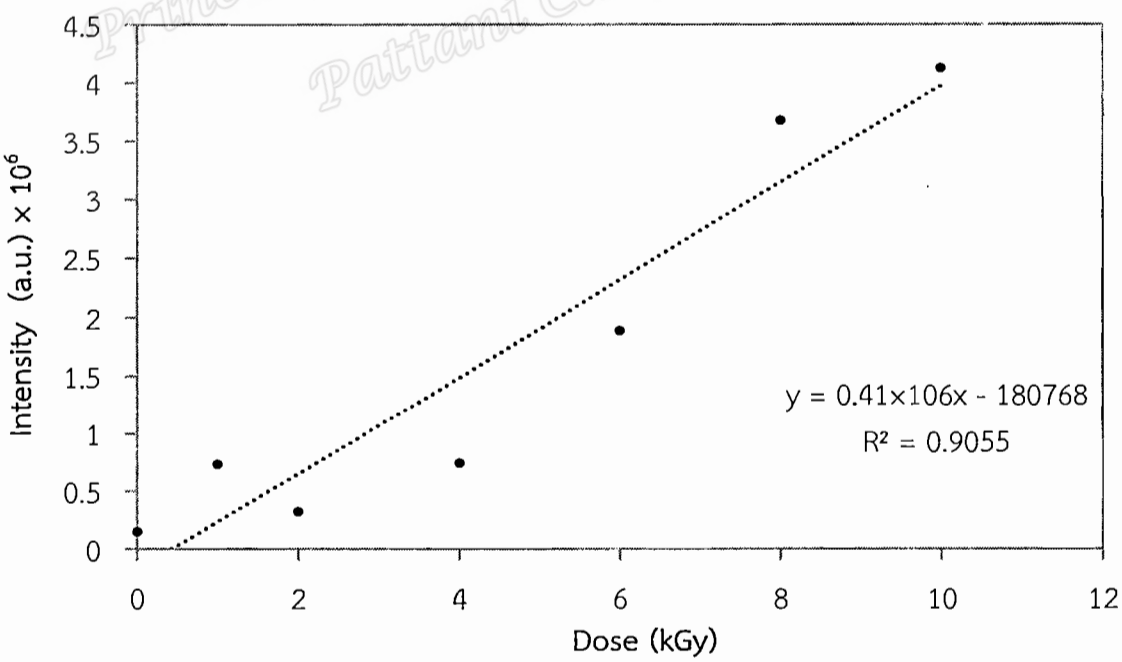
ภาพที่ 4.12 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Glow Fit

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Glow Fit

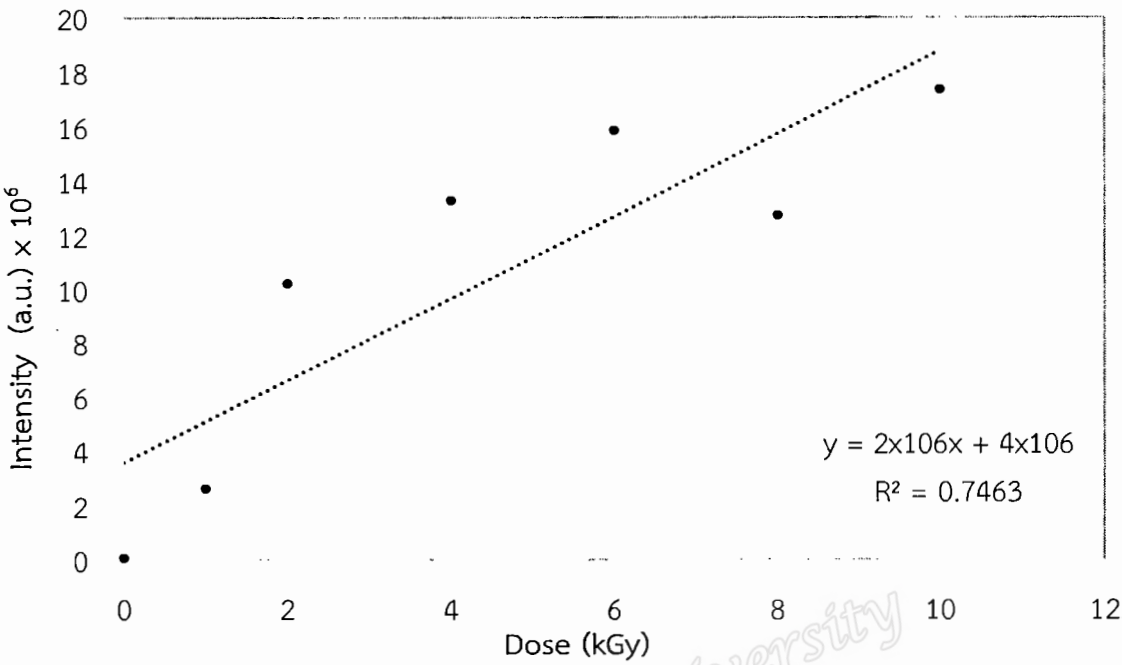
Dose (kGy)	Intensity (a.u.) Temperature (°C)				
	175	200	225	250	275
0	149309	59469	254603	109792	62461
1	733291	2630465	2704119	1891502	1496349
2	320282	10226162	11014693	9288719	3916550
4	737514	13289237	15222630	12491726	7438220
6	1884721	15859708	21572984	15575901	8804315
8	3677802	12750279	26885269	50112053	44844427
10	4127878	17329058	37059829	54765717	36025300

กราฟปรับเทียบ (Calibration Curve) ของข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ที่อุณหภูมิ 175, 200, 225, 250 และ 275 องศาเซลเซียส พบว่าความเข้มของการตอบสนองของสัญญาณเทอร์โมลูมิเนสเซนส์ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์แบบเป็นเชิงเส้นกับปริมาณการฉายรังสีแกมมา ซึ่งสอดคล้องกับการตอบสนองในช่วง 200-400 องศาเซลเซียส ของผลึกอราโกไนท์-แคลไซต์ของเปลือกหอยในงานวิจัยของ Ziegelmann *et al.* (1999)

Prince of Songkla University Pattani Campus

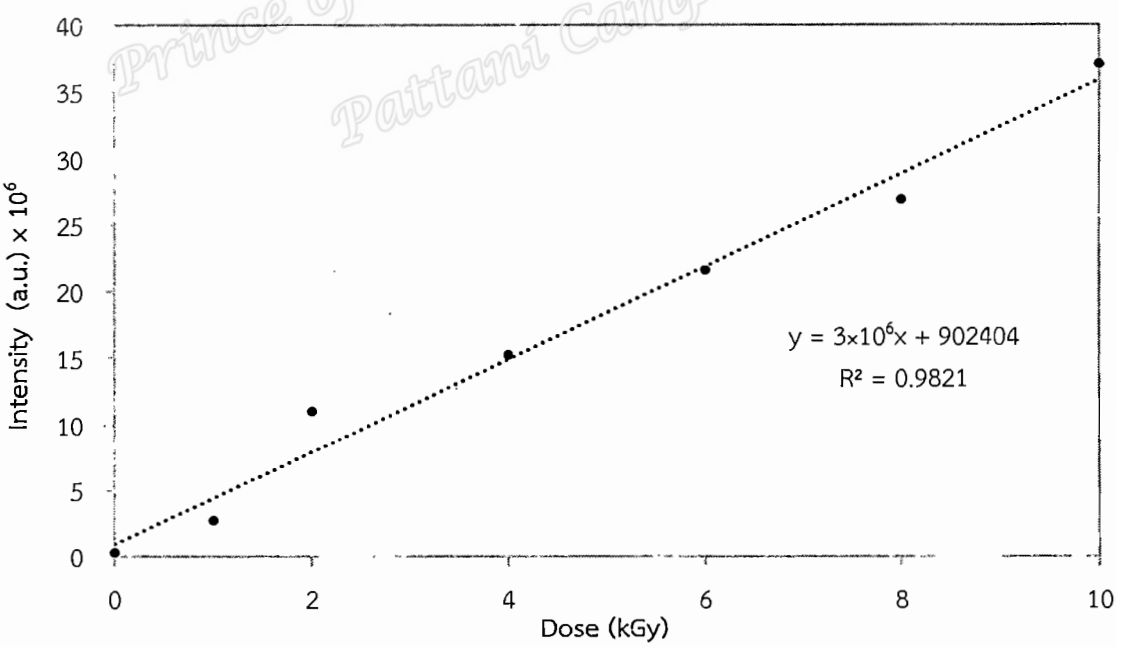


ภาพที่ 4.13 กราฟปรับเทียบ (Calibration Curve) ที่รังสีระดับต่างๆ ของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส

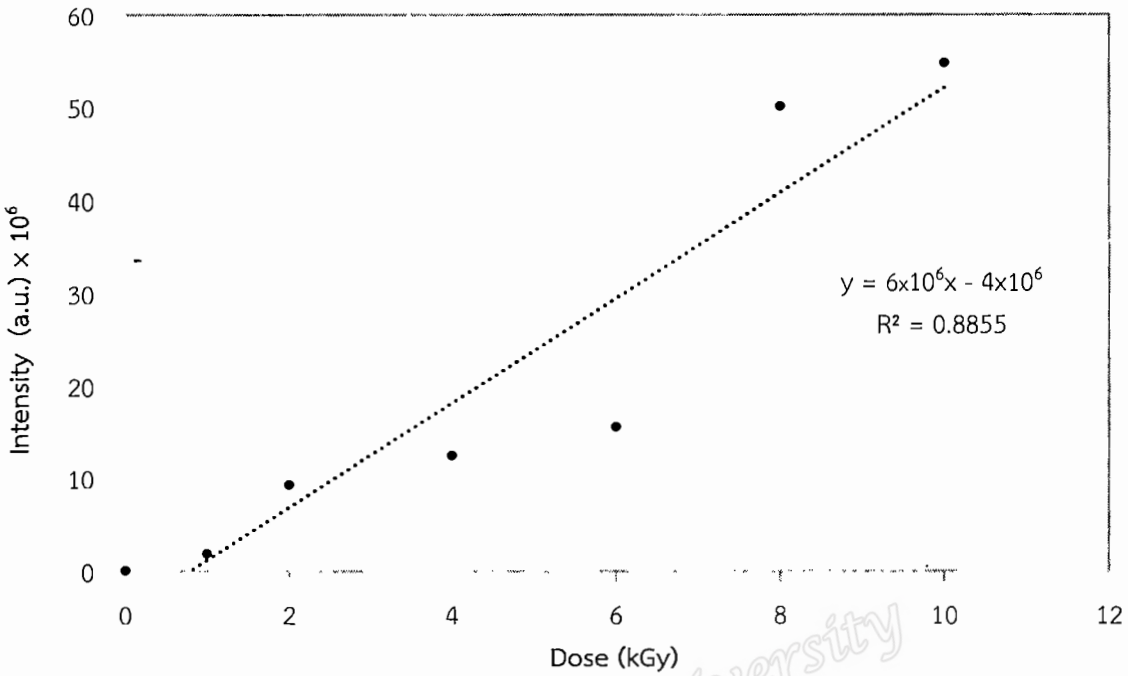


ภาพที่ 4.14 กราฟปรับเทียบ (Calibration Curve) ที่รังสีระดับต่างๆ ของตัวอย่างข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

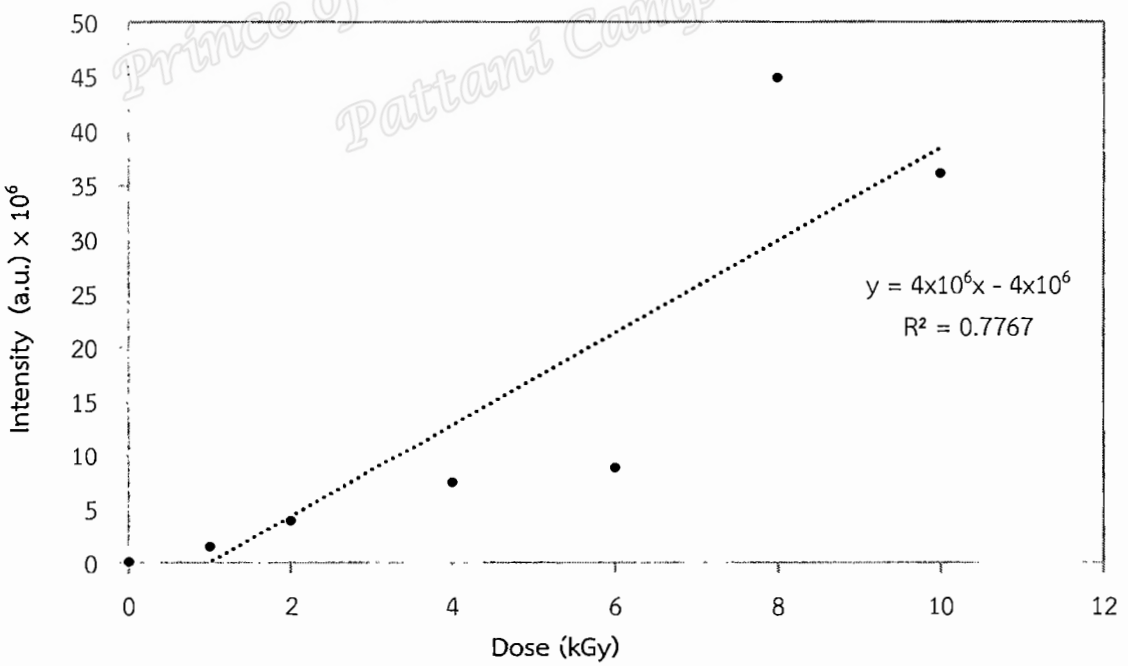
Prince of Songkla University Pattani Campus



ภาพที่ 4.15 กราฟปรับเทียบ (Calibration Curve) ที่รังสีระดับต่างๆ ของตัวอย่าง ข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ที่อุณหภูมิ 225 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.16 กราฟปรับเทียบ (Calibration Curve) ที่รังสีระดับต่างๆ ของตัวอย่าง ข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.17 กราฟปรับเทียบ (Calibration Curve) ที่รังสีระดับต่างๆ ของตัวอย่าง ข้าวเกรียบปลาแบบสด (กรือโป๊ะ) ที่อุณหภูมิ 275 องศาเซลเซียส

Prince of Songkla University Pattani Campus