

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์

4.1 ทดลองที่ 1 การคำนวณค่า D_{10} และสร้างสมการในการคำนวณปริมาณรังสีแกมมาที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมของเชื้อราในโรงเก็บ 1 ชนิด ที่มีความสำคัญมากที่สุด

เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ข้าวและถั่วเขียว และเมล็ดพืชอาหาร ได้แก่ ถั่วเหลือง และถั่วลิสง จากท้องตลาด มาสังเกตการปนเปื้อนของเชื้อราโรงเก็บ โดยใช้วิธี blotter ในการจำแนกชนิดของเชื้อราพบว่า เชื้อราในโรงเก็บที่พบมากในทั้งเมล็ดพันธุ์พืชและเมล็ดพืชอาหาร คือ เชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* sp. (ตารางที่ 4.1) โดยมีเชื้อรา *A. flavus* เป็นเชื้อราที่พบมากที่สุด รองลงมา คือ *A. niger* ซึ่งเป็นเชื้อราที่พบทั่วไป (กัญจนา พุทธสมัย, 2538) สำหรับเชื้อรา *A. flavus* นอกจากพบการปนเปื้อนในเมล็ดพันธุ์พืชและเมล็ดพืชอาหารทั้ง 5 ชนิดแล้ว ยังพบเชื้อราชนิดนี้ในข้าวกล้อง (Boonchoo และคณะ, 2004) ข้าวสาลี (Wang และ Yu, 2010) และพริกไทยดำ (Jalili และคณะ, 2010) ในระหว่างการเก็บรักษาเช่นกัน

ตารางที่ 4.1 เชื้อราในโรงเก็บที่ปนเปื้อนในเมล็ดพันธุ์ข้าวและถั่วเขียว และเมล็ดพืชอาหารถั่วเหลือง และถั่วลิสง

ชนิดพืช	เชื้อราในโรงเก็บที่แยกได้
เมล็ดพันธุ์ข้าว	<i>Aspergillus flavus</i> <i>A. niger</i> <i>Rhizopus</i> sp.
เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว	<i>A. niger</i> <i>Rhizopus</i> sp.
เมล็ดถั่วเหลือง	<i>A. flavus</i> <i>Rhizopus</i> sp.
เมล็ดถั่วลิสง	<i>A. flavus</i> <i>A. niger</i> <i>Rhizopus</i> sp.

เมล็ดพันธุ์ข้าว



A. flavus



Rhizopus sp.

เมล็ดพันธุ์ถั่ว
เขียว



A. niger



Rhizopus sp.

เมล็ดถั่วเหลือง



A. flavus



Rhizopus sp.

เมล็ดถั่วลิสง



A. niger



A. flavus

เมล็ดถั่วลิสง



Rhizopus sp.

รูปที่ 4.1 เชื้อราในโรงเก็บที่ปนเปื้อนในเมล็ดพันธุ์ข้าวและถั่วเขียว และเมล็ดพืชอาหารถั่วเหลืองและถั่วลิสง

4.1.1 ผลของรังสีแกมมาต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *A. flavus* และการคำนวณค่า D_{10}

จากผลการสำรวจการปนเปื้อนของเชื้อราในเมล็ดพันธุ์พืช และเมล็ดพืชอาหารต่าง ๆ จึงเลือกเชื้อรา *A. flavus* เป็นตัวแทนเพื่อการทดสอบ และคำนวณปริมาณรังสีแกมมาต่อการทำลายเชื้อราได้ 90 เปอร์เซนต์หรือเรียกค่า D_{10}

4.1.1.1 ผลของรังสีแกมมาต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยของเชื้อรา

เมื่อนำเส้นใยของเชื้อรา *A. flavus* ที่แยกได้จากเมล็ดพันธุ์ข้าวไปฉายรังสีแกมมา (^{60}Co) ปริมาณ 0-6 กิโลเกรย์ และนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่า การฉายรังสีแกมมาตั้งแต่ 1 กิโลเกรย์ ขึ้นไป จะลดการเจริญของเส้นใยของเชื้อราได้เพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น เชื้อราที่ไม่ผ่านการฉายรังสีพบการเจริญเติบโตของเส้นใยตั้งแต่วันที่ 1 ของการบ่ม และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีได้ 8.23 เซนติเมตร เมื่อบ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน แต่การฉายรังสีแกมมาช่วง 1-2 3-4 และ 5-6 กิโลเกรย์ จะลดการเจริญเติบโตของเส้นใยของเชื้อราได้ 1 2 และ 4 วัน ตามลำดับ โดยรังสีปริมาณ 6 กิโลเกรย์ จะลดการเจริญของเส้นใยได้มากที่สุด โดยในวันที่ 5 ของการบ่ม เส้นใยของเชื้อรามีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง 0.67 เซนติเมตร และในวันที่ 7 วัดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 1.38 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ผลของรังสีแกมมาต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยของเชื้อรา *A. flavus* ที่ผ่านการฉายรังสีและบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 7 วัน

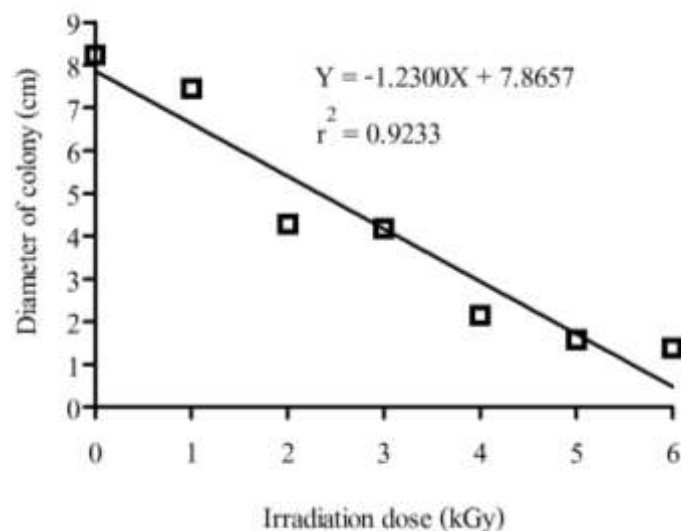
ปริมาณรังสี (kGy)	เส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีของเส้นใยเชื้อรา <i>A. flavus</i> (เซนติเมตร) ที่บ่มเป็นระยะเวลา (วัน)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	1.42	2.92	4.18	5.19	6.36	7.87	8.23
1.0	0.00	1.00	1.80	2.98	4.87	7.02	7.45
2.0	0.00	0.60	1.52	2.27	2.73	3.62	4.28
3.0	0.00	0.00	0.52	0.97	2.43	3.35	4.17
4.0	0.00	0.00	0.62	1.07	1.58	1.93	2.15
5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	1.27	1.57
6.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	1.05	1.38

4.1.1.2 การคำนวณค่า D_{10} ต่อการชะลอการเจริญเติบโตของเส้นใย

เมื่อพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีของเส้นใยเชื้อราที่บ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน (y) และปริมาณรังสี (x) (รูปที่ 4.2) จะได้สมการเส้นตรง ดังนี้

$$Y = -1.2300X + 7.8657 \quad \dots (1)$$

และมีค่า $r^2 = 0.9233$ จากสมการ (1) สามารถคำนวณปริมาณรังสีที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยของเชื้อรา *A. flavus* เมื่อบ่มเป็นเวลา 7 วัน ได้ 90 เปอร์เซ็นต์ (D_{10}) มีค่าเท่ากับ 5.75 กิโลเกรย์ ดังนั้นการควบคุมการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราชนิดนี้ จำเป็นต้องฉายรังสีแกมมาไม่น้อยกว่า 6.0 กิโลเกรย์



รูปที่ 4.2 เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยของเชื้อรา *A. flavus* ที่ผ่านการฉายรังสีและบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 7 วัน

4.1.2 ผลของรังสีแกมมาต่อการงอกของสปอร์เชื้อรา *A. flavus* และการคำนวณค่า D_{10}

จากผลการสำรวจการปนเปื้อนของเชื้อราในเมล็ดพันธุ์พืช และเมล็ดพืชอาหารต่าง ๆ จึงเลือกเชื้อรา *A. flavus* เป็นตัวแทนเพื่อการทดสอบเช่นกัน และคำนวณปริมาณรังสีแกมมาต่อการทำลายเชื้อราได้ 90 เปอร์เซ็นต์ หรือเรียกว่าค่า D_{10}

4.1.2.1 ผลของรังสีแกมมาต่อการงอกของสปอร์

เมื่อนำสปอร์ suspension ของเชื้อรา *A. flavus* ที่แยกได้จากเมล็ดพันธุ์ข้าวไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0-6 กิโลเกรย์ และสังเกตการงอกของสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์หลังจากบ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6 8 และ 24 ชั่วโมง พบว่า การฉายรังสีแกมมาสามารถ

ยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อราได้ และเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของสปอร์ของเชื้อราลดลงเมื่อปริมาณของรังสีเพิ่มขึ้น ซึ่งให้ผลการทดลองคล้ายกับการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา โดยสปอร์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสีจะเริ่มงอกภายใน 6 ชั่วโมงหลังจากบ่ม (94.2 เปอร์เซ็นต์) และงอกทั้งหมดภายใน 12 ชั่วโมง การฉายรังสีปริมาณ 1 – 2.5 กิโลเกรย์ สามารถชะลอการงอกของสปอร์ของเชื้อราได้ และมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของสปอร์มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง รังสีปริมาณ 3 – 3.5 และ 4.0 – 6.0 กิโลเกรย์ สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้อย่างสมบูรณ์ได้นานกว่า 6 และ 18 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยเฉพาะสปอร์ที่ผ่านการฉายรังสี 5.0 – 6.0 กิโลเกรย์ มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของสปอร์น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อบ่มเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.3) ซึ่งผลการทดลองที่ได้ใกล้เคียงกับงานวิจัยของทักษอร (2547) ซึ่งพบว่า รังสีแกมมาปริมาณ 5.62 กิโลเกรย์ ทำให้สปอร์ *A. flavus* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ WA งอก 3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.3 ผลของรังสีแกมมาต่อการรอดชีวิตของสปอร์ของเชื้อรา *A. flavus* ที่ผ่านการฉายรังสี และบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

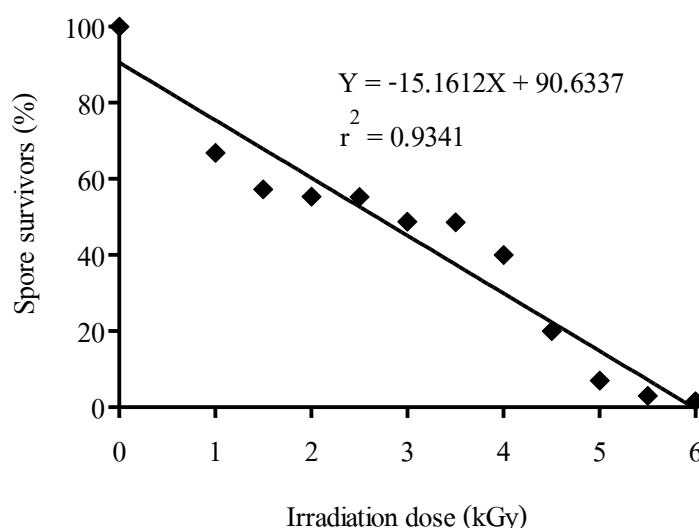
ปริมาณรังสี (kGy)	เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของสปอร์ของเชื้อรา <i>A. flavus</i> หลังจากบ่มเป็นระยะเวลา (ชั่วโมง)				
	0	6	12	18	24
0	0.0	94.2	100.0	100.0	100.0
1.0	0.0	25.7	54.9	59.9	66.9
1.5	0.0	20.0	40.5	53.9	57.3
2.0	0.0	8.9	41.4	46.0	55.4
2.5	0.0	9.3	29.5	36.8	55.3
3.0	0.0	0.0	10.6	26.8	48.8
3.5	0.0	0.0	8.4	20.4	48.6
4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0
4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0
5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0
5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6

4.1.2.2 การคำนวณค่า D_{10} ต่อการชะลอการงอกของสปอร์ของเชื้อรา

เมื่อพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของสปอร์ของเชื้อรา (y) ที่บ่มเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และปริมาณรังสี (x) (รูปที่ 3.2) จะได้สมการเส้นตรง ดังนี้

$$Y = -15.1612X + 90.6337 \quad \dots(2)$$

และมีค่า $r^2 = 0.9341$ จากสมการ (2) สามารถคำนวณปริมาณรังสีที่สามารถชะลอการงอกของสปอร์เชื้อรา *A. flavus* ได้เปอร์เซ็นต์ 90 (D_{10}) เมื่อบ่มเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ได้เท่ากับ 5.32 กิโลเกรย์ ดังนั้น การควบคุมการงอกของสปอร์ของเชื้อราชนิดนี้ จำเป็นต้องฉายรังสีแกมมาไม่น้อยกว่า 5.5 กิโลเกรย์



รูปที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของสปอร์ของเชื้อรา *A. flavus* ที่ผ่านการฉายรังสี และบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่า การฉายรังสีแกมมาชะลอการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์ของเชื้อรา เนื่องจากรังสีมีผลโดยตรงทำให้รูปร่างและพื้นผิวของ hyphae และสปอร์ผิดปกติ จากการสูญเสียน้ำ และแตกในที่สุด (Ferreira-Castro และคณะ, 2007; Aziz และคณะ, 2007) ซึ่งรังสีแกมมาปริมาณ 6.0 กิโลเกรย์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* จัดอยู่ระดับปานกลาง (ไม่เกิน 10 กิโลเกรย์) ของปริมาณการฉายรังสีในอาหารที่องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) กำหนด

นอกจากนี้ ค่า D_{10} ของสปอร์ ที่ได้มีค่าเท่ากับ 5.32 กิโลเกรย์ซึ่งน้อยกว่าค่า D_{10} ของเส้นใยของเชื้อรา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.75 กิโลเกรย์ แสดงว่า เส้นใยของเชื้อราทนต่อปริมาณรังสีแกมมาได้ดีกว่าและ/หรือ มีกระบวนการที่ทำให้เซลล์สามารถปรับตัวได้เร็วกว่าสปอร์ เนื่องจากเส้นใยและ

สปอร์มีองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างทางกายภาพที่แตกต่างกัน (Maity และคณะ, 2009) หรืออาจเป็นไปได้ว่าสปอร์ที่ดูดซับน้ำแล้ว จะอยู่ในสภาพที่อ่อนแอต่อสภาพแวดล้อม รวมทั้งรังสีแกมมา นอกจากนี้ อาจเป็นไปได้ว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในระหว่างการบ่มของเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราแตกต่างกัน คือ เส้นใยใช้อาหาร PDA ในขณะที่สปอร์ใช้อาหาร WA ซึ่ง Blank และ Corrigan (1995) คาดว่าอาหารที่ใช้มีผลต่อการฟื้นฟูและการรอดชีวิตของสปอร์เชื้อรา ซึ่งเป็นแหล่งอาหารและพลังงานให้กับเชื้อรา จึงเลือกใช้ PDA เป็น media recovery หลังจากนำสปอร์เชื้อราไปฉายรังสี อย่างไรก็ตาม ค่า D_{10} ของเชื้อจุลินทรีย์จะแตกต่างกันไปขึ้นกับปริมาณน้ำที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้ (water activity) องค์ประกอบของอาหาร อุณหภูมิ ปริมาณรังสี จำนวนและชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ (Kim และคณะ, 2010; Ferreira-Castro และคณะ, 2007)

4.2 การทดลองที่ 2 ผลของรังสีแกมมาต่อการปนเปื้อนเชื้อราและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ และเมล็ดพืชอาหาร

4.2.1 การทดลองที่ 2.1 ผลของวิธีการปลูกสปอร์เชื้อรา 2 วิธี และปริมาณรังสีแกมมาต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์และเมล็ดพืชอาหาร 4 ชนิด

เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ข้าว และถั่วเขียว และเมล็ดพืชอาหาร เช่น ถั่วเหลือง และถั่วลิสง มาปลูกเชื้อด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี แล้วนำไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0 และ 3 กิโลเกรย์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า

4.2.1.1 ถั่วเขียว

4.2.1.2.1 ความชื้นของเมล็ด

เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่นำมาทดลองมีความชื้นเริ่มต้น 11.06 เปอร์เซ็นต์ หลังจากปลูกเชื้อด้วยวิธีการต่างกัน คือ การปลูกด้วยเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวบดที่ปนเปื้อนและสารละลายสปอร์เชื้อรา *A. niger* นำไปฉายรังสีแกมมาในปริมาณ 3 กิโลเกรย์ แล้วนำมาตรวจสอบหลังจากเก็บรักษา 1 เดือน พบว่าการปลูกเชื้อทั้ง 2 วิธี และการฉายรังสีแกมมาทำให้ความชื้นของเมล็ดลดลงจากความชื้นเริ่มต้นเล็กน้อย (ตารางที่ 4.4) โดยเมล็ดที่ปลูกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราทั้งฉายรังสี (T4) และไม่ฉายรังสี (T3) มีความชื้น 10.07 และ 10.16 เปอร์เซ็นต์ต่ำกว่าเมล็ดชุดควบคุม (T1) (10.47 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ดที่ปลูกสารละลายสปอร์ทั้งฉาย (T6) และไม่ฉายรังสี (T5) (10.94 และ 10.66 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตาม ความชื้นของเมล็ดมีค่าค่อนข้างต่ำและเป็นความชื้นที่สามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวได้นานประมาณ 1 ปี (ชูศักดิ์ ฌรงคราช, 2535)

ตารางที่ 4.4 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีปริมาณ 3 กิโลเกรย์

สิ่งทดลอง	ความชื้นของเมล็ดพันธุ์	
	ก่อนการคลุกเชื้อ	ภายหลังการฉายรังสี 1 เดือน
T1=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ไม่คลุกเชื้อ+ไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม)	11.06	10.47
T2=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ไม่คลุกเชื้อ+ฉายรังสี	11.06	10.51
T3=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+เมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ไม่ฉายรังสี	11.06	10.16
T4=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+เมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ฉายรังสี	11.06	10.07
T5=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+สารละลายสปอร์+ไม่ฉายรังสี	11.06	10.66
T6=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+สารละลายสปอร์+ฉายรังสี	11.06	10.94
F-test	- ¹	ns
C.V. (%)	0.00	3.91

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เขียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

¹ เป็นค่าเริ่มต้นในการเก็บรักษา

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4.2.1.2.2 ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อราของเมล็ด

วิธีการปลูกเชื้อและการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 กิโลเกรย์ ทำให้การปนเปื้อนของเชื้อราเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อเก็บรักษานาน 1 เดือน โดยการคลุกเชื้อด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราแต่ไม่ฉายรังสี (T3) ทำให้เมล็ดพันธุ์มีการปนเปื้อนของเชื้อรา 60.75 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่คลุกเชื้อด้วยสารละลายสปอร์ (T5) (48.00 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม (37.25 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าวิธีการคลุกเชื้อด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราทำให้เชื้อสามารถเจริญเติบโตและทำลายเมล็ดพันธุ์ได้ดีกว่าการคลุกด้วยสารละลายสปอร์ ซึ่งให้ผลในการทำงานเดียวกันกับการฉายรังสีที่แม้จะสามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อราลงได้อย่างมีนัยสำคัญพบว่าการคลุกเชื้อด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา (T4) ยังส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีการปนเปื้อนเชื้อรา 43.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าเมล็ดที่คลุกเชื้อด้วยสารละลายสปอร์ (18.50 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่คลุกเชื้อ (0.50 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.5) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าการฉายรังสีสามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อราได้โดยมีผลทำให้การเจริญและพัฒนาของเส้นใยของเชื้อราลดลง เช่นเดียวกับการฉายรังสีแกมมา 2-3 กิโลเกรย์ สามารถลดการเข้าทำลายของเชื้อรา *Aspergillus* sp. และ *Alternaria* sp. ที่ปนเปื้อนในเมล็ดข้าวเมื่อเก็บรักษา 12 เดือน (Maity et al., 2009) ขณะที่ การคลุกเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราทั้งฉายรังสีและไม่ฉายรังสีพบการปนเปื้อนเชื้อราสูงกว่าชุดทดลองอื่น

อาจเป็นไปได้ว่าเมล็ดคอบเป็นแหล่งอาหารให้เชื้อเจริญและสร้างสปอร์อย่างรวดเร็ว เมื่อนำเมล็ดไปฉายรังสีแกมมาพบว่า สามารถควบคุมและชะลอการเจริญของเชื้อราได้ โดยอาจมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม คือทำให้ทั้งสปอร์และเส้นใยของเชื้อราเจริญเติบโตผิดปกติ หรือช้ากว่าปกติ เนื่องจากรังสีแกมมามีผลต่อ DNA รวมถึงการเสื่อมสภาพของโปรตีน และอาจทำให้บางเซลล์ไม่สามารถซ่อมแซมตัวเองได้ เซลล์อาจตายหรือเกิดการกลายพันธุ์ ส่วนผลทางอ้อมคือก่อให้เกิดการแตกตัวของน้ำได้ออนุมูลอิสระ (free radical) โดยเฉพาะ hydroxyl radical (OH[•]) ก่อให้เกิดความเสียหายของเซลล์ซึ่งมีน้ำเป็นองค์ประกอบมาก (สุชาดา วรกิจ, 2527 ใน ทักษอร บุญชู, 2547) และมีผลต่อ DNA โดยจะเคลื่อนย้าย H-atom จากน้ำตาล deoxyribose และ base ของสาย DNA (Lado และ Yousef, 2002; WHO, 1999 ใน ทักษอร บุญชู, 2547) เกิดการชนกันของโมเลกุลที่สำคัญหรือการชนส่วนที่มีความไวของเซลล์ ทำให้น้ำที่ของเซลล์เสียไป (Foegding และ Busta, 1981 ใน ทักษอร บุญชู, 2547) จึงส่งผลกระทบต่อความสามารถในการงอกของ germ tube ทำให้สปอร์งอกช้าลงหรือไม่งอกเลย

ตารางที่ 4.5 การปนเปื้อนเชื้อราของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีปริมาณ 3 กิโลเกรย์

สิ่งทดลอง	การปนเปื้อนเชื้อของเมล็ดพันธุ์	
	ก่อนการคลุกเชื้อ	ภายหลังการฉายรังสี 1 เดือน
T1=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ไม่คลุกเชื้อ+ไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม)	36.00	37.25c
T2=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ไม่คลุกเชื้อ+ฉายรังสี	36.00	0.50e
T3=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+เมล็ดคอบที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ไม่ฉายรังสี	36.00	60.75a
T4=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+เมล็ดคอบที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ฉายรังสี	36.00	43.00bc
T5=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+สารละลายสปอร์+ไม่ฉายรังสี	36.00	48.00b
T6=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+สารละลายสปอร์+ฉายรังสี	36.00	18.50d
F-test	¹	**
C.V. (%)	0.00	11.69

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เขียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

¹ เป็นค่าเริ่มต้นในการเก็บรักษา

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

4.2.1.1.3 ความงอกของเมล็ด

ความงอกเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่นำมาทดลองคือ 94 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำเมล็ดมาปลูกเชื้อแล้วฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 กิโลเกรย์ เก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือนแล้วนำมาทดสอบพบว่า วิธีการปลูกเชื้อและการฉายรังสีมีผลทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.6) โดยการปลูกเชื้อราด้วยสารละลายสปอร์แต่ไม่ฉายรังสี (T5) ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอก 92 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับเมล็ดชุดควบคุม (T1) (94 เปอร์เซ็นต์) และสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราแต่ไม่ฉายรังสี (T3) (49 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่การฉายรังสีมีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อทั้ง 2 วิธีมีความงอกแตกต่างกันและต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ปลูกเชื้อแต่ฉายรังสี (T2) (41 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมล็ดที่ปลูกเชื้อด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา (T4) มีความงอก 7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อด้วยสารละลายสปอร์ (T6) (29.50 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สาเหตุที่เมล็ดพันธุ์มีความงอกลดลงอาจมีผลมาจากการเข้าทำลายของเชื้อราที่ทำการปลูกเชื้อ โดยพบว่า เมล็ดที่คลุกด้วยสารละลายสปอร์ยังคงมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่คลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา เนื่องจากการปลูกเชื้อราด้วยวิธีดังกล่าวทำให้เชื้ออยู่ที่ผิวเมล็ดการเข้าทำลายจึงช้ากว่า ส่วนการคลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรานั้น เชื้อรา ยังคงสามารถใช้แหล่งอาหารจากเมล็ดที่บดจึงทำให้มีการเจริญของเชื้อราและสามารถเข้าทำลายเมล็ดถั่วเขียวอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ความงอกลดลง เมื่อเปรียบเทียบการฉายและไม่ฉายรังสีพบว่าเมล็ดที่ฉายรังสีทำให้เมล็ดมีความงอก (ต้นปกติ) ลดลง และพบจำนวนต้นกล้าผิดปกติเพิ่มขึ้น ดังนั้นการฉายรังสีมีผลต่อส่วนสำคัญสำหรับการงอกของเมล็ด เช่น ต้นอ่อน หรือส่วนสะสมอาหาร ส่งผลให้เมล็ดมีความงอกลดลง สัมพันธ์กับการฉายรังสีแกมมา 10-50 kR ทำให้ต้นอ่อน (embryo) ของเมล็ดถั่วฝักยาว (long bean) (*Vigna sesquipedalis*, Fruw.) ได้รับความเสียหาย ซึ่งมีผลต่อความอยู่รอดของต้นกล้า การเจริญเติบโต และให้ผลผลิตลดลง (Mak et al., 1986)

ตารางที่ 4.6 ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีปริมาณ 3 กิโลเกรย์

สิ่งทดลอง	ความงอก (เปอร์เซ็นต์)	
	ก่อนการคลุกเชื้อ	ภายหลังการฉายรังสี 1 เดือน
T1=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ไม่คลุกเชื้อ+ไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม)	94.00	94.00a
T2=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ไม่คลุกเชื้อ+ฉายรังสี	94.00	41.00c
T3=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+เมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ไม่ฉายรังสี	94.00	49.00b
T4=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+เมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ฉายรังสี	94.00	7.00e
T5=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+สารละลายสปอร์+ไม่ฉายรังสี	94.00	92.00a
T6=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+สารละลายสปอร์+ฉายรังสี	94.00	29.50d
F-test	- ¹	**
C.V. (%)	0.00	9.54

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เขียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

¹ เป็นค่าเริ่มต้นในการเก็บรักษา

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

4.2.1.1.4 ดัชนีความงอกของเมล็ด

ดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่นำมาทดลองมีค่าเท่ากับ 5.75 หลังจากปลูกเชื้อราแล้วนำไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 กิโลเกรย์ เก็บรักษานาน 1 เดือน เมื่อทำการทดสอบพบว่า เมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อทั้ง 2 วิธีแต่ไม่ฉายรังสี (T3 และ T5) ไม่มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ที่มีค่าดัชนีความงอก (5.43-5.59) แตกต่างจากเมล็ดชุดควบคุม (T1) (5.79) ขณะที่การฉายรังสีทำให้เมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อทั้ง 2 วิธี (T4 และ T6) และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ปลูกเชื้อ (T2) มีค่าดัชนีความงอกไม่แตกต่างกัน (3.45-3.61) อย่างไรก็ตามการฉายรังสีทำให้เมล็ดพันธุ์มีค่าดัชนีความงอกลดลงและต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าดัชนีความงอกมีการเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับการงอกของเมล็ดพันธุ์ (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 คำนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีปริมาณ 3 กิโลเกรย์

สิ่งทดลอง	ดัชนีความงอก	
	ก่อนการคลุกเชื้อ	ภายหลังการฉายรังสี 1 เดือน
T1=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ไม่คลุกเชื้อ+ไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม)	5.75	5.79a
T2=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ไม่คลุกเชื้อ+ฉายรังสี	5.75	3.61c
T3=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+เมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ไม่ฉายรังสี	5.75	5.59a
T4=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+เมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ฉายรังสี	5.75	3.51c
T5=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+สารละลายสปอร์+ไม่ฉายรังสี	5.75	5.43ab
T6=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+สารละลายสปอร์+ฉายรังสี	5.75	3.45c
F-test	- ¹	**
C.V. (%)	0.00	41.23

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เขียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

¹ เป็นค่าเริ่มต้นในการเก็บรักษา

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

4.2.1.1.5 กิจกรรมไลเปส

เมล็ดถั่วเขียวที่นำมาทดลองมีกิจกรรมไลเปสเริ่มต้นที่ 0.44 unit/mg protein ภายหลังการปลูกเชื้อราแล้วนำไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 กิโลเกรย์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือนแล้วนำมาทดสอบพบว่า การปลูกเชื้อราทั้ง 2 วิธีและการฉายรังสีมีผลทำให้เมล็ดพันธุ์มีกิจกรรมไลเปสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยวิธีการคลุกเชื้อด้วยสารละลายสปอร์ทั้งฉายรังสี (0.33 unit/mg protein) และไม่ฉายรังสี (0.22 unit/mg protein) มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์มีกิจกรรมไลเปส ลดลงจากค่าเริ่มต้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งวิธีการดังกล่าวทำให้เมล็ดมีกิจกรรมไลเปสต่ำกว่าเมล็ดที่ปลูกเชื้อด้วยเมล็ดบดปนเปื้อนเชื้อราและเมล็ดที่ไม่คลุกเชื้อทั้งที่ฉายและไม่ฉายรังสี (0.45-0.50 unit/mg protein) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 กิจกรรมไลเปสของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีปริมาณ 3 กิโลเกรย์

สิ่งทดลอง	กิจกรรมไลเปส (unit/mg protein)	
	ก่อนการคลุกเชื้อ	ภายหลังการฉายรังสี 1 เดือน
T1=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ไม่คลุกเชื้อ+ไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม)	0.44	0.50a
T2=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ไม่คลุกเชื้อ+ฉายรังสี	0.44	0.45a
T3=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+เมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ไม่ฉายรังสี	0.44	0.47a
T4=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+เมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ฉายรังสี	0.44	0.47a
T5=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+สารละลายสปอร์+ไม่ฉายรังสี	0.44	0.22c
T6=เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว+สารละลายสปอร์+ฉายรังสี	0.44	0.33b
F-test	- ¹	**
C.V. (%)	0.00	15.11

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เขียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

¹ เป็นค่าเริ่มต้นในการเก็บรักษา

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

4.2.1.2 ถั่วเหลือง

4.2.1.2.1 ความชื้น

เมล็ดถั่วเหลือง (ความชื้น 11.14 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 4.9) ที่ไม่ปลูกเชื้อและไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม) (T1) เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ปลูกเชื้อและฉายรังสี (T2) และปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกเมล็ดถั่วเหลืองบดที่ปนเปื้อนเชื้อราและสารละลายสปอร์แต่ไม่ฉายและฉายรังสีเกมมาในปริมาณ 3 กิโลเกรย์ (T3 T4 T5 และ T6) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 1 เดือน พบว่า ความชื้นของเมล็ดทุกพริทเมนต์มีค่าความชื้นลดลงเล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 10.77-11.29 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการปลูกเชื้อด้วยวิธีที่แตกต่างกันและการฉายรังสีไม่มีผลต่อความชื้นของเมล็ดถั่วเหลือง โดยทั่วไปการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองนั้นความชื้นควรต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ (Toole , 1946)

ตารางที่ 4.9 ความชื้นของเมล็ดถั่วเหลืองที่ปลูกเชื้อรา *Rhizopus* sp. และฉายรังสีปริมาณ 3 กิโลเกรย์

สิ่งทดลอง	ความชื้น (%)	
	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (เดือน)	
	ก่อนการคลุกเชื้อ	ภายหลังการฉายรังสี 1 เดือน
T1=เมล็ดพันธุ์ข้าว ไม่คลุกเชื้อ+ไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม)	11.14	11.03a
T2=เมล็ดพันธุ์ข้าว ไม่คลุกเชื้อ+ฉายรังสี	11.14	11.29a
T3=เมล็ดพันธุ์ข้าว+เมล็ดคั่วที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ไม่ฉายรังสี	11.14	10.38c
T4=เมล็ดพันธุ์ข้าว+เมล็ดคั่วที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ฉายรังสี	11.14	10.93b
T5=เมล็ดพันธุ์ข้าว+สารละลายสปอร์+ไม่ฉายรังสี	11.14	10.77bc
T6=เมล็ดพันธุ์ข้าว+สารละลายสปอร์+ฉายรังสี	11.14	11.28a
F-test	- ¹	*
C.V. (%)	0.00	4.20

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เขียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

¹ เป็นค่าเริ่มต้นในการเก็บรักษา

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.2.1.2.2 การปนเปื้อนเชื้อรา

เมล็ดถั่วเหลืองก่อนทำการทดลองมีเชื้อราปนเปื้อน 45.00 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.10) ซึ่งเป็นปริมาณค่อนข้างสูง แสดงว่าเมล็ดที่นำมาทดลองอาจจะเก็บรักษาไว้นานแล้ว หรือขั้นตอนการทำความสะอาดไม่ดี ประกอบกับ ความชื้นประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์เป็นความชื้นของเมล็ดที่ค่อนข้างสูง สำหรับเมล็ดที่มีปริมาณน้ำมันสูง เมื่อนำเมล็ดมาปลูกเชื้อ 2 วิธีก่อนนำฉายรังสีแกมมา (T4 และ T6) และไม่ฉายรังสี (T3 และ T5) และไม่ปลูกเชื้อแต่ฉายรังสี (T2) เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (T1) พบว่าหลังจากเก็บรักษาไปนาน 1 เดือน ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อราของเมล็ดแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.10) โดยชุดควบคุม (T1) การปนเปื้อนเชื้อราเพิ่มขึ้นสูงที่สุดซึ่งมากกว่าทริทเมนต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ทริทเมนต์อื่น (T2 T4 T5 และ T6) มีการปนเปื้อนเชื้อราที่ลดลง ยกเว้นเมล็ดที่ปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกเมล็ดถั่วเหลืองบดที่ปนเปื้อนเชื้อราแต่ไม่ฉายรังสี (T3) ที่มีการปนเปื้อนเชื้อราใกล้เคียงกับปริมาณเชื้อราเริ่มต้น (46.00 เปอร์เซ็นต์) จากการทดลองพบว่าการปลูกเชื้อด้วยสารละลายสปอร์ก่อนนำไปฉายรังสีทำให้การปนเปื้อนเชื้อราลดลง ดังนั้น วิธีการปลูกเชื้อที่ดีคือ การที่ปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกเมล็ดถั่วเหลืองบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา และพบว่าการฉายรังสีที่ 3 กิโลเกรย์ทำให้ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อราลดลงเล็กน้อย (ลดลงประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์)

ตารางที่ 4.10 การปนเปื้อนเชื้อราของเมล็ดถั่วเหลืองที่ปลูกเชื้อรา *Rhizopus* sp. และฉายรังสีปริมาณ 3 กิโลเกรย์

สิ่งทดลอง	การปนเปื้อนเชื้อรา (%)	
	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (เดือน)	
	ก่อนการคลุกเชื้อ	ภายหลังการฉายรังสี 1 เดือน
T1=เมล็ดพันธุ์ข้าว ไม่คลุกเชื้อ+ไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม)	45.00	51.75a
T2=เมล็ดพันธุ์ข้าว ไม่คลุกเชื้อ+ฉายรังสี	45.00	36.00c
T3=เมล็ดพันธุ์ข้าว+เมล็ดคั่วที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ไม่ฉายรังสี	45.00	46.00b
T4=เมล็ดพันธุ์ข้าว+เมล็ดคั่วที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ฉายรังสี	45.00	32.25c
T5=เมล็ดพันธุ์ข้าว+สารละลายสปอร์+ไม่ฉายรังสี	45.00	34.00c
T6=เมล็ดพันธุ์ข้าว+สารละลายสปอร์+ฉายรังสี	45.00	18.50d
F-test	- ¹	**
C.V. (%)	0.00	8.98

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เขียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

¹ เป็นค่าเริ่มต้นในการเก็บรักษา

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

4.2.1.2.5 กิจกรรมไลเปส

กิจกรรมไลเปสของเมล็ดถั่วเหลืองมีค่าเริ่มต้น 0.35 unit/ mg protein ภายหลังจากการปลูกเชื้อฉายรังสีแกมมาและเก็บรักษาไว้ 1 เดือน พบว่า เมล็ดถั่วเหลืองที่ปลูกเชื้อทั้งที่ฉายและไม่ฉายรังสี (T3-T6) มีกิจกรรมไลเปสเพิ่มขึ้นมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญกับเมล็ดที่ไม่ปลูกเชื้อทั้งที่ฉายและไม่ฉายรังสี (T1-T2) ซึ่งมิต่ำลดลงกว่าค่าเริ่มต้น (ตารางที่ 4.11) แสดงว่าการปลูกเชื้อมีผลทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นส่วนการฉายรังสีรวมกับการปลูกเชื้อมีผลทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันเมื่อทำการเก็บรักษาไปแล้วเป็นระยะเวลา 1 เดือน

ตารางที่ 4.11 กิจกรรมไลเปสของเมล็ดถั่วเหลืองที่ปลูกเชื้อรา *Rhizopus* sp. และฉายรังสีปริมาณ 3 กิโลเกรย์

สิ่งทดลอง	กิจกรรมไลเปส (unit/mg protein)	
	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (เดือน)	
	ก่อนการคลุกเชื้อ	ภายหลังการฉายรังสี 1 เดือน
T1=เมล็ดถั่วเหลือง ไม่คลุกเชื้อ+ไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม)	0.35	0.26d
T2=เมล็ดถั่วเหลือง ไม่คลุกเชื้อ+ฉายรังสี	0.35	0.24d
T3=เมล็ดถั่วเหลือง+เมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ไม่ฉายรังสี	0.35	0.44b
T4=เมล็ดถั่วเหลือง+เมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ฉายรังสี	0.35	0.47b
T5=เมล็ดถั่วเหลือง+สารละลายสปอร์+ไม่ฉายรังสี	0.35	0.58a
T6=เมล็ดถั่วเหลือง+สารละลายสปอร์+ฉายรังสี	0.35	0.36c
F-test	¹	**
C.V. (%)	0.00	10.39

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เขียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

¹ เป็นค่าเริ่มต้นในการเก็บรักษา

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

4.2.1.3 ถั่วลิสง

4.2.1.3.1 ความชื้น

เมล็ดถั่วลิสงที่นำมาทดลองมีความชื้นเริ่มต้น 7.98 เปอร์เซ็นต์ หลังจากปลูกเชื้อด้วยวิธีการต่างกัน คือ การคลุกด้วยเมล็ดถั่วลิสงบดที่ปนเปื้อนเชื้อราและสารละลายสปอร์ของเชื้อรานำไปฉายรังสีแกมมาในปริมาณ 3 กิโลเกรย์ แล้วนำมาตรวจสอบหลังจากเก็บรักษา 1 เดือน พบว่า การปลูกเชื้อทั้ง 2 วิธี และการฉายรังสีแกมมาทำให้ความชื้นของเมล็ดถั่วลิสงเพิ่มขึ้นจากความชื้นเริ่มต้น (ตารางที่ 4.12) คือมีค่าอยู่ระหว่าง 9.89-10.39 เปอร์เซ็นต์ โดยเมล็ดที่คลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราทั้งฉายรังสี (T4) และไม่ฉายรังสี (T3) มีความชื้น 9.90 และ 9.89 เปอร์เซ็นต์ต่ำกว่าเมล็ดชุดควบคุม (T1) (10.12 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ดที่คลุกสารละลายสปอร์ทั้งฉายรังสี (T6) และไม่ฉายรังสี (T5) (10.02 และ 10.04 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตามค่าความชื้นของเมล็ดถั่วลิสงทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มขึ้นของความชื้นไม่เกี่ยวข้องกับวิธีการปลูกเชื้อและการฉายรังสีแกมมา แต่ความชื้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์เป็นความชื้นที่สูงกว่ามาตรฐานสินค้าเกษตรกำหนดให้เมล็ดถั่วลิสงมีความชื้นไม่เกิน 9 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ 4900-2553) และน่าจะเสื่อมสภาพเร็ว

ตารางที่ 4.12 ความชื้นของเมล็ดถั่วลิสงที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีปริมาณ 3 กิโลเกรย์

สิ่งทดลอง	ความชื้น (%)	
	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (เดือน)	
	ก่อนการคลุกเชื้อ	ภายหลังการฉายรังสี 1 เดือน
T1=เมล็ดถั่วเหลือง ไม่คลุกเชื้อ+ไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม)	7.98	10.12
T2=เมล็ดถั่วเหลือง ไม่คลุกเชื้อ+ฉายรังสี	7.98	10.39
T3=เมล็ดถั่วเหลือง+เมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ไม่ฉายรังสี	7.98	9.89
T4=เมล็ดถั่วเหลือง+เมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ฉายรังสี	7.98	9.90
T5=เมล็ดถั่วเหลือง+สารละลายสปอร์+ไม่ฉายรังสี	7.98	10.04
T6=เมล็ดถั่วเหลือง+สารละลายสปอร์+ฉายรังสี	7.98	10.02
F-test	- ¹	ns
C.V. (%)	0.00	5.22

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เขียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

¹ เป็นค่าเริ่มต้นในการเก็บรักษา

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4.2.1.3.2 การปนเปื้อนเชื้อรา

ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อราเริ่มต้นของเมล็ดถั่วลิสงที่นำมาใช้ในการทดลองนี้คือ 34.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการปลูกเชื้อและการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 กิโลเกรย์ ทำให้การปนเปื้อนของเชื้อราเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อนำมาทดสอบภายหลังจาก 1 เดือน พบว่าปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อราเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 34.50-56.75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเริ่มต้น ยกเว้นเมล็ดถั่วลิสงคลุกสารละลายสปอร์แล้วนำไปฉายรังสีแกมมา (T6) มีปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อราลดลงและมีค่าน้อยที่สุดคือ 13.25 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามพบว่า วิธีการปลูกเชื้อทั้ง 2 วิธี (T3 และ T4) มีปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อราไม่แตกต่างกัน แต่การฉายรังสีแกมมาส่งผลให้ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อราลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดถั่วลิสงที่ไม่ได้ฉายรังสีแต่ปลูกเชื้อด้วยวิธีการเดียวกัน โดยเฉพาะเมล็ดถั่วลิสงคลุกสารละลายสปอร์แล้วนำไปฉายรังสีแกมมา (T6) มีปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อราลดลงมากคือ 13.25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดถั่วลิสงคลุกสารละลายสปอร์ที่ไม่ฉายรังสีแกมมา (T5) มีปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อราเท่ากับ 53.50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.13) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการฉายรังสีแกมมาสามารถลดปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อราในเมล็ดถั่วลิสงได้ เนื่องจากการฉายรังสีแกมมาสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hilmy และคณะ 1995 พบว่าการฉายรังสีแกมมา 3-5 kGy สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *A. flavus* ในถั่วลิสงได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังพบว่าการฉายรังสีแกมมาที่ 2.5 kGy สามารถลดจำนวนประชากรของเชื้อราที่บริเวณเมล็ดของถั่วลิสงได้ (Chiou, 1994) การฉายรังสีส่งผลโดยตรงต่อเชื้อราโดยทำให้ DNA helix ผิดรูปร่างส่งผลต่อการจำลองตัวของ DNA ยับยั้งการแบ่งเซลล์ และทำให้โปรตีนเกิดความเสียหาย(Bintsis และคณะ, 2000)

ตารางที่ 4.13 การปนเปื้อนเชื้อราของเมล็ดถั่วลิสงที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีปริมาณ 3 กิโลเกรย์

สิ่งทดลอง	ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อรา (%)	
	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (เดือน)	
	0	1
T1=เมล็ดถั่วลิสงไม่คลุกเชื้อ+ไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม 1)	34.00	41.25b
T2=เมล็ดถั่วลิสงไม่คลุกเชื้อ+ฉายรังสี (ชุดควบคุม 2)	34.00	34.50c
T3=เมล็ดถั่วลิสง+เมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ไม่ฉายรังสี	34.00	56.75a
T4=เมล็ดถั่วลิสง+เมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ฉายรังสี	34.00	42.75b
T5=เมล็ดถั่วลิสง+สารละลายสปอร์+ไม่ฉายรังสี	34.00	53.50a
T6=เมล็ดถั่วลิสง+สารละลายสปอร์+ฉายรังสี	34.00	13.25d
F-test	- ¹	**
C.V. (%)	0.00	6.56

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เขียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

¹ เป็นค่าเริ่มต้นในการเก็บรักษา

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

4.2.1.3.5 กิจกรรมไลเปส

เมล็ดถั่วลิสงที่นำมาทดลองมีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสเพิ่มขึ้นทุกชุดการทดลองหลังจากฉายรังสีแกมมาในปริมาณ 3 กิโลเกรย์ แล้วทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 เดือน มีค่าอยู่ในช่วง 0.45-0.72 unit/ mg protein (ตารางที่ 4.14) ยกเว้นเมล็ดถั่วลิสงไม่คลุกเชื้อแล้วนำไปฉายรังสีแกมมา (T2) มีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสลดลงคือ 0.40 unit/ mg protein เมื่อเปรียบเทียบกับค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสเริ่มต้นคือ 0.42 unit/ mg protein โดยเมล็ดถั่วลิสงที่คลุกด้วยสารละลายสปอร์ไม่ฉายรังสีแกมมา (T5) มีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสสูงสุดคือ 0.72 unit/ mg protein เนื่องจากการเจริญของเชื้อราจากสารละลายสปอร์ที่คลุกเมล็ด เมื่อเชื้อราดังกล่าวสร้างเอนไซม์ไลเปสเพื่อย่อยสลายไขมันในเมล็ดถั่วลิสง รองลงมาคือ เมล็ดถั่วลิสงบดที่ปนเปื้อนเชื้อราไม่ฉายรังสีแกมมา (T3) มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสเท่ากับ 0.56 unit/ mg protein นอกจากนี้ เมล็ดถั่วลิสงที่นำไปฉายรังสีแกมมาทุกชุดการทดลอง (T2, T4, T6) มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสค่อนข้างคงที่ แสดงให้เห็นว่าการฉายรังสีแกมมาสามารถช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสได้ ทั้งนี้จะมีสาเหตุเนื่องจาก การฉายรังสียับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในเมล็ดถั่วลิสง ปริมาณเอนไซม์ไลเปสที่เชื้อราสร้างขึ้นจึงน้อยลงไปด้วย

ตารางที่ 4.14 กิจกรรมไลเปสของเมล็ดถั่วลิสงที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีปริมาณ 3 กิโลเกรย์

สิ่งทดลอง	กิจกรรมไลเปส (unit/mg protein)	
	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (เดือน)	
	0	1
T1=เมล็ดถั่วลิสงไม่คลุกเชื้อ+ไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม 1)	0.42	0.45bc
T2=เมล็ดถั่วลิสงไม่คลุกเชื้อ+ฉายรังสี (ชุดควบคุม 2)	0.42	0.40c
T3=เมล็ดถั่วลิสง+เมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ไม่ฉายรังสี	0.42	0.56b
T4=เมล็ดถั่วลิสง+เมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา+ฉายรังสี	0.42	0.48bc
T5=เมล็ดถั่วลิสง+สารละลายสปอร์+ไม่ฉายรังสี	0.42	0.72a
T6=เมล็ดถั่วลิสง+สารละลายสปอร์+ฉายรังสี	0.42	0.46bc
F-test	- ¹	**
C.V. (%)	0.00	14.04

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เขียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

¹ เป็นค่าเริ่มต้นในการเก็บรักษา

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

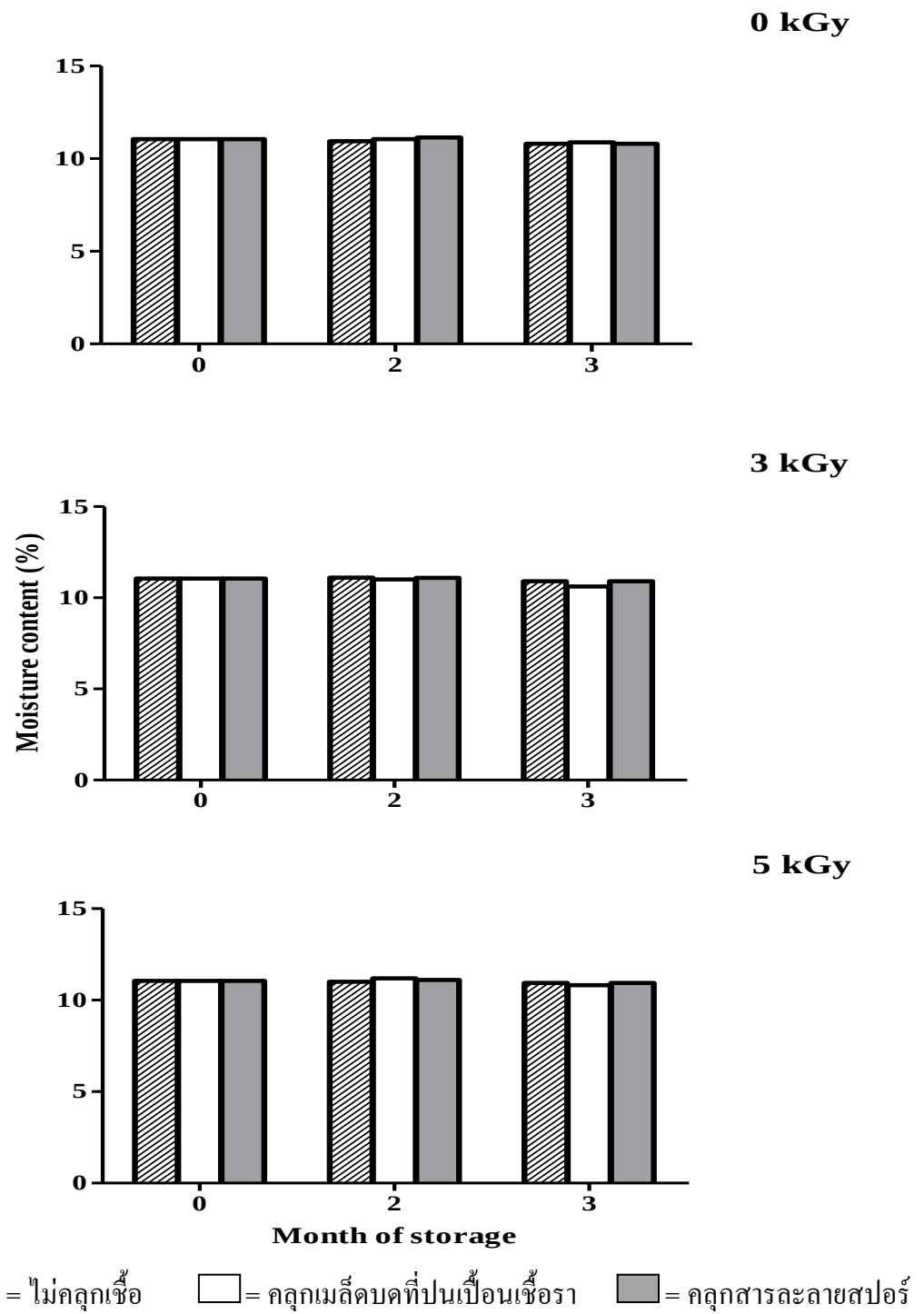
4.2.2 การทดลองที่ 2.2 ผลของวิธีการปลูกสปอร์เชื้อรา 2 วิธี และปริมาณรังสีแกมมาต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์และเมล็ดพืชอาหาร 4 ชนิด ในระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ข้าว และถั่วเขียว และเมล็ดพืชอาหาร เช่น ถั่วเหลือง และถั่วลิสง มาปลูกเชื้อด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี นำไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0 3 และ 5 กิโลเกรย์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) โดยกลุ่มตัวอย่างเมล็ดมาทำการตรวจสอบการเข้าทำลายของ เชื้อรา และคุณภาพของเมล็ดทุกเดือน เป็นระยะเวลา 3 เดือน ตามรายละเอียดการทดลองดังนี้

4.2.2.1 ถั่วเขียว

4.2.2.1.1 ความชื้น

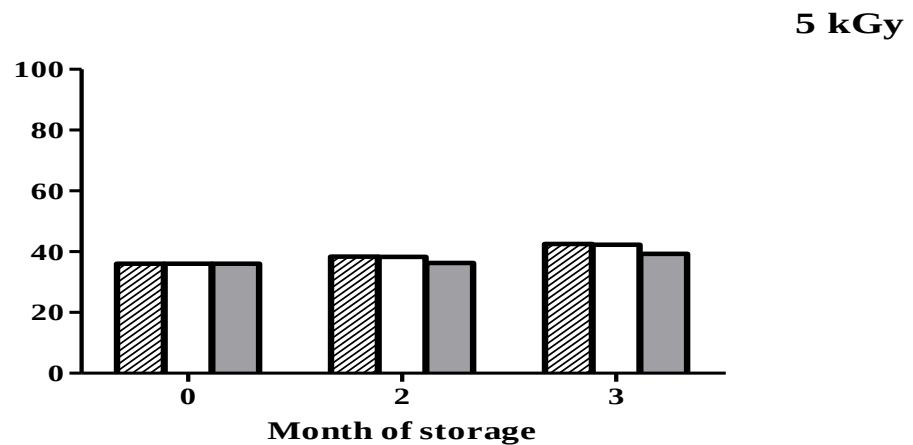
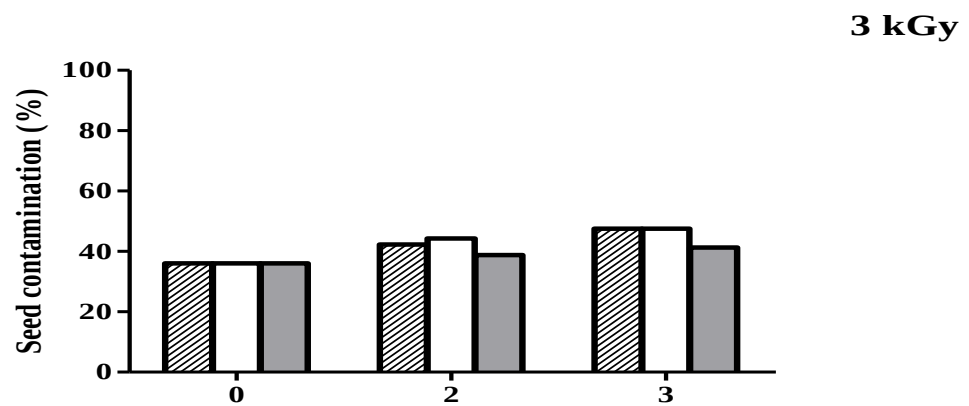
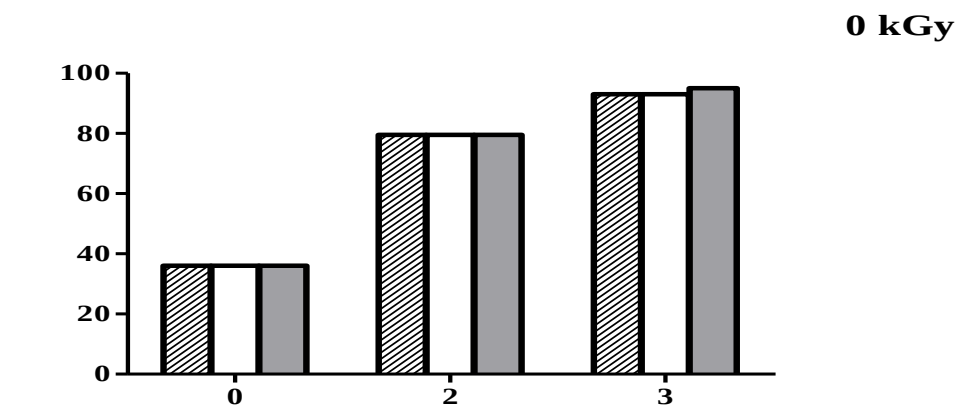
เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่นำมาทดลองมีความชื้นเริ่มต้น 11.06 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาปลูกเชื้อด้วยวิธีการที่ต่างกัน คือ คลุกด้วยเมล็ดถั่วเขียวบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา *A. niger* และสารละลายสปอร์ แล้วนำไปฉายรังสีแกมมาในปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ และไม่ฉายรังสี เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าวิธีการปลูกเชื้อราและปริมาณรังสีแกมมาไม่มีผลต่อความชื้นเมล็ดตลอดอายุการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดชุดควบคุม (ตารางภาคผนวกที่ 1 รูปที่ 4.4) โดยความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวมีค่าระหว่าง 10.62-11.20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวมีลักษณะผิวเรียบและมันไม่ทำให้ น้ำจากสารละลายสปอร์ซึมผ่านเปลือกได้ ดังนั้นจึงไม่มีผลต่อความชื้นและมีค่าใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น



รูปที่ 4.4 ปริมาณความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

4.2.2.2.2 การปนเปื้อนเชื้อรา

ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อราของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่นำมาทดลองคือ 36 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปฉายรังสีปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ โดยมีเมล็ดที่ไม่ฉายเป็นชุดควบคุม เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าการปลูกเชื้อทั้ง 2 วิธีทำให้เมล็ดมีการปนเปื้อนเชื้อราสูงขึ้น ส่วนการฉายรังสีสามารถลดปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อราเพิ่มขึ้นตามปริมาณของรังสี (ตารางภาคผนวกที่ 2) การปลูกเชื้อรา 2 วิธี (T4 และ T7) พบว่า ไม่มีผลทำให้ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อราแตกต่างกันตลอดอายุการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดชุดควบคุม (T1) (รูปที่ 4.5) ซึ่งมีระหว่าง 79.50-93.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาปริมาณรังสีเกมมาพบว่าสามารถควบคุมและลดการปนเปื้อนของเชื้อราได้มากขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น โดยรังสีปริมาณ 5 กิโลเกรย์สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อราในเมล็ดที่ไม่คลุกและคลุกเชื้อ (T3 T6 และ T9) ได้มากกว่า 3 กิโลเกรย์ (T2 T5 และ T8) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 4.5) เนื่องจากการฉายรังสีสามารถควบคุมและชะลอการเจริญของเชื้อราได้ (ทักษอร บุญชู, 2547) ซึ่งอาจมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม คือทำให้ทั้งสปอร์และเส้นใยของเชื้อราเจริญเติบโตผิดปกติหรือช้ากว่าปกติ เนื่องจากรังสีเกมมามีผลต่อ DNA รวมถึงการเสื่อมสภาพของโปรตีน และอาจทำให้บางเซลล์ไม่สามารถซ่อมแซมตัวเองได้เซลล์อาจตายหรือเกิดการกลายพันธุ์ ส่วนผลทางอ้อมคือก่อให้เกิดการแตกตัวของน้ำได้อนุมูลอิสระ (free radical) โดยเฉพาะ hydroxyl radical (OH[•]) ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์ของเชื้อราซึ่งมีน้ำเป็นองค์ประกอบมาก (สุชาดา วรกิจ, 2527 ใน ทักษอร บุญชู, 2547) และมีผลต่อ DNA โดยจะเคลื่อนย้าย H-atom จากน้ำตาล deoxyribose และ base ของสาย DNA (Lado และ Yousef, 2002; WHO, 1999 ใน ทักษอร บุญชู, 2547) เกิดการชนกันของโมเลกุลที่สำคัญหรือการชนส่วนที่มีความไวของเซลล์ ทำให้หน้าที่ของเซลล์เสียไป (Foegding และ Busta, 1981 ใน ทักษอร บุญชู, 2547) จึงส่งผลต่อความสามารถในการงอกของ germ tube ทำให้สปอร์งอกช้าลงหรือไม่งอกเลย



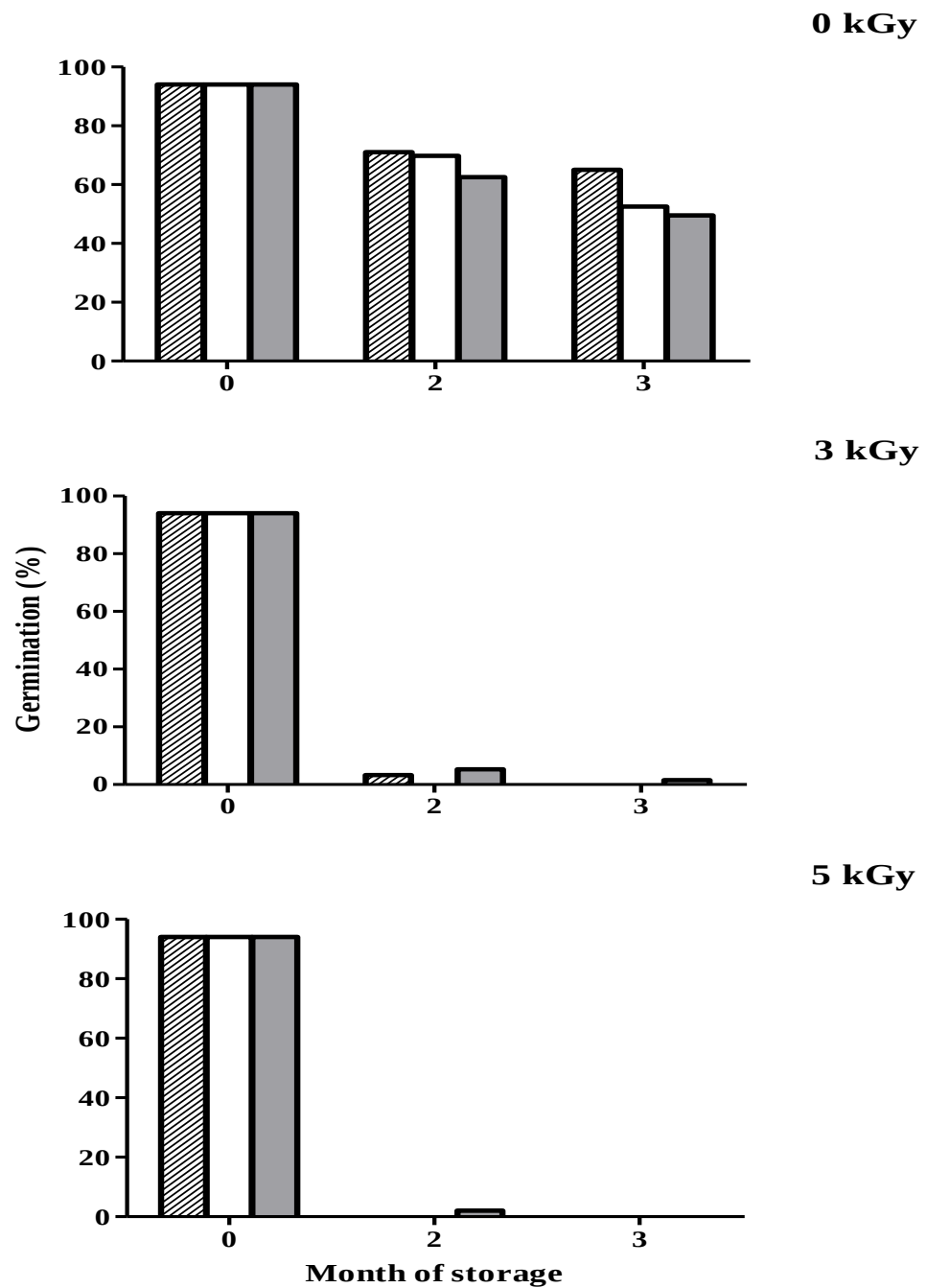
= ไม่คลุกเชื้อ
 = คลุกเมล็ดคั่วที่ปนเปื้อนเชื้อรา
 = คลุกสารละลายสปอร์

รูปที่ 4.5 ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อราของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีแกมมา ปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

4.2.2.2.3 ความงอก

เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวมีความงอกเริ่มต้น 94 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำเมล็ดมาปลูกเชื้อแล้วนำไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ และไม่ฉายรังสีโดยเมล็ดที่ไม่ฉายรังสีและไม่ปลูกเชื้อเป็นชุดควบคุม หลังจากนั้นนำมาเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือนพบว่า การปลูกเชื้อและการฉายรังสีทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา (รูปที่ 4.6 และตารางภาคผนวกที่ 3) การปลูกเชื้อทั้ง 2 วิธีทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกลดลงแตกต่างกัน กล่าวคือเมล็ดที่ปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกเมล็ดกับปูนเปือยเชื้อราทั้งที่ฉายและไม่ฉายรังสี (T4-T6) ทำให้ความงอกลดลงมากกว่าการคลุกเมล็ดด้วยสารละลายสปอร์ (T7-T9) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สำหรับผลของการฉายรังสีพบว่า ความงอกของเมล็ดลดลงตามปริมาณรังสีทั้งในเมล็ดที่ไม่ปลูกและปลูกเชื้อทั้ง 2 วิธี (รูปที่ 4.6) และจากการสังเกตยังพบว่า การฉายรังสียังทำให้ต้นกล้ามีความผิดปกติเพิ่มขึ้น เนื่องจากการฉายรังสีมีผลโดยตรงต่อโมเลกุล DNA ของเซลล์ที่เป็นส่วนสำคัญของเมล็ด เช่น ต้นอ่อน (ราก ใบและลำต้น) ตลอดจนส่วนสะสมอาหาร โดยอาจทำให้เกิดความเสียหายของ DNA สายเดี่ยว (single strand break) DNA สายคู่ (double strand break) หรือการเชื่อมต่อกันระหว่างโมเลกุลดีเอ็นเอ (DNA-DNA) และการเชื่อมต่อกันระหว่างดีเอ็นเอกับโปรตีน (DNA-protein crosslinks) (Ward, 1975 จินตนา บุญนาค, 2544) ส่งผลให้เมล็ดมีความงอกลดลง สัมพันธ์กับการฉายรังสีแกมมา 10-50 kR ทำให้ต้นอ่อน (embryo) ของเมล็ดถั่วฝักยาว (long bean) (*Vigna sesquipedalis*, Fruw.) ได้รับความเสียหาย ซึ่งมีผลต่อความอยู่รอดของต้นกล้า การเจริญเติบโต และทำให้ผลผลิตลดลง (Mak *et al.*, 1986) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า การฉายรังสีแกมมาปริมาณ 2-4 กิโลเกรย์ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว แต่เมื่อเพิ่มปริมาณรังสี 5-6 กิโลเกรย์ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกค่อยๆ ลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา 1 ปี (Maity *et al.*, 2009)

เมื่อพิจารณาผลรวมทั้ง 2 ปีจึงพบว่า การปลูกเชื้อด้วยวิธีการบดเมล็ดพันธุ์แล้วนำไปฉายรังสีตั้งแต่ 3 กิโลเกรย์ทำให้เมล็ดสูญเสียความงอกตั้งแต่เดือนที่ 2 ของการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวกที่ 3) อย่างไรก็ตามเมล็ดที่ปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดกับปูนเปือยเชื้อราและการคลุกด้วยสารละลายสปอร์ (T4 และ T7) มีความงอก 69.75 และ 62.50 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากเมล็ดในชุดควบคุม (T1) เมื่อเก็บรักษานาน 2 และในเดือนที่ 3 ความงอกของเมล็ดลดลงเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



= ไม่คลุกเชื้อ

 = คลุกเมล็ดคั่วที่ปนเปื้อนเชื้อรา

 = คลุกสารละลายสปอร์

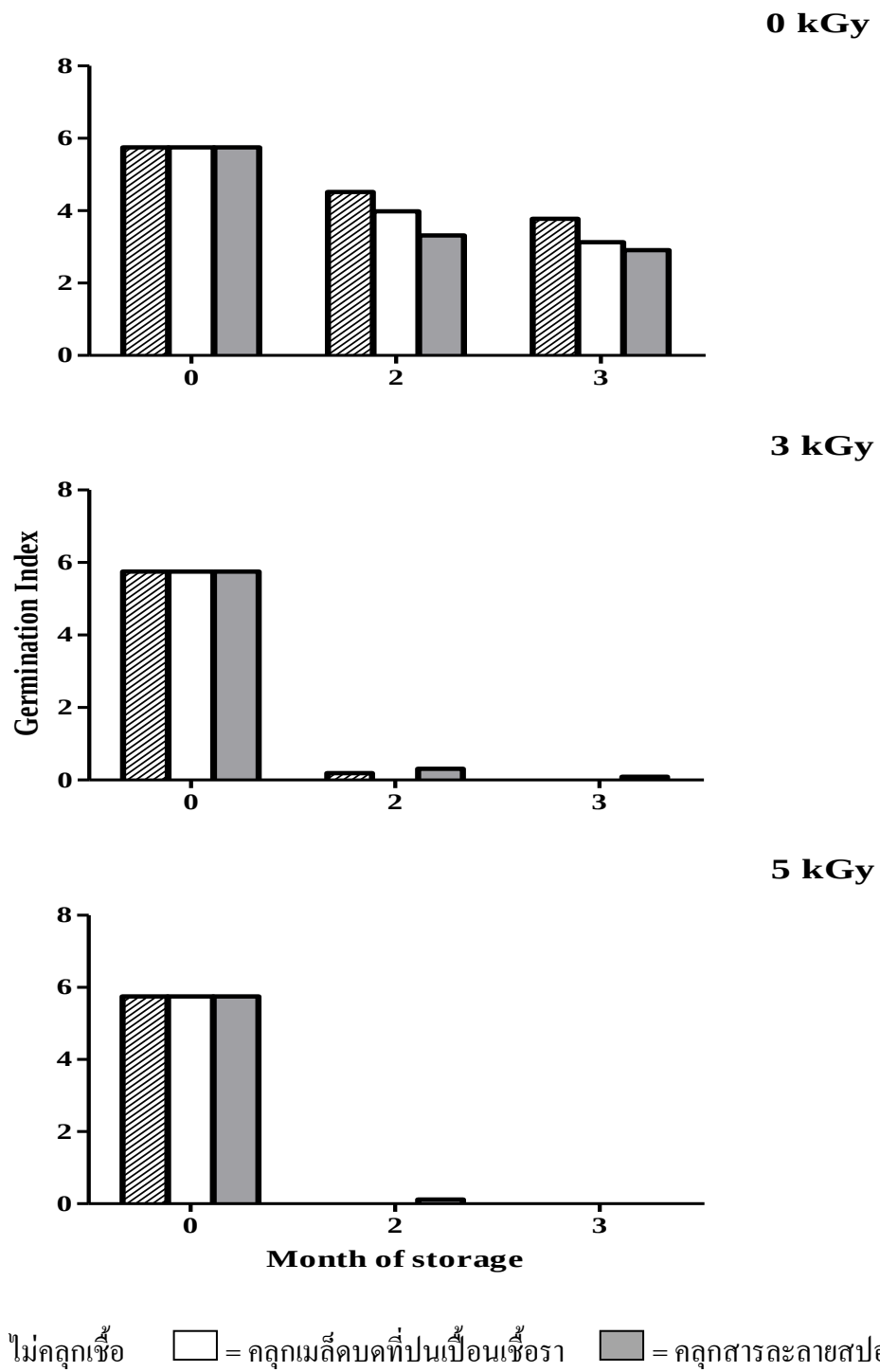
รูปที่ 4.6 เปรี่เซนต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

4.2.2.2.4 ดัชนีความงอก

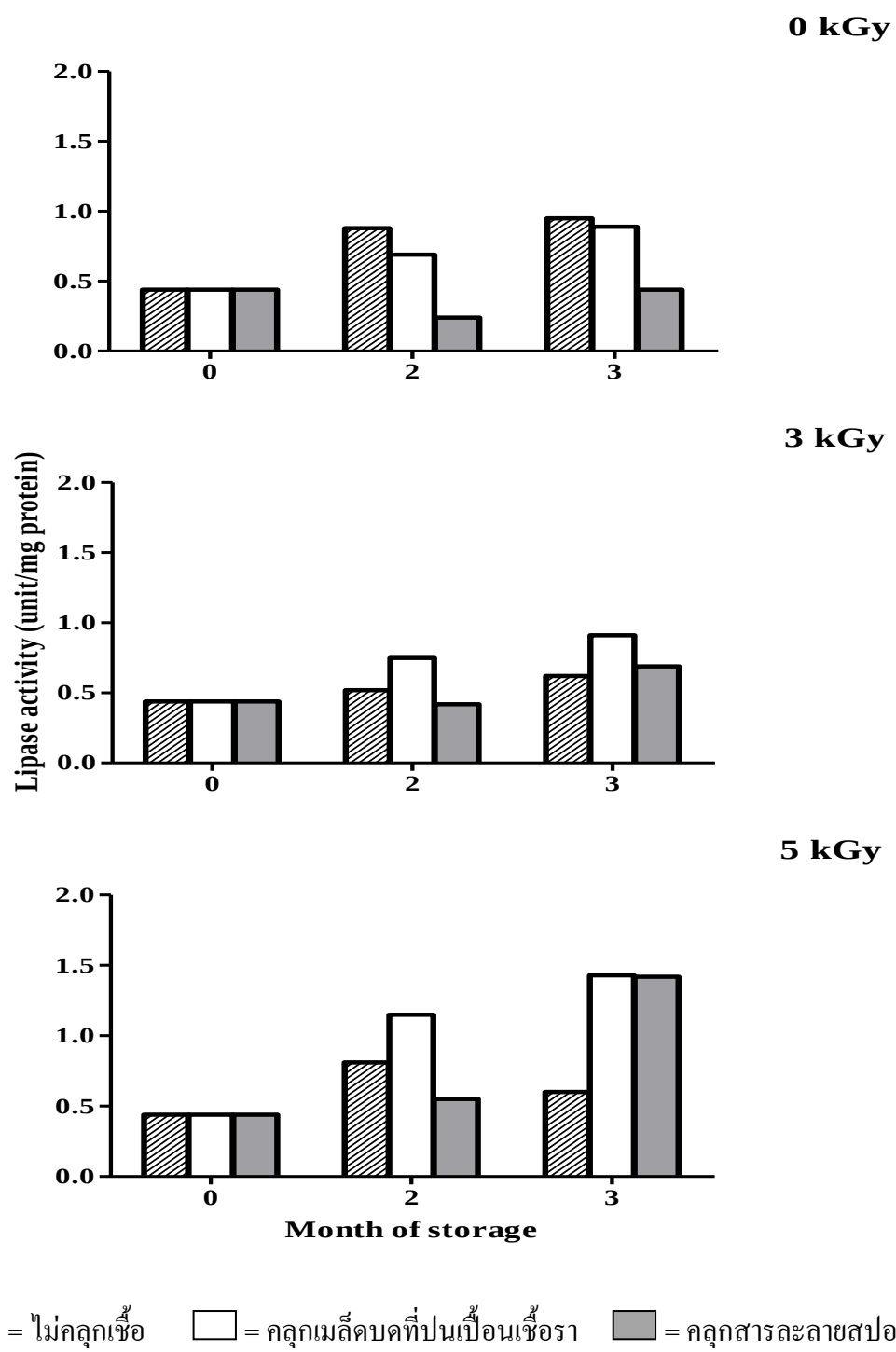
ดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวมีค่าเท่ากับ 5.75 หลังจากปลูกเชื้อราแล้วนำไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ ไม่ฉายรังสี เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าการปลูกเชื้อราและการฉายรังสีมีผลทำให้เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรง (ค่าดัชนีความงอก) ลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา (รูปที่ 4.7 ตารางภาคผนวกที่ 14) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ เมื่อพิจารณาวิธีการปลูกเชื้อทั้ง 2 วิธีทำให้เมล็ดพันธุ์มีค่าดัชนีความงอกลดลงแตกต่างกัน โดยการปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราที่ฉายรังสี (T5 และ T6) ทำให้ค่าดัชนีความงอกลดลงมากกว่าเมล็ดที่คลุกด้วยสารละลายสปอร์ (T8 และ T9) อย่างมีนัยสำคัญตลอดอายุการเก็บรักษา (รูปที่ 4.7) สำหรับผลของรังสีแกมมาพบว่าเมล็ดมีค่าดัชนีความงอกลดลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น โดยการฉายรังสีปริมาณ 3 กิโลเกรย์ ขึ้นไปมีผลทำให้เมล็ดที่คลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา มีค่าดัชนีความงอกเป็นศูนย์ ตั้งแต่เดือนที่ 2 ของการเก็บรักษา เนื่องจากเมล็ดสูญเสียความงอกทั้งหมด (รูปที่ 4.7) ขณะที่เมล็ดที่คลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา (T4) และสารละลายสปอร์ (T7) แต่ไม่ฉายรังสีมีค่าดัชนีความงอก 3.98 และ 3.32 ในเดือนที่ 2 และมีค่าลดลงมากขึ้นในเดือนที่ 3 ซึ่งเหลือเพียง 3.13 และ 2.91 และแตกต่างจากชุดควบคุม (T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 4) ดังนั้น การฉายรังสีแกมมาในปริมาณมากกว่า 3 กิโลเกรย์ ทำให้เมล็ดสูญเสียความแข็งแรงเนื่องจากเมล็ดตาย ส่วนวิธีการคลุกเมล็ดด้วยการบดเมล็ดที่ปนเปื้อนเชื้อราให้ประสิทธิภาพในการเข้าทำลายเมล็ดดีกว่าการใช้สารละลายสปอร์

4.2.2.2.5 กิจกรรมไลเปส

เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวมีกิจกรรมไลเปสเริ่มต้นเท่ากับ 0.44 unit/mg protein หลังจากการปลูกเชื้อราและฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ฉายรังสี เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าการปลูกเชื้อราและการฉายรังสีทำให้เมล็ดพันธุ์มีกิจกรรมไลเปสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตลอดอายุการเก็บรักษา (รูปที่ 4.8 และ ตารางภาคผนวกที่ 5) เมื่อพิจารณาวิธีการปลูกเชื้อรา 2 วิธีพบว่า การปลูกเชื้อราด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราทั้งฉายและไม่ฉายรังสี (T4-T6) ทำให้เมล็ดมีกิจกรรมไลเปสสูงกว่าการคลุกด้วยสารละลายสปอร์ (T7-T9) อย่างมีนัยสำคัญตลอดอายุการเก็บรักษาและปริมาณรังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.8) โดยเมล็ดพันธุ์ที่คลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราและสารละลายสปอร์แล้วฉายรังสีปริมาณ 5 กิโลเกรย์ (T6 และ T9) ทำให้เมล็ดมีกิจกรรมไลเปส 0.55-1.43 unit/mg protein สูงกว่าการฉายรังสีปริมาณ 3 กิโลเกรย์ (T5 และ T8) (0.42-0.91 unit/mg protein) ตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวกที่ 5) ส่วนผลรวมของ 2 ปัจจัยพบว่า ทำให้เมล็ดมีกิจกรรมไลเปสเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา



รูปที่ 4.7 คำนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

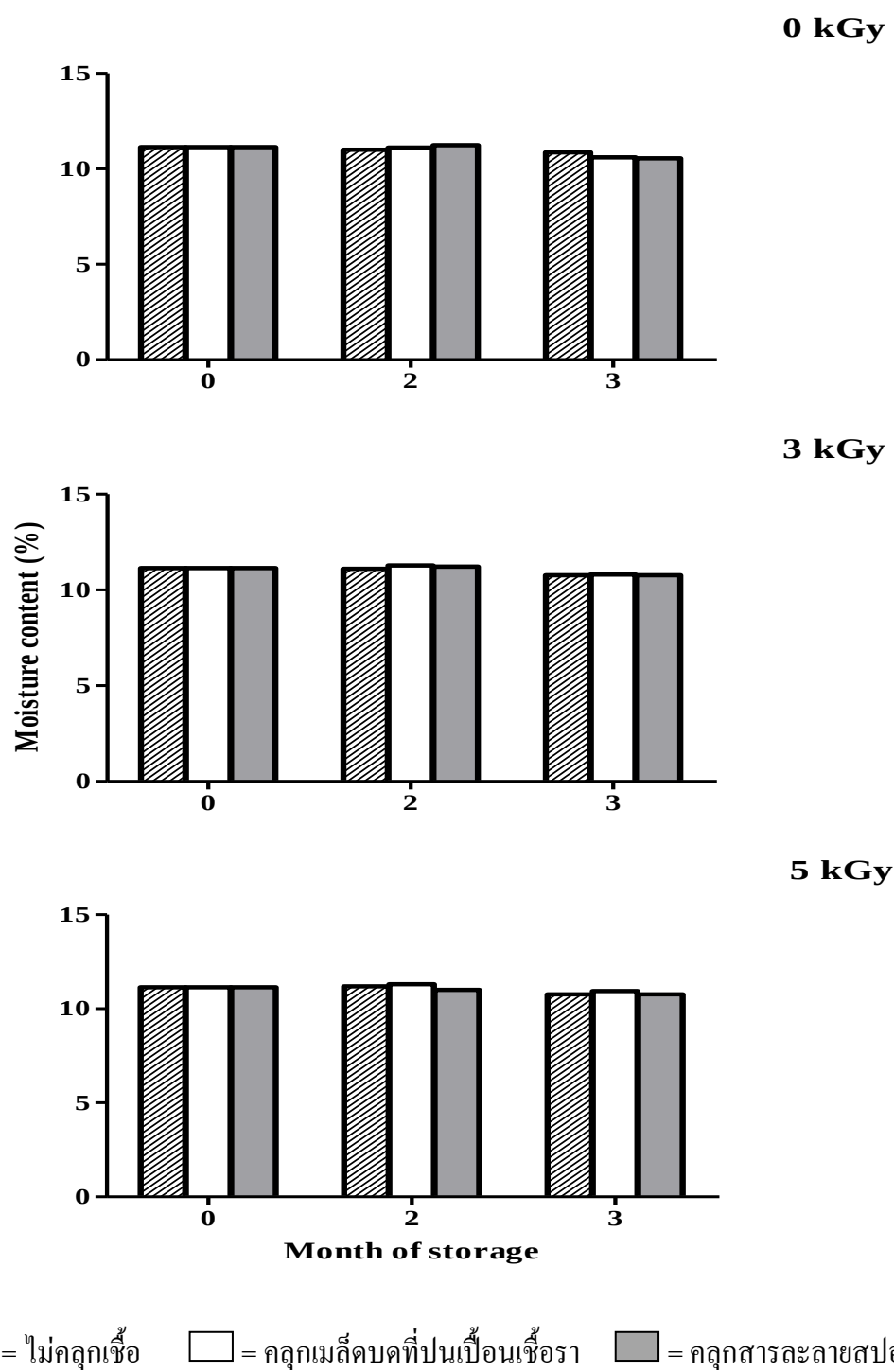


รูปที่ 4.8 กิจกรรมไลเปสของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

4.2.2.2 ถั่วเหลือง

4.2.2.2.1 ความชื้น

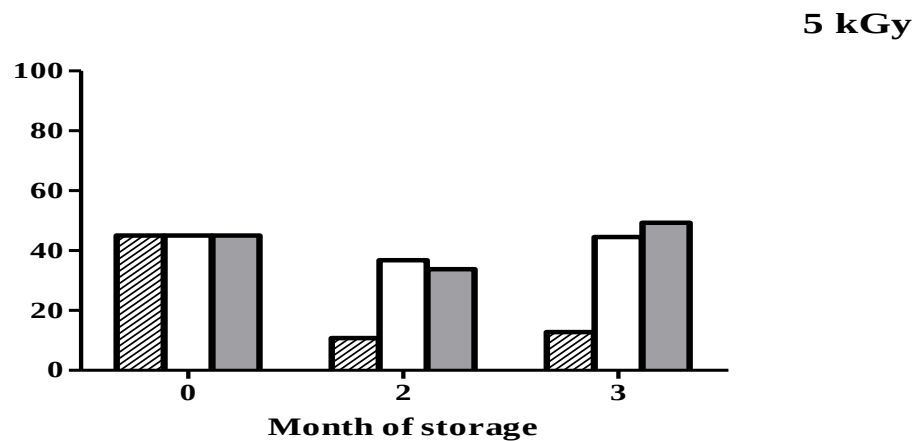
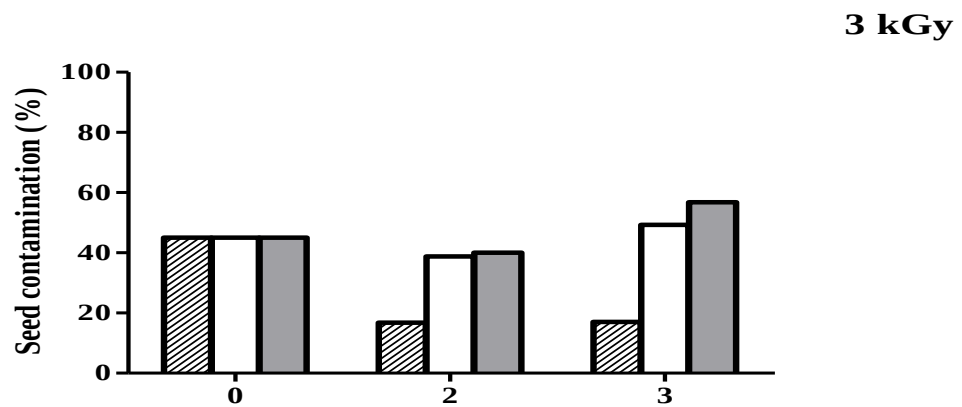
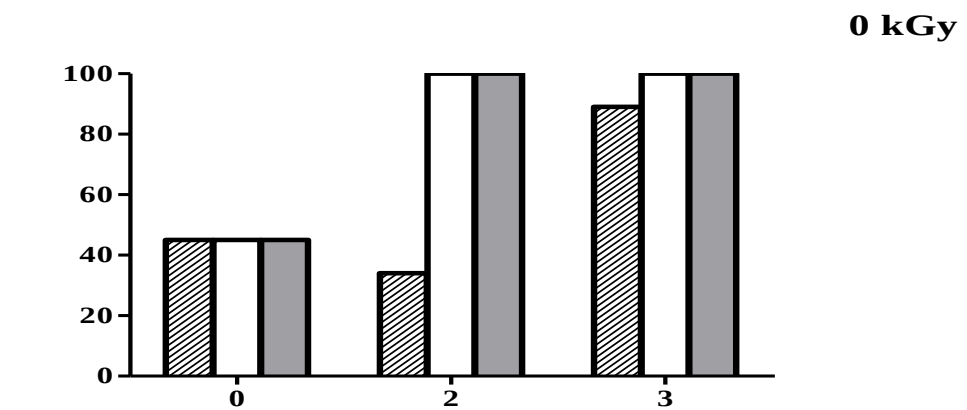
เมล็ดถั่วเหลืองที่นำมาทดลองมีความชื้นเริ่มต้น 11.14 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาปลูกเชื้อด้วยวิธีการที่ต่างกัน คือ ปลูกด้วยเมล็ดถั่วเหลืองบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา *A. niger* และสารละลายสปอร์ แล้วนำไปฉายรังสีแกมมาในปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ โดยมีเมล็ดที่ไม่ฉายรังสี และไม่ปลูกเชื้อเป็นชุดควบคุม แล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า วิธีการการปลูกเชื้อราและปริมาณรังสีแกมมาไม่มีผลต่อความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองตลอดอายุการเก็บรักษาเมื่อเทียบกับเมล็ดชุดควบคุม (ตารางภาคผนวกที่ 6 รูปที่ 4.9) และในเดือนที่ 3 ความชื้นของเมล็ดถั่วเหลืองมีค่าระหว่าง 10.56-10.87 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน และลดลงจากค่าเริ่มต้นเพียงเล็กน้อย ส่วนการปลูกเชื้อราทั้ง 2 วิธีทำให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้นลดลงไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ เมล็ดที่ปลูกเชื้อด้วยวิธีการปลูกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราทั้งที่ฉายและไม่ฉายรังสี (T4-T6) ความชื้นลดลงไม่แตกต่างจากการปลูกเมล็ดด้วยสารละลายสปอร์ (T7-T9) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และลดลงไม่แตกต่างจากเมล็ดที่ไม่ปลูกเชื้อ (T1-T3) ส่วนการฉายรังสีตั้งแต่ 3 และ 5 กิโลเกรย์ ไม่ทำให้ความชื้นของเมล็ดถั่วเหลืองลดลงแตกต่างกันเช่นเดียวกับเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ฉายรังสี สำหรับผลรวมของการฉายรังสี และการปลูกเชื้อทั้ง 2 วิธีพบว่าไม่มีผลต่อความชื้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำจากสารละลายสปอร์ซึ่งใช้ในการปลูกเชื้อมีไม่มากจึงไม่ส่งผลกระทบต่อความชื้นของเมล็ดของถั่วเหลือง นอกจากนี้สภาพการเก็บรักษาในถุง LDPE (Linear low density polyethylene) ซึ่งอากาศและความชื้นไม่สามารถผ่านเข้าออกได้ ดังนั้นถั่วเหลืองที่ปลูกสารละลายสปอร์ซึ่งน่าจะมี ความชื้นไม่แตกต่างจากการปลูกเชื้อด้วยเมล็ดบดและชุดควบคุม จึงมีความชื้นไม่แตกต่างกัน ส่วนผลของการฉายรังสีกับถั่วเหลืองก็ไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นของถั่วเหลืองเช่นเดียวกับ Mahrous (2007) ที่ได้ทำการทดลองฉายรังสีแกมมาที่ความเข้มข้น 0-5 กิโลเกรย์กับถั่วเหลืองทั้งที่ปลูกเชื้อและไม่ปลูกเชื้อพบว่าความชื้นตั้งแต่เริ่มต้นจนหมดอายุการเก็บรักษา 60 วัน ความชื้นของเมล็ดมีการลดลงเล็กน้อย และไม่มีความแตกต่างกันทั้งเมล็ดถั่วเหลืองที่มีการปลูกเชื้อและไม่ปลูกเชื้อ จากสภาพของเมล็ดที่สามารถถ่ายเทความชื้นให้กับบรรยากาศภายในถุงบรรจุ (จวง จันทร์ ดวงพัตรา, 2529)



รูปที่ 4.9 ปริมาณความชื้นของเมล็ดถั่วเหลืองที่ปลูกเชื้อรา *Rhizopus* sp. และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

4.2.2.2.2 การปนเปื้อนเชื้อรา

ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อราของเมล็ดถั่วเหลืองที่นำมาทดลองคือ 45.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปฉายรังสีในปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ โดยมีเมล็ดที่ไม่ฉายรังสี และไม่ปลูกเชื้อเป็นชุดควบคุม แล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า การปลูกเชื้อทั้ง 2 วิธี (T4 และ T7) ทำให้เมล็ดมีการปนเปื้อนเชื้อราสูงขึ้น (ตารางภาคผนวกที่ 7 และรูปที่ 4.10) และมีผลทำให้ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อราแตกต่างกันตลอดอายุการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดชุดควบคุม (T1) ซึ่งชุดควบคุมมีการปนเปื้อนเพิ่มเป็น 34.00-89.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาปริมาณรังสีแกมมาพบว่าสามารถควบคุมและลดการปนเปื้อนของเชื้อราได้มากขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น โดยรังสีปริมาณ 5 กิโลเกรย์ สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อราในเมล็ดที่ไม่คลุกและคลุกเชื้อ (T3 T6 และ T9) ได้มากกว่า 3 กิโลเกรย์ (T2 T5 และ T8) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากการฉายรังสีสามารถควบคุมและชะลอการเจริญของเชื้อราได้ (ทักษอร บุญชู, 2547) ซึ่งอาจมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม คือทำให้ทั้งสปอร์และเส้นใยของเชื้อราเจริญเติบโตผิดปกติหรือช้ากว่าปกติ เนื่องจากรังสีแกมมามีผลต่อ DNA รวมถึงการเสื่อมสภาพของโปรตีน และอาจทำให้บางเซลล์ไม่สามารถซ่อมแซมตัวเองได้เซลล์อาจตายหรือเกิดการกลายพันธุ์ ส่วนผลทางอ้อมคือก่อให้เกิดการแตกตัวของน้ำได้อนุมูลอิสระ (free radical) โดยเฉพาะ hydroxyl radical ($\text{OH}^\cdot$) ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์ของเชื้อราซึ่งมีน้ำเป็นองค์ประกอบมาก (สุชาดา วรกิจ, 2527 ใน ทักษอร บุญชู, 2547) และมีผลต่อ DNA โดยจะเคลื่อนย้าย H-atom จากน้ำตาล deoxyribose และ base ของสาย DNA (Lado และ Yousef, 2002; WHO, 1999 ใน ทักษอร บุญชู, 2547) เกิดการชนกันของโมเลกุลที่สำคัญหรือการชนส่วนที่มีความไวของเซลล์ ทำให้น้ำที่ของเซลล์เสียไป (Foegding และ Busta, 1981 ใน ทักษอร บุญชู, 2547) จึงส่งผลกระทบต่อความสามารถในการงอกของ germ tube ทำให้สปอร์งอกช้าลงหรือไม่งอกเลย



= ไม่คลุกเชื้อ

 = คลุกเมล็ดคบบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา

 = คลุกสารละลายสปอร์

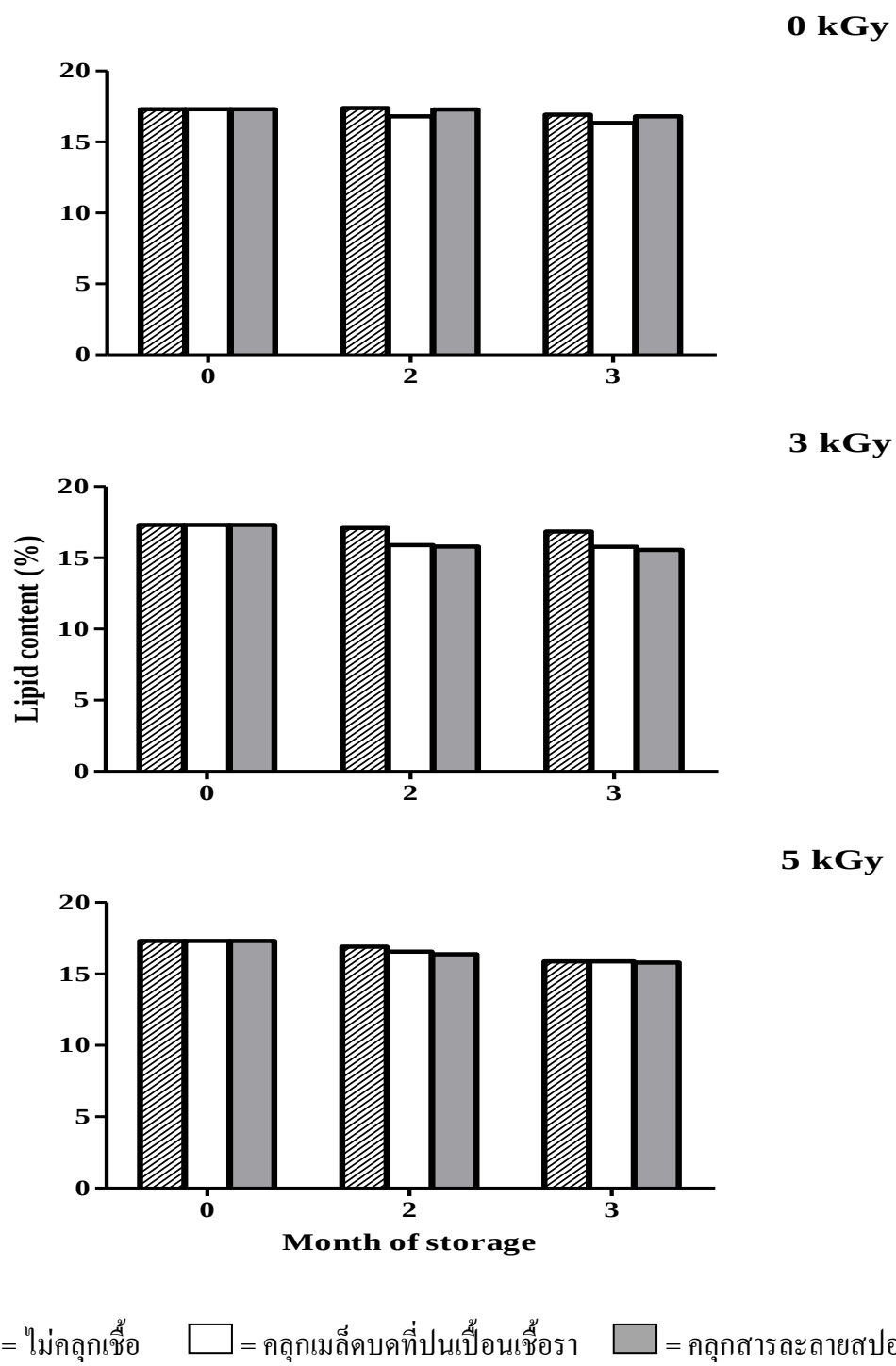
รูปที่ 4.10 ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อราของเมล็ดถั่วเหลือง ที่ปลูกเชื้อรา *Rhizopus* sp. และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

4.2.2.2.3 ไขมัน

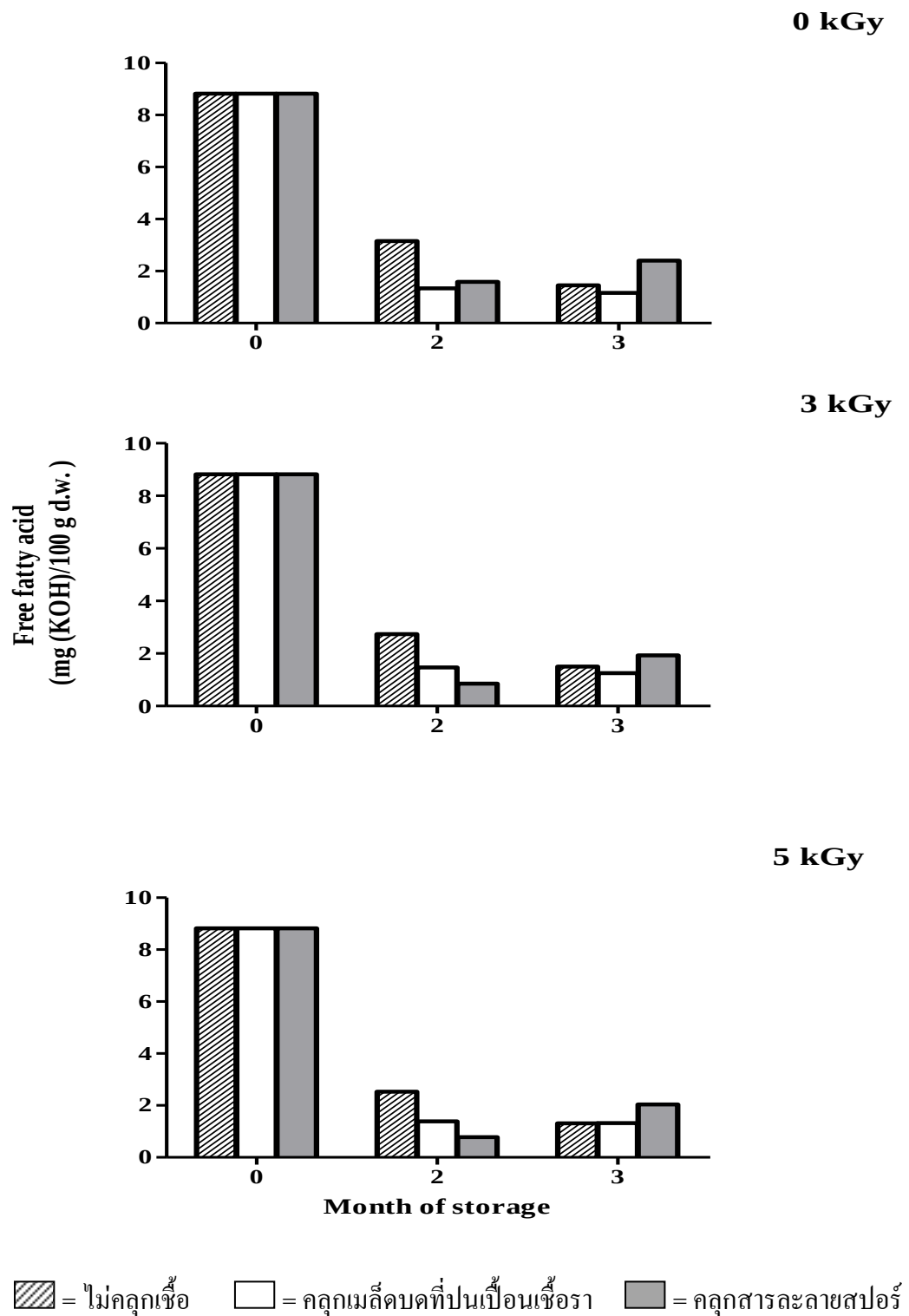
ปริมาณไขมันของเมล็ดถั่วเหลืองที่นำมาทดลองคือ 17.31 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำเมล็ดถั่วเหลืองไปฉายรังสีปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ โดยมีเมล็ดที่ไม่ฉายรังสี และไม่ปลูกเชื้อเป็นชุดควบคุม (T1) หลังจากนั้นเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าทุกทรีทเมนต์มีปริมาณไขมันลดลงเล็กน้อย (ตารางภาคผนวกที่ 8 และรูปที่ 4.11) ส่วนการฉายรังสีทำให้ปริมาณไขมันลดลง แต่การฉายรังสีปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ ไม่มีผลต่อปริมาณไขมัน (ตารางภาคผนวกที่ 8) และการปลูกเชื้อราเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 2 วิธี แต่ไม่ฉายรังสี (T4 และ T7) พบว่าเมล็ดถั่วเหลืองที่ปลูกเชื้อด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราและเมล็ดที่ปลูกเชื้อด้วยสารละลายสปอร์มีผลทำให้ปริมาณไขมันต่ำกว่าชุดควบคุม (T1) อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเก็บรักษานาน 3 เดือน จากการทดลองพบว่าการฉายรังสีมีแนวโน้มทำให้ปริมาณของไขมันลดต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่ฉายรังสี ทั้งนี้ น่าจะเนื่องมาจากรังสีมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาในการเร่งสลายไขมันได้เร็วขึ้นการที่ปริมาณไขมันมีค่าที่ลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นทำให้เมล็ดมีการเสื่อมสภาพมากขึ้นเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ไลเปสที่ย่อยสลายไขมันทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกลีเซอรอลและกรดไขมันอิสระ จึงทำให้ปริมาณไขมันลดลง (Copeland, 1976)

4.2.2.2.4 กรดไขมัน

กรดไขมันอิสระของเมล็ดถั่วเหลืองมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 8.82 เปอร์เซ็นต์ หลังจากทำการปลูกเชื้อราและฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ฉายรังสี เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ปริมาณกรดไขมันอิสระของเมล็ดถั่วเหลืองลดลงแตกต่างกัน (ตารางภาคผนวกที่ 9 และรูปที่ 4.12) เมื่อพิจารณาวิธีการปลูกเชื้อรา 2 วิธี พบว่า การปลูกเชื้อราทั้ง 2 วิธี ที่ฉายและไม่ฉายรังสี (T4-T9) มีผลทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระของเมล็ดถั่วเหลืองลดลงไม่แตกต่างกัน ในเดือนที่ 2 แต่ในเดือนที่ 3 เมล็ดถั่วเหลืองที่คลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา (T4-T6) มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าเมล็ดที่คลุกด้วยสารละลายสปอร์ (T7-T9) แต่เมื่อพิจารณาปริมาณรังสีแกมมานั้น พบว่า ปริมาณรังสีแกมมาไม่มีต่อปริมาณกรดไขมันอิสระ



รูปที่ 4.11 ปริมาณไขมันของเมล็ดข้าวเหลืองที่ปลูกเชื้อรา *Rhizopus* sp. และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

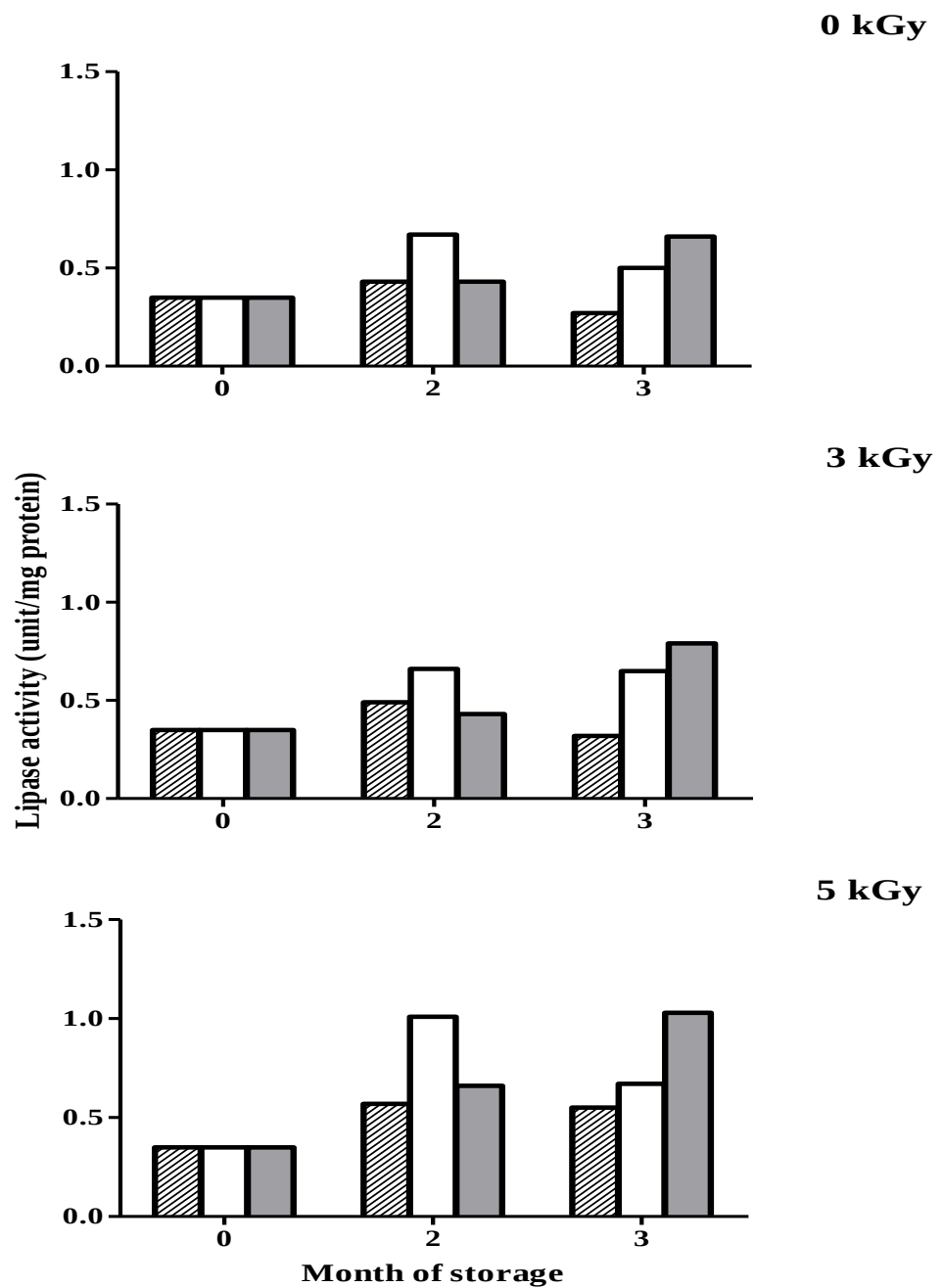


รูปที่ 4.12 ปริมาณกรดไขมันอิสระของเมล็ดข้าวเหลืองที่ปลูกเชื้อรา *Rhizopus* sp. และฉายรังสีแกมมา ปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

4.2.2.2.5 กิจกรรมไลเปส

เมล็ดถั่วเหลืองมีกิจกรรมไลเปสเริ่มต้นเท่ากับ 0.35 unit/mg protein หลังจากการปลูกเชื้อราและฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ฉายรังสี เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า การปลูกเชื้อราและการฉายรังสีทำให้เมล็ดพันธุ์มีกิจกรรมไลเปสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวกที่ 10 และรูปที่ 4.13) เมื่อพิจารณาวิธีการปลูกเชื้อรา 2 วิธี พบว่า การปลูกเชื้อราด้วยวิธีการคลุกเมล็ดกับที่ปนเปื้อนเชื้อราทั้งฉายและไม่ฉายรังสี (T4-T6) ทำให้เมล็ดถั่วเหลืองมีกิจกรรมไลเปสสูงกว่าการคลุกด้วยสารละลายสปอร์ (T7-T9) ในเดือนที่ 2 แต่เดือนที่ 3 เมล็ดถั่วเหลืองที่คลุกด้วยเมล็ดกับที่ปนเปื้อนเชื้อรา (T4-T6) กลับมีกิจกรรมไลเปสต่ำกว่าเมล็ดที่คลุกด้วยสารละลายสปอร์ (T7-T9) ส่วนปริมาณรังสีแกมมาต่อกิจกรรมไลเปสพบว่า เมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ปลูกเชื้อแล้วนำไปฉายรังสีปริมาณ 3 กิโลเกรย์ กิจกรรมของไลเปสมีแนวโน้มต่ำกว่า 5 กิโลเกรย์ ทั้งในเมล็ดถั่วเหลืองที่ปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดกับที่ปนเปื้อนเชื้อรา และเมล็ดถั่วเหลืองที่ปลูกเชื้อด้วยสารละลายสปอร์

สำหรับผลรวมของ 2 ปัจจัยพบว่าในเดือนที่ 2 เมล็ดถั่วเหลืองที่ปลูกเชื้อโดยเมล็ดกับที่ปนเปื้อนราที่ฉายในปริมาณ 5 กิโลเกรย์ (T 6) มีกิจกรรมไลเปสสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือ T4, T5 และ T9 ซึ่งมีกิจกรรมสูงเท่ากัน ในขณะที่ไม่ฉายรังสีทั้งที่ปลูกและไม่ปลูกเชื้อมีกิจกรรมไลเปสน้อยและไม่ต่างจากกิจกรรมไลเปสเริ่มต้นเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา ส่วนในเดือนที่ 3 กิจกรรมไลเปสของเมล็ดถั่วเหลืองที่ปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยสารละลายสปอร์และฉายรังสีในปริมาณ 5 กิโลเกรย์ มีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดลองพบว่า การปลูกเชื้อและการฉายรังสีที่ 5 กิโลเกรย์ ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการฉายรังสีมีผลทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการแตกตัว ได้อนุมูลอิสระ (Who, 1999) ซึ่งน่าจะมีผลในการกระตุ้นให้กิจกรรมไลเปสเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อนุมูลอิสระยังทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสียหายเกิดการรั่วไหลของสารบางชนิดรวมทั้งไขมัน จึงทำให้ไขมันทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ไลเปสได้กรดไขมันและกลีเซอรอล (Wong, 1998)



= ไม่คลุกเชื้อ

 = คลุกเมล็ดคั่วที่ปนเปื้อนเชื้อรา

 = คลุกสารละลายสปอร์

รูปที่ 4.13 กิจกรรมไลเปสของเมล็ดถั่วเหลืองที่ปลูกเชื้อรา *Rhizopus* sp. และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

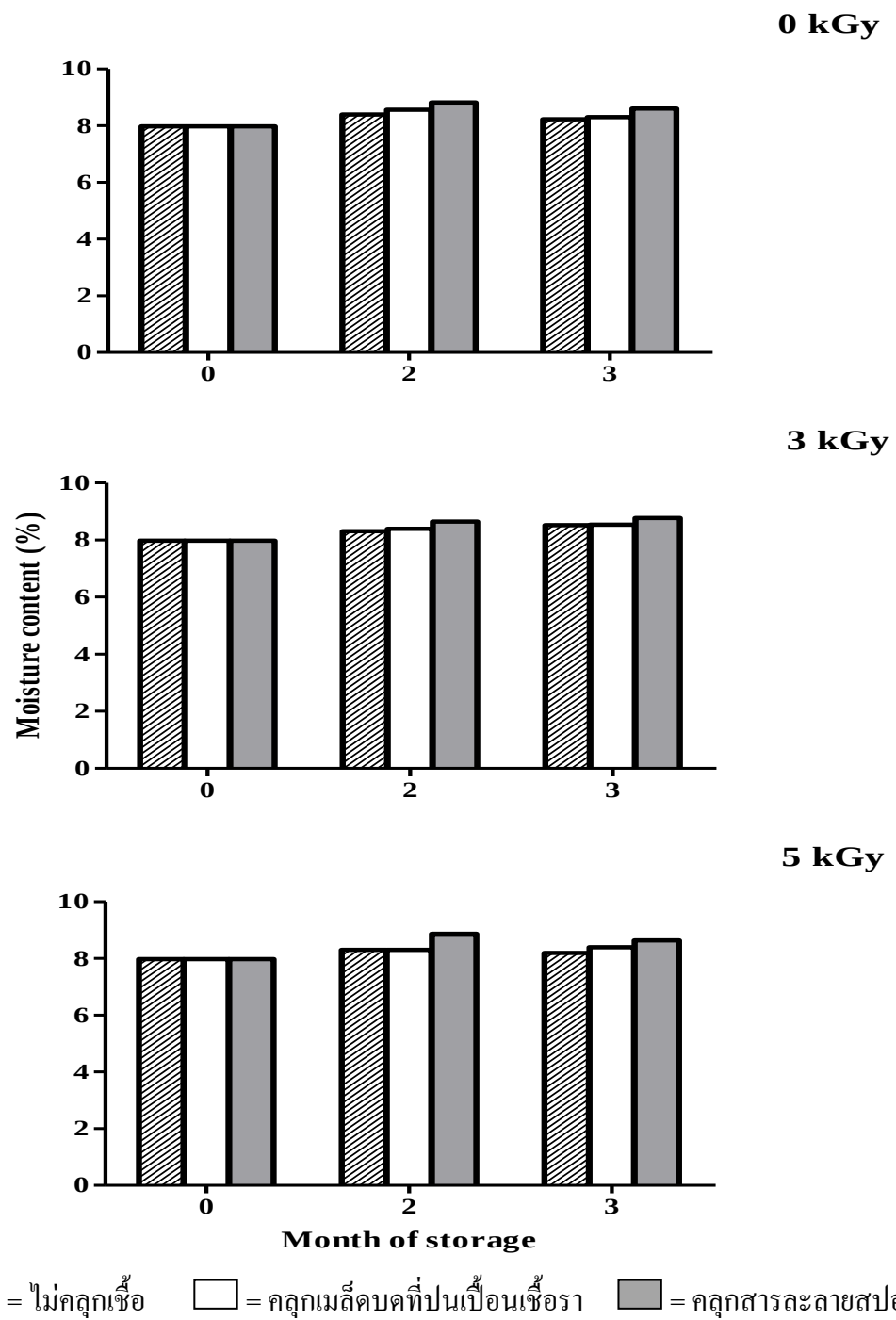
4.2.2.3 ถั่วลิสง

4.2.2.3.1 ความชื้น

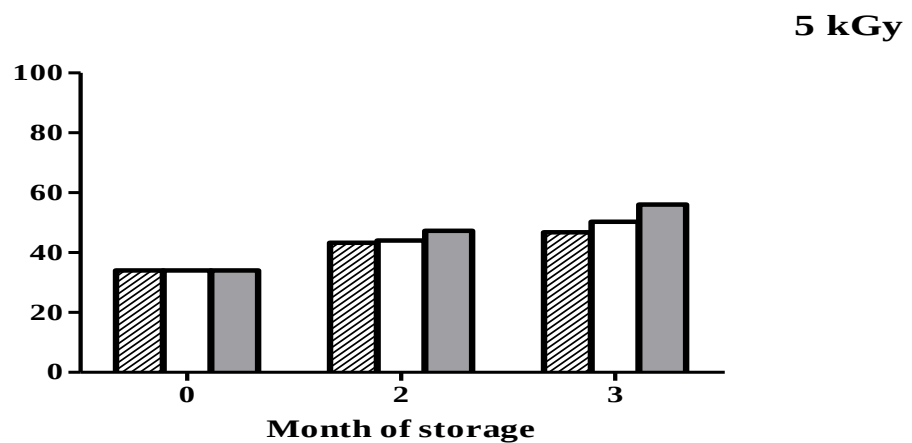
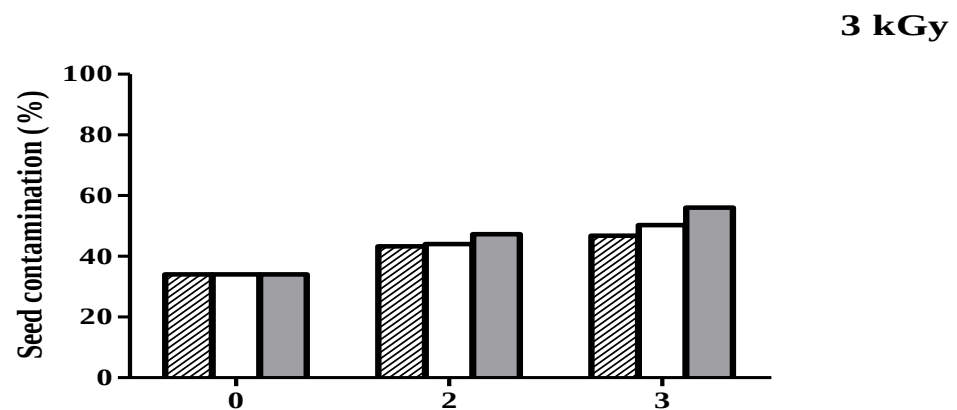
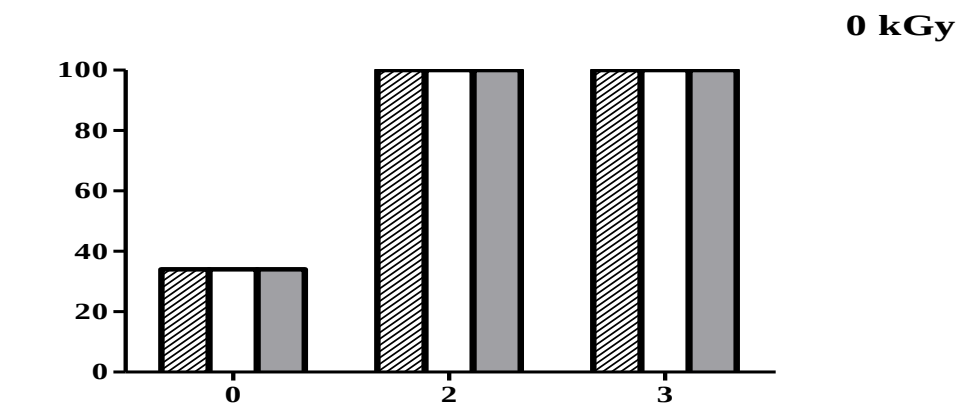
เมล็ดถั่วลิสงที่นำมาทดลองมีความชื้นเริ่มต้น 7.98 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาปลูกเชื้อด้วยวิธีการที่ต่างกัน คือ ปลูกด้วยเมล็ดถั่วลิสงบดที่ปนเปื้อนเชื้อราและสารละลายสปอร์ แล้วนำไปฉายรังสีแกมมา ในปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ และไม่ฉายรังสี เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าความชื้นของเมล็ดถั่วลิสงมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากความชื้นเริ่มต้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าวิธีการปลูกเชื้อราและปริมาณรังสีแกมมาไม่มีผลต่อความชื้นเมล็ดถั่วลิสงตลอดอายุการเก็บรักษาเมื่อเทียบกับเมล็ดชุดควบคุม (ตารางภาคผนวกที่ 11 และรูปที่ 4.14) โดยความชื้นของเมล็ดถั่วลิสงมีค่าระหว่าง 7.98-8.87 เปอร์เซ็นต์

4.2.2.3.2 การปนเปื้อนเชื้อรา

ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อราของเมล็ดถั่วลิสงที่นำมาทดลองคือ 34 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำเมล็ดไปฉายรังสีปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ โดยมีเมล็ดที่ไม่ฉายรังสีเป็นชุดควบคุม (T1) เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าการปลูกเชื้อทั้ง 2 วิธี ไม่มีผลทำให้การปนเปื้อนเชื้อราในเมล็ดแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนการฉายรังสีสามารถลดปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อราได้ (ตารางภาคผนวกที่ 12 และรูปที่ 4.15) โดยการปลูกเชื้อรา 2 วิธี (T4 และ T7) พบว่าไม่ส่งผลทำให้ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อราแตกต่างกันตลอดอายุการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดชุดควบคุม (T1) โดยมีปริมาณเชื้อราเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาปริมาณรังสีแกมมาพบว่า สามารถควบคุมและลดการปนเปื้อนของเชื้อราได้ โดยอยู่ระหว่าง 43.25-56.00 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณของรังสีมีแนวโน้มทำให้ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อราลดลงตามไปด้วย เนื่องจากการฉายรังสีสามารถควบคุมและชะลอการเจริญของเชื้อราได้ (ทักษอร บุญชู, 2547) ซึ่งอาจมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม คือทำให้ทั้งสปอร์และเส้นใยของเชื้อราเจริญเติบโตผิดปกติหรือช้ากว่าปกติ รายงานของ Kiss และ Farkus (1988) พบว่าการฉายรังสีปริมาณ 3-7 kGy มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อราในเมล็ดถั่วลิสงได้



รูปที่ 4.14 ปริมาณความชื้นของเมล็ดถั่วลิสงที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน



= ไม่คลุกเชื้อ

 = คลุกเมล็ดคบบคที่ปนเปื้อนเชื้อรา

 = คลุกสารละลายสปอร์

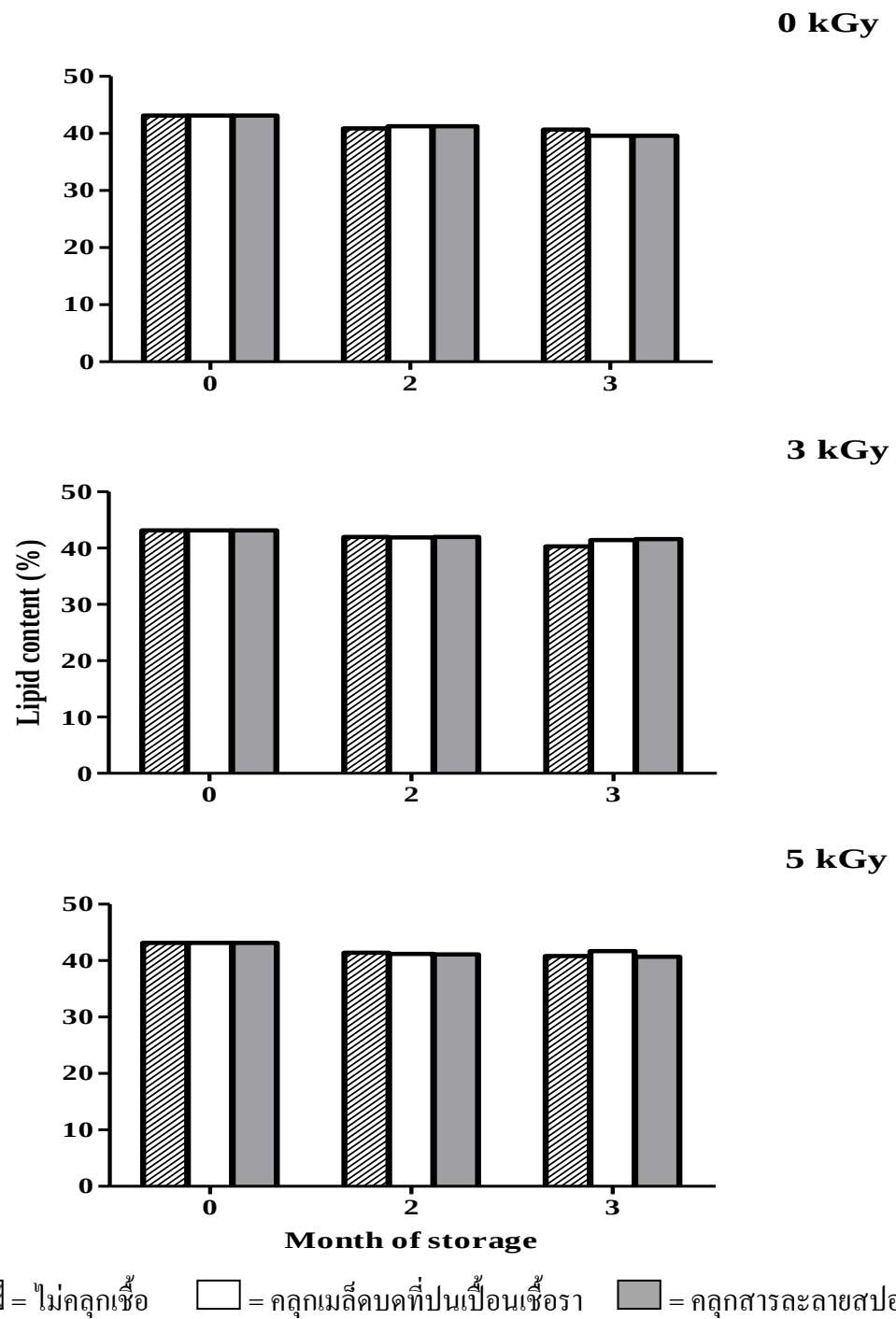
รูปที่ 4.15 ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อราของเมล็ดถั่วลิสงที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีแกมมา ปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

4.2.2.3.3 ไขมัน

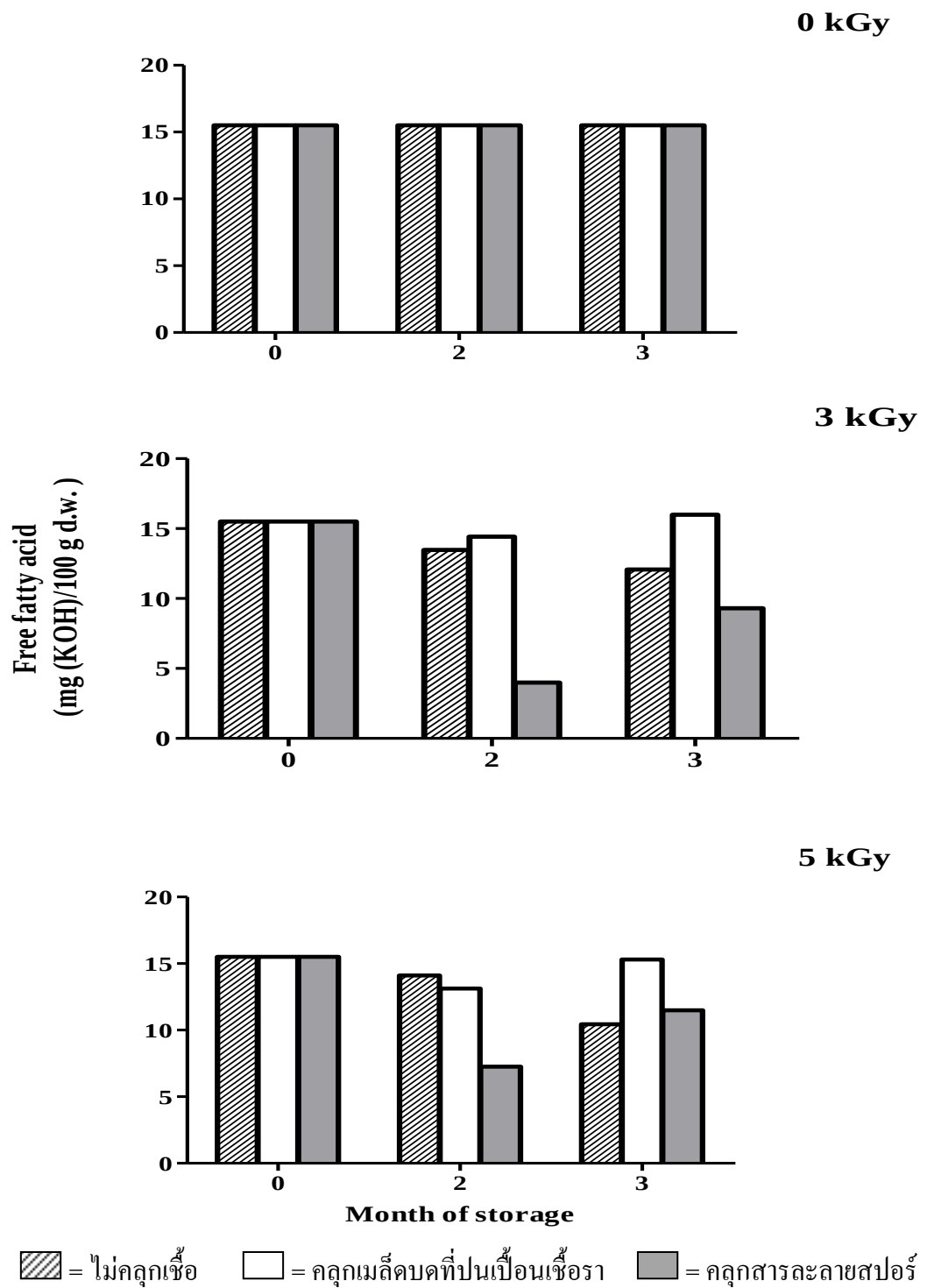
เมล็ดถั่วลิสงที่นำมาทดลองมีปริมาณไขมันเริ่มต้น 43.41 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการปลูกเชื้อราและฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า วิธีการปลูกเชื้อและการฉายรังสีทำให้ปริมาณไขมันมีค่าลดลงตามอายุการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามการลดปริมาณไขมันตลอดระยะเวลาอายุการเก็บรักษา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตารางภาคผนวกที่ 13 และรูปที่ 4.16) โดยปริมาณไขมันของเมล็ดถั่วลิสงมีค่าระหว่าง 39.62-43.14 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกิจกรรมเอนไซม์ที่ย่อยไขมันในเมล็ดถั่วลิสงมีปริมาณน้อยจึงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันของเมล็ดถั่วลิสงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ดังนั้นการปลูกและการฉายรังสีแกมมาในปริมาณ 5 กิโลเกรย์ ไม่มีผลทำให้ปริมาณไขมันเปลี่ยนแปลง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chiou และคณะ (1991) พบว่าปริมาณรังสีแกมมาไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันของถั่วลิสงในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

4.2.2.3.4 กรดไขมันอิสระ

เมล็ดถั่วลิสงมีปริมาณกรดไขมันอิสระเริ่มต้นเท่ากับ 15.51 KOH/100g หลังจากการปลูกเชื้อราและฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ปลูกเชื้อราและไม่ฉายรังสี เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า การปลูกเชื้อราและการฉายรังสีทำให้เมล็ดถั่วลิสงมีปริมาณกรดไขมันอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญตลอดอายุการเก็บรักษา (รูปที่ 4.17 และ ตารางภาคผนวกที่ 14) เมื่อพิจารณาวิธีการปลูกเชื้อรา 2 วิธีพบว่า การปลูกเชื้อราด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราแล้วนำไปฉายรังสี (T5-T6) มีปริมาณกรดไขมันอิสระ(15.30-15.99 KOH/100g) มากกว่าเมล็ดที่คลุกด้วยสารละลายสปอร์ (T8-T9) (3.99-11.49 KOH/100g) อย่างมีนัยสำคัญตลอดอายุการเก็บรักษา เนื่องจากการคลุกเมล็ดด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรามีความสามารถเข้าทำลายเมล็ดถั่วลิสงได้ดีกว่า เพราะในเมล็ดบดนั้นจะมีทั้งสปอร์และเส้นใยเชื้อราในขณะที่ในสารละลายสปอร์มีเฉพาะสปอร์ของเชื้อรา ซึ่งอาจจะเข้าทำลายเมล็ดได้ช้ากว่า จึงทำให้การย่อยสลายไขมันให้กลายเป็นกรดไขมันอิสระได้เร็วกว่าเมล็ดที่คลุกด้วยสารละลายสปอร์ แต่เมื่อพิจารณาที่ปริมาณรังสีแกมมาพบว่า ปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระของเมล็ดถั่วลิสง Youssef และ คณะ (1985) รายงานว่าการฉายรังสีแกมมาในปริมาณต่ำไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระของถั่วเหลือง



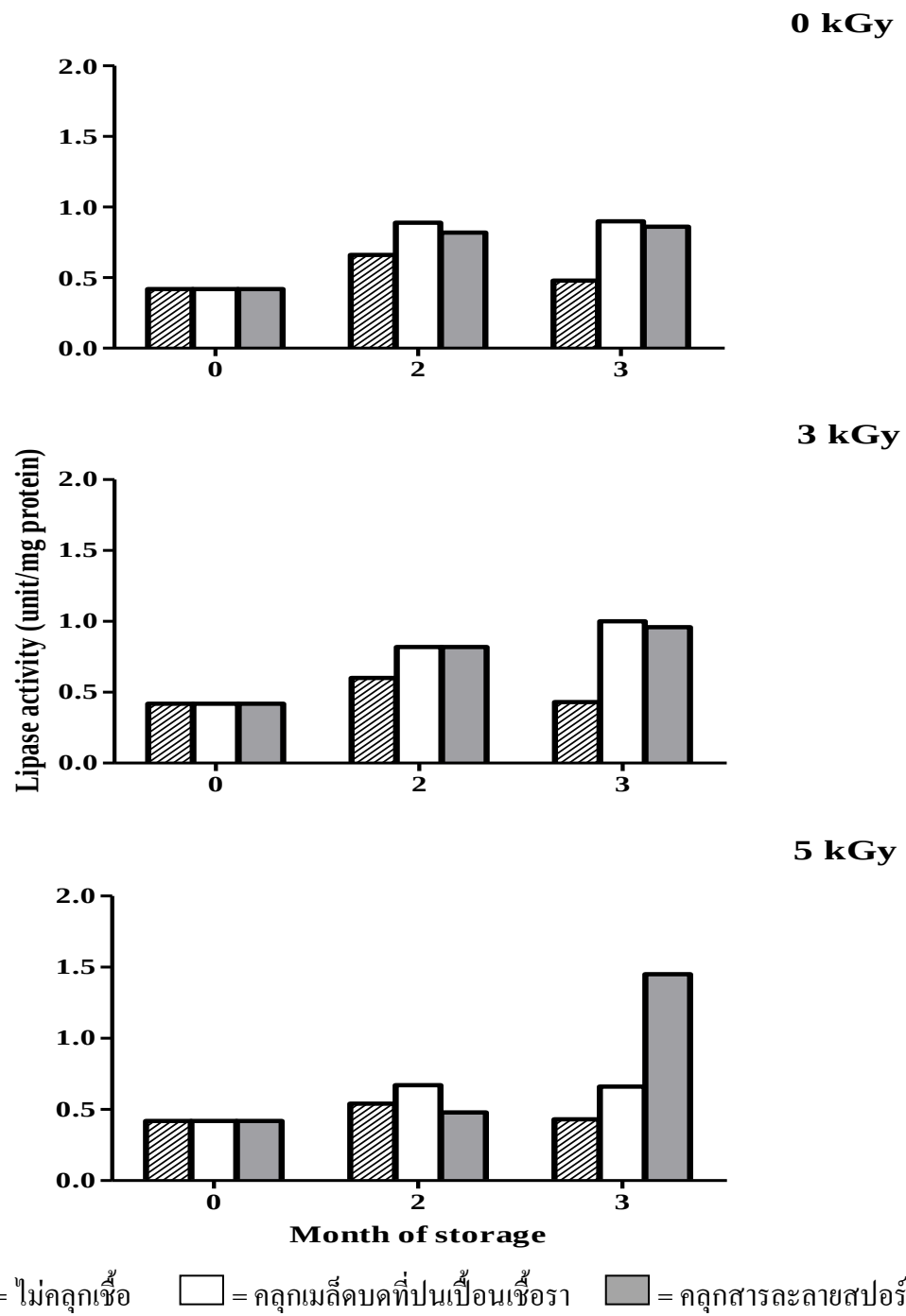
รูปที่ 4.16 ปริมาณไขมันของเมล็ดถั่วลิสงที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน



รูปที่ 4.17 ปริมาณกรดไขมันอิสระของเมล็ดถั่วลิสงที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

4.2.2.3.5 กิจกรรมไลเปส

เมล็ดถั่วลิสงมีกิจกรรมไลเปสเริ่มต้นเท่ากับ 0.42 unit/mg protein หลังจากการปลูกเชื้อราและฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า กิจกรรมไลเปสของถั่วลิสงเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน (ตารางภาคผนวกที่ 15 และรูปที่ 4.18) โดยเมื่อพิจารณาผลของการฉายรังสีพบว่า ไม่มีผลต่อกิจกรรมไลเปสในเมล็ดถั่วลิสงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่เมื่อพิจารณาวิธีการปลูกเชื้อรา 2 วิธีพบว่า ที่ไม่ฉายรังสี (T4 และ T7) ส่งผลให้ถั่วลิสงมีกิจกรรมไลเปสเพิ่มขึ้น (0.82-0.96 unit/mg protein) อย่างมีนัยสำคัญตลอดอายุการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดชุดควบคุม (T1) เนื่องจากเมล็ดที่ปลูกเชื้อราทั้ง 2 วิธี มีผลให้เชื้อราย่อยสลายไขมันและสอดคล้องกับกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ทำการคลุกเชื้อ (ชุดควบคุม)



รูปที่ 4.18 กิจกรรมไลเปสของเมล็ดถั่วลิสงที่ปลูกเชื้อรา *A. niger* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

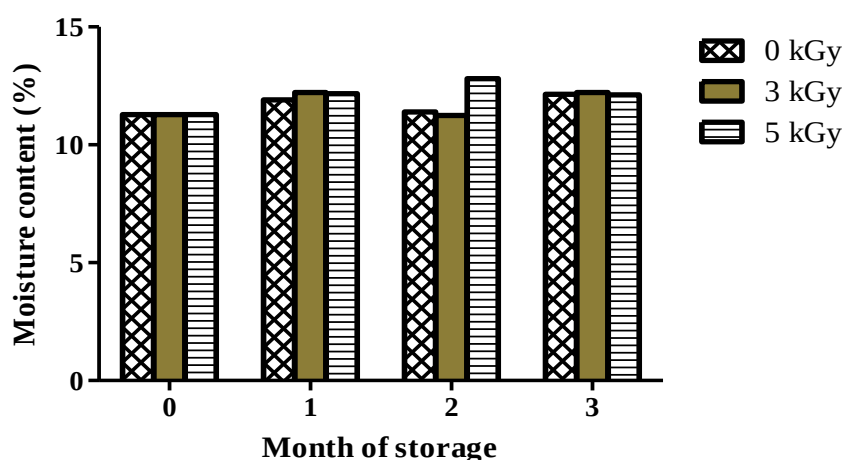
4.2.2.4 ข้าว

4.2.2.4.1 ผลของการปลูกข้าวด้วยการคลุมสสารละลายสปอร์และปริมาณรังสีแกมมาต่อการเข้าทำลายของ เชื้อราและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในระหว่างการเก็บรักษา

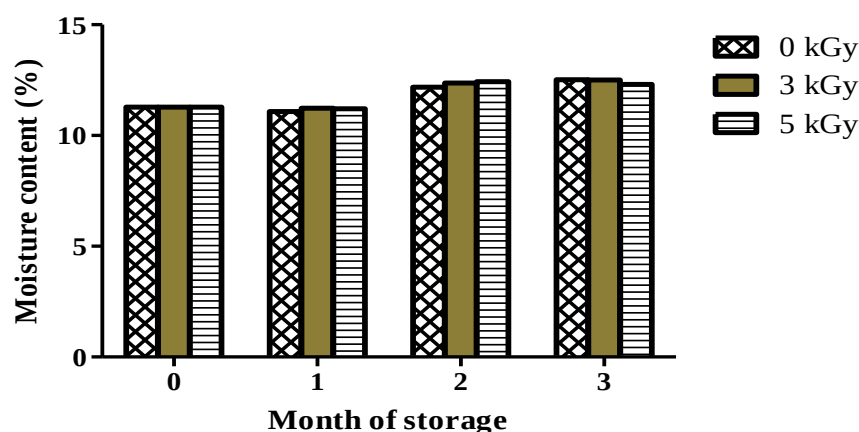
4.2.2.4.1 ความชื้น

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนทำการทดลองมีค่าเท่ากับ 11.28 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวทุกชุดการทดลองมีความชื้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวกที่ 16 และรูปที่ 4.19) และพบว่าเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม (T1) และฉายรังสีปริมาณ 3 (T2) และ 5 กิโลเกรย์ (T3) มีความชื้นเพิ่มขึ้นสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่คลุมเชื้อทั้งที่ไม่ฉาย (T4) และฉายรังสี (T5 และ T6) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนที่ 1 แต่อย่างไรก็ตามความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษา ดังนั้นการคลุมด้วยสสารละลายสปอร์และการฉายรังสีจึงน่าจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าว จากการรายงานของ Mahrous (2007) พบว่าการฉายรังสีปริมาณ 1, 3 และ 5 กิโลเกรย์ ไม่มีผลต่อความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 เดือน

ไม้คลุกเชื้อ



คลุกสารละลายสปอร์



รูปที่ 4.19 ปริมาณความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกเชื้อรา *A. flavus* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

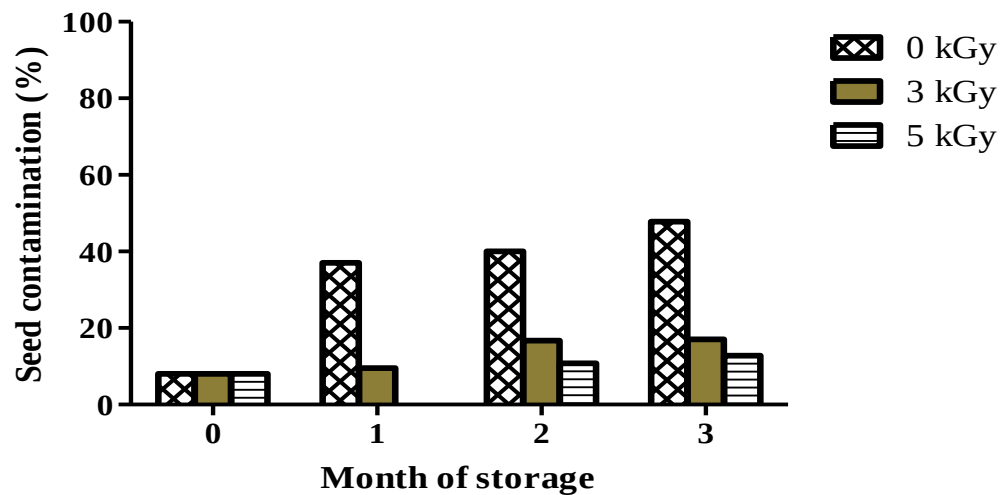
4.2.2.4.2 การปนเปื้อนเชื้อรา

เมล็ดพันธุ์ข้าวมีการปนเปื้อนเชื้อรา 8 เปอร์เซ็นต์ ก่อนทำการทดลอง และมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวกที่ 17 และรูปที่ 4.20) โดยชุดควบคุม (T1) มีการปนเปื้อนเชื้อราเท่ากับ 47.8 เปอร์เซ็นต์ในเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษา ในทำนองเดียวกันเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อมีการปนเปื้อนเชื้อราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่เดือนที่ 1 (61.5 เปอร์เซ็นต์) มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุมจนถึงเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษา ซึ่งพบการปนเปื้อนถึง 80.0 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการฉายรังสีพบว่า รังสีแกมมาสามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อราได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมล็ดที่ไม่ปลูกเชื้อและฉายรังสีที่ 3 (T2) และ 5 (T3) กิโลเกรย์ มีค่า 17.0 และ 12.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อด้วยการคลุกด้วยสารละลายสปอร์ พบว่าการฉายรังสีทั้ง 3 (T5)

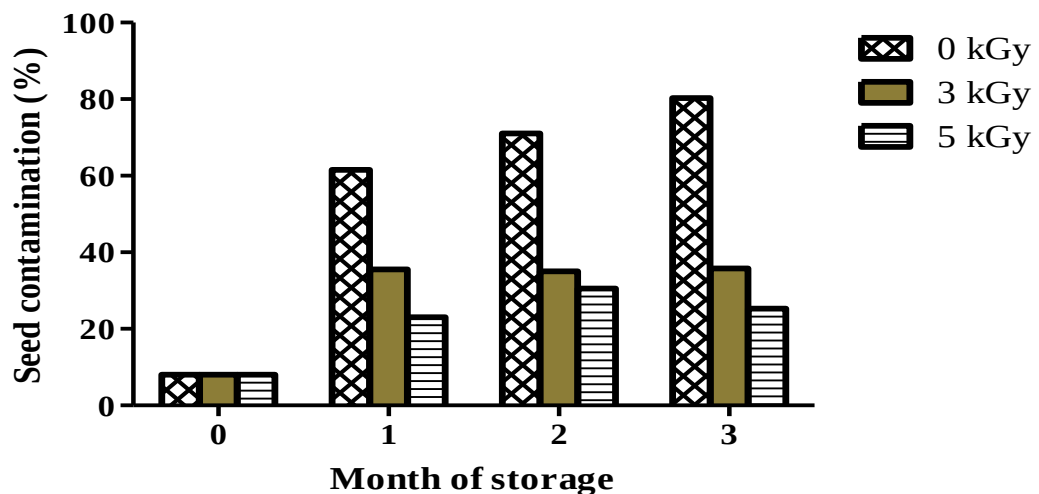
และ 5 (T6) กิโลเกรย์ สามารถลดปริมาณเชื้อราได้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่เดือนที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบกับ T4 จากนั้นมีค่าค่อนข้างคงที่จนถึงเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษา

จากการรายงานของ Maity และคณะ (2009) พบว่าปริมาณรังสีที่ 3 กิโลเกรย์ สามารถยับยั้ง *Aspergillus* sp. และ *Alternaria* sp. ที่ปนเปื้อนในเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1.5 เดือน แต่อย่างไรก็ตามในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองต้องใช้ปริมาณรังสีถึง 5 กิโลเกรย์ จึงสามารถยับยั้งการเจริญของ *A. flavus* ได้อย่างสมบูรณ์ เป็นเวลา 2 เดือน (Mahrous, 2007) สำหรับสาเหตุที่ทำให้ทั้งสปอร์เชื้อราที่ได้รับรังสีเจริญเติบโตผิดปกติ หรือช้ากว่าปกติ นั้น เนื่องจากรังสีแกมมามีผลโดยตรงต่อ DNA และโปรตีน (Lado และ Yousef, 2002) ทำให้เซลล์สปอร์ของเชื้อราเกิดการกลายพันธุ์ และตายได้ ส่วนผลทางอ้อมคือ พลังงานจากรังสีแกมมา ก่อให้เกิดการแตกตัวของน้ำได้อนุมูลอิสระ (free radical) โดยเฉพาะ hydroxyl radicle ($\text{OH}^\bullet$) และการชนกันของโมเลกุลที่สำคัญ โดยเฉพาะการชนส่วนที่มีความไวของเซลล์หรือเนื้อเยื่อเจริญ ทำให้หน้าที่ของเซลล์เสียไป (Foegeding และ Busta, 1981) ส่งผลให้ germ tube ของสปอร์งอกช้าลงหรือไม่สามารถงอกได้

ไม่คลุกเชื้อ



คลุกสารละลายสปอร์



รูปที่ 4.20 ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อราของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกเชื้อรา *A. flavus* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

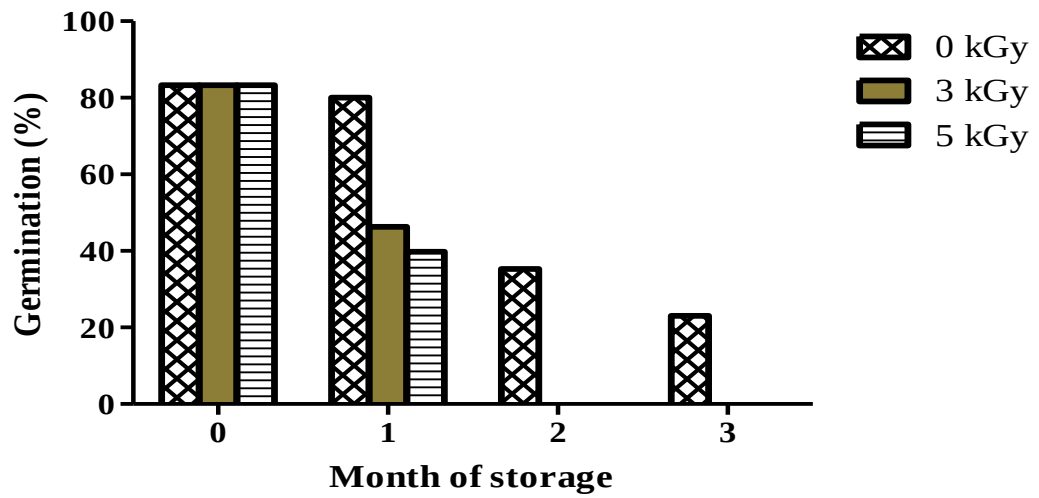
4.2.2.4.3 เปอร์เซ็นต์ความงอก

ความงอกเมล็ดพันธุ์ข้าว (ความงอกเริ่มต้นเท่ากับ 83.25 เปอร์เซ็นต์) มีค่าลดลงอย่างชัดเจนในทุกชุดการทดลองเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน (ตารางภาคผนวกที่ 18 และรูปที่ 4.21) โดยความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวในชุดควบคุม (T1) มีความงอกลดลงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษาซึ่งมีความงอกเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ และภายหลังการปลูกเชื้อด้วยสารละลายสปอร์ (T4) พบว่าความงอกลดลงอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกันแต่ความงอกลดลงเหลือเพียง 8 เปอร์เซ็นต์ในเดือนที่ 3 หรือคิดเป็นประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุด

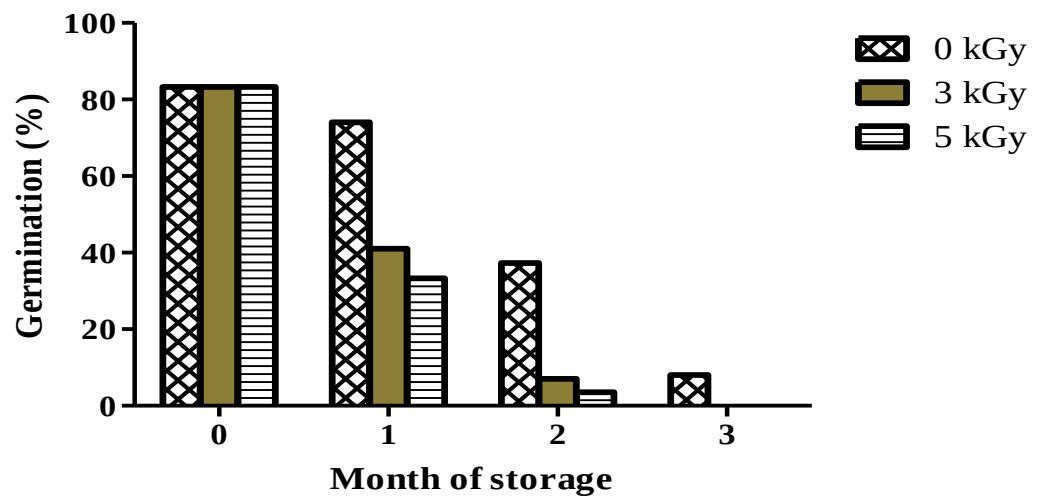
ควบคุม (T1) เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ (T2 และ T3) และปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยสารละลายสปอร์ (T5 และ T6) มาฉายรังสีที่ 3 และ 5 กิโลเกรย์ พบว่าเมล็ดพันธุ์ทั้ง 4 ชุดการทดลอง มีความงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (T1) ตั้งแต่เดือนที่ 1 โดยความงอกลดลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ปลูกเชื้อและฉายรังสีที่ 3 (T2) และ 5 กิโลเกรย์ (T3) ไม่สามารถงอกได้ตั้งแต่เดือนที่ 2 ของการเก็บรักษา ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ปลูกเชื้อและฉายรังสีที่ 3 (T5) และ 5 กิโลเกรย์ (T6) ยังคงมีความงอกเล็กน้อยในเดือนที่ 2 แต่อย่างไรก็ตามเมล็ดพันธุ์ไม่สามารถงอกได้ในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา

ดังนั้นการปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยสารละลายสปอร์มีผลทำให้ความงอกลดลง เนื่องจากการเข้าทำลายเชื้อราเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวกที่ 18 และรูปที่ 4.21) ส่งผลให้ความงอกในเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อมีค่าลดลงมากกว่าชุดควบคุม สำหรับการฉายรังสีมีผลทำให้ความงอกลดลงเช่นกันโดยความงอกจะลดลงเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการรายงานของ Maity และคณะ (2009) พบว่า การฉายรังสีที่ 1, 5 และ 6 กิโลเกรย์ ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวสูญเสียความงอก 23, 30 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน แต่อย่างไรก็ตาม Chaudhuri (2002) พบว่าปริมาณรังสีต่ำกว่า 0.1 kGy ไม่มีผลต่อความงอกของ lentil seeds

ไม้คดุกเชื้อ



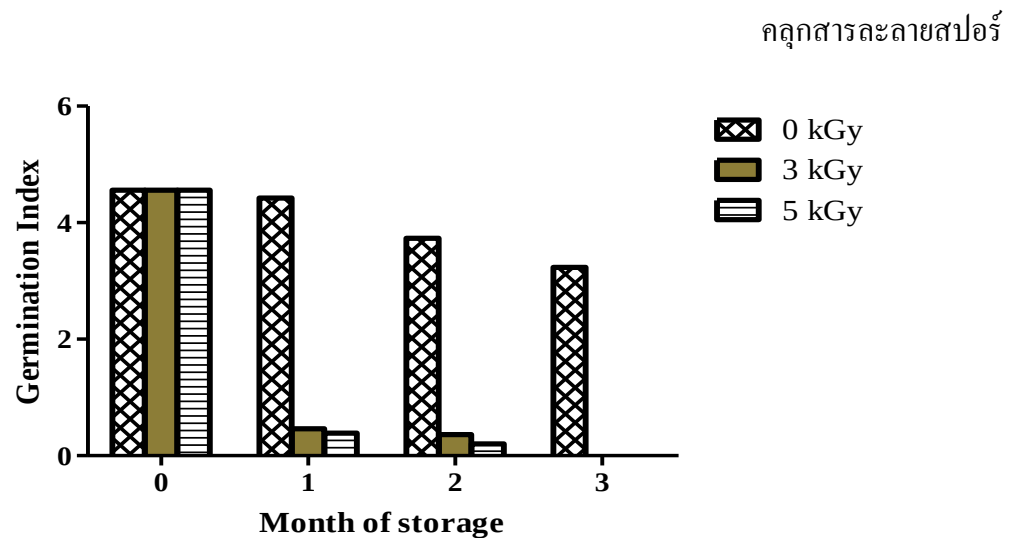
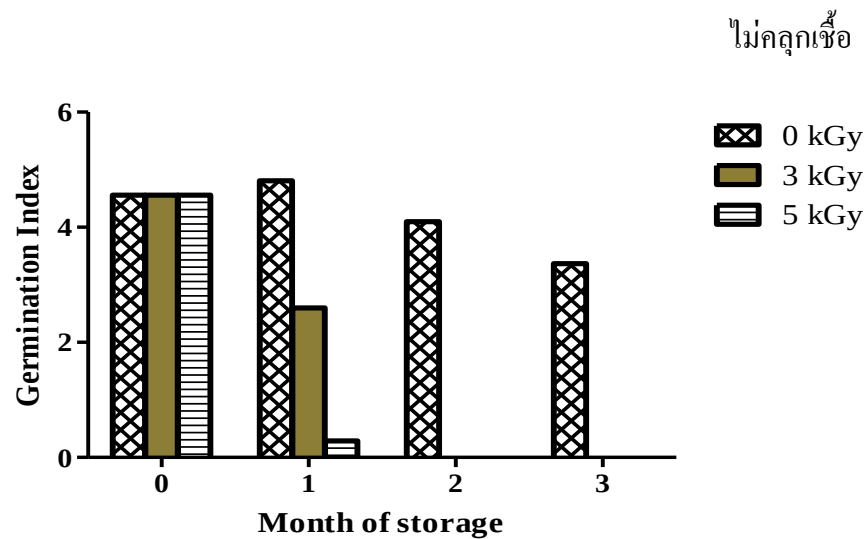
คดุกสารละลายสปอร์



รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกเชื้อรา *A. flavus* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

4.2.2.4.4 ดัชนีความงอก

ดัชนีความงอก (ค่าเริ่มต้นเท่ากับ 4.56) ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวกที่ 19 และรูปที่ 4.22) ซึ่งสอดคล้องกับความงอกที่ลดลงเช่นเดียวกัน (ตารางภาคผนวกที่ 19 รูปที่ 4.22) โดยพบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ปลูกเชื้อ (T4) มีค่าลดลงมากกว่าชุดควบคุม (T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตั้งแต่เดือนที่ 1 จนถึงเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษา และภายหลังการฉายรังสีที่ปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ พบว่าเมล็ดพันธุ์ทั้งที่ไม่ปลูก (T2 และ T3) และปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยสารละลายสปอร์ (T5 และ T6) มีดัชนีความงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (T1) โดยการฉายรังสีที่ 5 กิโลเกรย์ ทำให้ดัชนีความงอกลดลงมากกว่าการฉายรังสีที่ 3 กิโลเกรย์ สอดคล้องกับความงอกที่ลดลงมากกว่าตามที่ได้กล่าวข้างต้น (ตารางภาคผนวกที่ 18 รูปที่ 4.21) และในเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษาไม่พบค่าดัชนีความงอกเนื่องจากความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ฉายรังสีเท่ากับศูนย์ (ตารางภาคผนวกที่ 19 และรูปที่ 4.22) ดังนั้นทั้งการปลูกเชื้อราด้วยวิธีการคลุกด้วยสารละลายสปอร์ ทำให้มีการปนเปื้อนของเชื้อราเพิ่มขึ้น (ตารางภาคผนวกที่ 17 และรูปที่ 4.20) และการฉายรังสีแกมมาเป็นสาเหตุที่ทำให้ดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวลดลง จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงตามปริมาณรังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้น (Borzouei และคณะ, 2010; Chaomei และ Yanlin, 1993) ซึ่ง Kiong และคณะ (2008) เสนอว่ารังสีแกมมาอาจส่งผลให้สารควบคุมการเจริญเติบโตโดยเฉพาะอย่างยิ่ง cytokines ลดลง โดยอาจทำให้สารเกิดการสลายตัว หรือไม่อาจสังเคราะห์ได้ จึงทำให้ความสามารถในการงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง



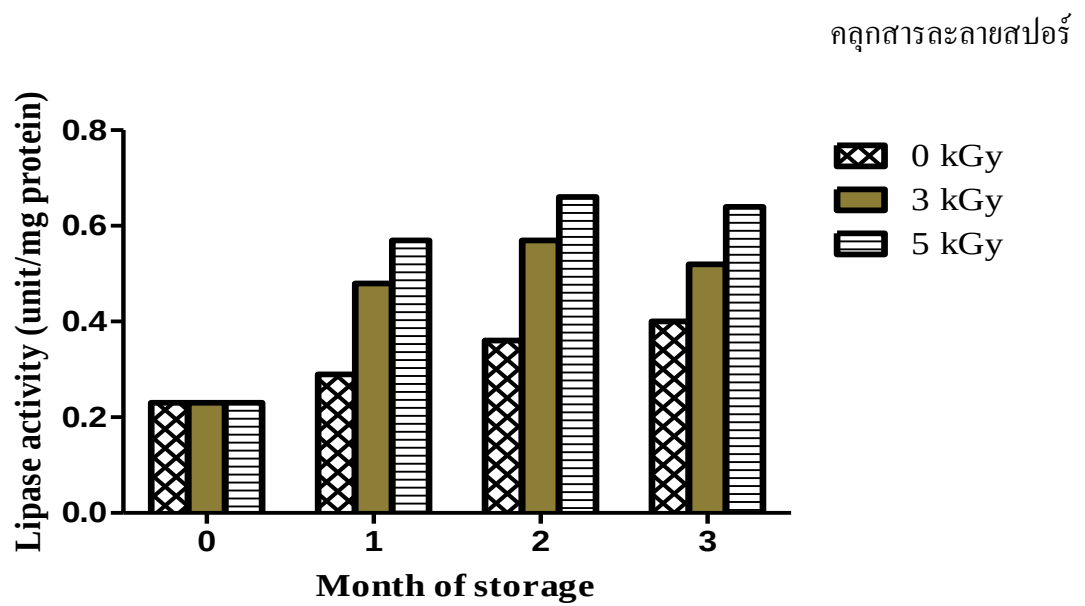
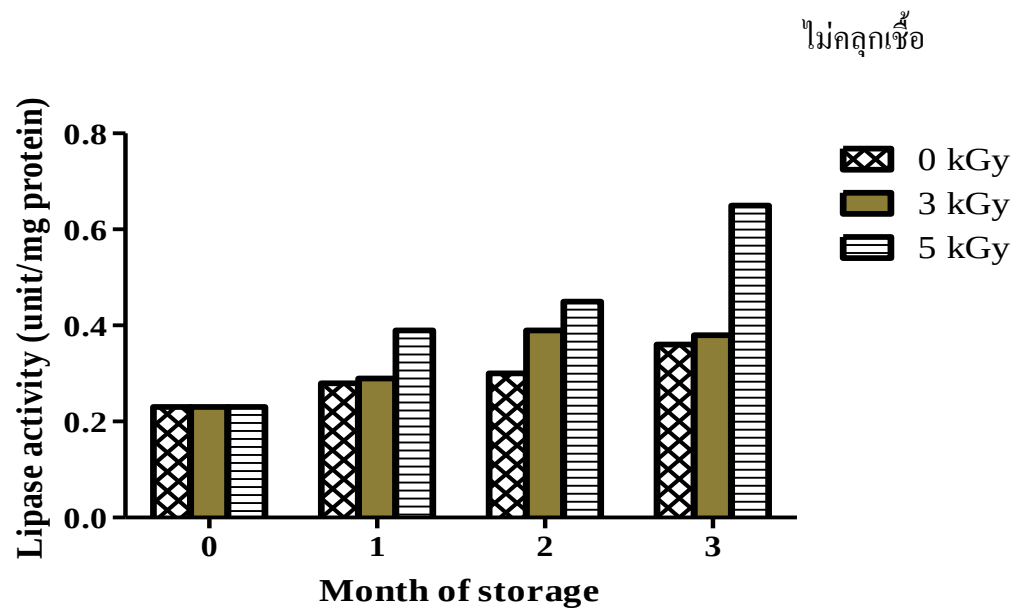
รูปที่ 4.22 คำนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกเชื้อรา *A. flavus* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

4.2.2.4.5 กิจกรรมไลเปส

กิจกรรมไลเปสมีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน จาก 0.23 เป็น 0.36 unit/mg protein ในชุดควบคุม (T1) ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อราด้วยวิธีการคลุกด้วยสารละลายสปอร์ (T4) (ตารางภาคผนวกที่ 20 รูปที่ 4.23) เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ปลูกและปลูกเชื้อ มาฉายรังสีปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ พบว่าการฉายรังสีที่ 3 กิโลเกรย์ (T2) ไม่ทำให้กิจกรรมไลเปสแตกต่างจากชุดควบคุม แต่การฉายรังสีที่ 5 กิโลเกรย์ (T3) กระตุ้นให้กิจกรรมไลเปสสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม (T1) และเมล็ดพันธุ์ที่ฉายรังสี 3 กิโลเกรย์ ตั้งแต่เดือนที่ 2 สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อ (T5 และ T6) พบว่าปริมาณรังสีทั้ง 3 และ 5 กิโลเกรย์ กระตุ้นให้กิจกรรมไลเปสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่เดือนที่ 1 จนถึงเดือนสุดท้ายของการ

เก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (T1) และเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อแต่ไม่ฉายรังสี (T4) นอกจากนี้พบว่ากิจกรรมไลเปสเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นทั้งในเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ปลูก (T2 และ T3) และปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยสารละลายสปอร์ (T5 และ T6) การฉายรังสีมีผลกระทบต่อง่ายกิจกรรมไลเปสสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทักษอร บุญชู (2547) พบว่ารังสีแกมมาปริมาณ 3-6 กิโลเกรย์ ซึ่งทำให้กิจกรรมไลเปสและปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น สาเหตุที่กิจกรรมเอนไซม์สูงขึ้นเนื่องจากพลังงานความร้อนจากรังสีก่อให้เกิดการแตกตัวของน้ำและการชนกันของโมเลกุลภายในเซลล์ ส่งผลให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้น (Bertolini และคณะ, 2001) ซึ่งอาจมีผลต่อโปรตีนและโดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อหุ้มเซลล์เสียหาย ทำให้เกิดการรั่วไหลของสารบางชนิด รวมทั้งไขมัน จึงทำให้ไขมันถูกไฮโดรไลซ์โดยไลเปส ได้กรดไขมันและกลีเซอรอล (Wong, 1898) ทำให้กิจกรรมไลเปสสูงขึ้น และส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น การสะสมของกรดไขมันอิสระที่มากขึ้นก่อให้เกิดความเป็นพิษภายในเซลล์ได้ และอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ฉายรังสีลดลงมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ฉายรังสี

นอกจากนี้พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อราด้วยวิธีการคลุกด้วยสารละลายสปอร์แล้วฉายรังสีเกิดความเสียหายมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ปลูกเชื้อรา ซึ่งพบการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมไลเปสอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่ 3 กิโลเกรย์ อาจเนื่องจากการปลูกเชื้อด้วยการคลุกสารละลายสปอร์ก่อนฉายรังสีทำให้เมทาบอลิซึมของเมล็ดพันธุ์ถูกกระตุ้นขึ้น ดังนั้นเมื่อนำไปฉายรังสีจึงอาจยิ่งกระตุ้นให้กระบวนการทางชีวเคมีของเมล็ดพันธุ์สูงขึ้นมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ปลูกเชื้อ ส่งผลให้มีกิจกรรมไลเปสเพิ่มขึ้นมากกว่า

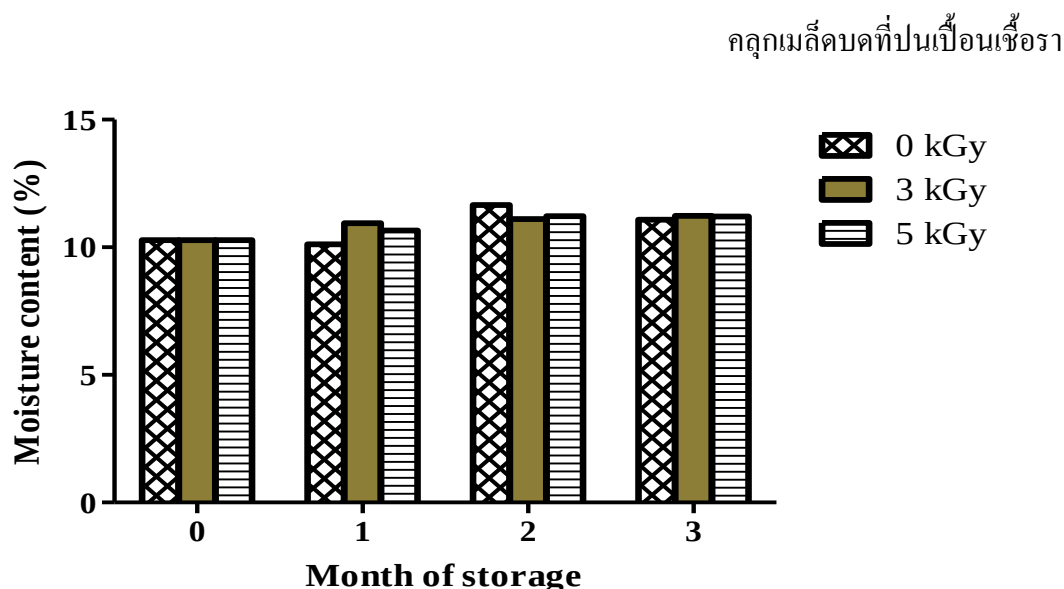
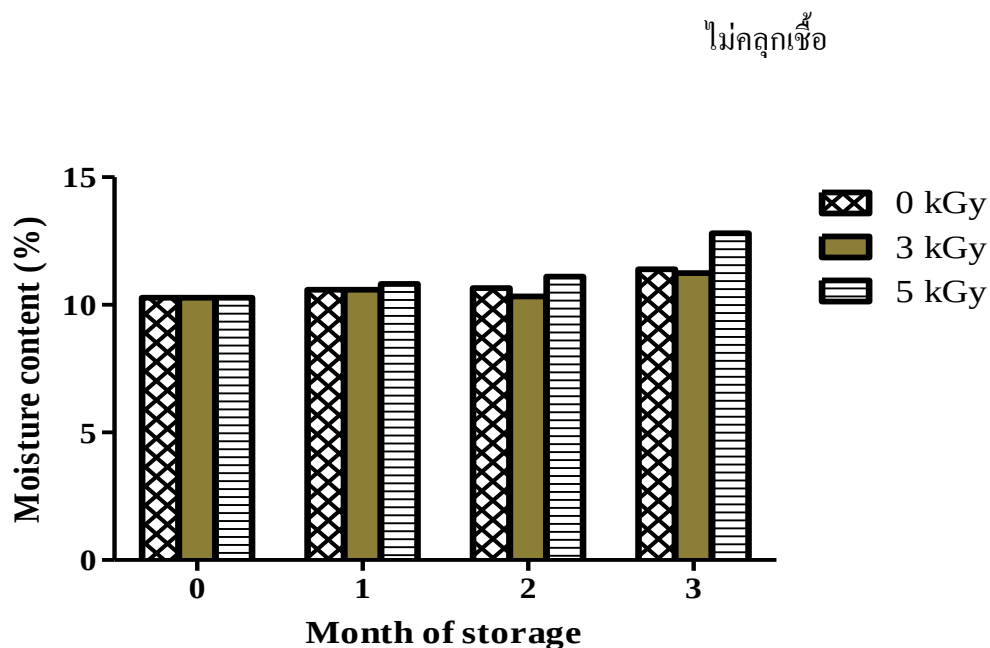


รูปที่ 4.23 กิจกรรมไลเปสของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกเชื้อรา *A. flavus* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

4.2.2.4.2 ผลของการปลูกเชื้อราด้วยการคลุกเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา และปริมาณรังสีแกมมาต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในระหว่างการเก็บรักษา

4.2.2.4.1 ความชื้น

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (ความชื้นเริ่มต้น 10.28 เปอร์เซ็นต์) ทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น (ตารางภาคผนวกที่ 21 และรูปที่ 4.24) แต่อย่างไรก็ตามความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราและไม่ฉายรังสี (T4) มีค่าสูงที่สุดในเดือนที่ 2 ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม (T1) แสดงว่าการปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราอาจมีผลทำให้ความชื้นในเมล็ดพันธุ์มีค่าสูงขึ้น แต่เมื่อพิจารณาผลของการฉายรังสีพบว่า ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ปลูก (T2 และ T3) และปลูกเชื้อ (T5 และ T6) แล้วฉายรังสีปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม (T1) จึงอาจกล่าวได้ว่าการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณดังกล่าวไม่มีผลต่อความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าว อย่างไรก็ตามความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันในเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวกที่ 21 และรูปที่... 4.24)

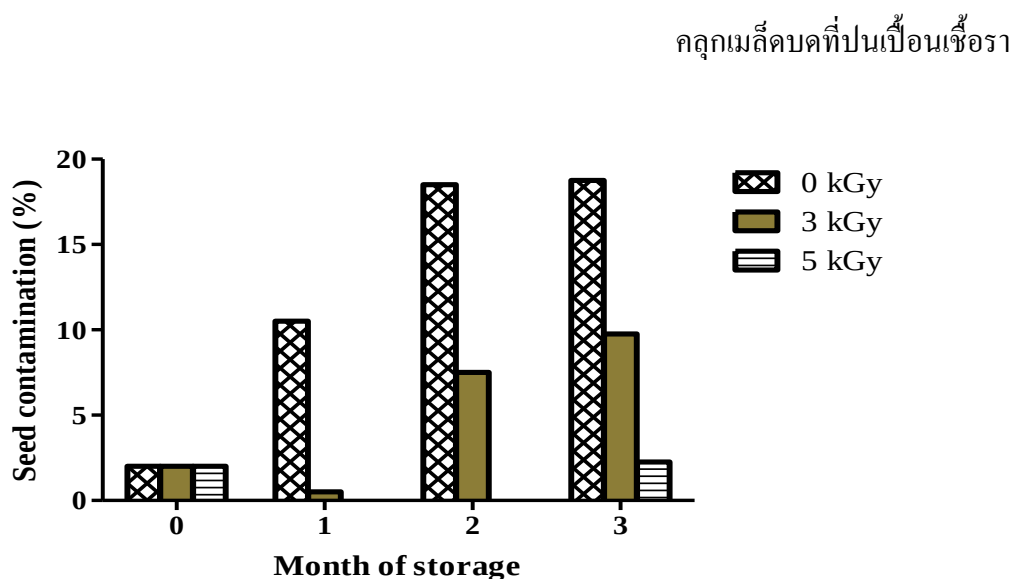
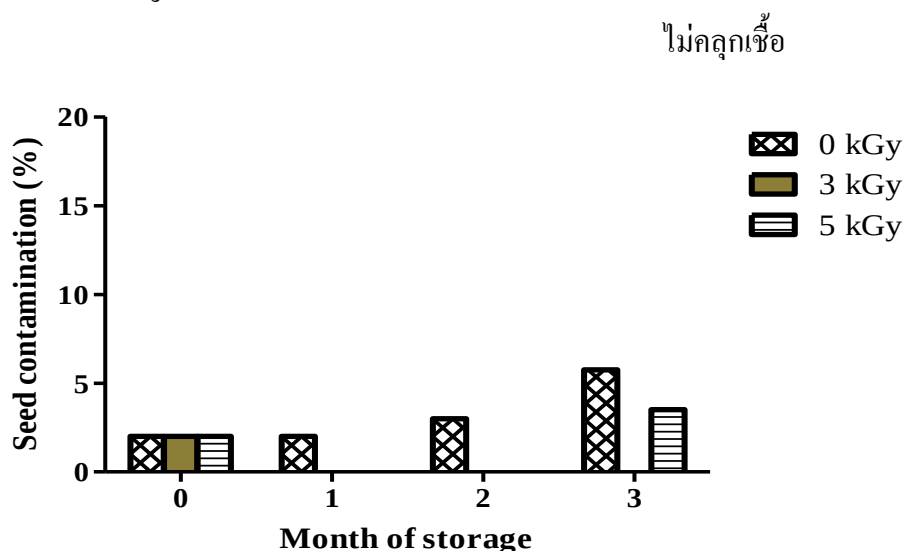


รูปที่ 4.24 ปริมาณความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกเชื้อรา *A. flavus* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

4.2.2.4.2 การปนเปื้อนเชื้อรา

เมล็ดพันธุ์ข้าวมีการปนเปื้อนเชื้อราเพียง 2 เปอร์เซ็นต์ ก่อนทำการทดลอง และมีการปนเปื้อนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน โดยมีการปนเปื้อนเชื้อราเท่ากับ 5.75 เปอร์เซ็นต์ ในชุดควบคุม (T1) (ตารางภาคผนวกที่ 22 และรูปที่ 4.25) ภายหลังการปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา (T4) พบว่ามีปริมาณเชื้อรา 10.50 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนที่ 1 และเพิ่มขึ้นเป็น 18.75 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนที่ 3 อย่างไรก็ตามพบว่า การฉายรังสีแกมมาที่ 3 และ 5 กิโลเกรย์ สามารถลดการ

ปนเปื้อนของเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ เป็นเวลา 1 และ 2 เดือน ในเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดคดที่ปนเปื้อนเชื้อรา T5 และ T6 ตามลำดับ แต่ในเดือนที่ 3 มีแนวโน้มการเจริญของเชื้อราเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากเชื้อราสามารถซ่อมแซมเซลล์ หรือเริ่มฟื้นฟูตัวเองจากความเสียหายที่เกิดจากรังสีได้จึงทำให้สามารถเจริญได้อีกครั้ง



รูปที่ 4.25 ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อราของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกเชื้อรา *A. flavus* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

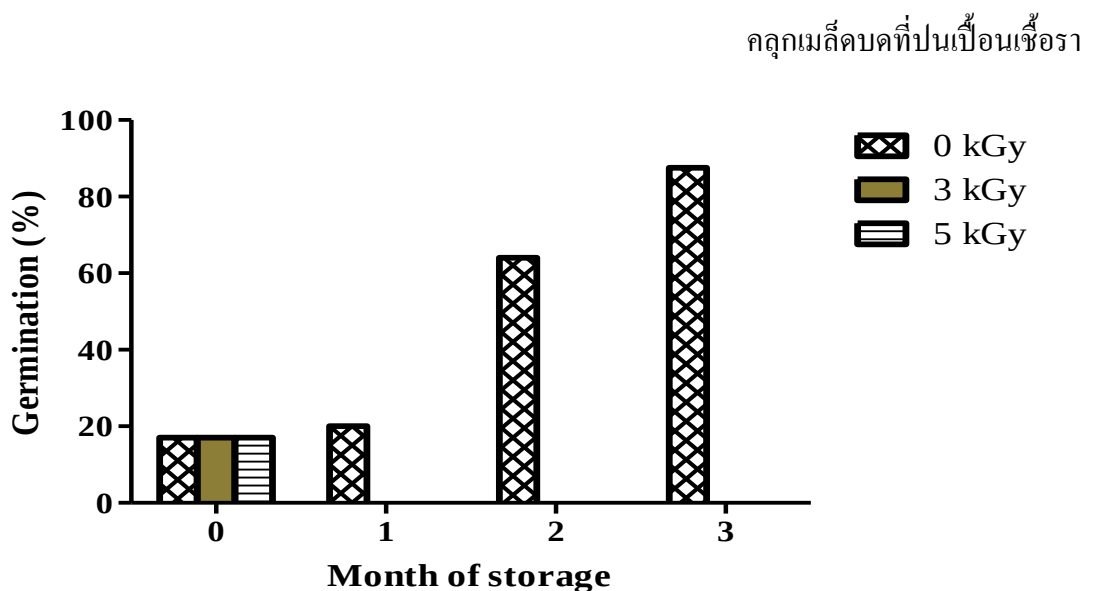
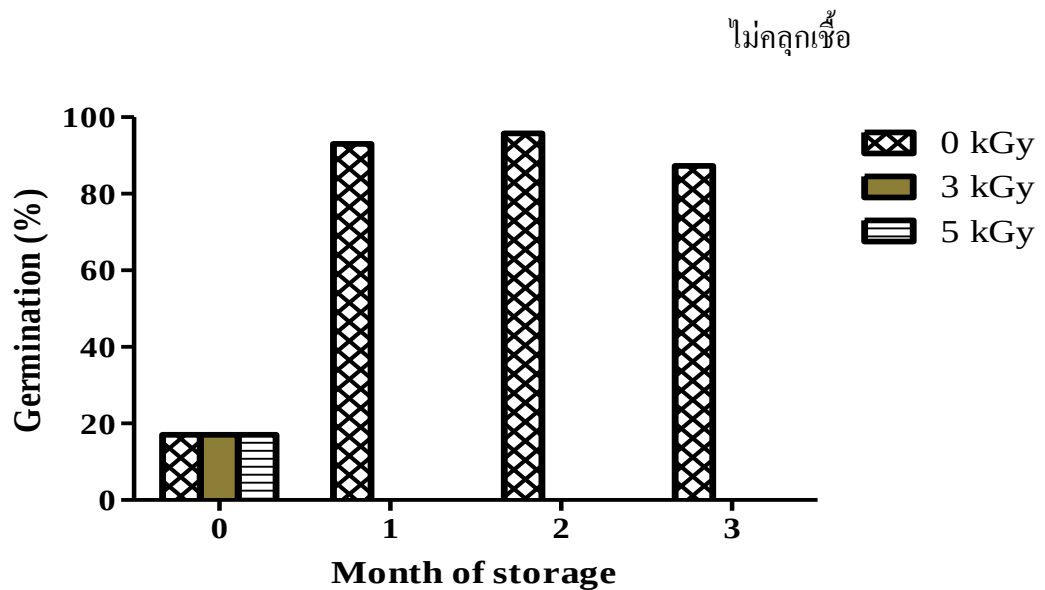
4.2.2.4.3 ความงอกของเมล็ด

ความงอกเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวมีค่าเท่ากับ 17 เปอร์เซ็นต์ (ตารางภาคผนวกที่ 23 และรูปที่ 4.27) ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวชุดควบคุม (T1) มีความงอกเพิ่มขึ้นถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนที่ 1 และ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 93.00 และ 95.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากนั้นลดลงเล็กน้อยในเดือนที่ 3 (87.25 เปอร์เซ็นต์) ของการเก็บรักษา ในทำนองเดียวกันความงอก

ของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ปลูกเชื่อด้วยการคลุกเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา (T4) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เท่ากับ 20.00 และ 64.00 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนที่ 1 และ 2 ตามลำดับ แต่มีค่าเพิ่มขึ้นช้ากว่าเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม (T1) อย่างไรก็ตามความงอกในเดือนที่ 3 เพิ่มขึ้นเท่ากับ 87.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม (T1) ความงอกเริ่มต้นมีค่าต่ำเนื่องจากเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองมีการพักตัวเนื่องจากเป็นข้าวใหม่ และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวเริ่มคลายการพักตัวจึงทำให้มีความงอกสูงขึ้น สำหรับการปลูกเชื่อด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราไม่ผลทำให้เมล็ดพันธุ์มีความสามารถในการงอกช้ากว่าเมล็ดในชุด ควบคุม (T1) อาจเนื่องมาจากวิธีการปลูกเชื่อดังกล่าวส่งผลให้เมล็ดพันธุ์เกิดความเครียด จึงทำให้เมล็ดพันธุ์งอกช้าในช่วงแรก ภายหลังการฉายรังสีปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้งที่ไม่ปลูกและปลูกเชื่อด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราไม่สามารถงอกได้ซึ่งมีความงอกเท่ากับศูนย์ จากการทดลองสังเกตพบว่า เมล็ดพันธุ์ที่ไม่สามารถงอกได้มีลักษณะผิดปกติของรากและยอด โดยรากสามารถแทงออกมาได้เพียงเล็กน้อย ในขณะที่ยอดไม่สามารถแทงออกมาได้ (รูปที่ 4.26) แสดงว่าการฉายรังสีที่ปริมาณดังกล่าวมีผลต่อส่วนยอดและรากซึ่งเป็นส่วนสำคัญสำหรับการเจริญของเมล็ดพันธุ์ ทำให้เมล็ดพันธุ์มีลักษณะที่ผิดปกติ (abnormal) และไม่สามารถงอกเป็นต้นที่สมบูรณ์ได้ เนื่องจากลักษณะของเมล็ดพันธุ์ข้าวมีองค์ประกอบเป็นโปรตีนและไขมันเป็นส่วนใหญ่ (จวงจันทร, 2529; วันชัย, 2538) ซึ่งเกิดความเสียหายจากการฉายรังสีได้ง่าย โดยรังสีอาจทำให้เซลล์เมมเบรน โปรตีน รวมทั้งเนื้อเยื่อเจริญเสียหายเป็นสาเหตุให้เมล็ดพันธุ์ผิดปกติและไม่สามารถงอกได้ จากการศึกษาการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 150-350 เกรย์ ในเมล็ดพันธุ์ข้าวบาสมาดิก 5 สายพันธุ์ พบว่าความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณรังสี ซึ่งรังสีอาจไปยับยั้งหรือทำให้การแบ่งตัวของเซลล์โดยเฉพาะในส่วนของรากผิดปกติไป (Ashraf และคณะ, 2003) รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชดังที่ได้กล่าวข้างต้น



รูปที่ 4.26 ลักษณะการงอกที่ผิดปกติของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 เดือน

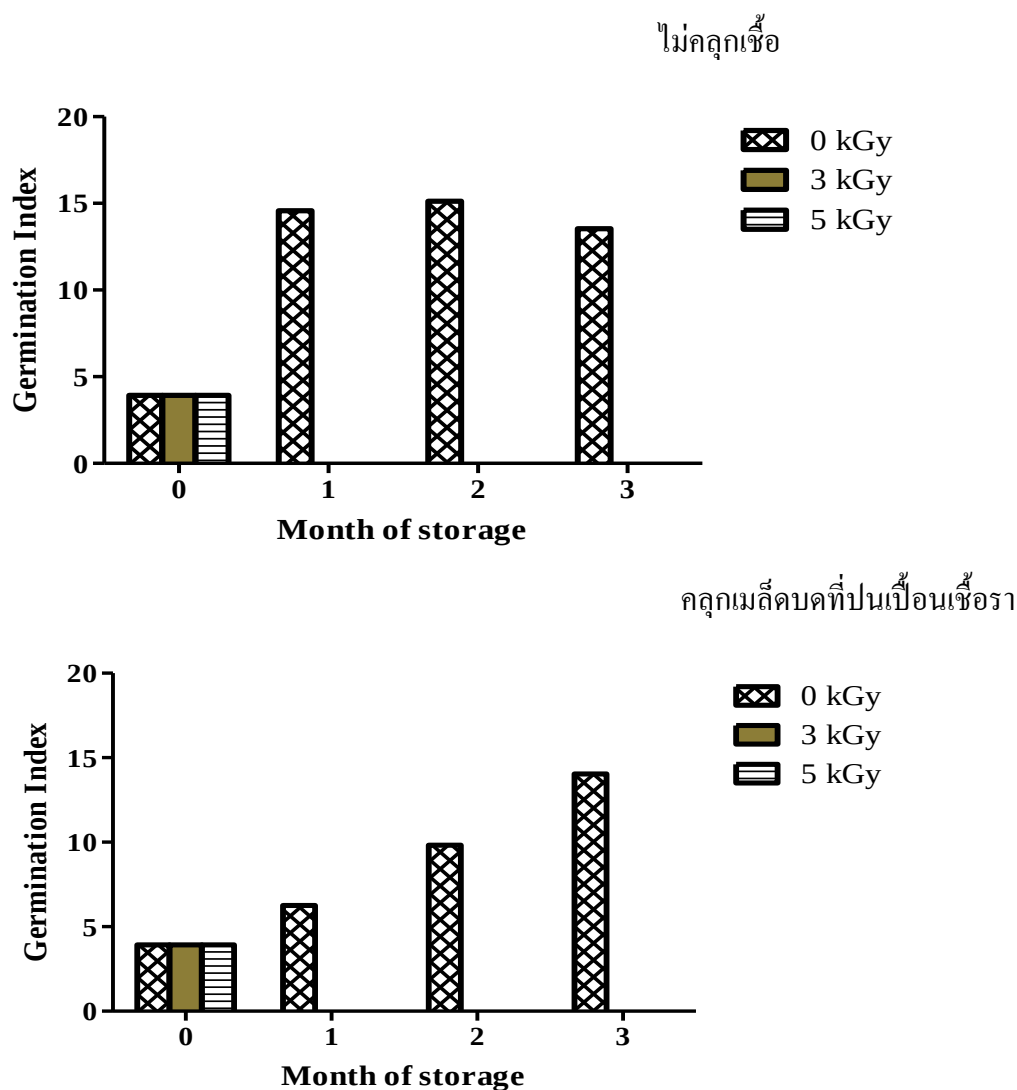


รูปที่ 4.27 เปอร์เซนต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกเชื้อรา *A. flavus* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

4.2.2.4.4 ดัชนีความงอก

ดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 3.92 และพบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้งที่ไม่ปลูกเชื้อ(T1) และปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดกับที่ปนเปื้อนเชื้อรา (T3) มีค่าดัชนีความงอกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาซึ่งสอดคล้องกับเปอร์เซนต์ความงอกที่เพิ่มขึ้น (ตารางภาคผนวกที่ 24และรูปที่ 4.27) โดยชุดควบคุม (T1) มีค่าสูงที่สุดในเดือนที่ 2 เท่ากับ 15.13 ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดกับที่ปนเปื้อนเชื้อรา (T4) มีค่าสูงที่สุดในเดือนที่ 3 เท่ากับ 14.04 (ตารางภาคผนวกที่ 24 และรูปที่ 4.28) ค่าดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดกับที่ปนเปื้อนเชื้อรา (T4) เพิ่มขึ้นช้ากว่าชุดควบคุม สอดคล้องกับความงอกที่เพิ่มขึ้นช้ากว่า

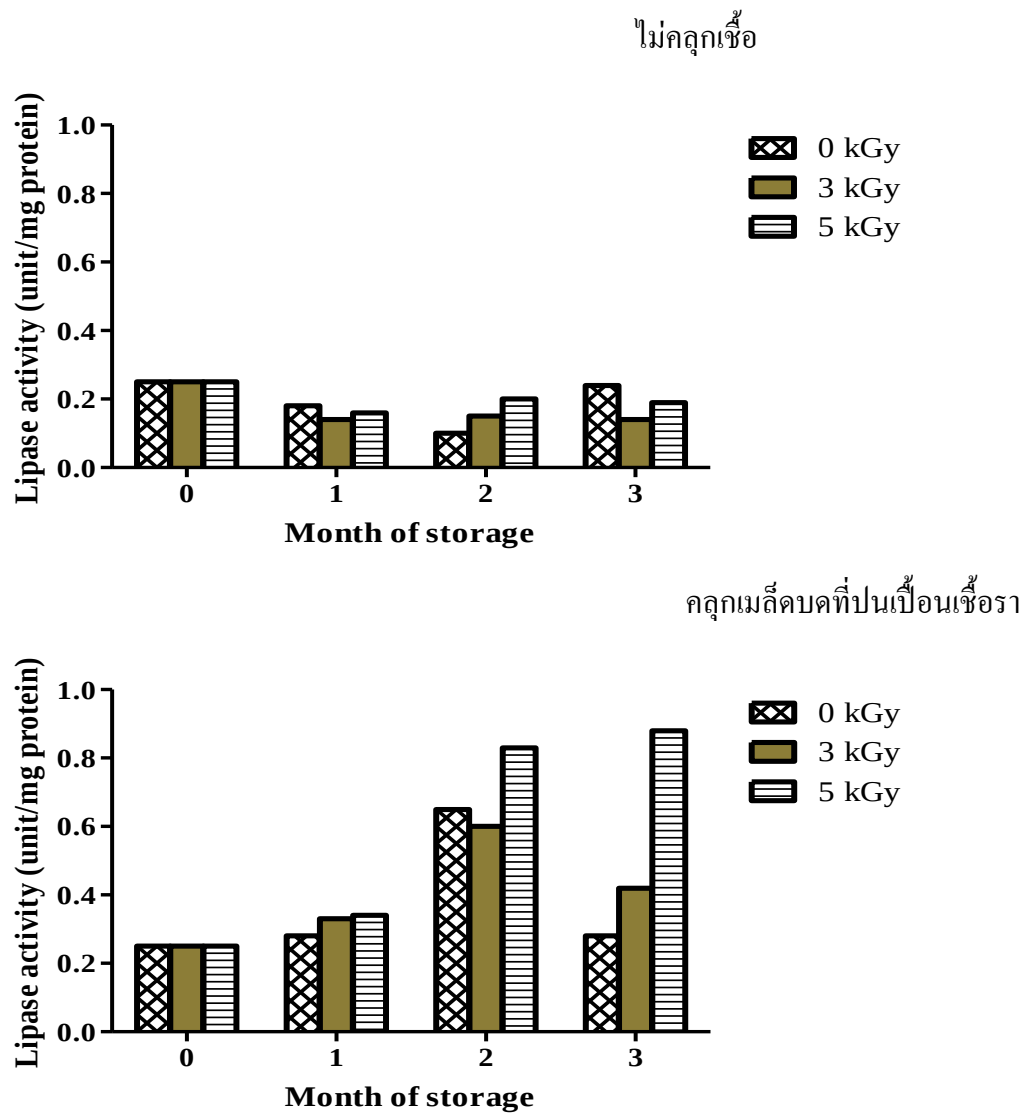
เช่นเดียวกัน (ตารางภาคผนวกที่ 23 และรูปที่ 4.27) ดัชนีความงอกที่เพิ่มขึ้นช้ากว่าจะมีสาเหตุจากความเครียดจากการปลูกเชื้อในช่วงแรก และการปนเปื้อนของเชื้อราที่เพิ่มขึ้น (ตารางภาคผนวกที่ 22 และรูปที่ 4.25) อาจส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีความสามารถในการงอกช้าลง และเนื่องจากการฉายรังสีที่ 3 และ 5 กิโลเกรย์ ทำให้เมล็ดพันธุ์เสียหายดังที่ได้กล่าวข้างต้น จึงทำให้เมล็ดพันธุ์ไม่สามารถงอกได้ (รูปที่ 4.26) และมีดัชนีความงอกเท่ากับศูนย์ (ตารางภาคผนวกที่ 24 และรูปที่ 4.28)



รูปที่ 4.28 ดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกเชื้อรา *A. flavus* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน

4.2.2.4.5 กิจกรรมไลเปส

กิจกรรมไลเปสมีค่า 0.25 unit/mg protein ก่อนทำการเก็บรักษา โดยชุดควบคุม (T1) ค่อนข้างคงที่ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา (T4) มีกิจกรรมไลเปสเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนที่ 1 และมีความสูงที่สุดในเดือนที่ 2 (0.65 unit/mg protein) จากนั้นมีค่าลดลงในเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวกที่ 25 และรูปที่ 4.29) การที่กิจกรรมไลเปสของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ปลูกเชื้อด้วยการคลุกเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา (T4) สูงขึ้นน่าจะเนื่องจากปริมาณเชื้อราที่ปนเปื้อนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นใน T4 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (T1) (ตารางภาคผนวกที่ 22 และรูปที่ 4.25) ส่งผลให้เมตาบอลิซึมของเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อสูงขึ้น และกระตุ้นให้กิจกรรมไลเปสในเมล็ดพันธุ์ข้าวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เชื้อรา *A. flavus* ที่ปนเปื้อนในเมล็ดพันธุ์ข้าวสามารถผลิตไลเปสเพื่อย่อยไขมันได้ ดังนั้นจึงอาจส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมไลเปสด้วยเช่นกัน ภายหลังการฉายรังสีพบว่า เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ (T2 และ T3) มีกิจกรรมไลเปสเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างเมล็ดพันธุ์ที่ฉายรังสีทั้ง 3 (T2) และ 5 กิโลเกรย์ (T3) กับชุดควบคุม (T1) อย่างไรก็ตาม เมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา (T5 และ T6) มีกิจกรรมไลเปสสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการฉายรังสีที่ปริมาณ 3 และ 5 กิโลเกรย์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (T1) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อแต่ไม่ฉายรังสี (T4) จนถึงเดือนที่ 2 อย่างไรก็ตามในเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อและฉายรังสี 5 กิโลเกรย์ (T6) มีกิจกรรมไลเปสสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อด้วยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อราและฉายรังสี (T5 และ T6) มีกิจกรรมไลเปสเพิ่มขึ้นมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อและไม่ฉายรังสี (T4) น่าจะเนื่องจากการคลุกเชื้อก่อนการฉายรังสีกระตุ้นให้เมตาบอลิซึมของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น ภายหลังการฉายรังสีจึงยิ่งทำให้กระบวนการทางชีวเคมีสูงขึ้น ส่งผลให้กิจกรรมไลเปสสูงขึ้นมากกว่า และอาจมีผลจากการเข้าทำลายของเชื้อราบางส่วนที่รอดชีวิตจากการฉายรังสีร่วมด้วย (ตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3) แต่อย่างไรก็ตามการฉายรังสีที่ปริมาณดังกล่าวไม่มีผลต่อกิจกรรมไลเปสในเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ปลูกเชื้อ (T2 และ T3) อาจเป็นเพราะเมตาบอลิซึมของเมล็ดพันธุ์ไม่ได้ถูกกระตุ้นให้สูงขึ้นก่อนการฉายรังสี จึงให้ผลแตกต่างจากเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกเชื้อโดยวิธีการคลุกด้วยเมล็ดบดที่ปนเปื้อนเชื้อรา (T5 และ T6)



รูปที่ 4.29 กิจกรรมไลเปสของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกเชื้อรา *A. flavus* และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 และ 5 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน