สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลจากตัวอย่างสำลี

6.1 ผลจำนวนเชื้อที่พบบนสำลี

6.1.1 จำนวนเชื้อบนสำลีที่ยังไม่ได้อาบรังสี

จากการทดลองเพาะเลี้ยงเชื้อโดยใช้ตัวอย่างสำลีที่ยังไม่ได้อาบรังสี จำนวน 40 ชิ้น และนับจำนวนโคโลนีทั้งหมดในแต่ละตัวอย่าง ผลดังในตารางที่ 17 พอจะสรุปได้ดังนี้

จำนวนเชื้อมากสุด (aerobic+anaerobic+mould) 63 โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง
จำนวนเชื้อน้อยสุด (aerobic+anaerobic+mould) 43 โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง
จำนวนเชื้อเฉลี่ย (aerobic+anaerobic+mould) 50.7 โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง

จำนวนเชื้อกระจายมากน้อยดังแสดงในตารางที่ 22 พอแยกการกระจายของแต่ละโคโลนีในแบบ aerobic, anaerobic and mould ได้ดังนี้

สำหรับเชื้อพวก aerobic มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 26-30 โคโลนี
สำหรับเชื้อพวก anaerobic มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 11-15 โคโลนี
สำหรับเชื้อพวก mould มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 6-10 โคโลนี
Total (aerobic+anaerobic+mould) มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 46-50 โคโลนี

จากจำนวนเชื้อที่แสดงมีจำนวนเชื้อบักเตรีมากกว่าเชื้อรา ทั้ง ๆ ที่น่าจะพบรามากกว่าบักเตรี เพราะจุดกำเนิดจากสำลีทำมาจากพืชที่มี cellulose เป็นส่วนประกอบ และในประเทศที่มีอากาศร้อนและความชื้นสูงควรจะมีเชื้อรา contaminate มาก แต่กลับพบเชื้อราน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกรรมวิธีการผลิตสำลีจากองค์การเภสัชกรรมทำให้ห้อง aseptic และสะอาดพอ จึงทำให้เชื้อรา contaminate ได้น้อย จึงพบเชื้อ

ราในตัวอย่างสำสีน้อย

6.1.2 จำนวนเชื้อบนสำสีหลังจากอาบรังสี 0.8 Mrad แล้ว

จากการทดลองเลี้ยงเชื้อโดยใช้ตัวอย่างสำลีหลังจากอาบรังสี 0.8 Mrad แล้วจำนวน 40 ชิ้น และนับจำนวนโคโลนีทั้งหมดในแต่ละตัวอย่าง ผลดังในตารางที่ 18 พอสรุปได้ดังนี้

จำนวนเชื้อมากสุด (aerobic+anaerobic+mould) 43 โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง
จำนวนเชื้อน้อยสุด (aerobic+anaerobic+mould) 27 โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง
จำนวนเชื้อเฉลี่ย (aerobic+anaerobic+mould) 36.5โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง

จำนวนเชื้อกระจายมากน้อยดังแสดงในตารางที่ 23 พอแยกการกระจายของแต่ละโคโลนีในแบบ aerobic, anaerobic and mould ได้ดังนี้

สำหรับเชื้อพวก aerobic มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 21 - 25 โคโลนี
สำหรับเชื้อพวก anaerobic มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 11 - 15 โคโลนี
สำหรับเชื้อพวก mould มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 1 - 5 โคโลนี
Total (aerobic+anaerobic+mould) มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 36-40 โคโลนี

จะเห็นได้ว่าจำนวนเชื้อมีแนวโน้มลดลงคือจาก จำนวนเชื้อเฉลี่ยจาก 50.7 โคโลนีเหลือ 36.5 โคโลนี การกระจายก็อยู่ในช่วงที่น้อยลงคือเดิมจำนวนเชื้อมากสุดจะกระจายอยู่ในช่วง 40-50 โคโลนี เหลือกระจายในช่วง 36-40 โคโลนี ที่ลดลงอาจจะเนื่องมาจากรังสีทำลายเชื้อที่มีความต้านทานต่อรังสีน้อย ทำให้จำนวนเชื้อลดลง หรือเนื่องจากตัวอย่างที่นำมาทดลองมีจำนวนเชื้อเริ่มต้นไม่เท่ากันและชนิดเดียวกัน เมื่อนำมาอาบรังสีก็จะได้จำนวนไม่เท่าเดิม โดยที่ไม่ได้ เนื่องจากรังสีเพราะตัวอย่างที่นำมาทดลองไม่ได้มาจากชิ้นเดียวกัน

6.1.3 จำนวนเชื้อบนสำลีหลังจากอาบรังสี 1.0 Mrad แล้ว

จากการทดลองเพาะเลี้ยงเชื้อโดยใช้ตัวอย่างสำลีหลังจากอาบรังสี 1.0 Mrad แล้ว จำนวน 40 ชิ้น และนับจำนวนโคโลนีทั้งหมดในแต่ละตัวอย่าง ผลดังในตารางที่ 19 พอสรุปได้ดังนี้

จำนวนเชื้อมากสุด (aerobic+anaerobic+mould) 13 โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง
จำนวนเชื้อน้อยสุด (aerobic+anaerobic+mould) 1 โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง
จำนวนเชื้อเฉลี่ย (aerobic+anaerobic+mould) 8.7โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง

จำนวนเชื้อกระจายมากน้อยดังแสดงในตารางที่ 24 พอแยกการกระจายของแต่ละโคโลนีในแบบ aerobic,anaerobic and mould ได้ดังนี้

สำหรับเชื้อพวก aerobic มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 1 - 5 โคโลนี
สำหรับเชื้อพวก anaerobic มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 1 - 5 โคโลนี
สำหรับเชื้อพวก mould มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 1 - 5 โคโลนี
Total (aerobic+anaerobic+mould) มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 6-10 โคโลนี

จากจำนวนเชื้อที่แสดงในตารางจะเห็นได้ว่า จำนวนเชื้อมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด จากจำนวนเฉลี่ย 50.7 โคโลนีต่อหนึ่งตัวอย่างเหลือ 8.7 โคโลนีต่อหนึ่งตัวอย่าง การกระจายก็กระจายในช่วง ที่ต่ำลงมาคือจากช่วง 40 - 50 โคโลนี มากระจายในช่วง 6 - 10 โคโลนี ซึ่งแสดงว่ามีแนวโน้มต่ำลง แสดงว่ายิ่งใช้ปริมาณรังสีสูงขึ้นจำนวนเชื้อที่ recover ได้ก็ลดลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอธิบายได้ว่าเพราะรังสีปริมาณนี้ทำลายเชื้อที่มีความต้านทานไม่เกิน 1.0 Mrad ตายไปทำให้นับจำนวนได้น้อยกว่า หรืออาจจะมาจากตัวอย่างไม่ใช่มาจากตัวอย่างเดียวกัน ทำให้จำนวนและชนิดเริ่มต้นไม่เท่ากัน จำนวนเชื้อที่นับได้หลังจากอาบรังสีจึงลดน้อยลง

6.1.4 จำนวนเชื้อบนสำลีหลังจากอาบรังสี 1.2 Mrad แล้ว

จากการทดลองเพาะเลี้ยงเชื้อโดยใช้ตัวอย่างสำลีหลังจากอาบรังสี 1.2 Mrad แล้ว จำนวน 40 ชิ้น และนับจำนวนโคโลนีทั้งหมดในแต่ละตัวอย่าง ผลดังในตารางที่ 20 พอสรุปได้ดังนี้

จำนวนเชื้อมากสุด (aerobic+anaerobic+mould) 15 โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง
จำนวนเชื้อน้อยสุด (aerobic+anaerobic+mould) 8 โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง
จำนวนเชื้อเฉลี่ย (aerobic+anaerobic+mould) 11.8 โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง

จำนวนเชื้อกระจายมากน้อยดังแสดงในตารางที่ 25 พอแยกการกระจายของแต่ละโคโลนีในแบบ aerobic, anaerobic and mould ได้ดังนี้

สำหรับเชื้อพวก aerobic มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 1 - 5 โคโลนี
สำหรับเชื้อพวก anaerobic มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 6 - 10 โคโลนี
สำหรับเชื้อพวก mould มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 1 - 5 โคโลนี
Total (aerobic+anaerobic+mould) มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 11-15 โคโลนี

จากจำนวนเชื้อเฉลี่ยหลังจากอาบรังสี 1.2 Mrad แล้วเท่ากับ 11.8 โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง แต่หลังจากอาบรังสี 1.0 Mrad เหลือเท่ากับ 8.7 โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง ตามทฤษฎีปริมาณรังสีสูงควรจะพบเชื้อมีจำนวนน้อยกว่าปริมาณรังสีต่ำ จากการทดลองนี้ไม่เป็นตามนั้น แสดงว่าความไม่สม่ำเสมอของการกระจายของเชื้อในแต่ละตัวอย่างมีจริง แต่การที่จำนวนเชื้อที่ปริมาณรังสี 1.2 Mrad มีมากกว่าปริมาณรังสี 1.0 Mrad นั้น เราจะสรุปว่าที่ปริมาณรังสี 1.2 Mrad ทำลายเชื้อได้น้อยกว่าปริมาณรังสี 1.0 Mrad ไม่ได้ เราจะต้องดูผลที่หลาย ๆ ปริมาณรังสีก่อนจึงจะสรุปได้ ซึ่งจะกล่าวในตอนสรุปผลอีกครั้งหนึ่ง

6.1.5 จำนวนเชื้อบนสำลีหลังจากอาบรังสี 1.4 Mrad แล้ว

จากการทดลองเพาะเลี้ยงเชื้อโดยใช้ตัวอย่างสำลีหลังจากอาบรังสี 1.4 Mrad แล้ว จำนวน 40 ชิ้น และนับจำนวนโคโลนีทั้งหมดในแต่ละตัวอย่าง ผลดังในตารางที่ 21 พอสรุปได้ดังนี้

จำนวนเชื้อมากสุด (aerobic+anaerobic+mould) 13 โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง
จำนวนเชื้อน้อยสุด (aerobic+anaerobic+mould) 1 โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง
จำนวนเชื้อเฉลี่ย (aerobic+anaerobic+mould) 8.3 โคโลนี ต่อหนึ่งตัวอย่าง

จำนวนเชื้อกระจายมากน้อยดังแสดงในตารางที่ 26 พอแยกการกระจายของแต่ละโคโลนีในแบบ aerobic, anaerobic and mould ได้ดังนี้

สำหรับเชื้อพวก aerobic มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 1 - 5 โคโลนี
สำหรับเชื้อพวก anaerobic มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 1 - 5 โคโลนี
สำหรับเชื้อพวก mould มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 1 - 5 โคโลนี
Total (aerobic+anaerobic+mould) มีการกระจายมากที่สุดในช่วง 6-10 โคโลนี

จะเห็นได้ว่าจำนวนเฉลี่ยต่อหนึ่งตัวอย่างลดลงคือ เดิมนับจำนวนเฉลี่ยได้ 50.7 โคโลนี อาบรังสีแล้วเหลือ 8.3 โคโลนี ซึ่งก็มีแนวโน้มลดลง ซึ่งเนื่องมาจากรังสีปริมาณ 1.4 Mrad ทำลายเชื้อที่ไม่สามารถจะต้านทานต่อรังสีปริมาณนี้ได้ตายไปทำให้ recover เชื้อเหล่านี้ไม่ได้ จำนวนเชื้อจึงลดน้อยลง หรืออาจจะเนื่องมาจากตัวอย่างสำลีที่นำมาทดลองไม่ได้มาจากตัวอย่างชิ้นเดียวกัน ทำให้จำนวนเชื้อเริ่มต้นมีจำนวนไม่เท่ากัน เมื่อนำมาเพาะเลี้ยงทั้งก่อนและหลังอาบรังสีมีจำนวนไม่เท่ากันด้วย

6.1.6 จำนวนเชื้อบนสำลีหลังจากอาบรังสี 1.6 Mrad แล้ว

จากการทดลองเพาะเลี้ยงเชื้อโดยใช้ตัวอย่างสำลีที่อาบรังสี 1.6 Mrad แล้ว จำนวน 40 ชิ้น และนับจำนวนโคโลนีทั้งหมดในแต่ละตัวอย่าง ผลพอสรุปได้ดังนี้

ไม่มีเชื้อ (aerobic, anaerobic and mould)เจริญเลยทั้ง 40 ตัวอย่าง

แสดงให้เห็นว่าปริมาณรังสีขนาด 1.6 Mrad สามารถทำลายเชื้อบนสำลีตัวอย่าง 40 ชิ้นที่นำมาทดลองนี้ได้ จนไม่สามารถจะ recover เชื้อได้อีกแล้วจากวิธีการทดลองเพาะเลี้ยงที่ใช้ในการทดลองนี้ได้

6.1.7 จำนวนเชื้อสำลีหลังจากอาบรังสี 2.5 Mrad แล้ว

จากการทดลองเพาะเลี้ยงเชื้อโดยใช้ตัวอย่างสำลีที่อาบรังสีแล้ว 2.5 Mrad จำนวน 40 ชิ้น และนับจำนวนโคโลนีทั้งหมดในแต่ละตัวอย่าง ผลสรุปได้ดังนี้

ไม่มีเชื้อ (aerobic, anaerobic and mould) เจริญเลยทั้ง 40 ตัวอย่าง

แสดงให้เห็นว่าปริมาณรังสีขนาด 1.6 Mrad สามารถทำลายเชื้อบนสำลีตัวอย่าง 40 ชิ้นที่นำมาทดลองนี้ได้ จนไม่สามารถจะ recover เชื้อได้อีกแล้วจากวิธีการทดลองเพาะเลี้ยงที่ใช้ในการทดลองนี้ได้

6.1.8 ตารางเปรียบเทียบเพื่อแสดงว่าจำนวนเชื้อถูกทำลายและลดลงตามปริมาณรังสีที่ใช้

จากตารางที่ 27 จะเห็นได้ว่าในปริมาณรังสีขนาด ต่าง ๆ กันจำนวนเชื้อเฉลี่ยต่อหนึ่งตัวอย่างลดหลั่นกันดังนี้

สำลีที่ยังไม่ได้อาบรังสี มีจำนวนเชื้อเฉลี่ย 50.7 โคโลนีต่อหนึ่งตัวอย่าง
สำลีที่อาบรังสี 0.8 Mrad แล้ว เหลือจำนวนเชื้อเฉลี่ย 36.5 โคโลนีต่อหนึ่งตัวอย่าง
สำลีที่อาบรังสี 1.0 Mrad แล้ว เหลือจำนวนเชื้อเฉลี่ย 8.7 โคโลนีต่อหนึ่งตัวอย่าง
สำลีที่อาบรังสี 1.2 Mrad แล้ว เหลือจำนวนเชื้อเฉลี่ย 11.8 โคโลนีต่อหนึ่งตัวอย่าง
สำลีที่อาบรังสี 1.4 Mrad แล้ว เหลือจำนวนเชื้อเฉลี่ย 8.3 โคโลนีต่อหนึ่งตัวอย่าง
สำลีที่อาบรังสี 1.6 Mrad แล้ว เหลือจำนวนเชื้อเฉลี่ย 0 โคโลนีต่อหนึ่งตัวอย่าง

สาสีที่อาบรังสี 2.5 Mrad แล้ว เหลือจำนวนเชื้อเฉลี่ย 0 โคโลนีต่อหนึ่งตัวอย่าง

จะเห็นได้ว่าจำนวนเชื้อมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณรังสีมากขึ้น เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนเชื้อเทียบกับที่ยังไม่อาบรังสีมีดังนี้

เปอร์เซ็นต์ของเชื้อที่ยังไม่ได้อาบรังสี	100 %
เปอร์เซ็นต์ของเชื้อหลังจากอาบรังสี 0.8 Mrad	แล้วเหลือ 71.9%
เปอร์เซ็นต์ของเชื้อหลังจากอาบรังสี 1.0 Mrad	แล้วเหลือ 17.2%
เปอร์เซ็นต์ของเชื้อหลังจากอาบรังสี 1.2 Mrad	แล้วเหลือ 23.3%
เปอร์เซ็นต์ของเชื้อหลังจากอาบรังสี 1.4 Mrad	แล้วเหลือ 16.4%
เปอร์เซ็นต์ของเชื้อหลังจากอาบรังสี 1.6 Mrad	แล้วเหลือ 0 %
เปอร์เซ็นต์ของเชื้อหลังจากอาบรังสี 2.5 Mrad	แล้วเหลือ 0 %

เป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์จำนวนเชื้อจะลดลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การทำลายเชื้อได้ดังนี้

ยังไม่ได้อาบรังสี	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ถูกทำลาย เป็น 0 %
อาบรังสี 0.8 Mrad	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ถูกทำลาย เป็น 28.0 %
อาบรังสี 1.0 Mrad	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ถูกทำลาย เป็น 82.8 %
อาบรังสี 1.2 Mrad	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ถูกทำลาย เป็น 76.7 %
อาบรังสี 1.4 Mrad	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ถูกทำลาย เป็น 83.6 %
อาบรังสี 1.6 Mrad	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ถูกทำลาย เป็น 100 %
อาบรังสี 2.5 Mrad	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ถูกทำลาย เป็น 100 %

จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การทำลายเชื้อเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณรังสีที่ใช้หรือที่เพิ่มขึ้น และคิดเป็นความหนาแน่นของเชื้อตามปริมาณรังสีที่ใช้ดังนี้

ยังไม่ได้อาบรังสี	ความหนาแน่นของเชื้อ	51 - 60	โคโลนี
อาบรังสี 0.8 Mrad	ความหนาแน่นของเชื้อ	36 - 40	โคโลนี
อาบรังสี 1.0 Mrad	ความหนาแน่นของเชื้อ	6 - 15	โคโลนี
อาบรังสี 1.2 Mrad	ความหนาแน่นของเชื้อ	11 - 15	โคโลนี
อาบรังสี 1.4 Mrad	ความหนาแน่นของเชื้อ	6 - 10	โคโลนี
อาบรังสี 1.6 Mrad	ความหนาแน่นของเชื้อ	0	โคโลนี
อาบรังสี 2.5 Mrad	ความหนาแน่นของเชื้อ	0	โคโลนี

โดยสรุปแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้รังสีสูงขึ้น จำนวนเชื้อมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น และลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงปริมาณรังสี 1.6 Mrad ก็ไม่สามารถจะ recover เชื้อได้อีกแล้ว พอจะเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าปริมาณรังสี 1.6 Mrad สามารถทำลายเชื้อบนสำลีตัวอย่างได้หมดจนไม่สามารถจะ recover เชื้อได้อีกแล้ว สำหรับของ IAEA ที่สหรัฐอเมริกา โดย Ethicon ได้ทำการค้นคว้าทดลองว่า จำนวนเชื้อที่ contaninate น้อยกว่า 10^3 ต่อ item มาก ก็อาจใช้ปริมาณรังสีน้อยกว่า 2.5 Mrad ได้ แต่เพื่อความปลอดภัย (safety factor) ควรใช้ปริมาณรังสีเฉลี่ย 2.5 Mrad[1] ทำลายเชื้อเป็นต้น

6.2 ผลแยกตามชนิดของเชื้อที่พบบนสำลีตัวอย่าง

6.2.1 ชนิดของเชื้อที่พบบนสำลีตัวอย่าง

จากการเพาะเลี้ยงเชื้อจากสำลีตัวอย่าง 40 ตัวอย่างที่ยังไม่ได้อาบ

---

[1]Christensen, E.A., "Hygienic Requirements, Sterility Criteria, and Quality and Sterility Control," Manual on Radiation Sterlization of Medical and Biological Materials, Technical reports series No.149, IAEA, VIENNA, 1973 (131-152).

รังสีแล้วดูผลใน 48 ชั่วโมง เลือกดู colony ที่แยกเดี่ยว ๆ มาทำให้เชื้อบริสุทธิ์ สังเกตดูลักษณะโคโลนีและจากการทำ Gram's reaction กับการทดลองต่าง ๆ ตามตาราง ที่ 28 ผลพบเชื้อบนสำลีตัวอย่างดังนี้

สัญญลักษณ์	ลักษณะ colony
พวก aerobic	
a	Yellow, circular, smooth, convex, entire, glistening
b	White, filamentous, erose, opaque
c	White, circular, smooth, raised, glistening
d	White, circular, rugosed, raised, opaque
e	Yellowise, umbonate, curled, rugosed, opaque
พวก mould	
j	White mould
g	White mould with black spore
พวก anaerobic	
h	White, Spindle growth in agar, dull
i	White, circular, smooth, convex, entire, glistening
j	Gray, umbonate, curled, rugose, opaque
k	White gray, circular, effuse, entire, concentric translucent

6.2.2 เชื้อที่ทำการทดสอบและพบหลังจากอาบรังสีแล้ว 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6 และ 2.5 Mrad

จากตารางที่ 29 โดยการเพาะเลี้ยงเชื้อชนิดเดียวกันหรือไม่ แล้วพบว่า

ปริมาณรังสีขนาด 0.8 Mrad มีเชื้อถูกทำลายหมดไป 1 เชื้อ คือ เชื้อ ซึ่งเป็น aerobic bacteria ชนิด Gram's negative rod ซึ่งแสดงว่าเป็นเชื้อที่ไม่มีความต้านทานต่อรังสีปริมาณ 0.8 Mrad เพราะ recover เชื้อนี้ไม่พบในการทดลองเลย ส่วนเชื้ออื่นอีก 11 ชนิดยัง recover ได้จากการทดลอง แสดงว่าเชื้อทั้ง 11 ชนิดนี้ยังมีความต้านทานต่อปริมาณรังสีขนาด 0.8 Mrad ได้

ปริมาณรังสีขนาด 1.0 Mrad มีเชื้อถูกทำลายไป 3 ชนิด คือ e, f และ k ซึ่งเป็น aerobic bacteria ชนิด Gram's positive rod 1 เชื้อ เป็นเชื้อรา 1 เชื้อ และ aerobic bacteria ชนิด Gram's positive rod 1 เชื้อ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเชื้อทั้ง 3 ชนิดนี้ไม่มีความต้านทานต่อรังสีปริมาณ 1.0 Mrad เลย จึงถูกทำลายหมดไป ไม่สามารถ recover เชื้อได้จากการทดลองนี้ ส่วนเชื้ออื่นอีก 9 ชนิดยังคงมีความต้านทานต่อรังสีปริมาณ 1.0 Mrad ได้ จึง recover เชื้อพบจากการทดลองนี้

ปริมาณรังสีขนาด 1.2 Mrad มีเชื้อถูกทำลายไป 5 ชนิด คือ b, d, e, f และ k ซึ่งเป็น aerobic bacteria ชนิด Gram's positive rod 2 ชนิด Gram's negative rod 1 ชนิด เชื้อรา 1 ชนิด และ anaerobic bacteria ชนิด Gram's positive rod 1 ชนิด แสดงให้เห็นว่าเชื้อทั้ง 5 ชนิดนี้ไม่มีความต้านทานต่อรังสีปริมาณ 1.2 Mrad จึงไม่สามารถ recover เชื้อพบจากการทดลองนี้ได้ ส่วนอีก 7 ชนิดยังคงมีความต้านทานต่อรังสีปริมาณ 1.2 Mrad ได้จึงสามารถ recover ซึ่งทั้ง 7 ชนิดพบจากการทดลองครั้งนี้

ปริมาณรังสีขนาด 1.4 Mrad มีเชื้อถูกทำลายไป 6 ชนิด คือ b, d, e, g, h และ k ซึ่งเป็น aerobic bacteria ชนิด Gram's positive rod 2 ชนิด negative rod 1 ชนิด เชื้อรา 1 ชนิด และ anaerobic bacteria ชนิด Gram's positive rod 2 ชนิด แสดงว่าเชื้อทั้ง 6 ชนิดนี้ไม่มีความต้านทานต่อรังสีปริมาณ 1.4 Mrad จึงไม่สามารถ recover เชื้อพบจากการทดลองได้ ส่วนอีก 6 ชนิดยังคงมีความต้านทานต่อรังสีปริมาณ 1.4 Mrad ได้จึงยังสามารถ recover เชื้อทั้ง 6 ชนิดพบจากการทดลองนี้

ปริมาณรังสี 1.6 Mrad เชื้อทั้ง 11 ชนิดถูกทำลายหมด ไม่สามารถจะ recover เชื้อทั้ง 11 ชนิดพบจากการทดลองนี้ได้เลย ซึ่งเป็น aerobic bacteria ชนิด Gram's positive rod 3 ชนิด Gram's negative rod2 ชนิด เชื้อรา 2 ชนิด และ anaerobic bacteria ชนิด Gram's positive rod 3 ชนิด Gram's negative rod 1 ชนิด

ปริมาณรังสี 2.5 Mrad เชื้อทั้ง 11 ชนิดถูกทำลายหมดไม่สามารถจะ recover เชื้อทั้ง 11 ชนิดพบจากการทดลองนี้เลย เหมือนกับปริมาณรังสี 1.6 Mrad

ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้การทำลายเชื้อเป็นการทำลายโดยตรงจากปริมาณรังสีขนาดนั้น ๆ แต่ที่ชนิดของเชื้อน้อยลงอาจจะเนื่องมาจากการใช้ตัวอย่างที่ไม่ใช่ชิ้นเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ชนิดของเชื้อเริ่มต้นไม่เหมือนกัน ทำให้ recover เชื้อจึงได้จำนวนชนิดที่น้อยกว่าเริ่มแรกได้

จากตารางที่ 29 นี้ จะเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าปริมาณรังสีขนาด 1.4 Mrad เป็นปริมาณรังสีสูงสุดที่ยังสามารถ recover เชื้อได้คือเชื้อ a, c, g, i และ j ซึ่งเป็น aerobic bacteria ชนิด Gram's positive rod 1 เชื้อ Gram's positive rod 1 เชื้อ เป็นเชื้อรา 1 เชื้อ และ anaerobic bacteria

ชนิด Gram's positive rod 1 เชื้อ Gram's negative rod 1 เชื้อ รวม 5 ชนิด ซึ่งน่าจะเป็นเชื้อที่มีแนวโน้มมีความต้านทานต่อรังสีสูงจากเชื้อที่พบทั้งหมดบนสำลีตัวอย่าง และการจะสรุปว่าเชื้อทั้ง 5 นี้มีความต้านทานต่อรังสีสูงจริงหรือไม่ ต้องแยกเชื้อทั้ง 5 ชนิด ให้เป็นเชื้อบริสุทธิ์จริง แล้วนำมาวัดความต้านทานของรังสี โดยหาจากค่า D-value ซึ่งเป็นหน่วยวัดความต้านทานรังสีของเชื้อ แต่ขณะนี้ยังสรุปไม่ได้ว่าเชื้อทั้ง 5 ชนิดมีความต้านทานต่อรังสีสูง เพราะว่าเชื้อที่พบที่ 0, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 Mrad ซึ่งปริมาณรังสีต่ำก็พบ a, c, g, i, j เช่นกัน จึงอาจจะเป็นได้ว่า a, c, g, i, j อาจมีจำนวนเชื้อสูงกว่าจำนวนเชื้ออื่น ๆ รังสีปริมาณ 1.4 Mrad ยังไม่เพียงพอที่จะทำลายปริมาณเชื้อที่สูงนี้ได้

6.2.3 เปอร์เซ็นต์การทำลายเชื้อแยกตามเชื้อที่พบบนสำลีตัวอย่าง

ตามที่กล่าวแล้วในข้อ 6.2.1 โดยการเพาะเลี้ยงเชื้อทั้งแบบ aerobic and anaerobic แล้วมาทำเชื้อบริสุทธิ์ (pure culture) และทดสอบ Gram's reaction, morphology fermentation และ biochemical แยกได้ 11 ชนิด โดยให้สัญลักษณ์ a ถึง k เมื่อนำมาอาบรังสี 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6 และ 2.5 Mrad ตามลำดับ แล้วนำไปทดสอบแบบเดียวกัน พบว่ามีเชื้อเหลืออยู่และถูกทำลายไป ดังในตารางที่ 30

ก. เมื่ออาบรังสีแล้ว 0.8 Mrad

จะเห็นได้ว่าเชื้อ c, d, g, h, i, j และ k ซึ่งมีความต้านทานต่อรังสีขนาด 0.8 Mrad ได้ดี เพราะการเลี้ยงเชื้อยังมีการเจริญเติบโตอยู่ทุกตัวอย่าง แสดงว่ารังสีขนาด 0.8 Mrad ไม่สามารถทำลายเชื้อพวกนี้ได้

เชื้อ a, b ซึ่งมีความต้านทานต่อรังสีขนาด 0.8 Mrad พอสมควร จะเห็นได้จากการเพาะเลี้ยงเชื้อยังมีการเจริญเติบโตหลายตัวอย่าง แสดงว่ารังสีขนาด 0.8 Mrad สามารถทำลายเชื้อ a, b ได้บ้างแต่ยังไม่ถึงขั้นปลอดภัย เชื้อ f มีความต้านทานต่อรังสี 0.8 Mrad น้อยมาก สังเกตจากเปอร์เซ็นต์การทำลายมีเจริญ

บ้างบางตัวอย่างที่ทดลอง เพราะยังสามารถ recover เชื้อนี้ได้บ้างแต่มีน้อย

เชื้อ e ไม่มีความต้านทานต่อรังสีขนาด 0.8 Mrad เลยจะเห็นได้จากการเพาะเลี้ยงเชื้อ ไม่มีเชื้อ e เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อเลย แสดงว่ารังสีขนาด 0.8 Mrad สามารถทำลายเชื้อ f ได้หมด ไม่สามารถ recover เชื้อได้จากการทดลองนี้

ข. เมื่ออาบรังสีแล้วขนาด 1.0 Mrad

จะเห็นได้ว่าเชื้อ c, g มีความต้านทานต่อรังสีขนาด 1.0 Mrad ได้ดีกว่าทุกเชื้อในจำนวน 11 เชื้อที่พบบนสำลีตัวอย่าง สังเกตจากตัวอย่างเลี้ยงเชื้อพบว่ามีเจริญเติบโตเกือบทุกตัวอย่าง มีอยู่จำนวนเล็กน้อยที่ไม่มีเจริญ พอจะถือได้ว่าเชื้อทั้งสองมีความทนต่อรังสีขนาด 1.0 Mrad ได้

เชื้อ h, i, j มีความต้านทานต่อรังสีขนาด 1.0 Mrad พอสมควร ดังจะสังเกตได้จากตัวอย่างเพาะเลี้ยงเชื้อมีเชื้อทั้งสามนี้เจริญบ้างพอสมควร แสดงว่ารังสีขนาด 1.0 Mrad ทำลายเชื้อทั้งสามได้แต่ยังไม่ถึงขั้นปลอดภัย

เชื้อ a, b, d มีความต้านทานต่อรังสีขนาด 1.0 Mrad น้อยมาก จะเห็นได้จากการเพาะเลี้ยงเชื้อแล้วมีเจริญเติบโตน้อยตัวอย่าง ส่วนใหญ่จะถูกรังสีขนาด 1.0 Mrad ทำลายไป

เชื้อ e, f, k ไม่มีความต้านทานต่อรังสีขนาด 1.0 Mrad เลย เพราะการเพาะเลี้ยงเชื้อไม่มีเจริญเติบโตเลยแม้ตัวอย่างเดียว แสดงว่ารังสีขนาด 1.0 Mrad ทำลายเชื้อทั้งสามได้หมดจากตัวอย่าง 40 ตัวอย่าง

ค. เมื่ออาบรังสีขนาด 1.2 Mrad

จะเห็นได้ว่าเชื้อ e, g, i มีความต้านทานต่อรังสีขนาด 1.2 Mrad ได้ดี สังเกตได้จากการเพาะเลี้ยงเชื้อจะมีเชื้อทั้งสามนี้เจริญเติบโตทุกตัวอย่างที่เพาะเลี้ยงเชื้อ แสดงให้เห็นว่ารังสีขนาด 1.2 Mrad ไม่สามารถทำลายเชื้อ e, g, i

ในตัวอย่างที่ทดลอง

เชื้อ a, h, j มีความต้านทานต่อรังสีขนาด 1.2 Mrad พอสมควร สังเกตได้จากการเพาะเลี้ยงเชื้อมีเจริญเติบโตเกือบทุกตัวอย่างมีบางตัวอย่างไม่เจริญ แสดงให้เห็นว่ารังสีขนาด 1.2 Mrad ทำลายเชื้อทั้งสองได้บ้างเล็กน้อย

เชื้อ b, d, e, f, k ไม่มีความต้านทานต่อรังสีเลย สังเกตได้จากการเพาะเลี้ยงเชื้อ จะไม่มีเชื้อทั้ง 5 ชนิดเจริญเลยทุกตัวอย่าง แสดงว่ารังสีขนาด 1.2 Mrad สามารถทำลายเชื้อทั้ง 5 ชนิดได้ถึงขั้นปลอดภัยสำหรับตัวอย่างสำลีนี้

ง. เมื่ออาบรังสีขนาด 1.4 Mrad

จะเห็นได้ว่าเชื้อ g มีความต้านทานต่อรังสีขนาด 1.4 Mrad ได้ดี สังเกตได้จากการเพาะเลี้ยงเชื้อจะมีเชื้อ g เจริญเติบโตทุกตัวอย่างที่เพาะเลี้ยงเชื้อ แสดงให้เห็นว่ารังสีขนาด 1.4 Mrad ไม่มีผลต่อเชื้อ g เลย

เชื้อ c, i, j มีความต้านทานต่อรังสีขนาด 1.4 Mrad ได้พอสมควร สังเกตจากการเพาะเลี้ยงเชื้อจะมีเชื้อทั้งสี่นี้เจริญเติบโตเกือบทุกตัวอย่างที่เพาะเลี้ยงเชื้อ มีบางตัวอย่างเท่านั้นที่ไม่เจริญเติบโต แสดงให้เห็นว่ารังสีขนาด 1.4 Mrad ทำลายเชื้อทั้งสี่ได้บ้างแต่ไม่ถึงขั้นปลอดภัย

เชื้อ a มีความต้านทานต่อรังสีขนาด 1.4 Mrad ได้บ้างเล็กน้อย สังเกตจากการเพาะเลี้ยงเชื้อแล้วมีเชื้อจเจริญบ้าง แสดงว่ารังสีขนาด 1.4 Mrad นั้น ทำลายเชื้อทั้งสามนี้ได้พอสมควร แต่ก็ยังไม่ถึงขั้นปลอดภัย เพราะยังสามารถ recover เชื้อได้ประมาณ 27.5%

เชื้อ g, d, e, f, h, k ไม่มีความต้านทานต่อรังสีขนาด 1.4 Mrad เลย สังเกตจากการเพาะเลี้ยงเชื้อดูไม่มีเชื้อทั้งสามเจริญเลย แสดงให้เห็นว่ารังสีขนาด 1.4 Mrad ทำลายเชื้อทั้งสามที่พบบนสำลีตัวอย่าง 40 ตัวอย่างได้หมดถึงขั้นปลอดภัย เพราะไม่สามารถ recover เชื้อพบจากการทดลองนี้เลย

จ. เมื่ออาบรังสีขนาด 1.6 Mrad

เชื้อที่พบทั้งหมด 11 เชื้อ ไม่มีความต้านทานต่อรังสีขนาด 1.6 Mrad เลย สังเกตจากการเพาะเลี้ยงเชื้อดูทั้ง 40 ตัวอย่างไม่มีเชื้อทั้ง 11 ชนิดที่พบบนสำลีตัวอย่างที่ไม่ได้อาบรังสีครั้งแรกเลย ทุกตัวอย่างที่เพาะเลี้ยงเชื้อ แสดงว่ารังสีขนาด 1.6 Mrad ทำลายเชื้อจากตัวอย่างสำลีทั้ง 40 ตัวอย่างได้หมดถึงขั้นปลอดภัย เพราะไม่สามารถ recover เชื้อจากการทดลองนี้ได้อีก

ฉ. เมื่ออาบรังสีขนาด 2.5 Mrad

เชื้อที่พบทั้งหมด 11 เชื้อไม่มีความต้านทานต่อรังสีขนาด 2.5 Mrad เลย สังเกตจากการเพาะเลี้ยงเชื้อดูทั้ง 40 ตัวอย่าง ไม่มีเชื้อทั้ง 11 ชนิดที่พบบนสำลีตัวอย่างที่ไม่ได้อาบรังสีครั้งแรกเลยทุกตัวอย่างที่เพาะเลี้ยงเชื้อ แสดงว่ารังสีขนาด 2.5 Mrad ทำลายเชื้อจากตัวอย่างสำลีทั้ง 40 ตัวอย่างได้หมดถึงขั้นปลอดภัย เพราะไม่สามารถ recover เชื้อจากการทดลองครั้งนี้ได้อีก

6.2.4 เปอร์เซ็นต์การทำลายเชื้อบนสำลีตัวอย่าง แยกตาม morphology

ก. เปอร์เซ็นต์ที่พบบนสำลีตัวอย่างยังไม่ได้อาบรังสีแยกตาม morphology

จากตารางที่ 31 โดยการแยกเชื้อตามแบบ Gram's reaction และการทดลองทาง fermentation กับ biochemical แล้วเป็นชนิดเดียวกัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อจำนวนเชื้อทั้งหมดดังนี้

พวก Gram positive rod aerobic มีจำนวน 23.1% จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 2030 ตัว
พวก Gram negative rod aerobic มีจำนวน 36.3% จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 2030 ตัว
พวก Gram positive rod anaerobic มีจำนวน 4.9% จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 2030 ตัว
พวก Gram negative rod anaerobic มีจำนวน 24.6% จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 2030 ตัว
พวก mould มีจำนวน 11.0% จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 2030 ตัว

ข. เปอร์เซ็นต์เชื้อที่พบหลังจากอาบรังสีแล้ว 0.8 Mrad

จากตารางที่ 31 โดยการแยกเชื้อตามแบบ Gram's reaction และการทดลองทาง fermentation กับ biochemical แล้วเป็นชนิดเดียวกัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อจำนวนเชื้อทั้งหมด ดังนี้

พวก Gram positive rod aerobic มีจำนวน 25.9 % จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 1459 ตัว
พวก Gram negative rod aerobic มีจำนวน 33.71% จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 1459 ตัว
พวก Gram positive rod anaerobic มีจำนวน 5.9 % จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 1459 ตัว
พวก Gram negative rod anaerobic มีจำนวน 25.4 % จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 1459 ตัว
พวก mould มีจำนวน 9.1 % จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 1459 ตัว

ค. เปอร์เซ็นต์เชื้อที่พบบนสำลีตัวอย่างหลังจากอาบรังสีแล้ว 1.0 Mrad

จากตารางที่ 31 โดยการแยกเชื้อตามแบบ Gram's reaction และการทดลองทาง fermentation กับ biochemical แล้วปรากฏว่าเชื้อชนิดเดียวกัน และเหลือเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้

พวก Gram positive rod aerobic มีจำนวน 15.4 % จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 338 ตัว
พวก Gram negative rod aerobic มีจำนวน 27.5 % จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 338 ตัว
พวก Gram positive rod anaerobic มีจำนวน 8.3 % จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 338 ตัว
พวก Gram negative rod anaerobic มีจำนวน 31.9 % จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 338 ตัว
พวก mould มีจำนวน 16.9 % จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 338 ตัว

ง. เปอร์เซ็นต์ที่พบบนสำลีตัวอย่างหลังจากอาบรังสีแล้ว 1.2 Mrad

จากตารางที่ 31 โดยการแยกเชื้อตามแบบ Gram's reaction และการทดลองทาง fermentation กับ biochemical แล้วปรากฏว่าเป็นเชื้อชนิดเดียวกัน และเหลือเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้

พวก Gram positive rod aerobic มีจำนวน 7.9 % จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 467 ตัว
พวก Gram negative rod aerobic มีจำนวน 27.8 % จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 467 ตัว
พวก Gram positive rod anaerobic มีจำนวน 0 % จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 467 ตัว
พวก Gram negative rod anaerobic มีจำนวน 51.1 % จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 467 ตัว
พวก mould มีจำนวน 13.2 % จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 467 ตัว

จ. เปอร์เซ็นต์เชื้อที่พบบนสำลีตัวอย่างหลังจากอาบรังสีแล้ว 1.4 Mrad จากตารางที่ 31 โดยการแยกเชื้อแบบ Gram's reaction การทดลอง fermentation กับ biochemical แล้วปรากฏว่าเป็นเชื้อชนิดเดียวกัน และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้

พวก Gram positive rod aerobic มีจำนวน 14.1% จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 334 ตัว
พวก Gram negative rod aerobic มีจำนวน 29.3% จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 334 ตัว
พวก Gram positive rod anaerobic มีจำนวน 11.7% จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 334 ตัว
พวก Gram negative rod anaerobic มีจำนวน 30.5% จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 334 ตัว
พวก mould มีจำนวน 14.4% จากจำนวนเชื้อทั้งสิ้น 334 ตัว

จากตัวเลขข้อ ข., ค., ง., และ จ.

จะเห็นได้ว่าในจำนวนเชื้อเริ่มต้นมีจำนวนของเชื้อชนิด Gram positive rod aerobic, Gram negative rod aerobic และ Gram negative rod anaerobic อยู่เป็นจำนวนมากกว่าชนิดอื่น เมื่ออาบรังสี 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 Mrad แล้วจำนวนของเชื้อจะค่อย ๆ น้อยไปบางชนิด กล่าวคือชนิดที่มีความต้านทานต่อรังสีน้อยก็จะถูกลดจำนวนไป เหลืออยู่แต่ชนิดที่มีความต้านทานต่อรังสีสูง คือ เหลือเชื้อชนิด Gram negative rod aerobic กับ Gram negative rod anaerobic อยู่เป็นจำนวนมากกว่าทุกชนิด ซึ่งกล่าวแล้วในตารางที่ 29 ที่ปริมาณรังสี 1.4 Mrad มีเชื้อ c ซึ่งเป็น Gram negative rod aerobic และเชื้อ i ซึ่งเป็น Gram negative rod anaerobic เป็นตัวที่มีความต้านทานต่อรังสีสูง จึงมีจำนวนเชื้อพวกนี้เหลืออยู่มาก

ฉ. เปอร์เซ็นต์เชื้อที่พบบนสำลีตัวอย่างหลังจากอาบรังสีแล้ว 1.6 Mrad

จากตารางที่ 31 ไม่มีเชื้อเจริญเลยบนจานเลี้ยง เชื้อทุกตัวอย่างที่ทำการทดลอง หลังจากอาบรังสี 1.6 Mrad แล้ว แสดงว่าปริมาณรังสี 1.6 Mrad สามารถทำลายเชื้อจากตัวอย่าง 40 ตัวอย่างที่นำมาทดลองนี้ได้หมด

ช. เปอร์เซ็นต์เชื้อที่พบบนสำลีตัวอย่างหลังจากอาบรังสีแล้ว 2.5 Mrad

จากตารางที่ 31 ไม่มีเชื้อเจริญบนจานเลี้ยงเชื้อจากการเพาะเลี้ยงเชื้อเลย แสดงว่ารังสีปริมาณ 2.5 Mrad ทำลายเชื้อบนสำลีตัวอย่าง 40 ตัวอย่างได้หมดถึงขั้นปลอดภัย

6.3 แสดงการทำลายเชื้อบนสำลีตัวอย่างตามปริมาณรังสีที่อาบด้วยกราฟ

จากตารางที่ 32 โดยถือค่าเฉลี่ยของเชื้อต่อหนึ่งตัวอย่าง ของเชื้อที่ recover ได้ก่อนและหลังอาบรังสีเป็น mean ($\bar{X}$) นำมาหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ทุกปริมาณรังสีที่ใช้อาบ แล้วใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานนี้ไปหา range ของการทำลายเชื้อในแต่ละปริมาณรังสีได้เป็น range ของเชื้อที่เหลือในแต่ละปริมาณรังสีนั้น ๆ แล้วนำมาเขียนกราฟโดยใช้ range ของเชื้อที่เหลือนั้นอยู่บนแกน Y และปริมาณรังสีบนแกน X ผลดังในรูปที่ 2

จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อใช้ปริมาณรังสีสูงขึ้นเส้น curve มีแนวโน้มลดลงและลดเป็น curve ถึงปริมาณรังสี 1.4 Mrad curve จะลดลงอย่างรวดเร็วจนถึง 0 (ศูนย์) ไม่สามารถจะ recover เชื้อได้ที่ปริมาณรังสี 1.6 Mrad แสดงว่า การทำลายเชื้อจากการทดลองนี้เมื่อใช้ปริมาณรังสีสูงขึ้นจำนวนเชื้อก็จะลดลงและได้ผลที่ปริมาณรังสี 1.6 Mrad

6.4 สรุปผลการทดลองกับตัวอย่างสำลี

6.4.1 ปริมาณรังสี 1.6 Mrad ไม่สามารถ recover เชื้อได้แสดงว่าจาก limit ของการทดลองที่ปริมาณรังสี 1.6 Mrad สามารถทำลายเชื้อบนตัวอย่างสำลีที่นำมาทดลอง 40 ตัวอย่างนี้ได้หมด

ในต่างประเทศเท่าที่ได้ทดลองค้นคว้าเป็นมาตรฐาน คือ

ในสหรัฐอเมริกาโดย Ethicon ได้ทำการค้นคว้าและสรุปผลว่า ถ้าเชื้อ contaminate น้อยกว่า 10^3 ต่อ item มาก ก็อาจใช้ปริมาณรังสีทำลายเชื้อน้อยกว่า 2.5 Mrad ได้ แต่เพื่อความปลอดภัย (safety factor) ควรใช้ปริมาณรังสีทำลายเชื้อโดยเฉลี่ย 2.5 Mrad[1]

ในเดนมาร์คได้สรุปผลจากการเปรียบเทียบกับ initial count และ Standard curve ของเชื้อ Streptococous faecium A_2 1 พบว่าเชื้อที่ contaminate ไม่เกิน 50 ต่อ item ใช้ปริมาณรังสีไม่ต่ำกว่า 3.5 Mrad หรือเชื้อที่ contaminate ไม่เกิน 500 และไม่ต่ำกว่า 50 ต่อ item ใช้ปริมาณรังสีไม่ต่ำกว่า 4.5 Mrad หรือเชื้อที่ contaminate ไม่เกิน 5000 และไม่ต่ำกว่า 500 ต่อ item ใช้ปริมาณรังสีไม่ต่ำกว่า 5.0 Mrad[2]

การทดลองครั้งนี้มีแนวโน้มว่าใช้ปริมาณรังสี (Sterilizing dose) ของสหรัฐอเมริกาได้คือ 2.5 Mrad แต่อย่างไรก็ตามอาจจะใช้ปริมาณรังสีที่ทดลองที่ได้โดย

[1, 2] Christensen, E.A., "Hygienic Requirements, Sterility Criteria, and Quality and Sterility Control," Manual on Radiation Sterilization of Medical and Biological Materials, Technical reports series No.149, IAEA, VIENNA, 1973 (131-152).

ใช้ปริมาณรังสีไม่ต่ำกว่า 1.6 Mrad ทำลายเชื้อกับตัวอย่างที่มีเชื้อ contaminate ไม่เกิน 100 ต่อชิ้นและไม่เกิน 280 ชิ้น โดยการควบคุมการผลิตและวัตถุดิบให้อยู่ในมาตรฐานมี Hygiene ที่ดี และความสะอาดที่ดีพอ

6.4.2 เชื้อที่พบภายหลังอาบรังสีแล้วกับที่ยังไม่ได้อาบรังสีเป็นเชื้อคล้าย ๆ กันมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน เท่าที่พบน่าจะนำมาวัดหาความต้านทานต่อรังสีด้วยวิธีเฉพาะของมันคือเชื้อ a, c, g, i และ j ซึ่งเป็น aerobic bacteria 2 ชนิด เชื้อรา 1 ชนิด และ anaerobic bacterial 2 ชนิด เพื่อให้ทราบค่าที่แน่นอนว่ามีความต้านทานต่อรังสีสูงผิดปกติจาก reference ทาง radiosterilization โดยเทียบกับความต้านทานต่อรังสีของสปอร์ของ Bacillus pumillus E 601 กับเชื้อ Streptococcus faecium A_2 1 หรือไม่

6.4.3 เชื้อที่พอเป็น bacteria เป็นส่วนใหญ่และเป็นชนิด rod shape มีทั้ง Gram's positive และ negative กับเชื้อราอีก 1 เชื้อ ทั้งที่ในบรรยากาศประเทศไทยควรพบเชื้อราเป็นส่วนใหญ่ ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะวิธีการผลิตวัตถุดิบมีมาตรฐานที่ดี การ contaminate ของเชื้อราจึงมีโอกาสน้อยทำให้พบเชื้อราน้อยไปด้วย

6.4.4 จากการทดลองได้ผลที่ 1.6 Mrad ก็สามารถทำลายเชื้อจากตัวอย่างทดลองได้หมดทั้ง 280 ตัวอย่างที่ยกมา แสดงว่าปริมาณรังสี 1.6 Mrad นี้เพียงพอที่จะทำลายเชื้อที่ contaminate ในตัวอย่างสำลีที่นำมานี้ได้ แต่ทั้งนี้มิได้หมายความว่าถือ 1.6 Mrad เป็น Sterilizing dose ได้ เพราะการกำหนดค่า Sterilizing dose นั้น ควรให้มีความปลอดภัยอย่างเพียงพอ เผื่อไว้สำหรับกรณีที่มี contaminate ในตัวอย่างที่นำมาสูงมากหรือเผื่อไว้ในกรณีที่ทำการทดลองมากตัวอย่างกว่า 280 ตัวอย่าง ซึ่งอาจจะพบ contamination pattern ต่างออกไปจากการทดลองครั้งนี้ ทั้งจำนวนและชนิด ปริมาณรังสีที่ได้ 1.6 Mrad นี้อาจจะไม่พอทำลายเชื้อกับตัวอย่างที่มากกว่าได้ จากการทดลองครั้งนี้พอสรุปได้ว่า การทำลายเชื้อจากสำลีตัวอย่างนี้ต้องใช้รังสีอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 1.6 Mrad แต่ส่วนที่จะเป็นเท่าไรนั้นยังต้องศึกษาอีกมาก

6.4.5 ผลกับที่องค์การเภสัชกรรมกับทางองค์การเภสัชกรรมใช้วิธีทำลายเชื้อโดยหม้อนึ่ง เมื่อนึ่งกับพวกผ้ากอซ สำลีก็จะทำให้มีความชื้นต้องอบให้แห้งอีกครั้ง และการนำเข้านึ่งจะบรรจุ (ถุงพลาสติก) ก่อนไม่ได้ เพราะจะทำให้ภาชนะบรรจุนั้นละลายได้ ต้องนึ่งและอบให้แห้งก่อนจึงจะนำมาบรรจุทีหลัง ฉะนั้นการ contaminate เชื้อจะมีโอกาสมากขึ้น ทั้งเสียเวลาในการทำด้วย ส่วนการใช้รังสีอาบกับผ้ากอซและสำลีนั้นบรรจุได้เลยตามจำนวนที่ผลิตดังกล่าว แล้วนำเข้าอาบรังสีได้เลยได้ขนาด 1.6 Mrad (ตามผลที่ทดลองนี้) ก็นำออกมาใช้ได้เลย สะดวกและโอกาส contaminate ของเชื้อก็น้อยกว่าวิธีนึ่งและอบด้วยฉะนั้นวิธีอาบรังสีจะสะดวกและปลอดภัยกว่าใช้วิธีหม้อนึ่งขององค์การเภสัชกรรม

6.5 ข้อเสนอแนะ

เช่นเดียวกันกับการทดลองจากผ้ากอซ คือ ควรจะคำนึงถึง

6.5.1 การศึกษาด้านจำนวนและชนิดเริ่มต้นต้องคำนึงถึง

ก. จำนวนตัวอย่างต้องมากพอที่จะเป็นตัวแทน (represent) ของจำนวนเชื้อทั้งหมดได้

ข. จำนวนและชนิดของเชื้อในสภาพแวดล้อมนั้น ๆ

ค. กรรมวิธีการผลิตสะอาดหรือสกปรกแค่ไหน

6.5.2 การศึกษาด้าน Sterilizing dose ก็ควรคำนึงถึง

ก. ความต้านทานต่อรังสีของเชื้อนั้น ๆ

ข. เทียบกับปริมาณรังสีที่ยอมรับเป็น Sterilizing dose โดยทั่วไปแล้ว

ตารางที่ 17 จำนวนเชื้อแบคทีเรียที่เจริญ grow บน agar (INITIAL COUNT)

ตัวอย่าง	ชนิดของเชื้อ			
	Aerobic	Anaerobic	Mould	Total
1	36	14	8	58
2	35	16	6	57
3	29	16	6	51
4	36	14	7	57
5	35	16	7	58
6	32	14	2	48
7	29	17	6	52
8	29	13	6	48
9	35	19	5	59
10	31	16	6	53
11	28	14	8	50
12	32	14	6	52
13	28	16	5	49
14	31	12	4	47
15	28	13	6	47
16	29	16	6	51
17	30	15	7	52
18	32	14	5	51
19	31	12	4	47
20	27	13	5	45
21	34	16	7	57
22	30	14	5	49
23	37	14	3	54
24	27	13	5	45
25	31	12	5	48
26	28	14	6	48
27	28	13	6	47
28	29	12	4	45
29	28	16	4	48
30	27	14	2	43
31	31	12	4	47
32	28	13	3	44
33	37	20	6	63
34	30	18	5	53
35	26	18	2	46
36	33	16	4	53
37	30	11	7	48
38	35	15	8	58
39	29	13	6	48
40	31	17	6	54
Total	1232	585	213	2030
เฉลี่ย	30.8	14.6	5.3	50.7

ตาราง 18 จำนวนเชื้อแบคทีเรียตัวอย่างที่ grow บน agar ฉาย รังสีแกมมาปริมาณ 0.5 M rad

ตัวอย่าง	จำนวนเชื้อ			
	Aerobic	Anaerobic	Mould	Total
1	21	12	5	38
2	25	9	1	35
3	23	9	3	35
4	21	11	3	35
5	22	10	1	33
6	21	12	4	37
7	24	8	3	35
8	22	13	5	40
9	22	11	1	34
10	15	9	3	27
11	24	12	4	40
12	25	10	2	37
13	17	9	4	30
14	21	12	5	38
15	19	12	4	35
16	22	9	4	35
17	25	12	3	40
18	18	11	4	33
19	22	11	3	36
20	24	11	4	39
21	26	13	2	41
22	23	11	3	37
23	24	13	5	42
24	28	11	3	42
25	25	10	2	37
26	22	14	5	41
27	19	11	1	31
28	23	13	4	40
29	22	12	3	37
30	22	11	1	34
31	21	11	4	36
32	25	14	3	42
33	17	10	5	32
34	27	11	3	41
35	24	15	4	43
36	21	11	1	53
37	19	12	5	36
38	21	9	4	34
39	24	8	3	35
40	23	9	1	33
Total	889	442	128	1459
Average	22.2	11.1	3.2	36.5

ตารางที่ 19 จำนวนเชื้อแบคทีเรีย ที่ grow ใน agar ที่ผ่านการฉายรังสี ที่ 1.0 M rad

ที่	Aerobic	Anaerobic	Mould	Total
1	5	–	2	7
2	5	3	2	10
3	6	5	2	13
4	5	4	2	11
5	4	5	2	11
6	6	4	1	11
7	3	5	2	10
8	–	5	2	7
9	4	–	1	5
10	3	1	2	6
11	4	6	1	11
12	5	1	2	8
13	3	5	3	11
14	6	3	2	11
15	–	2	2	4
16	7	4	2	13
17	5	–	3	8
18	5	–	3	8
19	3	3	1	7
20	6	6	1	13
21	3	4	1	8
22	5	4	1	10
23	5	4	1	10
24	4	4	3	11
25	4	3	1	8
26	1	3	2	6
27	3	4	1	8
28	–	–	1	1
29	4	6	3	13
30	3	5	2	10
31	3	6	–	9
32	5	3	3	13
33	4	4	3	11
34	3	3	1	7
35	3	3	1	7
36	4	4	1	9
37	–	1	1	2
38	1	3	1	5
39	3	5	1	9
40	2	5	1	8
Total	145	136	57	338
Average	3.6	3.4	1.7	8.7

ตารางที่ 20 จำนวนเชื้อแบคทีเรียที่เจริญบน grow ฟิล agar ที่ได้รับรังสี ปริมาณ 1.2 M rad

ตัวอย่างที่	จำนวนเชื้อ			
	Aerobic	Anaerobic	Mould	Total
1	3	7	1	11
2	3	7	1	11
3	3	5	2	10
4	5	2	2	9
5	3	5	1	9
6	5	5	1	11
7	5	5	2	12
8	3	6	2	11
9	5	5	2	12
10	4	5	1	10
11	5	7	2	14
12	5	5	2	12
13	5	7	2	14
14	5	5	1	11
15	5	5	2	12
16	6	5	1	12
17	4	6	2	12
18	3	7	1	11
19	4	6	1	11
20	4	8	2	14
21	3	5	1	9
22	4	7	2	13
23	6	7	2	15
24	3	8	1	12
25	5	5	2	12
26	5	7	2	14
27	3	6	1	10
28	4	7	1	12
29	6	6	2	14
30	3	6	2	11
31	5	8	1	14
32	5	5	2	12
33	5	6	2	13
34	4	7	2	13
35	4	5	2	11
36	4	3	1	8
37	4	5	2	11
38	6	5	1	12
39	3	7	1	11
40	3	6	2	11
Total	170	234	63	467
Average	4.3	5.9	1.6	11.8

ตารางที่ 21 [illegible] grow on agar [illegible]
[illegible] 1.4 M rad

ตัวอย่าง	[illegible]			
	Aerobic	Anaerobic	Mould	Total
1	4	3	2	9
2	5	2	2	9
3	4	—	2	6
4	4	5	2	11
5	3	5	2	10
6	3	4	2	9
7	3	3	2	8
8	5	2	2	9
9	4	4	1	9
10	—	—	1	1
11	3	3	2	8
12	5	5	1	11
13	5	5	1	11
14	4	5	1	10
15	5	5	2	12
16	3	3	1	7
17	4	3	2	9
18	4	3	3	10
19	—	2	3	5
20	—	2	3	5
21	3	5	1	9
22	2	7	1	10
23	2	7	1	10
24	4	4	1	9
25	4	5	2	11
26	5	5	2	12
27	4	4	2	10
28	4	4	2	10
29	5	3	2	10
30	5	4	2	11
31	—	2	2	4
32	7	5	1	13
33	5	3	1	9
34	5	3	1	9
35	3	3	1	7
36	3	4	1	8
37	4	2	1	7
38	4	2	1	7
39	4	3	1	8
40	4	2	3	9
Total	145	141	48	334
Average	3.6	3.5	1.2	8.3

ตารางที่ 22 การกระจายของเชื้อจุลินทรีย์ในแป้งมันสำปะหลังดิบ

ต่อ ตัวอย่าง

Distribution of germs per Samples	% ของตัวอย่างที่พบเชื้อ			
	Aerobic	Anaerobic	Mould	Total
0 – 5	0	0	46.6	0
6 – 10	0	0	53.4	0
11 – 15	0	66.6	0	0
16 – 20	0	33.4	0	0
21 – 25	0	0	0	0
26 – 30	50	0	0	0
31 – 35	10	0	0	0
36 – 40	10	0	0	0
41 – 45	0	0	0	12.5
46 – 50	0	0	0	40
51 – 55	0	0	0	27.5
56 – 60	0	0	0	17.5
61 – 65	0	0	0	2.5

ตารางที่ 23 ความสามารถในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อกุ้งก้ามกราม
ด้วยรังสีแกมมาที่ 0.8 M rad

Distribution of germs per Samples	จำนวนเชื้อ			
	Aerobic	Anaerobic	Mould	Total
0 – 5	0	0	100	0
6 – 10	0	32.5	0	0
11 – 15	2.5	67.5	0	0
16 – 20	15.0	0	0	0
21 – 25	75.0	0	0	0
26 – 30	7.5	0	0	5
31 – 35	0	0	0	40
36 – 40	0	0	0	37.5
41 – 45	0	0	0	17.5
46 – 50	0	0	0	0

ตารางที่ 24 [illegible] ก้อนตัวอย่างดินเหนียวที่ [illegible]
ก้อนตัวอย่าง 40 ตัวอย่าง หลังจากฉายรังสี 1.0 M rad

[illegible]	[illegible]			
	Aerobic	Anaerobic	Mould	Total
0 – 5	47.5	90.0	100.0	12.5
6 – 10	12.5	10	0	55
11 – 15	0	0	0	32.5
16 – 20	0	0	0	0
21 – 25	0	0	0	0
26 – 30	0	0	0	0
31 – 35	0	0	0	0
36 – 40	0	0	0	0
41 – 45	0	0	0	0
46 – 50	0	0	0	0

ตารางที่ 25 การกระจายของเชื้อจุลินทรีย์ในเปอร์เซ็นต์ต่อตัวอย่าง 40 ตัวอย่าง หลังจากฉายรังสี 1.2 M rad

Distribution of germs per Samples	% ของตัวอย่างที่มีเชื้อ			
	Aerobic	Anaerobic	Mould	Total
0 – 5	90	45	100	0
6 – 10	10	55	0	17.5
10 – 15	0	0	0	82.5
16 – 20	0	0	0	0
21 – 25	0	0	0	0
26 – 30	0	0	0	0
31 – 35	0	0	0	0
36 – 40	0	0	0	0
41 – 45	0	0	0	0
46 – 50	0	0	0	0

ตารางที่ 26 การกระจายของเชื้อจุลินทรีย์ตัวอย่างกัดเส้นในถุงพลาสติก
ตัวอย่าง 40 ตัวอย่าง ที่ได้รับรังสีที่ 1.4 M rad

การกระจายของเชื้อ	จำนวนของเชื้อ			
	Aerobic	Anaerobic	Mould	Total
1 – 5	.75	5	100	10
6 – 10	2.5	5	0	75
11 – 15	0	0	0	20
16 – 20	0	0	0	0
21 – 25	0	0	0	0
26 – 30	0	0	0	0
31 – 35	0	0	0	0
36 – 40	0	0	0	0
41 – 45	0	0	0	0
46 – 50	0	0	0	0

ตารางที่ 27 ตารางเปรียบเทียบให้เห็นว่าจำนวนเชื้อถูกทำลายมากน้อยแค่ไหน ด้วยการกระจายความหนาแน่นของเชื้อภายในระยะรังสี

Dose M rad	Total average (colony/piece)	% ของจำนวนเชื้อหลังฉายรังสีเทียบกับก่อนฉายรังสี	% การถูกทำลายของเชื้อ	Range ของการกระจายความหนาแน่นของเชื้อ (colony)
0	50.7	100	0	51 - 60
0.8	36.5	71.9	28.01	36 - 40
1.0	8.7	17.2	82.8	6 - 10
1.2	11.8	23.3	76.7	11 - 15
1.4	8.3	16.4	83.6	6 - 10
1.6	0	0	100	0
2.5	0	0	100	0

ตารางที่ 28 แสดงการทดสอบวิธีต่าง ๆ

ชนิดที่	Morpholygy			Fermentation test			Biochemical test					
		shape	Gram's reaction	motility	glucose	Lexotose	Drexotose	Starch	Indol	Citrate	MR	VP	Gelatin
a	yellow, circular, smooth, convex, entire, glistining	short rod	+	non	-	n	-	-	+	+	-	+	+
b	white, filamentous, erose opaque	short rod	+	non	a	a	a	-	-	-	+	+	-
c	white, circular, smooth raised, glistening	short rod	-	+	a	a	a	+	a	+	+	+	-
d	white, circular, rugosed raised, opaque	short rod	+	non	a	a	a	-	-	-	+	-	-
e	yellowise, umbonate curled rugosed, opaque	short rod	-	+	a	a	a	-	-	-	+	-	-
f	white mould												
g	white mould with black spore												
h	white, spindle growth in agar dull	rod	+	+	x	x	x	x	x	x	x	x	x
i	white, circular, smooth entire, glistening	rod	-	+	x	x	x	x	x	x	x	x	x
j	gray, umbonate, cu led, rugose, opaque	rod	+	+	x	x	x	x	x	x	x	x	x
k	white gray, circular effuse entire, undulate, translucent	rod	+	non	x	x	x	x	x	x	x	x	x

+ การทดลองได้ผล positive , - การทดลองไม่ได้ผล negative , a ได้กรด acid อย่างเดียว ,
g ได้ก๊าซ gases และ acid , n ได้ผลเป็นกลาง , v ได้ผลไม่แน่นอน ,

ตารางที่ 9 ความสามารถในการ recover ไอโซลิวซีนของเชื้อกลายพันธุ์ที่ 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6 และ 2.5 M rad

Dose M-rad	ชนิดของกรดอะมิโนที่ recover ได้
0	a b c d e f g h i j k
0.8	a b c d . f g h i j k
1.0	a b c d . . . g h i j .
1.2	a . c . . . g h i j .
1.4	a . c . . . g . i j .
1.6	none
2.5	none

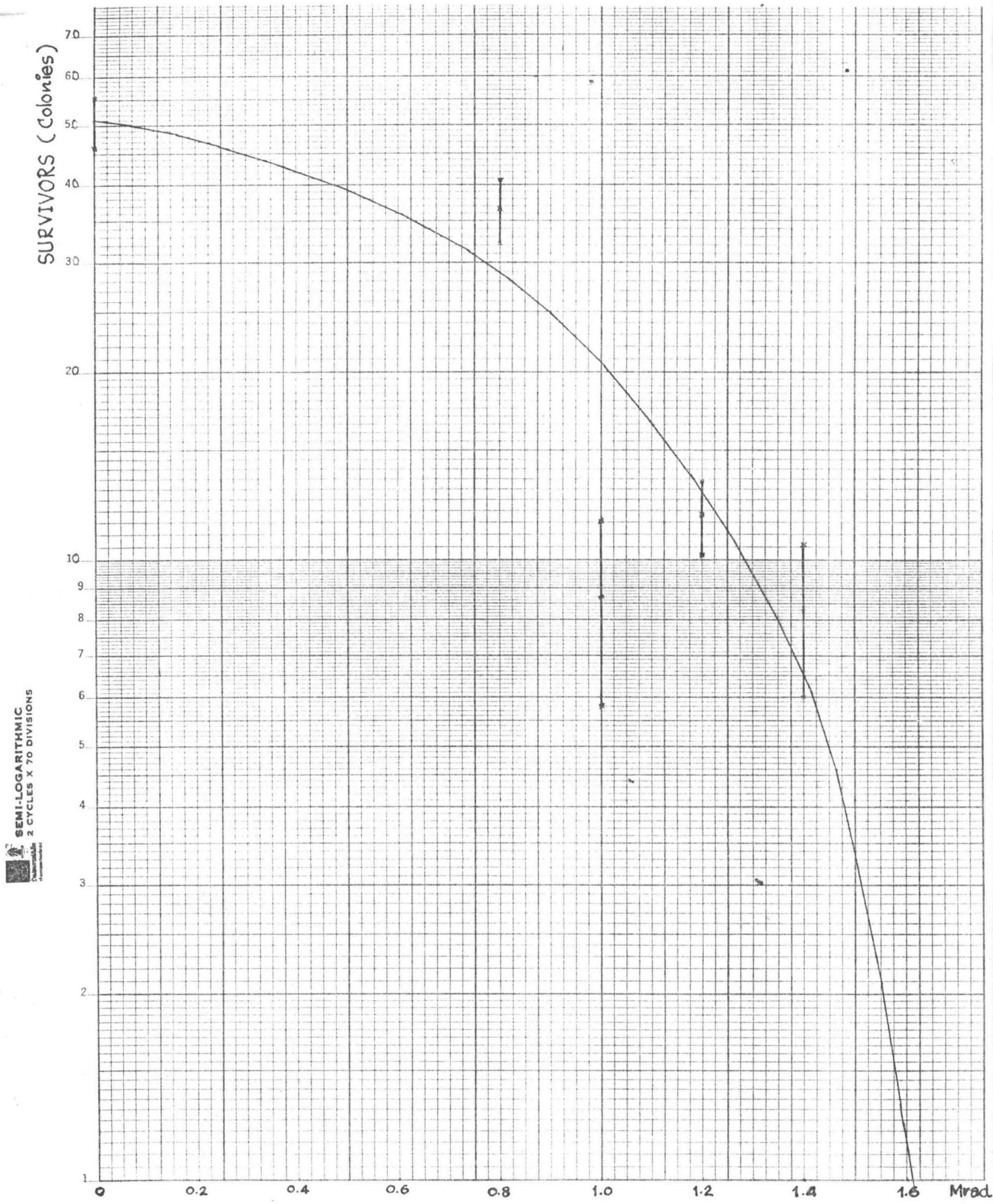
ตารางที่ 30 เปอร์เซ็นต์การทำลายเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในเนื้อกุ้ง ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา

ชนิดเชื้อ (ตามรูปที่ 29)	การทำลายเชื้อที่ Dose (M rad)					
	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
a	15	77.5	38	72.5	100	100
b	13	92.5	100	100	100	100
c	0	10	0	10	100	100
d	0	87.5	100	100	100	100
e	100	100	100	100	100	100
f	98	100	100	100	100	100
g	0	2.5	0	0	100	100
h	0	22.5	3	100	100	100
i	0	12.5	0	5	100	100
j	0	37.5	5	17.5	100	100
k	0	100	100	100	100	100

ตารางที่ 31 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนเชื้อที่พบบนสำลีแยกตาม Gram's reaction กระจายตาม dose ที่อาบรังสีต่อจำนวนเชื้อทั้งหมด

Morphological Types of Germs	% ของเชื้อที่เหลือหลังจากอาบรังสีตาม Dose (M rad)						
	INITIAL	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	2.5
Gram positive rod aerobic	23.1	25.9	15.4	7.9	14.1	0	0
Gram negative rod aerobic	36.3	33.71	27.5	27.	29.3	0	0
Gram positive rod anaerobic	4.9	5.9	8.3	0	11.7	0	0
Gram negative rod anaerobic	24.6	25.4	31.9	51.1	30.5	0	0
Mould	11.0	9.1	16.9	13.2	14.4	0	0
Total	100	100	100	100	100	0	0

ตารางที่ 32 การทำลายเชื้อจุลินทรีย์ตัวอย่างสำลีตามปริมาณรังสี 0, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6 และ 2.5 M rad

dose (M rad)	average count of germs per sample ($\bar{X}$)	standard deviation (σ)	range of germs per sample ($\bar{X} \pm \sigma$)
0	50.7	4.7	50.7 ± 4.7
0.8	36.5	4.4	36.5 ± 4.4
1.0	8.7	2.9	8.7 ± 2.9
1.2	11.8	1.6	11.8 ± 1.6
1.4	8.3	2.3	8.3 ± 2.3
1.6	0	0	0
2.5	0	0	0

รูปที่2 การทำลายเชื้อบนตัวอย่างสาลีตามปริมาณรังสี 0,0.8,1.0,1.2,1.4,1.6 M rad