สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาการละลายและฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของวัสดุเหลือทิ้งจากการสาวไหม

Study to solubilization and antimicrobial of silk waste

สพ.
ธ 6467
2544

โดย
นายธีรวัจน์ เศรษฐนันท์

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 47214
วัน, เดือน, ปี 24 มิ.ย. 2546
.b.....
.i.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาการละลายและฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของวัสดุเหลือทิ้งจากการสาวไหม

Study to solubilization and antimicrobial of silk waste

โดย

นายธีรวัจน์ เศรษฐนันท์

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2544

ชื่อเรื่อง การศึกษาการละลายและฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของวัสดุเหลือทิ้งจากการสาวไหม

Study to solubilization and antimicrobial of silk waste

ชื่อ – สกุล นายธีรวัจน์ เศรษฐนันท์

สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร **ภาควิชา** ครุศาสตร์เกษตร

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.ดร.จินตนา บุนนาค

อ.อารักษ์ วิทิตธีรานนท์

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการละลายของผงไหมที่ได้จากเปลือกรังของพันธุ์ไหมไทย แล้วฉายรังสี 100 และ 1,000 กิโลเกรย์ ที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ผงไหมฉายรังสี 1,000 กิโลเกรย์ละลายได้ดีที่สุดทั้ง 2 ระดับของการละลาย

ในการศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผงไหมฉายรังสี 100 และ 1,000 กิโลเกรย์ต่อจุลินทรีย์ 3 ชนิด คือ *E. coli* , *B. subtilis* และ *S. aureus* โดยใช้ 100 ไมโครลิตรของจุลินทรีย์ดังกล่าวใส่ลงในหลอดทดลองที่มีอาหารเหลว (nutrient broth) เติมสารละลายผงไหมที่มีความเข้มข้น 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ปริมาตร 800 ไมโครลิตร พบว่าผงไหมฉายรังสีมีแนวโน้มในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวได้ โดยที่ความเข้มข้น 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของผงไหมที่ฉายรังสี 100 กิโลเกรย์มีค่าความขุ่น (optical density , OD 660 nm) ของสารละลายเชื้อ *E. coli* ลดลง 22.12 และ 16.45 เปอร์เซ็นต์ ค่าความขุ่นของสารละลายเชื้อ *B. subtilis* ลดลง 15.21 และ 10.84 เปอร์เซ็นต์ และค่าความขุ่นของสารละลายเชื้อ *S. aureus* ลดลง 15.10 และ 19.47 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ผงไหมฉายรังสี 1,000 กิโลเกรย์มีค่าความขุ่นของสารละลายเชื้อ *E. coli* ลดลง 19.74 และ 30.71 เปอร์เซ็นต์ ค่าความขุ่นของสารละลายเชื้อ *B. subtilis* ลดลง 18.06 และ 30.04 เปอร์เซ็นต์ และค่าความขุ่นของสารละลายเชื้อ *S. aureus* ลดลง 27.13 และ 16.85 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายผงไหมเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ที่ฉายรังสี 100 และ 1,000 กิโลเกรย์มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ได้สูงสุดตามลำดับ ส่วนสารละลายผงไหมเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ที่ฉายรังสี 100 กิโลเกรย์มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตเฉพาะของเชื้อ *S. aureus* ได้สูงที่สุดและที่1,000 กิโลเกรย์มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *E. coli* และ *B. subtilis* ได้สูงสุดตามลำดับ

ดังนั้นจากผลการทดลองนี้สามารถนำผลของฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผงไหมฉายรังสีเป็นแหล่งข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ ดร.จินตนา บุนนาคที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำวิธีการแก้ปัญหา รวมทั้งแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยดีตลอดระยะเวลาในการทำปัญหาพิเศษ ขอขอบพระคุณอาจารย์อารักษ์ วิทิตธีรานนท์ที่กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการฉายรังสีผงไหม นอกจากนี้ยังได้รับความอำนวยความสะดวกจากอาจารย์จันทร์พร เจ้าทรัพย์ ที่ได้กรุณาให้ใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ รวมถึงเจ้าหน้าที่ภาควิชาครุศาสตร์เกษตรและเพื่อน ๆ อุตสาหกรรมเกษตรที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณคุณนิติพงศ์ แก้วละมุนที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือในทุกเรื่องตลอดเวลาและเจ้าของเอกสารทุกเรื่องที่ใช้เป็นแหล่งข้อมูลอ้างอิง

ความดีของปัญหาพิเศษฉบับนี้ ขอมอบให้กับบิดา มารดาผู้ให้กำเนิดและเป็นทุกสิ่งทุกอย่างในชีวิต พี่ ๆ ทุกคนในครอบครัว อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ เพื่อน ๆ ที่ให้กำลังใจและร่วมแก้ไขปัญหา ตลอดจนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่กรุณาให้ความสนับสนุนทั้งทางด้านกำลังใจและกำลังทรัพย์จนทำให้ปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

นายธีรวัจน์ เศรษฐนันท์

มีนาคม 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษ		ก
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญภาพ		ช
บทที่		
1	บทนำ	1
	1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ขอบเขตของปัญหา	2
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2	การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
	2.1 ประวัติของไหมไทย	3
	2.2 ลักษณะทั่วไป	3
	2.3 พันธุ์ไหม	4
	2.4 เส้นใยไหม	6
	2.5 โปรตีนไหม	8
	2.6 กระบวนการผลิตเส้นไหม	11
	2.7 สมบัติทางกายภาพของไหม	12
	2.8 สมบัติทางเคมีของไหม	13
	2.9 การฉายรังสี	14
	2.10 จุลินทรีย์	16
	2.11 การเลี้ยงจุลินทรีย์	22
3	อุปกรณ์และวิธีการ	32
	3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	32
	3.2 วิธีการ	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	3.3 สถานที่ทำการวิจัย.....	36
	3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....	36
4.	ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล.....	37
5.	สรุปและข้อเสนอแนะ.....	43
บรรณานุกรม.....		45
ภาคผนวก.....		48
	ภาคผนวก ก.....	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบของธาตุต่าง ๆ ในไฟโบรอิน.....	6
2	ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของเซริซินและไฟโบรอิน.....	9
3	คุณสมบัติของสารเอนเทอโรทอกซิน.....	17
4	เปอร์เซ็นต์การละลายของผงไหม.....	37
5	ผลการวัดค่า OD จากการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อ *E. coli*	38
6	ผลการวัดค่า OD จากการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อ *B. subtilis*.....	38
7	ผลการวัดค่า OD จากการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อ *S. aureus*.....	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วงจรชีวิตของหนอนไหม.....	5
2	การเชื่อมต่อระหว่างโมเลกุลด้วย amide (peptide) link.....	6
3	ต่อมสร้างเส้นไหม.....	7
4	โครงสร้างแผ่นจีบบีตาแบบไม่ขนานและขนาน.....	10
5	โครงสร้างสามมิติของไหม.....	10
6	ลักษณะของเชื้อ *E. coli*.....	18
7	ลักษณะของเชื้อสกุล *Bacillus*.....	19
8	ลักษณะของเชื้อสกุล *Staphylococcus*.....	21
9	วิธีการเผาลูปจนร้อนแดงเพื่อฆ่าเชื้อ.....	25
10	วิธีการนำปิเปตที่ฆ่าเชื้อแล้วออกจากกระป๋องโลหะไร้สนิม.....	26
11	กราฟแสดงการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหารเหลว.....	27
12	ลักษณะการเจริญของจุลินทรีย์บนผิวหน้าอาหารเหลว.....	28
13	รูปร่างลักษณะโคโลนีของจุลินทรีย์.....	28
14	เครื่องวัดความขุ่นด้วยแสง (Spectrophotometer).....	31
15	การเปรียบเทียบความขุ่นของเชื้อ *E. coli*.....	40
16	การเปรียบเทียบความขุ่นของเชื้อ *B. subtilis*.....	41
17	การเปรียบเทียบความขุ่นของเชื้อ *S. aureus*.....	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ไหมมีประวัติการใช้งานมากว่า 4,500 ปี ซึ่งถูกค้นพบโดยชาวจีนและได้ใช้ประโยชน์จากไหมมาทอเป็นเครื่องนุ่งห่ม ในประเทศไทยมีการใช้ไหมในสมัยรัตนโกสินทร์ในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว (รัชกาลที่ 5) ปัจจุบันผ้าไหมไทยและผลิตภัณฑ์ไหมไทยเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ให้กับประเทศอย่างมาก

ไหมเป็นสัตว์ที่อยู่ใน phylum Arthropoda มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Bombyx mori Linn* เป็นแมลงจำพวกผีเสื้อที่สามารถสร้างรังโดยพ่นใยออกมาออกมาห่อหุ้มตัวเอง เส้นใยมีลักษณะเงาเลื่อมมัน เป็นประกายสวยงาม นิยมนำมาใช้ประโยชน์เป็นเครื่องนุ่งห่ม และเครื่องประดับได้ ก่อนจะถูกนำมาถักทอเป็นผืนผ้า ต้องผ่านขั้นตอนมากมาย รังไหมประมาณ 500 รัง หรือ 80 กิโลกรัม ทำผ้าไหมดิบ (Raw silk) ได้ 1 กิโลกรัม

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการผลิตไหมเป็นอันดับ 5 ของโลก นิยมนำมาเป็นสินค้าสำหรับสวมใส่ประดับร่างกาย แต่ยังมีส่วนที่สูญเสียไปโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์เป็นของเหลือทิ้งซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ถ้าสามารถนำสิ่งที่เหลือทิ้งโดยเฉพาะโปรตีนจากไหม ได้แก่ ไฟโบรอิน (Fibroin) และเซริซิน (Sericin) มาทำเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ใช้ประโยชน์กับมนุษย์ได้กว้างขวางมากขึ้นจะเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและ เป็นการเพิ่มมูลค่าของไหมไทยให้มากขึ้นด้วย

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งใกล้เส้นศูนย์สูตร มีอากาศร้อนชื้น ประชาชนมักจะประสบปัญหาเรื่องโรคติดเชื้อแบคทีเรียทางผิวหนัง ซึ่งแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคดังกล่าวที่พบบ่อยที่สุดคือ *Staphylococcus aureus* อาการสำคัญที่เกิดขึ้น คือ ฝีและหนอง ซึ่งพบได้ทั่วไปที่บริเวณผิวหนังของมนุษย์ เช่น รูขุมขนอักเสบ แผลเน่าเปื่อย บริเวณแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก เชื้อดังกล่าวบางครั้งอาจลุกลามไปยังอวัยวะต่าง ๆ ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้

ปัจจุบันได้มีการนำเอาโปรตีนจากไหมไปใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น ทางการแพทย์นำมาใช้ทำเลนส์สัมผัส (Contact lenses) วัตถุตกแต่งบาดแผลจากไฟไหม้ (Burn wound dressing) ตลอดจนเคลือบวัตถุที่ต้องนำมาใช้สัมผัสร่างกายเช่น เคลือบอวัยวะในร่างกาย ซึ่งได้รับความสนใจอย่างมากในวงการแพทย์ อีกทั้งยังนำไปใช้ผลิตเครื่องสำอางและเป็นส่วนประกอบของอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ในการใช้ประโยชน์จากโปรตีนไหม โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่นำไปใช้ทางด้านการแพทย์ จำเป็นต้องทราบถึงความเข้มข้นระดับต่ำสุดของผงไหมฉายรังสีที่มีผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเป็นการลดการใช้ยาและสารเคมีในการที่จะนำผงไหมฉายรังสีไปผลิตเป็นวัสดุทางการแพทย์ การทำปัญหาพิเศษนี้จึงสนใจที่จะศึกษา การละลายและฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผงไหมฉายรังสี

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการละลายของผงไหมฉายรังสี
2. เพื่อศึกษาผลต่อฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของเศษผงไหมที่มาผลิตเป็นผงไหมฉายรังสี

1.3 ขอบเขตของปัญหา

ทดสอบการละลายและฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผงไหมฉายรังสี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบคุณสมบัติการละลายของผงไหมฉายรังสี
2. ทราบปริมาณความเข้มข้นของผงไหมฉายรังสีที่มีผลต่อฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์
3. เป็นแหล่งข้อมูลพื้นฐานให้กับผู้ต้องการทำวิจัย หรือ ผู้ที่จะนำผงไหมฉายรังสีไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ เภสัชกรรม และวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติของไหมไทย

ประวัติความเป็นมาของไหมไทยไม่มีหลักฐานยืนยันที่แน่นอน ทราบแต่ว่าประเทศไทยมีการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมมานานกว่าพันปี หลักฐานที่ปรากฏเริ่มตั้งแต่ในสมัยสมเด็จพระ-จุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว คือราวปี พ.ศ. 2444 พระองค์ได้ทรงดำริและโปรดเกล้า ฯ ให้ทางราชการส่งเสริมการเลี้ยงไหมและอีกไม่กี่ปีต่อมาได้ว่าจ้างผู้เชี่ยวชาญชาวญี่ปุ่นมาสำรวจแนวทางและส่งเสริมการเลี้ยงไหมในจังหวัดต่าง ๆ และได้มีการตั้งกรมช่างไหมขึ้นในกระทรวงเกษตราธิการ ทางราชการได้มีการส่งเสริมกันเรื่อยมาเป็นขั้นตอนจนถึงปี พ.ศ. 2456 จึงได้ยุติลงและปล่อยให้ราษฎรเลี้ยงไหมเองเป็นอาชีพ จนถึงปี พ.ศ. 2475 ทางราชการจึงกลับมาส่งเสริมอีกครั้งหนึ่ง โดยจัดตั้งโรงงานสาวไหมขึ้นแห่งแรกที่จังหวัดนครราชสีมา ต่อมาโรงงานประสบปัญหาทางวัตถุดิบ เนื่องจากราษฎรไม่ชำนาญในการเลี้ยงไหม และที่สำคัญคือพันธุ์ไหมที่ได้จะมีเส้นใยสั้นและเป็นปุยใช้กับเครื่องจักรที่สั่งซื้อมาจากต่างประเทศไม่ดี อุตสาหกรรมการผลิตเส้นด้ายไหมก็ได้รับการกระทบกระเทือนจนกระทั่งสงครามมหาเอเชียบูรพา กิจการจึงต้องยุติลง แม้ว่าทางราชการจะปิดโรงงานไปแล้วแต่ราษฎรยังคงมีอาชีพปลูกหม่อนเลี้ยงไหมกันสืบต่อเพื่อผลิตผ้าไหมใช้เองในครอบครัว (นวลแข ปาลิวนิช , 2542 : 119 – 120) ผ้าไหมไทยและผลิตภัณฑ์ไหมที่ผลิตในปัจจุบันเป็นสินค้าส่งออกไปยังต่างประเทศสามารถทำรายได้ให้ประเทศโดยเฉลี่ยปีละ 800 – 1,000 ล้านบาท (จรรยา ปั้นเหน่งเพชร , 2543 : 7)

2.2 ลักษณะทั่วไป

ไหมเป็นสัตว์จำพวกแมลงอยู่ในไฟลัม อาร์โทรโปดา (Phylum Arthropoda) มีการเจริญในแบบสมบูรณ์ (complete metamorphosis) คือมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในแต่ละขั้นตอนของการเจริญเติบแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด การเจริญเติบโตและการพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปแบ่งได้ 4 ระยะ ได้แก่

1. ระยะไข่ (eggs)
2. ระยะตัวหนอน (larvae)
3. ระยะดักแด้ (pupae)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ระยะผีเสื้อ (moth)

ในระยะแรกเป็นระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการของคัพภะ (embryo) ไปเป็นตัวหนอน (larva) ระยะที่สองเป็นระยะการเจริญเติบโตทางร่างกาย (vegetative stage) ซึ่งหนอนไหมจะได้รับสารอาหารจากใบหม่อนที่กินเข้าไป ระยะที่สามเป็นระยะเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากตัวหนอนเป็นตัวเต็มวัย (adult) ในระยะที่สี่เป็นระยะสุดท้าย เป็นระยะการขยายพันธุ์ (reproductive stage) ผีเสื้อจะผสมพันธุ์ ตัวเมียวางไข่เพื่อผลิตลูกหลานในรุ่นต่อ ๆ ไป ในระยะที่เป็นตัวหนอนเท่านั้นที่กินอาหาร มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และหนอนไหมจะเก็บสะสมอาหารไว้ใช้ในระยะผีเสื้อต่อไป

ในการดำรงชีวิตของไหม ไหมสามารถปรับตัวเองให้เข้ากับความเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมได้ 2 คุณลักษณะ คือ คุณลักษณะแรก ได้แก่ จำนวนรุ่นของการวางไข่ต่อปีตามธรรมชาติ (voltinism) ไหมที่วางไข่ได้ 1 รุ่นต่อปี (one generation) เรียกว่า โมโนโวลไทน์ (monovoltine) หรือ ยูนิโวลไทน์ (univoltine) ไหมที่วางไข่ได้ 2 รุ่น (two generation) ต่อปี เรียกว่า ไบโวลไทน์ (bivoltine) และไหมที่วางไข่ได้มากกว่า 2 รุ่น (more than two generation) ต่อปีเรียกว่า โพลีโวลไทน์ (polyvoltine) หรือ มัลติโวลไทน์ (multivoltine) สำหรับคุณลักษณะอีกอย่างหนึ่งก็คือ จำนวนครั้งของการลอกคราบ (moulting หรือ exuviation) สำหรับสายพันธุ์ไหมที่นิยมเลี้ยงผลิตรังเพื่อการค้าโดยส่วนใหญ่จะเป็นไหมสายพันธุ์ที่ลอกคราบ 4 ครั้ง แต่ก็มีบางสายพันธุ์ที่ลอกคราบ 3 ครั้ง และ 5 ครั้งด้วย ทั้งจำนวนรุ่นที่วางไข่ต่อปี และจำนวนครั้งของการลอกคราบ ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางพันธุกรรมเป็นปัจจัยหลัก อย่างไรก็ตามคุณลักษณะดังกล่าวยังสามารถเลี่ยนแปลงได้ตามความเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ชีพจักรของไหมแสดงได้ดังภาพที่ 1 (กรมวิชาการเกษตร , 2535 : 87 – 88)

2.3 พันธุ์ไหม

พันธุ์ไหมที่นิยมเลี้ยงอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

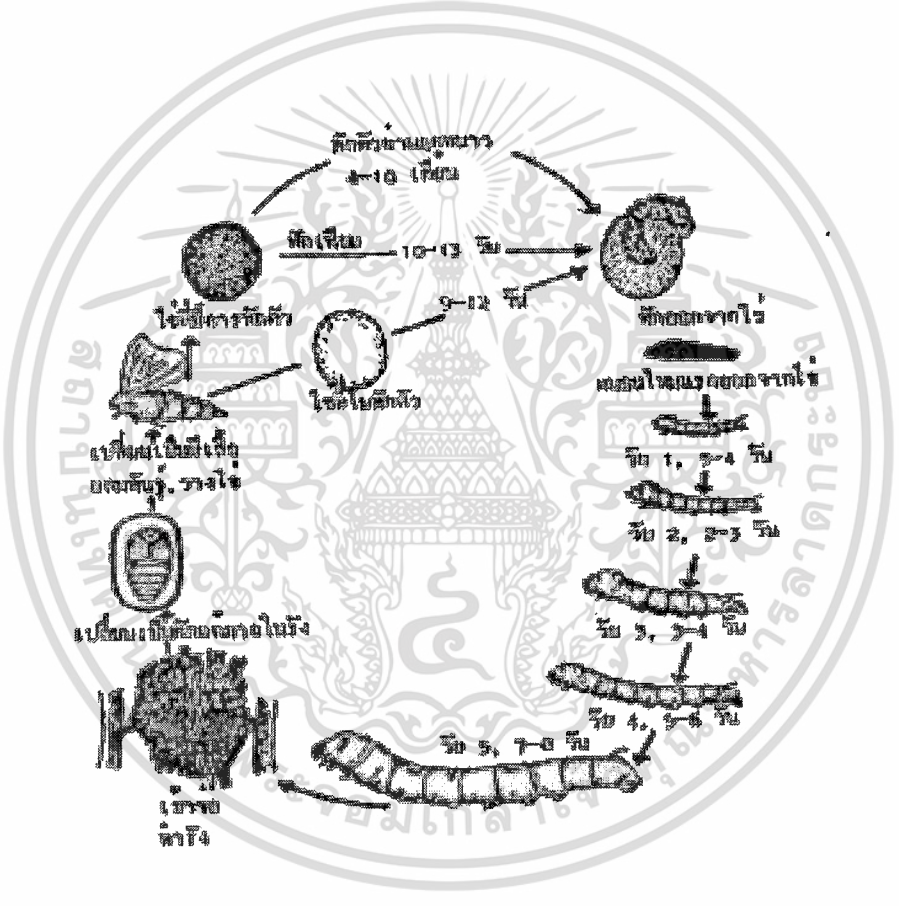
1. ไหมพันธุ์พื้นเมือง เป็นไหมพื้นเมืองที่เกษตรกรเลี้ยงอยู่ทั่วไป รังมีสีเหลืองสด รูปร่างยาวแบบกระสวย แหลมหัวแหลมท้าย เปอร์เซ็นต์เปลือกรังต่ำประมาณ 10 – 15 เปอร์เซ็นต์ เส้นไหมต่อรังยาวประมาณ 500 – 700 เมตร เลี้ยงง่าย แข็งแรง ทนต่อโรคและสภาพภูมิอากาศร้อนได้ดี เกษตรกรส่วนมากต้องทำการสาวรังไหมเองเนื่องจากรังไหมเล็กไม่สามารถสาวด้วยเครื่องจักรได้

2. ไหมลูกผสมในประเทศไทย เป็นพันธุ์ที่ได้มาจากการผสมระหว่างไหมพันธุ์ต่างประเทศกับไหมพันธุ์ปรับปรุงขึ้นมาใหม่จากพันธุ์พื้นเมือง มีรังขนาดใหญ่ สีขาว และสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์เปลือกรังดีกว่าไหมพันธุ์ไทยประมาณ 18 – 22 เปอร์เซ็นต์ ความยาวของเส้นไหมรังละประมาณ 800 – 1,200 เมตร กรรมวิธีการเลี้ยงง่ายกว่าไหมพันธุ์ต่างประเทศ

3. ไหมพันธุ์ต่างประเทศ ต้องสั่งไข่ไหมพันธุ์โดยตรงมาจากต่างประเทศ รังไหมจะมีสีขาว ขนาดใหญ่กว่าพันธุ์ไทย ฝักไหมจะแน่นมาก เป็นรูปทรงกลมรี เปอร์เซ็นต์เปลือกรังสูงถึง 20 – 24 เปอร์เซ็นต์ ความยาวของเส้นไหมต่อรังประมาณ 1,000 – 1,500 เมตร (วีระ สังคมพิทักษ์ , 2534 : 75)



ภาพที่ 1 วงจรชีวิตของหนอนไหม

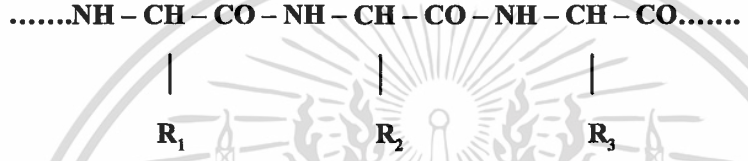
ที่มา : กรมวิชาการเกษตร , 2535 : 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เส้นใยไหม

ไหม คือ เส้นใยโปรตีนธรรมชาติ ซึ่งประกอบไปด้วย ไฟโบรอิน (Fibroin) ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ เซริซิน (Sericin) ประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์ และส่วนประกอบอื่น เช่น ไขมัน , ขี้ผึ้ง และสารอินทรีย์ต่าง ๆ ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ เส้นจากรังไหม 97 เปอร์เซ็นต์เป็นโปรตีนบริสุทธิ์

เส้นใยธรรมชาติกลุ่มที่ได้จากสัตว์ทุกชนิดจะเป็นเส้นใยโปรตีนทั้งหมด ซึ่งมีโครงสร้างต่อกันด้วย กรดอะมิโน (amino acids) ซึ่งต่อกันเป็นโซ่ยาว ที่เรียกว่า polypeptide chains แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเชื่อมต่อระหว่างโมเลกุลด้วย amide (peptide) link

ที่มา : วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา , 2543 : 88

การสร้างเส้นไหม สร้างจากต่อมสร้างเส้นไหม (silk gland) ซึ่งแสดงไว้ดังภาพที่ 3 สารไหมเหลว (liquid silk) จะถูกขับออกทางต่อมสร้างเส้นไหมตอนท้าย (posterior silk gland) ไปยังต่อมยังส่วนกลาง (middle silk gland) ระหว่างนี้สารไหมเหลวจะกลายเป็นเจลาติน (gelatin) ซึ่งจะกลายเป็น ไฟโบรอิน ให้เหนียวขึ้น

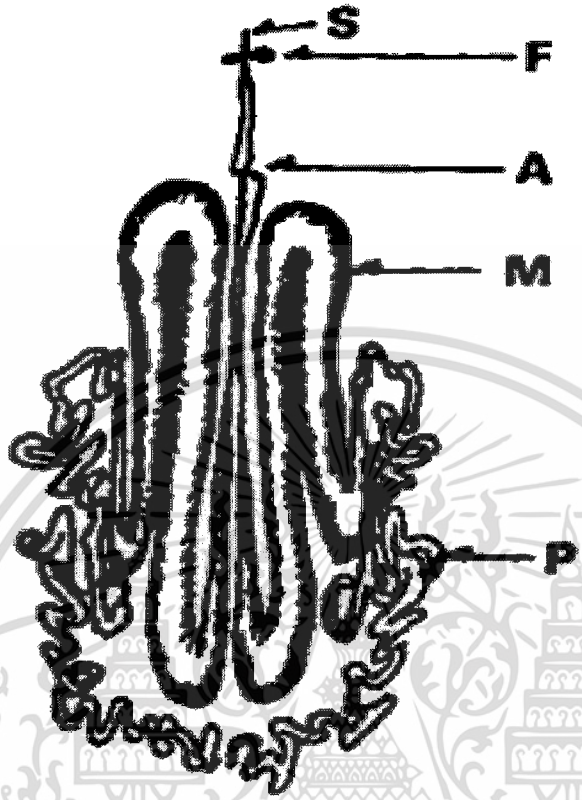
ไฟโบรอิน มีอยู่ประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะเป็นเส้นใย ประกอบด้วยธาตุสำคัญ คือ C , H, O , N : ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของธาตุต่าง ๆ ในไฟโบรอิน

ธาตุ	เปอร์เซ็นต์
คาร์บอน	48.00-49.00
ไฮโดรเจน	6.40-6.51
ไนโตรเจน	17.35-18.89
ออกซิเจน	26.00-27.90

ที่มา : วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา , 2543 : 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>ภาพที่ 3</u> ต่อมสร้างเส้นไหม (silk gland)

S คือ ทางออกของเส้นไหม

F คือ Filippis gland

A คือ ต่อมไหมส่วนหน้า

M คือ ต่อมไหมส่วนกลาง

P คือ ต่อมไหมส่วนท้าย

ที่มา : โมโตอิ มินะกาวะและคณะ อ้างโดย ดาราพร ตั้งสุภาพ , 2544 : 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟโบรอิน มีคุณสมบัติคือ ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในตัวทำละลาย ประกอบด้วยกรดอะมิโนหลัก 4 ชนิด ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 คือ ไกลซีน (Glycine) อะลานีน (Alanine) เซรีน (Serine) และ ไทโรซีน (Tyrosine) โครงสร้างไฟโบรอินของไหมเลี้ยงเป็นแบบ G-A-G-A ซึ่ง G คือ Glycine และ A คือ Alanine ในบางกรณี A เปลี่ยนไปเป็น Serine หรือ Tyrosine

เซริซิน มีอยู่ประมาณ 20 - 30 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะเป็นขี้ผึ้ง (wax) หรือกาวเคลือบเส้นไหม มีคุณสมบัติ คือ สามารถละลายน้ำได้ ประกอบด้วยกรดอะมิโน 4 ชนิด ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2 คือ ไกลซีน (Glycine) อะลานีน (Alanine) เซรีน (Serine) และ ไทโรซีน (Tyrosine) เซริซินเคลือบไฟโบรอินอยู่ มีเซรีนและธรีโอนีน (Threonine) ของกรดแอสพาติก และกรดกลูตามิคของกรดอะมิโนที่เป็นอาจีนิน (Arginine) และ ไลซีน (Lysine) ของกรดอะมิโนที่เป็นเบสค่อนข้างมาก

2.5 โปรตีนไหม

เป็นโปรตีนพวกไฟโบรอินที่พบในเส้นไหม ประกอบด้วยกรดอะมิโนดังนี้ คือ ไกลซีน 40 เปอร์เซ็นต์ อะลานีน 29 เปอร์เซ็นต์ และเซรีน 12 เปอร์เซ็นต์ และมีโครงสร้างปฐมภูมิที่ซ้ำกัน คือ $(Gly – Ser – Gly – Ala – Gly – Ala)_n$ โครงสร้างไฟโบรอินจะเป็นแผ่นพลีทบีตาชนิดที่มีสายเพปไทด์วิ่งสวนทางกัน ทำให้ไฟโบรอินมีลักษณะเป็นแผ่นพลีทหลาย ๆ แผ่นมาซ้อนทับกัน ในแผ่นพลีทบีตาสายเพปไทด์จะวิ่งขนานกัน มีพันธะไฮโดรเจนระหว่างกลุ่ม และกลุ่มของพันธะเพปไทด์ของสายเพปไทด์ที่เคียงคู่กัน แขนงข้าง (หมู่ R) จะชี้ออกสู่ด้านล่างและด้านบนของสายเพปไทด์ แขนงข้างที่มีขนาดเล็ก เช่น ไกลซีน เซรีนและอะลานีนจะช่วยทำให้แผ่นพลีทอยู่ตัวได้ดีดังภาพที่ 4 และ 5 เป็นโครงสร้างของโปรตีนไหม (สุมิตรา เกษมชัยนันท์และชูเกียรติ คำตา , 2542 : 18 – 19)

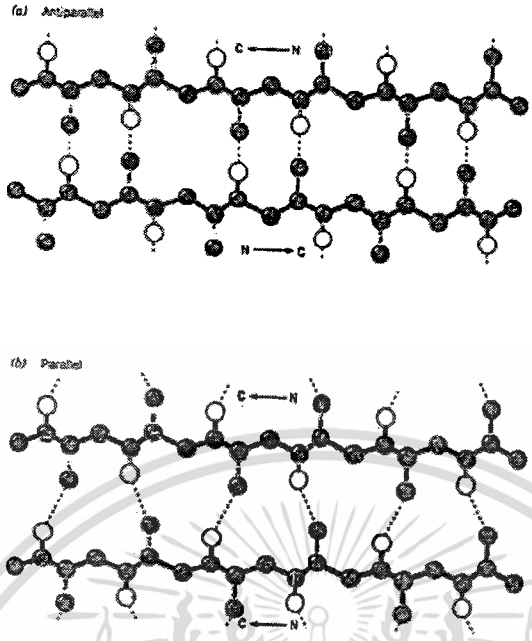
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของกรดอะมิโนของเซริซินและไฟโบรอิน (กรดอะมิโนเป็นกรัมในโปรตีน 100 กรัม)

กรดอะมิโน		เซริซิน	ไฟโบรอิน
Non-polar	Glycine	8.66	41.25
	Alanine	3.51	28.87
	Valine	3.14	2.63
	Leucine	1.02	0.32
Amino acid	Isoleucine	0.77	0.44
	Proline	0.66	-
	Phenylanine	0.50	0.58
Acid amino acid	Aspartic acid	17.03	0.76
	Glutamic acid	7.46	0.69
	Arginine	6.07	0.86
Basic amino acid	Histidine	1.88	-
	Lysine	4.95	0.17
	Serine	27.32	13.22
Oxy amino acid	Threonine	7.48	0.81
	Tyrosine	4.43	10.96
Sulfur-complex	Methionine	-	-
Amino acid	Cystine	0.20	-
รวม		95.08	101.56

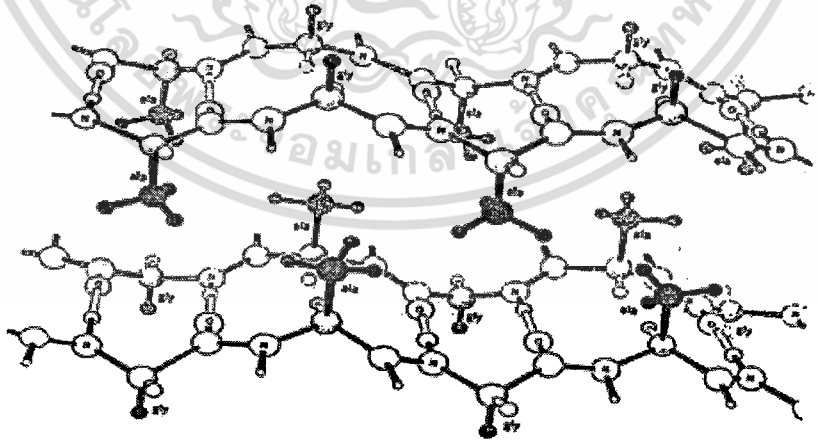
ที่มา : โมโตอิ มินะกาวะและคณะ อ้างโดยดาราพร ตั้งสุภาพ , 2544 : 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>ภาพที่ 4</u> โครงสร้างแผ่นจีบบีตาแบบไม่ขนานและขนาน

ที่มา : สุมิตรา เกษมชัยนันท์และชูเกียรติ คำตา , 2542 : 19



<u>ภาพที่ 5</u> โครงสร้างสามมิติของไหม

ที่มา : สุมิตรา เกษมชัยนันท์และชูเกียรติ คำตา , 2542 :19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของเส้นไหมไทยจะมีขนาดเล็ก ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของไหมไทย มีปุ่มปมอยู่ทั่วไป เป็นเงาเลื่อมมันอยู่ในตัว เมื่อทอเป็นผ้าแล้วจับดูจะรู้สึกนุ่มมือ เส้นไหมสีเหลืองตามธรรมชาติ เส้นไหมที่สาวแบบพื้นเมืองเป็นเส้นไหมดิบที่จะต้องเข็น (ตีเกลียว) ตามความชำนาญและความต้องการ ใช้ทำผ้าแต่ละชนิดของผู้ทอผ้า หลังจากนั้นนำไปฟอก แล้วจะได้เส้นไหมที่ฟู และนุ่มเป็นมัน

2.6 กระบวนการผลิตเส้นไหม

1. การสาวไหม (reeling) เส้นใยไหมจะถูกสาวจากรังไหมโดยการนำรังไหมไปต้มให้รังนุ่ม และทำให้ผิวภายนอกสะอาด เพื่อให้มองหาปลายของเส้นใยได้ ปลายของเส้นใยจะถูกนำมารวมกันเป็นตัวนำทางที่จะดึงหรือสาวไหมออกมาจากรังด้วยเครื่องม้วน (reel) การสาวไหมต้องการทักษะและความชำนาญเพื่อให้ได้เส้นใยที่เล็ก ละเอียด และมีขนาดสม่ำเสมอกันตลอดทั้งเส้น ซึ่งจะทำให้ได้ราคาดี

2. การเข้าเกลียว (throwing) เมื่อสาวเส้นใยและดึงมาม้วนรวมกันไว้แล้วก็ถึงขั้นนำเส้นใยมาเข้าเกลียวรวมกันเป็นเส้นด้าย (throwing) ด้วยเครื่องจักรอันเป็นกระบวนการขั้นที่ 2 ต่อจากการสาวไหม

การเข้าเกลียวเส้นด้ายทำได้หลายแบบ แตกต่างกันที่จำนวนเกลียวและวิธีรวมเป็นเส้นด้ายทำให้ได้ไหมหลายชนิดคือ

1.) tram silk เป็นเส้นด้ายรวมที่นำเส้นด้ายเดี่ยว 2 – 3 เส้นมาเข้าเกลียวรวมกันหลวม ๆ เส้นด้ายจะเหนียวปานกลาง มักใช้เป็นเส้นด้ายพุ่ง

2.) organzine เป็นด้ายรวมชนิด 2 พลายหรือมากกว่ามาเข้าเกลียว แน่นขนาดปานกลาง เป็นเส้นด้ายที่เหนียวมาก ใช้ทำเส้นด้ายยืน ถ้าเข้าเกลียวแน่นและจำนวนเกลียวสูงเรียกว่า เครปออแกนซิน ใช้ทอผ้าไหมเครปและผ้าไหมชีฟอง

3.) singles หรือด้ายเดี่ยว ประกอบด้วยใยยาวจำนวนมาก นำมาเข้าเกลียวรวมกันในลักษณะเข้าเกลียวต่ำ ปานกลาง หรือสูงก็ได้ ใช้ทำเป็นเส้นด้ายยืน เส้นด้ายพุ่ง และด้ายถักนิด

4.) grenadine คือเส้นด้ายรวมที่เกิดจากการรวมเส้นด้ายเดี่ยว 2 – 3 เส้น แล้วนำมาเข้าเกลียวรวมกัน โดยเข้าเกลียวไปในทิศทางตรงกันข้ามกับด้ายเดี่ยวนั้น

3. การปั่น (spinning) การนำรังไหมไปต้มและดึงปลายเส้นใยจากรังที่ออกมาปั่นรวมกันให้เป็นเส้นด้ายในลักษณะเดียวกันกับการปั่นด้ายฝ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การล้างกาว (degumming) กาวหรือยางเซริซินจะยังติดอยู่ที่เส้นใยและจำเป็นต้องชำระออกก่อนนำไปย้อมสีและทอ หรือในตอนที่ผลิตเป็นผืนผ้าแล้วก่อนที่จะนำไปตกแต่ง โดยการต้มเส้นด้ายหรือผ้าทอแล้วด้วยน้ำสบู่ แต่ถ้าต้องการผ้าเนื้อแข็งก็ไม่ต้องล้างเอากาวออกจนหมด (นวลแข ปาลิวนิช , 2542 : 123 – 124)

2.7 สมบัติทางกายภาพของเส้นไหม

1. ลักษณะภายนอก ไหมดิบจะมีลักษณะของใยคู่ (brins) เกาะติดกันด้วยกาวเซริซิน มีความมัน นุ่มนวล โปร่งแสง เป็นแบบอย่างของการทำไหมประดิษฐ์ ผิวนอกดูเรียบแต่ไม่สม่ำเสมอ เมื่อผ่านการฟอกเอาเซริซินออกแล้วจะเป็นเส้นใยเดี่ยว เรียบ และพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมมน เป็นเส้นใยที่มีความละเอียดสูงขนาด 1.25 แดเนียร์ต่อเส้น

2. ความยาว ไหมมีความยาวมากและเป็นเส้นใยธรรมชาติชนิดเดียวที่เป็นเส้นใยยาว ความยาวโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 390 – 600 เมตรและอาจยาวได้ถึง 1,200 เมตร

3. สี เส้นใยไหมมีสีตั้งแต่สีขาวไปจนถึงสีเหลือง

4. ความมัน ภายหลังการฟอกแล้ว ไหมมีความมันที่ดีมาก ให้ลักษณะความมันที่อ่อนนุ่มสวยงาม เป็นรูปแบบของการทำเส้นใยประดิษฐ์

5. ความแข็งแรง ไหมมีความแข็งแรงที่สูงมาก มีความเหนียว 2.4 – 5.1 กรัมต่อเดนเยอร์ ซึ่งไหมถูกนำมาใช้ทำร่มชูชีพในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ความแข็งแรงของไหมจะลดลงประมาณ 15 – 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปียก

6. ความคืนตัว ไหมมีความสามารถในการคืนตัวได้ดี ไม่เกิดการยับย่นง่าย สามารถคืนรูปได้ดีเพียงแขวนทิ้งไว้ระยะหนึ่ง

7. การดูดซึมความชื้น ในภาวะมาตรฐานไหมดูดความชื้นได้ 11 เปอร์เซ็นต์ และอิ่มตัวที่ 25 – 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้สามารถย้อมสีได้ดีและทำการตกแต่งได้ดี ผ้าไหมเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดีจึงเหมาะแก่การทำผ้าพันคอหรือชุดสูท นอกจากนี้ไหมยังดูดซึมเอาของเหลวที่ไม่บริสุทธิ์ เช่น เกลือของโลหะไว้ได้ ซึ่งสารเหล่านี้จะทำลายเส้นใย ทำให้เส้นใยแตกตัวและลดความทนทานลง

8. ความยืดหยุ่นและความยืดได้ ไหมมีความยืดหยุ่นตัวได้ดี เมื่อเส้นใยแห้งสามารถยืดตัวได้ 10 – 25 เปอร์เซ็นต์ ของความยาวเดิม และจะยืดมากขึ้นถึง 33 – 35 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปียก ถ้าจับเส้นไหมยืดออก 2 เปอร์เซ็นต์ แล้วปล่อยมือ ใยไหมจะหดกลับที่เดิมได้ประมาณ 92 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. การทนต่อความร้อน ใยไหมจะไหม้ไฟเมื่อจ่อในเปลวไฟ แต่เมื่อเอาออกจากเปลวไฟจะดับได้เอง เถ้ามีลักษณะเป็นก้อนแข็ง กลิ่นไหม้ไฟเหมือนกลิ่นไหม้ผม ใยไหมสามารถทนความร้อนได้ถึง 171 องศาเซลเซียสในระยะเวลาสั้น ๆ แล้วจะสลายตัว

10. ความถ่วงจำเพาะ ไหมมีความถ่วงจำเพาะเพียง 1.25 แต่ยังมีการทิ้งตัวที่ดี

11. รูปร่างทางกล้องจุลทรรศน์ รูปร่างตามยาวของไหมหลังจากที่ล้างเอากาวออกแล้วจะมีลักษณะเป็นแท่งยาว บาง โปร่งแสง และผิวเรียบ ถ้าเป็นชนิดที่ยังไม่ล้างเอากาวออกจะมีผิวหยาบและขรุขระ ไหมป่าจะมีขนาดไม่เท่ากัน บางส่วนแคบ และบางส่วนปรากฏเป็นสีเข้ม นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกลักษณะของไหมจากกล้องจุลทรรศน์ได้ดังนี้

1.) ลักษณะตามยาว

- ไหมดิบ เห็นเป็นเส้นเดียว มีเส้นสีเข้มอยู่ตรงกลาง เส้นนี้บางตอนจะขาดหายไป
- ไหมฟอก เป็นเส้นเดียว ผิวเรียบเหมือนแท่งแก้วใส
- ไหมป่า ลักษณะค่อนข้างแบน มักบิดเป็นเกลียว เส้นเล็ก บางทีมีรอยแตกเป็นแห่ง ๆ มีสีค่อนข้างเข้ม

2.) ลักษณะตามขวาง

- ไหมดิบ เส้นใยมีรูปเหลี่ยมสองเส้นหุ้มด้วยเยื่อบาง ๆ ตัดกัน บางทีเยื่อหุ้มบางตอนจะหลุดไป
- ไหมฟอก มักเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมมนบางทีกลมเหมือนไข่
- ไหมป่า เป็นรูปสามเหลี่ยมยาว มุมมน บางทีกลมหรือรูปไข่ (นวลแข ปาลิวนิช , 2542 : 128 - 129 และ อัจฉราพร ไศละสูตร , 2539 : 140)

2.8 สมบัติทางเคมี

1. ปฏิกิริยาต่อกรด คล้ายขนสัตว์คือไม่ทนต่อกรดของโลหะชนิดเข้มข้น กรดเกลือเข้มข้นจะทำให้ใยไหมละลาย และกรดของโลหะชนิดอื่น ๆ ก็จะทำให้ไหมเสื่อมคุณภาพ เพราะการเรียงตัวของโมเลกุลในเส้นไหมจะดูดเอากรดเข้าไปอย่างรวดเร็ว และกรดจะจับแน่นติดอยู่แน่น กรดจะทำลายโปรตีนไฟโบรอิน ส่วนกรดอินทรีย์ไม่ทำลายใยไหม

2. ปฏิกิริยาต่อด่าง ไหมไม่อ่อนไหวต่อด่าง แต่ถูกทำลายได้ด้วยด่างที่มีความเข้มข้นสูง ด่างแก่มีผลทำให้ไหมมีความมันลดลง ด่างอย่างอ่อน เช่น สบู่ บอแรกซ์ และแอมโมเนียจะไม่เป็นอันตรายต่อไหมหากไม่ทิ้งไว้นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เกลือคลอไรด์ ไหมถูกทำลายได้ด้วยสารที่มีส่วนผสมของเกลือคลอไรด์ผสมอยู่ ได้แก่ เหงื่อ น้ำยาดับกลิ่น และน้ำเกลือทั่วไป

4. สารละลายอินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ไหมส่วนใหญ่มักใช้การซักแห้งทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณ-สมบัติของเส้นไหม และสีที่ใช้ย้อม

5. สารซักฟอก ไหมมีความทนต่อสารซักฟอกคล้ายขนสัตว์ ถูกทำลายด้วยสารซักฟอกประเภทออกซิไดส์ เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรท์ แต่สารซักฟอกประเภทไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือโซเดียมเปอร์บอเรตภายใต้ภาวะการซักปกติจะไม่เกิดผลเสียต่อไหม

6. ราและแมลง ปกติไหมไม่เกิดราง่าย ยกเว้นทิ้งไว้ในภาวะที่ค่อนข้างเปียกชื้นเป็นเวลานาน ไหมที่สะอาดจะไม่มีปัญหาเรื่องแมลงและรา

7. แสง ผ้าไหมมีความอ่อนไหวต่อแสงแดด โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากถูกแสงแดดโดยตรงเป็นเวลานานจะทำให้ผ้าไหมเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองและความแข็งแรงก็จะลดลงด้วย

8. การย้อมสี ไหมมีความสามารถในการรับสีย้อมได้ดีมาก อาจย้อมด้วยสีที่เป็นแอสิด เบสิคหรือสีไดเรค ผ้าไหมเมื่อย้อมสีแล้วจะมีสีเข้มกว่าขนสัตว์และสามารถย้อมสีในอุณหภูมิต่ำกว่าด้วย

9. ปฏิกิริยาการลุกไหม้ของไหม ไหมจะไหม้เหมือนขนสัตว์ มีกลิ่นน้อยกว่า ถ้าเป็นไหมเพิ่มน้ำหนักเถ้าจะคงรูปเดิมเหมือนก่อนเผาเพียงเล็กน้อย (วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา , 2543 : 90 – 91 และ อัจฉราพร ไศละสูตร , 2539 : 140)

2.9 การฉายรังสี

การแผ่รังสี หมายถึงการนำพาพลังงานทั้งในรูปของคลื่นและอนุภาค ตัวที่นำพาพลังงานในรูปของคลื่นเรียกว่า โฟตอน ในการแผ่พลังงานนี้โฟตอนจะประพฤติตัวเป็นลักษณะคล้ายคลื่นเมื่อมันเคลื่อนไหว และจะประพฤติตัวคล้ายอนุภาคเมื่อถูกดูดกลืน หรือปลดปล่อยโดยอะตอมหรือโมเลกุล

การแผ่รังสีสามารถเกิดได้จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ โดยการเร่งหรือจากไอโซโทปของธาตุที่แผ่รังสีที่เกิดในธรรมชาติ หรือไอโซโทปที่เกิดจากการสังเคราะห์ แต่แหล่งของการควบคุมการแผ่รังสี คือ ไอโซโทปที่เกิดจากการสังเคราะห์ที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์

รังสีแกมมาเป็นรังสีคลื่นสั้น ๆ เป็นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงมากแต่ไม่มีประจุ โฟตอนของรังสีแกมมาสามารถทะลุทะลวงแม้ในสสารที่ความหนาแน่นมากที่สุด ซึ่งเมื่อต้องการที่จะหยุดการทะลุทะลวงของรังสีแกมมานั้นต้องใช้คอนกรีตที่มีความหนามากกว่า 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของการฉายรังสีแกมมา

1. สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าในกระบวนการทางเคมีปกติ
2. สามารถทะลุทะลวงได้อย่างดี ถึงแม้ว่ารังสีแกมมาจาก โคบอลต์ – 60 สามารถทะลุทะลวงได้มากถึง 12 นิ้ว (300 มิลลิเมตร) แต่จะเคลื่อนที่ในอัตราที่ช้าและใช้เวลานาน ขณะที่รังสีอิเลคตรอนจะเคลื่อนที่ในอัตราที่รวดเร็วมาก แต่สามารถทะลุทะลวงได้ในความหนาเพียง 0.36 นิ้ว (10 มิลลิเมตร) ด้วยเหตุนี้ผลิตภัณฑ์จากการฉายรังสี 90 เปอร์เซ็นต์ จึงถูกผลิตโดยการใช้แหล่งอิเลคตรอนพลังงานสูง
3. ไม่จำเป็นต้องใช้สารตัวเติมพวกสารริเริ่ม หรือ คะตะลิสต์ ทำให้ปราศจากสิ่งปนเปื้อนผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสะอาดสูง
4. ใช้ได้กับโมโนเมอร์หรือโพลิเมอร์ที่ไม่สามารถเกิดโครงสร้างร่างแหได้โดยตัวริเริ่มทางเคมี
5. ความว่องไวของปฏิกิริยาไม่ลดลง ถึงแม้ว่าจะเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่นและเกิดโครงสร้างร่างแหแล้วก็ตาม
6. ขบวนการนี้ควบคุมง่ายและน่าเชื่อถือ จึงทำให้สามารถควบคุมผลิตภัณฑ์ได้
7. หลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดจากการผสม และการเก็บสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการ

ข้อเสียของการฉายรังสี

1. ในการติดตั้งเครื่องฉายรังสีแกมมามีราคาแพง
2. ต้องการการดูแลรักษาและบุคคลากรที่มีความชำนาญโดยเฉพาะในรังสีที่ทำให้เกิดไอออน
3. มีศักยภาพในการเกิดอันตรายสูง เนื่องจากเป็นรังสีที่ทำให้เกิดไอออนและเป็นธาตุกัมมันตรังสี

รังสีแกมมาจัดเป็นรังสีที่ก่อให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนโดยทางอ้อม การใช้รังสีแกมมาจากโคบอล์ต – 60 เป็นที่นิยมกันมากเนื่องจากมีราคาถูกเมื่อเทียบกับไอโซโทปอื่น ๆ ที่แผ่รังสีชนิดเดียวกันและมีครึ่งชีวิตที่พอเหมาะ คือ 5.25 ปี โคบอล์ต – 60 มีความคงทนภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีปริมาณรังสีสูงและสามารถใช้งานได้แม้กระทั่งในอุณหภูมิสูงถึง 1000 องศาเซลเซียส โคบอล์ต – 60 ให้รังสีแกมมา 2 โฟตอนต่อการสลายตัวหนึ่งนิวเคลียส โดยพลังงานทั้งสองเท่ากับ 1.17 MeV และ 1.33 MeV ตามลำดับหรือคิดเฉลี่ยให้พลังงานโฟตอน 2.5 MeV ต่อการสลายตัวหนึ่งครั้ง ในกระบวนการฉายรังสีทางอุตสาหกรรมจะใช้ต้นกำเนิดโคบอล์ต – 60 ที่ให้ความแรงรังสีระดับหมื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือแสนคูรี ลักษณะของต้นกำเนิดอาจเป็นแท่งทรงกระบอก เป็นแผ่น เป็นเม็ดบรรจุในท่อเหล็กกล้าไร้สนิมหรือแบบอื่น ๆ ตามแต่ความสะดวก กล่าวโดยสรุปความเหมาะสมของการใช้ โคบอล์ต – 60 คือ รังสีแกมมามีอำนาจในการทะลุทะลวงสูง ฉายรังสีได้อย่างต่อเนื่อง เสื่อมสภาพได้ช้าและไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนเสริมต้นกำเนิดบ่อยครั้ง (สุมิตรา เกษมชัยนันท์และชูเกียรติ คำตา , 2542 : 19 – 20)

2.10 จุลินทรีย์

โรคติดเชื้อจากแบคทีเรียเป็นปัญหาสำคัญของประเทศไทยที่มีมาตั้งแต่สมัยโบราณ แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคมีทั้งแกรมบวกและแกรมลบ ซึ่งจะทำให้เกิดโรคแตกต่างกันไปในแต่ละสายพันธุ์

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งใกล้เส้นศูนย์สูตร มีอากาศร้อนชื้น ประชาชนมักประสบปัญหาเรื่องโรคติดเชื้อแบคทีเรียทางผิวหนัง ซึ่งแบคทีเรียที่พบบ่อยที่สุดที่เป็นสาเหตุของโรคดังกล่าวคือ *Staphylococcus aureus* อาการที่สำคัญที่เกิดขึ้น คือ ฝีและหนอง พบได้ทั่วไปที่บริเวณผิวหนังของมนุษย์ เช่น รูขุมขนอักเสบ แผลเน่าเปื่อย บริเวณแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก เชื้อดังกล่าวอาจลุกลามไปยังอวัยวะต่าง ๆ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้

1. *Escherichia coli*

E. coli อยู่ในตระกูลเอนเทอโรแบคทิริเอซี (Enterobacteriaceac) อยู่ในสกุล Escherichia เป็นเชื้อประจำถิ่นอยู่ในลำไส้ ลักษณะสำคัญ คือ

1. มีเซลล์เป็นรูปท่อนตรง เรียงตัวเดี่ยว ๆ หรือเป็นคู่
2. มีเซลล์ขนาด 1.1 – 1.5 x 2.0 – 6.0 ไมโครเมตร
3. เซลล์มีขาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3 – 1.5 ไมโครเมตร
4. เคลื่อนที่โดยใช้แฟลกเจลลา
5. เป็นแบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative)
6. เป็นพวกแฟคัลเททีฟแอนแอโรป (facultative anaerobe)
7. มีเซลล์แอนติเจนพิเศษ เรียกว่า เอนเทอโรแบคทีเรียลคอมมอนแอนติเจน (entero bacterial common antigen)
8. ไม่ต้องการ Na^+ เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เชื้อ *E. coli* เป็น lactose fermentation จัดเป็นแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (coliform) เชื้อ *E. coli* มีหลายซีโรทัยป์ (serotype) และหลายไบโอทัยป์ (biotype) พบมากที่สุดในลำไส้ใหญ่ของคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ใช้เป็นดัชนีวัดคุณภาพของน้ำและอาหาร

เชื้อ *E. coli* สามารถสร้างทอกซิน (toxin) ได้ 2 ชนิด คือ

1. เอนโดทอกซิน (endotoxin)
2. เอนเทอโรทอกซิน (enterotoxin) ซึ่งเป็นเอ็กโซทอกซิน มีพลาสมิดเป็นตัวควบคุมการสร้างและมีผลต่อการทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ
   2.1 Heat labile enterotoxin (LT)
   2.2 Heat stable enterotoxin (ST)

คุณสมบัติของสารพิษทั้ง 2 นี้แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของสารพิษเอนเทอโรทอกซิน

Heat labile enterotoxin (LT)	Heat stable enterotoxin (ST)
1.เป็นสารประกอบโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 86,000 ดาลตัน	1.เป็นสารประกอบโพลีเพปไทด์เล็ก ๆ ซึ่งมีกรดอะมิโนอยู่ราว 18 – 50 โมเลกุล ประมาณ 25,000 – 51,000 ดาลตัน
2.ประกอบด้วย 2 ส่วนย่อยคือ A subunit ซึ่งมีฤทธิ์ในการจับกับเอนไซม์ได้ดี และ B subunit 5 ชิ้นซึ่งอยู่รายล้อม A subunit ทำหน้าที่ในการจับ receptor ที่ crypt cell	2.สูตรโครงสร้างประกอบด้วย disulfide bond จำนวนมากจึงอาจเป็นสาเหตุให้เกิดความทนทานต่อความร้อน
3.Principle receptor คือ GMI – ganglioside	3.ยังไม่ทราบว่า receptor คืออะไร

ที่มา : มหาวิทยาลัยขอนแก่น , 2540 : 122

โรคที่เกิดจากเชื้อ *E. coli*

1. โรคติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ เช่น กระเพาะปัสสาวะอักเสบ , กรวยไตอักเสบ และไตอักเสบ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการติดเชื้อแบบลามขึ้น (ascending route)

2. โรคติดเชื้อในโรงพยาบาล (nosocomial infection)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

47214

3. โรคติดเชื้อทางกระแสโลหิต (bacterimia) เช่น ไตอักเสบ , ไส้ติ่งอักเสบ , ปอดบวม ฝีในตับ และถุงน้ำดีอักเสบซึ่งเกิดจากการเจริญและแบ่งตัวอย่างรวดเร็วภายในอวัยวะนั้น ๆ

4. เยื่อหุ้มสมองอักเสบในทารกแรกเกิด (neonatal meningitis) เกิดกับทารกช่วงแรกเกิด โดยเฉพาะทารกที่คลอดก่อนกำหนดเนื่องจากภูมิคุ้มกันของเด็กแรกเกิดยังไม่เจริญเต็มที่

5. โรคอุจจาระร่วง (diarnhoeal diseases) เชื้อ *E. coli* ที่ก่อให้เกิดโรคอุจจาระร่วงมี 5 ชนิด คือ

5.1 *Enterotoxigenic E. coli* (ETEC)

5.2 *Enteroinvasive E. coli* (EIEC)

5.3 *Enteropathogenic E. coli* (EPEC)

5.4 *Enterohemorrhagic E. coli* (EHEC)

5.5 *Enteroaggregative E. coli* (EAEC)

<u>ภาพที่ 6</u> ลักษณะของเชื้อ *Escherichia coli*

ที่มา : Gerard J. Tortora , Berdell R. Funke and Christina L. Case , 1992 : 344

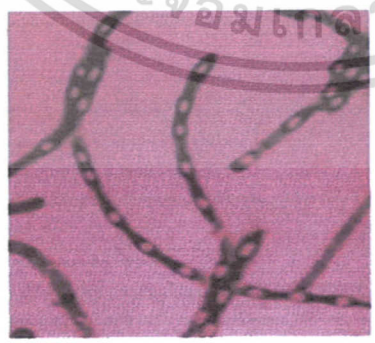
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. *Bacillus subtilis*

B. subtilis เป็นแบคทีเรียตระกูล *Bacillacieae* จัดอยู่ในตระกูล *Bacillus* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก สร้างเอนโดสปอร์ (Endospore – Froming , Grame – Positive Bacteria) มีลักษณะสำคัญคือ

1. เซลล์มีรูปร่างเป็นท่อน
2. เซลล์มีขนาด 0.3 – 2.2 x 1.2 – 7.0 ไมโครเมตร
3. สามารถเคลื่อนที่ได้โดยใช้แฟลกเจลลา
4. เป็นพวกมีโซไฟล์ (mesophile) คือ ชอบอุณหภูมิปานกลาง
5. เป็นแบคทีเรียแกรมบวก (Grame Positive)
6. เป็นพวกแอโรป (aerobe) และแฟคัลเททีฟแอนแอโรป (facultative anaerobe)
7. สร้างเอกโซเอนไซม์ย่อยแป้งและเคซีน
8. สร้างเอนโดสปอร์ (endospore) ซึ่งทนความร้อน
9. ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียไม่มีโทษ พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ

B. subtilis เป็นแบคทีเรียรูปร่างเป็นท่อนตรง เป็นแบคทีเรียพวกมีโซไฟล์ อุณหภูมิต่ำสุดที่เจริญได้คือ 5 – 20 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือ 37 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดที่เจริญเติบโตได้อยู่ระหว่าง 45 – 55 องศาเซลเซียส ทนต่อความเป็นกรดต่ำและกรดปานกลาง รวมทั้งความเค็มได้ดี จึงเป็นสาเหตุให้อาหารกระป๋องที่ฆ่าเชื้อไม่เพียงพอเน่าเสียได้ โดยเฉพาะพวกอาหารทะเลกระป๋อง นอกจากนี้แล้วยังสามารถสลายเพคตินในเนื้อเยื่อพืชทำให้พืช เช่น หัวมันฝรั่งเน่าเสียได้ นอกจากนี้ยังผลิตสารเมือกลีแวนจากน้ำตาลซูโครสและรัฟฟิโนสได้อีกด้วย



ภาพที่ 7 ลักษณะเชื้อสกุล *Bacillus*

ที่มา : Kathleen Park Taloro and Arther Taloro , 1999 : 594

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. *Staphylococcus aureus*

เป็นแบคทีเรียที่อยู่ในวงศ์ Micro coccaceae ลักษณะทั่วไปดังนี้

1. แกรมบวก (grame positive) ไม่สร้างสปอร์ ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้
2. รูปร่างกลมมักรวมตัวกันอยู่เป็นกลุ่ม ๆ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.7 – 1.2 ไมโครเมตร
3. เจริญได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobes) แต่เจริญได้ดีกว่าในที่มีออกซิเจน
4. อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญอยู่ในช่วง 10 – 45 องศาเซลเซียส และดีที่สุดที่ 37 องศาเซลเซียส
5. พีเอช (pH) ที่เหมาะสมในการเจริญ คือ 4.5 – 9.3 แต่ดีที่สุดที่พีเอช 7.0 – 7.5
6. ลักษณะโคโลนีกลม นูน ขอบเรียบเป็นเงา ขนาดประมาณ 1- 4 มิลลิเมตร สามารถสร้างรงควัตถุสีเหลืองที่เรียกว่า triterpenoid carotenoids ทำให้เห็นโคโลนีเป็นสีเหลืองทอง การสร้างรงควัตถุจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง (20 – 25 องศาเซลเซียส) แต่เชื้อจะไม่สร้างรงควัตถุในที่ไม่มีออกซิเจนหรือในอาหารเหลว
7. สลายเม็ดเลือดแดงได้เกือบทุกสายพันธุ์ เมื่อเพาะเลี้ยงบน blood agar จะเห็นโซนใส (β - hemolytic zone) รอบ ๆ โคโลนี ถ้าเป็นสายพันธุ์ที่สร้างแคปซูลได้จะมีโคโลนีเหนียว เยิ้ม
8. ย่อยน้ำตาลได้หลายชนิด โดยย่อยได้ทั้งแบบใช้ออกซิเจน (respiration) และแบบการหมักที่ไม่ใช้ออกซิเจนผลผลิตของการหมักย่อยน้ำตาลจะได้กรดแลคติค แต่ไม่ให้ก๊าซ
9. ทนความแห้งและความร้อนได้ดี (60 องศาเซลเซียส 30 นาที)
10. เจริญได้ในอาหารที่มีเกลือความเข้มข้นสูง ถึง 15 เปอร์เซ็นต์
11. ความต้องการน้ำในรูปของค่า water activity (Aw) อยู่ระหว่าง 0.86 – 0.99 การเจริญจะลดลงเมื่อค่า Aw ต่ำกว่า 0.94 (สมแข พิลาสมบัติ , 2540 : 36และ กนกรัตน์ ศิริพานิชกร , 2541 : 56)

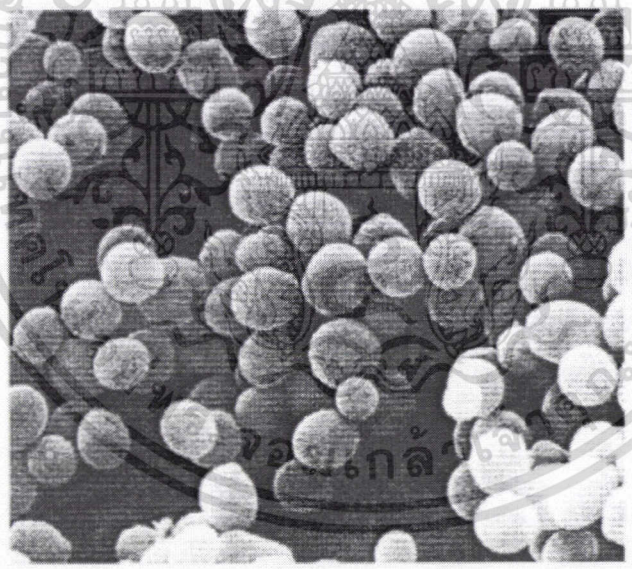
โดยทั่วไปมักจะพบ *S. aureus* อยู่ตามผิวหนัง เยื่อบุของร่างกายและระบบทางเดินอาหารสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและนก มีชีวิตอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมคือ บนผิวหนังและในฝุ่น

S. aureus แพร่กระจายได้อย่างกว้างขวางในอากาศ ฝุ่นละอองและสิ่งของต่าง ๆ แต่เจริญได้ดีที่ผิวหนังและเยื่อบุของคน พบในบริเวณเยื่อบุจมูกของคนปกติประมาณ 30 – 50 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิวหนัง 20 เปอร์เซ็นต์ และอุจาระ 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการติดเชื้อที่ผิวหนังได้บ่อยและมักพบว่าเกี่ยวข้องกับการกับการติดเชื้อที่แผลผ่าตัด เกิดการติดเชื้อที่กระแสโลหิตหลังผ่าตัด ฝีหนอง และเชื้อเจริญเติบโตบริเวณแผลไหม้ (อะเคื้อ อุณหเลขกะ , 2541 : 38)

S. aureus สามารถสร้างสารพิษเอนเทอโรทอกซิน (enterotoxin) ได้ถึง 6 ชนิด คือ A , B , C_1 , C_2 , D และ E สารพิษนี้ทนความร้อนได้สูงถึง 100 องศาเซลเซียส 30 นาที โดย *S. aureus* สายพันธุ์ S – 6 และสายพันธุ์ FRI – 913 สามารถสร้างเอนเทอโรทอกซิน A และ B ซึ่งเอนเทโรทอกซินทั้ง 2 ชนิดนี้มักตรวจพบว่าเป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษ โดยเอนเทอโรทอกซิน A เป็นสารพิษที่มีความสำคัญในการทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ ในขณะที่เอนเทอโรทอกซิน B มีส่วนน้อยที่ตรวจพบว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ (สมแข พิลาสมบัติ , 2540 : 34 - 35)



<u>ภาพที่ 8</u> ลักษณะเชื้อ *Staphylococcus*

ที่มา : Gerard J. Tortora , Berdell R. Funke and Christina L. Case , 1993 : 564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 การเลี้ยงจุลินทรีย์

โดยทั่วไปอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์แบ่งเป็น 2 ชนิดตามลักษณะอาหาร คือ อาหารเหลว (liquidmedium หรือ broth) ที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายสารต่าง ๆ และอาหารแข็ง (solid medium หรือ agar) ซึ่งมีสารที่ช่วยให้อาหารแข็งตัว

ส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์

อาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ที่นิยมเตรียมในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาโดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบ ดังนี้

1. น้ำ เป็นตัวทำละลาย ช่วยส่งเสริมปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ในเซลล์จุลินทรีย์

2. สารสกัด (extracts) สารสกัดเช่น peptone, tryptone, yeast extract, soil extract และ meat extract เป็นต้น สารเหล่านี้สกัดโดยวิธีใช้เอนไซม์ย่อย และเคี่ยวจนเข้มข้น ทำให้มีแร่ธาตุต่าง ๆ ประกอบอยู่มากมาย

3. สารช่วยให้อาหารแข็งตัว (solidifying agent) สารที่นิยมให้อาหารแข็งตัวที่นิยม คือ วุ้น (agar) ซึ่งสกัดจากสาหร่ายสีแดง (red algae) เป็นสารประกอบของโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่เรียกว่า D-galactopyranose ปริมาณที่ใช้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการเตรียมอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ เช่น ถ้าเป็นการเตรียมอาหารที่ผิวเอียง (slant) หรืออาหารในจานเลี้ยงจุลินทรีย์ (petri-dishes) ต้องเติมวุ้น 1.5-2.0 เปอร์เซ็นต์ ถ้าต้องการเตรียมอาหารกึ่งแข็ง (semisolid) ต้องเติมวุ้นประมาณ 0.3-0.4 เปอร์เซ็นต์ แต่เดิมเคยใช้เจลาติน (gelatin) เป็นสารช่วยให้อาหารแข็งตัว แต่มีข้อเสีย คือ จุลินทรีย์บางชนิดสามารถย่อยเจลาตินได้ ทำให้อาหารที่เคยแข็งกลับเหลวและไม่เหมาะสมกับการใช้งาน ดังนั้นปัจจุบันจึงไม่นิยมใช้เป็นสารทำให้อาหารแข็งตัว แต่ใช้ในการจำแนกจุลินทรีย์บางชนิดโดยอาศัยคุณสมบัติย่อยเจลาตินนี้ เรียกว่า gelatin liquefaction test นอกจากนี้ยังมีการใช้ซิลิกาเจล (siliga gel) เป็นสารให้อาหารแข็งตัว แต่เนื่องจากมีราคาค่อนข้างแพงจึงใช้ในปฏิบัติการพิเศษเท่านั้น เช่น การหาปริมาณสารอาหารที่ต่ำสุดที่จุลินทรีย์ต้องการ (minimum nutritional requirements)

4. อินดิเคเตอร์ (indicators) อินดิเคเตอร์เป็นสารเคมีที่เติมลงในอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ซึ่งจะเปลี่ยนสีไปตามสภาวะความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของอาหาร ซึ่งบ่งชี้การใช้สารอาหารหรือการสร้างสารโดยจุลินทรีย์ อินดิเคเตอร์ที่นิยมใช้ ได้แก่ metacresol purple , thymol blue , bromphenol blue , methyl red , phenol red , cresol red เป็นต้น

5. สารคัดเลือก (selective agents) สารคัดเลือกเป็นสารเคมีที่เติมลงในอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิด ในขณะเดียวกันเท่ากับเป็นการช่วยให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์บางชนิดเจริญเติบโตได้ดี เช่น 65 เปอร์เซ็นต์ NaCl จะยับยั้งจุลินทรีย์ Streptococci สายพันธุ์อื่น ๆ ยกเว้น *Streptococcus faecalis* ส่วน crystal violet จะยับยั้งจุลินทรีย์แกรมลบ เป็นต้น

6. สารเพิ่มเติมและเพิ่มพูน (additives and enrichment) สารเพิ่มเติมและเพิ่มพูนเป็นสารที่เติมลงไปเพื่อเพิ่มความสมบูรณ์ให้แก่อาหารได้แก่ เลือด (blood) ซีรั่ม (serum) เป็นต้น สารนี้ช่วยให้จุลินทรีย์ที่ไม่เจริญเติบโตในอาหารธรรมดาสามารถเจริญเติบโตในอาหารที่เติมสารเหล่านี้ได้

7. สารอื่น ๆ (miscellaneous) เป็นสารอื่น ๆ ที่เติมลงในอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์นอกจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ตัวอย่างเช่น สารจับออกซิเจน (reducing agent) ใช้ในกรณีที่ต้องการเลี้ยงจุลินทรีย์พวกแอนแอโรป (anaerobe) เป็นต้น

ประเภทของอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์

อาหารเลี้ยงจุลินทรีย์สามารถแบ่งตามองค์ประกอบได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. Minimal medium หรือ chemically defined medium หรือ synthetic medium ประกอบด้วยสารอนินทรีย์ที่จำเป็นที่ทราบชนิดและปริมาณเท่าที่จำเป็นในการเจริญเติบโต มีสารอินทรีย์เป็นแหล่งพลังงานและคาร์บอน ซึ่งชนิดของสารอินทรีย์นั้นจะขึ้นอยู่กับความต้องการสารอาหารของจุลินทรีย์ในแต่ละชนิด

2. Complete medium หรือ rich medium หรือ chemically undefined medium อาหารชนิดนี้เป็นสารอาหารครบถ้วน ซึ่งได้จากสารสกัดจากธรรมชาติ เช่น สกัดจากยีสต์ (yeast extract) ย่อยนมด้วยเอนไซม์ (tryptone) ย่อยเนื้อเยื่อสัตว์ด้วยเอนไซม์ (peptone) เป็นต้น

ชนิดของอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์

วัตถุประสงค์ของการใช้อาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ คือ เพื่อแยกจุลินทรีย์บริสุทธิ์ เก็บรักษาสายพันธุ์จุลินทรีย์ ศึกษาลักษณะการเจริญเพื่อการจำแนกชนิดของจุลินทรีย์ และเพาะเลี้ยงเซลล์และผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์ ดังนั้นอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์จึงแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้หลายชนิด ได้แก่

1. Enriched medium เป็นอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มปริมาณเซลล์ของจุลินทรีย์ชนิดที่ต้องการ จุลินทรีย์เหล่านี้อาจอยู่ในธรรมชาติหรือในตัวอย่างที่นำมาเลี้ยงโดยการเติมสารอาหารที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียนั้น ๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นอาหารเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Selective medium เป็นอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ที่ใช้ในการคัดเลือกจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ที่ต้องการคัดเลือกเท่านั้นจึงจะสามารถเจริญเติบโตในอาหารชนิดนี้ได้ โดยการเติมสารอาหารที่จุลินทรีย์ที่ต้องการคัดเลือกสามารถใช้ได้ดี แต่จุลินทรีย์ชนิดอื่นไม่สามารถใช้ได้ หรือ เติมสารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ อาหารชนิดนี้ส่วนใหญ่มักเป็นอาหารแข็ง

3. Differential medium เป็นอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ที่เมื่อจุลินทรีย์เฉพาะชนิดเจริญเติบโตแล้วสามารถเห็นความแตกต่างของลักษณะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์นั้น ๆ ได้ชัดเจน

ปัจจุบันอาหารที่ใช้เลี้ยงจุลินทรีย์มีขายในรูปผงอาหารสำเร็จ (dehydrate powder) ซึ่งหลายบริษัทที่ผลิตจำหน่าย หลักการในการเลือกใช้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และวิธีการใช้ โดยมีข้อควรระวัง ดังนี้

1. อาหารที่ใช้เลี้ยงจุลินทรีย์นั้น ควรเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ไม่จับกันเป็นก้อน

2. การเตรียมอาหารไม่ควรใช้ความร้อนสูงจนเกินไป เพราะอาจทำให้สารอาหารเสื่อมสภาพได้

3. ขณะเตรียมอาหารที่ใช้เลี้ยงจุลินทรีย์ ควรเติมน้ำส่วนหนึ่งลงไปก่อน เมื่อกวนจนอาหารละลายหมดแล้วจึงค่อยเติมน้ำส่วนที่เหลือจนครบปริมาตร

4. การทำให้ปราศจากเชื้อ (sterilization) ต้องทำให้ถูกวิธีกับอาหารที่ใช้เลี้ยงจุลินทรีย์ในแต่ละชนิด เพื่อให้อาหารนั้นคงคุณภาพที่ดี

การเลี้ยงจุลินทรีย์

เทคนิคในการนำจุลินทรีย์ไปเลี้ยงในอาหารเหลวหรืออาหารแข็งเรียกว่า inoculation โดยการใช้ลูป (inoculating loop) เข็มเขี่ยเชื้อ (inoculating needle) หรือปิเปต (pipette) ที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อ (aseptic technique)

1. การใช้ลูป ลูปที่นำมาใช้ต้องผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการลนเปลวไฟจากตะเกียงบุนเส็นจนลวดร้อนแดง ดังรูป แล้วลนไฟฆ่าเชื้อบริเวณที่อยู่ถัดมาทางด้านมือจับ ซึ่งจะต้องเข้าไปภายในหลอดหรือภาชนะที่บรรจุจุลินทรีย์หรืออาหารที่ใช้เลี้ยงจุลินทรีย์ ปล่อยให้ลูปเย็นลง แล้วนำไปจุ่มในอาหารเหลวหรือแตะจุลินทรีย์จากอาหารแข็ง ถ้าเป็นอาหารเหลวจุลินทรีย์จะติดมาเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ที่ลูป ส่วนอาหารแข็งจุลินทรีย์จะติดปลายลูปเป็นสีเดียวกันกับโคโลนีของจุลินทรีย์บนอาหารแข็ง ระวังอย่าให้ลูปแตะข้างภาชนะในระหว่างที่ยกลูปขึ้น หลังจากแตะจุลินทรีย์ที่ปลายลูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วต้องคำนึงอยู่เสมอว่ามีจุลินทรีย์ที่มีชีวิตอยู่ที่ปลายลูป ดังนั้นเมื่อนำจุลินทรีย์จากลูปไปใส่ในอาหารที่ใช้เลี้ยงจุลินทรีย์แล้ว จะต้องลนไฟฆ่าเชื้อที่ปลายลูปทันที

2. การใช้เข็มเขี่ยเชื้อ การใช้เข็มเขี่ยเชื้อมีวิธีการเช่นเดียวกับลูป

3. การใช้ปิเปต ก่อนนำปิเปตมาใช้ต้องนึ่งฆ่าเชื้อก่อน โดยอุดปลายด้านที่ใช้ลูกยางดูดเป่าด้วยสำลี แล้วใส่ลงในกระป๋องโลหะไร้สนิมหรือห่อด้วยกระดาษ นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำอัตโนมัติ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที เมื่อครบเวลานำไปอบในตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียสจนกว่าจะแห้ง แล้วจึงนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องให้เย็น เมื่อจะใช้ต้องวางกระป๋องโลหะไร้สนิมให้อยู่ในแนวราบ เปิดฝากระป๋องและใช้มือหยิบปลายปิเปตด้านที่ใช้ลูกยางเป่าดูดและดึงปิเปตออกมา แล้วรีบปิดฝาทันที ระวังอย่าให้ปลายด้านล่างของปิเปตต์สัมผัสกับสิ่งอื่นใดเพราะอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนได้ ดังภาพที่ 10 เนื่องจากเป็นส่วนที่จะใช้สัมผัสกับอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ หลังจากใช้เสร็จแล้วห้ามวางปิเปตไว้บนโต๊ะปฏิบัติการเด็ดขาด ให้นำไปแช่ในถังน้ำยาฆ่าเชื้อทันที

<u>ภาพที่ 9</u> วิธีการเผาลูปจนร้อนแดงเพื่อฆ่าเชื้อ

ที่มา : ธีรชัย ธนานันต์ , 2540 : 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหารเหลว

การนำจุลินทรีย์ไปใส่ในอาหารที่ใช้เลี้ยงจุลินทรีย์ชนิดเหลวนั้น เราเรียกจุลินทรีย์ว่า inoculum ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่หยุดพักการเจริญเติบโตชั่วขณะ ฉะนั้นเมื่อใส่จุลินทรีย์ลงไปใหม่ ๆ จะไม่มีการเจริญเติบโตในทันที เพราะจุลินทรีย์จะต้องอาศัยระยะเวลาในการสร้างเอนไซม์และส่วนประกอบต่าง ๆ ที่จำเป็นในการสังเคราะห์สารชีวโมเลกุล ระยะที่ไม่มีการเจริญเติบโตนี้ เรียกว่า lag phase ซึ่งระยะนี้จะใช้เวลานานเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอาหารที่ใช้เลี้ยงจุลินทรีย์ ระยะเวลาที่จุลินทรีย์หยุดพักการเจริญเติบโต ชนิดของจุลินทรีย์ และปริมาณออกซิเจน

เมื่อจุลินทรีย์เริ่มมีการเจริญเติบโต จะมีการแบ่งตัวจาก 1 เซลล์เป็น 2 เซลล์ด้วยอัตราที่คงที่ และ จำนวนเซลล์จุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นแบบทวีคูณ ระยะนี้เรียกว่า exponential phase หลังจากจุลินทรีย์เจริญเติบโตไปได้ระยะเวลาหนึ่ง พบว่าปริมาณสารอาหารและออกซิเจนจะลดลงเนื่องจากมีเซลล์จุลินทรีย์หนาแน่นกว่ามากขึ้น เมื่อถึงจุดนี้แล้วการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะคงที่ เพราะอัตราการเจริญเติบโตจะเท่ากับอัตราการตาย เรียกระยะนี้ว่า stationary phase และเมื่อยังคงเลี้ยงจุลินทรีย์ต่อไปจะพบว่าปริมาณเซลล์จุลินทรีย์จะลดลง เนื่องจากอัตราการตายสูงกว่าอัตราการเจริญเติบโต ซึ่งเรียกว่า death phase (ภาพที่ 11)

ภาพที่ 10 วิธีการนำปิเปตที่ฆ่าเชื้อแล้วออกจากกระป๋องโลหะไร้สนิม

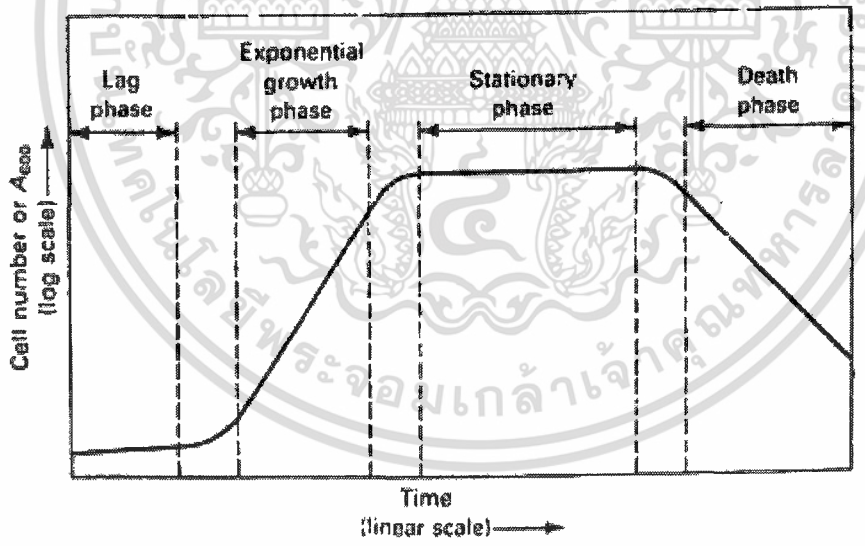
ที่มา : ธีรชัย ธนานันต์ , 2540 : 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เมื่อตั้งหลอดทดลองที่บรรจุอาหารเหลวไว้นิ่ง ๆ สามารถจะจำแนกลักษณะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนผิวหน้าอาหารเหลวนั้นได้ภาพที่ 12

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหารแข็ง

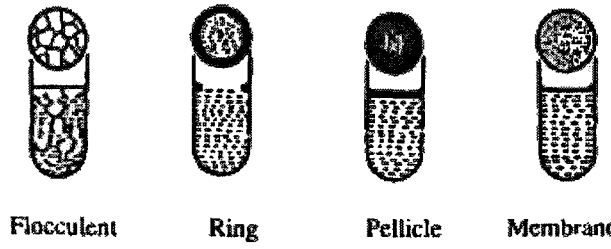
เมื่อนำจุลินทรีย์ไปเลี้ยงบนอาหารแข็ง จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตอยู่บนผิวหน้าของอาหารแข็ง เพราะต้องการออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน (electron) ในกระบวนการหายใจเพื่อสังเคราะห์พลังงานไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ของเซลล์ จุลินทรีย์พวกนี้เรียกว่า aerobes แต่จุลินทรีย์บางชนิดจะเจริญเติบโตอยู่ภายในวุ้น ซึ่งเป็นพวกที่ไม่ต้องการออกซิเจน (anaerobes) ในกระบวนการสังเคราะห์พลังงาน หรือต้องการในปริมาณเพียงเล็กน้อย (facultatives) การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนอาหารแข็งนั้น สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ในลักษณะโคโลนีเดี่ยว ๆ หรือกลุ่มของโคโลนี ภาพที่ 13



ภาพที่ 11 กราฟการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหารเหลว

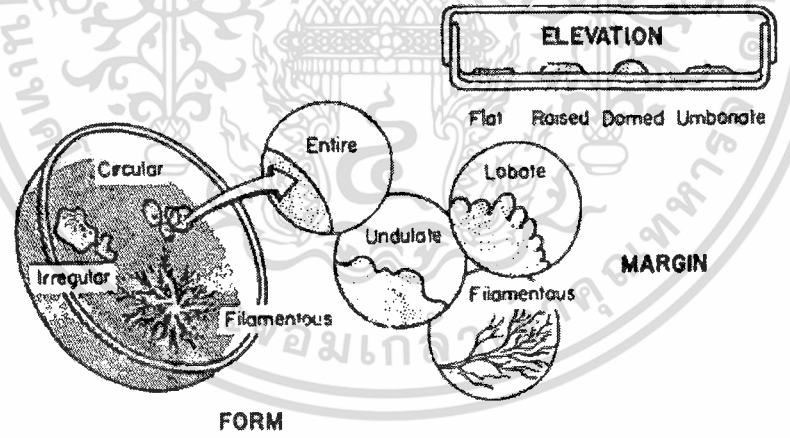
ที่มา : ธีรชัย ธนานันต์ , 2540 : 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 12 ลักษณะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนผิวหน้าอาหารเหลวที่บรรจุในหลอดทดลอง เมื่อตั้งไว้นิ่ง ๆ

ที่มา : ธีรชัย ธนานันต์ , 2540 : 39



ภาพที่ 13 รูปร่างลักษณะโคโลนีของจุลินทรีย์ (colonial morphology) บนอาหารแข็ง

ที่มา : ธีรชัย ธนานันต์ , 2540 : 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยานั้น ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ทั้งทางเคมีและกายภาพที่มีผลต่อกิจกรรม (activities) ของจุลินทรีย์ในการเจริญเติบโต ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อจุลินทรีย์ ได้แก่

1. อุณหภูมิ มีผลต่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์ คือ ที่อุณหภูมิสูงสุดที่จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ (maximum temperature) ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์ในเซลล์จุลินทรีย์จะเกิดในอัตราที่เร็วขึ้น แต่โปรตีน กรดนิวคลีอิกและส่วนประกอบของเซลล์ซึ่งไวต่ออุณหภูมิอาจถูกทำลายส่วน อุณหภูมิต่ำสุดที่จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ (minimum temperature) ปฏิกิริยาเอนไซม์ในเซลล์จุลินทรีย์หลายชนิดจะลดลง อุณหภูมิที่เหมาะสม (optimum temperature) จะช่วยให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วและเพิ่มจำนวนได้มากที่สุด

2. ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ค่าความเป็นกรด - ด่างจะมีความสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์ โดยจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีช่วง pH ของการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ซึ่งจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีในช่วง pH 5 - 9

3. ออกซิเจน จุลินทรีย์มีการใช้หรือทนต่อออกซิเจนได้แตกต่างกัน สามารถแบ่งจุลินทรีย์ออกเป็นกลุ่ม ๆ ได้ ดังนี้

3.1 แอนแอโรป (anaerobes) คือจุลินทรีย์ที่มีระบบหายใจที่ไม่ใช้ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย (terminal electron acceptor) แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

3.1.1 facultative anaerobe จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะทนต่อออกซิเจน แม้ว่าจะไม่สามารถใช้พลังงานจากการหมัก (fermentation)

3.1.2 obligate anaerobes จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะถูกทำลายโดยออกซิเจน

3.2 แอโรป (aerobes) เป็นจุลินทรีย์ที่ได้พลังงานจากการหายใจโดยใช้ออกซิเจนไปรับอิเล็กตรอนในกระบวนการ oxidative phosphorylation แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

3.2.1 obligate aerobes จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะเจริญเติบโตได้ในบริเวณที่มีออกซิเจนเท่านั้น

3.2.2 facultative aerobes เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการหรือไม่ต้องการออกซิเจนแต่เจริญเติบโตได้ดีในปริมาณที่มีออกซิเจน

3.2.3 microaerophile เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในระดับต่ำกว่าบรรยากาศ (ธีรชัย ธนานันต์ , 2540 : 32 – 42)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินการเจริญของจุลินทรีย์โดยการวัดความขุ่นด้วยเครื่อง spectrophotometer

หลักการทำงานของเครื่อง spectrophotometer

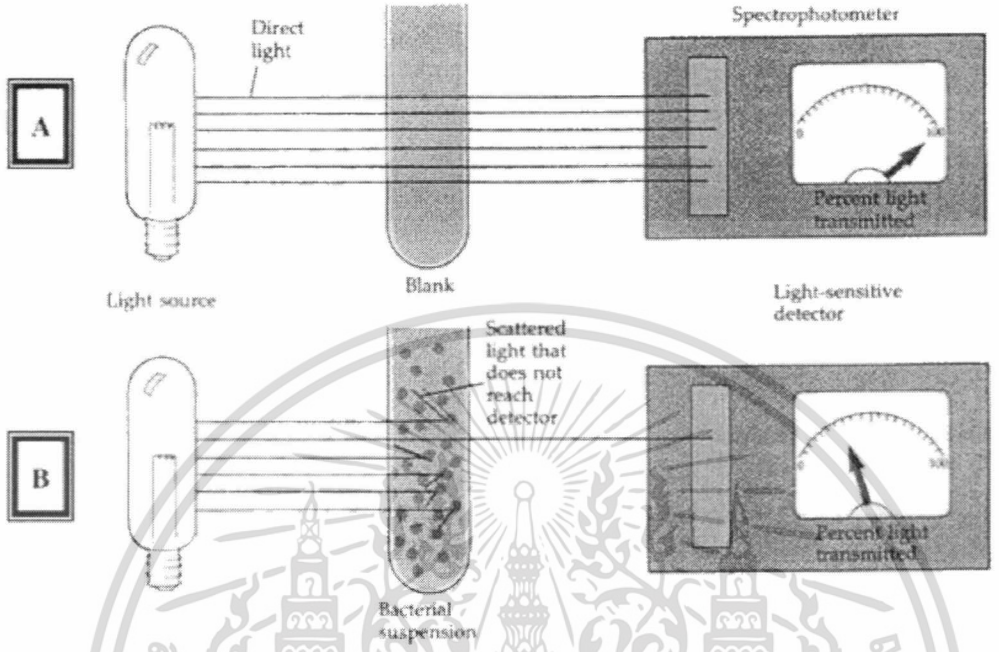
spectrophotometer เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณแสงที่ผ่านทะลุตัวอย่างที่เป็นของเหลว ซึ่งก็คือ อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว (liquid medium) ที่ความยาวคลื่นของแสงที่กำหนด และปริมาณแสงนี้จะลดลงเมื่อความเข้มข้นของตัวอย่างสูงขึ้น ซึ่งหมายถึงเมื่อจำนวนเซลล์ในอาหารเหลวเพิ่มขึ้นนั่นเอง องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องแสดงไว้ดังภาพที่ 14

1. แหล่งกำเนิดแสง เป็นแสงจากหลอดไฟซึ่งอาจเป็นทังสเตน หรือดิวทิเรียม
2. ปริซึม หรือ Diffraction grating เพื่อแยกแสงจากแหล่งกำเนิดออกเป็นความยาวคลื่นต่าง ๆ เช่น 100 – 400 นาโนเมตร อยู่ในช่วงแสงอัลตราไวโอเลต และความยาวคลื่น 400 – 800 นาโนเมตรอยู่ในช่วงแสงที่มองเห็นได้ (visible region)
3. slit แยกแสงเฉพาะที่มีความยาวคลื่นที่เหมาะสมกับตัวอย่างมากที่สุด
4. cuvette เป็นหลอดหรือภาชนะที่ใช้ใส่ตัวอย่างที่จะวัด อาจทำด้วยแก้วหรือควอทซ์ โดยความกว้างของ cuvette เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งต่อปริมาณแสงที่ผ่านทะลุตัวอย่างออกมา
5. photocell หรือ phototube จะรวบรวมแสงที่ผ่านทะลุ cuvette
6. galvanometer เปลี่ยนแสงที่รวบรวมจาก phototube ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าและแสดงบนหน้าปัดในหน่วยสากล

เมื่อใส่ตัวอย่างลงใน cuvette ในช่องวางตัวอย่าง (sample holder) แสงจากแหล่งกำเนิดจะถูกแยกเฉพาะความยาวคลื่นที่เหมาะสมกับตัวอย่างโดยปริซึม ซึ่งความยาวคลื่นที่เลือกใช้จะต่างกันตามสีของเหลวตัวอย่าง เช่นที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตรใช้สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อพวก nutrient broth เพราะแสงที่ความยาวคลื่นนี้จะทะลุผ่านอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสีนี้ได้เกือบหมดและมากที่สุด แสงที่ผ่านทะลุ cuvette และตัวอย่างนี้จะถูกรวบรวมโดย phototube และ galvanometer จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงทั้งหมดให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และแสดงบนหน้าปัดโดยใช้หน่วยสากล คือ transmittance (%) และ optical density (OD)

เนื่องจากเซลล์ของจุลินทรีย์เป็นตัวปิดกั้นแสง ดังนั้นแสงที่ผ่านปริซึมมาแล้วบางส่วนไม่อาจผ่านเซลล์จุลินทรีย์ในตัวอย่างได้และกระจัดกระจายหรือสะท้อนออกไป ทำให้เหลือแสงที่ผ่านทะลุน้อยลงและค่า transmittance ก็ต่ำลงด้วยหรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่า “ความขุ่น” เพิ่มขึ้น (ภาควิชาจุลชีววิทยา , 2538 : 105)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 14 เครื่องวัดความขุ่นด้วยแสง (spectrophotometer)

ที่มา : Gerard J. Tortora , Berdell R. Funke and Christina L. Case , 1992 : 162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 วัสดุ

ผงไหมฉายรังสี

- ผงไหมฉายรังสี 100 กิโลเกรย์
- ผงไหมฉายรังสี 1000 กิโลเกรย์

เชื้อจุลินทรีย์

1. *Escherichia coli*
2. *Bacillus subtilis*
3. *Staphylococcus aureus*

สารเคมีและวัสดุอื่น ๆ

1. แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์
2. อาหารเหลว (Nutrient broth) ของบริษัท Difco Thailand จำกัด
3. กระดาษกรองจุลินทรีย์ (millipore) ขนาด 0.22 ไมโครมิลลิเมตร
4. เข็มฉีดยา (syring) พลาสติคขนาด 5 มิลลิลิตร
5. ถุงมือพลาสติค

3.1.2 อุปกรณ์

1. หลอดทดลองพลาสติค
2. หลอดทดลองชนิดฝาเกลียว (tube)
3. ปิเปต (pipett) ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
4. บีกเกอร์ (beaker)

   ขนาด 250 มิลลิลิตร 2 ใบ

   ขนาด 500 มิลลิลิตร 1 ใบ

   ขนาด 800 มิลลิลิตร 1 ใบ
5. เข็มเขี่ยเชื้อ (loop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ไมโครปิเปต (micropipett)
7. ปากคีบ (forcepe)
8. ช้อนตักสารเคมี
9. กระดาษฟอยล์ (foil)
10. เครื่องเขย่าหลอด (vortex mixer)
11. เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge)
12. เครื่องวัดความขุ่น (Spectrophotometer)
13. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
14. ตู้บ่มเชื้อ (incubator)
15. จานเพาะเชื้อ (preti – dish)
16. ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar air flow)
17. หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave)
18. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
19. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง (balance)
20. ไมโครเวฟ (microwave)

3.2 วิธีการ

3.2.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

โดยใช้อาหารเหลวสำเร็จรูป (Nutrient broth) ของบริษัท Difco Thailand จำกัด ปริมาณ 2 กรัม และน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร นำส่วนผสมทั้งหมดใส่รวมกันในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตรละลายให้เป็นเนื้อเดียวกันและใส โดยใช้ไมโครเวฟ จากนั้นถ่ายใส่หลอดทดลองปริมาตร 4 , 9 และ 10 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

3.2.2 การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์

เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นเชื้อแบคทีเรียมี 3 สายพันธุ์ คือ*E. coli* , *B. subtilis* และ *S. aureus* ต้องมีอายุ 18 – 24 ชั่วโมง โดยการ subculture เชื้อจาก stock แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดต้องมีปริมาณเชื้อ 1.6 X 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร โดยนำเชื้อมาวัดความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขุ่นที่ OD 660 nm ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ซึ่งค่า OD ที่ได้ต้องอยู่ระหว่าง 0.010 – 0.020

<u>ขั้นตอนการปรับปริมาตรเชื้อจุลินทรีย์</u>

นำสารละลายเชื้อจุลินทรีย์ที่บ่มไว้ที่ 37 องศาเซลเซียส มาวัดค่า OD ถ้าความขุ่นมากกว่า 0.020 แสดงว่าเชื้อนั้นมีปริมาณมากกว่า 1.6×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ดังนั้นจึงต้องนำเชื้อจุลินทรีย์มาเจือจางเพื่อปรับปริมาณให้ได้ตามค่าที่กำหนด โดยดูดเชื้อปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่ลงในหลอดอาหารเหลวที่มีปริมาตร 9 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดทดลองเขย่าด้วยเครื่องเขย่าหลอดทดลอง นำไปวัดค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ค่าที่ได้ต้องอยู่ระหว่าง 0.010 – 0.020

3.2.3 การเตรียมตัวอย่างสารละลายผงไหม

1. ชั่งผงไหมฉายรังสี 100 และ 1,000 กิโลเกรย์ในหลอดทดลองพลาสติกให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน (a)
2. ละลายผงไหมในข้อ 1 ด้วยน้ำกลั่นที่ปลอดเชื้อ (sterilized) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้ละลายเข้ากันดี นำไปอุ่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที เมื่อครบเวลาแล้วปั่นหมุนเหวี่ยงที่ 12,000 รอบต่อนาที (rpm) นาน 15 นาที
3. ดูดสารละลายผงไหมที่ได้ในข้อ 2 ผ่านกระดาษกรอง (millipore ขนาด 0.22 ไมโครมิลลิเมตร) ไว้เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์
4. นำตะกอนส่วนที่เหลือไปอบในตู้ไมโครเวฟ (microwave) นาน 5 นาที จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักตะกอน (b)
5. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การละลายของผงไหม ดังนี้

$$c = (a) - (b)$$

โดย (a) คือ น้ำหนักของผงไหม

(b) คือ น้ำหนักตะกอน

c คือ เปอร์เซ็นต์การละลายของผงไหม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์

1. นำสารละลายผงไหมที่มีความเข้มข้น 5 และ 10 % (จากข้อ 3) ปริมาตร 800 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดที่มีอาหารเหลว 4 มิลลิลิตร จำนวน 12 หลอด (5 % 6 หลอด , 10 % 6 หลอด)
2. เติมเชื้อจุลินทรีย์ในข้อ 3.2.2 ปริมาตร 100 ไมโครลิตรลงในอาหาร-เหลว โดยเติมเชื้อ *E. coli* ลงในความเข้มข้น 5 % 2 หลอด (100 กิโลเกรย์ 1 หลอด , 1,000 กิโลเกรย์ 1 หลอด) เชื้อ *B. subtilis* และ *S. aureus* ทำเช่นเดียวกับเชื้อ *E. coli*
3. บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 – 24 ชั่วโมง ตรวจสอบการเจริญเติบโตโดยการวัดความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer หลอดอาหารที่มีความใสมากที่สุดคือหลอดที่จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด ซึ่งหมายถึงผงไหมที่ใส่มีฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ชนิดนั้นได้

3.2.5 การทำ Total plate count

1. เตรียม Nutrient agar (NA) สำหรับเทในจานเพาะเชื้อโดยใช้ NA สำเร็จรูป เทในจานเพาะเชื้อไว้สำหรับการ spread plate
2. นำสารละลายเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดที่มีค่า OD น้อยที่สุดในแต่ละความเข้มข้นมาทำการเจือจางเป็นลำดับดังนี้ 10^8 , 10^7 , 10^6 , 10^5 ตามลำดับ โดยดูดสารละลายเชื้อ 1 มิลลิลิตรเติมลงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีปริมาตร 9 มิลลิลิตรจะได้สารละลายเชื้อที่มีความเข้มข้น 10^8 จากนั้นดูดสารละลายเชื้อที่ความเข้มข้น 10^8 ใส่ในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีปริมาตร 9 มิลลิลิตรจะได้สารละลายเชื้อที่มีความเข้มข้น 10^7 ทำเช่นนี้จนได้สารละลายเชื้อที่มีความเข้มข้น 10^5 และกับเชื้อจุลินทรีย์ทุกตัวและทุกความเข้มข้น
3. ทำการ spread plate โดยดูดสารละลายเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความเข้มข้น 10^6 และ10^5 หยดลงบนจาน NA ประมาณ 3 หยด ใช้ spreader เกลี่ยให้ทั่วจาน และทำเช่นนี้กับสารละลายเชื้อจุลินทรีย์ทุกตัวและทุกความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสอย่างน้อย 18 – 24 ชั่วโมง
5. ทำการนับเชื้อโดยใช้ colony counter แล้วบันทึกผลการทดลองที่ได้

3.3 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการหมัก ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2544 – กุมภาพันธ์ 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. จากการศึกษาการละลายของผงไหม โดยใช้ผงไหม 3 ชนิด คือ ผงไหมที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (control) ผงไหมฉายรังสี 100 และ 1,000 กิโลเกรย์ ในปริมาณ 0.05 และ 0.1 กรัมละลายในน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร (จะมีความเข้มข้นประมาณ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) พบว่าการละลายของผงไหมฉายรังสีที่ระดับ 1,000 กิโลเกรย์มีการละลายสูงที่สุด ผงไหมฉายรังสีที่ระดับ 100 กิโลเกรย์ละลายได้ปานกลาง ส่วนผงไหมที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (control) มีการละลายต่ำที่สุด ผลการละลายแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การละลายของผงไหม

ผงไหม (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การละลายของผงไหม		
	ไม่ฉายรังสี (control)	100 กิโลเกรย์	1,000 กิโลเกรย์
0.05	0.0037	0.0046	0.0091
0.10	0.0074	0.0081	0.0166

2. การทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผงไหม โดยใช้สารละลายผงไหม 3 ชนิด คือ สารละลายผงไหมที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (control) สารละลายผงไหมฉายรังสี 100 และ 1,000 กิโลเกรย์ ทำการทดสอบกับเชื้อจุลินทรีย์ 3 ชนิด คือ *E. coli* , *B. subtilis* และ *S. aureus* โดยใช้อาหารเหลว (Nutrient broth) 4 มิลลิลิตร เติมสารละลายผงไหมและเชื้อจุลินทรีย์ปริมาตร 800 และ 100 ไมโครลิตรตามลำดับ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 – 24 ชั่วโมง ตรวจสอบฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์โดยวัดความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer หลอดอาหารที่ใสมากที่สุด คือ หลอดที่มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ต่ำที่สุด ซึ่งหมายความว่าผงไหมฉายรังสีที่เติมลงไปนั้นมีฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ชนิดนั้นได้ ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผงไหมแสดงดังตารางที่ 5 , 6 , และ 7 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ผลการวัดค่า OD จากการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อ *E. coli*

หลอดทดลอง	ความเข้มข้นของผงไหมฉายรังสี	ค่า OD	ค่า OD ที่ลดลง (%)	จำนวน Total plate count (CFU)
Control 1	NB + สารละลายผงไหม 5 %	0.011	-	-
Control 2	NB + สารละลายผงไหม 10 %	0.026	-	-
Control 3	NB + *E. coli*	0.547	-	-
E. coli	0.05 (100 kGy)	0.437	22.12	-
	0.10 (100 kGy)	0.483	16.45	-
	0.05 (1,000 kGy)	0.450	19.74	-
	0.10 (1,000 kGy)	0.405	30.71	5.1×10^7

ตารางที่ 6 ผลการวัดค่า OD จากการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อ *B. subtilis*

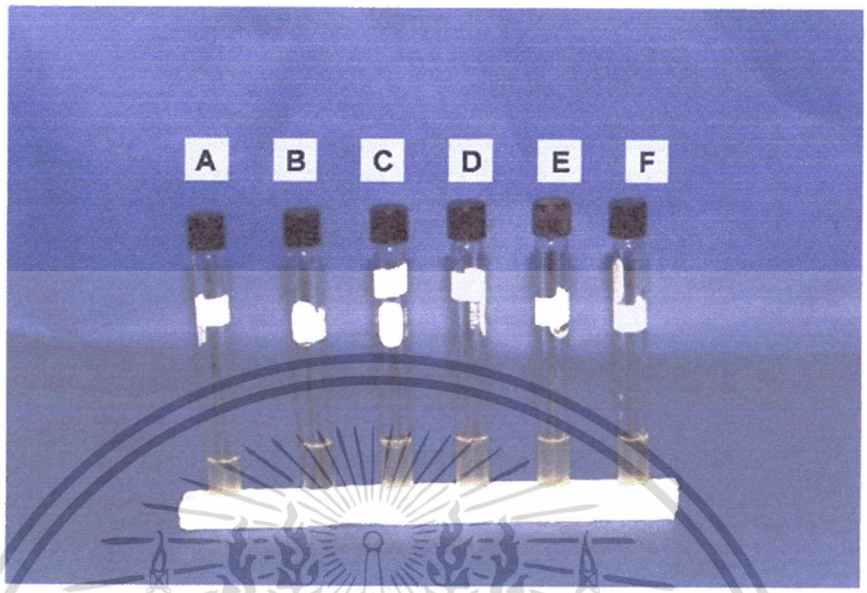
หลอดทดลอง	ความเข้มข้นของผงไหมฉายรังสี	ค่า OD	ค่า OD ที่ลดลง (%)	จำนวน Total plate count (CFU)
Control 1	NB + สารละลายผงไหม 5 %	0.011	-	-
Control 2	NB + สารละลายผงไหม 10 %	0.026	-	-
Control 3	NB + *B. subtilis*	0.527	-	-
B. subtilis	0.05 (100 kGy)	0.457	15.21	-
	0.10 (100 kGy)	0.495	10.84	-
	0.05 (1,000 kGy)	0.442	18.06	3.8×10^7
	0.10 (1,000 kGy)	0.368	30.04	4.2×10^7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ผลการวัดค่า OD จากการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อ *S. aureus*

หลอดทดลอง	ความเข้มข้นของผงไหมฉายรังสี	ค่า OD	ค่า OD ที่ลดลง (%)	จำนวน Total plate count (CFU)
Control 1	NB + สารละลายผงไหม 5 %	0.011	-	-
Control 2	NB + สารละลายผงไหม 10 %	0.026	-	-
Control 3	NB + *S. aureus*	0.457	-	-
S. aureus	0.05 (100 kGy)	0.399	15.10	-
	0.10 (100 kGy)	0.394	19.47	3.3×10^7
	0.05 (1,000 kGy)	0.344	27.13	2.2×10^7
	0.10 (1,000 kGy)	0.406	16.85	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 15 การเปรียบเทียบความขุ่นของเชื้อ *E. coli*

A คือ อาหารเหลว (Nutrient broth) กับเชื้อ *E. coli*

B คือ อาหารเหลว (Nutrient broth)กับสารละลายผงไหมฉายรังสี

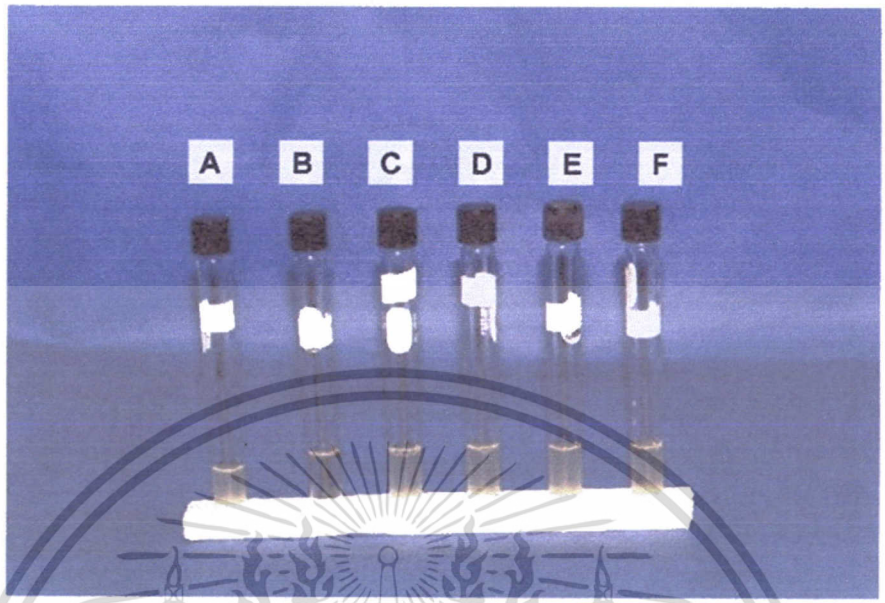
C คือ สารละลายผงไหมฉายรังสี 100 กิโลเกรย์เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์กับเชื้อ *E. coli*

D คือ สารละลายผงไหมฉายรังสี 1,000 กิโลเกรย์เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์กับเชื้อ *E. coli*

E คือ สารละลายผงไหมฉายรังสี 100 กิโลเกรย์เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์กับเชื้อ *E. coli*

F คือ สารละลายผงไหมฉายรังสี 1,000 กิโลเกรย์เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์กับเชื้อ *E. coli*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 16 การเปรียบเทียบความขุ่นของเชื้อ *B. subtilis*

A คือ อาหารเหลว (Nutrient broth) กับเชื้อ *B. subtilis*

B คือ อาหารเหลว (Nutrient broth)กับสารละลายผงไหมฉายรังสี *B. subtilis*

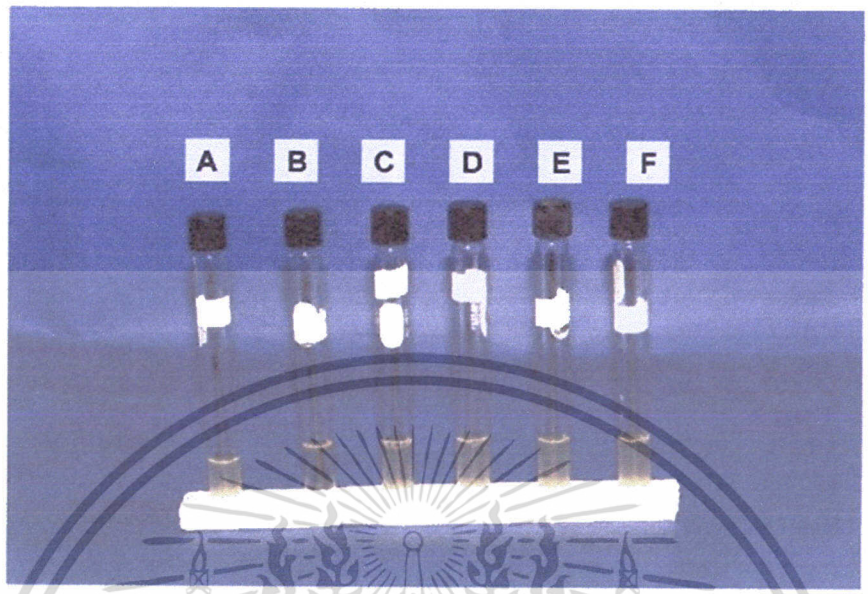
C คือ สารละลายผงไหมฉายรังสี 100 กิโลเกรย์เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์กับเชื้อ *B. subtilis*

D คือ สารละลายผงไหมฉายรังสี 1,000 กิโลเกรย์เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์กับเชื้อ *B. subtilis*

E คือ สารละลายผงไหมฉายรังสี 100 กิโลเกรย์เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์กับเชื้อ *B. subtilis*

F คือ สารละลายผงไหมฉายรังสี 1,000 กิโลเกรย์เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์กับเชื้อ *B. subtilis*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 17 การเปรียบเทียบความขุ่นของเชื้อ *S. aureus*

A คือ อาหารเหลว (Nutrient broth) กับเชื้อ *S. aureus*

B คือ อาหารเหลว (Nutrient broth)กับสารละลายผงไหมฉายรังสี *S. aureus*

C คือ สารละลายผงไหมฉายรังสี 100 กิโลเกรย์เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์กับเชื้อ *S. aureus*

D คือ สารละลายผงไหมฉายรังสี 1,000 กิโลเกรย์เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์กับเชื้อ *S. aureus*

E คือ สารละลายผงไหมฉายรังสี 100 กิโลเกรย์เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์กับเชื้อ *S. aureus*

F คือ สารละลายผงไหมฉายรังสี 1,000 กิโลเกรย์เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์กับเชื้อ *S. aureus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

1. จากการศึกษาการละลายของผงไหม 3 ชนิด คือ ผงไหมที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (control) ผงไหมฉายรังสี 100 และ 1,000 กิโลเกรย์นั้น พบว่า ผงไหมฉายรังสีที่ระดับ 1,000 กิโลเกรย์มีการละลายสูงที่สุด ผงไหมฉายรังสีที่ระดับ 100 กิโลเกรย์สามารถละลายได้ปานกลาง ส่วนผงไหมที่ไม่ผ่านการฉายรังสีนั้นละลายได้เพียงเล็กน้อย

2. จากการศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายผงไหมทั้ง 3 ชนิดโดยใช้สารละลายผงไหมที่มีความเข้มข้น 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ทำการทดสอบกับเชื้อจุลินทรีย์ 3 ชนิด คือ *E. coli* , *B. subtilis* และ *S. aureus* โดยใช้สารละลายผงไหม 800 ไมโครลิตรต่อเชื้อปริมาตร 100 ไมโครลิตร ตรวจสอบฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์โดยวัดความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer พบว่า ผงไหมฉายรังสีมีแนวโน้มในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ โดย

2.1 การทดสอบเชื้อ *E. coli* พบว่าปริมาณเชื้อลดลงจาก control 3 เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้ 22.12 , 16.45 , 19.74 และ 30.71 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งทดสอบกับผงไหมฉายรังสี 100 และ 1,000 กิโลเกรย์ที่ความเข้มข้น 5 และ 10 % ตามลำดับ นั่นแสดงว่าสารละลายผงไหมที่ทำการทดสอบมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้

2.2 การทดสอบเชื้อ *B. subtilis* พบว่าปริมาณเชื้อลดลงจาก control 3 เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้ 15.21 , 10.84 , 18.06 และ 30.04 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งทดสอบกับผงไหมฉายรังสี 100 และ 1,000 กิโลเกรย์ ที่ความเข้มข้น 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ นั่นแสดงว่าสารละลายผงไหมที่ทำการทดสอบมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *B. subtilis* ได้

2.3 การทดสอบเชื้อ *S. aureus* พบว่าปริมาณเชื้อลดลงจาก control 3 เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้ 15.10 , 19.47 , 27.13 และ 16.85 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งทดสอบกับผงไหมฉายรังสี 100 และ 1,000 กิโลเกรย์ ที่ความเข้มข้น 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ นั่นแสดงว่าสารละลายผงไหมที่ทำการทดสอบมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้

ซึ่งจากการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่า ผงไหมฉายรังสี มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ทั้ง 3 ชนิดได้ โดยเฉพาะผงไหมฉายรังสีที่ 1,000 กิโลเกรย์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *E. coli* และ *B. subtilis* ได้สูงสุด แต่ *S. aureus* ผงไหมมีฤทธิ์ในการยับยั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจริญเติบโตต่ำกว่าเชื้อ 2 ตัวแรก ส่วนผงไหมฉายรังสีที่ระดับ 100 กิโลเกรย์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *E. coli* ได้ดีที่สุด แต่ในเชื้อ *B. subtilis* และ *S. aureus* มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตได้ต่ำกว่าเชื้อ *E. coli*

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาโดยใช้วัตถุดิบที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการสาวไหมทำให้ผลการทดลองที่ได้ยังไม่สมบูรณ์มากนัก ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลมากเพียงพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ จึงควรมีการศึกษาในส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับไหมด้วย เช่น การนำเอาน้ำต้มในการสาวไหมมาใช้ทดลอง เป็นต้น

2. ในการศึกษาทดลองเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ หากต้องการให้สารละลายผงไหมมีฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์มากขึ้นอาจจะต้องมีการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายผงไหมเพิ่มขึ้นด้วย

3. ผลจากการทดลองนี้สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งข้อมูลพื้นฐานให้กับผู้ที่ต้องการทำการวิจัยหรืออาจนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้ต่อไปอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กนกรัตน์ ศิริพานิชกร. 2541. โรคติดเชื้อ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 444 น.

มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2540. แบคทีเรียวิทยาทางการแพทย์. ขอนแก่น : โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา. 314 น .

จรรยา ปั้นเหน่งเพชร. 2543. กระบวนการผลิตเส้นไหมคุณภาพ. แพร่ : ศูนย์วิจัยหม่อนไหมแพร่. 139 น.

ภาควิชาจุลชีววิทยา. 2538. จุลชีววิทยาปฏิบัติการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 328 น.

ดาราพร ตั้งสุภาพ. 2544. การศึกษาความเข้มข้นระดับต่ำสุดของผงไหมฉายรังสีที่มีผลต่อฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรีย. กรุงเทพฯ : ปัญหาพิเศษปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 56 น.

ธีรชัย ธนานันต์. 2540. ปฏิบัติการแบคทีเรียวิทยา. ปทุมธานี : ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์รังสิต. 99 น.

นวลแข ปาลิวนิช. 2542. ความรู้เรื่องผ้าและเส้นใย. กรุงเทพ ฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น. 352 น.

นันทนา อรุณฤกษ์. 2537. การจำแนกแบคทีเรียกลุ่มแอโรป. กรุงเทพ ฯ : โอเดียนสโตว์. 411 น.

กรมวิชาการเกษตร. 2535. ไหมไทย. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ . 163 น.

วินัย วุฒิวิโรจน์. 2541. โรคติดต่อที่เป็นปัญหาใหม่ : 5 มาตรการความปลอดภัยในการควบคุมโรคติดต่อ. กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรจำกัดแห่งประเทศไทย. 70 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วีระ สังคมพิทักษ์. 2534. เทคนิคการทำธุรกิจเกษตรหม่อนไหมแผนใหม่. กรุงเทพ ฯ : วัชรินทร์การพิมพ์. 239 น.

วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. 2543. วิทยาศาสตร์เส้นใย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 323 น.

สมแข พิลาสมบัติ. 2540. การลดปริมาณการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์บนผิวซากสุกรที่ผ่านขบวนการฆ่ามาตรฐานและไม่มาตรฐานโดยการใช้สารละลายกรดแลคติคและคลอรีน. กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 150 น.

สุมิตรา เกษมชัยนันท์และสุรเกียรติ คำตา. 2542. การสังเคราะห์ไฮโดรเจลของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA)และพอลิอะคริลิคแอซิด (PAA) ด้วยการฉายรังสีและทำการปรับปรุงคุณสมบัติโดยการเติมผงไหม (silk protein). กรุงเทพ ฯ : วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 40 น.

อะเคื้อ อุณหะเลขกะ. 2541. การป้องกันการติดเชื้อในโรงพยาบาล. กรุงเทพ ฯ : เจซีซีการพิมพ์จำกัด. 254 น.

อัจฉราพร ไศละสูตร. 2539. ความรู้เรื่องผ้า. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพ ฯ : ต้นไทรการพิมพ์. 508 น.

Gerard J. Tortora, Berdell R. Funke and Christina L. Case. 1992. Microbiology An Introduction. 3 rd ed. California : The Benjamin / Cummings. 810 p.

Gerard J. Tortora, Berdell R. Funke and Christina L. Case. 1993. Microbiology An Introduction. 4 th ed. California : The Benjamin / Cummings. 810 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Helena , R.L. and others. Selective Enterotoxin Production in Food *Staphylococcus aureus* Stain that produce more than one enterotoxin. J. Food Prot . Vol.56. No.6. (Feb : 1993). pp. 538 – 540.

Kathleen Park Taloro and Arthur Talaro. 1999. Foundation in Microbiology. 3rd ed. United State of America : The McGraw – Hill. 873 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางแสดงการละลายผงไหมฉายรังสี

ตารางภาคผนวกที่ 1 การเตรียมตัวอย่างผงไหมฉายรังสี

น้ำหนักของผงไหมฉายรังสี (กรัม)	จำนวนหลอดทดลอง		ระดับความเข้มข้น (%)
	100 kGy	1,0000 kGy	
0.05	4	4	5
0.10	4	4	10

ตารางภาคผนวกที่ 2 การละลายผงไหมฉายรังสี

หลอดที่	ผงไหม (กรัม) (a)	ตะกอน (กรัม) (b)	% การละลาย (c)
1 (control)	0.05	0.9976	0.0037
2 (100 kGy)	0.05	0.9920	0.0046
3 (1,0000 kGy)	0.05	0.9929	0.0091
4 (control)	0.10	1.0463	0.0074
5 (100 kGy)	0.10	1.0385	0.0081
6 (1,0000 kGy)	0.10	1.0392	0.0166

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก3. ค่าความขุ่นที่ OD 660 นาโนเมตรหลังการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์

แบคทีเรีย	ความเข้มข้นของสารละลายผงไหมฉายรังสี	OD 660 nm	OD 660 nm - OD 660 nm ของสารละลายผงไหม	OD 660 nm ที่ลดลง	% ที่ลดลง
Control 1	NB + สารละลายผงไหม 5 %	0.011	-	-	-
Control 2	NB + สารละลายผงไหม 10 %	0.026	-	-	-
Control 3	NB + *E. coli*	0.547	-	-	-
E. coli	0.05 (100 kGy)	0.437	0.426	0.121	22.12
	0.10 (100 kGy)	0.483	0.457	0.090	16.45
	0.05 (1,000 kGy)	0.450	0.439	0.108	19.74
	0.10 (1,000 kGy)	0.405	0.379	0.168	30.71
Control 3	NB + *B. subtilis*	0.526	-	-	-
B. subtilis	0.05 (100 kGy)	0.457	0.446	0.080	15.21
	0.10 (100 kGy)	0.495	0.469	0.057	10.84
	0.05 (1,000 kGy)	0.442	0.431	0.095	18.06
	0.10 (1,000 kGy)	0.394	0.368	0.158	30.04
Control 3	NB + *S. aureus*	0.457	-	-	-
S. aureus	0.05 (100 kGy)	0.399	0.388	0.069	15.10
	0.10 (100 kGy)	0.394	0.368	0.089	19.47
	0.05 (1,000 kGy)	0.344	0.333	0.124	27.13
	0.10 (1,000 kGy)	0.406	0.380	0.077	16.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้