

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขอบเขตการวิจัย

3.1.1 ปรับปรุงสมบัติด้านความแข็งแรงของแผ่นฟิล์มไคโตซานโดยการทำให้เกิดโครงร่างตาข่าย (Cross-linking)

3.1.2 ดัดแปรโครงสร้างไคโตซานด้วยการทำให้เกิดโครงร่างตาข่าย ซึ่งใช้สารละลายกลูตารัลดีไฮด์เป็นสารช่วยในการเกิดปฏิกิริยา (Crosslinking agent) และศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ และความเป็นกรดต่างของสารละลายไคโตซานที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาเพื่อให้ได้ภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นฟิล์ม

3.1.3 เตรียมแผ่นฟิล์มไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่ายด้วยวิธีการหล่อแบบ (Casting-Technique)

3.1.4 ทดสอบสมบัติทางเคมี (Chemical Properties) ของแผ่นฟิล์มไคโตซานและแผ่นฟิล์มไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่ายด้วยเทคนิค

3.1.4.1 Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopy

3.1.4.2 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

3.1.4.3 การละลาย (Solubility)

3.1.4.4 X-Ray Diffractometry

3.1.5 ทดสอบสมบัติทางกล (Mechanical Properties) ของแผ่นฟิล์มไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่ายเปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มไคโตซานด้วยการทดสอบ

3.1.5.1 ความทนแรงดึง (Tensile Strength)

3.1.5.2 ความยืด (Elongation)

3.1.6 ทดสอบการสลายตัว (Degradation) ของแผ่นฟิล์มไคโตซานและไคโตซานที่เกิด โครงร่างตาข่ายในสารละลายบัฟเฟอร์ ความเป็นกรดต่าง 7.3 ที่อุณหภูมิ 37 °C ณ ระยะเวลา ต่างๆ จากนั้นนำแผ่นฟิล์มมาทดสอบหา

3.1.6.1 ความทนแรงดึงที่เหลือ (Retenion of Tensile Strength)

3.1.6.2 น้ำหนักที่เหลือ

3.2 วัตถุดิบและสารเคมี

3.2.1 ไคโตซาน

ไคโตซานที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้จากบริษัทยูนิคอร์น จำกัด มีสมบัติดังนี้

Grade	Commercial
Source	Shrimp Shells
Form	Flakes
Colour	Creamy White to Light Yellow
Moisture(%)	12.5
Ash Content(%)	< 1.0
Solubility	< 5% insoluble
Deacetylation(%)	78.00
Viscosity(cps)	96.4 (1% in 1%Acetic Acid)
Heavy Metal Content	< 10 ppm

3.2.2 กลูตาไรต์ไฮด์ ($C_6H_8O_2$)

3.2.3 กรดอะซิติก (CH_3COOH)

3.2.4 กรดไฮโดรคลอริก (HCl)

3.2.5 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือการวิจัย

- 3.3.1 เพลตกระจกขนาด 12 นิ้ว × 5 นิ้ว
- 3.3.2 เครื่องชั่งไฟฟ้าละเอียด 2 ตำแหน่ง
- 3.3.3 เครื่องชั่งไฟฟ้าละเอียด 4 ตำแหน่ง
- 3.3.4 ตะแกรงมาตรฐานขนาด 40 เมช
- 3.3.5 เตาอบควบคุมความดัน
- 3.3.6 Hot Plate ชนิดที่มี Magnetic Stirrer
- 3.3.7 เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH-Meter)
- 3.3.8 เครื่องบดสารแบบแห้ง
- 3.3.9 อุปกรณ์เครื่องแก้ว
- 3.3.10 Desiccator
- 3.3.11 Instron Universal Tester
- 3.3.12 Fourier Transform Infrared Spectrophotometer
- 3.3.13 X-Ray Diffractometer
- 3.3.14 Micrometer

3.4 วิธีดำเนินการวิจัย

3.4.1 การเตรียมโคโตนเซนเพื่อใช้ในการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม

1. นำโคโตนเซนมาลดขนาดให้เล็กลงเพื่อให้ง่ายต่อการเตรียมเป็นสารละลายด้วยการบดด้วยเครื่องบดสารแบบแห้ง
2. นำโคโตนเซนที่บดแล้วมาร่อนด้วยตะแกรงขนาด 40 เมช และเก็บโคโตนเซนเฉพาะส่วนที่มีขนาดเล็กกว่า 40 เมช

3.4.2 การเตรียมแผ่นฟิล์มไคโตแซน

1. นำไคโตแซนที่บดละเอียดจำนวน 1 กรัม มาละลายในสารละลายกรดอะซิติกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.5 โดยปริมาตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นคนให้ละลายเป็นเวลาประมาณ 5 ชั่วโมง และทิ้งไว้อีก 24 ชั่วโมงเพื่อไล่ฟองอากาศ
2. กรองสารละลายด้วยผ้าบางเพื่อกำจัดไคโตแซนที่ไม่ละลาย และสิ่งสกปรกที่เจือปนมา
3. นำสารละลายมาเทลงในเพลตกระจก และปาดสารละลายเพื่อให้ได้ความหนาที่สม่ำเสมอ จากนั้นปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 72 ชั่วโมง
4. ทำการ Neutralized แผ่นฟิล์มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล เป็นเวลา 15 นาที จะทำให้แผ่นฟิล์มร้อนหลุดออกมา
5. ล้างแผ่นฟิล์มด้วยน้ำกลั่นอย่างน้อย 2 ครั้ง แล้วทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง
6. เก็บแผ่นฟิล์มที่ได้ไว้ใน Desiccator เพื่อนำไปทดสอบสมบัติ

3.4.3 การหาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นฟิล์มไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่าย (Crosslinked Chitosan Films)

การทดลองนี้จะศึกษาเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาโครงร่างตาข่ายในภาวะที่เป็น สารละลายเนื้อเดียว (Homogeneous) โดยการละลายไคโตแซนในสารละลายกรดอะซิติก และใช้สารละลายกลูตาร์ลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ เป็นสารช่วยในการเกิดปฏิกิริยา (Crosslinking agent) ซึ่งภาวะความเป็นกรดต่างของสารละลายไคโตแซนและความเข้มข้นของกลูตาร์ลดีไฮด์จะมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา

3.4.3.1 การศึกษาภาวะความเป็นกรดต่างของสารละลายโคโคเดแซนที่มีผลต่อ ปฏิกิริยาโครงร่างตาข่าย

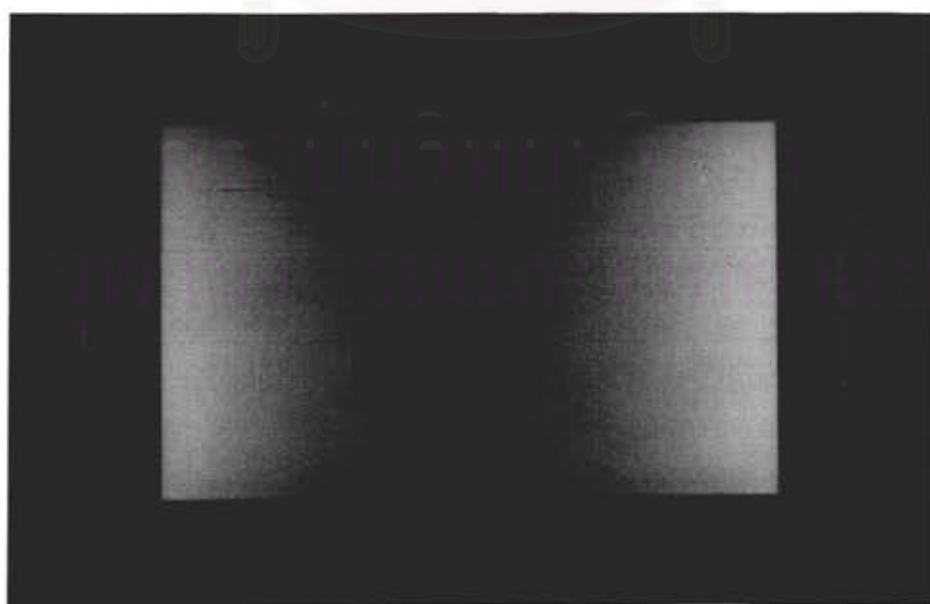
1. นำโคโคเดแซนที่บดละเอียดจำนวน 1 กรัม มาละลายในสารละลายกรดอะซิติกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.5 โดยปริมาตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นคนให้ละลายเป็นเวลาประมาณ 5 ชั่วโมง และทิ้งไว้อีก 24 ชั่วโมงเพื่อไล่ฟองอากาศ
2. กรองสารละลายด้วยผ้าบางเพื่อกำจัดโคโคเดแซนที่ไม่ละลาย และสิ่งสกปรกที่เจือปนมา
3. ปรับความเป็นกรดต่างของสารละลายโคโคเดแซนด้วยการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยปริมาตร หรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล โดยให้สารละลายโคโคเดแซนมีความเป็นกรดต่าง 2, 3, 4, 5 และ 6
4. เติมสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ปริมาณ 3.0×10^6 โมล โดยใช้สารละลายกลูตารัลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้น 1.5×10^3 โมลต่อลิตร จำนวน 2 มิลลิลิตร คนสารละลายโคโคเดแซนให้ทั่วที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
5. เทสารละลายโคโคเดแซนลงบนเพลตกระจก และปาดหน้าสารละลายเพื่อให้ความหนาที่สม่ำเสมอ
6. ทิ้งแผ่นฟิล์มโคโคเดแซนที่เกิดโครงร่างตาข่ายให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง
7. ทำการ Neutralized แผ่นฟิล์มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล เป็นเวลา 15 นาที จะทำให้แผ่นฟิล์มร้อนหลุดออกมา
8. ล้างแผ่นฟิล์มด้วยน้ำกลั่นอย่างน้อย 2 ครั้ง แล้วทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง
9. เก็บแผ่นฟิล์มที่ได้ไว้ใน Desiccator เพื่อนำไปทดสอบสมบัติ

3.4.3.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ที่มีต่อการเกิดโครงร่างตาข่าย

1. นำโคโตแซนที่บดละเอียดจำนวน 1 กรัม มาละลายในสารละลายกรดอะซิติกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.5 โดยปริมาตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นคนให้ละลายเป็นเวลาประมาณ 5 ชั่วโมง และทิ้งไว้อีก 24 ชั่วโมงเพื่อไล่ฟองอากาศ
2. กรองสารละลายด้วยผ้าบางเพื่อกำจัดโคโตแซนที่ไม่ละลาย และสิ่งสกปรกที่เจือปนมา
3. ปรับความเป็นกรดต่างของสารละลายโคโตแซนด้วยการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยปริมาตร หรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล ให้ได้สารละลายโคโตแซนที่มีความเป็นกรดต่าง 4
4. เติมสารละลายกลูตารัลดีไฮด์ในปริมาณต่างๆดังแสดงในตารางที่ 3.1 ลงในสารละลายโคโตแซน และคนสารละลายให้ทั่วที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
5. เทสารละลายโคโตแซนลงบนเพลตกระจก และปาดหน้าสารละลายเพื่อให้ความหนาของแผ่นฟิล์มที่สม่ำเสมอ
6. ทิ้งแผ่นฟิล์มโคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่ายให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง
7. ทำการ Neutralized แผ่นฟิล์มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล เป็นเวลา 15 นาที จะทำให้แผ่นฟิล์มร้อนหลุดออกมา
8. ล้างแผ่นฟิล์มด้วยน้ำกลั่นอย่างน้อย 2 ครั้ง แล้วทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง
9. เก็บแผ่นฟิล์มที่ได้ไว้ใน Desiccator เพื่อนำไปทดสอบสมบัติ

ตารางที่ 3.1 ปริมาณของกลูตาไรต์ไฮด์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาโครงร่างตาข่าย กับไคโตแซน

จำนวนโมลกลูตาไรต์ไฮด์/ 1 กรัมไคโตแซน	ความเข้มข้นกลูตาไรต์ไฮด์ (โมลต่อลิตร)	ปริมาตรกลูตาไรต์ไฮด์ (มิลลิลิตร)
3.0×10^{-7}	1.5×10^{-4}	2
6.0×10^{-7}	1.5×10^{-4}	4
9.0×10^{-7}	1.5×10^{-4}	6
1.5×10^{-6}	1.5×10^{-3}	1
3.0×10^{-6}	1.5×10^{-3}	2
6.0×10^{-6}	1.5×10^{-3}	4
9.0×10^{-6}	1.5×10^{-3}	6
1.5×10^{-5}	1.5×10^{-2}	1
3.0×10^{-5}	1.5×10^{-2}	2
6.0×10^{-5}	1.5×10^{-2}	4
9.0×10^{-5}	1.5×10^{-2}	6
1.5×10^{-4}	1.5×10^{-1}	1
3.0×10^{-4}	1.5×10^{-1}	2
6.0×10^{-4}	1.5×10^{-1}	4
9.0×10^{-4}	1.5×10^{-1}	6



รูปที่ 3.1 เพลตกระจกที่ใช้ในการเตรียมแผ่นฟิล์ม

3.5 การทดสอบสมบัติของแผ่นฟิล์มโคโตนและแผ่นฟิล์มโคโตนที่เกิดที่ เกิดโครงร่างตาข่าย

3.5.1 Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopy

อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีเป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์และศึกษาเกี่ยวกับโมเลกุลของสาร โดยอาศัยการสั่น (Vibration) หรือการหมุน (Rotation) ของโมเลกุลของสารนั้นเมื่อมีการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด

เครื่องมือ : Nicolet Impact 400D FT-IR Spectrophotometer

วิธีทดสอบ

1. เตรียมแผ่นฟิล์มตัวอย่างให้มีความหนาอยู่ในช่วง 0.01-0.1 มิลลิเมตร
2. อบแผ่นฟิล์มเพื่อไล่ความชื้นและเก็บไว้ใน Dessicator ก่อนนำมาวิเคราะห์
3. ภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์

Resolution = 4 cm^{-1}

Number of Scans = 32



รูปที่ 3.2 Fourier Transform Infrared Spectrophotometer

3.5.2 X-Ray Diffractometry

X-ray Diffraction (XRD) ใช้ในการวัดความเป็นผลึกของแผ่นฟิล์มโคโตะแซน โดยใช้เปรียบเทียบกับความเป็นผลึกของแผ่นฟิล์มโคโตะแซนกับแผ่นฟิล์มโคโตะแซนที่เกิดโครงร่างตาข่าย

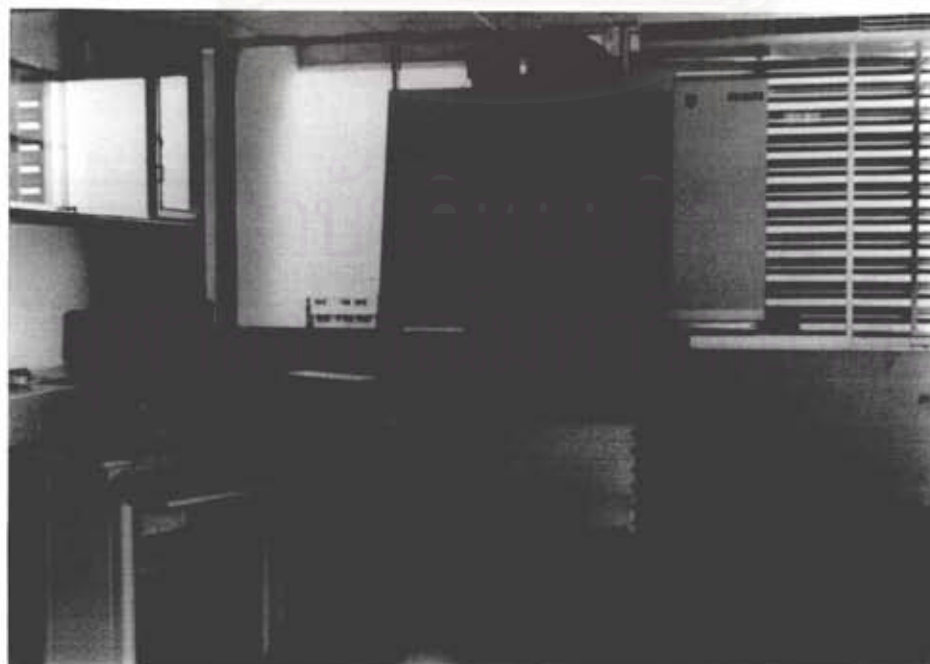
เครื่องมือ : PW3710 BASED ที่มีแหล่งกำเนิดรังสีคือ Cu Anode Tube ของบริษัท

Philip

วิธีการทดสอบ

1. เตรียมแผ่นฟิล์มตัวอย่างให้มีความหนาประมาณ 30 ไมครอน
2. วางแผ่นฟิล์มบนกระจกสไลด์ให้เรียบ
3. ภาวะที่ใช้ในการทดสอบ

Generator Tension	=	40 kV
Generator Current	=	30 mA
Start Angle	=	5.010
End Angle	=	34.970
Scan Time	=	25 min
Scan Speed (2 θ /s)	=	0.040



รูปที่ 3.3 X-Ray Diffractometer

3.5.3 ความทนแรงดึง (Tensile Strength) และความยืด (Elongation)

ความทนแรงดึงเป็นความสามารถของวัสดุในการต้านแรงดึงที่กระทำต่อวัสดุจนกระทั่งวัสดุขาด

เครื่องมือ : Instron Universal Tester (Model 5583)

มาตรฐาน : ASTM D882-83 แบบ E (Constant-rate-of-extension)

วิธีการทดสอบ

1. เตรียมแผ่นฟิล์มตัวอย่างใช้มีความหนา 0.030 ± 0.002 มิลลิเมตร
2. ตัดแผ่นฟิล์มตัวอย่างขนาด 5×65 มิลลิเมตร โดยบริเวณขอบของแผ่นฟิล์มต้องไม่เกิดรอยตำหนิจากการเตรียม
3. ภาวะที่ใช้ในการทดสอบ

ขนาด Load Cell	5 กิโลนิวตัน
ระยะ Gage Length	20 มิลลิเมตร
อัตราเร็วในการดึง	10 มิลลิเมตรต่อนาที
4. การทดสอบแผ่นฟิล์มเมื่อเปียกน้ำ

นำแผ่นฟิล์มแช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบ
5. จำนวนแผ่นฟิล์มในการทดสอบแต่ละชุดไม่น้อยกว่า 5 ชิ้นงาน



รูปที่ 3.4 Universal Testing Machine (Model 5583)

3.5.4 การละลาย (Solubility)

การเกิดโครงร่างตาข่ายของสายโซ่โมเลกุลจะทำให้มีผลต่อสมบัติการละลายของพอลิเมอร์ ปกติพอลิเมอร์ที่ไม่เกิดโครงร่างตาข่ายจะสามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่เหมาะสม ส่วนพอลิเมอร์ที่เกิดโครงร่างตาข่ายจะมีความสามารถในการละลายลดลงจนถึงไม่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายนั้นๆ แต่จะเกิดการพองตัว (Swelling) ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของการเกิดโครงร่างตาข่าย

วิธีการทดสอบ

นำแผ่นฟิล์มไคโตซานและไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่าย มาแช่ในกรดอะซิติกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1, 5, 10 และ 50 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.5.5 ความสามารถในการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

การดูดซึมน้ำเป็นสมบัติหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาถึงการเกิดโครงร่างตาข่ายของสาร ซึ่งค่าการดูดซึมน้ำนี้จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของการเกิดโครงร่างตาข่าย ดังนั้นการดูดซึมน้ำของสารจะสามารถช่วยเปรียบเทียบได้ว่าการเกิดโครงร่างตาข่ายนั้นเกิดขึ้นมากหรือน้อย

วิธีการทดสอบ

1. นำแผ่นฟิล์มไคโตซานและไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่าย อบภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง มาชั่งน้ำหนัก (W_d)
2. นำแผ่นฟิล์มที่ชั่งน้ำหนักแห้งแล้วไปแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
3. ชั่งน้ำหนักเปียกของแผ่นฟิล์ม (W_w) โดยใช้ผ้าบางที่เปียกน้ำมาซับน้ำที่เกาะอยู่บนผิวของแผ่นฟิล์ม ชั่งน้ำหนักจนกระทั่งได้ค่าที่คงที่
4. คำนวณหาความสามารถในการดูดซึมน้ำดังสมการ

$$\text{Water Absorption (\%)} = \frac{W_w - W_d}{W_d} \times 100$$

เมื่อ W_w และ W_d คือ น้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้งของแผ่นฟิล์มตามลำดับ

3.5.6 การสลายตัว (Degradation)

การทดสอบการสลายตัวของแผ่นฟิล์มโคโตนและโคโตนที่เกิดโครงร่างตาข่าย ทำในภาวะแบบ Physiologic Condition โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์ ความเป็นกรดต่าง 7.3 ซึ่งเป็นสารละลายที่ใช้ในสิ่งมีชีวิต จุดมุ่งมิในการทดสอบที่ 37 °C เวลาการทดสอบ 3 เดือน

3.5.6.1 สารเคมี

1. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) (MW. = 58.44)

สมบัติ : ไม่มีสี , ผลึกใสหรือสีขาว , ละลายน้ำ , กลีเซอรอล , ไม่ติดไฟ

$$D = 2.165 , \text{ mp} = 801^\circ\text{C}$$

2. โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO₃) (MW. = 84.01)

สมบัติ : ผงสีขาวหรือกึ่งผลึก , มีความเป็นด่างเล็กน้อย , ละลายน้ำ , คงตัว (Stable) ในอากาศแห้ง แต่เกิดการสลายตัวอย่างช้าๆ ที่อากาศชื้น , ไม่ติดไฟ

$$D = 2.159 , \text{ mp} = 270^\circ\text{C} \text{ (เกิดการสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์)}$$

3. โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) (MW. = 74.55)

สมบัติ : ไม่มีสีหรือเป็นผลึกสีขาว , มีสมบัติเป็นเกลือ , ละลายน้ำแต่ไม่ละลายในอีเทอร์ และอะซิโตน , ไม่ติดไฟ

$$D = 1.987 , \text{ mp} = 772^\circ\text{C}$$

4. แคลเซียมคลอไรด์ไดไฮเดรต (CaCl₂·2H₂O) (MW. = 147.02)

สมบัติ : เม็ดหรือเกล็ดสีขาว , ละลายน้ำและแอลกอฮอล์ , เมื่อละลายน้ำมีสมบัติเป็นกลางหรือด่างเล็กน้อย

5. แมกนีเซียมซัลเฟตเฮกซะไฮเดรต ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (MW. = 246.47)

สมบัติ : ผลึกใส , สมบัติเป็นเกลือ , ละลายน้ำและกลีเซอรอล , ไม่ติดไฟ

$$D = 1.678$$

6. D-Glucose ($\text{O} \cdot (\text{CHOH})_4 \text{CH} \cdot \text{CH}_2\text{OH}$) (MW. = 180.16)

สมบัติ : ผลึกใสหรือผงสีขาว , ละลายน้ำและแอลกอฮอล์ , ติดไฟ

$$D = 1.544 , \text{mp} = 146^\circ\text{C}$$

7. Benzylpenicillin Potassium Salt (Penicillin G Potassium Salt) ($\text{C}_{16}\text{H}_{17}\text{N}_2\text{O}_4\text{SK}$)

(MW. = 372.48)

สมบัติ : ผงสีขาว , ละลายน้ำ , แอลกอฮอล์ และอะซิโตน , ความเป็นกรดต่างของสารละลาย

อิ่มตัวอยู่ระหว่าง 2.5-4.0 , สลายตัวที่อุณหภูมิ 120°C , เป็นสาร Antibiotic

8. Streptomycin

วิธีทดสอบ

1. เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ ความเป็นกรดต่าง 7.3 (Physiological Salt Solution) ที่ใช้สำหรับ
หนู ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

NaCl = 120 mM

NaHCO₃ = 15 mM

KCl = 5 mM

CaCl₂ · 2H₂O = 15 mM

MgSO₄ · 7H₂O = 1 mM

Glucose = 6 mM

Penicillin = 30 ug/ml

Streptomycin = 30 ug/m

2. เตรียมแผ่นฟิล์มไคโตแซนและไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่าย (ใช้สารละลายกลูตารัลดีไฮด์ 3.0×10^{-6} mol/ g chitosan) ตัดแผ่นฟิล์มที่มีความหนา 0.030 ± 0.002 mm ให้ได้ขนาด 5×65 mm
3. แช่แผ่นฟิล์มลงในสารละลายบัฟเฟอร์ ความเป็นกรดต่าง 7.3 ที่อุณหภูมิ 37°C
4. นำแผ่นฟิล์มมาทดสอบความทนแรงดึงและการสูญเสียมวลทุก 1 สัปดาห์



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย