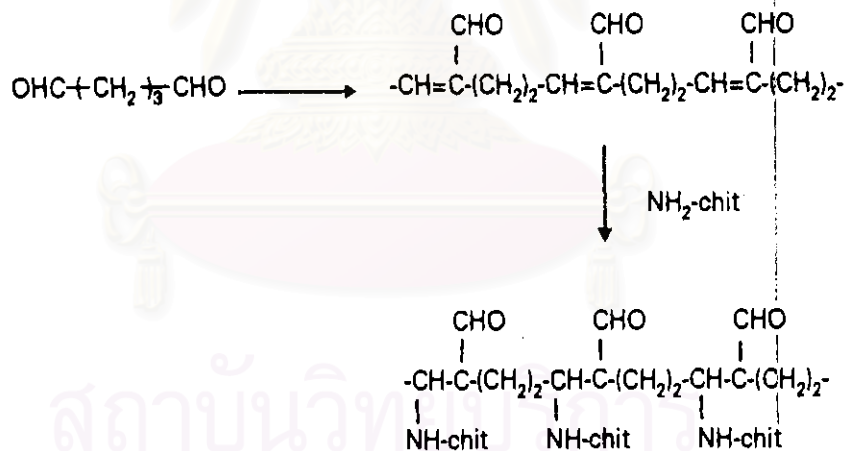


บทที่ 4

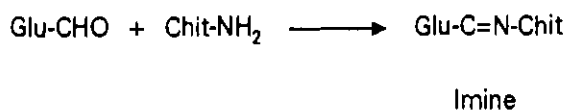
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

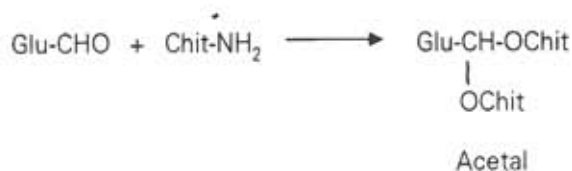
4.1 การเกิดโครงร่างตาข่ายของไคโตแซน (Crosslinked Chitosan)

การเกิดปฏิกิริยาโครงร่างตาข่ายของไคโตแซนโดยใช้สารละลายกลูตารัลดีไฮด์เป็นสารช่วยในการเกิดปฏิกิริยา (Crosslinking Agent) นั้น Richards และ Knowles (1968) ได้อธิบายกลไกของปฏิกิริยาโครงร่างตาข่ายว่า สารละลายกลูตารัลดีไฮด์นั้นจะทำปฏิกิริยากันได้เป็นพอลิเมอร์ที่มีสายโซ่ยาวและมีตำแหน่ง α, β -aldehyde ที่ไม่เสถียรซึ่งสามารถไปเกิดปฏิกิริยากับหมู่เอมีนในไคโตแซนได้



ในทางตรงกันข้าม Katsumae Tsurugai (1990) ได้อธิบายกลไกของการเกิดปฏิกิริยาด้วย Schiff's base และ Acetal Reaction แต่ไม่สามารถชี้ชัดได้ว่ากลไกการเกิดปฏิกิริยาเป็นแบบใด





Robert (1989) และ Nakatsaka (1992) อธิบายว่าปฏิกิริยาการเกิดโครงร่างตาข่ายจะเกี่ยวข้องกับ Schiff's base Reaction เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสีของแผ่นฟิล์มไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่าย จากการทดลองนี้พบว่าสารละลายกลูตาไรลดีไฮด์และไคโตแซนที่เตรียมก่อนทำปฏิกิริยาจะไม่มีสี แต่เมื่อไคโตแซนเกิดปฏิกิริยาโครงร่างตาข่ายจะได้แผ่นฟิล์มที่มีสีเหลืองจนถึงสีเหลืองน้ำตาล เนื่องจากปฏิกิริยานี้จะเกี่ยวข้องกับการเกิด Chromophore ในโครงสร้างของไคโตแซน ซึ่ง Chromophore นี้ไม่มีในสารตั้งต้นทั้ง 2 ตัวก่อนเกิดปฏิกิริยา สีที่เปลี่ยนแปลงไปของแผ่นฟิล์มไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่ายจะขึ้นอยู่กับปริมาณสารละลายกลูตาไรลดีไฮด์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา โดยแผ่นฟิล์มจะมีสีเหลืองเข้มมากขึ้นเมื่อปริมาณสารละลายกลูตาไรลดีไฮด์เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผ่นฟิล์มไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่าย ที่ความเข้มข้นของกลูตาไรลดีไฮด์ต่างๆ ปริมาณกลูตาไรลดีไฮด์ต่อไคโตแซน 1 กรัม : (a) 0 โมล, (b) 3.0×10^{-6} โมล, (c) 3.0×10^{-5} โมล, (d) 3.0×10^{-4} โมล

4.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของแผ่นฟิล์มไคโตแซนและไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่าย

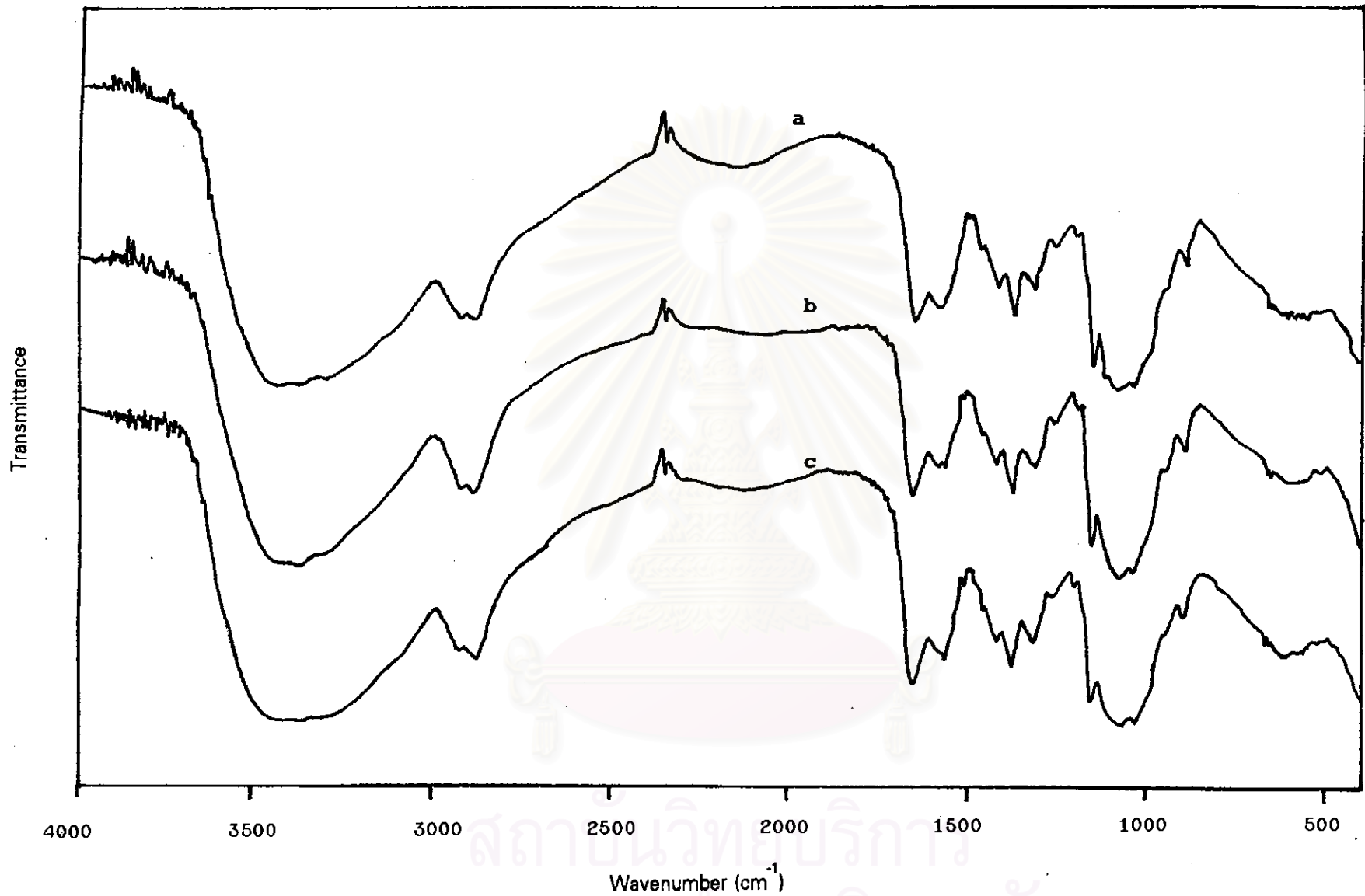
4.2.1 การวิเคราะห์โครงสร้างของไคโตแซนและไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่ายด้วย

เทคนิค Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopy

Infrared Spectrum ของไคโตแซนและไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่าย แสดงได้ดังรูปที่

4.2 จากผลการวิเคราะห์ Infrared Spectrum ของไคโตแซนพบว่ามี Absorption band ที่สำคัญ ได้แก่ Absorption band ของ O-H Stretching ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 3500 cm^{-1} และ Absorption band ของ N-H bending ที่เลขคลื่น 1590 cm^{-1} N-H out of plane ที่ช่วงเลขคลื่น $800\text{-}480\text{ cm}^{-1}$ (Kurita, 1976) รวมทั้ง Absorption band ของ Acetyl carbonyl group ($\text{O}=\text{C-NHR}$) จะพบที่เลขคลื่น 1650 cm^{-1} และ Absorption band ของ Acetamido methyl ($\text{CH}_2\text{-C(=O)}$) พบที่เลขคลื่น 2970 และ 2940 cm^{-1} ซึ่งถ้าไคโตแซนที่มีปริมาณร้อยละการกำจัดหมู่ Acetyl มากกว่าร้อยละ 95 Absorption band ของ Acetamido methyl จะหายไปจนเกือบหมด นอกจากนี้ยังมี Absorption band ของน้ำตาลที่เลขคลื่น 1425 cm^{-1} , 1390 cm^{-1} , 1310 cm^{-1} , 1280 cm^{-1} , 1120 cm^{-1} และ $1050\text{-}1010\text{ cm}^{-1}$

ส่วน Infrared Spectrum ของไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่าย พบว่าให้ Absorption band ของ -C=N- bending ที่เลขคลื่น 1500 cm^{-1} ซึ่งเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาโครงร่างตาข่ายระหว่างไคโตแซนและกลูตาวัลดีไฮด์ นอกจากนี้ Kurita (1986) รายงานว่าถ้าสารละลายกลูตาวัลดีไฮด์ที่ใช้ทำปฏิกิริยานั้นมีกลุ่มอัลดีไฮด์ที่เหลืออยู่ไม่เกิดปฏิกิริยาจะมี Absorption band เป็นพีกเล็กๆ เกิดขึ้นที่เลขคลื่น 1710 cm^{-1} ซึ่ง Infrared Spectrum ที่ได้จากการทดลองพบว่าไม่มีเลขคลื่นที่ตำแหน่งนี้ แสดงว่าหมู่อัลดีไฮด์ในสารละลายกลูตาวัลดีไฮด์นั้นใช้ในการเกิดปฏิกิริยาโครงร่างตาข่ายจนหมด

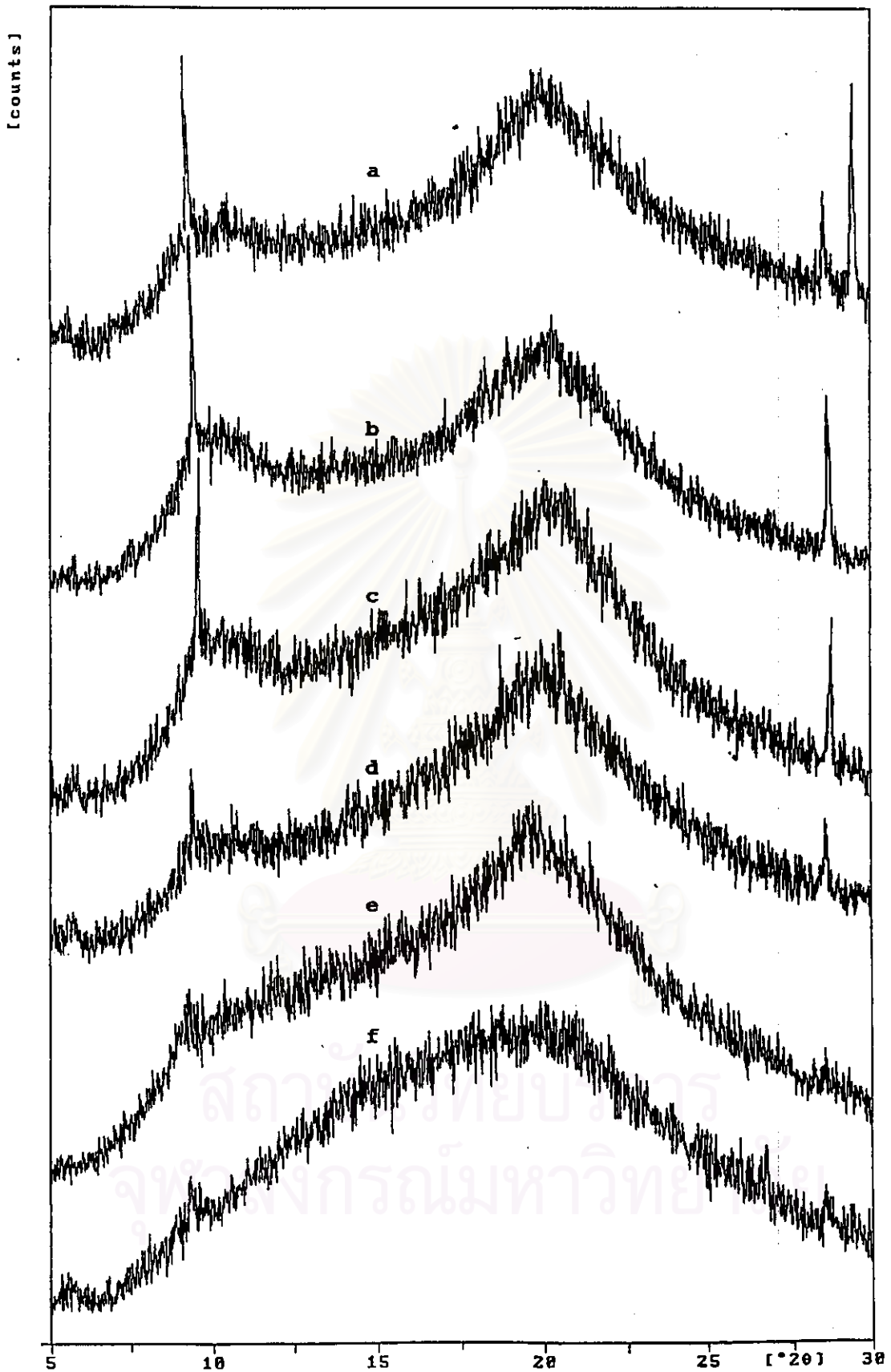


รูปที่ 4.2 FT-IR Spectrum ของแผ่นฟิล์มไคโตซานและไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่าย เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกลูตาอัลดีไฮด์ ปริมาณกลูตาอัลดีไฮด์ต่อไคโตซาน 1 กรัม : (a) 0 โมล, (b) 3.0×10^{-6} โมล, (c) 3.0×10^{-4} โมล

4.2.2 ความเป็นผลึก (Crystallinity)

จากการวิเคราะห์ความเป็นผลึกของแผ่นฟิล์มไคโตซานและไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่าย ด้วยเทคนิค X-Ray Diffractometry จะได้ Diffractogram ดังแสดงในรูปที่ 4.3 Diffractogram ของแผ่นฟิล์มไคโตซานจะประกอบด้วย Crystalline peak ที่ตำแหน่ง $2\theta = 27^\circ$, 28.5° , 9.5° และ weak absorption band ที่ $2\theta = 10^\circ$ ซึ่งเป็น plane (001) และ (100) และที่ตำแหน่ง $2\theta = 20^\circ$ ซึ่งเป็น plane (101) และ (002) (Sakurai, 1984) สำหรับ Diffractogram ของแผ่นฟิล์มไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่ายนั้น พบว่า Crystalline peak ที่ตำแหน่ง $2\theta = 9.5^\circ$ จะมี intensity ลดลง และที่ตำแหน่ง $2\theta = 27^\circ$ และ 28.5° นั้น Crystalline peak จะลดลงเหลือเพียงตำแหน่งเดียวที่ $2\theta = 28^\circ$ และมี intensity ลดลง ส่วน weak absorption band ที่ $2\theta = 10^\circ$ นั้น จะมี intensity ลดลงเรื่อยๆเมื่อมีการใช้สารละลายกลูตารัลดีไฮด์เพิ่มขึ้น และที่ความเข้มข้นของกลูตารัลดีไฮด์ 9.0×10^{-4} โมลต่อกรัมไคโตซาน จะไม่ปรากฏ peak ที่ $2\theta = 10^\circ$ และในทำนองเดียวกันที่ตำแหน่ง $2\theta = 20^\circ$ peak จะมี intensity ลดลง

จาก Diffractogram แสดงให้เห็นว่าไคโตซานนั้นมีความเป็นผลึกสูงกว่าไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่าย ทั้งนี้เนื่องจากว่าโครงสร้างของไคโตซานนั้นจะเป็นสายโซ่ตรงทำให้การจัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลมีความเป็นระเบียบ แต่เมื่อไคโตซานเกิดปฏิกิริยาจะทำให้กลูตารัลดีไฮด์เข้าไปเกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่โมเลกุลของไคโตซานซึ่งทำให้การจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบเป็นไปได้น้อยลง และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณของกลูตารัลดีไฮด์ที่ใช้ จะพบว่าปริมาณของกลูตารัลดีไฮด์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ความเป็นผลึกน้อยลงตามไปด้วย ซึ่งที่ความเข้มข้นของกลูตารัลดีไฮด์สูงจะได้ไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่ายที่มีโครงสร้างที่เกือบจะเป็นอสัณฐาน (Amorphous) ทั้งหมด ดังนั้นปริมาณกลูตารัลดีไฮด์มากจะสามารถเข้าไปเกิดโครงร่างตาข่ายได้มากและมีความหนาแน่นของการเกิดโครงร่างตาข่ายสูง



รูปที่ 4.3 X-Ray Diffractogram ของไคโตซานและไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่าย

ปริมาณกลูตาออลดีไฮด์ต่อไคโตซาน 1 กรัม : (a) 0 โมล, (b) 3.0×10^{-7} โมล, (c) 3.0×10^{-6} โมล,
 (d) 3.0×10^{-5} โมล, (e) 3.0×10^{-4} โมล, (f) 9.0×10^{-4} โมล

4.2.3 การละลาย (Solubility)

ความสามารถในการละลายของแผ่นฟิล์มไคโตซานและไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่ายในตัวทำละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นต่างๆแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการละลายของแผ่นไคโตซานและไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่าย ที่กรดอะซิติกความเข้มข้นต่างๆ

แผ่นฟิล์ม ไคโตซาน(กรัม/กิโลดาร์ลด์ไฮด์(โมล)	ความเข้มข้นกรดอะซิติก (%v/v)			
	1	5	10	50
ไคโตซาน	++	++	++	++
1 : 3.0×10^{-7}	++	++	++	++
1 : 6.0×10^{-7}	++	++	++	++
1 : 9.0×10^{-7}	++	++	++	++
1 : 1.5×10^{-6}	++	++	++	++
1 : 3.0×10^{-6}	++	++	++	++
1 : 6.0×10^{-6}	++	++	++	++
1 : 9.0×10^{-6}	++	++	++	++
1 : 1.5×10^{-5}	++	++	++	++
1 : 3.0×10^{-5}	++	++	++	++
1 : 6.0×10^{-5}	+	+	+	++
1 : 9.0×10^{-5}	*	*	*	*
1 : 1.5×10^{-4}	*	*	*	*
1 : 3.0×10^{-4}	-	-	-	-
1 : 6.0×10^{-4}	-	-	-	-
1 : 9.0×10^{-4}	-	-	-	-
1 : 12.0×10^{-4}	-	-	-	-

หมายเหตุ ++ = ละลายหมด

+ = ละลายบางส่วน

* = ไม่ละลายแต่เกิดการบวมตัว (Swelling)

- = ไม่ละลายและไม่เกิดการบวมตัว

จากตารางพบว่าโคโตนที่เกิดโครงร่างตาข่ายจะเกิดการละลายได้ในสารละลายกรดอะซิติกทุกความเข้มข้น เมื่อมีการใช้กลูตารัลดีไฮด์ตั้งแต่ความเข้มข้น 3.0×10^{-7} - 3.0×10^{-5} โมลต่อกรัมโคโตน แต่เมื่อปริมาณกลูตารัลดีไฮด์ที่ใช้เพิ่มมากขึ้นจะทำให้การละลายลดลง ซึ่งที่ความเข้มข้นกลูตารัลดีไฮด์ 6.0×10^{-5} โมลต่อกรัมโคโตน แผ่นฟิล์มจะไม่สามารถละลายได้หมดในกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 50% โดยปริมาตร และเมื่อปริมาณกลูตารัลดีไฮด์ที่ใช้มากกว่า 6.0×10^{-5} โมลต่อกรัมโคโตน แผ่นฟิล์มจะไม่สามารถละลายได้ในกรดอะซิติกทุกความเข้มข้นแต่จะเกิดการบวมตัว (Swelling) เท่านั้น และถ้าปริมาณกลูตารัลดีไฮด์มากกว่า 3.0×10^{-4} โมลต่อกรัมโคโตน แผ่นฟิล์มนั้นจะไม่ละลายและไม่เกิดการบวมตัว

จะเห็นได้ว่าการเกิดโครงร่างตาข่ายมีผลต่อสมบัติการละลายของแผ่นฟิล์มโคโตน ซึ่งปกติแล้วโคโตนนั้นสามารถละลายได้ดีในสารละลายกรดอะซิติกทุกความเข้มข้นเนื่องจากโมเลกุลของโคโตนและกรดอะซิติกมีแรงดึงดูดกันมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างสายโซ่โคโตน แต่เมื่อโคโตนเกิดโครงร่างตาข่ายจะทำให้เกิดพันธะโควาเลนต์เชื่อมโยงขึ้นระหว่างสายโซ่โมเลกุลของโคโตนทำให้มีผลต่อการละลายของแผ่นฟิล์มนั้นซึ่งจะมีการละลายที่ช้าลงหรือไม่ละลายในกรดอะซิติก ปริมาณกลูตารัลดีไฮด์ที่ใช้ตั้งแต่ 3.0×10^{-7} - 3.0×10^{-5} โมลต่อกรัมโคโตน แผ่นฟิล์มยังสามารถละลายได้ในกรดอะซิติก เนื่องจากยังมีปริมาณความหนาแน่นของโครงร่างตาข่ายต่ำ ตัวทำละลายสามารถเข้าไปล้อมรอบโมเลกุลของโคโตนได้ง่าย และโครงสร้างของโคโตนยังมีพันธะเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่โมเลกุลไม่มากซึ่งยังทำให้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวทำละลายกับโคโตนสูงกว่าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของโคโตน แต่เมื่อความเข้มข้นกลูตารัลดีไฮด์ที่ใช้เท่ากับ 6.0×10^{-5} โมลต่อกรัมโคโตน โคโตนจะสามารถละลายได้หมดในกรดอะซิติกที่มีความเข้มข้นสูงเท่านั้น เนื่องจากที่ความเข้มข้นกรดต่ำแรงดึงดูดของโมเลกุลตัวทำละลายกับโคโตนไม่มากเท่ากับที่ความเข้มข้นกรดสูง และที่ความเข้มข้นกรดสูงนั้นยังมีแรงดึงดูดระหว่างตัวทำละลายกับโคโตนมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างสายโซ่โคโตน ทำให้โคโตนที่เกิดโครงร่างตาข่ายยังสามารถละลายได้ แต่เมื่อความเข้มข้นกลูตารัลดีไฮด์เพิ่มมากกว่า 6.0×10^{-5}

โมลต่อกรัมไคโตซาน แผ่นฟิล์มจะไม่สามารถละลายได้ในสารละลายกรดอะซิติกทุกความเข้มข้น แต่จะเกิดการบวมตัว เนื่องจากไคโตซานนั้นเกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่มากเกิดเป็นโครงสร้างสามมิติ และมีความหนาแน่นของโครงร่างตาข่ายมาก ซึ่งจะมีผลต่อการยอมรับเอาปริมาณตัวทำละลาย ทำให้โมเลกุลของตัวทำละลายสามารถแพร่เข้าหาโมเลกุลของไคโตซานได้อย่างช้าๆ และแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลตัวทำละลายกับไคโตซานต่ำกว่าแรงดึงดูดระหว่างพันธะของไคโตซาน จึงทำให้ไคโตซานไม่เกิดการละลายแต่จะเกิดการบวมตัวมีลักษณะคล้ายเจล แต่เมื่อไคโตซานเกิดโครงร่างตาข่ายอย่างแท้จริงจะทำให้ไคโตซานไม่ละลายและไม่เกิดการบวมตัว

4.2.4 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

การเกิดโครงร่างตาข่ายมีผลต่อความสามารถในการดูดซึมน้ำของแผ่นฟิล์มไคโตซาน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการดูดซึมน้ำของแผ่นฟิล์มไคโตซานและไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่าย

แผ่นฟิล์ม ไคโตซาน(กรัม/กิโลดาร์ตไฮโดรไมล)	การดูดซึมน้ำ (%)
ไคโตซาน	156.37
1 : 3.0×10^{-7}	155.171
1 : 6.0×10^{-7}	152.433
1 : 9.0×10^{-7}	151.342
1 : 3.0×10^{-6}	149.353
1 : 6.0×10^{-6}	150.273
1 : 9.0×10^{-6}	147.07
1 : 3.0×10^{-5}	144.133
1 : 6.0×10^{-5}	141.341
1 : 9.0×10^{-5}	137.489
1 : 3.0×10^{-4}	127.969
1 : 6.0×10^{-4}	121.510
1 : 9.0×10^{-4}	111.77

จากตารางพบว่าเมื่อไคโตแซนเกิดโครงร่างตาข่ายความสามารถในการดูดซึมน้ำจะลดลง ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับที่ Zideman (1986) ได้อธิบายไว้ว่าความสามารถในการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ที่ดูดน้ำได้ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของการเกิดโครงร่างตาข่าย ความสามารถในการดูดซึมน้ำจะลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณสารช่วยในการเกิดปฏิกิริยาซึ่งทำให้ไคโตแซนมีความหนาแน่นของโครงร่างตาข่ายในสายโซ่โมเลกุลมากขึ้น เนื่องจากปริมาณของกลูตารัลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้นนี้จะสามารถไปเกิดพันธะเชื่อมโยงกับหมู่เอมีนในไคโตแซนได้มากขึ้น

การที่ความสามารถในการดูดซึมน้ำลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณกลูตารัลดีไฮด์อาจเนื่องมาจากสาเหตุดังนี้

1. เกิดพันธะเชื่อมโยงจะทำให้สายโซ่โมเลกุลมีความเกะกะมากขึ้นซึ่งการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำเข้าไปในโครงสร้างของไคโตแซนเป็นไปได้ยากขึ้น
2. โครงสร้างของไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่ายมากเกิดรูพรุนที่มีขนาดเล็กกว่าโมเลกุลของน้ำทำให้น้ำไม่สามารถผ่านเข้าไปได้
3. ไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่ายจะมีความสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bonding) กับโมเลกุลของน้ำลดลง เนื่องจากการเกิด Intermolecular Crosslinking จากปฏิกิริยา Schiff's base ของอัลดีไฮด์กับหมู่เอมีนในไคโตแซน ทำให้หมู่ OH ในน้ำเข้าไปเกิดพันธะไฮโดรเจนกับ NH_2 ในไคโตแซนได้น้อยลง

นอกจากนี้ Kim (1992) และ Yao (1993) ได้รายงานว่าความเป็นกรดต่างของสารละลายบัฟเฟอร์มีผลต่อการดูดซึมน้ำของแผ่นฟิล์มไคโตแซนและไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่าย ซึ่งพบว่าสารละลายที่มีความเป็นกรดมากจะทำให้อัตราการดูดซึมน้ำเร็ว การดูดซึมน้ำที่เพิ่มขึ้นเมื่อสารละลายบัฟเฟอร์มีความเป็นกรดต่างลดลownั้นเกี่ยวข้องกับหมู่เอมีนในไคโตแซน สารละลายบัฟเฟอร์ที่มีความเป็นกรดต่างต่ำ จะมีภาวะที่เป็น low density ionic ทำให้โมเลกุลของไคโตแซนนั้นมีลักษณะรูปร่างเป็นแบบ Uncoiled ซึ่งทำให้มีการยืดยาวของสายโซ่มากขึ้น หรือเกิดรูปร่าง

เป็นแบบ Rodlike (Kim, 1992) การเข้าสู่สมดุลจะเกิดในทิศทางไปข้างหน้า ($\text{-NH}_2 + \text{H}^+ \longrightarrow \text{-NH}_3^+$) ทำให้เกิดความดันออสโมติกภายในโมเลกุลเพิ่มมากขึ้น

จากการที่แผ่นฟิล์มไคโตซานและไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่าย มีสมบัติไวต่อค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายบัฟเฟอร์ (pH Sensitivity) ทำให้สามารถใช้ในการควบคุมการปลดปล่อย นอกจากนี้ pH Sensitivity ยังขึ้นอยู่กับ Crosslink Density ของแผ่นฟิล์มด้วย

4.3 การวิเคราะห์สมบัติทางกลของแผ่นฟิล์มไคโตซานและไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่าย

การปรับปรุงสมบัติของไคโตซานด้วยปฏิกิริยาโครงร่างตาข่าย โดยใช้สารละลายกลูตารัลดีไฮด์เป็นสารช่วยในการเกิดปฏิกิริยานั้น จะทำให้ไคโตซานมีสมบัติทางกลเปลี่ยนไปเนื่องจากสายโซ่โมเลกุลเกิดพันธะเชื่อมโยงและมีโครงสร้างเป็นแบบสามมิติ สมบัติทางกลของแผ่นฟิล์มไคโตซานนั้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามความหนาแน่นของการเกิดโครงร่างตาข่าย และความหนาแน่นของโครงร่างตาข่ายนี้จะขึ้นอยู่กับภาวะที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา

4.3.1 ผลของความเป็นกรดต่างของสารละลายไคโตซานที่มีต่อความทนแรงดึง (Tensile Strength) และความยืด (Elongation)

การเกิดปฏิกิริยารวมตัวของ Primary Amine กับหมู่คาร์บอนิล พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดต่างของสารละลาย ซึ่งทำให้มีผลต่อการเกิดโครงร่างตาข่ายของไคโตซาน และมีผลต่อสมบัติความทนแรงดึงและความยืดของแผ่นฟิล์มไคโตซานดังแสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.4, 4.5

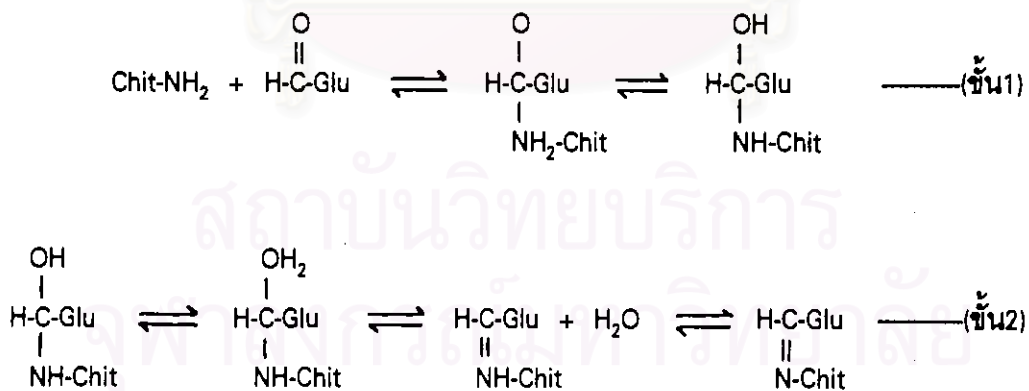
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบความทนแรงดึง และ ความยืดขณะแห้งและเปียกน้ำของแผ่นฟิล์ม

โคโคแชนและโคโคแชนที่เกิดโครงร่างตาข่าย ที่ค่าความเป็นกรดต่างของสารละลาย

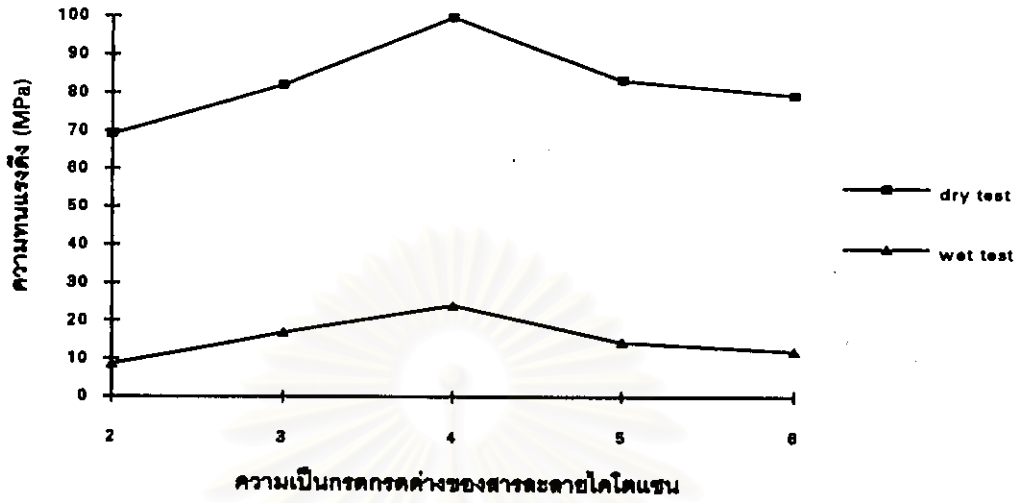
โคโคแชนต่างๆที่ใช้การทำปฏิกิริยาโครงร่างตาข่าย

แผ่นฟิล์ม โคโคแชน(กรัม/กลูตารัลดีไฮด์(โมล))	pH ของ สารละลาย	ความทนแรงดึง (MPa)		ความยืด (%)	
		แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
1 : 3.0×10 ⁻⁶	2	69.155	8.704	4.191	34.243
1 : 3.0×10 ⁻⁶	3	82.081	16.924	13.370	102.736
1 : 3.0×10 ⁻⁶	4	99.789	23.996	38.135	115.335
1 : 3.0×10 ⁻⁶	5	83.312	14.434	22.754	60.586
1 : 3.0×10 ⁻⁶	6	79.434	12.106	18.803	56.319

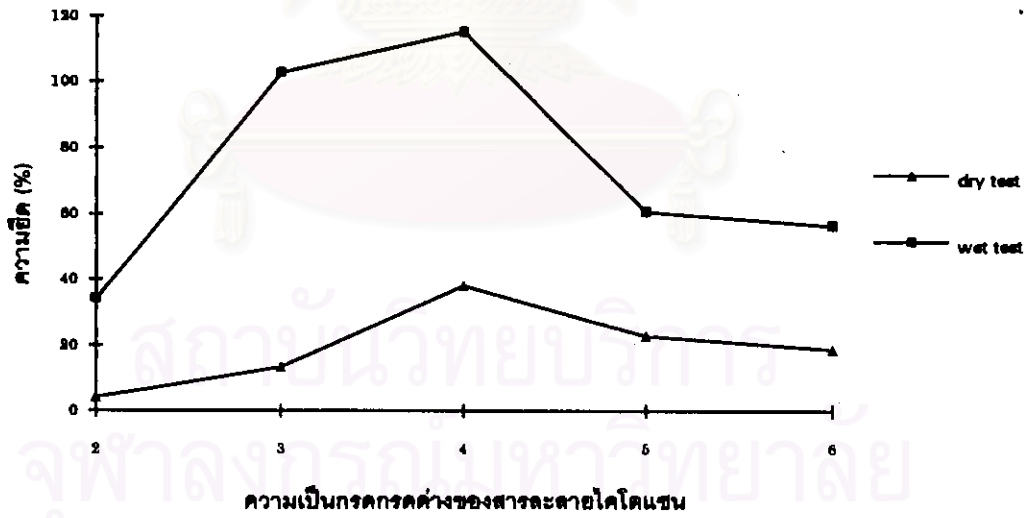
จากการศึกษาปฏิกิริยาการรวมตัวของหมู่เอมีนกับอัลดีไฮด์ พบว่าปฏิกิริยาจะเกิดขึ้น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกเป็นปฏิกิริยาการรวมตัวของโคโคแชนกับกลูตารัลดีไฮด์ และขั้นที่ 2 เป็นการกำจัดโมเลกุลของน้ำ



ในขั้นแรกของปฏิกิริยานั้น เมื่อความเป็นกรดต่างของสารละลายลดลงจาก 7 ถึง 5 ปฏิกิริยาการรวมตัวจะเกิดได้รวดเร็ว แล้วโมเลกุลของน้ำจะถูกกำจัดออกไปอย่างช้าๆ แต่เมื่อความเป็นกรดต่างลดลงต่ำกว่า 4 จะทำให้การกำจัดโมเลกุลของน้ำเกิดขึ้นได้เร็ว ในขณะที่ปฏิกิริยาการรวมตัวจะเกิดช้า ทั้งนี้เนื่องจากในปฏิกิริยาการรวมตัวนั้นต้องการโคโคแชนอิสระ ซึ่งถ้าใช้ภาวะที่



รูปที่ 4.4 ผลของความเป็นกรดต่างของสารละลายโคโตนที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาโครง่างตาข่ายที่มีต่อความแข็งแรงของแผ่นฟิล์ม



รูปที่ 4.5 ผลของความเป็นกรดต่างของสารละลายโคโตนที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาโครง่างตาข่ายที่มีต่อความยืดของแผ่นฟิล์ม

เป็นกรดแก่โคโตนจะถูกโปรโตเนตได้ดี ทำให้มีปริมาณโคโตนอิสระน้อยลง ด้วยเหตุนี้เมื่อความเป็นกรดต่ำลง ปฏิกริยารวมตัวจึงเกิดได้ช้าลง ดังนั้นในการเกิดปฏิกิริยาโครงร่างตาข่ายของโคโตน ความเป็นกรดต่ำเท่ากับ 4 เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเกิดปฏิกิริยา โดยปฏิกิริยาการรวมตัวและการกำจัดโมเลกุลของน้ำเกิดขึ้นด้วยอัตราที่สมดุลกัน

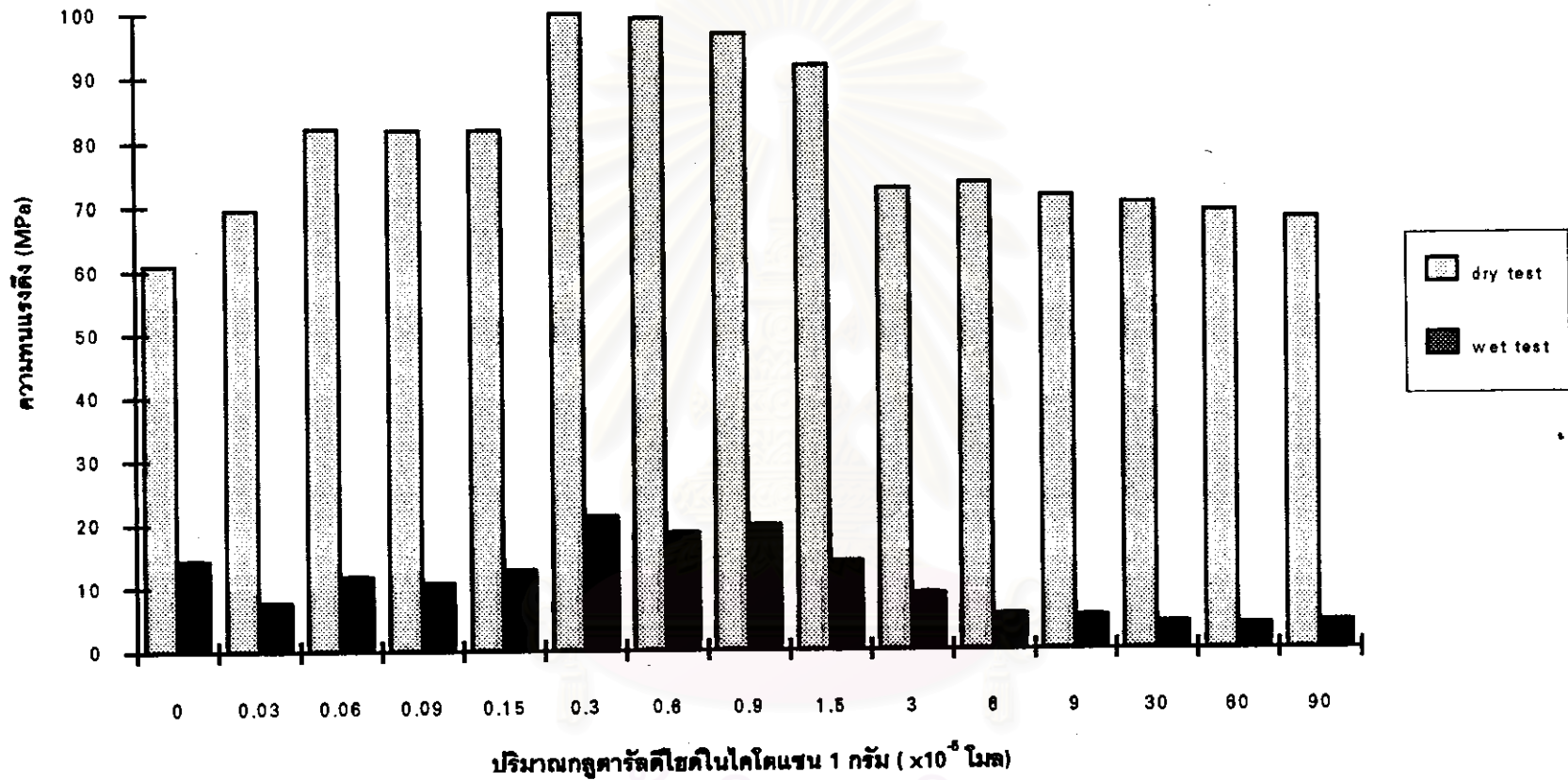
จากรูปที่ 4.4 และ 4.5 พบว่าแนวโน้มของความทนแรงดึงและความยืดของแผ่นฟิล์มโคโตนจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเป็นกรดต่างของสารละลายโคโตนที่ใช้ในการเกิดโครงร่างตาข่ายเพิ่มขึ้น โดยแผ่นฟิล์มจะมีความแข็งแรงและความยืดดีที่สุดที่ความเป็นกรดต่ำเท่ากับ 4 ซึ่งปฏิกิริยาโครงร่างตาข่ายเกิดขึ้นได้ดี ซึ่งทำให้โครงสร้างของโคโตนเกิดพันธะเชื่อมโยงมากและมีความหนาแน่นของโครงร่างตาข่ายสูง ดังนั้นจึงทำให้แผ่นฟิล์มมีความแข็งแรงดีขึ้นโดยจะเห็นว่าแผ่นฟิล์มโคโตนมีความแข็งแรงทั้งขณะแห้งและเปียกน้ำดีขึ้น โดยเฉพาะความแข็งแรงเมื่อเปียกน้ำ ซึ่งที่ความเป็นกรดต่ำเท่ากับ 4 นี้ ความทนแรงดึงของแผ่นฟิล์มเมื่อแห้งและเปียกจะเพิ่มขึ้น 21 และ 68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อความเป็นกรดต่างของสารละลายต่ำพบว่าความทนแรงดึงและการยืดหยุ่นนั้นจะต่ำกว่าแผ่นฟิล์มโคโตนที่ไม่เกิดโครงร่างตาข่าย ทั้งนี้เนื่องจากที่ความเป็นกรดต่ำ โคโตนจะถูกไฮโดรไลต์ด้วยกรดซึ่งมีผลทำให้สายโซ่โมเลกุลเกิดการแตกขาดเป็นสายโซ่ที่สั้นลง และจะพบว่าการเตรียมแผ่นฟิล์มนั้นจะทำได้ยากเพราะโคโตนจะไม่เกาะตัวกัน ส่วนที่ความเป็นกรดต่ำกว่า 4 จะได้แผ่นฟิล์มโคโตนที่เกิดโครงร่างตาข่ายที่มีสมบัติใกล้เคียงกับแผ่นฟิล์มโคโตนที่ยังไม่ได้ทำปฏิกิริยา ซึ่งเป็นผลมาจากการปฏิกิริยาโครงร่างตาข่ายนั้นเกิดขึ้นด้วยอัตราที่ไม่เร็ว ทำให้มีความหนาแน่นของโครงร่างตาข่ายที่ไม่สูงมาก

4.3.2 ผลของความเข้มข้นของสารละลายกลูตาไรต์ไฮโดรที่มีต่อความทนแรงดึง (Tensile Strength) และความยืด (Elongation)

ผลการทดสอบความทนแรงดึงและความยืดของแผ่นฟิล์มไคโตแซนและไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่าย ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.6, 4.7

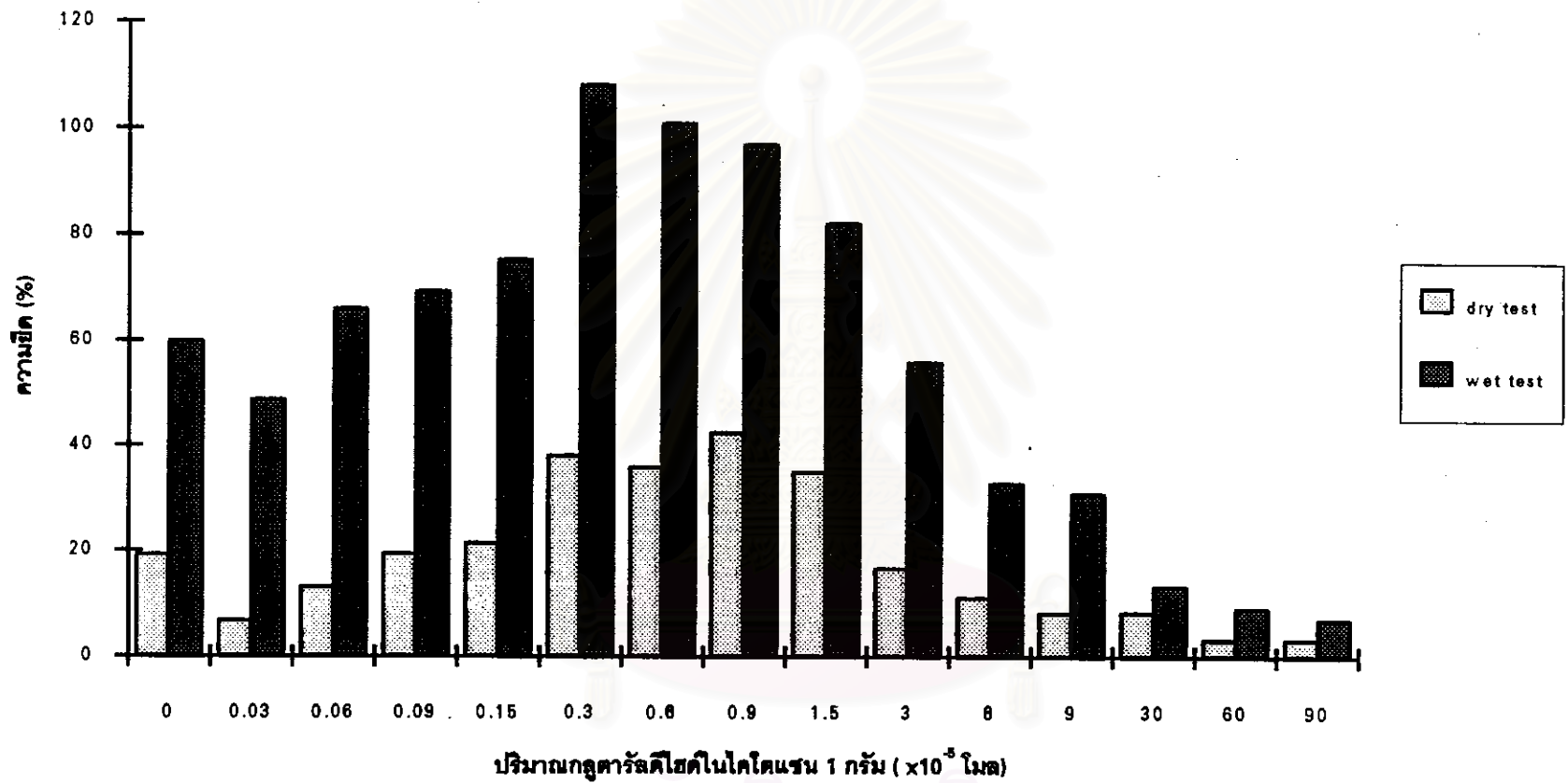
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความทนแรงดึง และความยืดเมื่อแห้งและเปียกน้ำของแผ่นฟิล์มไคโตแซน และไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่าย ที่ความเข้มข้นของกลูตาไรต์ไฮโดรต่างๆที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาโครงร่างตาข่าย

แผ่นฟิล์ม ไคโตแซน(กรัม/กลูตาไรต์ไฮโดร(โมล)	ความทนแรงดึง (MPa)		ความยืด (%)	
	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
ไคโตแซน	60.876	14.261	19.302	59.918
1 : 3.0×10^{-7}	69.462	7.696	6.636	48.686
1 : 6.0×10^{-7}	82.115	11.694	13.151	65.952
1 : 9.0×10^{-7}	81.812	10.681	19.386	69.251
1 : 1.5×10^{-6}	81.839	12.734	21.370	75.236
1 : 3.0×10^{-6}	99.789	21.160	38.135	107.935
1 : 6.0×10^{-6}	99.067	18.570	35.869	100.819
1 : 9.0×10^{-6}	96.608	19.693	42.437	96.853
1 : 1.5×10^{-5}	91.668	13.946	34.902	82.135
1 : 3.0×10^{-5}	72.525	8.774	16.669	55.736
1 : 6.0×10^{-5}	73.389	5.450	11.118	32.735
1 : 9.0×10^{-5}	71.261	5.185	8.100	30.785
1 : 3.0×10^{-4}	70.172	4.160	8.253	13.253
1 : 6.0×10^{-4}	68.900	3.823	3.167	9.002
1 : 9.0×10^{-4}	67.776	4.230	3.168	6.835
1 : 12.0×10^{-4}	67.789	4.167	3.417	3.252



รูปที่ 4.6 ผลของปริมาณกลูตารัลดีไฮด์ที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาโครงร่างตาข่ายที่มีต่อความแข็งแรงของแผ่นฟิล์ม

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 ผลของปริมาณกสูตรดีไฮดริโนโคไดเรทที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาโครงร่างตาข่ายที่มีต่อความชื้นของแผ่นฟิล์ม

สงวนลิขสิทธิ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางจะเห็นได้ว่าการเกิดโครงร่างตาข่ายจะช่วยปรับปรุงสมบัติด้านความทนแรงดึงของแผ่นฟิล์มไคโตแซน ซึ่งปฏิกิริยาการเกิดโครงร่างตาข่ายนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของกลูตารัลดีไฮด์ที่ช่วยในการเกิดปฏิกิริยา โดยจากรูปที่ 4.6 จะเห็นว่าแนวโน้มการเพิ่มความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกลูตารัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นซึ่งมีผลทำให้ความแข็งแรงทั้งแห้งและเปียกน้ำของแผ่นฟิล์มมากขึ้นจนถึงความเข้มข้นของกลูตารัลดีไฮด์ 3.0×10^6 โมลต่อกรัมไคโตแซน จะได้ค่าความแข็งแรงและความยืดของแผ่นฟิล์มสูงสุด ซึ่งสมบัติของแผ่นฟิล์มนั้นพบว่าเมื่อเปียกน้ำแผ่นฟิล์มจะมีสมบัติที่เหนียว ความยืดหยุ่น และสามารถรับแรงดึงได้มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นฟิล์มไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่ายจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในโครงสร้างเกิดการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่โมเลกุลด้วยพันธะโควาเลนต์ เกิดเป็นโครงสร้างสามมิติและเมื่อโมเลกุลของไคโตแซนเกิดการเชื่อมโยงจะทำให้ความเป็นระเบียบของโครงสร้างนั้นลดลงไคโตแซนจะมีลักษณะที่เป็นอสัณฐาน (Amorphous) มากขึ้น และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายโซ่โมเลกุลต่ำทำให้มีการเคลื่อนไหวของสายโซ่ได้ง่ายเมื่อได้รับแรง ซึ่งเมื่อแผ่นฟิล์มได้รับแรงกระทำจะทำให้ไคโตแซนอยู่ในลักษณะที่เป็นผลึก ทำให้มีความแข็งแรงไม่ขาดง่าย นอกจากนี้การเกิดโครงร่างตาข่ายยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงเมื่อเปียกของแผ่นฟิล์มไคโตแซน โดยในปี 1992 Mayer ได้รายงานว่าแผ่นฟิล์มไคโตแซนนั้นมีความแข็งแรงเมื่อเปียกน้ำไม่ดี เพราะไคโตแซนมีสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilicity) ซึ่งเมื่อแผ่นฟิล์มเปียกน้ำจะทำให้ไคโตแซนและน้ำเกิดพันธะไฮโดรเจนและได้ พันธะที่แข็งแรงกว่าพันธะของไคโตแซนที่ยึดเหนี่ยวกัน ดังนั้นเมื่อนำมาทดสอบความทนแรงดึงจะพบว่าไคโตแซนไม่สามารถรับแรงได้มากเท่ากับขณะแห้งเนื่องจากไคโตแซนเมื่อเปียกมีพันธะที่ยึดเหนี่ยวกันไม่แข็งแรง แต่เมื่อแผ่นฟิล์มไคโตแซนเกิดโครงร่างตาข่ายจะมีผลทำให้สมบัติด้าน Hydrophilicity ลดลง ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งแผ่นฟิล์มจะเกิดการดูดน้ำได้น้อยลง และจากการทดลองพบว่าไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่ายจะมีความแข็งแรงเมื่อเปียกน้ำดีขึ้น โดยที่ความเข้มข้นของกลูตารัลดีไฮด์เท่ากับ 3.0×10^6 โมลต่อกรัมไคโตแซน แผ่นฟิล์มสามารถทนต่อแรงดึงได้เพิ่มขึ้นเกือบ 70% เมื่อเทียบกับแผ่นฟิล์มไคโตแซนที่ไม่เกิดโครงร่างตาข่าย ทั้งนี้เนื่องจากไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่ายนั้นจะ

มีพันธะเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล ซึ่งเมื่อแผ่นฟิล์มเปียกน้ำจะทำให้ความสามารถในการเกิดพันธะของโมเลกุลน้ำกับไคโตซานเกิดต่ำลง และไคโตซานที่มีพันธะเชื่อมโยงกันจะมีความแข็งแรงระหว่างพันธะมากกว่า ดังนั้นเมื่อนำมาทดสอบความทนแรงดึงจึงทำให้แผ่นฟิล์มไคโตซานสามารถที่จะรับแรงได้เพิ่มขึ้นจนกว่าแผ่นฟิล์มจะขาด และจากรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าความยืดของแผ่นฟิล์มจะเปลี่ยนไปเมื่อปริมาณของสารช่วยในการเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนไป โดยที่ความเข้มข้นของสารละลายกลูตารัลดีไฮด์เท่ากับ 3.0×10^5 มิลต่อกรัมไคโตซาน นี้ แผ่นฟิล์มจะมีความยืดดีเพราะเกิดการเชื่อมโยงของสายโซ่โมเลกุลบ้างพอสมควร ซึ่งเมื่อแผ่นฟิล์มได้รับแรงดึงจะทำให้แผ่นฟิล์มนั้นสามารถหดกลับได้ แต่ถ้าโมเลกุลนั้นไม่มีพันธะเชื่อมโยงเลย ขณะที่แผ่นฟิล์มได้รับแรงกระทำให้มีการยืดตัวออกจะทำให้โมเลกุลมีการเคลื่อนไหวและทำให้โมเลกุลหนึ่งเคลื่อนผ่านอีกโมเลกุลหนึ่งไป แต่เมื่อสายโซ่โมเลกุลมีการเชื่อมโยงกันไว้บ้างจะช่วยการข้ามผ่านของโมเลกุลบางโมเลกุล และช่วยดึงโมเลกุลนั้นกลับมาอยู่ที่เดิมทำให้แผ่นฟิล์มนั้นมีความยืดดี

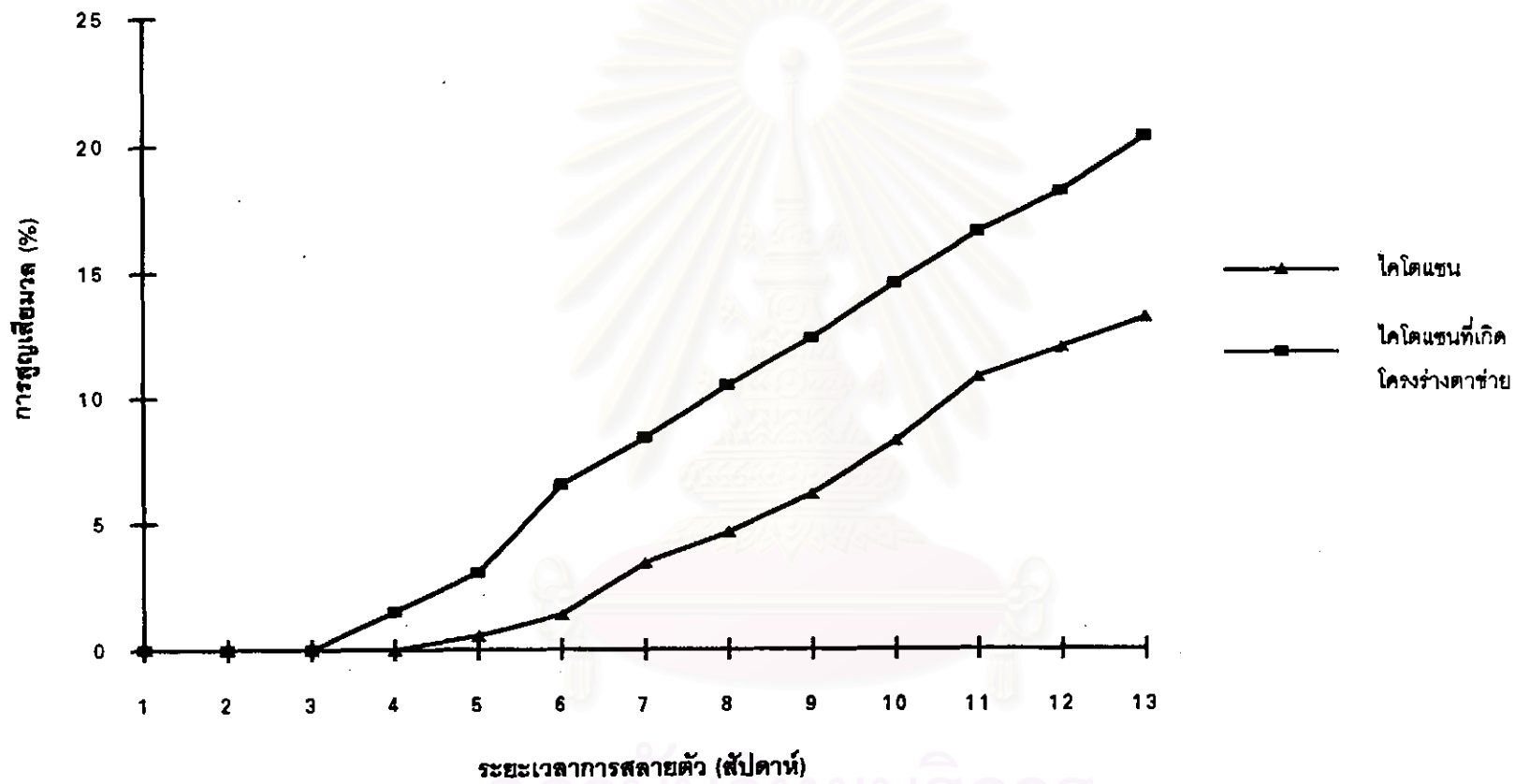
ความทนแรงดึงและความยืดของแผ่นฟิล์มไคโตซานนั้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกลูตารัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นจนถึงความเข้มข้นเท่ากับ 3.0×10^5 มิลต่อกรัมไคโตซาน แต่เมื่อใช้กลูตารัลดีไฮด์เพิ่มมากขึ้นอีกจะทำให้ความแข็งแรงและความยืดลดลง และจะสังเกตได้ว่าที่ความเข้มข้นของกลูตารัลดีไฮด์มากกว่า 1.5×10^6 มิลต่อกรัมไคโตซาน แผ่นฟิล์มจะมีความแข็งแรงเมื่อเปียกต่ำกว่าแผ่นฟิล์มไคโตซานที่ไม่เกิดโครงร่างตาข่าย ส่วนความยืดของแผ่นฟิล์มทั้งขณะแห้งและเปียกน้ำนั้นจะต่ำกว่าแผ่นฟิล์มที่ไม่เกิดโครงร่างตาข่ายเมื่อความเข้มข้นของสารละลายกลูตารัลดีไฮด์มากกว่า 3.0×10^5 มิลต่อกรัมไคโตซาน ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อปริมาณของกลูตารัลดีไฮด์ซึ่งเป็น Crosslinking Agent เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ไคโตซานสามารถที่จะเกิดโครงร่างตาข่ายได้ดี ทำให้ได้แผ่นฟิล์มที่มีความหนาแน่นของโครงร่างตาข่ายสูงและทำให้แผ่นฟิล์มมีลักษณะเปราะ

4 การสลายตัว (Degradation)

การสลายตัวของแผ่นฟิล์มไคโตซานและไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่าย ที่แช่อยู่ในสารละลายบัฟเฟอร์ ความเป็นกรดต่าง 7.3 ที่อุณหภูมิ 37 °C สามารถศึกษาได้จากการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงเชิงกลและการสูญเสียมวล ดังแสดงในตารางที่ 4.5, 4.6, 4.7 และรูปที่ 4.8, 4.9, 4.10

ตารางที่ 4.5 ผลการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของแผ่นฟิล์มไคโตซานและไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่าย หลังจากทดสอบการสลายตัวในช่วงเวลาต่างๆ

ระยะเวลาทดสอบ (สัปดาห์)	การสูญเสียมวล (%)	
	ไคโตซาน	ไคโตซานที่เกิดโครงร่างตาข่าย
1	-	-
2	-	-
3	-	-
4	-	1.493
5	0.550	3.047
6	1.375	6.517
7	3.427	8.386
8	4.636	10.485
9	6.141	12.382
10	8.246	14.566
11	10.809	16.612
12	11.996	18.212
13	13.200	20.364



รูปที่ 4.8 แนวโน้มการสูญเสียมวลของแผ่นฟิล์มโคโตนและโคโตนที่เกิดโคโร่งตาชาย ณ เวลาการทดสอบต่างๆ

ตารางที่ 4.6 ผลการเปลี่ยนแปลงความทนแรงดึงและความยืดเมื่อเปียกของแผ่นฟิล์มไคโตแซน
หลังจากทดสอบการสลายตัวในช่วงเวลาต่างๆ

ระยะเวลาทดสอบ (สัปดาห์)	ความทนแรงดึง (MPa)	ความยืด (%)	ความแข็งแรงที่เหลือ (%)	ความยืดที่เหลือ(%)
0	14.261	79.429	-	-
1	14.024	67.301	98.338	84.731
2	11.139	64.335	78.108	80.997
3	10.759	58.253	75.444	73.340
4	10.636	48.920	74.581	61.590
5	10.438	44.769	73.193	56.364
6	10.599	48.202	74.322	58.168
7	10.316	42.303	72.337	53.259
8	10.293	38.035	72.176	47.886
9	10.103	36.119	70.844	45.473
10	9.417	31.269	66.033	39.367
11	9.242	31.953	64.806	40.228
12	9.173	31.119	64.322	39.178
13	8.618	30.936	60.431	38.948

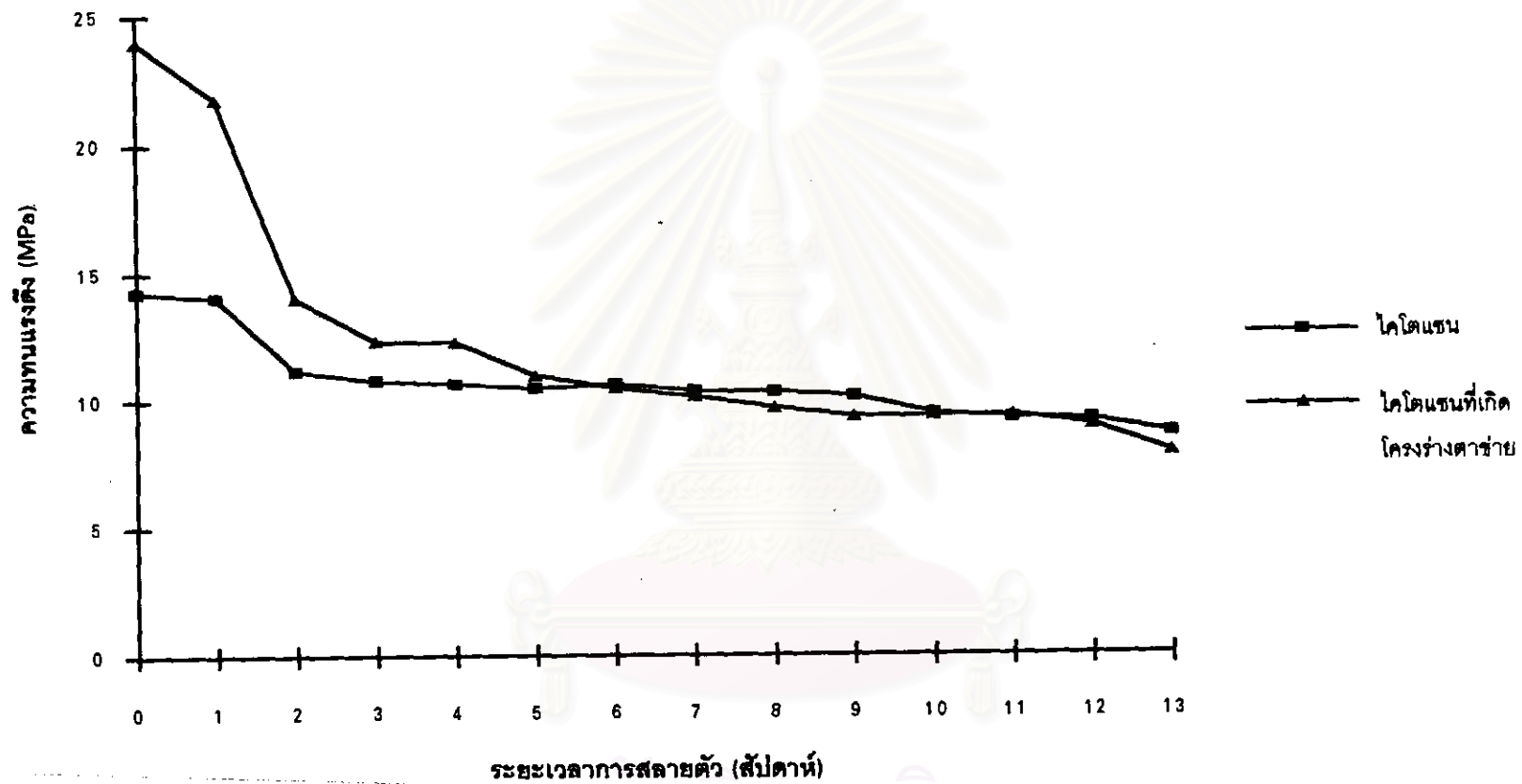
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ผลการเปลี่ยนแปลงความทนแรงดึงและความยืดเมื่อเปียกของแผ่นฟิล์ม

โคโตนที่เกิดโครงร่างตาข่าย หลังจากทดสอบการสลายตัวในช่วงเวลาต่างๆ

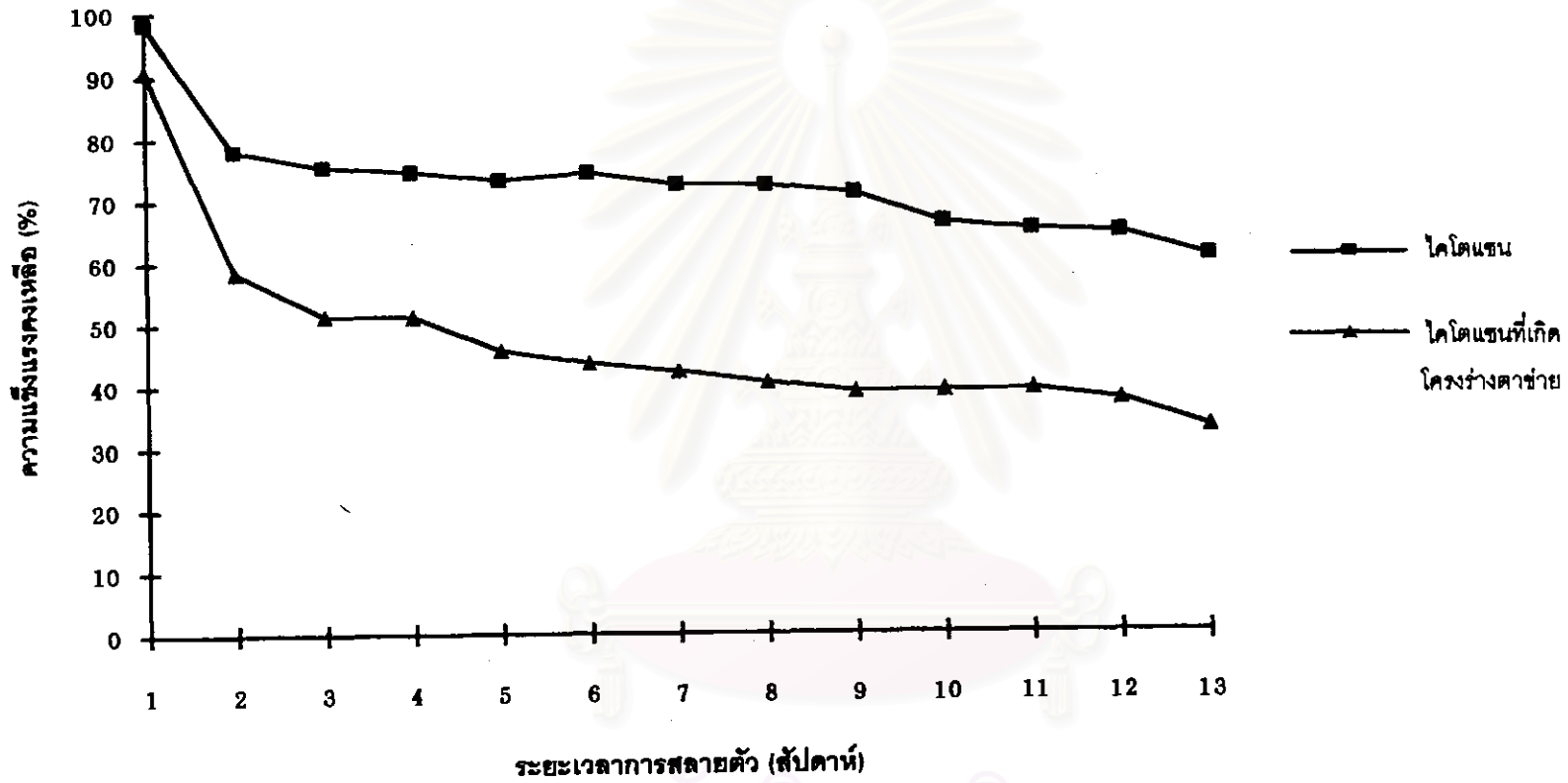
ระยะเวลาทดสอบ (สัปดาห์)	ความทนแรงดึง (MPa)	ความยืด (%)	ความแข็งแรงที่เหลือ (%)	ความยืดที่เหลือ(%)
0	23.996	115.335	-	-
1	21.792	99.033	90.815	85.866
2	14.006	66.852	58.368	57.963
3	12.315	60.818	51.321	52.732
4	12.282	42.201	51.184	36.590
5	10.949	39.219	46.628	34.004
6	10.452	36.619	43.557	31.750
7	10.117	34.469	42.161	29.886
8	9.668	29.152	40.290	25.276
9	9.299	30.536	38.752	26.476
10	9.338	27.867	38.915	24.162
11	9.358	25.918	38.998	22.472
12	8.950	25.969	37.298	22.516
13	7.881	22.218	32.843	19.264

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

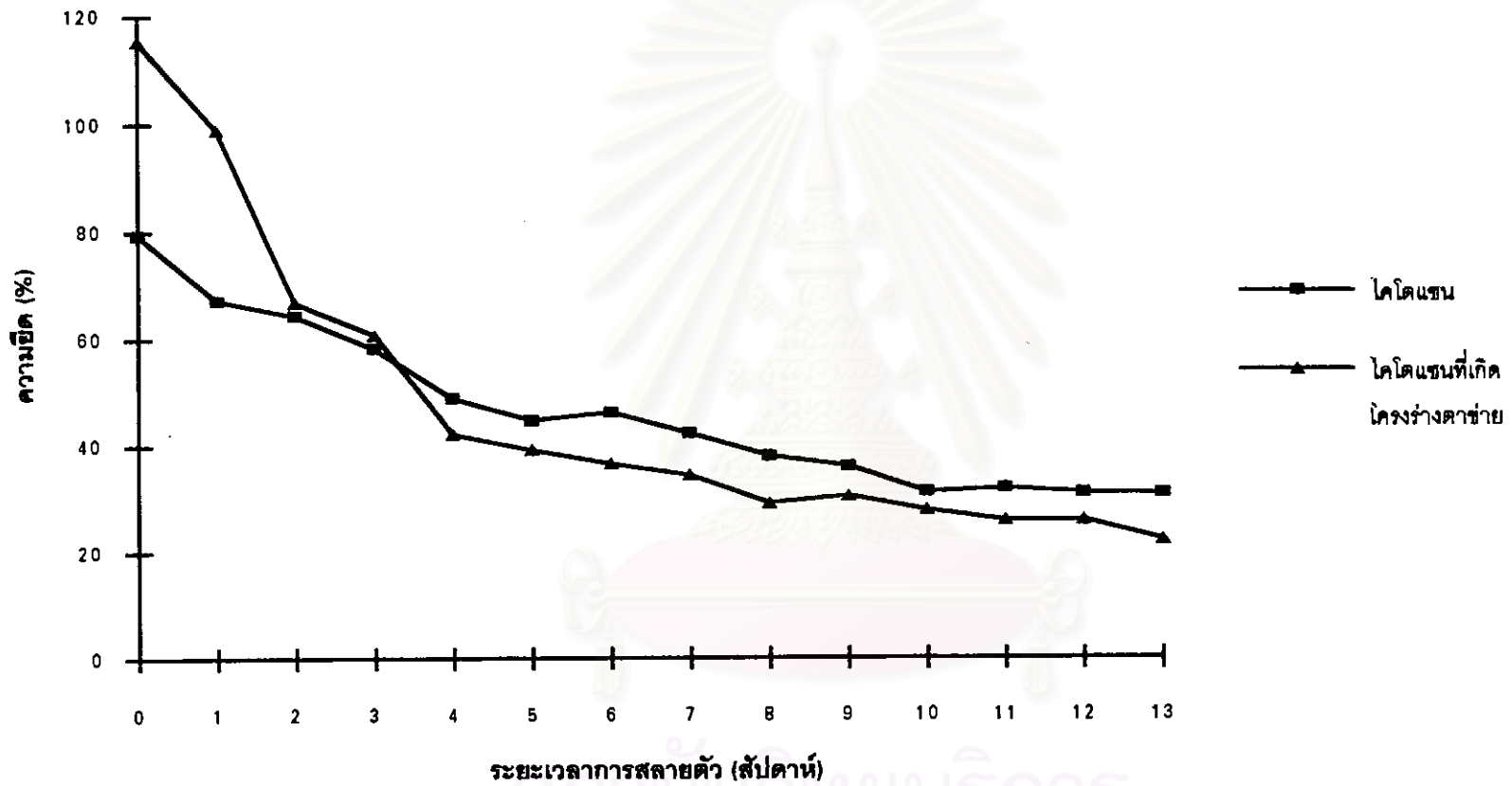


รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของความทนต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มโคโตนและโคโตนที่เกิดโครงร่างตาข่าย ณ เวลาทดสอบต่างๆ

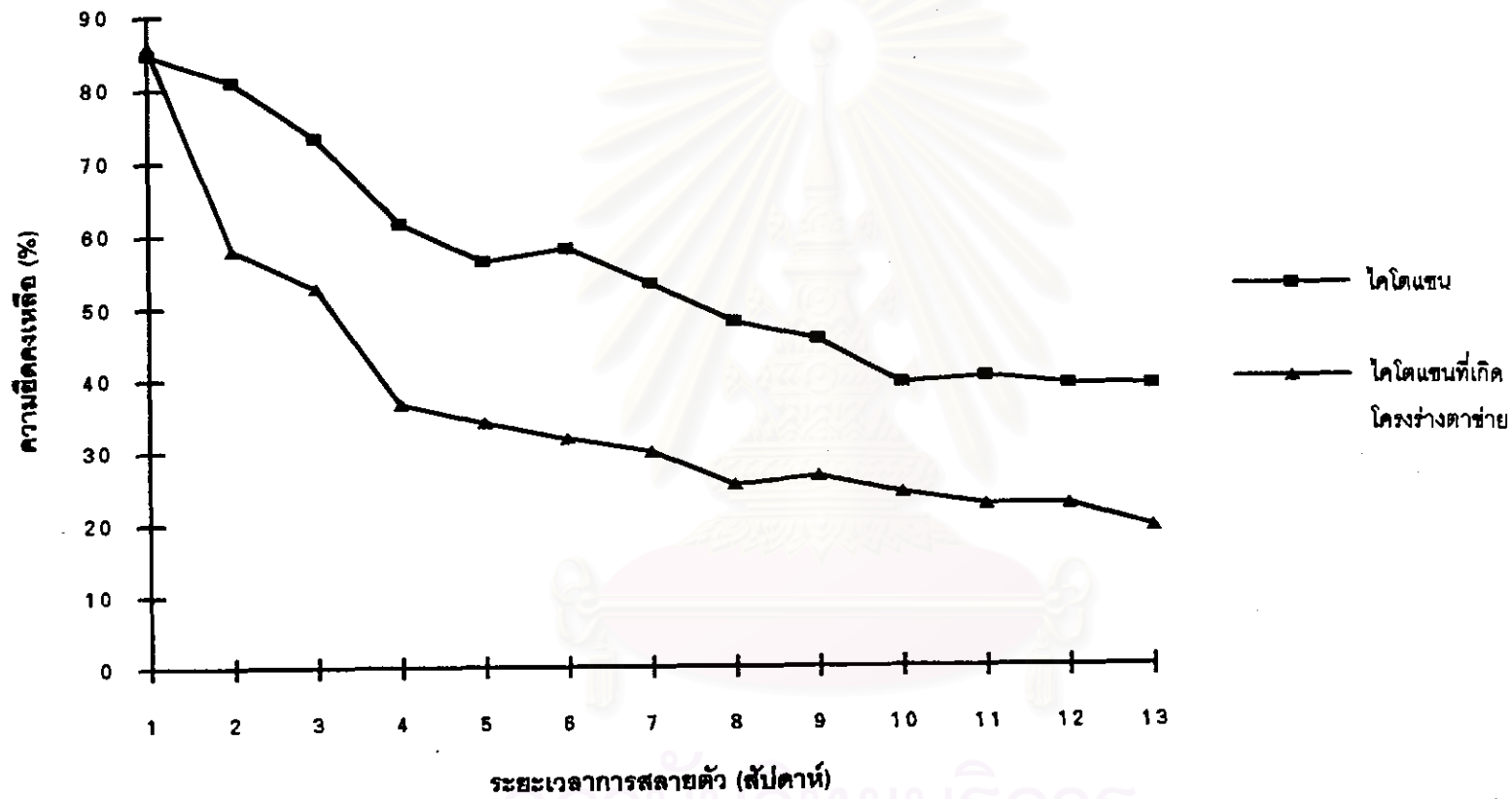
สถาบันนวัตกรรมการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ของความแข็งแรงที่เหลือของแผ่นฟิล์มโคโดเนนและโคโดเนนที่เกิดโคโรวงตาข่าย ณ เวลาทดสอบต่างๆ



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความยืดของแผ่นฟิล์มโคโดแชนและโคโดแชนที่เกิดโครงร่างตาข่าย ณ เวลาทดสอบต่างๆ



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความยืดที่เหลือของแผ่นฟิล์มโคโตนและโคโตนที่เกิดโครงร่างตาข่าย ณ เวลาทดสอบต่างๆ

การสลายตัวของแผ่นฟิล์มไคโตแซนและไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่ายจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ซึ่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสนี้จะถูกเร่งให้เร็วขึ้นถ้ามีเอนไซม์ การสลายตัวจะเกิด 2 ขั้นตอนคือ

ขั้นแรก: น้ำแพร่เข้าสู่บริเวณอสัณฐาน (Amorphous) อย่างรวดเร็วและเริ่มเกิดไฮโดรไลซิส ในขั้นนี้จะทำให้แผ่นฟิล์มเกิดการสูญเสียความแข็งแรงเชิงกล

ขั้นสอง: เกิดไฮโดรไลซิสในบริเวณผลึก (Crystalline)

จากตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าแผ่นฟิล์มไคโตแซนที่แช่อยู่ในสารละลายบัฟเฟอร์เป็นระยะเวลา 1-5 สัปดาห์นั้น เกือบจะไม่มี การสูญเสียมวล แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 5 แผ่นฟิล์มจะเริ่มเกิดการสูญเสียมวลและจะสังเกตเห็นว่าแผ่นฟิล์มไคโตแซนเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน แผ่นฟิล์มจะเปราะและขาดง่ายขึ้น หลังจากแช่แผ่นฟิล์มไว้เป็นระยะเวลาานานขึ้นจนถึง 13 สัปดาห์ แผ่นฟิล์มจะมีการสูญเสียมวลเพิ่มขึ้น โดยจะเกิดการสูญเสียมวลประมาณ 13 % แต่เมื่อพิจารณาการสลายตัวของแผ่นฟิล์มไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่าย จะพบว่าในช่วง 1 - 3 สัปดาห์ จะไม่มี การสูญเสียมวล และหลังจากสัปดาห์ที่ 3 จะเริ่มเกิดการสูญเสียมวล โดยอัตราเร็วในการสลายตัวของแผ่นฟิล์มไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่ายนี้จะเกิดขึ้นเร็วกว่าแผ่นฟิล์มไคโตแซนที่ไม่เกิดโครงร่างตาข่าย ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อถึงสัปดาห์ที่ 13 แผ่นฟิล์มจะเกิดการสูญเสียมวลถึง 20 %

การสลายตัวของแผ่นฟิล์มไคโตแซนและไคโตแซนที่เกิดโครงร่างตาข่ายจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกล ดังแสดงในตารางที่ 4.6, 4.7 และรูปที่ 4.9, 4.10, 4.11 และ 4.12 จะเห็นได้ว่าแผ่นฟิล์มทั้งสองจะเกิดการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงและความยืดอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์ที่ 1 - 4 เนื่องจากสารละลายเกิดการแพร่เข้าสู่บริเวณที่เป็นอสัณฐานอย่างรวดเร็ว และเริ่มเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งมีผลทำให้เกิดการสูญเสียสมบัติทางกลอย่างรวดเร็ว ความแข็งแรงและความยืดของแผ่นฟิล์มจะลดลงไปเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการทดสอบ และเมื่อสิ้นสุดการ

ที่ 13 แผ่นฟิล์มโคโตนจะมีความแข็งแรงคงเหลือประมาณ 60% ในขณะที่มีความยืดเหลือเพียง 39% ส่วนแผ่นฟิล์มโคโตนที่เกิดโครงร่างตาข่ายนั้นจะมีความแข็งแรงและความยืดเหลือประมาณ 50% หลังจากการทดสอบผ่านไป 4 สัปดาห์ และเมื่อสิ้นสุดการทดสอบในสัปดาห์ที่ 13 แผ่นฟิล์มจะมีความแข็งแรงเหลืออยู่ประมาณ 33% และความยืดเหลือเพียง 20%

จากผลการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงและการสูญเสียมวล จะเห็นได้ว่าแผ่นฟิล์มโคโตนที่เกิดโครงร่างตาข่ายนั้นจะเกิดการสลายตัวด้วยอัตราที่เร็วกว่าแผ่นฟิล์มโคโตนที่ไม่เกิดโครงร่างตาข่าย เนื่องจากการสลายตัวของพอลิเมอร์ขึ้นอยู่กับความเป็นผลึก และจาก XRD-Diffractogram จะเห็นได้ว่าแผ่นฟิล์มโคโตนมีความเป็นผลึกมากกว่าแผ่นฟิล์มโคโตนที่เกิดโครงร่างตาข่าย เนื่องจากการเข้าไปเกิดพันธะเชื่อมโยงจะทำให้ความเป็นระเบียบของสายโซ่ลดลงไป ดังนั้นแผ่นฟิล์มโคโตนที่เกิดโครงร่างตาข่ายจะมีส่วนที่เป็นอสัณฐาน ผลึก และโครงร่างตาข่าย โดยอัตราการสลายตัวจะเกิดขึ้นในส่วนที่เป็นอสัณฐานได้เร็วที่สุด และส่วนที่เป็นโครงร่างตาข่ายเกิดการสลายตัวได้ช้าที่สุด แต่แผ่นฟิล์มโคโตนที่เกิดโครงร่างตาข่ายที่ใช้ในการทดสอบการสลายตัวนี้จะใช้กลูตารัลดีไฮด์เพียง 3.0×10^6 โมลต่อกรัมโคโตน ซึ่งการเกิดโครงร่างตาข่ายนั้นยังมีไม่มากทำให้บริเวณที่เป็นอสัณฐานมีมากกว่าส่วนที่เป็นโครงร่างตาข่ายทำให้สารละลายบัฟเฟอร์สามารถแทรกเข้าไปได้มากและเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสขึ้น แต่แผ่นฟิล์มโคโตนที่ไม่เกิดโครงร่างตาข่ายจะมีบริเวณที่เป็นผลึกมาก ทำให้สารละลายแทรกเข้าไปภายในโครงสร้างได้ยากและช้ากว่า การสลายตัวจึงเกิดขึ้นได้ช้า

นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าการสลายตัวของแผ่นฟิล์มจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกลได้เร็วกว่าการสูญเสียมวล เนื่องจากการสลายตัวจะทำให้แผ่นฟิล์มเกิดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักโมเลกุลและความแข็งแรงก่อนที่แผ่นฟิล์มจะเกิดการแตกตัว