บทที่ 4

ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาหาขนาดอนุภาคดิสเพอร์ชันของสารเคมีในระบบวัลคาไนซ์ ที่มีขนาดเหมาะสมต่อกระบวนการผลิตและคุณภาพของถุงมือยางทางการแพทย์ โดยภาวะที่เป็นตัวแปร คือ

-ขนาดอนุภาคดิสเพอร์ชันของสารเคมีในระบบวัลคาไนซ์ มี

-Sulfur

-ZnO ชนิด White Seal (ZnO(WS))

-Zinc diethyldithiocarbamate (ZDEC)

-เวลาการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4, 5, 6 และ 7 วัน

โดยศึกษาผลของตัวแปรที่มีต่อ

-องศาการคงรูปของน้ำยางผสมสารเคมี

-สมบัติด้านการดึงยาง

-ก่อนบ่มเร่ง

-หลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง

-ลักษณะพื้นผิวของถุงมือยาง

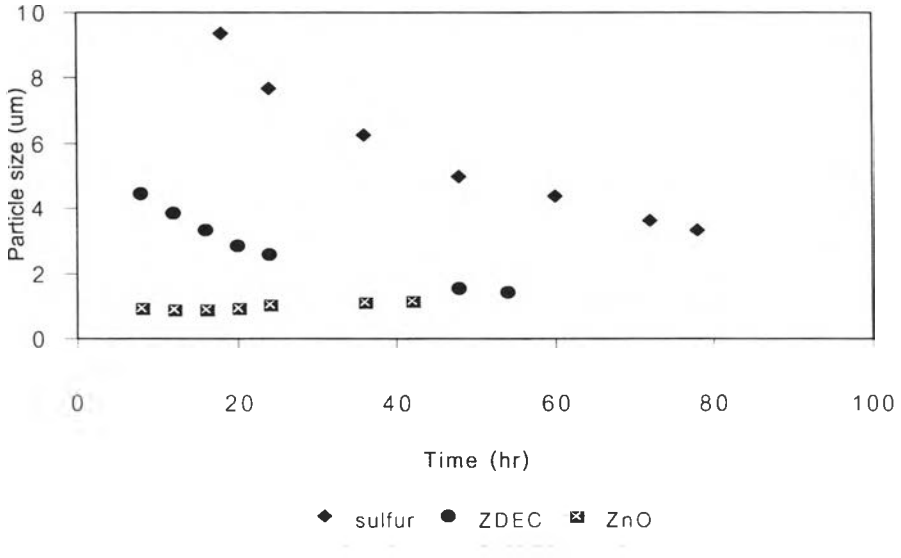
จากงานวิจัยได้ผลการทดลองดังนี้

1) ขนาดอนุภาคดิสเพอร์ชันของสารเคมีในระบบวัลคาไนซ์

เตรียมดิสเพอร์ชันของสารเคมีในระบบวัลคาไนซ์ โดยใช้บอลมิล (ดูสูตรและวิธีเตรียมจากบทที่ 3) นำดิสเพอร์ชันที่ได้ไปวัดขนาดอนุภาคเฉลี่ยโดยใช้เครื่อง particle size analyzer (ภาคผนวก ง) ได้ผลดังรูปที่ 4.1 การวัดขนาดอนุภาคดิสเพอร์ชันที่ทำการบดย่อยที่เวลาต่างๆ พบว่า Sulfurดิสเพอร์ชันจะมีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 9.35, 7.66, 6.24, 5.00, 4.39, 3.65, 3.35 ไมโครเมตร ZDECดิสเพอร์ชัน ที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 4.45, 3.86, 3.33, 2.86, 2.58, 1.54, 1.42 ไมโครเมตร และ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชันที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 0.93, 0.91, 0.90, 0.94, 1.04, 1.11, 1.15 ไมโครเมตร พบว่าทั้ง Sulfurดิสเพอร์ชัน และ ZDECดิสเพอร์ชัน เมื่อใช้เวลาบดย่อยนานขึ้นขนาดอนุภาคเฉลี่ยจะมีขนาดที่เล็กลง สำหรับ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน พบว่าเมื่อบดย่อยในระยะแรกจะมีขนาดที่เล็กลง และจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อ

เวลาที่ใช้บดย่อยนานขึ้นที่ 24 ชั่วโมง อธิบายได้ดังนี้ เมื่อใช้เวลาบดย่อยนานขึ้นสารเคมีจะมาเคลือบผิวอนุภาค ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน เนื่องจาก ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน มีขนาดที่เล็กจึงเห็นผลได้ชัดเจนจากการที่มีสารเคมีอื่นมาเคลือบ และจะมีขนาดอนุภาคที่ใหญ่ขึ้นจากเดิมเพียงเล็กน้อย

จากขนาดอนุภาคเฉลี่ยดังแสดงในรูปที่ 4.1 เลือกช่วงเวลาที่ทำการบดย่อยสารเคมีที่เตรียมเป็นดิสเพอร์ชัน สารเคมีละ 4 ช่วงเวลา เตรียมน้ำยางผสมสารเคมีตามสูตรดังตารางที่ 4.1 เหตุที่ใช้เวลาในการบดย่อยเป็นสิ่งกำหนดสูตรน้ำยางผสมสารเคมีนั้นเนื่องจาก ในการเตรียมดิสเพอร์ชันโดยใช้บอลมิลบดย่อยไม่สามารถกำหนดขนาดที่แน่นอนตามที่ต้องการได้ ดังนั้นจึงได้ใช้เวลาในการบดย่อยเป็นสิ่งกำหนด สำหรับบอลมิลที่ใช้บดย่อย กำหนดให้ ขนาดหม้อบด, ลูกหินบด, ปริมาณที่เตรียม, ความเร็วรอบ คงที่ตลอดการทดลอง (รายละเอียดบทที่ 3) เมื่อได้เวลาที่จะทำการบดย่อยแล้ว จากนั้นเตรียมดิสเพอร์ชันของสารเคมีในระบบวัลคาไนซ์ ใช้บอลมิลบดย่อยตามเวลาที่ได้กำหนด นำมาหาขนาดอนุภาคเฉลี่ยโดยใช้เครื่อง particle size analyzer ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2 และนำขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่ได้ ทำการศึกษาผลของขนาดอนุภาคดิสเพอร์ชันสารเคมีในระบบวัลคาไนซ์ เพื่อหาว่าขนาดอนุภาคเฉลี่ยนี้มีผลต่อกระบวนการผลิตและคุณภาพของถุงมือยางทางการแพทย์หรือไม่อย่างไร



รูปที่ 4.1 ผลของขนาดอนุภาคดิสเพอร์ชันของสารเคมีในระบบวัลคาไนซ์ (vulcanizing system) โดยเครื่อง particle size analyzer เมื่อใช้เวลาบดย่อยต่างๆ

ตารางที่ 4.1 สูตรการใช้สารเคมีในระบบวัลคาไนซ์ (vulcanizing system)ที่จะเติมลงในน้ำยางเพื่อเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี (latex compound)

ระบบสารเคมีที่ศึกษา	เวลาที่ใช้บดย่อย (ชั่วโมง)		
	Sulfur	ZDEC	ZnO(WS)
สารทำให้ยางวัลคาไนซ์	36	48	36
	48	48	36
	72	48	36
	78	48	36
สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์	72	12	36
	72	24	36
	72	48	36
	72	54	36
สารกระตุ้นปฏิกิริยาวัลคาไนซ์	72	48	12
	72	48	24
	72	48	36
	72	48	42

ตารางที่ 4.2 ขนาดอนุภาคดิสเพอร์ชันของสารเคมีในระบบวัลคาไนซ์ (vulcanizing system) ที่ทำการบดย่อยโดยใช้บอลมิล (ball mill) ที่เวลาต่างๆ

Sulfur	เวลาที่ทำการบดย่อย (hr)	36	48	72	78
	ขนาดอนุภาค (ไมโครเมตร)	4.69	3.78	2.60	2.48
ZDEC	เวลาที่ทำการบดย่อย (hr)	12	24	48	54
	ขนาดอนุภาค (ไมโครเมตร)	3.30	2.32	1.58	1.38
ZnO(WS)	เวลาที่ทำการบดย่อย (hr)	12	24	36	42
	ขนาดอนุภาค (ไมโครเมตร)	0.85	0.80	1.19	1.25

2) ผลของขนาดอนุภาคดิสเพอร์ชันของสารเคมีในระบบวัลคาไนซ์ที่มีต่อองศาการคงรูปของน้ำยางผสมสารเคมี

ในขั้นตอนการผลิตถุงมือยาง เมื่อนำน้ำยางข้นมาผสมกับสารเคมีแล้ว ก็จะนำมาบ่มทิ้งไว้ เพื่อให้สารเคมีกระจายตัวในน้ำยางได้ดี และเริ่มเกิดปฏิกิริยายางคงรูป เมื่อน้ำยางเกิดการคงรูปได้อย่างเต็มที่ก็สามารถนำไปขึ้นรูปเป็นถุงมือยางได้ โมเลกุลของน้ำยางจะมีลักษณะเป็นสายตรงยาวไม่มีกิ่ง มีสมบัติเปลี่ยนแปลงง่ายเมื่อกระทบอุณหภูมิและแรงกระทำ จึงไม่เหมาะจะนำมาใช้งาน จึงได้เติมสารในระบบวัลคาไนซ์ลงไป Sulfur จะเข้าไปทำปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ เชื่อมโยงโมเลกุลของน้ำยางเข้าด้วยกัน มี ZDEC ทำหน้าไปช่วยเร่งปฏิกิริยา และมี ZnO(WS)ไปทำหน้าที่กระตุ้นปฏิกิริยา ลักษณะที่น้ำยางกับ Sulfur เชื่อมโยงติดกันเป็นร่างแห ทำให้น้ำยางมีสมบัติทนต่อการยืดได้หดได้ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าน้ำยางเกิดการคงรูป และสามารถทดสอบองศาการคงรูปของน้ำยางโดยใช้วิธีวัด chloroform number และ %swelling (ดูวิธีบทที่ 3) แสดงผลดังตารางที่ 4.3 พบว่าน้ำยางที่มีการคงรูปได้อย่างเต็มที่นั้นน้ำยางผสมสารเคมีที่ได้ จะมีค่า chloroform number เท่ากับ 3-4 และ %swelling เท่ากับ 75-100% ซึ่งเหมาะที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นถุงมือยาง ต่อไปจะเป็นการศึกษาผลของขนาดอนุภาคดิสเพอร์ชันสารเคมีในระบบวัลคาไนซ์ที่มีต่อลักษณะการคงรูปของน้ำยาง

2.1) ผลของขนาดอนุภาค Sulfurดิสเพอร์ชัน

Sulfurดิสเพอร์ชันที่ใช้ในงานวิจัยมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยดังนี้ 4.69, 3.78, 2.60 และ 2.48 ไมโครเมตร โดย ZDECดิสเพอร์ชัน มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยคงที่ ที่ 1.58 ไมโครเมตร และ ZnO(WS) ดิสเพอร์ชัน มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยคงที่ ที่ 1.19 ไมโครเมตร จากนั้นนำมาเตรียมเป็นน้ำยางผสมสารเคมีทำการบ่มเป็นเวลา 4, 5, 6 และ 7 วัน โดยวัดระดับการคงรูปของน้ำยางที่มีเวลาการบ่มดังกล่าว แสดงผลดังรูปที่ 4.2 จากการวัดค่า chloroform number พบว่า ขนาดอนุภาคที่แตกต่างจะให้ค่า chloroform number เท่ากันเมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีเท่ากัน โดยทำการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 และ 5 วัน มีค่า chloroform number เท่ากับ 2 และ 2.5 ซึ่งแสดงว่าน้ำยางคงรูปบ้างเล็กน้อย และเมื่อทำการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 6 และ 7 วัน มีค่า chloroform number เท่ากับ 3 และ 3.5 ซึ่งแสดงว่าน้ำยางมีการคงรูปปานกลางถึงเต็มที่

สำหรับค่า %swelling ให้ผลเช่นเดียวกัน กล่าวคือ ขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่แตกต่างกันของ Sulfurดิสเพอร์ชัน มีค่า %swelling ใกล้เคียงกันเมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีเท่ากัน เมื่อบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 วัน มีค่า %swelling อยู่ในช่วง 100-110% ซึ่งเป็นระดับที่น้ำยางคงรูปเพียง

เล็กน้อย และเมื่อบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 5, 6 และ 7 วัน มีค่า%swelling โดยเฉลี่ยในแต่ละขนาดอยู่ในช่วง 80-100% ซึ่งแสดงว่าน้ำยางคงรูปได้ปานกลาง

ดังนั้นขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่แตกต่างกันของ Sulfurดิสเพอร์ชัน ไม่มีผลต่อองศาการคงรูปของน้ำยาง เมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีเท่ากัน และเวลาที่ใช้ในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีแล้วทำให้น้ำยางเกิดการคงรูปได้ปานกลางถึงเต็มที่ เหมาะจะนำไปขึ้นรูปเป็นถุงมือยางคือ 6 และ 7 วัน

2.2) ผลของขนาดอนุภาค ZDECดิสเพอร์ชัน

ZDECดิสเพอร์ชันที่ใช้ในงานวิจัย มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยดังนี้ 3.3, 2.32, 1.58 และ 1.38 ไมโครเมตร โดย Sulfurดิสเพอร์ชัน มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยคงที่ ที่ 2.60 ไมโครเมตร และ ZnO(WS) ดิสเพอร์ชัน มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยคงที่ ที่ 1.19 ไมโครเมตร จากนั้นนำมาเตรียมเป็นน้ำยางผสมสารเคมีทำการบ่มเป็นเวลา 4, 5, 6 และ 7 วัน โดยวัดระดับการคงรูปของน้ำยางที่มีเวลาการบ่มดังกล่าว แสดงผลดังรูปที่ 4.3 จากการวัดค่า chloroform number พบว่า ขนาดอนุภาคที่แตกต่างจะให้ค่า chloroform number เท่ากันเมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีเท่ากัน โดยทำการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 และ 5 วัน มีค่า chloroform number เท่ากับ 2 และ 2.5 ซึ่งแสดงว่าน้ำยางคงรูปบ้างเล็กน้อย และเมื่อทำการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 6 และ 7 วัน มีค่า chloroform number เท่ากับ 3 และ 3.5 ซึ่งแสดงว่าน้ำยางมีการคงรูปปานกลางถึงเต็มที่

สำหรับค่า %swelling ให้ผลเช่นเดียวกัน กล่าวคือ ขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่แตกต่างกันของ ZDECดิสเพอร์ชัน มีค่า %swelling ใกล้เคียงกันเมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีเท่ากัน เมื่อบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 วัน มีค่า %swelling อยู่ในช่วง 100-110% ซึ่งเป็นระดับที่น้ำยางคงรูปเพียงเล็กน้อย และเมื่อบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 5, 6 และ 7 วัน มีค่า%swelling โดยเฉลี่ยในแต่ละขนาดอยู่ในช่วง 80-100% ซึ่งแสดงว่าน้ำยางคงรูปได้ปานกลาง

ดังนั้นขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่แตกต่างกันของ ZDECดิสเพอร์ชัน ไม่มีผลต่อองศาการคงรูปของน้ำยาง เมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีเท่ากัน และเวลาที่ใช้ในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีแล้วทำให้น้ำยางเกิดการคงรูปได้ปานกลางถึงเต็มที่ เหมาะจะนำไปขึ้นรูปเป็นถุงมือยางคือ 6 และ 7 วัน

2.3) ผลของขนาดอนุภาค ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน

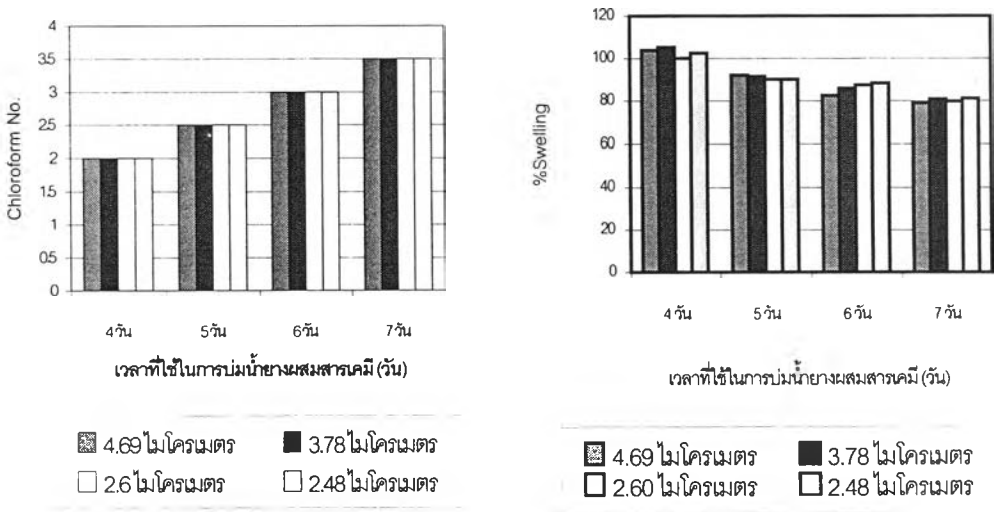
ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน ที่ใช้ในงานวิจัยมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยดังนี้ 0.85, 0.80, 1.19 และ 1.25 ไมโครเมตร โดย Sulfurดิสเพอร์ชัน มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยคงที่ ที่ 2.60 ไมโครเมตร และ ZDECดิสเพอร์ชัน มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยคงที่ ที่ 1.58 ไมโครเมตร จากนั้นนำมาเตรียมเป็นน้ำยางผสมสารเคมี ทำการบ่มเป็นเวลา 4, 5, 6 และ 7 วัน โดยวัดระดับการคงรูปของน้ำยางที่มีเวลาการบ่มดังกล่าว แสดงผลดังรูปที่ 4.4 จากการวัดค่า chloroform number พบว่า ขนาดอนุภาคที่แตกต่างจะให้ค่า chloroform number เท่ากันเมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีเท่ากัน โดยทำการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 และ 5 วัน มีค่า chloroform number เท่ากับ 2 และ 2.5 ซึ่งแสดงว่าน้ำยางคงรูปบ้างเล็กน้อย และเมื่อทำการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 6 และ 7 วัน มีค่า chloroform number เท่ากับ 3 และ 3.5 ซึ่งแสดงว่าน้ำยางมีการคงรูปปานกลางถึงเต็มที่

สำหรับค่า %swelling ให้ผลเช่นเดียวกัน กล่าวคือ ขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่แตกต่างกัน ของ ZnO (WS)ดิสเพอร์ชัน มีค่า %swelling ใกล้เคียงกันเมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีเท่ากัน เมื่อบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 วัน มีค่า %swelling อยู่ในช่วง 100-110% ซึ่งเป็นระดับที่น้ำยางคงรูปเพียงเล็กน้อย และเมื่อบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 5, 6 และ 7 วัน มีค่า%swelling โดยเฉลี่ยในแต่ละขนาดอยู่ในช่วง 80-100% ซึ่งแสดงว่าน้ำยางคงรูปได้ปานกลาง

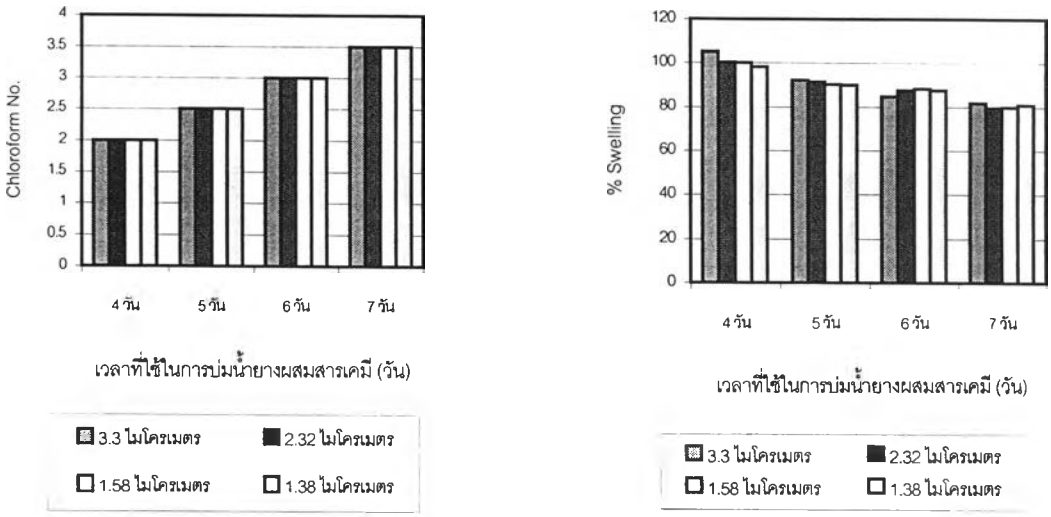
ดังนั้นขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่แตกต่างกันของ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน ไม่มีผลต่อองศาการคงรูปของน้ำยาง เมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีเท่ากัน และเวลาที่ใช้ในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีแล้วทำให้น้ำยางเกิดการคงรูปได้ปานกลางถึงเต็มที่ เหมาะจะนำไปขึ้นรูปเป็นถุงมือยางคือ 6 และ 7 วัน

ตารางที่ 4.3 ลักษณะการคงรูปของน้ำยาง โดยการวัด chloroform number และ %swelling ของน้ำยางผสมสารเคมี

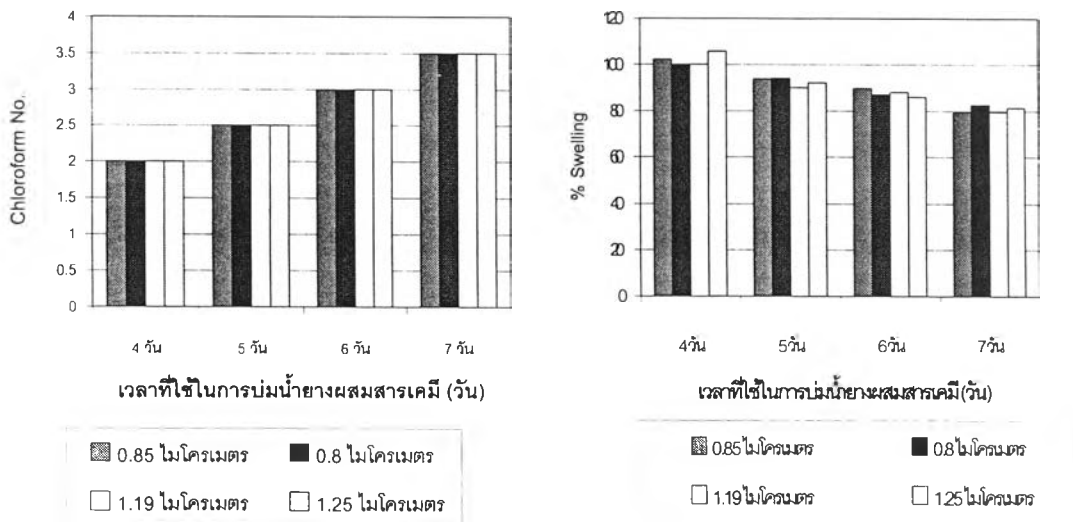
สถานการณ์คงรูป	ลักษณะที่ยางจับตัว	Chloroform number	%Swelling
ยังไม่คงรูป	เป็นก้อนเหนียว	1	160 %
คงรูปบ้างเล็กน้อย	เป็นก้อนนุ่มหยาบๆ	2	100-160 %
คงรูปปานกลาง	เป็นเม็ดร่วนไม่เหนียว	3	80-100 %
คงรูปเต็มที่	เป็นเม็ดแห้งๆและละเอียด	4	75 %



รูปที่ 4.2 ค่า chloroform numberและ %swellingที่เวลาการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4-7วัน ของอนุภาค Sulfurดิสเพอร์ชัน ที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยแตกต่างกัน



รูปที่ 4.3 ค่า chloroform number และ %swelling ที่เวลาการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4-7วัน ของอนุภาคZDECดิสเพอร์ชัน ที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยแตกต่างกัน



รูปที่ 4.4 ค่า chloroform number และ %swelling ที่เวลาการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4-7 วัน ของอนุภาค ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน ที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยแตกต่างกัน

3) ผลของขนาดอนุภาคดิสเพอร์ชันของสารเคมีในระบบวัลคาไนซ์ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพด้านการดึงยาง

น้ำยางผสมสารเคมี ที่มีอายุการปม 4, 5, 6 และ 7 วัน เมื่อผลิตเป็นถุงมือยางแล้ว จะนำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพด้านการดึงยาง ซึ่งประกอบด้วย ค่าความต้านแรงดึง ค่าความยืดเมื่อขาด ค่าความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 ทั้งในถุงมือยางก่อนบ่มเร่งและหลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง (รายละเอียดใน ภาคผนวก ค.) เพื่อดูว่าถุงมือยางที่ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.1056-2540 ซึ่งได้แสดงค่าดังตารางที่ 4.4 โดยจะแสดงค่าความต้านแรงดึงและความยืดเมื่อขาดของถุงมือยางทั้งก่อนบ่มเร่งและหลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 22 ชั่วโมง สำหรับความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 ไม่มีแสดงไว้เนื่องจาก ค่าดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนสูงไม่สามารถตรวจวัดค่าที่แน่นอนได้

ตารางที่ 4.4 ความต้านแรงดึงและความยืดเมื่อขาดตามมาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรมของถุงมือตรวจโรคชนิดใช้ครั้งเดียว (มอก.1056-2540)

คุณลักษณะ	หน่วย	เกณฑ์ที่กำหนด
ความต้านแรงดึงก่อนบ่มเร่ง ต่ำสุด	เมกะพาสคัล	21
ความยืดเมื่อขาดก่อนบ่มเร่ง ต่ำสุด	ร้อยละ	700
ความต้านแรงดึงหลังบ่มเร่ง ต่ำสุด	เมกะพาสคัล	16
ความยืดเมื่อขาดหลังบ่มเร่ง ต่ำสุด	ร้อยละ	500

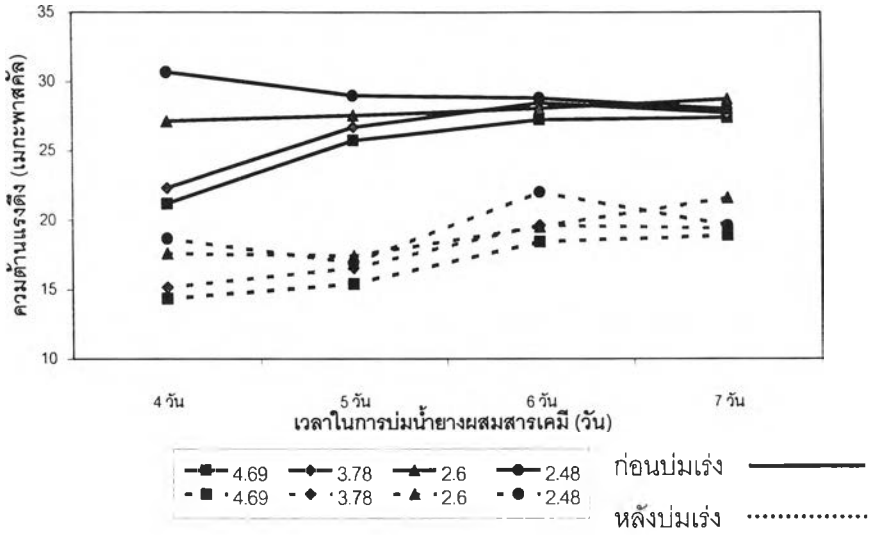
3.1) ผลของขนาดอนุภาค Sulfurดิสเพอร์ชัน

เตรียมน้ำยางผสมสารเคมี ที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ Sulfurดิสเพอร์ชัน 4.69, 3.78, 2.60 และ 2.48 ไมโครเมตร โดย ZDECดิสเพอร์ชัน มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยคงที่ ที่ 1.58 ไมโครเมตร และ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยคงที่ ที่ 1.19 ไมโครเมตร จากนั้นนำน้ำยางผสมสารเคมีบ่มเป็นเวลา 4, 5, 6 และ 7 วัน และขึ้นรูปเป็นถุงมือยาง วัดสมบัติทางกายภาพด้านการดึงยาง ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.5 พบว่า เมื่อบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 วัน ขนาดอนุภาคมีผลต่อความต้านแรงดึง อนุภาคขนาดเล็กเข้าไปทำปฏิกิริยาเชื่อมโยงโมเลกุลกับน้ำยางได้ดีและเร็วกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ ดังผล ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 4.69, 3.78, 2.60 และ 2.48 ไมโครเมตร มีค่าความต้านแรงดึงเท่ากับ 21.19, 22.32, 27.12 และ 30.68 เมกะพาสคัล ในถุงมือก่อนบ่มเร่ง และมีค่าความต้านแรงดึงเท่ากับ 14.35, 15.66, 17.62 และ 18.67 เมกะพาสคัล ในถุงมือหลังบ่มเร่ง แต่เมื่อเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีนานขึ้นเป็น 5 วัน ขนาดอนุภาคมีผลต่อความต้านแรงดึงเล็กน้อย เพราะแต่ละขนาดอนุภาคทั้งขนาดเล็กและใหญ่ต่างมีเวลาเชื่อมโยงโมเลกุลกับน้ำยางได้เท่าๆกัน เนื่องจากเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีเข้ามามีบทบาทมากกว่าขนาดอนุภาค ดังจะเห็นได้จากเมื่อบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 7 วัน ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 4.69, 3.78, 2.60 และ 2.48 ไมโครเมตร มีค่าความต้านแรงดึงเท่ากับ 27.42, 27.73, 28.75 และ 28.03 เมกะพาสคัล ในถุงมือก่อนบ่มเร่ง และมีค่าความต้านแรงดึงเท่ากับ 18.92, 19.44, 21.63 และ 19.65 เมกะพาสคัล ในถุงมือหลังบ่มเร่ง เห็นได้ว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

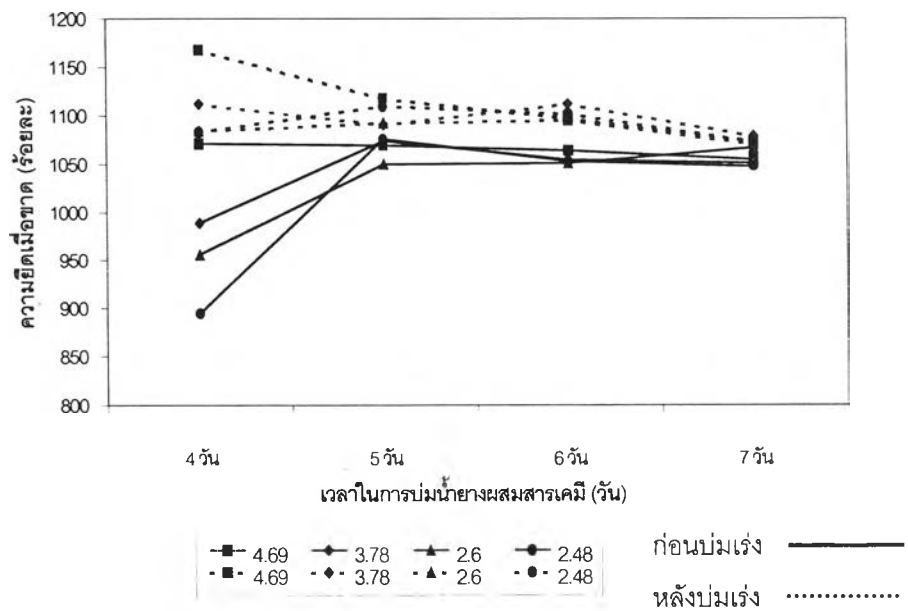
ในส่วนของความยืดเมื่อขาด ดังแสดงในรูปที่ 4.6 พบว่า เมื่อบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 วัน สารเคมีกับน้ำยางยังเชื่อมโยงกันไม่เต็มที่ ขนาดอนุภาคเข้ามามีบทบาทมากกว่า โดยอนุภาคขนาดเล็กเข้าไปเชื่อมโยงโมเลกุลกับน้ำยางได้ดีและเร็วกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ค่าความยืดเมื่อขาดจึงน้อยกว่าขนาดใหญ่ ดังผล ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 4.69, 3.78, 2.60 และ 2.48 ไมโครเมตร มีค่าความยืดเมื่อขาดเท่ากับ ร้อยละ 1071, 989, 956 และ 894 ในถุงมือก่อนบ่มเร่ง และมีค่าความยืดเมื่อขาดเท่ากับ ร้อยละ 1168, 1112, 1084 และ 1083 ในถุงมือหลังบ่มเร่ง แต่เมื่อเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีนานขึ้น ขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันจะมีเวลาเข้าไปเชื่อมโยงโมเลกุลกับน้ำยางได้เท่าๆกัน จึงทำให้เมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีนานขึ้นขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันมีค่าความยืดเมื่อขาดใกล้เคียงกัน กล่าวคือบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 7 วัน ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 4.69, 3.78, 2.60 และ 2.48 ไมโครเมตร มีค่าความยืดเมื่อขาดเท่ากับ ร้อยละ 1055, 1057, 1067 และ 1047 ในถุงมือก่อนบ่มเร่ง และมีค่าความยืดเมื่อขาดเท่ากับ ร้อยละ 1072, 1079, 1070 และ 1073 ในถุงมือหลังบ่มเร่ง

สำหรับความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 500 ดังแสดงในรูปที่ 4.8 พบว่า ขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันจะมีค่าความเค้นดึงแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

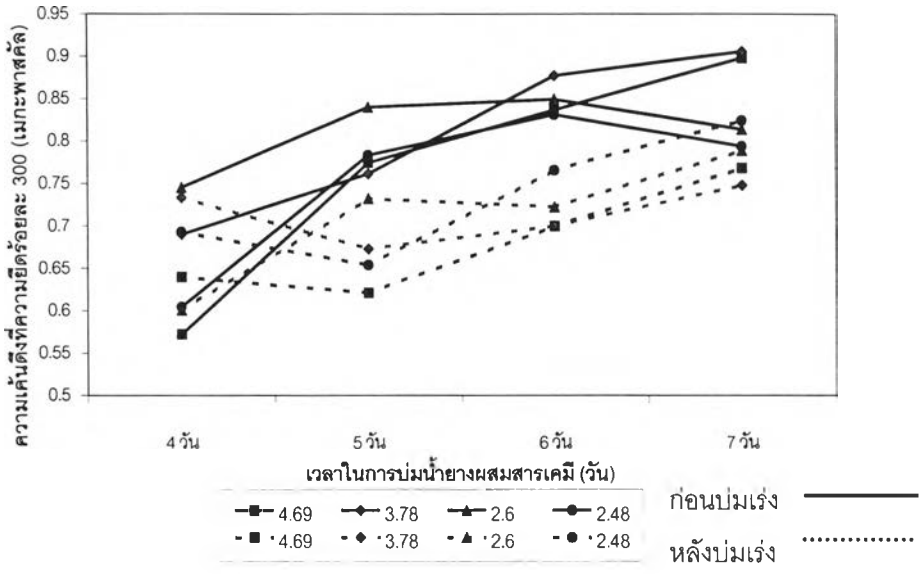
ดังนั้นสรุปว่า ขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันของ Sulfurดิสเพอร์ชัน มีผลต่อค่าความต้านแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาด เมื่อบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 วัน คือเป็นช่วงที่น้ำยางเกิดการวัลคาไนซ์เพียงเล็กน้อย โดยอนุภาคขนาดเล็กกว่ามีค่าความต้านแรงดึงสูงกว่าอนุภาคขนาดใหญ่จึงมีผลให้มีค่าความยืดเมื่อขาดน้อยกว่าขนาดใหญ่ เนื่องจากอนุภาคขนาดเล็กเข้าไปกระจายตัวในโมเลกุลน้ำยางได้ดีและเร็วกว่าจึงมีความแข็งแรงและต้านแรงดึงได้ดีกว่า แต่เมื่อบ่มน้ำยางผสมสารเคมีนานขึ้น ขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่าความต้านแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาด เนื่องจากแต่ละขนาดมีเวลาพอเพียงที่จะเข้าไปเชื่อมโยงโมเลกุลกับน้ำยางได้เท่าๆกัน และขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันของ Sulfurดิสเพอร์ชัน ไม่มีผลต่อความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 และขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่เหมาะสมในการนำไปใช้เตรียมน้ำยางผสมสารเคมี เพื่อใช้ในการผลิตถุงมือยาง ที่มีสมบัติด้านการดึงยางผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ Sulfurดิสเพอร์ชันต้องมีค่า น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.78 ไมโครเมตร เนื่องจากขนาดอนุภาคเฉลี่ย 4.69 ไมโครเมตร ให้ค่าความต้านแรงดึงไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และใช้เวลาในการบดย่อยโดย บอลมิล มากกว่าหรือเท่ากับ 48 ชั่วโมง เห็นได้ว่าเมื่อทำการบดย่อย Sulfurดิสเพอร์ชัน เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก็สามารถนำมาใช้เตรียมน้ำยางผสมสารเคมีได้ และเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ A.D.T Gorton[7] พบว่าใช้เวลาในการบดย่อย Sulfurดิสเพอร์ชัน เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ A.D.T Gorton[8] ที่ทำการศึกษาผลของ Sulfurดิสเพอร์ชัน ที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่แตกต่างกันต่อสมบัติทางกายภาพด้านการดึงยางแล้ว พบว่างานวิจัยมีความสอดคล้องกัน โดยขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่าความต้านแรงดึง



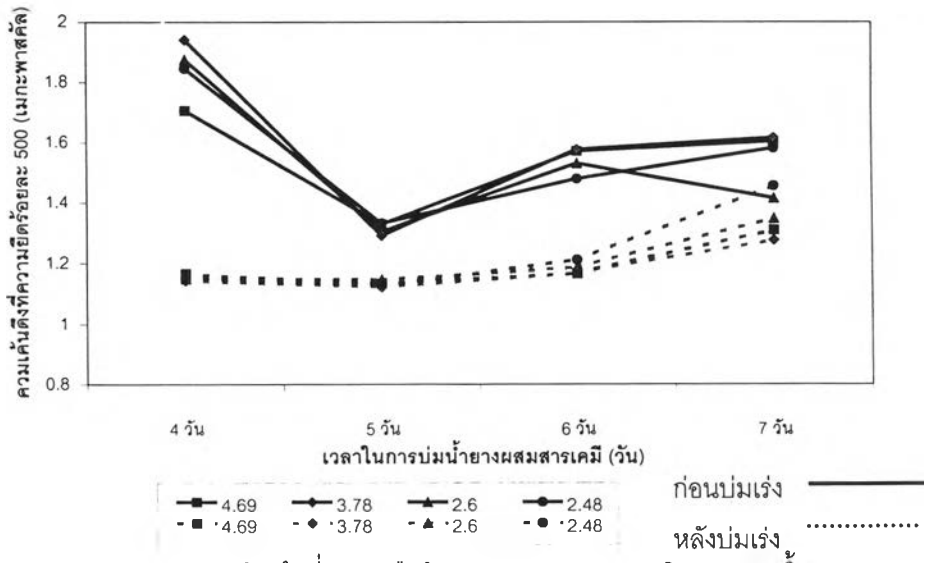
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านแรงดึงกับเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี ที่ภาวะก่อนบ่มเร่งและหลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ของถุงมือยางที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ Sulfurดิสเพอร์ชัน แตกต่างกัน



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความยืดเมื่อขาดกับเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี ที่ภาวะก่อนบ่มเร่งและหลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ของถุงมือยางที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ Sulfurดิสเพอร์ชัน แตกต่างกัน



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 กับเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี ที่ภาวะก่อนบ่มเร่งและหลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ของถุงมือยางที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ Sulfurดิสเพอร์ชัน แตกต่างกัน



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 500 กับเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี ที่ภาวะก่อนบ่มเร่งและหลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ของถุงมือยางที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ Sulfurดิสเพอร์ชัน แตกต่างกัน

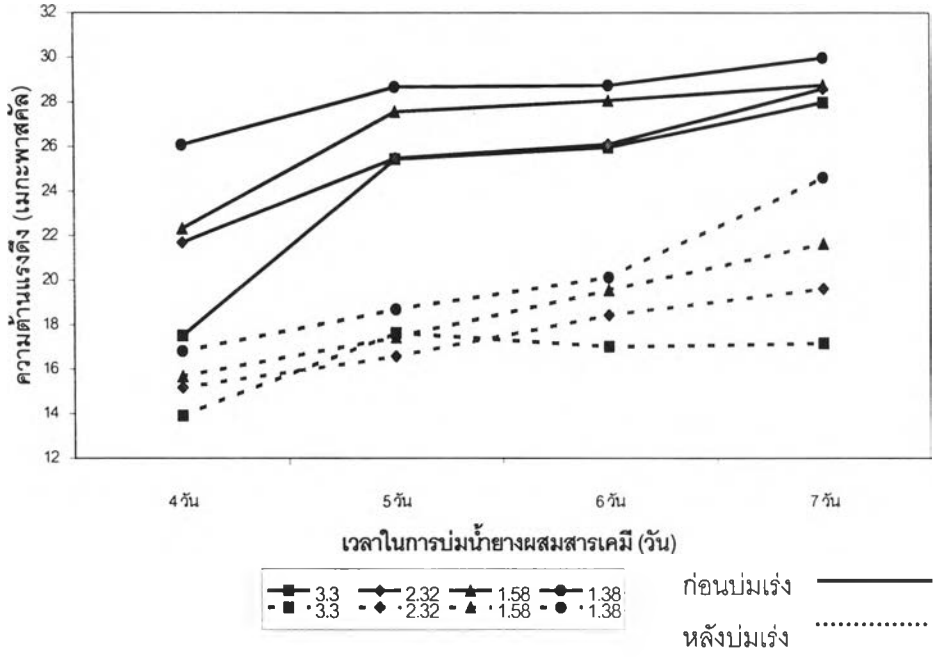
3.2) ผลของขนาดอนุภาค ZDECดิสเพอร์ชัน

เตรียมน้ำยางผสมสารเคมีที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ ZDECดิสเพอร์ชัน 3.30, 2.32, 1.58 และ 1.38 ไมโครเมตร โดย Sulfurดิสเพอร์ชัน มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยคงที่ ที่ 3.78 ไมโครเมตร และ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยคงที่ ที่ 1.19 ไมโครเมตร จากนั้นนำน้ำยางผสมสารเคมีบ่มเป็นเวลา 4, 5, 6 และ 7 วัน และขึ้นรูปเป็นถุงมือยาง วัดสมบัติทางกายภาพด้านการดึงยาง ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.9 พบว่า เมื่อบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 วัน ขนาดอนุภาคมีผลต่อความต้านแรงดึง อนุภาคขนาดเล็กเข้าไปทำปฏิกิริยาเชื่อมโยงโมเลกุลกับน้ำยางได้ดีและเร็วกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ ดังผล ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 3.30, 2.32, 1.58 และ 1.38 ไมโครเมตร มีค่าความต้านแรงดึงเท่ากับ 17.5, 21.69, 22.32 และ 26.07 เมกะพาสคัล ในถุงมือก่อนบ่มเร่ง และมีค่าความต้านแรงดึงเท่ากับ 13.9, 15.16, 15.67 และ 16.80 เมกะพาสคัล ในถุงมือหลังบ่มเร่ง แต่เมื่อเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีนานขึ้นเป็น 5 วัน ขนาดอนุภาคมีผลต่อความต้านแรงดึงเล็กน้อย เพราะแต่ละขนาดอนุภาคทั้งขนาดเล็กและใหญ่ต่างมีเวลาเชื่อมโยงโมเลกุลกับน้ำยางได้เท่าๆกัน เนื่องจากเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีเข้ามามีบทบาทมากกว่าขนาดอนุภาค ดังจะเห็นได้จากเมื่อบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 7 วัน ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 3.30, 2.32, 1.58 และ 1.38 ไมโครเมตร มีค่าความต้านแรงดึงเท่ากับ 27.98, 28.59, 28.75 และ 29.98 เมกะพาสคัล ในถุงมือก่อนบ่มเร่ง และมีค่าความต้านแรงดึงเท่ากับ 17.16, 19.60, 21.63 และ 24.60 เมกะพาสคัล ในถุงมือหลังบ่มเร่ง เห็นได้ว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

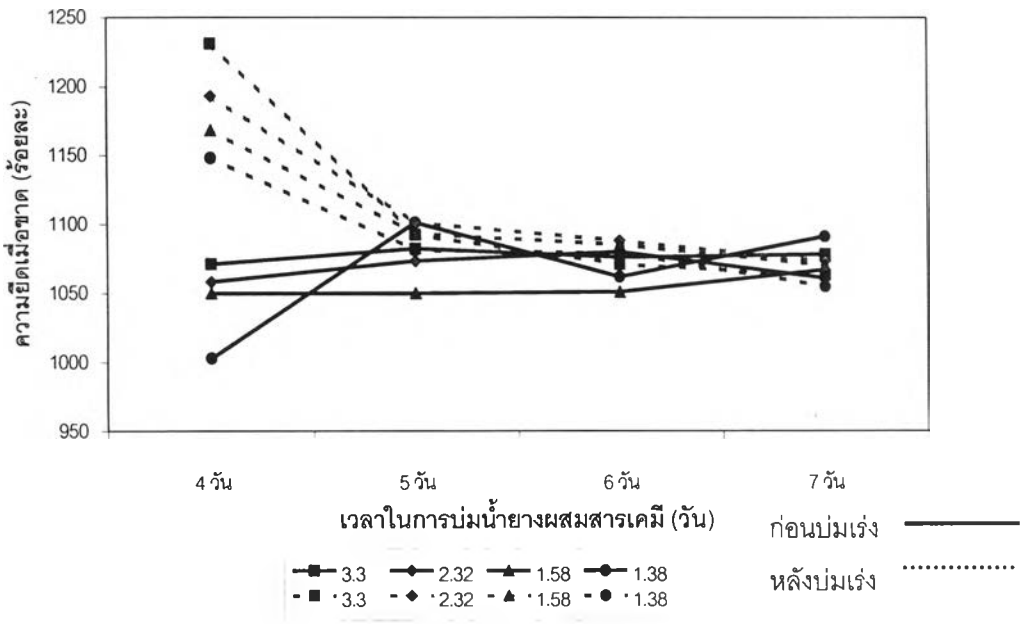
ในส่วนของความยืดเมื่อขาด ดังแสดงในรูปที่ 4.10 พบว่า เมื่อบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 วัน สารเคมีกับน้ำยางยังเชื่อมโยงกันไม่เต็มที่ ขนาดอนุภาคเข้ามามีบทบาทมากกว่า โดยอนุภาคขนาดเล็กเข้าไปเชื่อมโยงโมเลกุลกับน้ำยางได้ดีและเร็วกว่าอนุภาคขนาดใหญ่จึงมีความต้านแรงดึงสูงแต่มีความยืดเมื่อขาดน้อยกว่า ดังผล ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 3.30, 2.32, 1.58 และ 1.38 ไมโครเมตร มีค่าความยืดเมื่อขาดเท่ากับ ร้อยละ 1071, 1058, 1050 และ 1003 ในถุงมือก่อนบ่มเร่ง และมีค่าความยืดเมื่อขาดเท่ากับ ร้อยละ 1231, 1193, 1168 และ 1148 ในถุงมือหลังบ่มเร่ง แต่เมื่อเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีนานขึ้น ขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันจะมีเวลาเข้าไปเชื่อมโยงโมเลกุลกับน้ำยางได้เท่าๆกัน จึงทำให้เมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีนานขึ้นขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันมีค่าความยืดเมื่อขาดใกล้เคียงกัน กล่าวคือบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 7 วัน ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 3.30, 2.32, 1.58 และ 1.38 ไมโครเมตร มีค่าความยืดเมื่อขาดเท่ากับ ร้อยละ 1078, 1061, 1067 และ 1091 ในถุงมือก่อนบ่มเร่ง และมีค่าความยืดเมื่อขาดเท่ากับ ร้อยละ 1063, 1073, 1070 และ 1055 ในถุงมือหลังบ่มเร่ง

สำหรับความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 ดังแสดงในรูปที่ 4.11 และความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 500 ดังแสดงในรูปที่ 4.12 พบว่า ขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันจะมีค่าความเค้นดึงแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

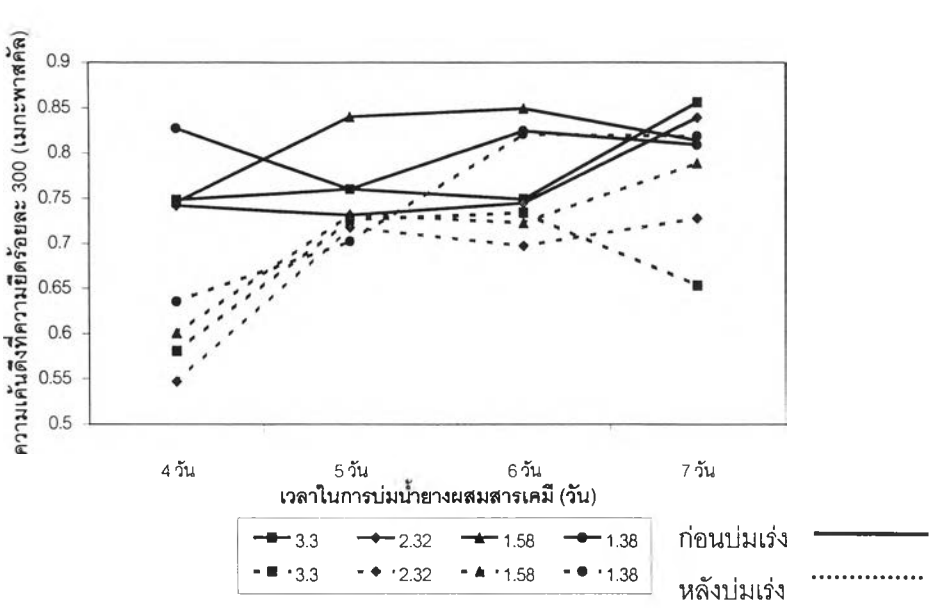
ดังนั้นสรุปได้ว่า ขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันของ ZDECดิสเพอร์ชัน มีผลต่อค่าความต้านแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาด เมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 วัน โดยขนาดอนุภาคที่เล็กกว่าจะมีค่าความต้านแรงดึงสูงกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ และมีผลทำให้อนุภาคขนาดเล็กกว่ามีค่าความยืดเมื่อขาดน้อยกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ และเมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีนานขึ้น ขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันของ ZDECดิสเพอร์ชัน มีผลต่อค่าความต้านแรงดึงเพียงเล็กน้อย และไม่มีผลต่อค่าความยืดเมื่อขาด สำหรับความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 ขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันของ ZDECดิสเพอร์ชัน จะให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่เหมาะสมของ ZDECดิสเพอร์ชัน ในการนำไปใช้เตรียมน้ำยางผสมสารเคมี และมีสมบัติด้านการดึงยางผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำยางผสมสารเคมีควรทำการบ่มเป็นเวลา 6 และ 7 วัน และมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.30 ไมโครเมตร ซึ่งใช้เวลาในการบดย่อยโดยบอลมิล มากกว่าหรือเท่ากับ 12 ชั่วโมง เห็นได้ว่าเมื่อทำการบดย่อย ZDECดิสเพอร์ชัน เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ก็สามารถนำมาใช้เตรียมน้ำยางผสมสารเคมีได้ และเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ A.D.T Gorton[7] พบว่าใช้เวลาในการบดย่อย ZDECดิสเพอร์ชัน เป็นเวลาถึง 48 ชั่วโมง



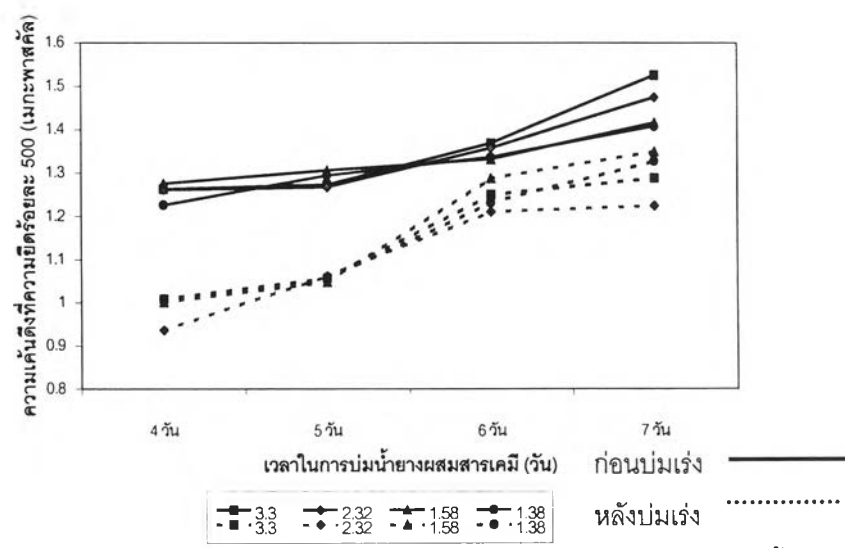
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านแรงดึงกับเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี ที่ภาวะก่อนบ่มเร่งและหลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ของถุงมือยางที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ ZDECดิสเพอร์ชัน แตกต่างกัน



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความยืดเมื่อขาดกับเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี ที่ภาวะก่อนบ่มเร่งและหลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ของถุงมือยางที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ ZDECดิสเพอร์ชัน แตกต่างกัน



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 กับเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี ที่ภาวะก่อนบ่มเร่งและหลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ของถุงมือยางที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ ZDECดิสเพอร์ชัน แตกต่างกัน



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 500 กับเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี ที่ภาวะก่อนบ่มเร่งและหลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ของถุงมือยางที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ ZDECดิสเพอร์ชัน แตกต่างกัน

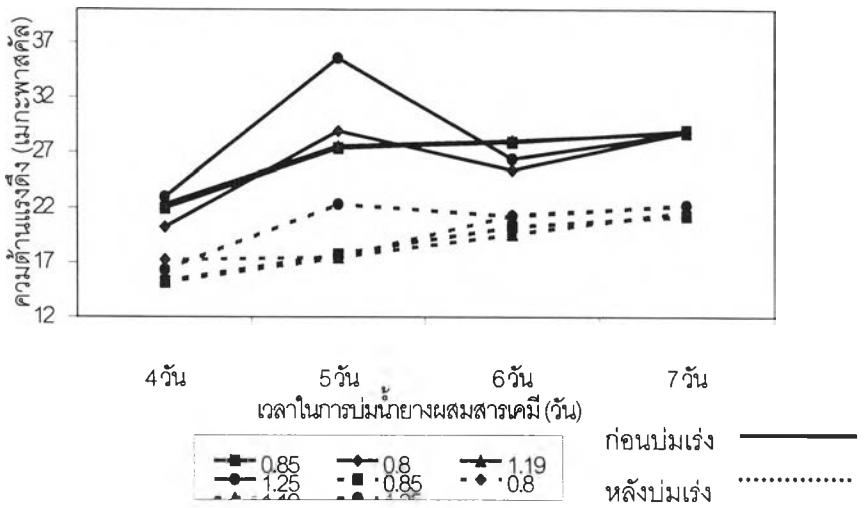
3.3) ผลของขนาดอนุภาค ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน

เตรียมน้ำยางผสมสารเคมีที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน 0.85, 0.80, 1.13 และ 1.25 ไมโครเมตร โดย Sulfurดิสเพอร์ชัน มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยคงที่ ที่ 3.78 ไมโครเมตร และ ZDECดิสเพอร์ชัน มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยคงที่ ที่ 1.58 ไมโครเมตร จากนั้นนำน้ำยางผสมสารเคมีบ่มเป็นเวลา 4, 5, 6 และ 7 วัน และขึ้นรูปเป็นถุงมือยาง วัดสมบัติทางกายภาพด้านการดึงยาง ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.13 เนื่องจากขนาดอนุภาค ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน มีขนาดแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย จึงให้ผลของค่าความต้านแรงดึงใกล้เคียงกัน และมีค่าความต้านแรงดึงที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 6 และ 7 วัน เมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 6 วัน มีค่าความต้านแรงดึงโดยเฉลี่ยเท่ากับ 27 เมกะพาสคัล ในถุงมือก่อนบ่มเร่ง และมีค่าความต้านแรงดึงเฉลี่ย 20 เมกะพาสคัล ในถุงมือหลังบ่มเร่ง และเมื่อใช้เวลาบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 7 วัน มีค่าความต้านแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 29 เมกะพาสคัล ในถุงมือก่อนบ่มเร่ง และมีค่าความต้านแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 21 เมกะพาสคัล ในถุงมือหลังบ่มเร่ง

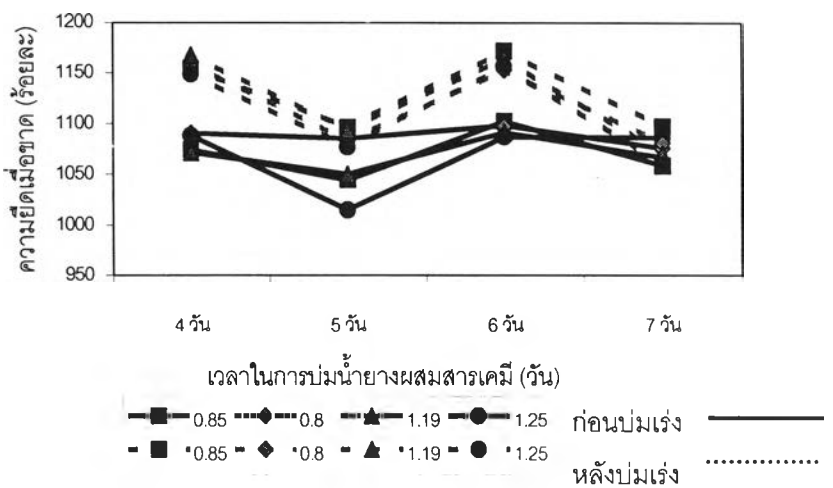
ในส่วนของค่าความยืดเมื่อขาด ดังแสดงในรูปที่ 4.14 พบว่า มีค่าความยืดเมื่อขาดใกล้เคียงกัน ซึ่งกล่าวโดยรวมได้ดังนี้ ขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ย 1.0 ไมโครเมตร ของ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน เมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 วัน มีค่าความยืดเมื่อขาดโดยเฉลี่ยร้อยละ 1080 ในถุงมือก่อนบ่มเร่ง และมีค่าความยืดเมื่อขาดร้อยละ 1160 ในถุงมือหลังบ่มเร่ง ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยเมื่อใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 5, 6 และ 7 วัน ก็ให้ผลทำนองเดียวกัน

สำหรับค่าความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 ดังแสดงในรูปที่ 4.15 และค่าความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 500 ดังแสดงในรูปที่ 4.16 พบว่า ขนาดอนุภาคของ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน ไม่มีผลต่อค่าความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 โดยจะให้ค่าในแต่ละขนาดใกล้เคียงกัน

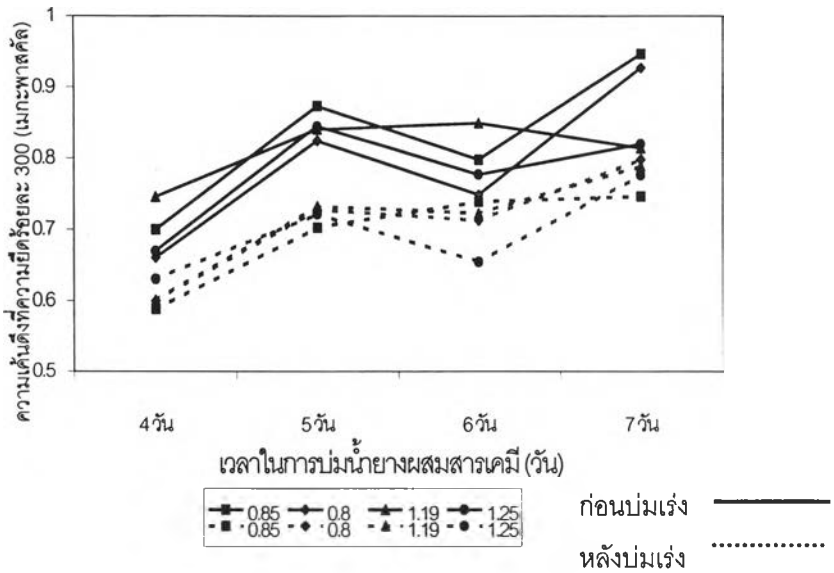
ดังนั้นสรุปได้ว่า การทดลองในครั้งนี้อนุภาคเฉลี่ยที่เหมาะสมของ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน ในการนำไปใช้เตรียมน้ำยางผสมสารเคมี ควรใช้เวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 6 และ 7 วัน โดยมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.25 ไมโครเมตร ซึ่งใช้เวลาในการบดย่อยโดย บอลมิล มากกว่าหรือเท่ากับ 12 ชั่วโมง เห็นได้ว่าเมื่อทำการบดย่อย ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ก็สามารถนำมาใช้เตรียมน้ำยางผสมสารเคมีได้ และเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Wong Niap Poh [10] พบว่าใช้เวลาในการบดย่อย ZnOดิสเพอร์ชัน เป็นเวลา 12-24 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาในการบดย่อยใกล้เคียงกัน แต่จะพบว่า ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน เมื่อเริ่มต้นก่อนที่จะบดย่อยโดยบอลมิล จะมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 0.93 ไมโครเมตร ดังนั้น ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน ก็สามารถนำมาใช้เตรียมน้ำยางผสมสารเคมีได้ โดยไม่ต้องใช้บอลมิลบดย่อย



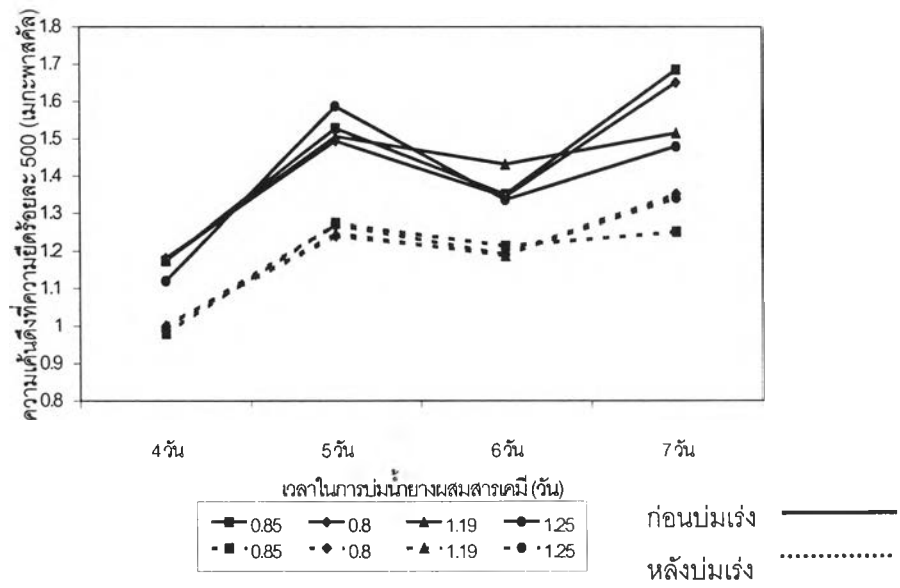
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านแรงดึงกับเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี ที่ภาวะก่อนบ่มเร่งและหลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ของถุงมือยางที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน แตกต่างกัน



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความยืดเมื่อขาดกับเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี ที่ภาวะก่อนบ่มเร่งและหลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ของถุงมือยางที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน แตกต่างกัน



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 กับเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี ที่ภาวะก่อนบ่มเร่งและหลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ของถุงมือยางที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน แตกต่างกัน



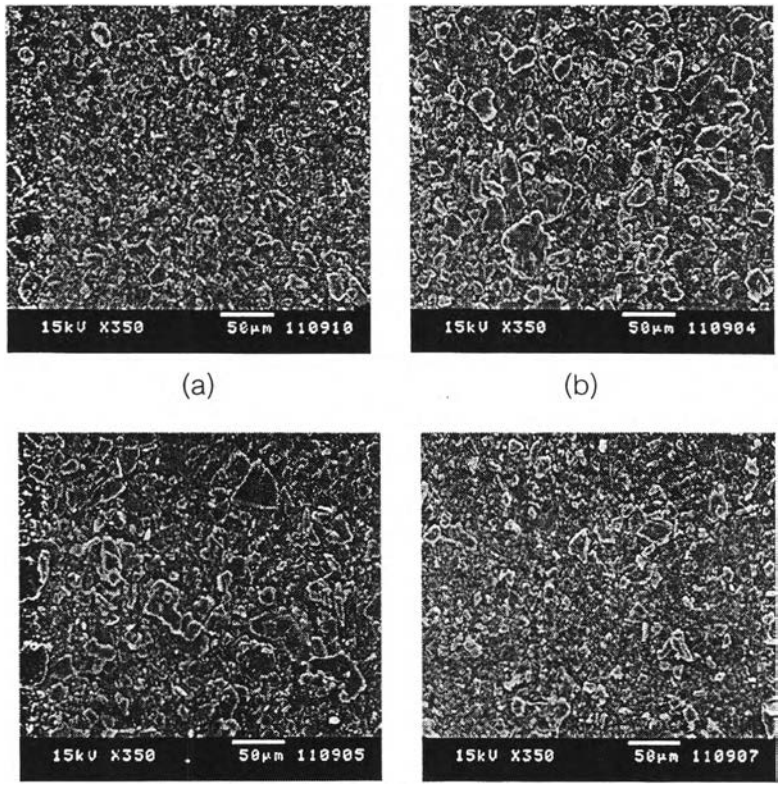
รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 500 กับเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี ที่ภาวะก่อนบ่มเร่งและหลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ของถุงมือยางที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน แตกต่างกัน

4) ผลของขนาดอนุภาคดิสเพอร์ชันของสารเคมีในระบบวัลคาไนซ์ที่มีต่อลักษณะพื้นผิวของถุงมือยาง

ลักษณะพื้นผิวของถุงมือยาง ตรวจโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) ขนาดกำลังขยาย 350 เท่า เพื่อหาการ กระจายของอนุภาคสารเคมีในระบบวัลคาไนซ์ ที่มีอายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีแตกต่างกัน และมีขนาดอนุภาคที่แตกต่างกัน บนพื้นผิวถุงมือยาง

เตรียมน้ำยางผสมสารเคมี ตามสูตรที่กำหนด (บทที่ 3) โดยให้ Sulfurดิสเพอร์ชัน มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 2.60 ไมโครเมตร ZDECดิสเพอร์ชัน มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1.58 ไมโครเมตร และ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1.19 ไมโครเมตร นำน้ำยางผสมสารเคมีที่ได้ บ่มเป็นเวลา 4, 5, 6 และ 7 วัน โดยนำถุงมือยางที่ได้ในแต่ละวันมาตรวจลักษณะพื้นผิวของถุงมือยาง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 350 เท่า ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.17 พบว่า ลักษณะการกระจายของสารเคมี บนพื้นผิวถุงมือยางในแต่ละวันจะมีลักษณะที่ไม่แตกต่างกัน นั่นแสดงว่าเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี ไม่มีผลต่อการ กระจายของสารเคมีบนพื้นผิวถุงมือยาง

เตรียมน้ำยางผสมสารเคมีแต่ละสูตร ที่มีเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีเท่ากัน มาตรวจลักษณะพื้นผิวถุงมือยาง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ขนาดกำลังขยาย 350 เท่า ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.18 พบว่า ขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่แตกต่างกันของทั้ง Sulfurดิสเพอร์ชัน, ZDEC ดิสเพอร์ชัน และ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน ไม่มีผลต่อลักษณะการ กระจายบนพื้นผิวของถุงมือยาง เนื่องจากลักษณะการกระจายของสารเคมีบนพื้นผิวของถุงมือยางในถุงมือยางทุกสูตรจะเหมือนกัน อาจมีผลมาจากสารเคมีที่ใช้แม้จะมีขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันแต่ใช้ปริมาณสารที่เท่าเดิม จึงทำให้ลักษณะพื้นผิวของถุงมือยางที่ได้ไม่แตกต่างกัน



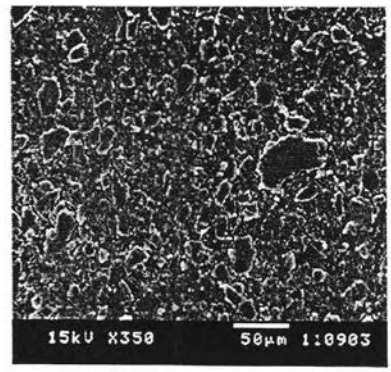
รูปที่ 4.17 พื้นผิวถุงมือยางที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีที่มีอายุการบ่ม 4, 5, 6 และ7 วัน โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ขนาดกำลังขยาย 350 เท่า โดย

(a) ถุงมือที่มีเวลาในการบ่มของน้ำยางผสมสารเคมี 4 วัน

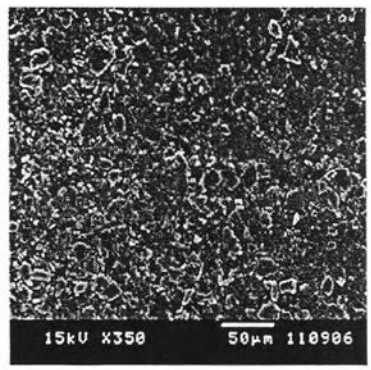
(b) ถุงมือที่มีเวลาในการบ่มของน้ำยางผสมสารเคมี 5 วัน

(c) ถุงมือที่มีเวลาในการบ่มของน้ำยางผสมสารเคมี 6 วัน

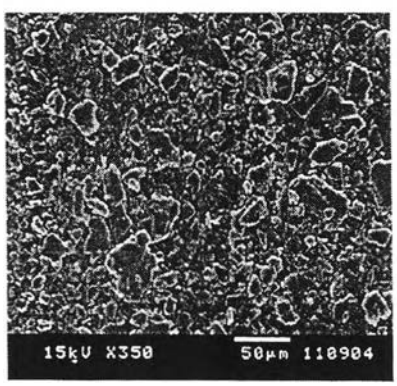
(d) ถุงมือที่มีเวลาในการบ่มของน้ำยางผสมสารเคมี 7 วัน



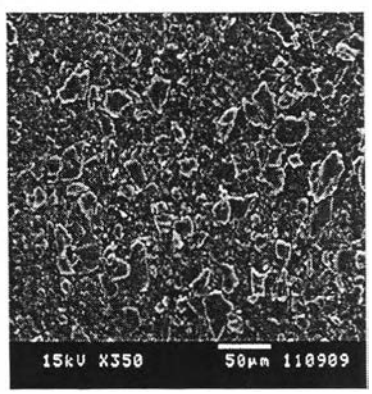
(a)



(b)



(c)



(d)

รูปที่ 4.18 พื้นผิวของถุงมือยางที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของสารเคมีในระบบวัลคาไนซ์ ที่แตกต่างกัน โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 350 เท่า โดย

(a) มีขนาดอนุภาค Sulfurดิสเพอร์ชัน เฉลี่ย 2.60 ไมโครเมตร, ZDECดิสเพอร์ชัน เฉลี่ย 1.58 ไมโครเมตร และ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน เฉลี่ย 1.19 ไมโครเมตร

(b) มีขนาดอนุภาค Sulfurดิสเพอร์ชัน เฉลี่ย 3.78 ไมโครเมตร, ZDECดิสเพอร์ชัน เฉลี่ย 1.58 ไมโครเมตร และ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน เฉลี่ย 1.19 ไมโครเมตร

(c) มีขนาดอนุภาค Sulfurดิสเพอร์ชัน เฉลี่ย 2.60 ไมโครเมตร, ZDECดิสเพอร์ชัน เฉลี่ย 2.32 ไมโครเมตร และ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน เฉลี่ย 1.19 ไมโครเมตร

(d) มีขนาดอนุภาค Sulfurดิสเพอร์ชัน เฉลี่ย 2.60 ไมโครเมตร, ZDECดิสเพอร์ชัน เฉลี่ย 1.58 ไมโครเมตร และ ZnO(WS)ดิสเพอร์ชัน เฉลี่ย 0.85 ไมโครเมตร