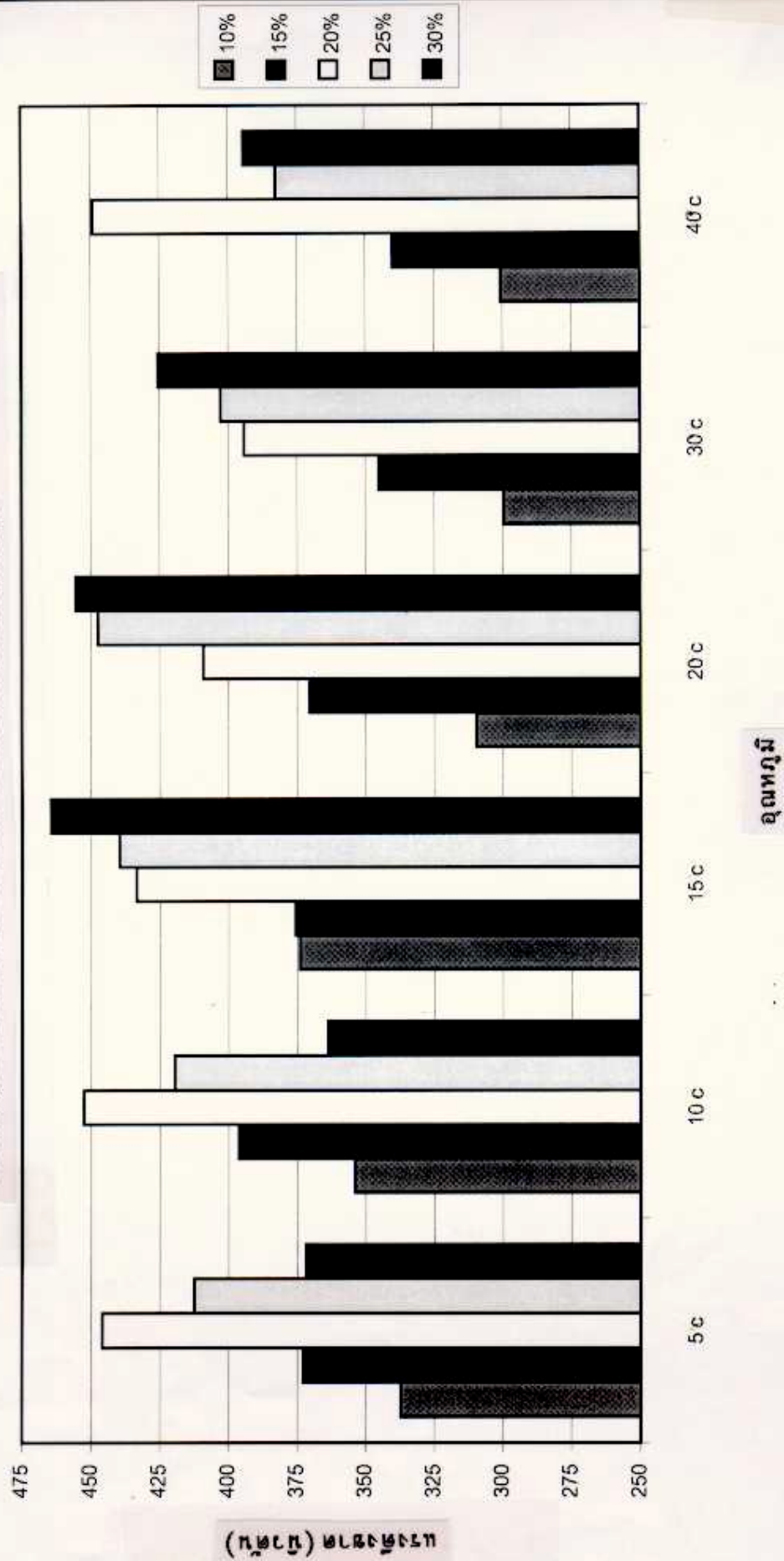


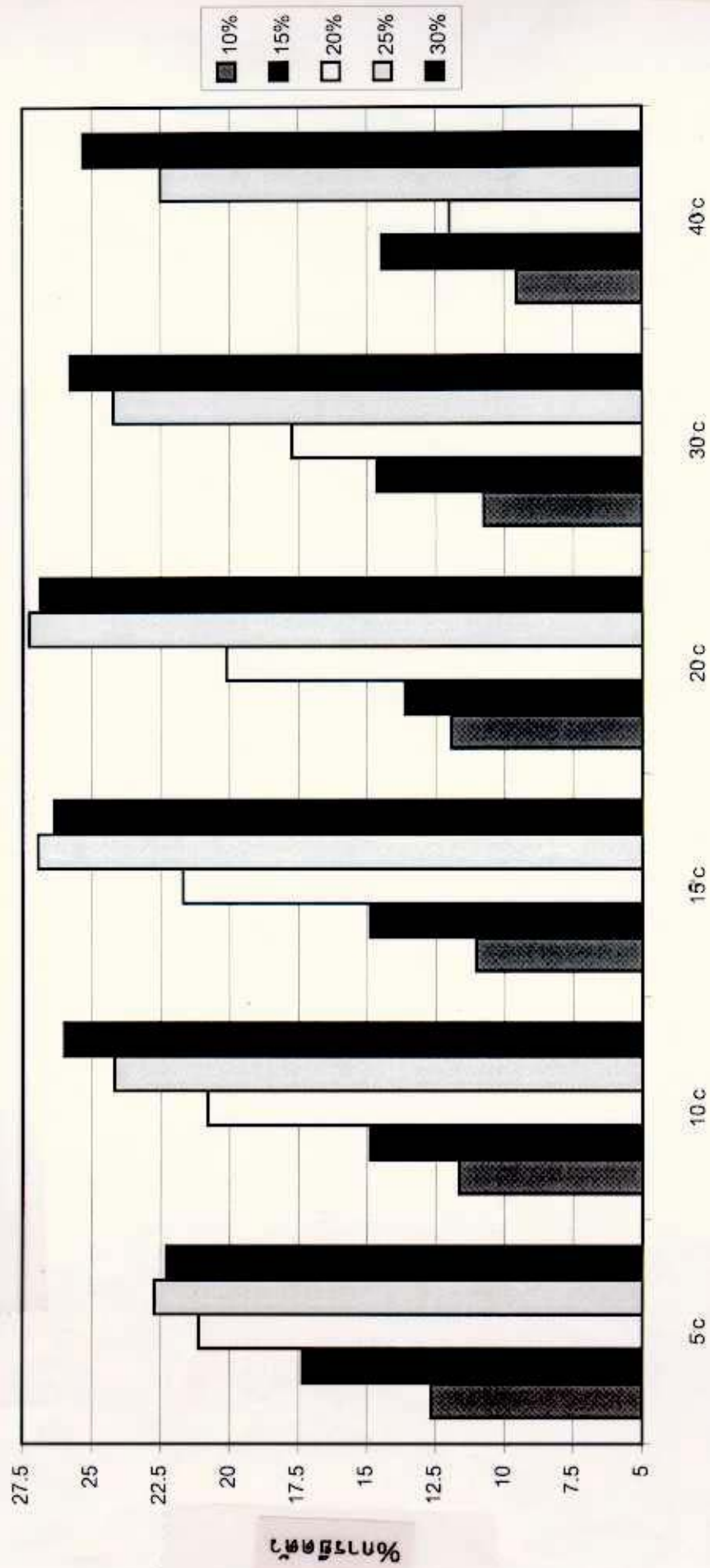
รูปที่ 7 ความแข็งแรงทนต่อแรงดึง (แนวด้ายพุ่ง) ของผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1 ที่ถูกชุบในสารละลายไฮโดรอกไซด์ความเข้มข้น 10-30% อุณหภูมิการชุบ 5-40°C เป็นเวลา 30 วินาทีและถูกทิ้งเป็นเวลา 10 นาที ล้างและทำให้เป็นกลางด้วยกรดฟอร์มิค



ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นการยึดตัว (แนวด้ายยืน) ของผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1 ที่ถูกชุบใน
สารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10-30% อุณหภูมิการชุบ 5-40°C เป็นเวลา 30
วินาทีและถูกทิ้งเป็นเวลา 10 นาที ล้างและทำให้เป็นกลางด้วยกรฟอริก

ภาวะ	40C			30C			20C			15C			10C			5C		
ไม่ชุบมัน	5.70			6.20			6.20			6.20			6.20					
							6.03											
10%NaOH	9.68	9.88	9.10	11.55	10.41	10.32	11.42	12.24	12.12	11.08	11.07	11.01	11.00	12.30		12.70	12.60	
	9.55			10.76			11.93			11.05			11.65			12.65		
15%NaOH	14.72	13.61	15.05	14.77	14.52		14.47	13.03	13.40	15.04	13.34	16.31	14.50	15.30		17.50	17.20	
	14.46			14.65			13.63			14.90			14.90			17.35		
20%NaOH	21.02	18.72	20.24	17.18	18.75	17.28	17.55	21.32	21.50	22.26	22.01	20.80	20.30	22.60	19.50	22.00	20.50	20.90
	19.99			17.74			20.12			21.69			20.80			21.13		
25%NaOH	21.81	22.90	22.84	22.82	26.13	23.72	27.90	26.39	27.45	26.32	28.34	26.15	23.30	24.10		22.20	22.80	23.20
	22.51			24.22			27.25			26.94			23.70			22.73		
30%NaOH	25.94	22.63	27.35	25.19	26.89	25.28	27.88	26.27	26.46	26.99	24.73	27.35	27.20	24.80		22.50	23.30	21.10
	25.31			25.79			26.87			26.36			26.00			22.30		

รูปที่ 8 เปอร์เซนต์การยืดตัว (แนวด้ายยืน) ของผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1 ที่ถูกชุบในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10-30% อุณหภูมิการชุบ 5-40°C เป็นเวลา 30 วินาที และถูกทิ้งเป็นเวลา 10 นาที ล้างและทำให้เป็นกลางด้วยกรดฟอร์มิค

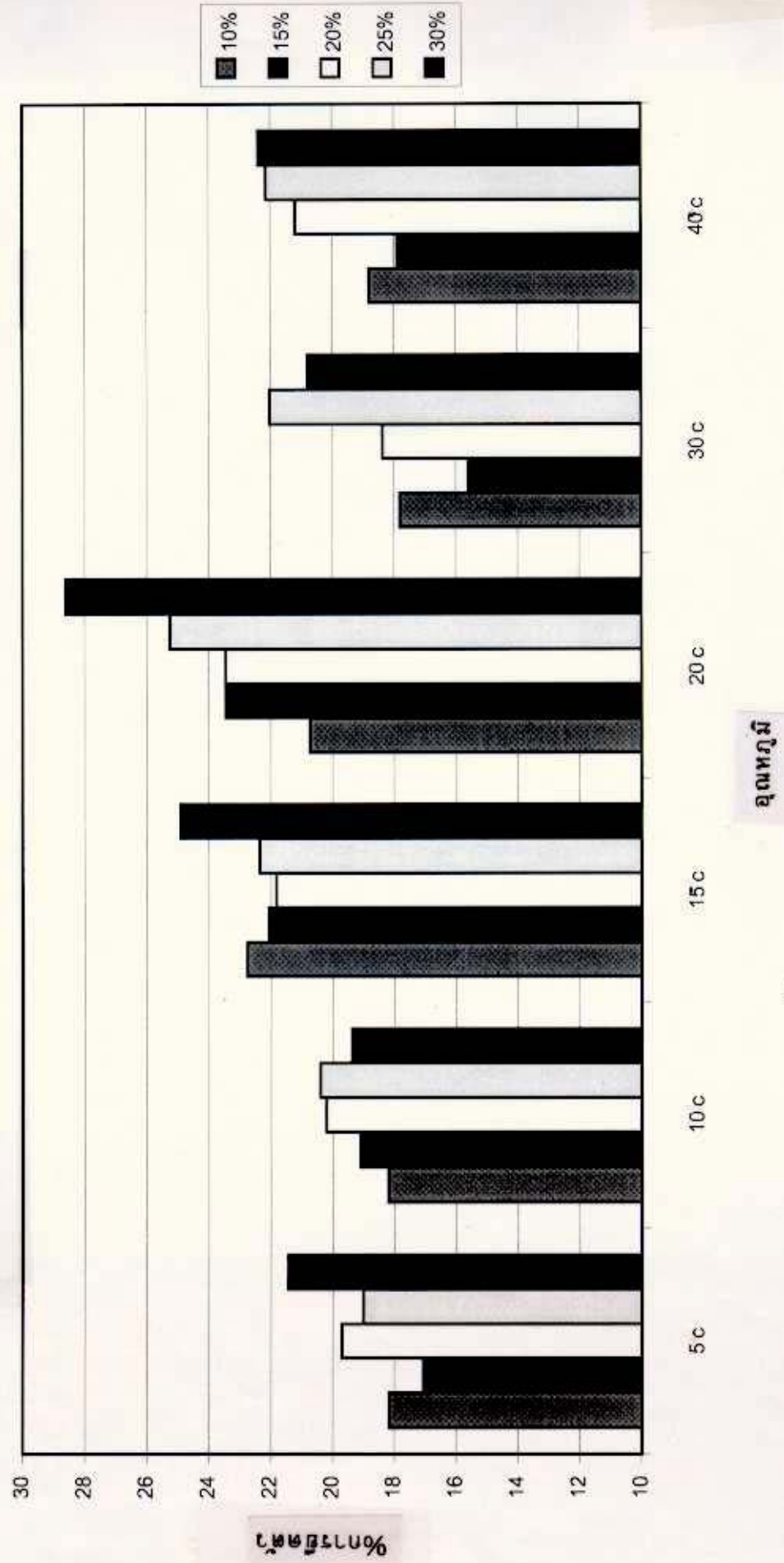


อุณหภูมิ

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบการยึดตัว (แนวตั้งพุ่ง) ของผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1 ที่ถูกชุบในสารละลายไฮโดรอกไซด์ความเข้มข้น 10-30% อุณหภูมิการชุบ 5-40°C เป็นเวลา 30 วินาที และถูกชิงเป็นเวลา 10 นาที ล้างและทำให้เป็นกลางด้วยกรดฟอสฟอริก

ກາະ	40C			30C			20C			15C			10C			5C		
ໂລຫະ	20.90						21.50						21.60					
	21.33																	
10%NaOH	19.55	19.63	17.21	16.91	16.98	19.55	21.98	19.78	20.42	23.98	22.36	21.95	19.20	18.30	17.10	17.90	19.40	17.20
	18.80			17.81			20.73			22.76			18.20			18.17		
15%NaOH	18.08	17.58	18.01	16.15	15.31	15.33	24.81	23.42	22.12	21.36	22.78		21.20	18.20	17.90	16.50	17.90	16.80
	17.89			15.60			23.45			22.07			19.10			17.07		
20%NaOH	21.23	22.02	20.32	18.00	17.26	19.84	24.24	22.15	23.97	22.52	21.47	21.48	20.70	20.00	19.90	20.20	19.50	19.40
	21.19			18.37			23.45			21.82			20.20			19.70		
25%NaOH	21.50	23.05	21.88	21.82	23.87	20.36	25.16	25.28	25.35	21.48	23.24		20.10	20.70		18.00	20.40	18.60
	22.14			22.02			25.26			22.36			20.40			19.00		
30%NaOH	22.18	23.84	21.14	19.74	22.08	20.58	27.77	28.68	29.38	24.77	26.75	23.22	17.50	21.10	19.50	19.60	21.90	22.80
	22.39			20.80			28.61			24.91			19.37			21.43		

รูปที่ 9 เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (แนวตั้ง) ของผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1 ที่ถูกชุบในสารละลายไฮโดรอกไซด์ความเข้มข้น 10-30% อุณหภูมิการชุบ 5-40°C เป็นเวลา 30 วินาที และถูกทิ้งเป็นเวลา 10 นาที ล้างและทำให้เป็นกลางด้วยกรดฟอสฟอริก



ตารางที่ 12 ความแข็งแรงทนต่อแรงดันทะเลของผ้าฝ้ายดักเบอร์ด้าย 32/1 ที่ถูกชุบในสารละลายไฮเดรียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 20% อุณหภูมิการชุบ 5°C เป็นเวลา 40 วินาทีและ 60 วินาที และถูกทิ้งเป็นเวลา 5 นาที 15 นาทีและ 30 นาที ส้างและทำให้เป็นกลางด้วยกรดฟอสฟอริก

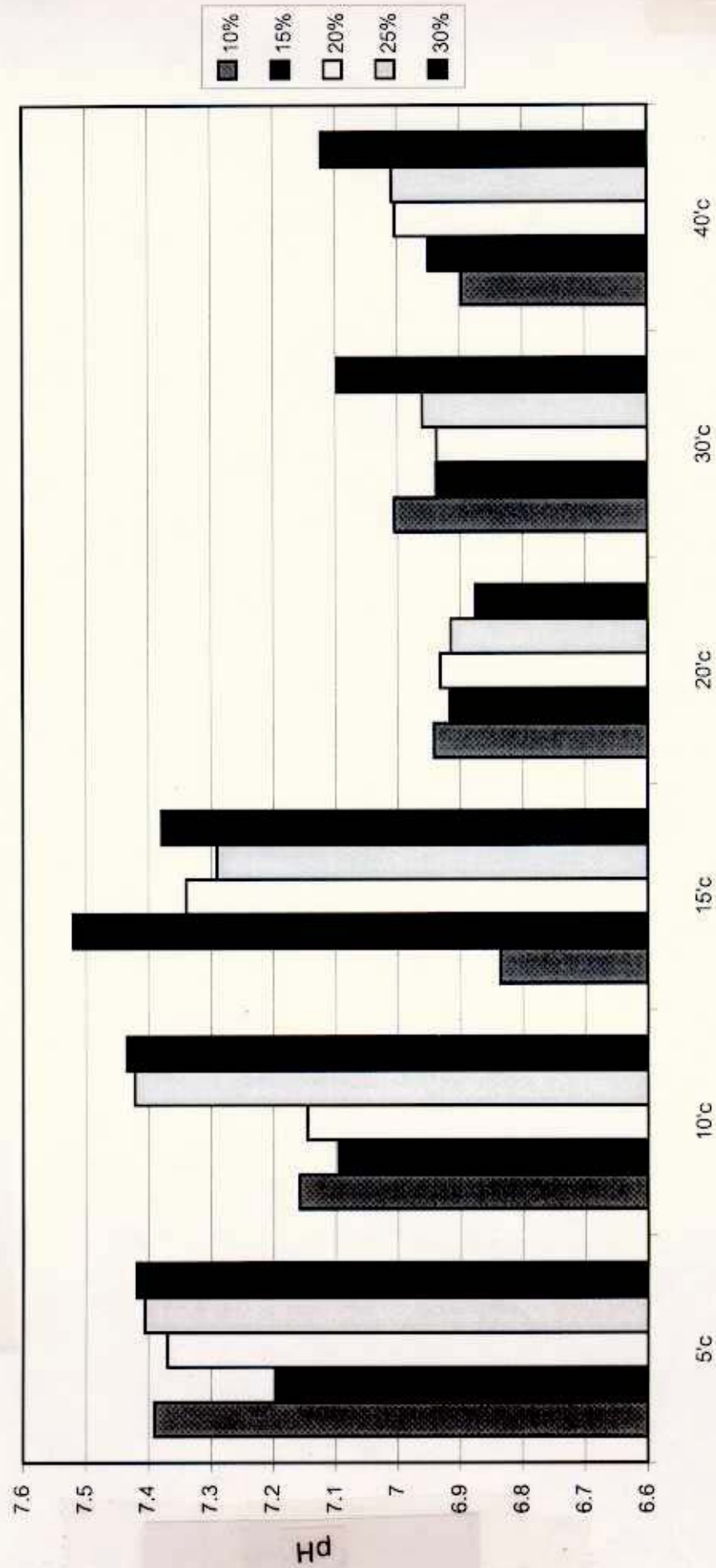
ภาวะ	ทิ้ง 5 นาที			ทิ้ง 15 นาที			ทิ้ง 30 นาที						
ไม่ชุบมัน	5.20			5.40			5.20			5.50			
	5.38												
แช่ 40 วินาที	6.90	6.20	6.90	6.80	6.20	6.80	6.30	6.50	6.50	6.70	6.80	6.30	6.20
	6.60						6.44			6.50			
แช่ 60 วินาที	7.00	6.50	6.60	6.60	6.20	6.90	6.70	6.50	6.70	6.50	6.20	6.70	6.50
	6.58						6.66			6.50			

ตารางที่ 13 pH ของน้ำยาดักเบอร์ด้าย 32/1 ที่ถูกซุบในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10-30% อุณหภูมิการซุบ 5-40°C เป็นเวลา 30 วินาที และถูกทิ้งเป็นเวลา 10 นาที

ช่างและทำให้เป็นกลางด้วยการดฟอมีก

ภาวะ	40C	30C	20C	15C	10C	5C
ดี		6.83			6.83	
				6.83		
10%NaOH	6.88	6.92	6.96	6.83	6.84	7.15
	6.90	7.01	6.94	6.84	7.16	7.39
15%NaOH	6.95	6.95	6.91	7.62	7.43	7.11
	6.95	6.94	6.92	7.52	7.10	7.20
20%NaOH	7.01	7.00	6.92	7.35	7.14	7.35
	7.00	6.94	6.93	7.34	7.15	7.37
25%NaOH	7.02	7.01	6.95	7.39	7.19	7.41
	7.01	6.96	6.92	7.29	7.42	7.41
30%NaOH	7.11	7.23	7.08	7.35	7.44	7.43
	7.12	7.10	6.88	7.38	7.44	7.42

รูปที่ 10 pH ของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 32/1 ที่ถูกชุบในสารละลายไฮโดรอกไซด์ความเข้มข้น 10-30% อุณหภูมิการชุบ 5-40°C เป็นเวลา 30 วินาที และถูกทิ้งเป็นเวลา 10 นาที
 ล้างและทำให้เป็นกลางด้วยกรดฟอสฟอริก

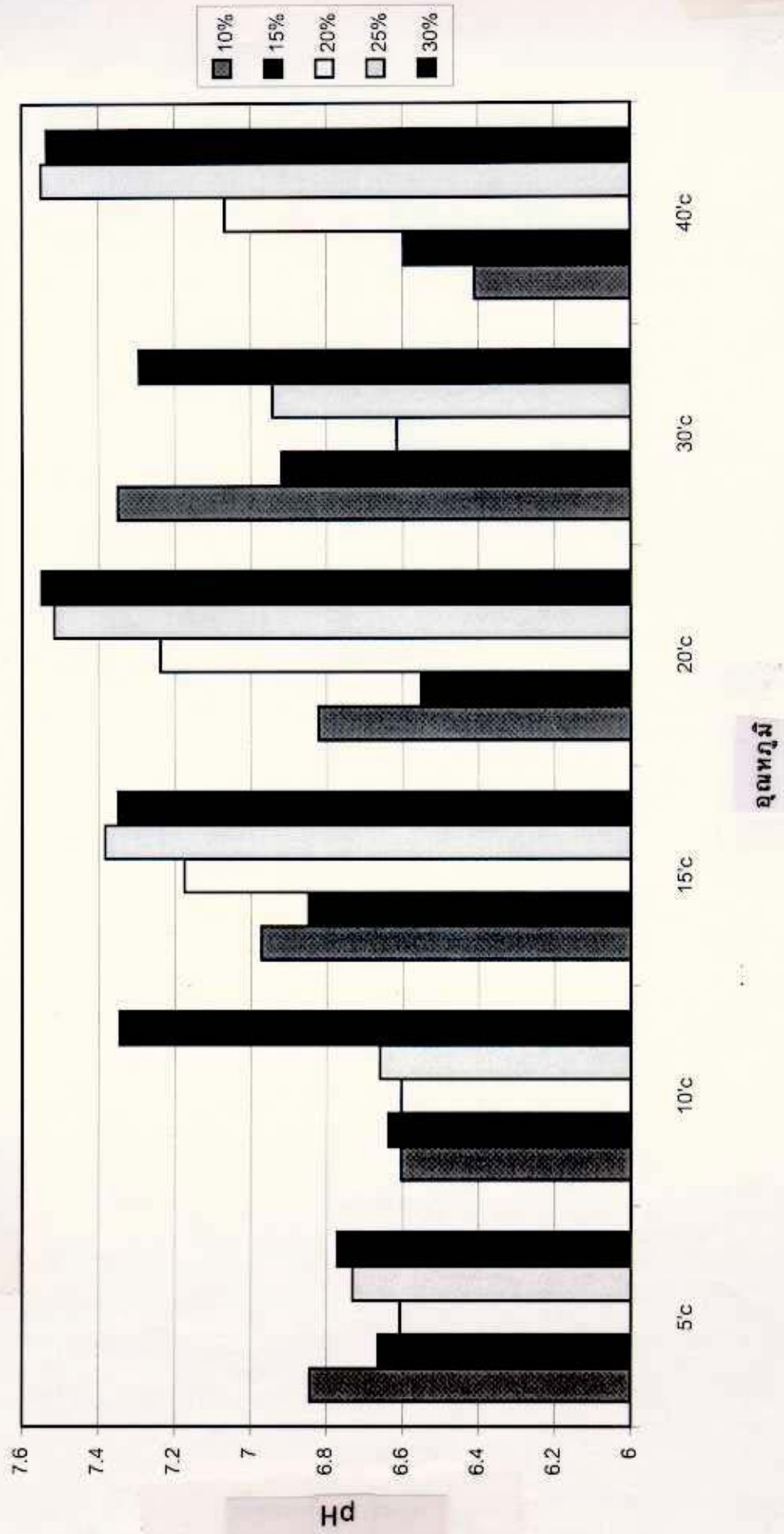


อุณหภูมิ

ตารางที่ 14 pH ของน้ำยาทดสอบค่า 20/1 ที่ถูกชุบในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
ความเข้มข้น 10-30% อุณหภูมิการชุบ 5-40°C เป็นเวลา 30 วินาที และถูกทิ้งเป็นเวลา 10 นาที
ข้างล่างทำให้เป็นกลางด้วยการตฟอรั่มิก

ภาวะ	40C	30C	20C	15C	10C	5C
น้ำ	6.87					
	6.87					
10%NaOH	6.47	6.35	7.39	7.31	7.13	6.51
	6.41		7.35		6.82	
15%NaOH	6.62	6.57	7.18	6.66	6.60	6.51
	6.60		6.92		6.55	
20%NaOH	6.62	7.52	6.63	6.60	7.20	7.27
	7.07		6.62		7.24	
25%NaOH	7.66	7.44	6.84	7.05	7.47	7.56
	7.55		6.94		7.52	
30%NaOH	7.53	7.54	7.28	7.30	7.48	7.62
	7.54		7.29		7.55	
				7.38	7.35	6.77
				6.60	6.61	
				6.59	6.61	6.62
				6.65	6.65	6.82
				6.66	6.66	6.73
				6.78	6.78	6.76

รูปที่ 11 pH ของผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1 ที่ถูกชุบในสารละลายไฮเดรียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 10-30% อุณหภูมิการชุบ 5-40°C เป็นเวลา 30 วินาที และถูกทิ้งเป็นเวลา 10 นาที
 ล้างและทำให้เป็นกลางด้วยกรดฟอร์มิก



อุณหภูมิ

ตารางที่ 15 pH ของผ้าฝ้ายดักเบอร์ด้าย 32/1 ที่ถูกชุบในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 20% อุณหภูมิการชุบ 5°C เป็นเวลา 40 วินาทีและ 60 วินาที และถูกทิ้งเป็นเวลา 5 นาที 15 นาที และ 30 นาที ล้างและทำให้เป็นกลางด้วยกรดฟอร์มิก

ภาวะ	จึ่ง 5 นาที		จึ่ง 15 นาที		จึ่ง 30 นาที	
น้ำ	6.83			6.83		
	6.83					
แช่ 40 วินาที	7.40	7.68	7.31	7.32	7.22	7.26
	7.54		7.32		7.24	
แช่ 60 วินาที	7.34	7.32	7.26	7.26	7.25	7.25
	7.33		7.26		7.25	

4.1.3 ผลการชุบมันบนเครื่องชุบมันจำลองและการทดสอบผ้า

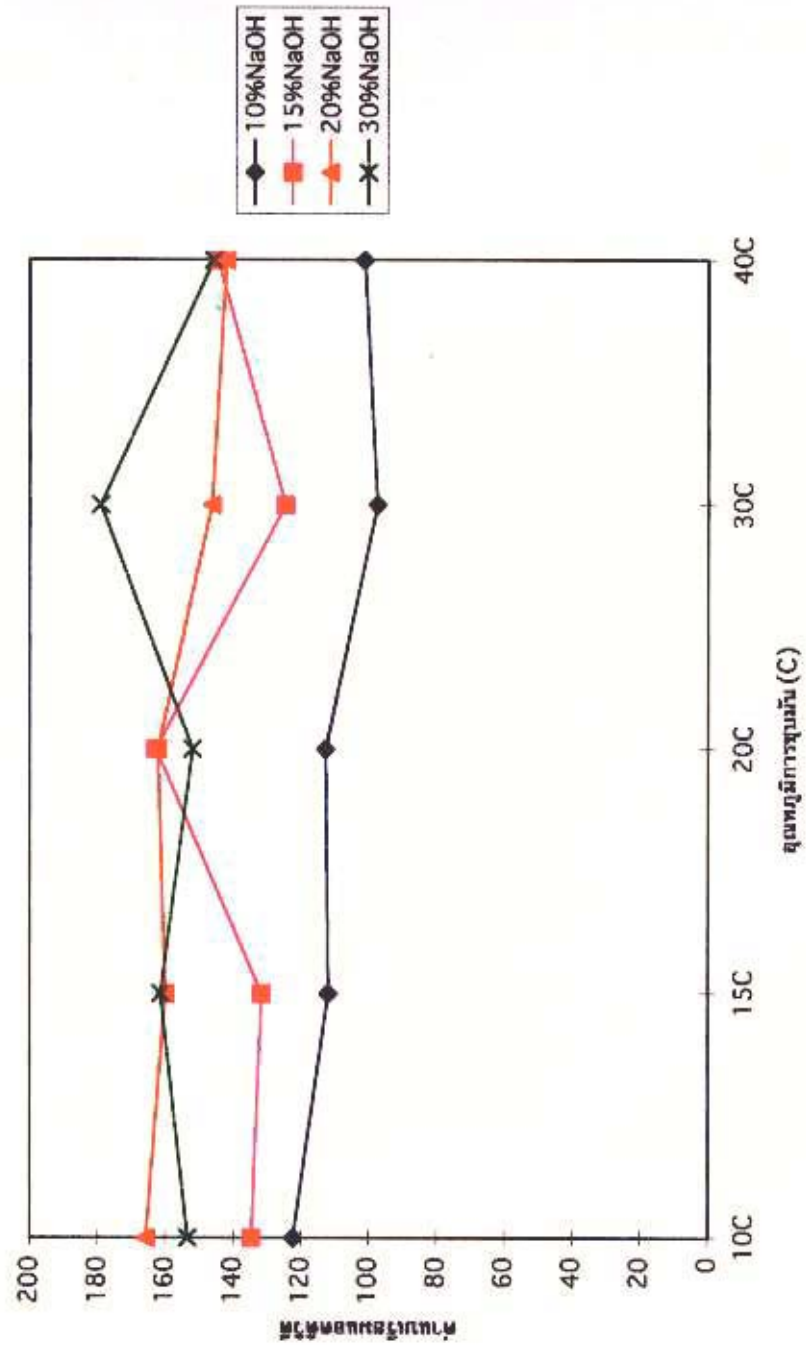
ระดับการชุบมัน

ระดับการชุบมันของผ้าวัดได้จากค่าแบเรียมแอคติวิตี (barium activity number, BAN) ตามมาตรฐานการทดสอบ AATCC Test Method 89: Mercerization in Cotton และมาตรฐานการทดสอบระบุว่าผ้าชุบมันอย่างสมบูรณ์มีค่า BAN ตั้งแต่ 150 ขึ้นไปและค่า BAN ต่างกันในช่วงค่า 1-5 ไม่ถือว่าแตกต่างกัน

ตารางที่ 16 ค่าแบเรียมแอคติวิตีของผ้าที่ไม่ได้ชุบมันและผ้าที่ชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10%, 15%, 20% และ 30% ที่อุณหภูมิ 10°C, 15°C, 20°C, 30°C และ 40°C บนเครื่องชุบมันจำลอง

ค่าแบเรียมแอคติวิตี (BAN)										
ไม่ชุบมัน	96.67					95.00				
เฉลี่ย	95.84									
ภาวะการชุบมัน	40°C		30°C		20°C		15°C		10°C	
10%NaOH	101.25	101.00	97.79	96.95	111.11	114.28	110.40	113.39	122.26	122.22
เฉลี่ย	101.12		97.37		112.70		111.90		122.24	
15%NaOH	145.54	143.56	126.09	123.07	164.10	161.53	129.41	133.68	134.28	134.84
เฉลี่ย	144.55		124.58		162.82		131.54		134.56	
20%NaOH	143.62	140.43	146.18	146.18	163.51	160.81	158.57	161.43	167.09	164.20
เฉลี่ย	142.02		146.18		162.16		160.00		165.64	
30%NaOH	146.60	145.00	177.42	180.65	150.55	153.33	162.00	160.78	151.11	155.55
เฉลี่ย	145.80		179.04		151.94		161.39		153.33	

รูปที่ 12 ค่าแบบเรียงแอดคิวิตีของน้ำที่อุณหภูมิที่ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10%, 15%, 20% และ 30% ที่อุณหภูมิ 10C, 15C, 20C, 30C และ 40C บนเครื่องชั่งน้ำมันจำลอง



ผลการทดสอบหาค่าแบเรียมแอกติวิตีของผ้าที่ไม่ได้ชุบมัน และผ้าที่ชุบมันจากตารางที่ 16 และรูปที่ 12 พบว่า ค่าแบเรียมแอกติวิตีซึ่งบอกระดับของการชุบมันของผ้ามีดังนี้

- ผ้าหลังการชุบมันมีค่าแบเรียมแอกติวิตีสูงกว่าผ้าที่ไม่ได้ชุบมัน ณ ทุกภาวะการชุบมันที่กระทำ
- เมื่อชุบมันผ้าที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-15% ให้ผ้าที่มีค่าแบเรียมแอกติวิตีโดยเฉลี่ยต่ำกว่า 150 ซึ่งถือเป็นการชุบมันที่ไม่สมบูรณ์
- การชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20-30% ให้ผ้าที่มีค่าแบเรียมแอกติวิตีโดยเฉลี่ยตั้งแต่ 150 ขึ้นไปซึ่งแสดงถึงการชุบมันที่สมบูรณ์ ยกเว้นทำการชุบมันที่อุณหภูมิสูง 30-40°C ที่ให้การชุบมันที่ไม่สมบูรณ์
- ผลการทดสอบหาค่า BAN ของผ้าชุบมันได้ค่าที่ค่อนข้างกว้างขึ้นลงไม่เป็นไปตามแนวโน้มที่ควรเป็น ทำให้สรุปไม่ได้ว่าการลดอุณหภูมิการชุบมันลงมีผลต่อระดับของการชุบมันหรือไม่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะตัวเครื่องชุบมันจำลองไม่มีอุปกรณ์ทำความเย็นและทำความร้อนอยู่ในอ่างชุบมัน อาจทำให้อุณหภูมิการชุบมันไม่คงที่ตลอดเวลาที่ทำการชุบมัน จึงทำให้ได้ระดับการชุบมันไม่แน่นอน
- ภาวะการชุบมันที่ให้การชุบมันที่สมบูรณ์คือ ชุบมันที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ตั้งแต่ 20% ขึ้นไป ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 10°C-30°C

ความสามารถในการดูดซึมสีย้อม

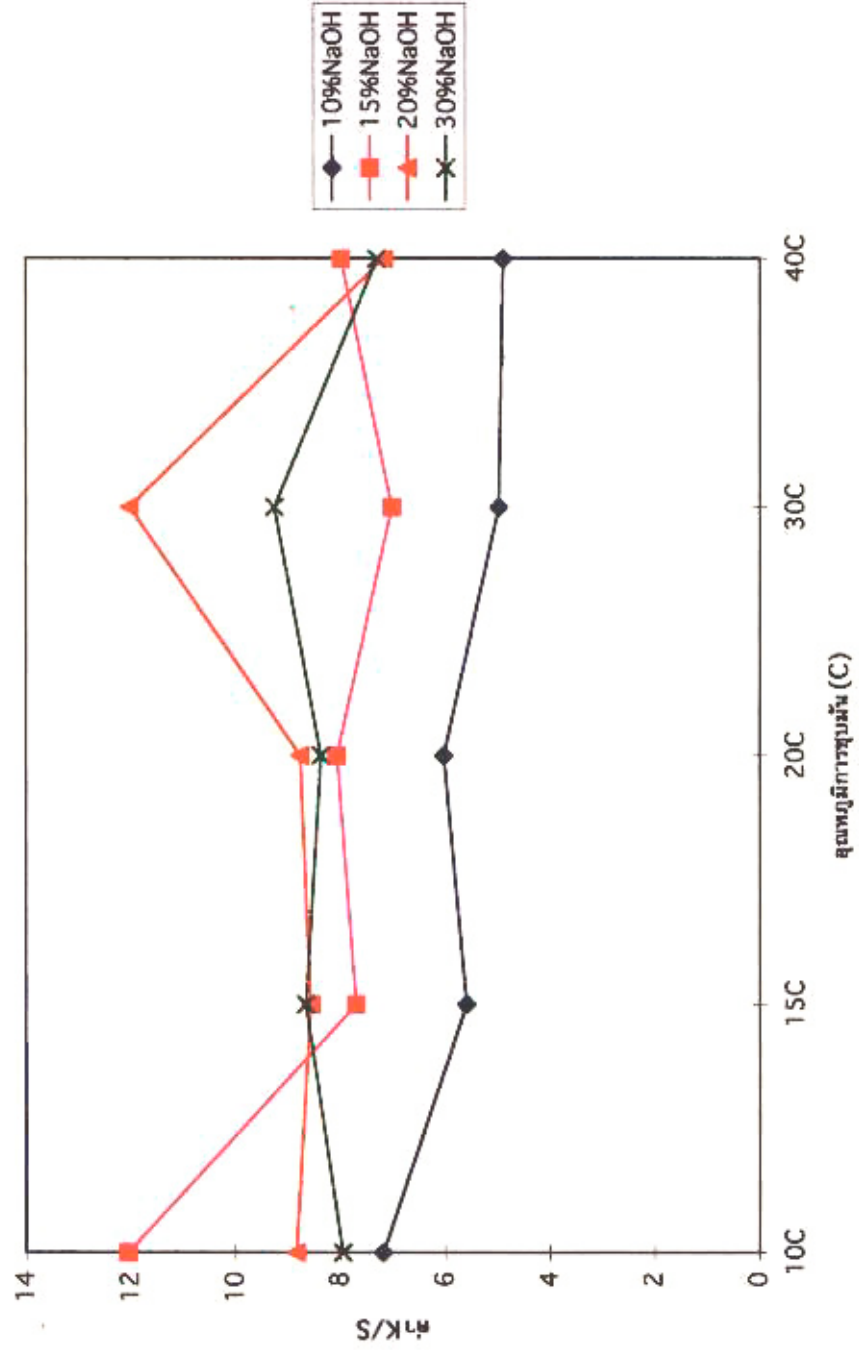
ผ้าถูกย้อมด้วยสีไดเร็กซ์ Benzopurpurine 4B (สีย้อม 100%, ไม่มีสารช่วยย้อมหรือสารอื่นเจือปน) ด้วยอัตราส่วนผ้าต่อสารละลายสีย้อมเท่ากับ 1 ต่อ 30 ที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 45 นาที โดยไม่มีการเติมเกลือช่วยย้อมจากนั้นล้างผ้าด้วยน้ำและตากแห้ง ผ้าถูกวัดค่า K/S ด้วย Macbeth Reflectance Spectrophotometer เพื่อหาความเข้มของสีผ้าหลังการย้อมโดยผ้าที่มีค่า K/S สูงกว่ามีสีเข้มหรือมีปริมาณสีย้อมมากกว่าผ้าที่มีค่า K/S ต่ำกว่าผลการวัดค่า K/S ของผ้าแสดงไว้ในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ค่า K/S ของผ้าที่ไม่ได้ชุบมันและผ้าที่ชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10%, 15%, 20% และ 30% ที่อุณหภูมิ 10°C, 15°C, 20°C, 30°C และ 40°C บนเครื่องชุบมันจำลอง

ค่า K/S					
ไม่ชุบมัน	5.485				
ภาวะการชุบมัน	40 °C	30 °C	20 °C	15 °C	10 °C
10%NaOH	4.895	4.978	6.022	5.589	7.174
15%NaOH	7.986	7.019	8.064	7.694	12.055
20%NaOH	7.171	12.018	8.766	8.568	8.841
30%NaOH	7.297	9.260	8.375	8.662	7.956

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยของ 2 ค่า ซึ่งเครื่องวัดไม่แสดงข้อมูลดิบ

รูปที่ 13 ค่า K/S ของผ้าที่ชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายไฮดรอกไซด์ 10%, 15%, 20% และ 30% ที่อุณหภูมิ 10C, 15C, 20C, 30C และ 40C บนเครื่องชุบมันจำลอง



ผลการทดสอบหาค่า K/S ซึ่งบอกความเข้มของสีผ้าย้อมที่ไม่ได้ผ่านการชุบมันและที่ผ่านการชุบมัน จากตารางที่ 17 และรูปที่ 13 พบว่า

- ผ้าย้อมที่ผ่านการชุบมันมีค่า K/S สูงกว่าผ้าไม่ได้ชุบมันเมื่อชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 15-30% ที่ทุกอุณหภูมิการชุบมันตั้งแต่ 40°C-10°C แต่การชุบมันที่ความเข้มข้น 10% ต้องชุบมันที่อุณหภูมิตั้งแต่ 20°C ลงมาจึงจะได้ผ้าที่ย้อมแล้วให้ค่า K/S สูงกว่าผ้าที่ไม่ได้ชุบมัน
- เมื่อชุบมันผ้าที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% ผ้าชุบมันที่ความเข้มข้น 10% และย้อมมีค่า K/S ต่ำที่สุด ณ ทุกอุณหภูมิการชุบมันที่กระทำ
- ผลการทดสอบหาค่า K/S ของผ้าชุบมันได้ค่าที่ค่อนข้างกว้างขึ้นลง ซึ่งอาจมีสาเหตุเดียวกับที่ได้ อธิบายไว้ในผลของค่า BAN คือ ได้ค่า BAN ที่ไม่แน่นอน ทำให้ได้ผลการย้อมไม่แน่นอนไปด้วย
- ภาวะการชุบมันที่ทำให้ผ้าชุบมันและย้อมมีค่า K/S ที่ยอมรับได้ ผ้ามีความสามารถดูดซึมสีย้อมได้ดีและมีสีเข้มคือ ชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ตั้งแต่ 15% ขึ้นไปที่อุณหภูมิ 10°C-40°C

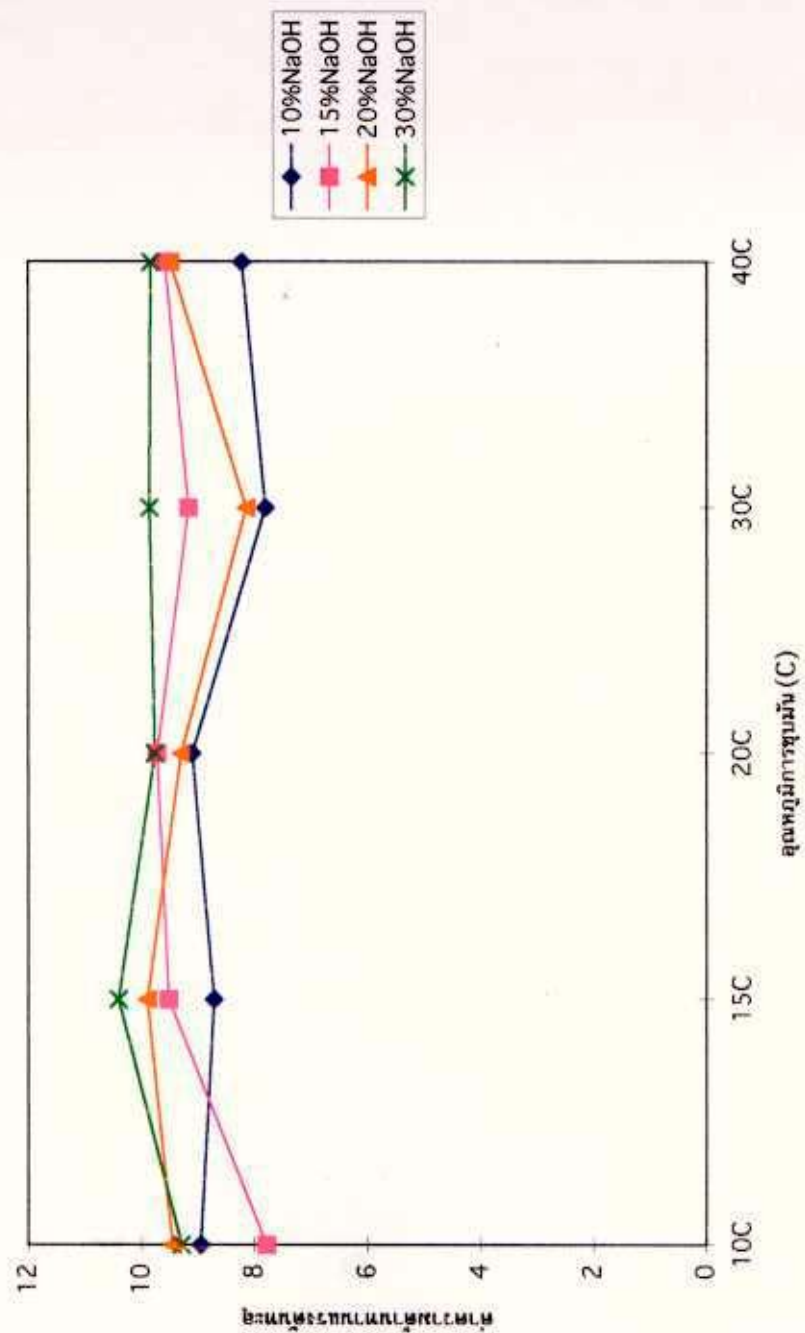
ความแข็งแรง

ผ้าถูกทดสอบหาความแข็งแรงโดยการวัดหาค่าความต้านทานแรงดันทะลุของผ้าถัก (bursting strength) ตามมาตรฐานการทดสอบ JIS L 0888 ผลการวัดค่าความต้านทานแรงดันทะลุผ้ามีแสดงไว้ในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ค่าความต้านทานแรงดันทะลุของผ้าที่ไม่ได้ชุบมันและผ้าที่ชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10%, 15%, 20% และ 30% ที่อุณหภูมิ 10°C, 15°C, 20°C, 30°C และ 40°C บนเครื่องชุบมันจำลอง

ค่าความต้านทานแรงดันทะลุ (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)										
ไม่ชุบมัน	6.20		5.70		6.10		5.80		6.10	
เฉลี่ย	5.98									
ภาวะการชุบมัน	40°C		30°C		20°C		15°C		10°C	
10%NaOH	7.55	7.35	7.60	7.80	9.35	8.65	8.15	8.95	9.15	9.15
	8.15	8.75	7.70	7.80	8.65	9.55	8.85	8.95	9.45	8.85
	8.35	8.95	7.80	8.00	9.55	8.95	8.75	8.75	8.95	9.35
	8.15	8.55	7.90	7.80	8.75	9.35	9.35	7.95	8.75	7.95
			7.70	8.20						
เฉลี่ย	8.22		7.80		9.10		8.71		8.95	
15%NaOH	9.35	8.75	9.35	9.55	9.85	9.85	9.55	9.75	8.20	7.70
	10.15	9.45	8.95	8.95	9.95	9.95	10.05	9.55	7.80	7.20
	9.95	8.85	9.55	9.55	9.15	10.35	9.95	8.35	8.00	
	10.35	9.75	8.45	8.95	9.15	9.55	9.75	9.15		
เฉลี่ย	9.58		9.16		9.72		9.51		7.78	
20%NaOH	10.15	9.25	7.70	8.30	7.95	10.15	9.55	9.75	9.75	9.35
	9.35	9.05	7.80	8.30	9.55	9.15	9.05	9.35	10.15	8.55
	9.35	9.55	8.60		9.35	9.15	10.15	10.55	9.75	9.15
	9.95	9.15			9.55	9.55	10.35	10.35	9.65	9.22
เฉลี่ย	9.48		8.14		9.30		9.89		9.45	
30%NaOH	10.65	9.55	9.45	10.55	9.75	9.75	9.80	10.80	8.75	8.55
	10.35	9.55	9.95	9.65	10.15	8.95	8.80	11.00	9.55	10.15
	9.35	9.15	8.85	9.95	9.15	10.25	10.6	10.4	10.05	10.15
	9.75	10.25	10.35	10.05	10.55	9.55	10.4, 11.2	10.11	8.35	8.75
เฉลี่ย	9.83		9.85		9.76		10.40		9.29	

รูปที่ 14 ค่าความต้านทานแรงดึงของผ้าที่ชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10%, 15%, 20% และ 30% ที่อุณหภูมิ 10C, 15C, 20C, 30C และ 40C บนเครื่องชุบมันจำลอง



ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดันทะลุซึ่งบอกความแข็งแรงของผ้าที่ไม่ได้ชุบมันและผ้าที่ชุบมันจาก ตารางที่ 18 และ รูปที่ 14 พบว่า

- ผ้าที่ผ่านการชุบมันทุกภาวะที่กระทำมีค่าความต้านทานแรงดันทะลุหรือมีความแข็งแรงมากกว่าผ้าที่ไม่ได้ชุบมัน
- ผ้าชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10% ให้ค่าความต้านทานแรงดันทะลุต่ำที่สุดโดยเฉลี่ย
- ณ อุณหภูมิการชุบมันหนึ่งๆ การเพิ่มความเข้มข้นสารชุบมันทำให้ชุบมันได้ผ้าที่แข็งแรงขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจมีสาเหตุเดียวกับที่แสดงไว้ในผลการชุบมันบนแกนขึงผ้า
- การลดอุณหภูมิการชุบมันไม่ได้มีผลต่อความแข็งแรงของผ้าชุบมันนัก

ความเป็นกรด/ด่าง

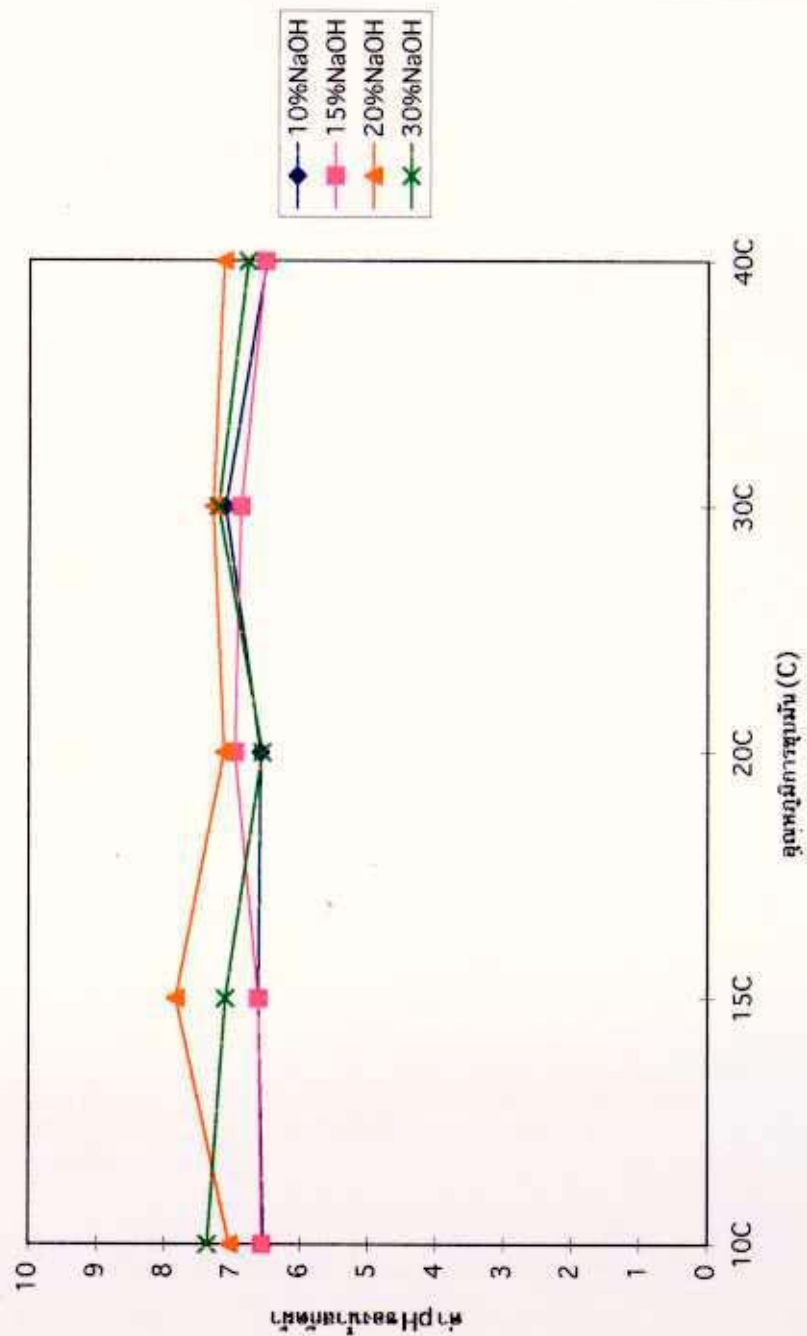
ผ้าที่ถูกทดสอบหาความเป็นกรด/ด่าง จากการวัด pH ของน้ำสกัดผ้าตามมาตรฐานการทดสอบ AATCC Test Method 81: pH of the Water-Extract from Bleached Textiles ผลการวัด pH ของน้ำสกัดผ้ามีแสดงไว้ในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ค่า pH ของน้ำสกัดจากผ้าที่ไม่ได้ชุบมันและผ้าที่ชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10%, 15%, 20% และ 30% ที่อุณหภูมิ 10°C, 15°C, 20°C, 30°C และ 40°C บนเครื่องชุบมันจำลอง

ค่า pH ของน้ำสกัดผ้า					
ไม่ชุบมัน	6.89				
ภาวะการชุบมัน	40°C	30°C	20°C	15°C	10°C
10%NaOH	6.50	7.11	6.58	6.61	6.53
15%NaOH	6.52	6.88	6.97	6.61	6.56
20%NaOH	7.13	7.29	7.12	7.83	7.04
30%NaOH	6.78	7.21	6.56	7.10	7.36

ผลการทดสอบหาค่า pH ของน้ำสกัดผ้าจากตารางที่ 19 และรูปที่ 15 พบว่า โดยเฉลี่ยผ้าชุบมันมีค่า pH ของน้ำสกัดผ้าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้คือ 6.5-7.5 แสดงถึงมีระบบการล้างผ้าดี

รูปที่ 15 ค่า pH ของน้ำสกัดจากผ้าที่ชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายไฮโดรอกไซด์ 10%, 15%, 20% และ 30% ที่อุณหภูมิ 10C, 15C, 20C, 30C และ 40C บนเครื่องชั่งน้ำมันจำลอง



4.1.4 การวิเคราะห์ผลเพื่อเลือกภาวะการชุบมันที่เหมาะสมสำหรับการชุบในโรงงาน

จากผลการทดลองทั้งหมดนี้สามารถสรุปได้ว่า การชุบมันที่เหมาะสมที่สามารถทำให้ผ้ามีระดับการชุบมันที่สมบูรณ์ ผ้าย้อมหลังชุบมันมีสีเข้ม ผ้ามีความแข็งแรงดีและมี pH ของน้ำสกัดผ้าในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือ ชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ตั้งแต่ 20% ขึ้นไป ณ อุณหภูมิตั้งแต่ 10°C-40°C แต่การชุบมันที่ความเข้มข้น 15% ก็เป็นภาวะการชุบมันที่น่าสนใจนำมาทดลองชุบมันเช่นกัน

ภาวะการชุบมันที่เลือกสำหรับการชุบมันในโรงงานมีทั้งหมด 6 ภาวะการชุบมันดังนี้

- ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20°Be' และ 25°Be' หรือประมาณ 15% และ 20% ตามลำดับ
- อุณหภูมิการชุบมัน 15°C, 20°C และ 30°C
- อัตราเร็วผ้า 10.7 เมตร/นาที โดยผ้าอยู่ในอ่างสารละลายเป็นเวลา 1.56 นาที
- อุณหภูมิการล้างผ้าหลังชุบมัน 80°C (ตู้ที่ 3) และ 90°C (ตู้ที่ 1-2)
- เวลาทั้งสิ้นที่ใช้ ปริมาตรสารละลายและปริมาตรน้ำล้าง แปรตามภาวะการชุบมัน
- ผ้าชุบมันถูกล้างจนผ้ามี pH เป็นกลางและตากแห้ง ถูกทดสอบหาระดับการชุบมัน ความสามารถในการดูดซึมสีย้อม ความแข็งแรงและความเป็นกรด/ด่าง

4.2 ผลการปฏิบัติงานในโรงงาน ประกอบด้วย

4.2.1 ผลการปฏิบัติงานในโรงงาน ประกอบด้วย

4.2.1.1 จากการศึกษาการชุบมันของบริษัท เค.เวลด์ เท็กซ์ไทล์ จำกัด สามารถสรุปข้อมูลได้ดังนี้

- เครื่องชุบมันที่ใช้เป็นเครื่องของ Dornier ที่สามารถทำการชุบมันและฟอกผ้าได้
- ผ้าทุกพับในโรงงานเป็นผ้าถัก
- ผ้าที่จะชุบมันส่วนใหญ่เป็นผ้าฝ้าย มีบ้างที่เป็นผ้าผสมพอลิเอสเตอร์
- ผ้าที่จะชุบมันเป็นผ้าฟอกแล้ว มีโครงสร้างเป็นซิงเกอร์เจซี่ ปีเก้ อินเตอร์ล็อก และอื่นๆ
- จำนวนพับของผ้าหรือน้ำหนักผ้าสำหรับการชุบมันแต่ละครั้งไม่เท่ากันแล้วแต่ปริมาณที่ลูกค้าต้องการ
- โดยเฉลี่ยแล้วผ้าหลังการชุบมันจะมีน้ำหนักว่างผ้าลดลงประมาณ 13-14 นิ้ว
- ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้คือ 25°Be' (ประมาณ 20%)
- ใช้สารช่วยเปียกและสารช่วยการชุบมันทั้งหมด 4 ชนิด แต่ละชนิดมีความเข้มข้นสารละลาย 2-3 มล./ล.
- ความเข้มข้นสารละลายอะซิติกที่ใช้คือ 1%
- อุณหภูมิการชุบโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 18-28°C
- ระยะเวลาที่ผ้าอยู่ในอ่างชุบโดยเฉลี่ย 48-50 วินาที
- %สารเคมีและน้ำในผ้าคือประมาณ 120% ของน้ำหนักผ้า
- อัตราเร็วผ้าในเครื่อง 13 เมตร/นาที

- อัตราเร็วส่งผ้า 14 เมตร/นาที
- ปริมาณน้ำล้างต่างออกจากผ้าประมาณ 2.5-3 ลบม./ชม.
- อุณหภูมิน้ำล้างต่างออกจากผ้าประมาณ 70-80°C
- ระยะเวลาการล้างต่างออกจากผ้าประมาณ 2 1/2-3 นาที
- อัตราส่วนผ้าต่อสารละลายกรดคือ 1:10
- อุณหภูมิการแช่กรดคือ 60°C
- เวลาการแช่กรดคือ 20 นาที
- เครื่องส่วนของการซุบต่างและล้างต่างออกใช้ไฟ 3 เฟส คือ 48.6, 46.8 และ 45.0 แอมแปร์, 78 กิโลวัตต์, 380 โวลต์ AC, 50 เฮิร์ตซ์
- เครื่องส่วนของการแช่ล้างด้วยกรดใช้ไฟ 3 เฟส คือ 14.1, 13.0 และ 14.2 แอมแปร์, 380 โวลต์ AC, 50 เฮิร์ตซ์ (ไม่สามารถระบุค่ากิโลวัตต์ของส่วนนี้ได้ เพราะเครื่องเก่า, ไม่มีการบันทึกค่าไว้)
- ระยะเวลาทั้งกระบวนการขึ้นอยู่กับปริมาณผ้าแต่ละครั้ง

4.2.1.2 จากการศึกษาศึกษาการซุบมันของ บริษัท ทองไทยการทอ จำกัด สรุปข้อมูลที่รวบรวมได้ดังนี้

- เครื่องซุบมันผ้าถักที่ใช้เป็นเครื่อง Dornier รุ่น ASM/3 ซึ่งมีอายุการใช้งาน 5 ปี
- ผ้าทุกพับในโรงงานเป็นผ้าถัก
- ผ้าที่จะซุบมันเป็นผ้าฝ้ายถักที่เป็นผ้าดิบ มีโครงสร้างเป็นซิงเกอร์เจซี่ เบอร์ด้าย 20 และ 32
- จำนวนพับของผ้าหรือน้ำหนักผ้าสำหรับการซุบมันแต่ละครั้งไม่เท่ากันแล้วแต่ปริมาณที่ลูกค้าต้องการ
- โดยเฉลี่ยแล้วผ้าหลังการซุบมันจะมีน้ำหนักว่างผ้าลดลงประมาณ 3-12 นิ้ว
- ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้คือ 33°Be' (ประมาณ 27%)
- ใช้สารช่วยการซุบมันทั้งหมด 2 ชนิด ที่ความเข้มข้น 3 และ 6 กรัม/ลิตร
- ปริมาตรสารละลายทั้งหมดสำหรับการซุบคือ 1,800-2,000 ลิตร
- อุณหภูมิการซุบมันคือ 16°C
- ระยะเวลาที่ผ้าอยู่ในอ่างซุบสารเคมีประมาณ 80-116 วินาที
- อัตราเร็วผ้าในเครื่อง 9.35-10.7 เมตร/นาที
- ปริมาณน้ำล้างต่างออกจากผ้าประมาณ 2.4 ลบม./ชม.
- อุณหภูมิน้ำล้างต่างออกจากผ้า 80°C (ตู้ที่ 3) และ 90°C (ตู้ที่ 1-2)
- ระยะเวลาการล้างต่างออกจากผ้าประมาณ 4.2 นาที
- ไม่ได้ทำการล้างผ้าด้วยกรดในเครื่องนี้หลังซุบมัน
- ระยะเวลาทั้งกระบวนการขึ้นอยู่กับปริมาณผ้าแต่ละครั้ง
- ราคาโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.6 บาท/กิโลกรัม
- ราคาสารช่วยการซุบมัน 2 ชนิด 120 บาท/กิโลกรัม และ 62 บาท/กิโลกรัม
- ค่าน้ำเดือนตุลาคมถึงธันวาคม 2543 ราคา 1.35บาท/ลบม.

- ค่าไฟฟ้า 1.703 บาท/ยูนิต์
- ผัดบก่อนชุบมันถูกทดสอบได้ผลดังนี้
 แบเรียมแอคทีวิตี (barium activity number, BAN) 108.2
 ความเข้มข้นสีฝ้าย้อม (K/S) 7.625
 pH 6.76 และความต้านทานแรงดันทะลุ 8.58 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร
- ผัดบหลังชุบมันถูกทดสอบได้ผลดังนี้
 แบเรียมแอคทีวิตี (barium activity number, BAN) ประมาณ 150-160
 ความเข้มข้นสีฝ้าย้อม (K/S) ประมาณ 7-8
 pH ประมาณ 10 และความต้านทานแรงดันทะลุประมาณ 12 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

4.2.2 ผลการชุบมันบนเครื่องชุบมันในโรงงานและการทดสอบผ้า

ระดับการชุบมัน

ระดับการชุบมันของผ้าวัดได้จากค่าแบเรียมแอคทีวิตี (barium activity number, BAN) ตามมาตรฐานการทดสอบ AATCC Test Method 89: Mercerization in Cotton มาตรฐานการทดสอบระบุว่าฝ้ายชุบมันอย่างสมบูรณ์มีค่า BAN ตั้งแต่ 150 ขึ้นไปและค่า BAN ต่างกันในช่วงค่า 1-5 ไม่ถือว่ามีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 20 แสดงค่าแบเรียมแอคทีวิตีของผ้าที่ไม่ได้ชุบมันและผ้าที่ชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% และ 20% ที่อุณหภูมิ 15°C, 20°C และ 30°C บนเครื่องชุบมันของโรงงาน พบว่าผ้าไม่ได้ชุบมันมีค่า BAN ต่ำอยู่ที่ราว 110 ผ้าที่ผ่านการชุบมันมีค่า BAN สูงขึ้น โดยผ้าที่ชุบมันด้วยความเข้มข้นสารละลาย 20% ที่อุณหภูมิ 15°C, 20°C และ 30°C มีค่า BAN ใกล้เคียงกันคือราว 155 และผ้าที่ชุบมันด้วยความเข้มข้นสารละลาย 15% ที่สามอุณหภูมินี้มีค่า BAN ราว 136-137 (ค่า BAN ของผ้าชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลาย 15% ที่ 20°C มีค่าต่ำมากทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระหว่างการชุบมัน ผ่านนำส่วนที่ใกล้ผ้าที่จะชุบมันเกิดขาดจึงต้องดึงผ้าเข้ามาต่อและอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ผ้าที่จะชุบมันมีเวลาอยู่ในสารละลายสั้นเกินไปจนการชุบมันได้ผลไม่ดีเท่าที่ควรเป็น) การชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลาย 20% ที่อุณหภูมิ 15-30°C ให้ผลการชุบมันที่สมบูรณ์และการชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลาย 15% ที่อุณหภูมิทั้งสามนี้ให้ผลการชุบมันที่ไม่สมบูรณ์

ตารางที่ 20 ค่าเบรียมแอคติวิตีของผ้าที่ไม่ได้ชุบมันและผ้าที่ชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15 % และ 20% ที่อุณหภูมิ 15°C, 20°C และ 30°C บนเครื่องชุบมันของโรงงาน

ค่าเบรียมแอคติวิตี (BAN)						
ไม่ชุบมัน	110.00			109.21		
เฉลี่ย	109.60					
ภาวะการชุบมัน	15°C		20°C		30°C	
15%NaOH	133.73	136.47	122.92	121.88	139.17	137.75
เฉลี่ย	135.10		122.40		138.46	
20%NaOH	157.14	155.13	152.94	155.29	152.94	155.55
เฉลี่ย	156.14		154.12		154.24	

ความสามารถในการดูดซึมสีย้อม

ผ้าถูกย้อมด้วยสีไดเร็กซ์ Benzopurpurine 4B (สีย้อม 100%, ไม่มีสารช่วยย้อมหรือสารอื่นเจือปน) ด้วยอัตราส่วนผ้าต่อสารละลายสีย้อมเท่ากับ 1 ต่อ 30 ที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 45 นาที โดยไม่มีการเติมเกลือช่วยย้อม จากนั้นล้างผ้าด้วยน้ำและตากแห้ง ผ้าถูกวัดค่า K/S ด้วย Macbeth Reflectance Spectrophotometer เพื่อหาความเข้มของสีผ้าหลังการย้อม โดยผ้าที่มีค่า K/S สูงกว่ามีสีเข้มหรือมีปริมาณสีย้อมมากกว่าผ้าที่มีค่า K/S ต่ำกว่า ผลการวัดค่า K/S ของผ้าแสดงไว้ในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 แสดงความเข้มของสีผ้าย้อมที่ไม่ได้ชุบมันและที่ชุบมันเป็นค่า K/S พบว่าผ้าชุบมันมีค่าความเข้มของสีผ้าย้อมมากกว่าผ้าที่ไม่ได้ชุบมันคือมีค่าตั้งแต่ 7.0-8.7 ซึ่งผ้าที่ไม่ได้ชุบมันมีค่า 5.7 ทุกภาวะการชุบมันที่กระทำได้ผ้าที่มีความเข้มสีใกล้เคียงกันถึงแม้ค่า BAN จะต่างกันเกือบ 20 ดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 21 ค่า K/S ของผ้าที่ไม่ได้ชุบมันและผ้าที่ชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% และ 20% ที่อุณหภูมิ 15°C, 20°C และ 30°C บนเครื่องชุบมันของโรงงาน

ค่า K/S			
ไม่ชุบมัน	5.742		
ภาวะการชุบมัน	15°C	20°C	30°C
15%NaOH	7.992	8.270	7.010
20%NaOH	8.668	7.834	7.919

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยของ 2 ค่า ซึ่งเครื่องวัดไม่แสดงข้อมูลดิบ

ความแข็งแรง

ผ้าถูกทดสอบหาความแข็งแรงโดยการวัดค่าความต้านทานแรงดันทะลุของผ้าถัก (bursting strength) ตามมาตรฐานการทดสอบ JIS L 0888 ผลการวัดค่าความต้านทานแรงดันทะลุผ้ามีแสดงไว้ในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 แสดงค่าความต้านทานแรงดันทะลุของผ้าไม่ได้ชุบมันและผ้าชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% และ 20% ที่อุณหภูมิ 15°C, 20°C และ 30°C พบว่า ผ้าที่ผ่านการชุบมันมีค่าความต้านทานแรงดันทะลุหรือมีความแข็งแรงมากกว่าผ้าที่ไม่ได้ชุบมัน คือมีค่าความต้านทานแรงดันทะลุราว 10-11 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ในขณะที่ผ้าที่ไม่ได้ชุบมันมีค่า 8.2 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร การชุบมันนี้ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ผ้าฝ้าย

ตารางที่ 22 ค่าความต้านทานแรงดันทะลุของผ้าที่ไม่ได้ชุบมันและผ้าที่ชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% และ 20% ที่อุณหภูมิ 15°C, 20°C และ 30°C บนเครื่องชุบมันของโรงงาน

ค่าความต้านทานแรงดันทะลุ (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)										
ไม่ชุบมัน	8.2	8.4	8.0	8.6	8.2	8.4	7.6	8.5	7.8	8.4
เฉลี่ย	8.21									
ภาวะการชุบมัน	15°C			20°C			30°C			
15%NaOH	11.25	11.25	11.15	11.25	10.20	9.80				
	10.35	10.95	10.85	11.15	10.60	10.20				
	10.75	11.35	11.25	11.15	10.40	10.20				
	11.35	10.35	11.35	11.05	10.30	9.80				
	10.15	10.15	10.65	10.35	10.00	9.90				
เฉลี่ย	10.79			11.02			10.14			
20%NaOH	10.75	10.65	10.55	9.60	9.90	10.40				
	10.85	11.25	10.15	10.60	10.40	10.80				
	11.25	11.15	11.55	10.20	10.60	10.60				
	11.35	10.35	10.75	10.40	10.20	10.80				
	11.05	11.25	10.20	11.10	10.70	10.70				
เฉลี่ย	10.99			10.51			10.51			

ความเป็นกรด/ด่าง

ผ้าถูกทดสอบหาความเป็นกรด/ด่างจากการวัด pH ของน้ำสกัดผ้าตามมาตรฐานการทดสอบ AATCC Test Method 81: pH of the Water-extract from Bleached Textiles ผลการวัด pH ของน้ำสกัดผ้ามีแสดงไว้ในตารางที่ 23

ผลการทดสอบหาค่า pH ของน้ำสกัดผ้าจากตารางที่ 23 พบว่า โดยเฉลี่ยผ้าชุบมันมีค่า pH ของน้ำสกัดผ้าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้คือ 6.5-7.5

ตารางที่ 23 ค่า pH ของน้ำสกัดจากผ้าที่ไม่ได้ชุบมันและผ้าที่ชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% และ 20% ที่อุณหภูมิ 15°C, 20°C และ 30°C บนเครื่องชุบมันของโรงงาน

ค่า pH ของน้ำสกัดผ้า			
ไม่ชุบมัน	6.95		
ภาวะการชุบมัน	15°C	20°C	30°C
15%NaOH	6.67	6.78	6.86
20%NaOH	7.21	7.34	6.64

จากผลการชุบมันผ้าฝ้ายถักทั้ง 6 ภาวะ สามารถสรุปได้ดังนี้ ผ้าชุบมันมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจากการชุบมัน มี pH ของน้ำสกัดผ้า 6.5-7.5 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ต้องการ สามารถย้อมได้สีเข้มขึ้นและมีระดับการชุบมันสูงขึ้น โดยที่กระทำการชุบมันผ้าที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% ที่อุณหภูมิ 15°C-30°C แล้ว ให้ผ้าที่ชุบมันไม่สมบูรณ์ แต่สามารถชุบมันให้สมบูรณ์เมื่อชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลาย 20% ที่ช่วงอุณหภูมิเดียวกัน

4.2.3 การวิเคราะห์ผลการชุบมันและต้นทุนการชุบมันบนเครื่องชุบมันในโรงงาน

- จากผลการชุบมันในโรงงานทำให้สรุปได้ว่า การชุบมันที่ให้ผลการชุบมันที่สมบูรณ์ ผ้าย้อมได้สีเข้ม ผ้าแข็งแรงขึ้นและมี pH อยู่ในช่วงที่ต้องการ คือ การชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ตั้งแต่ 20% ขึ้นไปที่อุณหภูมิ 15°C-30°C การชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% ที่อุณหภูมิ 15°C-30°C ให้ผลการชุบมันที่ไม่สมบูรณ์แต่สามารถย้อมผ้าได้สีเข้ม ผ้ามีความแข็งแรงขึ้นและมี pH อยู่ในช่วงที่ต้องการ ซึ่งการชุบมันที่ไม่สมบูรณ์อาจทำให้เส้นใยไม่สามารถดูดซึมสีย้อมเข้าไปลึกพอ ทำให้ผ้ามีความคงทนของสีต่อการซักและการขัดถูต่ำ และอาจย้อมได้สีไม่สม่ำเสมอเมื่อย้อมผ้าปริมาณมากๆ เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนการชุบมันควรเลือกชุบมันที่อุณหภูมิ 30°C เพราะเป็นอุณหภูมิห้องที่ไม่ต้องใช้เครื่องทำความเย็นหรือเครื่องทำความร้อน
- จากการรวบรวมข้อมูลการชุบมันผ้าฝ้าย 3 ชุดของโรงงานในปัจจุบัน สามารถสรุปต้นทุนการชุบมันได้ดังนี้

ผ้าชุดที่ 1

- ผ้าฝ้ายถักซิงเกอร์เจอซีเบอร์ด้าย 32 น้ำหนักรวม 365.7 กิโลกรัม
- ชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น $33^{\circ}\text{Be}'$ (ประมาณ 27%, 2.6 บาท/กิโลกรัม) ที่อุณหภูมิ 16°C
- สารช่วยชุบมัน 2 ชนิด 6 กรัม/ลิตร (120 บาท/กิโลกรัม) และ 3 กรัม/ลิตร (62 บาท/กิโลกรัม)
- ปริมาตรสารละลาย 1,900 ลิตร
- ปริมาณน้ำล้าง 8,400 ลิตร
- ค่าน้ำ 1.35 บาท/ลบ.ม
- ใช้เวลาชุบมัน 215 นาทีและใช้เวลาทำให้สารละลายเย็นถึง 16°C เป็นเวลา 125 นาที รวมเวลาที่ใช้ทั้งสิ้น 340 นาที
- Factor ไฟฟ้าคือ 23.7 KW และค่าไฟฟ้า 1.703 บาท/ยูนิต
- ดังนั้นใช้ไฟฟ้าในกระบวนการไป $340 \times 23.7 \times 1.703 = 13,722.774$ บาท
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ 486.78 กิโลกรัม สารช่วยชุบมัน 11.4 กิโลกรัม (6 กรัม/ลิตร) และ 5.7 กิโลกรัม (3 กรัม/ลิตร) คิดเป็นเงิน $(486.78 \times 2.6) + (11.4 \times 120) + (5.7 \times 62) = 2,987.03$ บาท
- ใช้น้ำล้าง 8,400 ลิตร และสารละลาย 1,900-โซเดียมไฮดรอกไซด์-สารช่วยชุบมัน = $1,900 - 486.78 - 11.4 - 5.7 = 1,396.12$ ลิตร รวมใช้น้ำ $8,400 + 1,396.12 = 9,796.12$ ลิตร คิดเป็นเงิน $(9,796.12 / 1,000) \times 1.35 = 13.22$ บาท
- รวมต้นทุนการชุบมันทั้งสิ้น 16,723.024 บาทต่อผ้า 365.7 กิโลกรัมหรือ 45.73 บาทต่อผ้าฝ้ายถักซิงเกอร์เจอซีเบอร์ด้าย 32 จำนวน 1 กิโลกรัม

ผ้าชุดที่ 2

- ผ้าฝ้ายถักซิงเกอร์เจอซีเบอร์ด้าย 20 น้ำหนักรวม 394.51 กิโลกรัม
- ชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น $33^{\circ}\text{Be}'$ (ประมาณ 27%, 2.6 บาท/กิโลกรัม) ที่อุณหภูมิ 16°C
- สารช่วยชุบมัน 2 ชนิด 6 กรัม/ลิตร (120 บาท/กิโลกรัม) และ 3 กรัม/ลิตร (62 บาท/กิโลกรัม)
- ปริมาตรสารละลาย 1,900 ลิตร
- ปริมาณน้ำล้าง 7,800 ลิตร
- ค่าน้ำ 1.35 บาท/ลบ.ม
- ใช้เวลาชุบมัน 195 นาทีและใช้เวลาทำให้สารละลายเย็นถึง 16°C เป็นเวลา 125 นาที รวมเวลาที่ใช้ทั้งสิ้น 320 นาที
- Factor ไฟฟ้าคือ 23.7 KW และค่าไฟฟ้า 1.703 บาท/ยูนิต
- ดังนั้นใช้ไฟฟ้าในกระบวนการไป $320 \times 23.7 \times 1.703 = 12,915.552$ บาท
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ 486.78 กิโลกรัม สารช่วยชุบมัน 11.4 กิโลกรัม (6 กรัม/ลิตร) และ 5.7 กิโลกรัม (3 กรัม/ลิตร) คิดเป็นเงิน $(486.78 \times 2.6) + (11.4 \times 120) + (5.7 \times 62) = 2,987.03$ บาท

- ใช้น้ำล้าง 7,800 ลิตร และสารละลาย 1,900-โซเดียมไฮดรอกไซด์-สารช่วยซบมัน = 1,900-486.78-11.4-5.7 = 1,396.12 ลิตร รวมใช้น้ำ 7,800 + 1396.12 = 9,196.12 ลิตร คิดเป็นเงิน $(9,196.12/1,000) \times 1.35 = 12.42$ บาท
- รวมต้นทุนการซบมันทั้งสิ้น 15,915.002 บาทต่อผ้า 394.51 กิโลกรัมหรือ 40.34 บาทต่อผ้า ฝ่ายถักซิงเกอร์เจอซีเบอร์ตัด 20 จำนวน 1 กิโลกรัม

ผ้าชุดที่ 3

- ผ้าฝ่ายถักซิงเกอร์เจอซีเบอร์ตัด 20 น้ำหนักรวม 404.86 กิโลกรัม
- ซบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น $33^\circ\text{Be}'$ (ประมาณ 27%, 2.6บาท/กิโลกรัม) ที่อุณหภูมิ 16°C
- สารช่วยซบมัน 2 ชนิด 6 กรัม/ลิตร (120 บาท/กิโลกรัม) และ 3 กรัม/ลิตร (62 บาท/กิโลกรัม)
- ปริมาตรสารละลาย 1,900 ลิตร
- ปริมาตรน้ำล้าง 8,800 ลิตร
- ค่าน้ำ 1.35 บาท/ ลบม.
- ใช้เวลาซบมัน 220 นาทีและใช้เวลาทำให้สารละลายเย็นถึง 16°C เป็นเวลา 125 นาที รวมเวลาที่ใช้ทั้งสิ้น 345 นาที
- Factor ไฟฟ้า คือ 23.7 KW และค่าไฟฟ้า 1.703 บาท/ยูนิต
- ดังนั้นใช้ไฟฟ้าในกระบวนการไป $345 \times 23.7 \times 1.703 = 13,924.579$ บาท
- ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 486.78 กิโลกรัม สารช่วยซบมัน 11.4 กิโลกรัม (6 กรัม/ลิตร) และ 5.7 กิโลกรัม (3 กรัม/ลิตร) คิดเป็นเงิน $(486.78 \times 2.6) + (11.4 \times 120) + (5.7 \times 62) = 2,987.03$ บาท
- ใช้น้ำล้าง 8,800 ลิตร และสารละลาย 1,900-โซเดียมไฮดรอกไซด์-สารช่วยซบมัน = 1,900-486.78-11.4-5.7 = 1,396.12 ลิตร รวมใช้น้ำ 8,800 + 1,396.12 = 10,196.12 ลิตร คิดเป็นเงิน $(10,196.12/1,000) \times 1.35 = 13.76$ บาท
- รวมต้นทุนการซบมันทั้งสิ้น 16,925.369 บาทต่อผ้า 404.86 กิโลกรัม หรือ 41.80 บาทต่อผ้า ฝ่ายถักซิงเกอร์เจอซีเบอร์ตัด 20 จำนวน 1 กิโลกรัม

จากการรวบรวมข้อมูลการซบมัน 6 ภาวะการซบมันที่โรงงาน สามารถสรุปต้นทุนการซบมันได้ดังนี้

การซบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ $20^\circ\text{Be}'$ (15%) ที่ 15°C

- ผ้าฝ่ายถักซิงเกอร์เจอซีเบอร์ตัด 20 ความยาว 2-3 เมตร
- ซบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น $20^\circ\text{Be}'$ (ประมาณ 15%, 2.6บาท/กิโลกรัม) ที่อุณหภูมิ 15°C
- ไม่ใส่สารช่วยซบมัน
- ปริมาตรสารละลาย 1,900 ลิตร

- ปริมาณน้ำล้าง 400 ลิตร
- ค่าน้ำ 1.35 บาท/ลบ.ม
- ใช้เวลาชุบมัน 10 นาที และใช้เวลาทำให้สารละลายเย็นถึง 15°C เป็นเวลา 150 นาที รวมเวลาที่ใช้ทั้งสิ้น 160 นาที
- Factor ไฟฟ้าคือ 23.7 KW และค่าไฟฟ้า 1.703 บาท/ยูนิต
- ดังนั้นใช้ไฟฟ้าในกระบวนการไป $160 \times 23.7 \times 1.703 = 6,457.78$ บาท
- ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 322.62 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน $322.62 \times 2.6 = 838.81$ บาท
- ใช้น้ำล้าง 400 ลิตร และสารละลาย 1,900-โซเดียมไฮดรอกไซด์ = $1,900 - 322.62 = 1,577.38$ ลิตร รวมใช้น้ำ $400 + 1,577.38 = 1,977.38$ ลิตร คิดเป็นเงิน $(1,977.38/1,000) \times 1.35 = 2.67$ บาท
- รวมต้นทุนการชุบมันทั้งสิ้น 7,299.26 บาท

การชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20°Be' (15%) ที่ 20 °C

- ผ้าฝ้ายถักชิงเกอร์เจอร์ซี่เบอร์ด้าย 20 ความยาว 2-3 เมตร
- ชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 20°Be' (ประมาณ 15%, 2.6บาท/กิโลกรัม) ที่อุณหภูมิ 20°C
- ไม่ใส่สารช่วยชุบมัน
- ปริมาณสารละลาย 1,900 ลิตร
- ปริมาณน้ำล้าง 400 ลิตร
- ค่าน้ำ 1.35 บาท/ลบ.ม
- ใช้เวลาชุบมัน 10 นาที และใช้เวลาทำให้สารละลายเย็นถึง 20°C เป็นเวลา 240 นาที รวมเวลาที่ใช้ทั้งสิ้น 250 นาที
- Factor ไฟฟ้าคือ 23.7 KW และค่าไฟฟ้า 1.703 บาท/ยูนิต
- ดังนั้นใช้ไฟฟ้าในกระบวนการไป $250 \times 23.7 \times 1.703 = 10,090.275$ บาท
- ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 322.62 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน $322.62 \times 2.6 = 838.81$ บาท
- ใช้น้ำล้าง 400 ลิตร และสารละลาย 1,900-โซเดียมไฮดรอกไซด์ = $1,900 - 322.62 = 1,577.38$ ลิตร รวมใช้น้ำ $400 + 1,577.38 = 1,977.38$ ลิตร คิดเป็นเงิน $(1,977.38/1,000) \times 1.35 = 2.67$ บาท
- รวมต้นทุนการชุบมันทั้งสิ้น 10,931.755 บาท

การชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20°Be' (15%) ที่ 30°C

- ผ้าฝ้ายถักชิงเกอร์เจอร์ซี่เบอร์ด้าย 20 ความยาว 2-3 เมตร
- ชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 20°Be' (ประมาณ 15%, 2.6บาท/กิโลกรัม) ที่อุณหภูมิ 30°C
- ไม่ใส่สารช่วยชุบมัน

- ปริมาตรสารละลาย 1,900 ลิตร
- ปริมาตรน้ำล้าง 400 ลิตร
- คำน่ำ 1.35/ลบ.ม
- ใช้เวลาชุบมัน 10 นาทีและใช้เวลาทำให้สารละลายเย็นถึง 30°C เป็นเวลา 65 นาที
รวมเวลาที่ใช้ทั้งสิ้น 75 นาที
- Factor ไฟฟ้าคือ 23.7 KW และค่าไฟฟ้า 1.703 บาท/ยูนิต
- ดังนั้นใช้ไฟฟ้าในกระบวนการไป $75 \times 23.7 \times 1.703 = 3,027.0825$ บาท
- ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 322.62 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน $322.62 \times 2.6 = 838.81$ บาท
- ใช้น้ำล้าง 400 ลิตร และสารละลาย 1,900-โซเดียมไฮดรอกไซด์ = $1,900 - 322.62 = 1,577.38$ ลิตร รวมใช้น้ำ $400 + 1,577.38 = 1,977.38$ ลิตร คิดเป็นเงิน $(1,977.38/1,000) \times 1.35 = 2.67$ บาท
- รวมต้นทุนการชุบมันทั้งสิ้น 3,868.5625 บาท

การชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 25°Be' (20%) ที่ 15°C

- ผ้าฝ้ายถักชิงเกอร์เจอร์เซีเบอร์ด้าย 20 ความยาว 2-3 เมตร
- ชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 25°Be' (ประมาณ 20%, 2.6 บาท/กิโลกรัม) ที่อุณหภูมิ 15 °C
- ไม่ใส่สารช่วยชุบมัน
- ปริมาตรสารละลาย 1,700 ลิตร
- ปริมาตรน้ำล้าง 520 ลิตร
- คำน่ำ 1.35 บาท/ลบ.ม
- ใช้เวลาชุบมัน 13 นาทีและใช้เวลาทำให้สารละลายเย็นถึง 15°C เป็นเวลา 125 นาที รวมเวลาที่ใช้ทั้งสิ้น 138 นาที
- Factor ไฟฟ้าคือ 23.7 KW และค่าไฟฟ้า 1.703 บาท/ยูนิต
- ดังนั้นใช้ไฟฟ้าในกระบวนการไป $138 \times 23.7 \times 1.703 = 5,569.83$ บาท
- ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 394.06 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน $394.06 \times 2.6 = 1,024.56$ บาท
- ใช้น้ำล้าง 520 ลิตร และสารละลาย 1,700-โซเดียมไฮดรอกไซด์ = $1,700 - 394.06 = 1,305.94$ ลิตร รวมใช้น้ำ $520 + 1,305.94 = 1,825.94$ ลิตร คิดเป็นเงิน $(1,825.94/1,000) \times 1.35 = 2.46$ บาท
- รวมต้นทุนการชุบมันทั้งสิ้น 6,596.85 บาท

การชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 25°Be' (20%) ที่ 20°C

- ผ้าถักชิงเกอร์เจอร์เซีเบอร์ด้าย 20 ความยาว 2-3 เมตร
- ชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 25°Be' (ประมาณ 20%, 2.6 บาท/กิโลกรัม) ที่อุณหภูมิ 20°C

- ไม่ใส่สารช่วยชุบมัน
- ปริมาตรสารละลาย 1,700 ลิตร
- ปริมาตรน้ำล้าง 600 ลิตร
- ค่าน้ำ 1.35 บาท/ลบ.ม
- ใช้เวลาชุบมัน 15 นาที และใช้เวลาทำให้สารละลายเย็นถึง 20°C เป็นเวลา 105 นาที รวมเวลาที่ใช้ทั้งสิ้น 120 นาที
- Factor ไฟฟ้าคือ 23.7 KW และค่าไฟฟ้า 1.703 บาท/ยูนิิต
- ดังนั้นใช้ไฟฟ้าในกระบวนการไป $120 \times 23.7 \times 1.703 = 4,843.332$ บาท
- ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 394.06 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน $394.06 \times 2.6 = 1,024.56$ บาท
- ใช้น้ำล้าง 600 ลิตร และสารละลาย 1,700-โซเดียมไฮดรอกไซด์ = $1,700 - 394.06 = 1,305.94$ ลิตร รวมใช้น้ำ $600 + 1,305.94 = 1,905.94$ ลิตร คิดเป็นเงิน $(1,905.94/1,000) \times 1.35 = 2.57$ บาท
- รวมต้นทุนการชุบมันทั้งสิ้น 5,870.462 บาท

การชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 25°Be' (20%) ที่ 30°C

- ผ้าฝ้ายถักชิงเกอร์เจือซีเบอร์ด้าย 20 ความยาว 2-3 เมตร
- ชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 25°Be' (ประมาณ 20%, 2.6 บาท/กิโลกรัม) ที่อุณหภูมิ 30°C
- ไม่ใส่สารช่วยชุบมัน
- ปริมาตรสารละลาย 1,800 ลิตร
- ปริมาตรน้ำล้าง 320 ลิตร
- ค่าน้ำ 1.35 บาท/ลบ.ม
- ใช้เวลาชุบมัน 8 นาทีและใช้เวลาทำให้สารละลายเย็นถึง 30°C เป็นเวลา 65 นาที รวมเวลาที่ใช้ทั้งสิ้น 73 นาที
- Factor ไฟฟ้าคือ 23.7 KW และค่าไฟฟ้า 1.703 บาท/ยูนิิต
- ดังนั้นใช้ไฟฟ้าในกระบวนการไป $73 \times 23.7 \times 1.703 = 2,946.3603$ บาท
- ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 394.06 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน $394.06 \times 2.6 = 1,024.56$ บาท
- ใช้น้ำล้าง 320 ลิตร และสารละลาย 1,800-โซเดียมไฮดรอกไซด์ = $1,800 - 394.06 = 1,405.94$ ลิตร รวมใช้น้ำ $320 + 1,405.94 = 1,725.94$ ลิตร คิดเป็นเงิน $(1,725.94/1,000) \times 1.35 = 2.33$ บาท
- รวมต้นทุนการชุบมันทั้งสิ้น 3,973.2503 บาท

ตารางที่ 24 สรุปรวมต้นทุนการชุบมัน 6 ภาวะการชุบมันที่กระทำในโรงงาน

รวมต้นทุนการชุบมัน 6 ภาวะที่กระทำในโรงงาน (บาท)						
	15°C		20°C		30°C	
15%NaOH	7,299.26		10,931.76*		3,868.56	
(20°Be')	BAN	K/S	BAN	K/S	BAN	K/S
	135.10	7.992	122.40	8.270	138.46	7.010
20%NaOH	6,596.85		5,870.46		3,973.25	
(25°Be')	BAN	K/S	BAN	K/S	BAN	K/S
	156.14	8.668	154.12	7.834	154.24	7.919

*ต้นทุนการชุบมันที่ภาวะ 15%NaOH (20°Be'), 20°C มีค่าสูงกว่าการชุบมันที่ภาวะอื่นๆ เนื่องจากระหว่างการชุบมันเกิดการขาดของผ้าไหม และในวันนั้นต้องใช้เวลานานสำหรับการชุบมันและสำหรับการทำให้สารละลาย NaOH มีอุณหภูมิ 20°C ค่าที่ถูกต้องควรอยู่ระหว่าง 7,299.26 บาท และ 3,868.56 บาท

จากต้นทุนการชุบมันที่แสดงในตารางที่ 24 พบว่า การชุบมันที่อุณหภูมิ 30°C มีต้นทุนที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับการชุบมันที่อุณหภูมิอื่นๆ การลดอุณหภูมิการชุบมันจาก 30°C เป็น 15°C ต้องเพิ่มต้นทุนขึ้นอีก 3,430.70 บาท สำหรับการชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลาย NaOH 15% และต้องเพิ่มอีก 2,623.60 บาท สำหรับการชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลาย NaOH 20% การชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลาย NaOH 20% ที่ 30°C มีต้นทุนสูงกว่าการชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลาย NaOH 15% ที่ 30°C อยู่เพียง 104.69 บาท แต่ให้ผลของระดับการชุบมันที่สมบูรณ์ซึ่งทำให้เส้นใยสามารถดูดซึมสีย้อมเข้าไปได้ลึกและย้อมติดสีสม่ำเสมอกว่าผ้าที่ชุบมันไม่สมบูรณ์ ฉะนั้นถ้าต้องการผลการชุบมันที่สมบูรณ์ ย้อมผ้าได้สีเข้มและประหยัดต้นทุน ควรชุบมันที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20% ที่ 30°C

ข้อเสนอแนะ

1. เครื่องชุบมันจำลองในห้องปฏิบัติการนี้เป็นเครื่องเดียวและเครื่องแรกในประเทศที่สามารถใช้งานได้แต่ยังไม่สมบูรณ์เพราะยังขาดอุปกรณ์บางอย่างที่ช่วยให้การทำงานของเครื่องมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้วิจัยจะทำการจัดหาอุปกรณ์เหล่านี้มาเสริมเมื่อมีทุนวิจัยเพิ่มเติม และจะดัดแปลงเครื่องให้สามารถใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น เช่น สามารถใช้ฟอกย้อมผ้าได้ เป็นต้น เพื่อใช้ในการเรียนการสอนและการวิจัยของภาควิชาวัสดุศาสตร์ต่อไป นอกจากนี้จะเปิดโอกาสให้ผู้ประกอบการที่สนใจจะใช้เครื่องสามารถมาขอใช้ได้
2. ผู้ประกอบการสั่งทอจาก บริษัท ทองไทยการทอ จำกัด มีความสนใจศึกษาเรื่องความเงามันของผ้าชุบมัน ภาวะการชุบมันต่าง ๆ ซึ่งผู้วิจัยไม่มีเครื่องวัดความเงามันของผ้า มีแต่เครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงของผ้า ผู้วิจัยจึงได้วัดค่าการสะท้อนแสงของผ้าชุบมันจากโรงงานให้แก่ผู้ประกอบการ ณ ความยาวคลื่นแสงระหว่าง 400-700 นาโนเมตร ซึ่งการศึกษาเรื่องความเงามันของผ้าชุบมันนั้นเป็นเรื่องที่น่าสนใจและสมควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป
3. เรื่องการนำสารชุบมันกลับมาใช้ใหม่นี้ก็ควรได้รับความสนใจให้ศึกษาต่อไปเช่นกัน บริษัท ทองไทยการทอ จำกัด ทำการชุบมันผ้าฝ้ายที่เป็นผ้าดิบ ซึ่งจะมีสิ่งสกปรกจากผ้าตกอยู่ในสารชุบมันหลังการชุบมันและต้องกรองแยกออกแล้วจึงนำสารชุบมันกลับมาใช้ใหม่ได้ ขณะนี้ทางบริษัทมีความสนใจการชุบมันผ้าที่ผ่านการฟอก ซึ่งจะสามารถลดปริมาณสิ่งสกปรกจากผ้าลงได้ ทำให้การนำสารชุบมันกลับมาใช้ใหม่ทำได้ง่ายขึ้น

ภาคผนวก

กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยนี้

1. การผลิตบัณฑิต

- โครงการนี้ได้สนับสนุนการผลิตผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ 1 คน คือ นางสาววรรณ อัสเวศน์ จาก ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2543 และ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีสิ่งทอ 2 คน คือ นางสาวกิ่งกมล ชุนกุลพงศ์ และนายวิชัย แซ่เซ จากภาควิชาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ

2. การวิจัยร่วมกับโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ

- ผู้วิจัยได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีมาจาก บริษัทเค.เวิลด์ เท็กซ์ไทล์ จำกัด ในด้านให้คำปรึกษเกี่ยวกับเครื่องชุปมัน และได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากบริษัท ทองไทยการทอ จำกัด ในด้านการทำวิจัยร่วมกัน ทางบริษัท ทองไทยการทอ จำกัด มีความสนใจที่จะร่วมทำวิจัยด้านการชุปมันต่อไปเพื่อลดต้นทุนการชุปมันและเพื่อปรับปรุงคุณภาพการชุปมัน/ผลิตภัณฑ์ซึ่งผู้วิจัยจะได้ปรึกษากับผู้ประกอบการของบริษัท ทองไทยการทอ จำกัด ในโอกาสต่อไป

3. การเรียนการสอน

- ผู้วิจัยได้นำผลการวิจัยไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาบรรยายการย้อมและการพิมพ์สิ่งทอ (อดีต-วิชาบรรยายการย้อมสีสิ่งทอ) และวิชาปฏิบัติการเคมีสิ่งทอ หลักสูตรปริญญาตรี สาขาวิชาพอลิเมอร์และสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีนิสิตประมาณ 24-26 คน

4. การเผยแพร่ผลงาน

- ผู้วิจัยได้นำผลงานวิจัยไปเผยแพร่ในงานสัมมนา “การพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วยกลยุทธ์การวิจัย” ซึ่งจัดโดยศูนย์วิจัยและทดสอบสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสนับสนุนโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ เมื่อวันอังคารที่ 24 กรกฎาคม 2544 โดยมีผู้ร่วมสัมมนาจากภาครัฐ 28 คน และจากภาคเอกชน 33 คน รวมทั้งสิ้น 61 คน