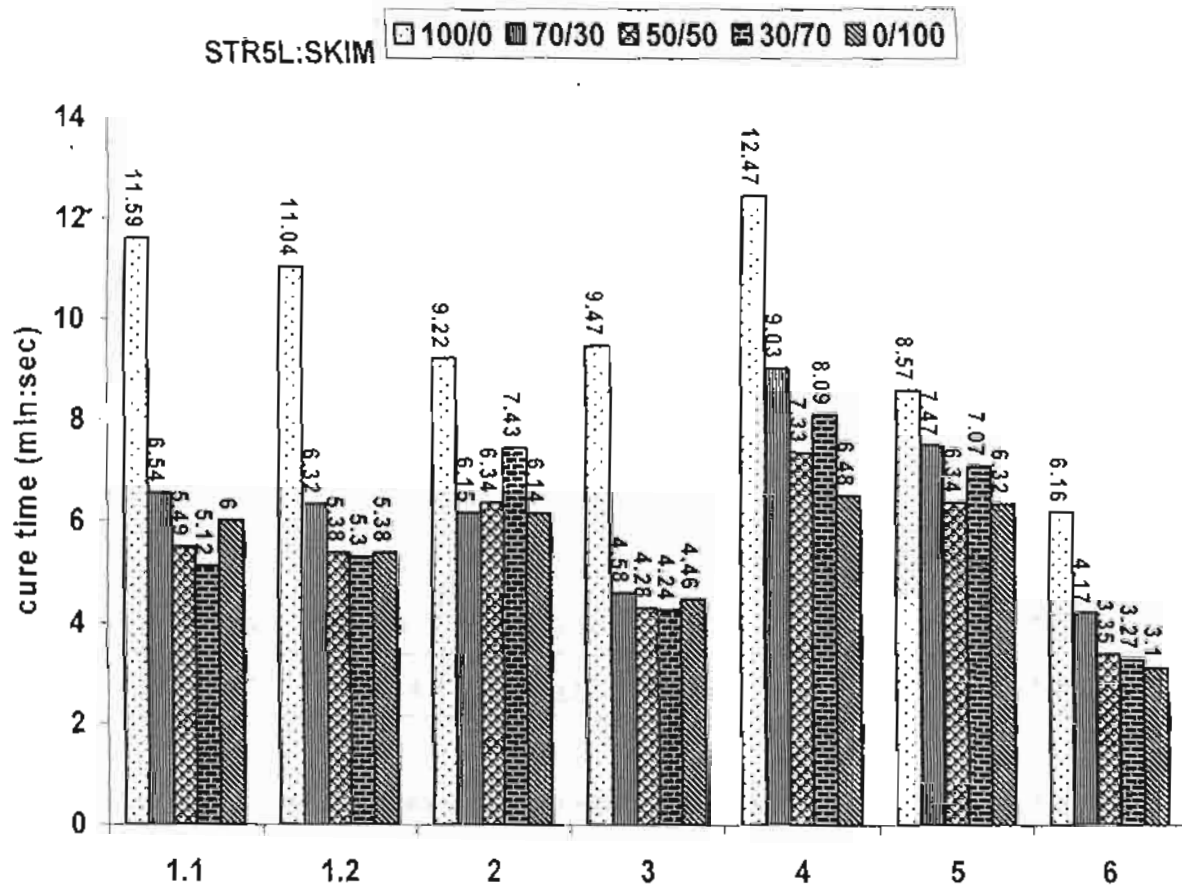




รูปที่ 4.11 Cure time (TC90) ของการแปรรูปส่วนยาง STR5L:ยางskim ของสูตรต่างๆ

จากรูปที่ 4.11 จะเห็นว่าในอัตราส่วนยาง STR5L:SKIM 100/0 มีค่า cure time มากที่สุดคือใช้เวลาในการ cure นานกว่าในอัตราส่วนยางอื่นๆ และค่า cure time จะลดลงเมื่อปริมาณยาง STR5L ลดลง หรือเมื่อปริมาณยางskim เพิ่มขึ้น นั่นคือยางskim มีผลต่อค่า cure time ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากยางskim มีไนโตรเจน ปริมาณ acetone extract และปริมาณโลหะหนักสูง ทำให้ยางวัลคาไนซ์เร็วกว่ายาง STR5L และจะเห็นว่าในสูตรที่ 4 มีค่า cure time มากที่สุด จากสูตรจะเห็นว่าสูตรที่ 4 มีสารตัวเร่ง Acc. C 1 phr รองลงมาคือสูตรที่ 5 มี Acc. C 0.6 phr Acc. E 0.5 phr ทั้งสองสูตรใช้สารตัวเร่งที่ช้าและใช้ในปริมาณน้อย สูตรที่ 1.1 และสูตรที่ 1.2 มี Acc. C 2 phr สูตรที่ 3 มี Acc. C 1 phr Acc. D 0.1 phr สูตรที่ 6 มี Acc. C 0.75 phr และ Acc. A 0.3 phr จากกราฟจะเห็นว่าสูตร 3 และสูตร 6 ใช้สารตัวเร่ง 2 ชนิดควบคู่กันมีค่า cure time น้อยที่สุด

ตารางที่ 4.3 ผลของอัตราส่วนของยาง STR 5L: SKIM ในสูตร 1.1 ต่อสมบัติการทนแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ ก่อนและหลังบ่มเร่ง

STR5L :SKIM	Before ageing			After ageing			Type
	Tensile Strength (MPa)	Elongation at break (%)	300% modulus (MPa)	Tensile Strength (%)	Elongation at break (%)	300% modulus (MPa)	
100/0	17.0 ± 1.4	1054 ± 33	1.19 ± 0.04	-1.18	-9.11	1.62 ± 0.06	1
70/30	20.4 ± 0.8	825 ± 29	2.26 ± 0.19	5.88	-8.73	2.79 ± 0.08	3
50/50	22.3 ± 0.7	906 ± 9	2.74 ± 0.07	-10.76	-6.84	3.16 ± 0.06	3
30/70	19.9 ± 0.6	859 ± 9	2.76 ± 0.04	8.54	-4.77	3.93 ± 0.23	3
0/100	19.8 ± 0.3	852 ± 14	3.14 ± 0.13	-5.05	-9.74	4.24 ± 0.12	3

จากตารางที่ 4.3 สูตร 1.1 ที่อัตราส่วนของ STR5L:SKIM 100/0 จัดอยู่ในประเภทที่ 1 ส่วนที่อัตราส่วนยางอื่น ๆ จัดอยู่ในประเภทที่ 3 จัดอยู่ประเภทที่ 2 ไม่ได้เนื่องจาก ค่า 300% modulus มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน และเมื่อปริมาณยางสกินเพิ่มขึ้นทำให้ค่า 300% modulus เพิ่มขึ้นเพราะยางสกินมีปริมาณในโครงร่างสูง ทำให้ยางมีปริมาณการเชื่อมโยงที่สูง ยางวัลคาไนซ์จึงแข็งมากขึ้นกว่ายางเกรดอื่นๆ

ตารางที่ 4.4 ผลของอัตราส่วนของยาง STR 5L: SKIM ในสูตร 1.2 ต่อสมบัติการทนแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ ก่อนและหลังบ่มเร่ง

STR5L :SKIM	Before ageing			After ageing			Type
	Tensile Strength (MPa)	Elongation at break (%)	300% modulus (MPa)	Tensile Strength (%)	Elongation at break (%)	300% modulus (MPa)	
100/0	15.4 ± 0.7	993 ± 15	1.40 ± 0.04	6.49	-10.98	2.08 ± 0.08	1
70/30	20.8 ± 0.8	825 ± 29	2.86 ± 0.06	-7.69	-7.39	3.36 ± 0.13	3
50/50	19.9 ± 0.6	860 ± 8	2.80 ± 0.16	-10.05	-7.56	3.59 ± 0.07	3
30/70	18.1 ± 0.7	794 ± 11	3.29 ± 0.07	0.55	-5.79	4.13 ± 0.13	3
0/100	15.9 ± 0.3	852 ± 14	3.14 ± 0.13	-7.54	-16.11	4.78 ± 0.19	3

จากตารางที่ 4.4 สูตร 1.2 ที่อัตราส่วนของ STR5L:SKIM100/0 จัดอยู่ในประเภทที่ 1 ส่วนที่ยางอื่น ๆ จัดอยู่ในประเภทที่ 3 จัดอยู่ในประเภทที่ 2 ไม่ได้เนื่องจาก ค่า 300% modulus มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน และที่ STR5L:SKIM 0/100 จัดอยู่ในประเภทที่ 3 เมื่อปริมาณยางสกินเพิ่มขึ้นทำให้ค่า 300%modulus เพิ่มขึ้นในสูตร 1.2 มีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต 50 phr ซึ่งมากกว่าในสูตร 1.1 ทำให้ค่า Tensile Strength และ Elongation at break ต่ำกว่าในสูตร 1.1 ซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนต 25 phr

ตารางที่ 4.5 ผลของอัตราส่วนของยาง STR 5L: SKIM ในสูตร 2 ต่อสมบัติการทนแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ ก่อนและหลังบ่มแรง

STR5L:SKIM	Before ageing			After ageing			Type
	Tensile Strength (MPa)	Elongation at break (%)	300% modulus (MPa)	Tensile Strength (%)	Elongation at break (%)	300% modulus (MPa)	
100/0	24.5 ± 2.4	1038 ± 43	1.44 ± 0.03	7.35	-10.98	2.11 ± 0.06	2
70/30	26.1 ± 2.5	843 ± 41	2.66 ± 0.06	4.21	- 4.86	3.11 ± 0.08	3
50/50	21.4 ± 6.3	806 ± 11	2.77 ± 0.48	17.76	0.62	3.72 ± 0.12	3
30/70	27.4 ± 1.2	845 ± 12	3.26 ± 0.07	1.83	- 4.50	4.08 ± 0.08	3
0/100	20.6 ± 1.3	1032 ± 15	1.99 ± 0.09	<u>38.83</u>	-22.56	5.32 ± 0.08	ไม่ได้

จากตารางที่ 4.5 สูตร 2 ที่อัตราส่วนของ STR5L:SKIM100/0 จัดอยู่ในประเภทที่ 2 ส่วนที่ยางอื่น ๆ จัดอยู่ในประเภทที่ 3 และที่ STR5L:SKIM 0/100 ความต้านทานแรงดึงเปลี่ยนแปลงจากความต้านทานแรงดึงก่อนบ่มแรงมีค่าเกินเกณฑ์ที่กำหนด ในสูตร 2 มีค่าTensile Strength และ %Elongation at break สูงกว่าในสูตรอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากมีการเติมซิงออกไซด์ในปริมาณที่มากกว่าในสูตรอื่นๆซึ่งจะทำให้โครงสร้างของการเชื่อมโยงมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ตารางที่ 4.6 ผลของอัตราส่วนของยาง STR 5L: SKIM ในสูตร 3 ต่อสมบัติการทนแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ ก่อนและหลังบ่มเร่ง

STR5L :SKIM	Before ageing			After ageing			Type
	Tensile Strength (MPa)	Elongation at break (%)	300% modulus (MPa)	Tensile Strength (%)	Elongation at break (%)	300% modulus (MPa)	
100/0	12.9 ± 1.9	1140 ± 33	0.88 ± 0.12	<u>54.26</u>	- 4.56	1.31 ± 0.06	ไม่ได้
70/30	22.8 ± 2.5	981 ± 31	<u>1.89 ± 0.18</u>	-11.40	- 4.59	1.93 ± 0.08	3
50/50	22.4 ± 1.1	1044 ± 14	1.74 ± 0.06	-7.02	- 6.03	2.32 ± 0.07	2
30/70	20.9 ± 2.0	962 ± 17	<u>2.06 ± 0.07</u>	7.18	- 1.46	2.58 ± 0.07	3
0/100	16.5 ± 1.7	988 ± 34	1.87 ± 0.02	6.67	- 9.72	2.68 ± 0.11	3

จากตารางที่ 4.6 สูตร 3 ที่อัตราส่วนของ STR5L: SKIM 100/0 ความต้านทานแรงดึงเปลี่ยนแปลงจากความต้านทานแรงดึงก่อนบ่มเร่งมีค่าเกินเกณฑ์ที่กำหนด ที่อัตราส่วนของ STR5L: SKIM 70/30, 30/70, 0/100 จัดอยู่ในประเภทที่ 3 และที่อัตราส่วนของ 50/50 จัดอยู่ในประเภทที่ 2

ตารางที่ 4.7 ผลของอัตราส่วนของยาง STR 5L: SKIM ในสูตร 4 ต่อสมบัติการทนแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ ก่อนและหลังบ่มเร่ง

STR5L :SKIM	Before ageing			After ageing			ประเภทที่
	Tensile Strength (MPa)	Elongation at break (%)	300% modulus (MPa)	Tensile Strength (%)	Elongation at break (%)	300% modulus (MPa)	
100/0	15.3 ± 1.4	1048 ± 25	<u>1.20 ± 0.03</u>	22.22	-12.31	2.01 ± 0.05	3- 1
70/30	20.5 ± 1.2	853 ± 23	<u>2.66 ± 0.06</u>	- 2.93	- 7.50	3.11 ± 0.16	2 3
50/50	19.8 ± 1.6	850 ± 27	<u>2.83 ± 0.16</u>	5.05	- 9.65	4.23 ± 0.14	2 3
30/70	20.4 ± 0.7	787 ± 20	<u>3.57 ± 0.11</u>	3.03	- 8.64	4.57 ± 0.09	2 3
0/100	21.2 ± 1.0	744 ± 19	<u>4.85 ± 0.07</u>	- 5.19	-12.10	6.19 ± 0.19	2 3

จากตารางที่ 4.7 สูตร 4 ที่อัตราส่วนยาง STR5L:SKIM 100/0 จัดอยู่ในประเภทที่ 1 ส่วนที่อัตราส่วนยางอื่น ๆ จัดอยู่ในประเภทที่ 3 จัดอยู่ในประเภทที่ 2 ไม่ได้เนื่องจาก ค่า 300% modulus มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน เมื่อปริมาณยางสกิมเพิ่มขึ้นทำให้ค่า 300%modulus เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.8 ผลของอัตราส่วนของยาง STR 5L: SKIM ในสูตร 5 ต่อสมบัติการทนแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ ก่อนและหลังบ่มเร่ง

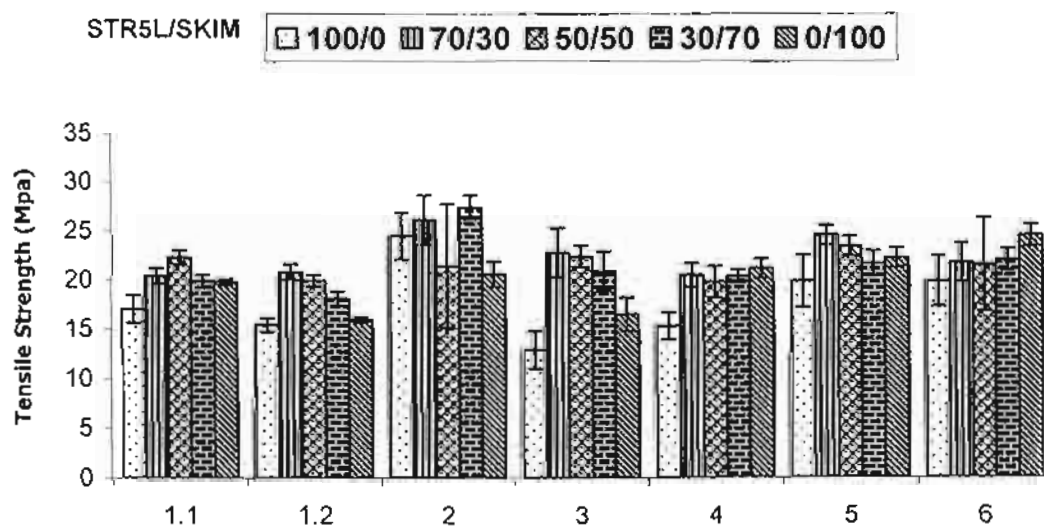
STR5L :SKIM	Before ageing			After ageing			Type
	Tensile Strength (MPa)	Elongation at break (%)	300% modulus (MPa)	Tensile Strength (%)	Elongation at break (%)	300% modulus (MPa)	
100/0	19.9 ± 2.7	958 ± 46	1.71 ± 0.03	2.63	-11.27	2.66 ± 0.05	2
70/30	24.6 ± 1.0	865 ± 27	<u>2.86 ± 0.03</u>	-4.88	-9.13	3.40 ± 0.08	3
50/50	23.5 ± 1.0	847 ± 26	<u>3.07 ± 0.06</u>	-1.62	-4.96	3.10 ± 0.06	3
30/70	21.7 ± 1.3	769 ± 26	<u>3.61 ± 0.21</u>	2.77	-4.03	4.52 ± 0.06	3
0/100	22.3 ± 1.0	780 ± 15	<u>4.25 ± 0.08</u>	-4.48	-9.74	5.23 ± 0.10	3

จากตารางที่ 4.8 สูตร 5 ที่อัตราส่วนยาง STR5L:SKIM 100/0 จัดอยู่ในประเภทที่ 2 ส่วนที่ยางอื่น ๆ จัดอยู่ในประเภทที่ 3 จัดอยู่ในประเภทที่ 2 ไม่ได้เนื่องจาก ค่า 300% modulus มีค่าสูงกว่ามาตรฐานเมื่อปริมาณยางสกิมเพิ่มขึ้นทำให้ค่า 300%modulus เพิ่มขึ้นเพราะยางสกิมมีความแข็ง

ตารางที่ 4.9 ผลของอัตราส่วนของยาง STR 5L: SKIM ในสูตร 6 ต่อสมบัติการทนแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ ก่อนและหลังบ่มเร่ง

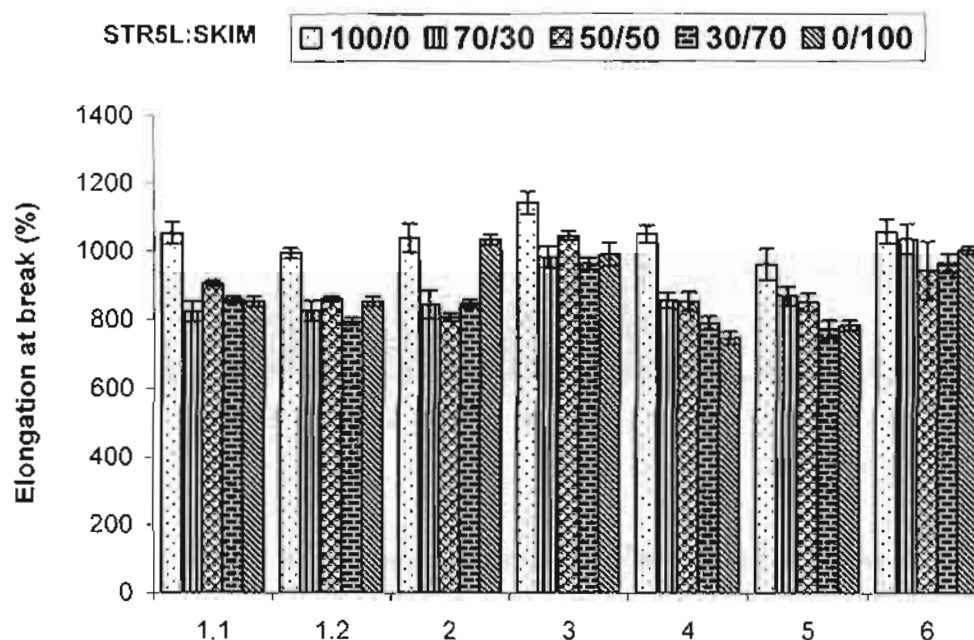
STR5L:SKIM	Before ageing			After ageing			Type
	Tensile Strength (MPa)	Elongation at break (%)	300% modulus (MPa)	Tensile Strength (%)	Elongation at break (%)	300% modulus (MPa)	
100/0	19.9 ± 2.6	1054 ± 35	1.40 ± 0.04	-3.02	-8.16	1.50 ± 0.05	2
70/30	21.8 ± 2.0	1032 ± 45	1.78 ± 0.05	7.34	-10.76	2.27 ± 0.20	2
50/50	21.6 ± 4.8	940 ± 85	2.22 ± 0.05	5.09	-3.72	2.39 ± 0.24	3
30/70	22.1 ± 1.1	961 ± 28	2.27 ± 0.05	10.53	3.43	2.72 ± 0.08	3
0/100	24.6 ± 1.1	999 ± 11	2.62 ± 0.09	-2.03	-12.81	3.20 ± 0.12	3

จากตารางที่ 4.9 สูตร 6 ที่อัตราส่วนของ STR5L: SKIM 100/0, 70/30 จัดอยู่ในประเภทที่ 2 ส่วนที่อัตราส่วนยางอื่น ๆ จัดอยู่ในประเภทที่ 3 จัดอยู่ในประเภทที่ 2 ไม่ได้เนื่องจาก ค่า 300% modulus มีค่าสูงกว่ามาตรฐานเมื่อปริมาณยางสกิมเพิ่มขึ้นทำให้ค่า 300% modulus เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของยางในแต่ละสูตร แสดงได้ดังนี้



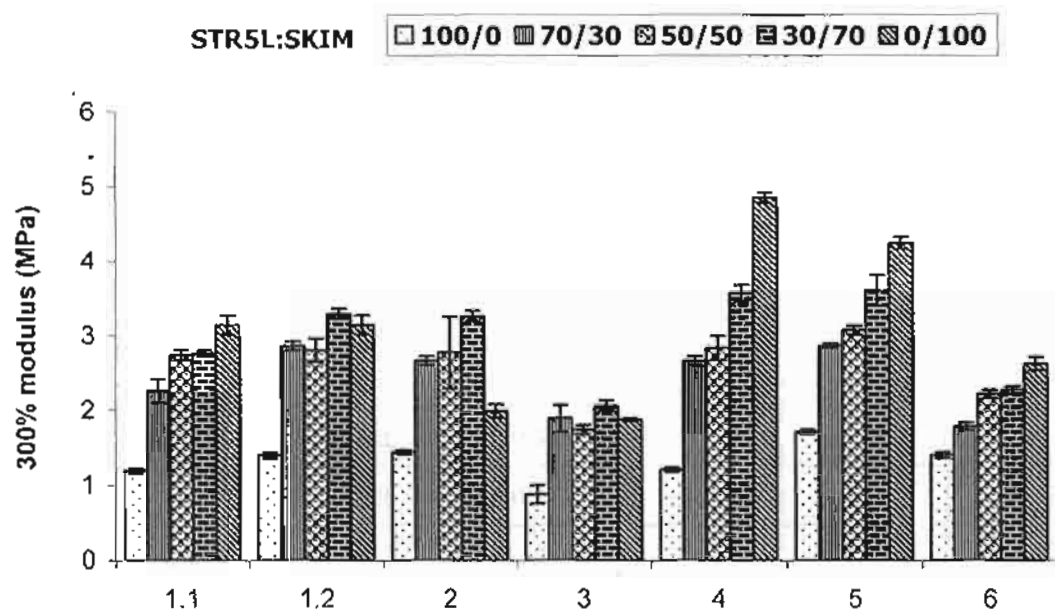
รูปที่ 4.12 กราฟเปรียบเทียบค่า Tensile strength ของการแปรปริมาณยางสกิมของสูตรต่างๆ

ที่อัตราส่วนของSTR 5L ต่อ SKIM 70/30 จะเห็นว่า ค่า Tensile strength มีค่าสูงกว่าอัตราส่วนอื่น
รองลงมาคืออัตราส่วนของSTR5L: SKIM50/50, 30/70, 0/100 และ 100/0 ตามลำดับ



รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบค่า % Elongation at break ของการแปรปริมาณยางสกิมของสูตรต่างๆ

จากรูปที่ 4.13 จะเห็นว่ายาง STR 5L มีค่า%Elongation at break สูงสุด แสดงว่ายางSTR5L มีความยืดหยุ่นดีเมื่อมีการเติมยางสกิมลงไป จะทำให้ค่า%Elongation at break ลดลงตามอัตราส่วนที่ใส่ยางสกิม



รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบค่า 300% modulus ของการแปรปริมาณยางสกินของสูตรต่างๆ

จากรูปที่ 4.14 จะเห็นว่ายิ่งปริมาณยางสกิน มากค่า 300% modulus มีค่าสูงตามปริมาณของยางสกินที่ผสมในยาง STR5L 100 % ของสูตรที่ 1.1 , 3 , 4 และ 6 จัดอยู่ในประเภทที่ 1 ของยางรัดของชนิดโมดูลัสต่ำ ส่วนในสูตรที่ 1.2 , 2 และ 5 จัดอยู่ในประเภทที่ 2

4.2.2 ผลของอัตราส่วนยาง STR5L:ยางสกิน ปริมาณสารตัวเร่ง Acc. C และสารตัวเร่ง Acc. A ต่อสมบัติการวัลคาไนซ์ของยางโดยใช้หลักสถิติเพื่อการออกสูตรยาง

จากการทดลองข้างต้นพบว่าปริมาณของยางสกินที่ผสมเข้ากับยาง STR5L ส่งผลต่อ scorch time และ cure time ของยางคอมปาวด์อย่างชัดเจน ในการทดลองนี้จึงใช้หลักสถิติในการออกสูตรยาง เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ของสมบัติการวัลคาไนซ์ กับอัตราส่วนยาง SKIM/STR5L ปริมาณสารตัวเร่ง Acc. C และ Acc. A รายละเอียดการทดลองดังหัวข้อที่ 3.3.2.2 จากผลการทดลองที่ได้ สามารถหาสมการความสัมพันธ์ของสมบัติต่างๆกับทั้งสามตัวแปรได้ดังนี้

ตารางที่ 4.10 ลักษณะการวัดค่าไอน้ำของยางทั้ง 20 สูตร

Sample	SKIM phr	Acc. C phr	Acc. A phr	TS ₁ min:sec	TC ₉₀ min:sec	ML1+4,100 °C MU
1	32.16	0.28	0.16	3.01	5.06	11.01
2	67.84	0.28	0.16	2.49	5.42	8.93
3	32.16	0.52	0.16	3.01	5.36	11.12
4	67.84	0.52	0.16	2.08	4.34	11.49
5	32.16	0.28	0.34	3.11	5.32	11.15
6	67.84	0.28	0.34	2.07	4.58	9.58
7	32.16	0.52	0.34	2.12	3.29	9.51
8	67.84	0.52	0.34	1.39	2.51	9.86
9	20	0.40	0.25	2.42	4.10	8.32
10	80	0.40	0.25	1.46	3.30	12.85
11	50	0.20	0.25	2.04	3.33	18.40
12	50	0.60	0.25	2.16	3.56	20.53
13	50	0.40	0.10	2.08	5.37	17.87
14	50	0.40	0.40	1.42	2.59	19.97
15	50	0.40	0.25	2.06	3.45	20.45
16	50	0.40	0.25	2.09	3.47	22.74
17	50	0.40	0.25	2.20	3.58	29.22
18	50	0.40	0.25	2.22	4.04	23.62
19	50	0.40	0.25	2.06	3.49	24.65
20	50	0.40	0.25	2.14	3.53	28.24

จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาสมการ ดังตัวอย่าง สมการ TC₉₀ (min:sec) ดังตารางที่ 4.11-4.12

ตารางที่ 4.11 แสดงตัวอย่างการคำนวณผลการตามตัวแปร

Trial	T	A	B	C	A ²	B ²	C ²	AB	AC	BC	Results
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	5.06
2	1	+1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	5.42
3	1	-1	+1	-1	1	1	1	-1	1	-1	5.36
4	1	+1	+1	-1	1	1	1	1	-1	-1	4.34
5	1	-1	-1	+1	1	1	1	1	-1	-1	5.32
6	1	+1	-1	+1	1	1	1	-1	1	-1	4.58
7	1	-1	+1	+1	1	1	1	-1	-1	1	3.29
8	1	+1	+1	+1	1	1	1	1	1	1	2.51
9	1	- 1.682	0	0	2.83	0	0	0	0	0	4.10
10	1	+1.68 2	0	0	2.83	0	0	0	0	0	3.30
11	1	0	-1.682	0	0	2.83	0	0	0	0	3.33
12	1	0	+1.682	0	0	2.83	0	0	0	0	3.56
13	1	0	0	-1.682	0	0	2.83	0	0	0	5.37
14	1	0	0	+1.682	0	0	2.83	0	0	0	2.59
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.45
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.47
17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.58
18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.04
19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.49
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.53

A = SKIM/STRSL

B = Acc. C

C = Acc. A

ตารางที่ 4.12 แสดงผลรวมกับค่าจริงที่ใช้ในสมการ

T	A	B	C	A ²	B ²	C ²	AB	AC	BC
1(5.06)	-1(5.06)	-1(5.06)	-1(5.06)	1(5.06)	1(5.06)	1(5.06)	1(5.06)	1(5.06)	1(5.06)
1(5.42)	+1(5.4)	-1(5.42)	-1(5.42)	1(5.42)	1(5.42)	1(5.42)	-1(5.42)	-1(5.42)	1(5.42)
1(5.36)	-1(5.36)	+1(5.3)	-1(5.36)	1(5.36)	1(5.36)	1(5.36)	-1(5.36)	1(5.36)	-1(5.36)
1(4.34)	+1(4.3)	+1(4.3)	-1(4.34)	1(4.34)	1(4.34)	1(4.34)	1(4.34)	-1(4.34)	-1(4.34)
1(5.32)	-1(5.32)	-1(5.32)	+1(5.32)	1(5.32)	1(5.32)	1(5.32)	1(5.32)	-1(5.32)	-1(5.32)
1(4.58)	+1(4.5)	-1(4.58)	+1(4.58)	1(4.58)	1(4.58)	1(4.58)	-1(4.58)	1(4.58)	-1(4.58)
1(3.29)	-1(3.29)	+1(3.2)	+1(3.29)	1(3.29)	1(3.29)	1(3.29)	-1(3.29)	-1(3.29)	1(3.29)
1(2.51)	+1(2.5)	+1(2.5)	+1(2.51)	1(2.51)	1(2.51)	1(2.51)	1(2.51)	1(2.51)	1(2.51)
1(4.10)	-1.682(4.10)	0(4.10)	0(4.10)	2.83(4.1)	0(4.10)	0(4.10)	0(4.10)	0(4.10)	0(4.10)
1(3.30)	1.682(3.30)	0(3.30)	0(3.30)	2.83(3.3)	0(3.30)	0(3.30)	0(3.30)	0(3.30)	0(3.30)
1(3.33)	0(3.33)	-1.682(3.33)	0(3.33)	0(3.33)	2.83(3.3)	0(3.33)	0(3.33)	0(3.33)	0(3.33)
1(3.56)	0(3.56)	1.682(3.56)	0(3.56)	0(3.56)	2.83(3.5)	0(3.56)	0(3.56)	0(3.56)	0(3.56)
1(5.37)	0(5.37)	0(5.37)	-1.682(5.37)	0(5.37)	0(5.37)	2.83(5.3)	0(5.37)	0(5.37)	0(5.37)
1(2.59)	0(2.59)	0(2.59)	1.682(2.59)	0(2.59)	0(2.59)	2.83(2.3)	0(2.59)	0(2.59)	0(2.59)
1(3.45)	0(3.45)	0(3.45)	0(3.45)	0(3.45)	0(3.45)	0(3.45)	0(3.45)	0(3.45)	0(3.45)
1(3.47)	0(3.47)	0(3.47)	0(3.47)	0(3.47)	0(3.47)	0(3.47)	0(3.47)	0(3.47)	0(3.47)
1(3.58)	0(3.58)	0(3.58)	0(3.58)	0(3.58)	0(3.58)	0(3.58)	0(3.58)	0(3.58)	0(3.58)
1(4.04)	0(4.04)	0(4.04)	0(4.04)	0(4.04)	0(4.04)	0(4.04)	0(4.04)	0(4.04)	0(4.04)
1(3.49)	0(3.49)	0(3.49)	0(3.49)	0(3.49)	0(3.49)	0(3.49)	0(3.49)	0(3.49)	0(3.49)
1(3.53)	0(3.53)	0(3.53)	0(3.53)	0(3.53)	0(3.53)	0(3.53)	0(3.53)	0(3.53)	0(3.53)
79.69	-3.5256	-4.49314	-9.15596	56.82	55.37	58.40	-1.42	-0.86	-3.32

ตารางที่ 4.13 สัมประสิทธิ์ของตัวแปรของสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติการวัดค่าไนซ์กับอัตราส่วนยาง SKIM/STR5L, ปริมาณสารตัวเร่ง Acc. C, Acc. A

.	TC ₉₀	TS _i	ML1+4,100 °C
b ₀	3.568	2.107	24.993
b ₁	-0.258	-0.354	0.343
b ₂	-0.329	-0.138	0.358
b ₃	-0.670	-0.220	0.079
b ₁₁	0.201	0.039	-6.187
b ₂₂	0.110	0.096	-3.047
b ₃₃	0.300	-0.028	-3.240
b ₁₂	-0.178	-0.013	0.546
b ₁₃	-0.108	-0.040	0.061
b ₂₃	-0.415	-0.158	-0.504
S.D.	0.070	0.224	3.345
S.E.(b _i)	0.019	0.061	0.906
S.E.(b _{ii})	0.018	0.059	0.880
S.E.(b _{ij})	0.002	0.008	0.118

สมบัติการวัดค่าไนซ์

(1) สมการ Scorch time, TS_i (min:sec)

$$TS_i = 2.107 - 0.354(\text{อัตราส่วนยาง}) - 0.138(\text{Acc. C}) - 0.220(\text{Acc. A}) + 0.039(\text{อัตราส่วนยาง})^2 + 0.096(\text{Acc. C})^2 - 0.028(\text{Acc. A})^2 - 0.013(\text{อัตราส่วนยาง})(\text{Acc. C}) - 0.040(\text{อัตราส่วนยาง})(\text{Acc. A}) - 0.158(\text{Acc. C})(\text{Acc. A})$$

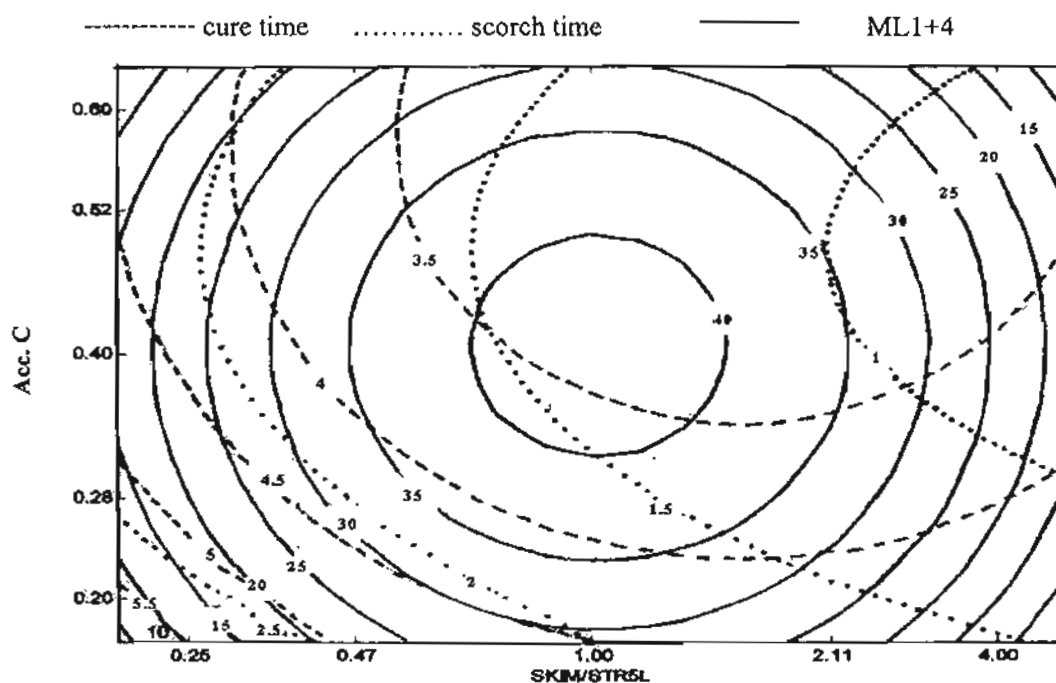
(2) สมการ TC₉₀ (min:sec)

$$TC_{90} = 3.568 - 0.258(\text{อัตราส่วนยาง}) - 0.329(\text{Acc. C}) - 0.670(\text{Acc. A}) + 0.201(\text{อัตราส่วนยาง})^2 + 0.110(\text{Acc. C})^2 + 0.300(\text{Acc. A})^2 - 0.177(\text{อัตราส่วนยาง})(\text{Acc. C}) - 0.107(\text{อัตราส่วนยาง})(\text{Acc. A}) - 0.415(\text{Acc. C})(\text{Acc. A})$$

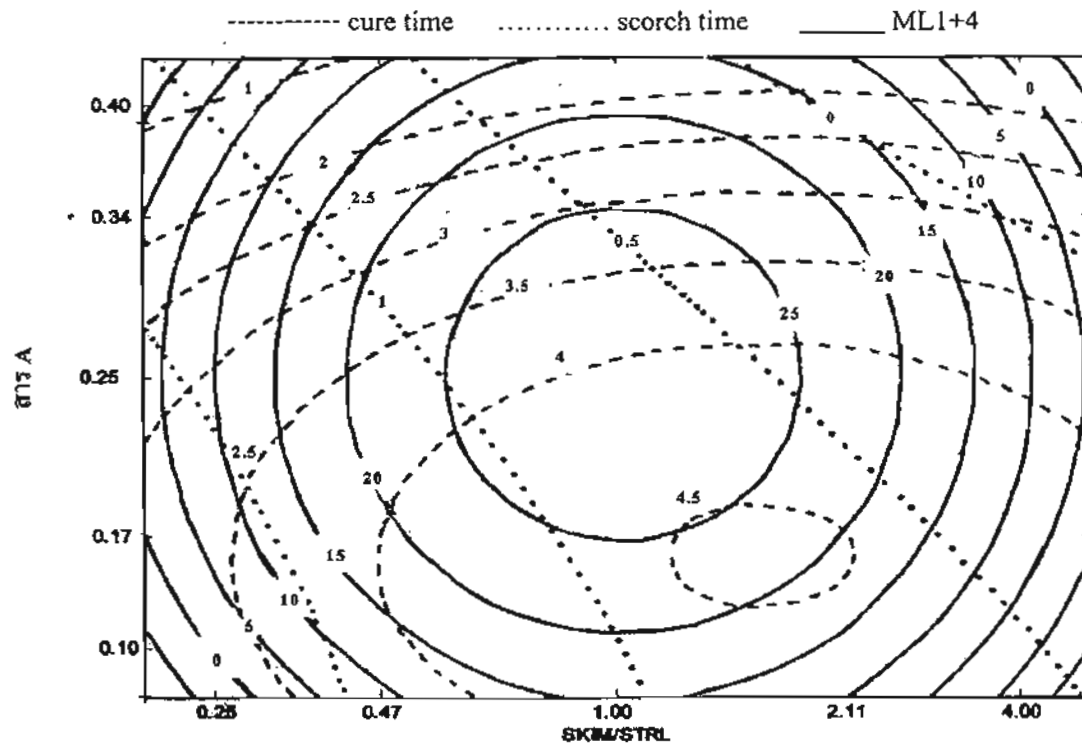
(3) สมการ ML1+4,100 °C

$$ML1+4 = 24.993 + 0.343(\text{อัตราส่วนยาง}) + 0.358(\text{Acc. C}) + 0.079(\text{Acc. A}) - 6.187(\text{อัตราส่วนยาง})^2 - 3.046(\text{Acc. C})^2 - 3.240(\text{Acc. A})^2 + 0.546(\text{อัตราส่วนยาง})(\text{Acc. C}) + 0.061(\text{อัตราส่วนยาง})(\text{Acc. A}) - 0.504(\text{Acc. C})(\text{Acc. A})$$

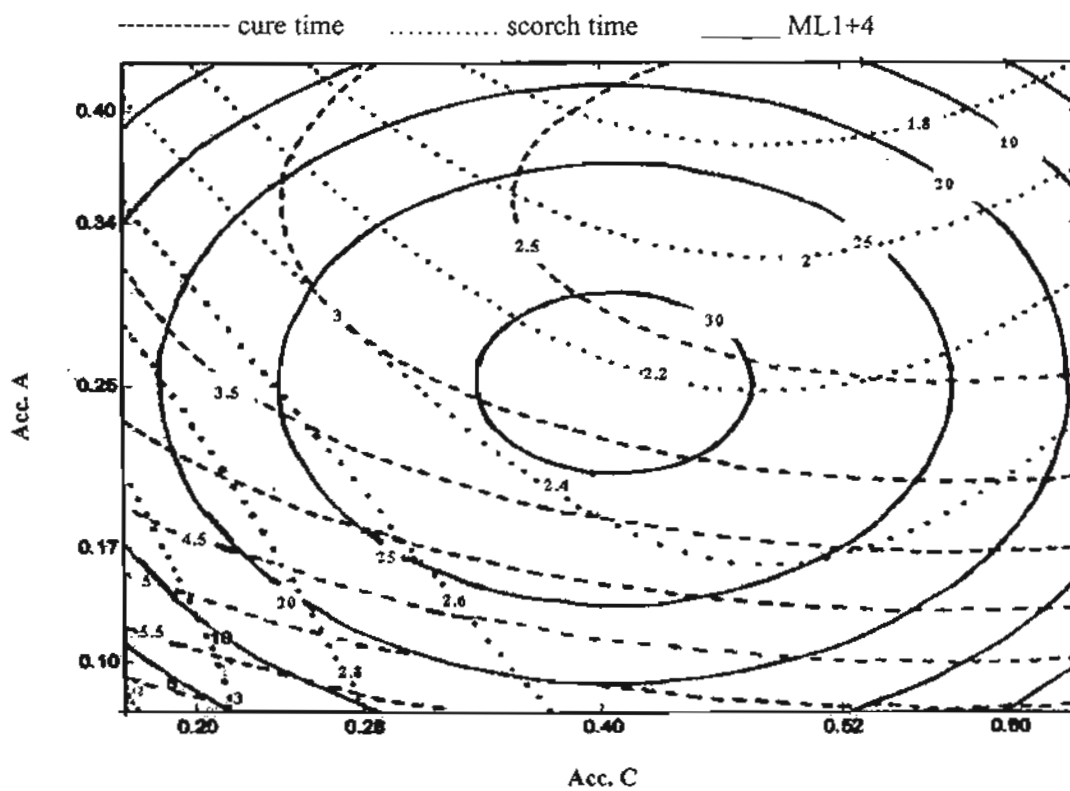
เมื่อแทนค่าด้วยรหัสของอัตราส่วนยาง SKIM/STR5L ปริมาณสารตัวเร่ง Acc. C และ Acc. A ลงในสมการต่างๆแล้วนำค่าของสมบัติที่ได้เหล่านั้นไปสร้างกราฟคอนทัวร์ ซึ่งจากการทดลองมีตัวแปร 3 ตัวแปรทำให้กราฟคอนทัวร์เป็น 2 มิติธรรมดา โดยการแปรปริมาณตัวแปร 2 ตัวแปรพร้อมกัน แล้วกำหนดให้ตัวแปรที่เหลือมีปริมาณคงที่ที่ค่ากลาง (รหัส 0) ส่วนระดับสูงสุดและต่ำสุดดูรายละเอียดได้ที่ภาคผนวก ซึ่งในการทดลองได้อาศัยโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ คือ โปรแกรม MATLAB 6.1 ในการสร้างกราฟคอนทัวร์ ได้กราฟคอนทัวร์ของสมบัติต่างๆ ดังรูปที่ 4.15 - 4.17



รูปที่ 4.15 อิทธิพลของอัตราส่วนยาง SKIM/STR5L และปริมาณสารตัวเร่ง Acc. C เมื่อสารตัวเร่ง Acc. A เท่ากับ 0.25 (รหัส 0)



รูปที่ 4.16 อิทธิพลของอัตราส่วนยาง SKIM/STR5L และปริมาณสารตัวเร่ง Acc. A เมื่อสารตัวเร่ง Acc. C เท่ากับ 0.40 (รหัส 0)



รูปที่ 4.17 อิทธิพลของปริมาณสารตัวเร่ง Acc. C และสารตัวเร่ง Acc. A เมื่ออัตราส่วนยาง SKIM/STR5L เท่ากับ 1.00 (รหัส 0)

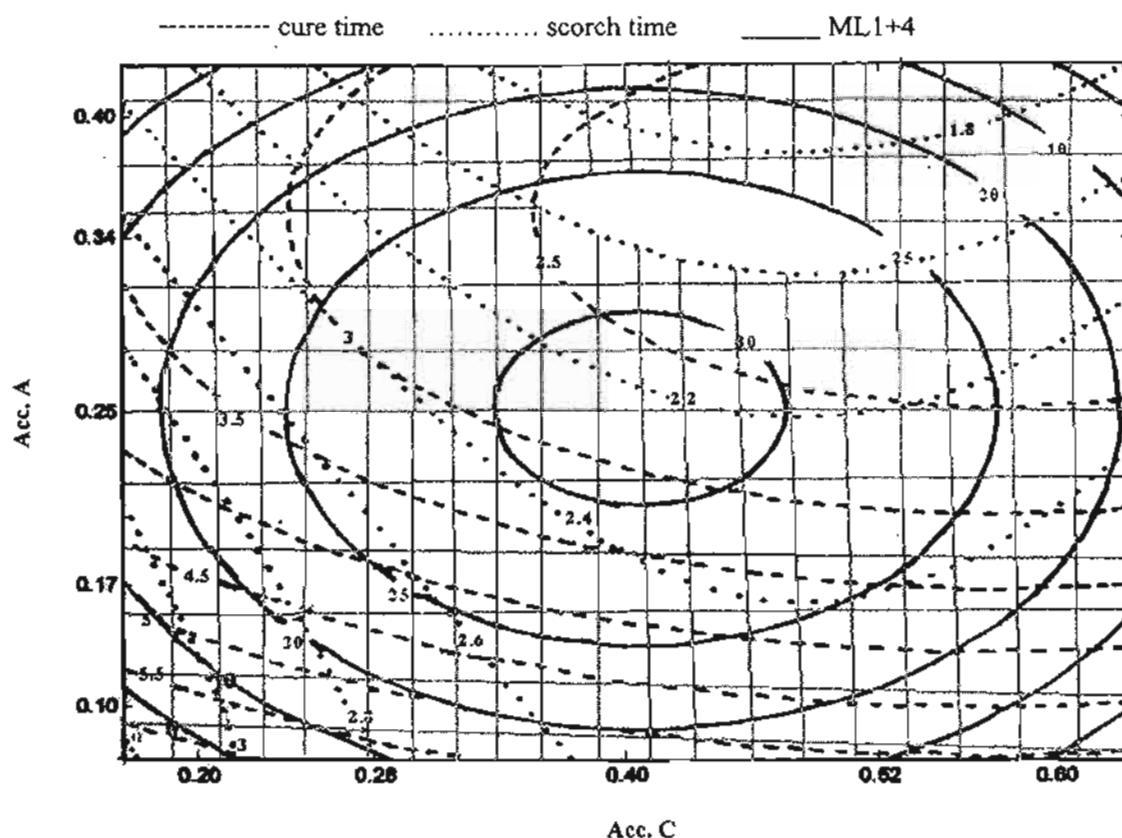
จากรูปที่ 4.15 ถึง 4.17 และสมการ TS1 พบว่าอัตราส่วนยางมีอิทธิพลต่อค่า scorch time มากที่สุด รองลงมาคือสารตัวเร่ง Acc. A และ Acc. C ตามลำดับ โดยที่อัตราส่วนยางมีอิทธิพลมากกว่า Acc. A และ Acc. C ประมาณ 1.6 และ 2.5 เท่า ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณสารตัวเร่ง Acc. A จะมีอิทธิพลมากกว่า Acc. C ประมาณ 1.6 เท่า โดยเมื่อเพิ่มปริมาณยางสกิมจะทำให้ scorch time มีค่าสั้นลง แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นระหว่างการเอ็กทรูดยาง หากใช้ยางสกิมในปริมาณที่สูง

จากรูปที่ 4.15 ถึง 4.17 และสมการ TC90 พบว่าสารตัวเร่ง Acc. A มีอิทธิพลต่อ cure time มากที่สุด รองลงมาคือ สารตัวเร่ง Acc. C และยาง โดยที่ Acc. A จะมีอิทธิพลมากกว่าสารตัวเร่งและอัตราส่วนยาง ประมาณ 2 และ 3 เท่า ตามลำดับ ขณะที่สารตัวเร่ง Acc. C จะมีอิทธิพลมากกว่าอัตราส่วนยางประมาณ 1.5 เท่า โดยสารตัวเร่ง Acc. A เป็นตัวเร่งในกลุ่มไฮโดรเพอร์ออกไซด์ซึ่งการที่มี Acc. A เกิดขึ้นในระบบมากจะทำให้ cure time สั้นลงในขณะที่การเพิ่มอัตราส่วนยางมีอิทธิพลต่อ cure time ไม่มากนักเมื่อให้ สารตัวเร่ง Acc. A และ Acc. C มีปริมาณคงที่

จากรูปที่ 4.15 ถึง 4.17 และสมการ ML1+4,100°C พบว่าสารตัวเร่ง Acc. C มีอิทธิพลต่อค่า ML1+4 มากที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วนยาง และ Acc. A โดยที่ Acc. C จะมีอิทธิพลต่ออัตราส่วนยางและสารตัวเร่ง ประมาณ 1.04 และ 5 เท่า ตามลำดับ ขณะที่อัตราส่วนยาง SKIM/STR5L มีอิทธิพลมากกว่าสารตัวเร่ง Acc. A ประมาณ 5 เท่า โดยเมื่อเพิ่มสารตัวเร่ง Acc. C จะทำให้ยางมีความแข็งเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะปริมาณสารตัวเร่งจะทำให้เกิดการวัลคาไนซ์เมื่อเพิ่มปริมาณมากขึ้นยางเกิดวัลคาไนซ์เกิดพันธะเชื่อมขวาง (crosslink) จึงอาจเป็นผลทำให้ยางมีความหนืดเพิ่มขึ้น

จากกราฟคอนทัวร์ของสมบัติต่างๆ ที่ได้จากการทดลองนี้ ซึ่งศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนยาง SKIM/STR5L ปริมาณสารตัวเร่ง Acc. C และ Acc. A สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการออกสูตรยางคอมปาวด์ให้มีสมบัติต่างๆ ตามที่ต้องการ ซึ่งสามารถทำได้โดยนำกราฟคอนทัวร์ของสมบัติต่างๆ ที่ต้องการมาเขียนลงในกราฟรูปเดียวกัน เช่น scorch time, cure time และ ML1+4 เป็นต้น แล้วแรเงาส่วนที่ไม่สนใจของแต่ละสมบัติออกไปจะเหลือบริเวณที่ไม่ถูกแรเงาเลยซึ่งจะเป็นส่วนที่มีสมบัติตรงกับที่ต้องการ จากนั้นจึงเลือกจุดใดๆ ในบริเวณที่ไม่ถูกแรเงาเลยซึ่งจะเป็นส่วนที่มีสมบัติตรงกับที่ต้องการ

ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการออกสูตรยางให้มีสมบัติดังนี้คือ ค่า Scorch time 2 นาที ค่า cure time 2.5 นาที และค่า ML1+4 25 โดยมีอัตราส่วนยาง SKIM/STR5L 50/50 phr ดังนั้นจะต้องเขียนกราฟคอนทัวร์ระหว่างสารตัวเร่ง Acc. C และ Acc. A และมีสมบัติทั้งสามอยู่ในกราฟเดียวกันเมื่อแรเงาส่วนที่ไม่สนใจของแต่ละสมบัติออกไป จะเหลือบริเวณที่ไม่ถูกแรเงาซึ่งเป็นส่วนที่มีสมบัติตรงตามต้องการ ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 อิทธิพลของปริมาณสารตัวเร่ง Acc. C และสารตัวเร่ง Acc. A ต่อค่า scorch time, cure time และ ML1+4 เมื่อมีอัตราส่วนยาง SKIM/STR5L 1(สัดส่วน 50/50)

จากรูป 4.18 สามารถเลือกจุดใดๆ ในบริเวณที่ไม่ถูกแรเงาไปออกจากสูตร เพื่อให้ได้สมบัติตรงตามต้องการได้ เช่น เลือกจุดที่บริเวณสารตัวเร่ง Acc. C เท่ากับ 0.46 phr และสารตัวเร่ง Acc. A เท่ากับ 0.30 phr และสารตัวเร่ง Acc. C เท่ากับ 0.40 phr และสารตัวเร่ง Acc. A เท่ากับ 0.34 phr เป็นต้น

4.3 การผลิตยางรัดของประเภทที่ 2 หรือชนิดยางแก้ว

4.3.1 ความแปรปรวนของสมบัติของยางรัดแก้วที่ใช้ชนิดของยางสกิมที่ต่างกัน

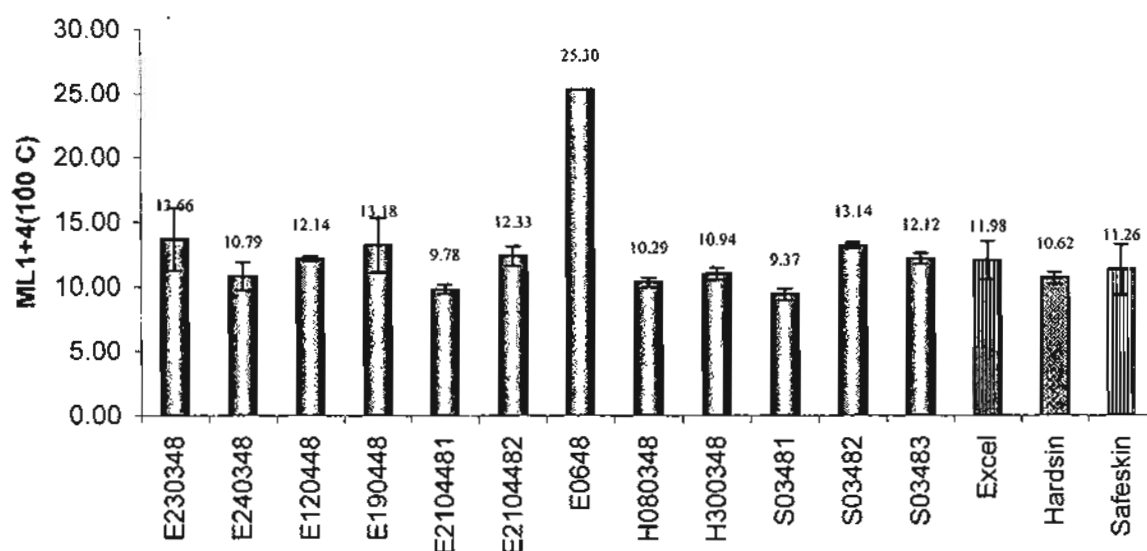
จากการทดลองออกสูตรยางเบื้องต้นสามารถนำความรู้ที่ได้มาออกสูตรยางรัดของชนิดยางแก้ว ดังตารางที่ 4.14 จากนั้นทำการทดลองศึกษาความแปรปรวนของสมบัติของยางรัดเมื่อใช้ยางสกิม จากแหล่งผลิตต่างๆ ที่มีสมบัติของยางดิบดังรายละเอียดในหัวข้อที่ 4.1 โดยใช้สูตรยางเดียวกันดังตารางที่ 3.5 (แสดงอีกครั้ง ดังตารางที่ 4.14) ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.14 สูตรยางแก้ว

Sample	phr
STR 5L	40
Skim	60
Stearic acid	1.12
ZnO	3
Wingstay L	1
Acc. A	0.28
Acc. B	0.16
Acc. C	0.13
HMT	0.08
Vaseline	5
Purosil	1.6
สีเหลือง	0.04
Sulphur	2.4

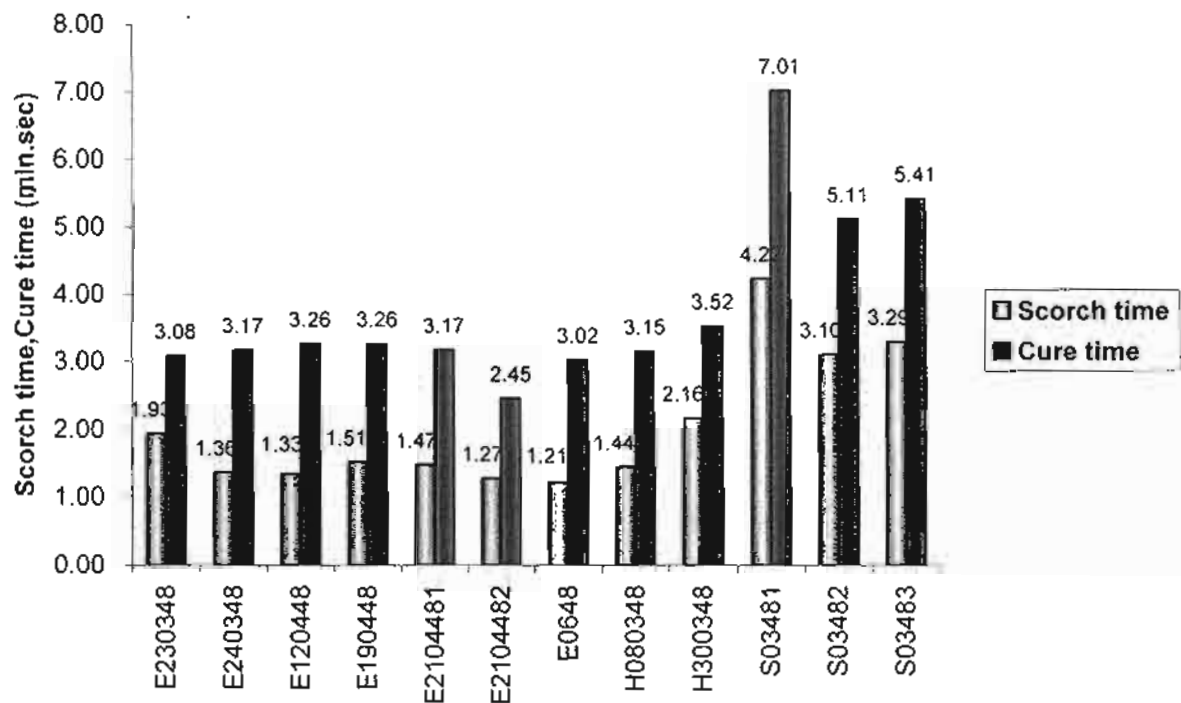
ตารางที่ 4.15 สมบัติต่าง ๆ ของสูตรยางแก้วที่ใช้ยางสกินต่างกัน

Lot no. of skim	ML 1+4 (100 C)	Scorch time (min)	Cure time (min)	300% modulus (MPa)	Tensile Strength (Mpa)	Elongation at Break(%)	Tension set(%)	S.G.
E230248	13.66 ± 2.45	1.93	3.08	1.40 ± 0.02	15.36 ± 1.43	853 ± 22	2.43 ± 0.91	0.93 ± 0.01
E240348	10.79 ± 1.06	1.36	3.17	1.47 ± 0.06	15.02 ± 1.63	815 ± 29	3.32 ± 0.58	0.93 ± 0.01
E120448	12.14 ± 0.19	1.33	3.26	1.61 ± 0.06	15.47 ± 2.69	805 ± 37	3.92 ± 0.59	0.92 ± 0.01
E190448	13.18 ± 2.10	1.51	3.26	1.53 ± 0.05	15.56 ± 1.48	770 ± 25	3.48 ± 0.30	0.82 ± 0.21
E2104481	9.78 ± 0.36	1.47	3.17	1.63 ± 0.02	18.48 ± 1.06	810 ± 22	3.28 ± 0.69	0.92 ± 0.01
E2104482	12.33 ± 0.76	1.27	2.45	1.81 ± 0.09	19.47 ± 1.36	790 ± 14	3.68 ± 0.48	0.91 ± 0.01
E0648	25.3 ± 0	1.21	3.02	1.98 ± 0.04	23.17 ± 1.45	802 ± 4.47	3.9 ± 0.21	0.91 ± 0.01
H080348	10.27 ± 0.35	1.44	3.15	1.73 ± 0.1	16.22 ± 3.70	760 ± 45	4 ± 0.22	0.92 ± 0.01
H300348	10.94 ± 0.48	2.16	3.52	1.51 ± 0.06	15.21 ± 1.54	745 ± 21	3.92 ± 0.25	0.92 ± 0.01
S03481	9.37 ± 0.43	4.22	7.01	0.917 ± 0.1	5.97 ± 1.26	768 ± 39	4.42 ± 0.59	0.94 ± 0.01
S03482	13.14 ± 0.22	3.1	5.11	1.05 ± 0.04	9.00 ± 1.28	837 ± 31	4.28 ± 0.44	0.93 ± 0.01
S03483	12.12 ± 0.40	3.29	5.41	1.04 ± 0.04	9.47 ± 4.03	808 ± 49	4.55 ± 0.59	0.92 ± 0.01
Excel เจลีย	11.98 ± 1.46	1.48	3.07	1.58 ± 0.15	16.56 ± 1.91	807 ± 47.7	3.35 ± 0.51	0.91 ± 0.04
Hardskin เจลีย	10.61 ± 0.46	1.8	3.34	1.62 ± 0.16	15.71 ± 0.72	752 ± 10.6	3.96 ± 0.06	0.92 ± 0.01
Safeskin เจลีย	11.26 ± 1.95	3.54	5.84	0.98 ± 0.07	7.49 ± 1.90	803 ± 34.7	4.42 ± 0.13	0.93 ± 0.01
มาตรฐาน มอก.				1.37	14.7	700	5	1



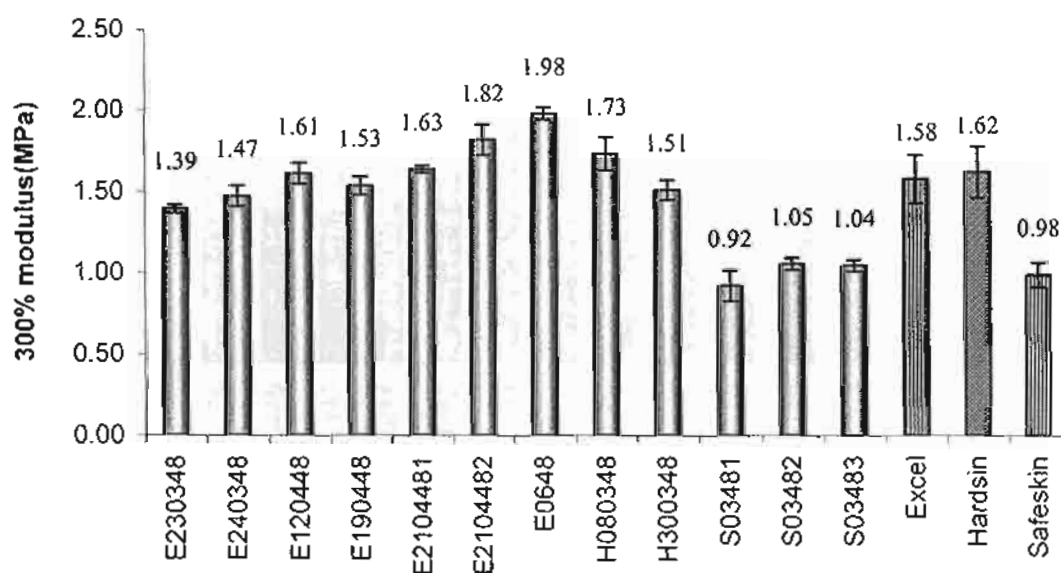
รูปที่ 4.19 Mooney viscosity ของยางคอมปาวด์สูตรยางแก้วโดยแปรชนิดยางสกิม

จากรูปที่ 4.19 พบว่าค่าความหนืดมูนีของยางสกิมคอมปาวด์จากแต่ละแหล่งผลิต มีค่าแตกต่างกัน น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับความแตกต่างของความหนืดมูนีของยางดิบเริ่มต้น ที่ยางสกิมจาก Excel มีค่าความหนืดสูงสุด ดังนั้นการผสมยางสกิมกับยาง STRSL และสารเติมแต่งต่างๆ ช่วยลดความแตกต่างของชนิดของยางสกิมต่อสมบัติด้านความหนืดมูนีของยางคอมปาวด์ลงได้



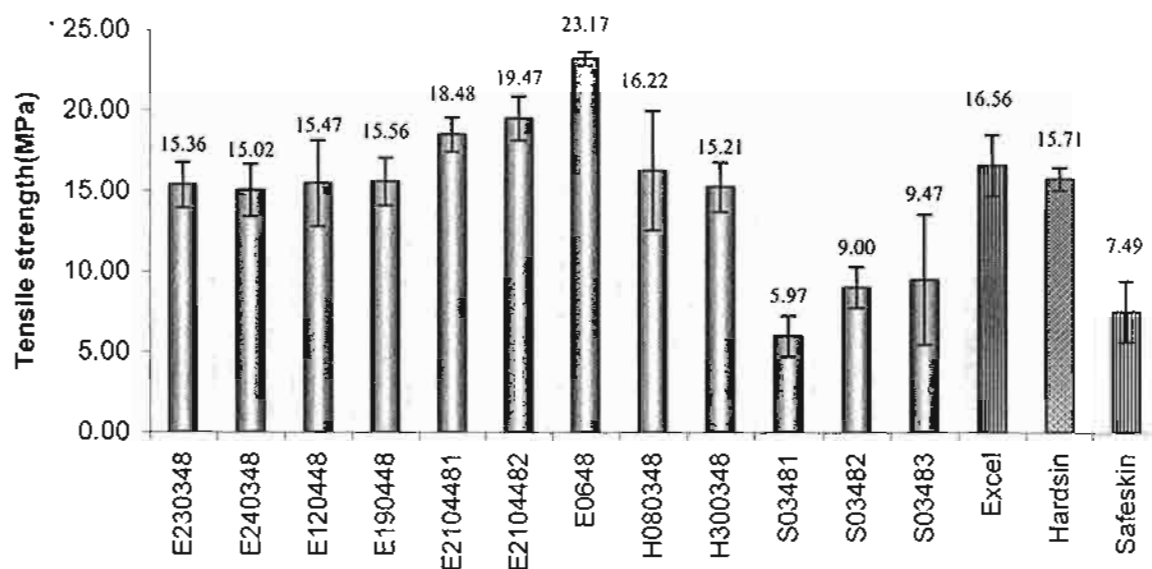
รูปที่ 4.20 Scorch time และ Cure time ของยางคอมปาวด์สูตรยางแก้วโดยแปรชนิดยางสกิน

จากรูปที่ 4.20 พบว่า ค่า Scorch time และ Cure time ของยางคอมปาวด์ ใช้ยางสกินจาก Safeskin มีค่ามากที่สุด ส่วนยางคอมปาวด์ ที่ใช้ยางสกินจาก Excel และ Hardsin มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อนำยางคอมปาวด์ไปวัดคาบไนซ์ และทดสอบสมบัติ ได้ผลดังนี้



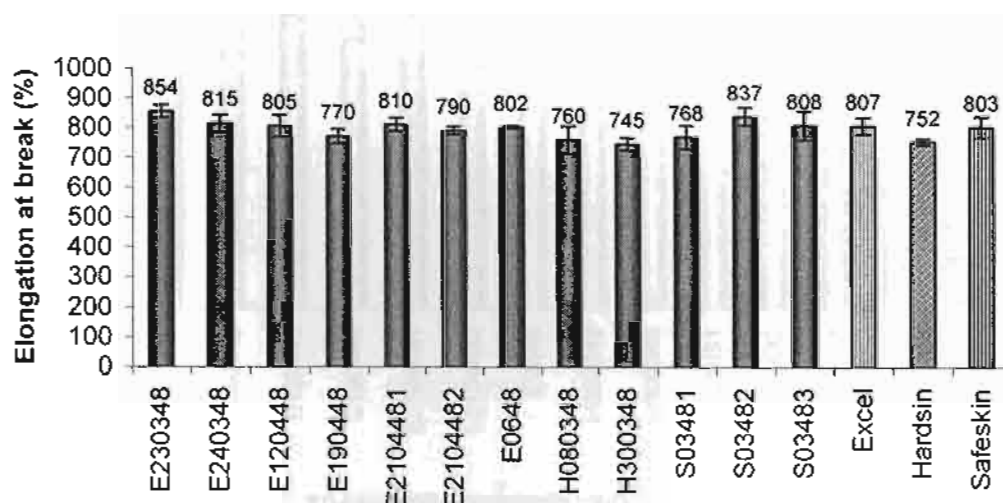
รูปที่ 4.21 300%modulus ของยางวัลคาไนซ์สูตรยางแก้วโดยแปรชนิดยางสกิน

จากรูปที่ 4.21 พบว่า ค่า 300%modulus ของยางสกิมจากเอ็กซ์เซลและหาดสินีมีค่าใกล้เคียงกันและผ่านมาตรฐานที่กำหนด ส่วนของบริษัทเซฟสกินค่าไม่ผ่านมาตรฐาน



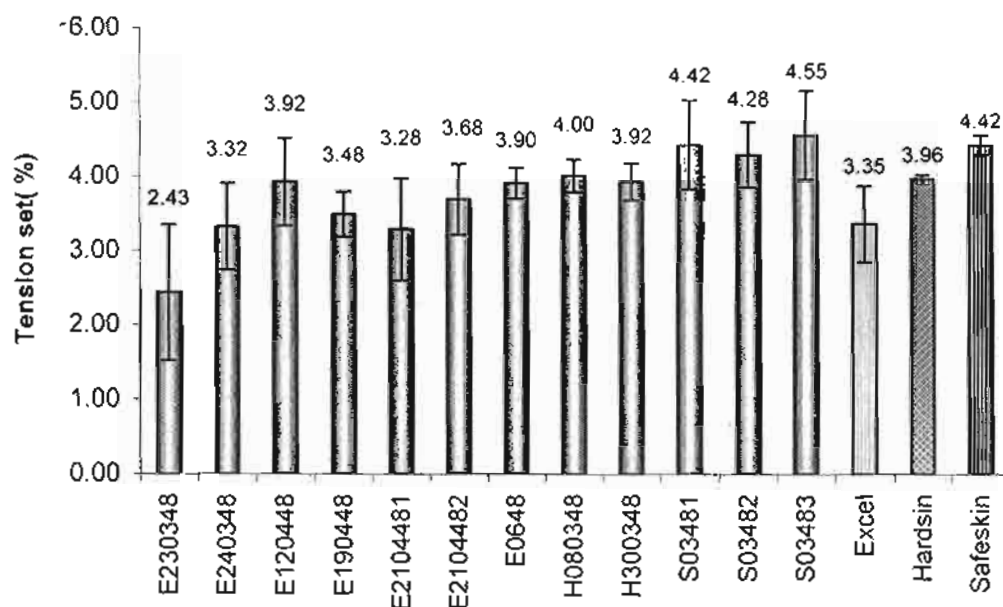
รูปที่ 4.22 Tensile strength ของยางวัลคาไนซ์สูตรยางแก้วโดยแปรชนิดยางสกิม

จากรูปที่ 4.22 พบว่าค่า Tensile strength ของยางวัลคาไนซ์โดยเฉลี่ยจากทั้ง 3 แหล่งผลิตมีค่าไม่ผ่านมาตรฐาน แต่เมื่อพิจารณาแล้วยางสกิมของบริษัทเอ็กซ์เซล lot ที่ 21/04/48 และ 06/48 มีค่าผ่านมาตรฐาน



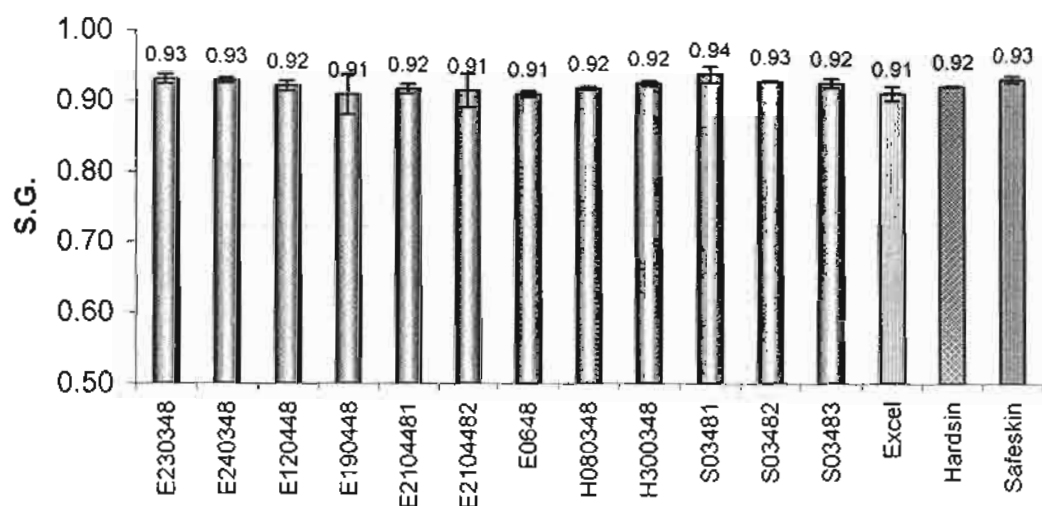
รูปที่ 4.23 %Elongation at break ของยางวัลคาไนซ์สูตรยางแก้วโดยแปรชนิดยางสกิม

จากรูปที่ 4.23 พบว่า ค่า %Elongation ของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้ยางสกิมจาก 3 แหล่งมีค่าผ่านมาตรฐานทั้งหมด โดยที่จากเอ็กซ์เซลและเซฟสกินมีค่าใกล้เคียงกันและของฮาร์ดสกินมีค่าต่ำสุด



รูปที่ 4.24 Tension set ของยางวัลคาไนซ์สูตรยางแก้วโดยแปรรูปยางสกิม

จากรูปที่ 4.24 พบว่า ค่า %Tension set ของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้ยางสกิมจาก 3 แหล่งผลิตมีค่าผ่านมาตรฐานทั้งหมด โดยของเซฟสกินมีค่าสูงสุด

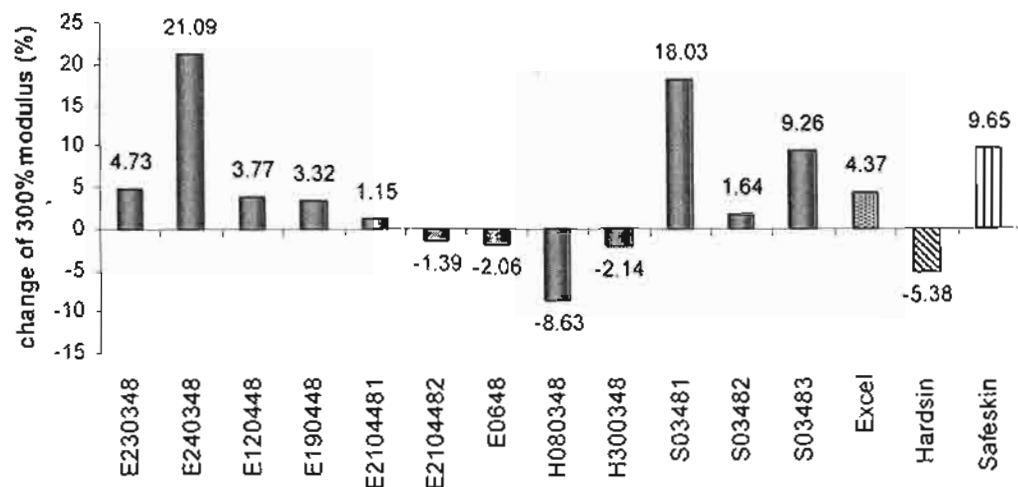


รูปที่ 4.25 ความถ่วงจำเพาะ ของยางวัลคาไนซ์สูตรยางแก้วโดยแปรรูปยางสกิม

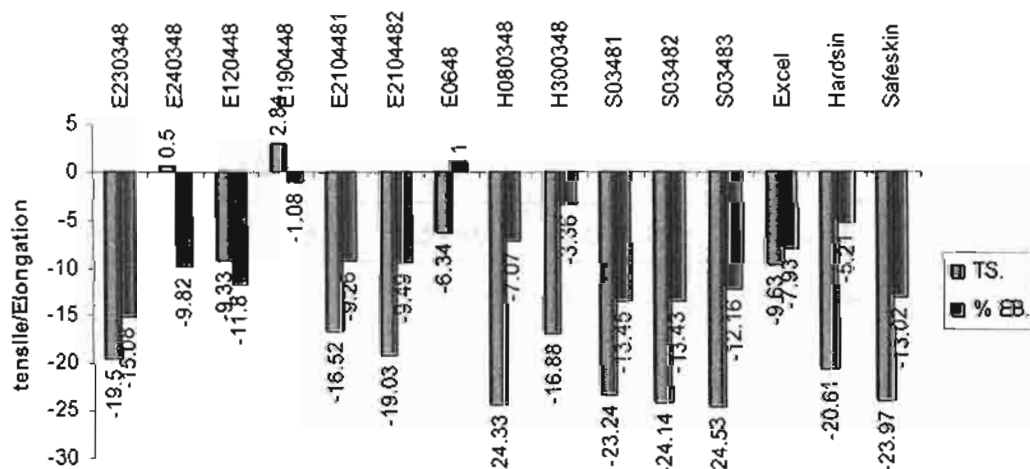
จากรูปที่ 4.25 พบว่าความถ่วงจำเพาะของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้ยางสกินของทั้ง 3 แหล่งมีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าผ่านมาตรฐานทั้งหมด

ตารางที่ 4.16 เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงฟิสิกส์ของสูตรยางแก้วที่ใช้ยางสกินต่างกันหลังการบ่มแรงที่ อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน (168 ชั่วโมง)

Lot no. of skim	300% modulus	TS.	% EB.
E230348	4.73	-19.50	-15.08
E240348	21.09	0.50	-9.82
E120448	3.77	-9.33	-11.80
E190448	3.32	2.84	-1.08
E2104481	1.15	-16.52	-9.26
E2104482	-1.39	-19.03	-9.49
E0648	-2.06	-6.34	1.00
H080348	-8.63	-24.33	-7.07
H300348	-2.14	-16.88	-3.36
S03481	18.03	-23.24	-13.45
S03482	1.64	-24.14	-13.43
S03483	9.26	-24.53	-12.16
Excel	4.37	-9.63	-7.93
Hardsin	-5.38	-20.61	-5.21
Safeskin	9.65	-23.97	-13.02



รูปที่ 4.26 % การเปลี่ยนแปลง 300%modulus หลังการบ่มแรงที่ อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน



รูปที่ 4.27 %การเปลี่ยนแปลง Tensile strength และ %Elongation at break หลังการบ่มแรงที่ อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน

จะเห็นได้ว่ายางวัลคาไนซ์ทุกชนิดที่ใช้ยางสกินจากแหล่งต่างๆ มีสมบัติการเปลี่ยนแปลงของการทนแรงดึงหลังการบ่มแรง ที่ผ่านมาตรฐาน โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงของ Tensile strength ไม่เกิน 25 % และ Elongation at break ไม่เกิน 20 %

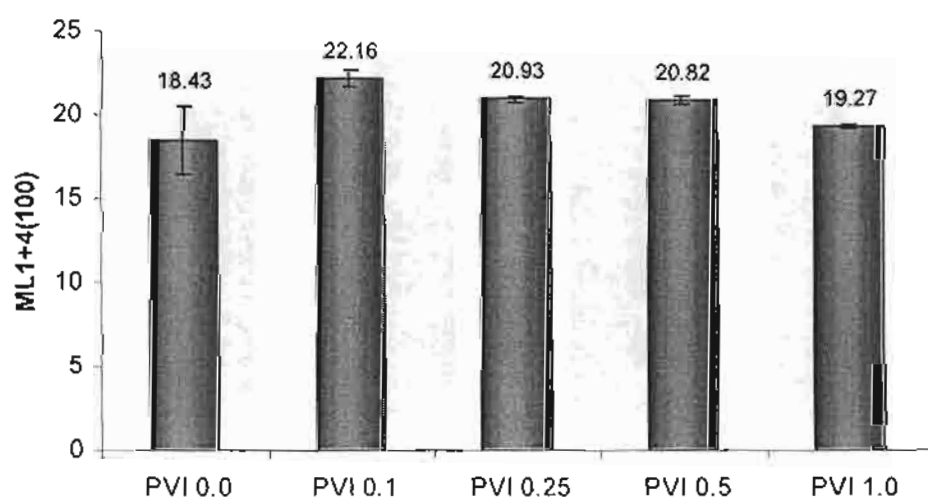
โดยสรุปจากสมบัติทั้งหมด จะเห็นได้ว่าการใช้ยางสกินจาก Safeskin จะมีปัญหาสมบัติไม่ผ่านมาตรฐานเมื่อใช้สูตรดังตารางที่ 4.14 สำหรับยางสกินจาก Hardsin และ Excel ให้ค่าสมบัติแต่ละค่าแตกต่างกันไม่มากนัก และผ่านมาตรฐาน มอก. ยางรัดของชนิดยางแก้ว และในแต่ละก้อนมีความแปรปรวนแต่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

4.3.2 ผลของปริมาณสารหน่วง PVI ต่อสมบัติของยาง

จากการทดลองในหัวข้อ 4.3.1 พบว่าการวัลคาไนซ์ของยางค่อนข้างเร็ว อาจจะทำให้พบปัญหา ยางสุกก่อนกำหนดได้ การทดลองนี้จึงทำการทดลองเติมสารหน่วง PVI เพื่อเพิ่มเวลา scorch time และศึกษาผลกระทบต่อสมบัติของยางหลังวัลคาไนซ์ โดยการทดลองนี้ใช้สูตรพื้นฐานเช่นเดียวกับการทดลองก่อนหน้านี้ ดังตารางที่ 4.14 และแปรปริมาณ PVI โดยบางสกิมที่ใช้เป็นยางจาก Excell ดังรายละเอียดในหัวข้อ 3.3.3.2 ได้ผลการทดลองดังนี้

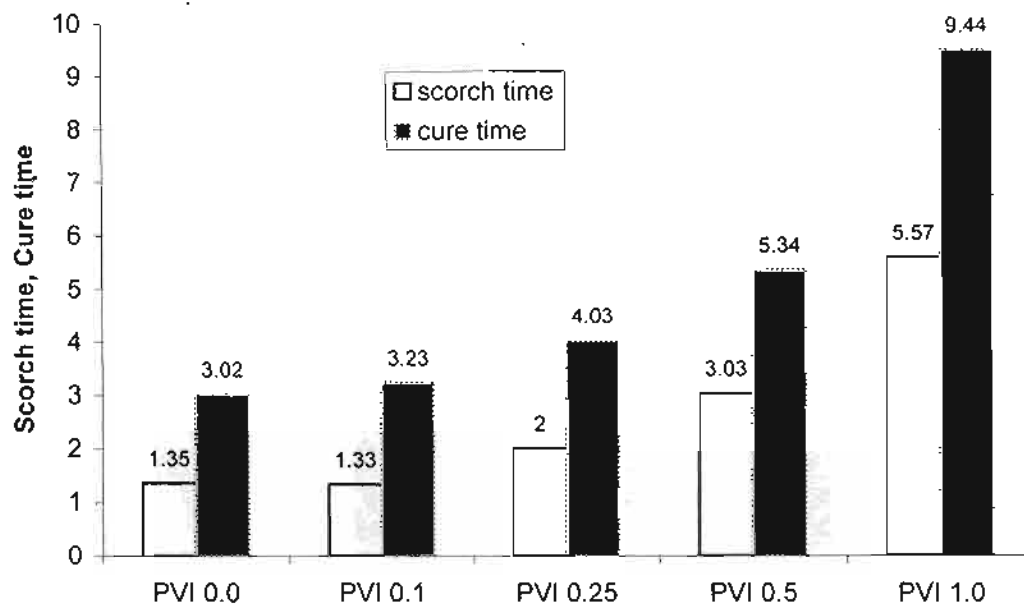
ตารางที่ 4.17 สมบัติยางเมื่อทำการแปรปริมาณ PVI

PVI(phr)	ML1+4 (100 °C)	scorch time	cure time	300% Modulus (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation at Break(%)	Tension set(%)	S.G.
PVI 0.0	18.43±2.01	1.35	3.02	1.81±0.07	18.51±1.03	755±32.6	3.60±0.42	0.91 ±0.01
PVI 0.1	22.16±0.5	1.33	3.23	1.68±0.05	18.15±1.24	785±13.69	3.55±0.37	0.92 ±0.01
PVI 0.25	20.93±0.18	2.00	4.03	1.69±0.11	18.05±1.40	791.67±12.11	3.67±0.33	0.95 ±0.02
PVI 0.5	20.82±0.20	3.03	5.34	1.59±0.06	16.43±1.89	798.33±21.60	3.78±0.27	0.94 ±0.01
PVI 1.0	19.27±0.08	5.57	9.44	1.34±0.04	15.26±1.51	804.17±18.82	3.68±0.44	0.91±0.01



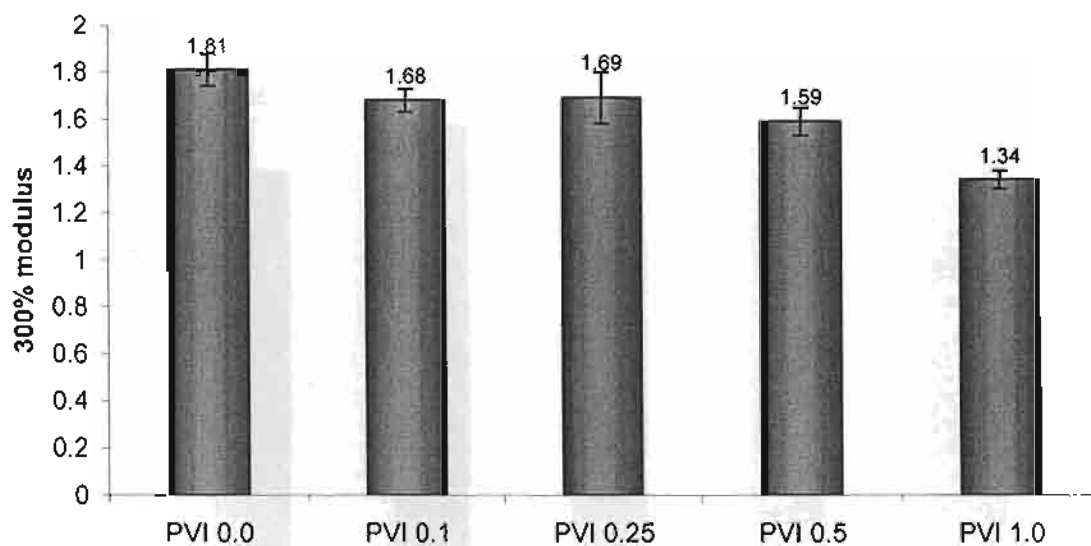
รูปที่ 4.28 ค่า Mooney viscosity ของยางคอมปาวด์เมื่อทำการแปรปริมาณ PVI

จากรูปที่ 4.28 พบว่าเมื่อทำการเพิ่มปริมาณ PVI ช่วงแรกค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นและจะค่อยๆ ลดลงไปในช่วงที่ถือว่าแตกต่างกันน้อยมาก



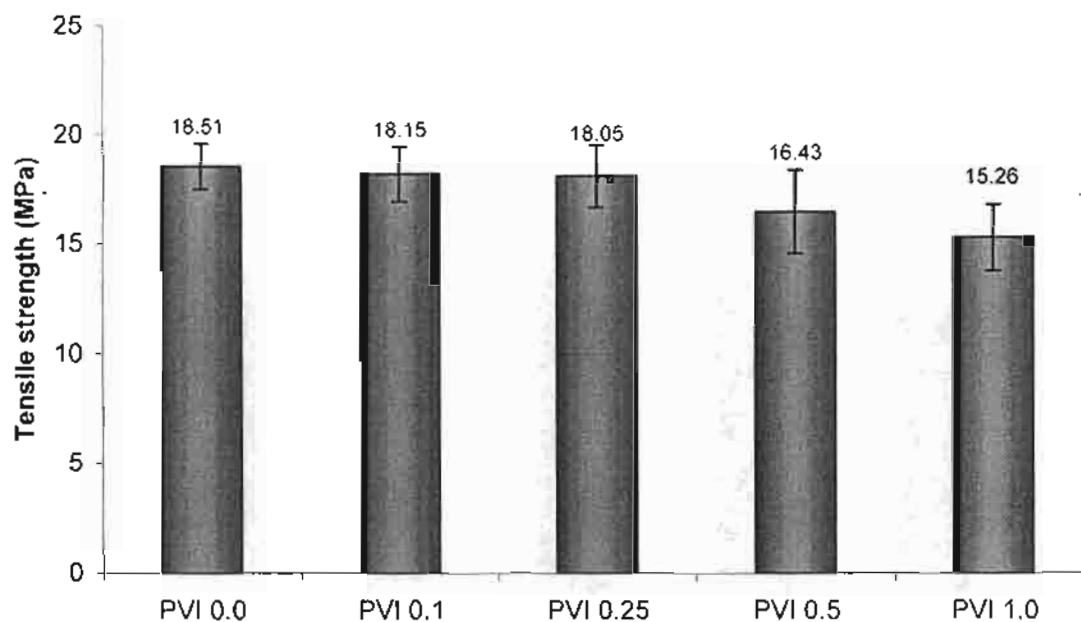
รูปที่ 4.29 ค่า Scorch time , Cure time ของยางคอมปาวด์ เมื่อทำการแปรปริมาณ PVI

จากรูปที่ 4.29 พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณ PVI จะทำให้ค่า Scorch time , Cure time ของยางคอมปาวด์เพิ่มขึ้น โดยที่ที่ 1 phr Cure time เพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก จะส่งผลให้เกิดปัญหาในการอบยางสุกได้



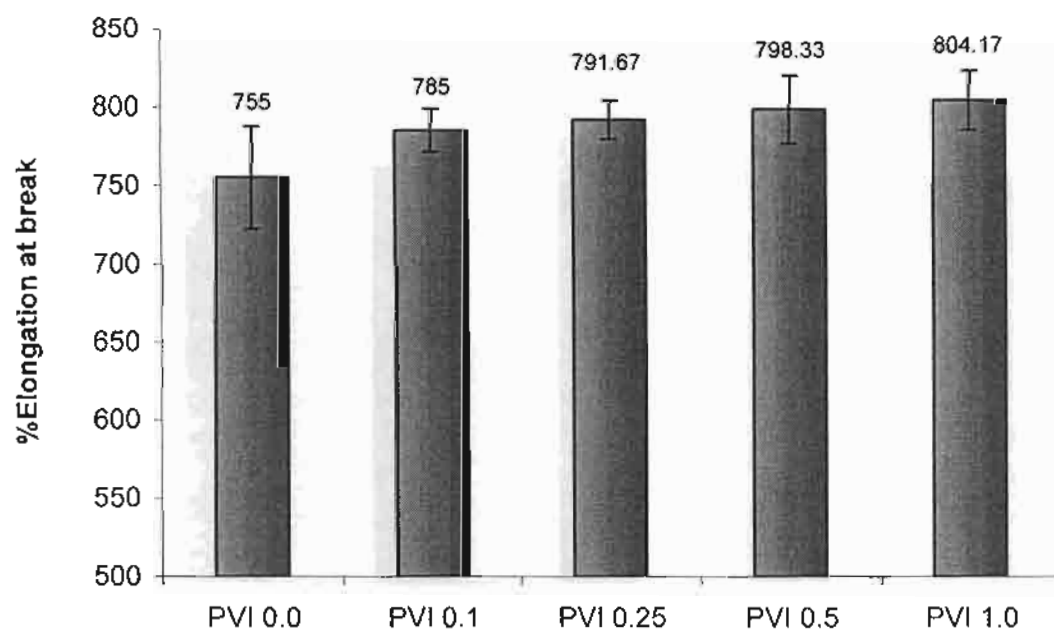
รูปที่ 4.30 ค่า 300% modulus ของยางวัลคไนซ์เมื่อทำการแปรปริมาณ PVI

จากรูปที่ 4.30 พบว่าเมื่อทำการเพิ่มปริมาณ PVI จะทำให้ค่า 300%modulus มีค่าลดลง



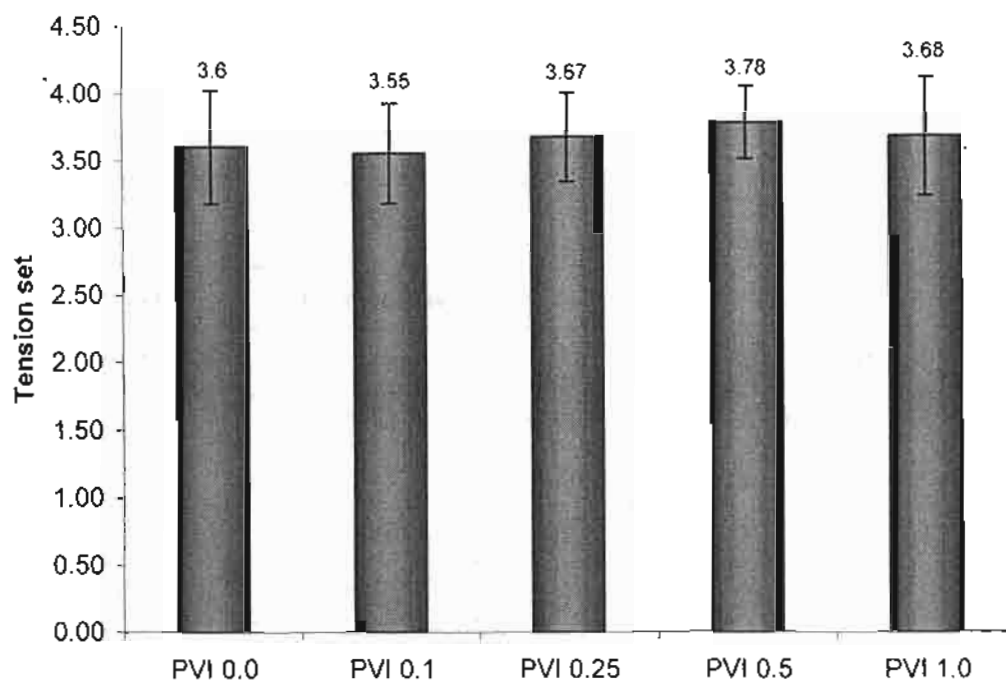
รูปที่ 4.31 ค่า Tensile strength ของยางคอมปาวด์ เมื่อทำการแปรปริมาณ PVI

เช่นเดียวกับค่าโมดูลัสของยาง เมื่อทำการเพิ่มปริมาณ PVI จะทำให้ค่า Tensile strength มีค่าลดลง



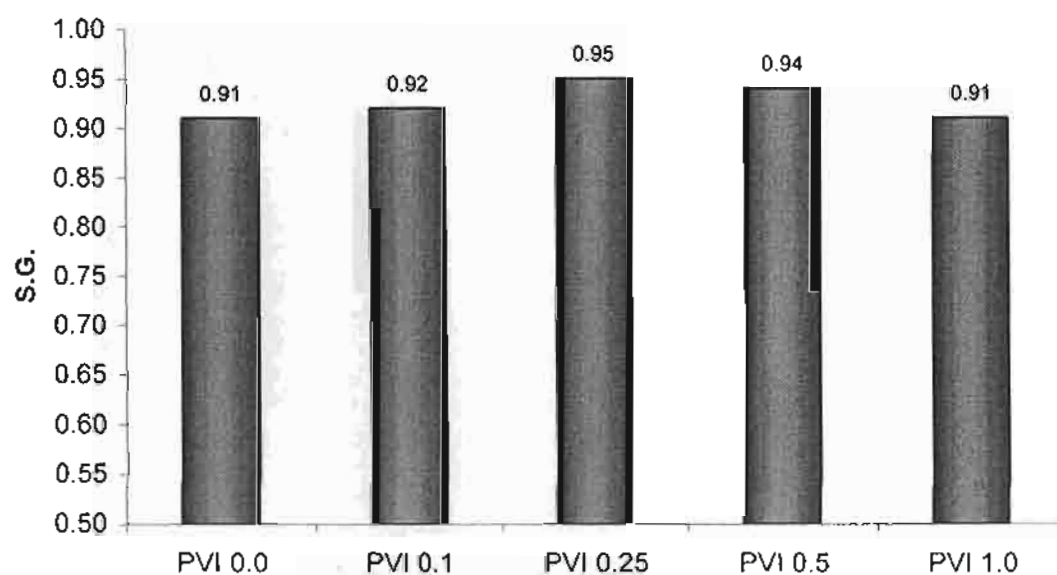
รูปที่ 4.32 ค่า %Elongation at break ของยางวัลคาไนซ์เมื่อทำการแปรปริมาณ PVI

จากรูปที่ 4.32 พบว่าเมื่อทำการเพิ่มปริมาณ PVI จะทำให้ค่า %Elongation มีค่าเพิ่มขึ้นแสดงว่ายางสามารถยืดได้มากขึ้น



รูปที่ 4.33 ค่า Tension set ของยางวัลคาไนซ์เมื่อทำการแปรปริมาณ PVI

จากรูปที่ 4.33 พบว่าการเพิ่มปริมาณ PVI จะทำให้ค่า %Tension set มีค่าแตกต่างกันน้อยมาก

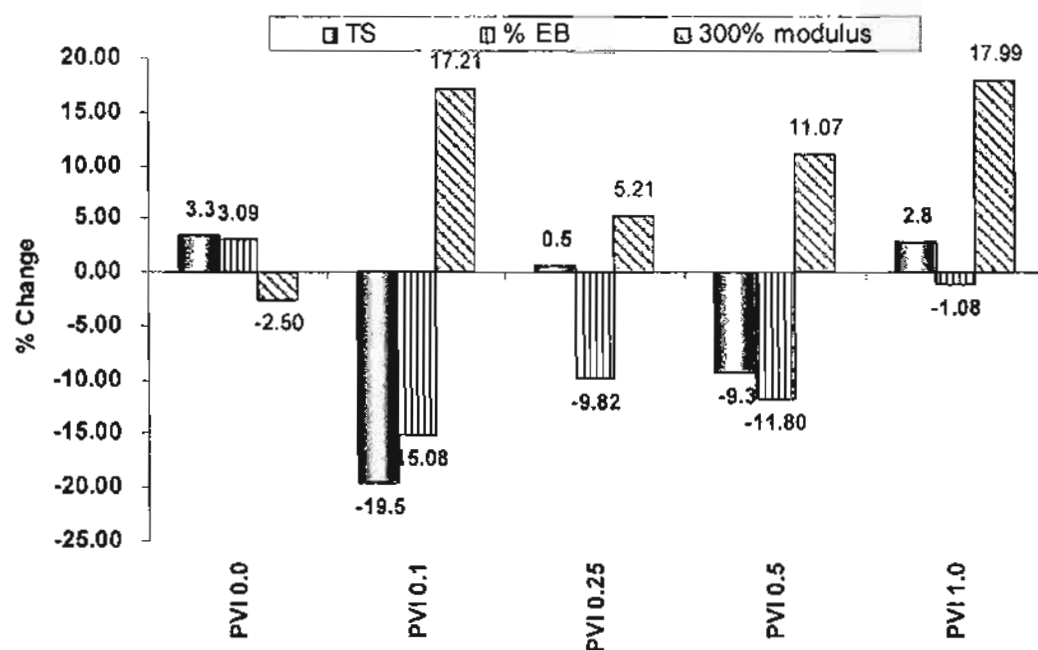


รูปที่ 4.34 ค่าความถ่วงจำเพาะ ของยางวัลคาไนซ์เมื่อทำการแปรปริมาณ PVI

จากรูปที่ 4.34 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณ PVI ทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะมีความแปรปรวนค่าที่ได้ใกล้เคียงกันและผ่านมาตรฐานทุกค่าโดยที่ PVI ปริมาณ 0.25 phr มีค่าความถ่วงจำเพาะมากที่สุดคือ 0.95 และที่ 0 และ 1.0 phr มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำสุดคือ 0.91

ตารางที่ 4.18 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติการดึงหลังการบ่มแรงที่อุณหภูมิ 70°C เวลา 168 ชั่วโมง ของยางยางวัลคาไนซ์เมื่อทำการแปรปริมาณ PVI

PVI (phr)	300% modulus	TS.	% EB.
PVI 0.0	-2.50	3.34	3.09
PVI 0.1	17.21	-19.50	-15.08
PVI 0.25	5.21	0.50	-9.82
PVI 0.5	11.07	-9.33	-11.80
PVI 1.0	17.99	2.84	-1.08



รูปที่ 4.35 %การเปลี่ยนแปลง ค่า Tensile strength , %E.B , และ 300% modulus เมื่อทำการแปรปริมาณ PVI และหลังการบ่มแรง

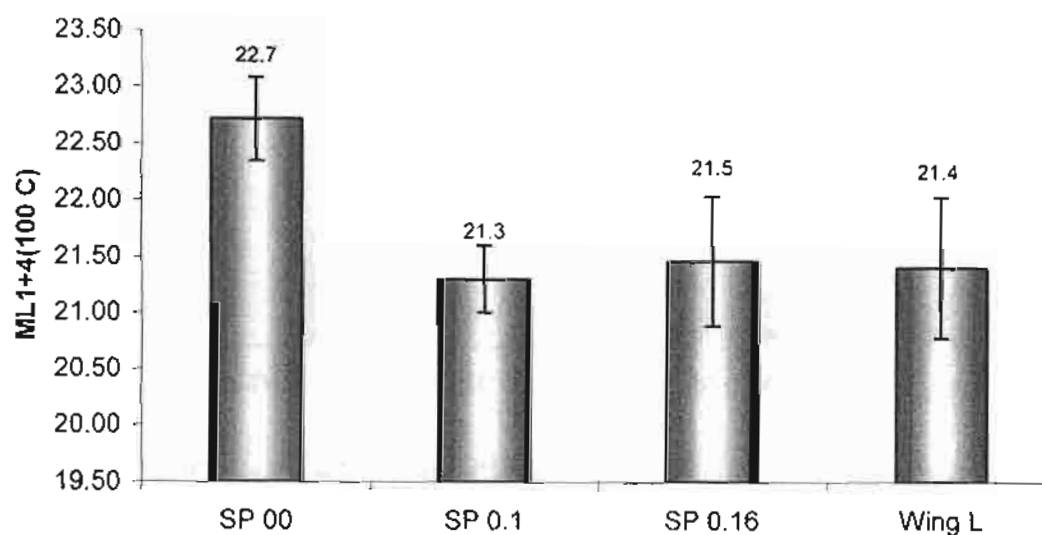
จากรูปที่ 4.28 – 4.35 พบว่าปริมาณ PVI ที่เหมาะสมควรจะเลือกใช้ ที่ 0.25 phr เพราะสามารถเพิ่ม scorch time และค่า cure time ไม่สูงนัก และสมบัติยางวัลคาไนซ์ผ่านมาตรฐานทุกสมบัติ

4.3.3 ผลของชนิดและปริมาณของสารกันเสื่อมต่อสมบัติของยาง

จากการทดลองเบื้องต้นสูตรที่ใช้ดังตารางที่ 4.14 มีสมบัติผ่านมาตรฐานยางรถชนิดแก้ว อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ต้องการศึกษาผลของปริมาณและชนิดของสารกันเสื่อมต่อสมบัติของยาง ดังรายละเอียดการทดลองในหัวข้อที่ 3.3.3.3 ได้ผลการทดลองดังนี้

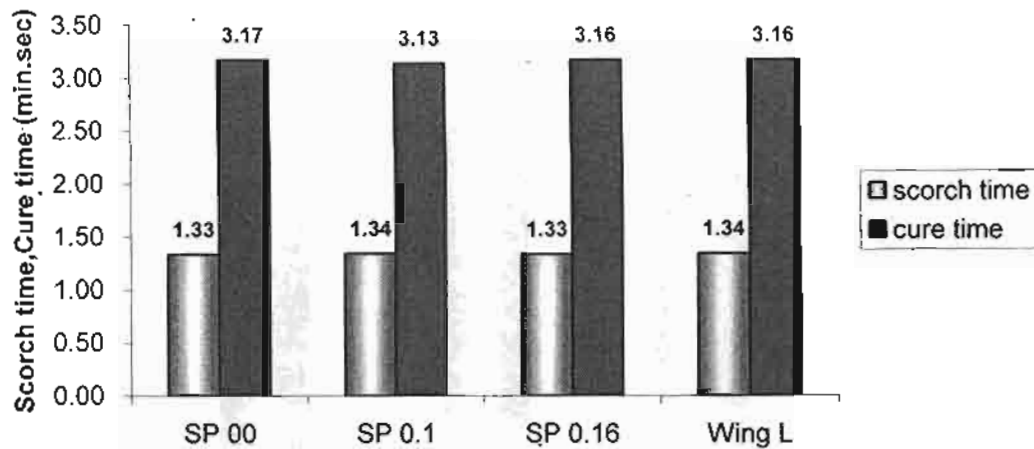
ตารางที่ 4.19 สมบัติยางคอมปาวด์เมื่อทำการแปรปริมาณสารกันเสื่อม

Antioxidant	ML1+4(100 C)	scorch time	cure time	300% modulus (MPa)	Tensile Strength (Mpa)	Elongation at Break(%)	Tension set(%)	S.G.
SP 00	22.71 $\pm$ 0.37	1.33	3.17	1.93 $\pm$ 0.15	23.20 $\pm$ 1.33	805 $\pm$ 11.18	3.87 $\pm$ 0.43	0.9 $\pm$ 0.001
SP 0.1	21.30 $\pm$ 0.3	1.34	3.13	1.94 $\pm$ 0.13	23.68 $\pm$ 0.91	804 $\pm$ 10.21	3.60 $\pm$ 0.51	0.91 $\pm$ 0.003
SP 0.16	21.46 $\pm$ 0.57	1.33	3.16	1.96 $\pm$ 0.05	22.05 $\pm$ 2.13	791 $\pm$ 12.91	4.02 $\pm$ 0.65	0.94 $\pm$ 0.001
Wing L	21.40 $\pm$ 0.62	1.34	3.16	1.80 $\pm$ 0.05	21.28 $\pm$ 0.54	810 $\pm$ 13.69	3.80 $\pm$ 0.42	0.93 $\pm$ 0.002



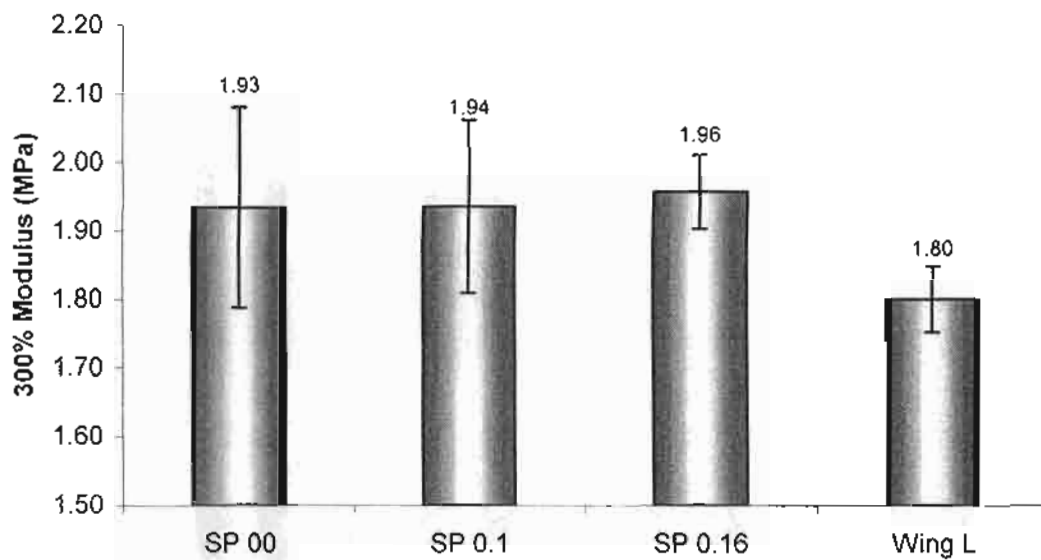
รูปที่ 4.36 ค่า Mooney viscosity ของยางคอมปาวด์ที่ใช้ชนิดและปริมาณสารกันเสื่อมต่างๆ

จากรูปที่ 4.36 พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณสารกันเสื่อมทั้งชนิด SP และ wing L ทำให้ค่าความหนืดมูนีลดลงเล็กน้อย



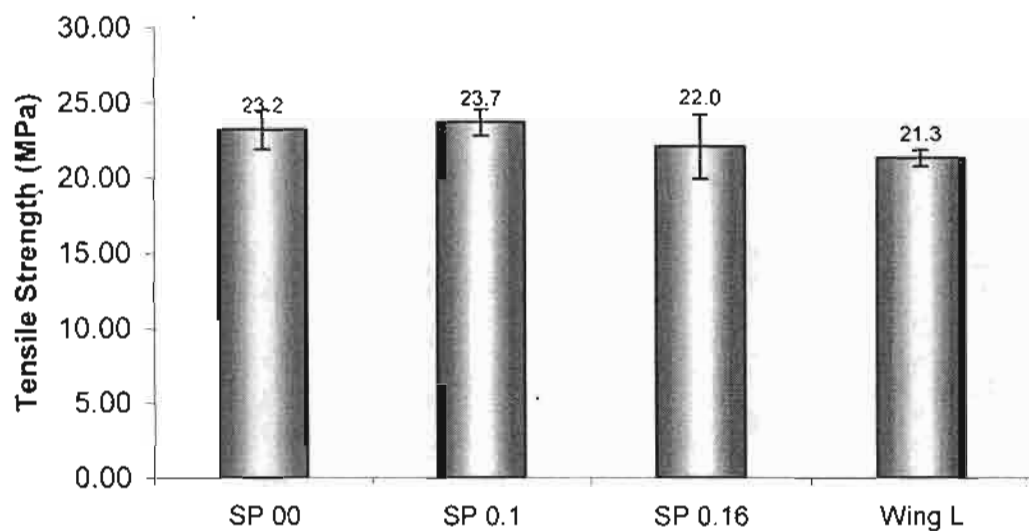
รูปที่ 4.37 ค่า Scorch time, Cure time ของยางคอมปาวด์ที่ใช้ชนิดและปริมาณสารกันเสื่อมต่างๆ

จากรูปที่ 4.37 พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณ SP ค่าของ Scorch time และ Cure time มีค่าที่ใกล้เคียงกัน และการใช้สารกันเสื่อมต่างกันไม่มีผลต่อค่า Scorch time และ Cure time



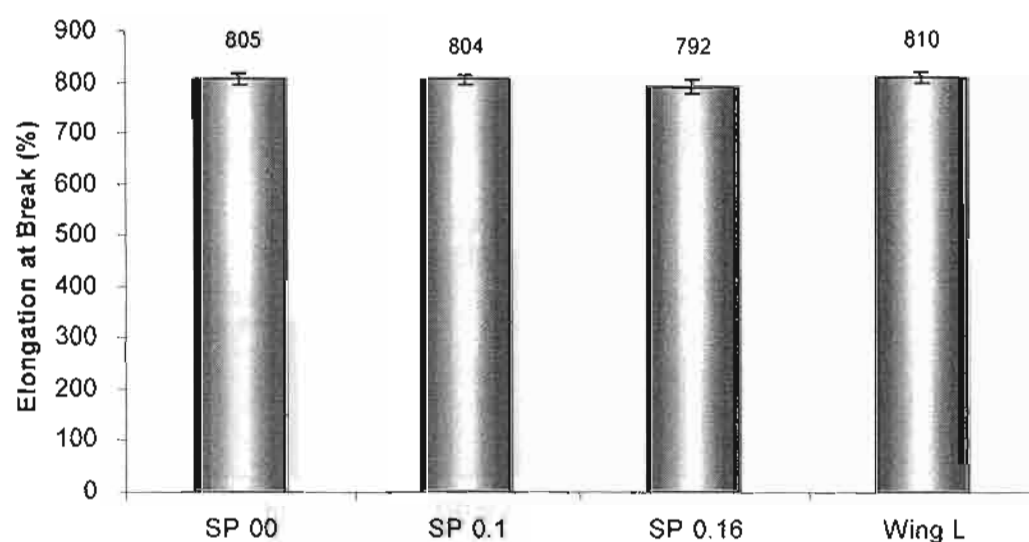
รูปที่ 4.38 ค่า 300%modulus ของยางคอมปาวด์ที่ใช้ชนิดและปริมาณสารกันเสื่อมต่างๆ

จากรูปที่ 4.38 พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณสารกันเสื่อม SP ค่าของ 300%modulus มีค่าใกล้เคียงกัน แต่มีค่าสูงกว่าใช้ Wing L



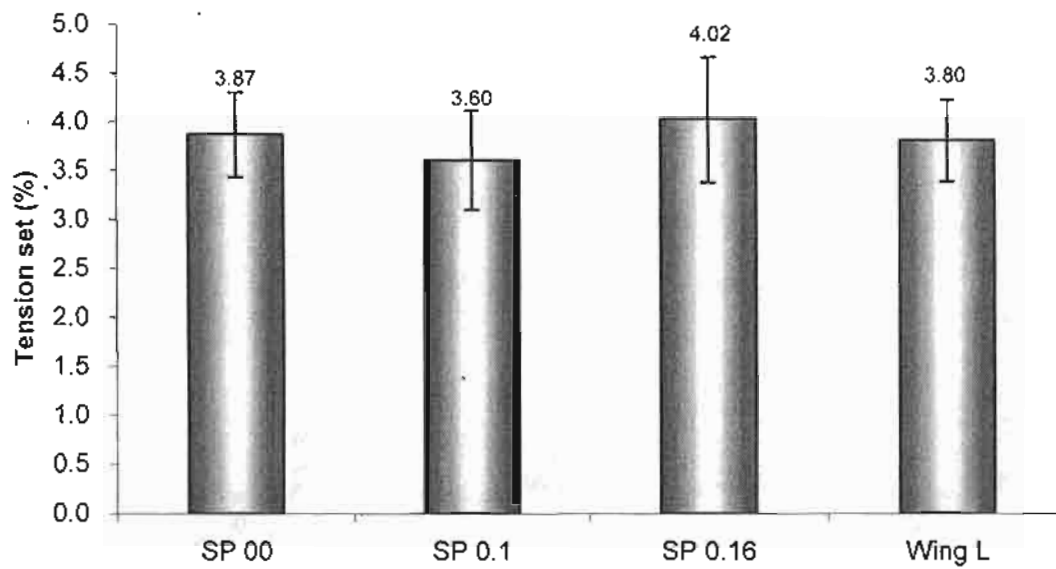
รูปที่ 4.39 ค่า Tensile strength ของยางคอมปาวด์ที่ใช้ชนิดและปริมาณสารกันเสื่อมต่างๆ

จากรูปที่ 4.39 พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณสารกันเสื่อม SP ค่าของ Tensile strength มีค่าลดลง แต่ผ่านมาตรฐาน ในขณะที่การใช้สารกันเสื่อม Wing L มีค่าต่ำกว่าการใช้สารกันเสื่อม SP เล็กน้อย



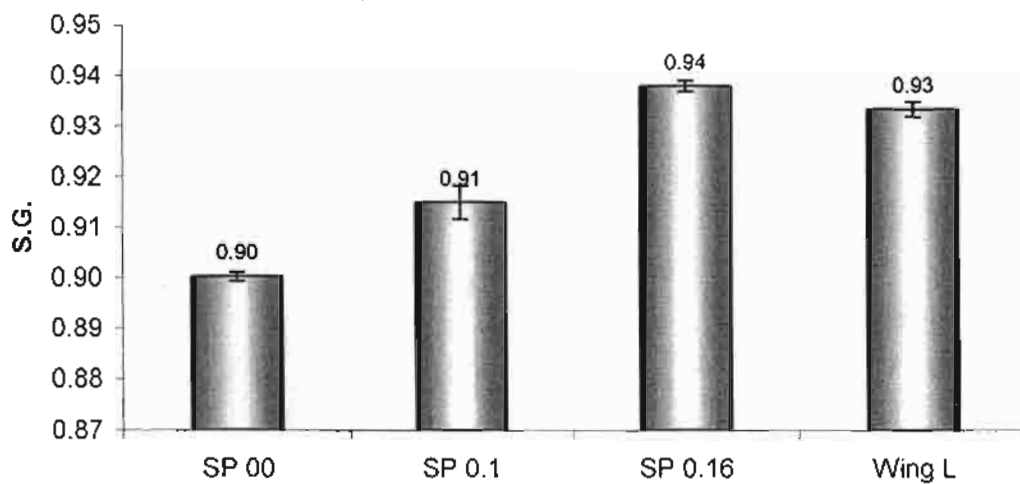
รูปที่ 4.40 ค่า %Elongation at break ของยางคอมปาวด์ที่ใช้ชนิดและปริมาณสารกันเสื่อมต่างๆ

จากรูปที่ 4.40 พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณสารกันเสื่อม SP ค่าของ %Elongation at break มีค่าใกล้เคียงกันและค่าที่ได้ผ่านมาตรฐาน โดยที่ใช้สารกันเสื่อม Wing L มีค่าสูงกว่าการใช้สารกันเสื่อม SP เล็กน้อย



รูปที่ 4.41 ค่า % Tension set ของยางคอมปาวด์ที่ใช้ชนิดและปริมาณสารกันเสื่อมต่างๆ

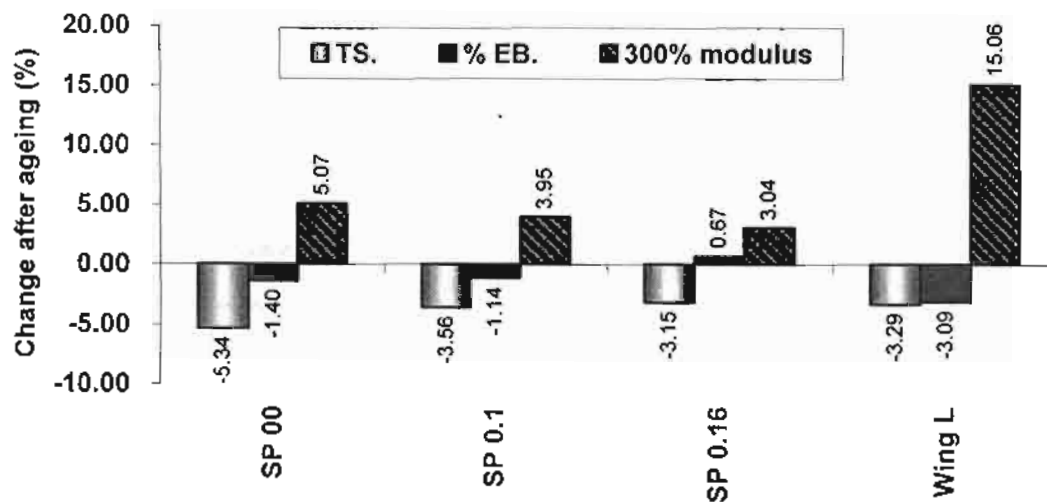
จากรูปที่ 4.41 พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณสารกันเสื่อม SP ค่าของ % Tension set มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ยังคงผ่านมาตรฐาน เช่นเดียวกับการใช้สารกันเสื่อม Wing L



รูปที่ 4.42 ค่าความถ่วงจำเพาะ ของยางคอมปาวด์ที่ใช้ชนิดและปริมาณสารกันเสื่อมต่างๆ

จากรูปที่ 4.42 พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณ SP ค่าของความถ่วงจำเพาะจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารที่ใช้มากขึ้น แต่ยังคงผ่านมาตรฐาน

สำหรับสมบัติหลังการบ่มเร่ง ดังรูปที่ 4.43 นั้นพบว่าการเปลี่ยนแปลงของสมบัติด้านการดึงผ่านมาตรฐานกำหนด จะเห็นได้ว่าการใช้สูตรดังตารางที่ 4.14 โดยที่ใช้หรือไม่ใช้สารกันเสื่อม ขางวัลคาไนซ์ที่ได้มีสมบัติผ่านมาตรฐานยางรถยนต์แล้ว



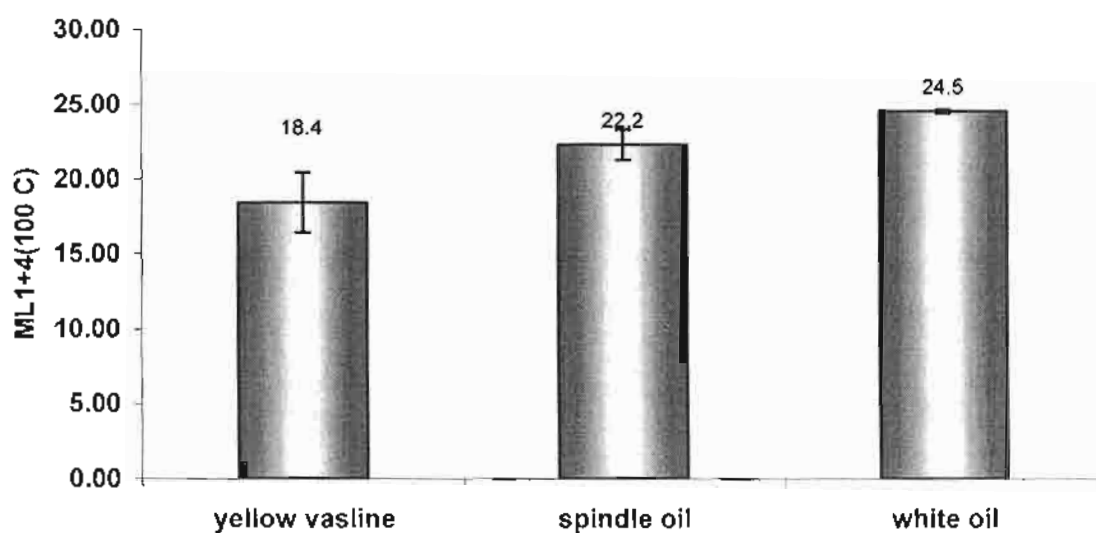
รูปที่ 4.43 %การเปลี่ยนแปลง ค่า Tensile strength, %E.B , และ 300% modulus ที่ใช้ชนิดและปริมาณสารกันเสื่อมต่างๆหลังการบ่มเร่ง

4.3.4 ผลของชนิดและปริมาณของน้ำมันต่อสมบัติของยาง

ทำการทดลองศึกษาผลของชนิดและปริมาณน้ำมันต่อสมบัติของยาง โดยใช้สูตรพื้นฐาน ดังรายละเอียดการทดลองดังหัวข้อที่ 3.3.3.4 ได้ผลการทดลองดังนี้

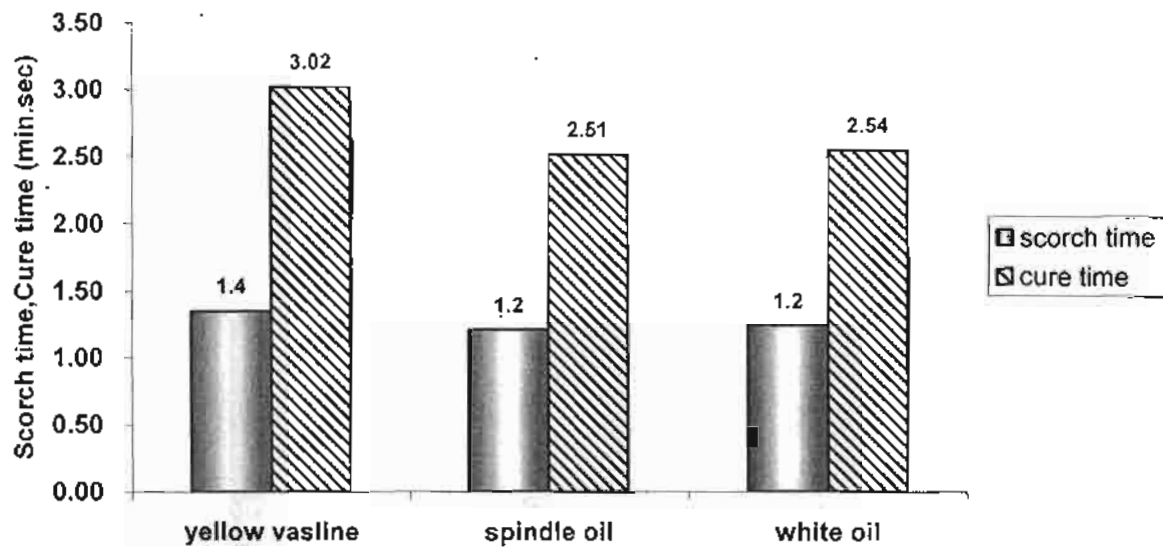
ตารางที่ 4.20 ผลของชนิดของน้ำมันเมื่อใช้ปริมาณ 5 phr ต่อ สมบัติของยาง

Oil	ML1+4 (100 °C)	scorch time	Cure time	300% modulus (Mpa)	Tensile Strength (Mpa)	Elongation at Break(%)	Tension set(%)	S.G.
yellow vaseline	18.43±2.01	1.35	3.02	1.81±0.07	18.51±1.03	755±32.60	3.60±0.42	0.91± 0.01
spindle oil	22.25±1.03	1.21	2.51	1.77±0.03	21.02±1.61	775±17.68	3.60±0.52	0.91± 0.01
white oil	24.47±0.14	1.24	2.54	1.88±0.05	21.57±0.50	766.25±19.74	4.24±0.38	0.94 ±0.01



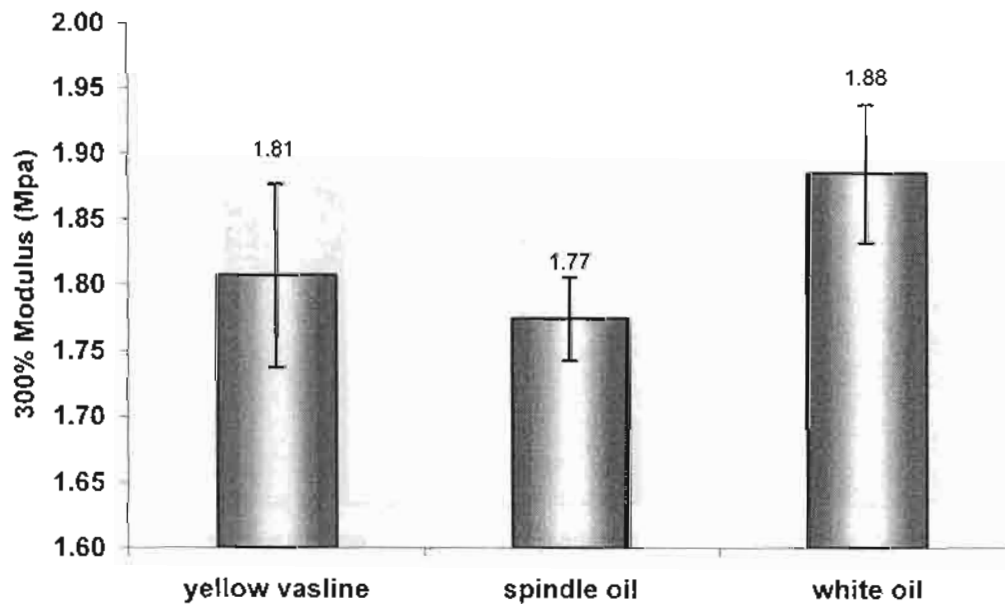
รูปที่ 4.44 ค่า ML1+4 (100°C) Mooney viscosity ของยางคอมปาวด์เมื่อน้ำมันชนิดต่างๆ

จากรูปที่ 4.44 พบว่าชนิดน้ำมันมีผลต่อค่าความหนืดมูนนี้อย่างเห็นได้ชัด โดยที่ yellow Vaseline ให้ยางคอมปาวด์มีค่าความหนืดมูนนี้อย่างต่ำสุด และ white oil มีค่าความหนืดมูนนี้อย่างสูงสุด



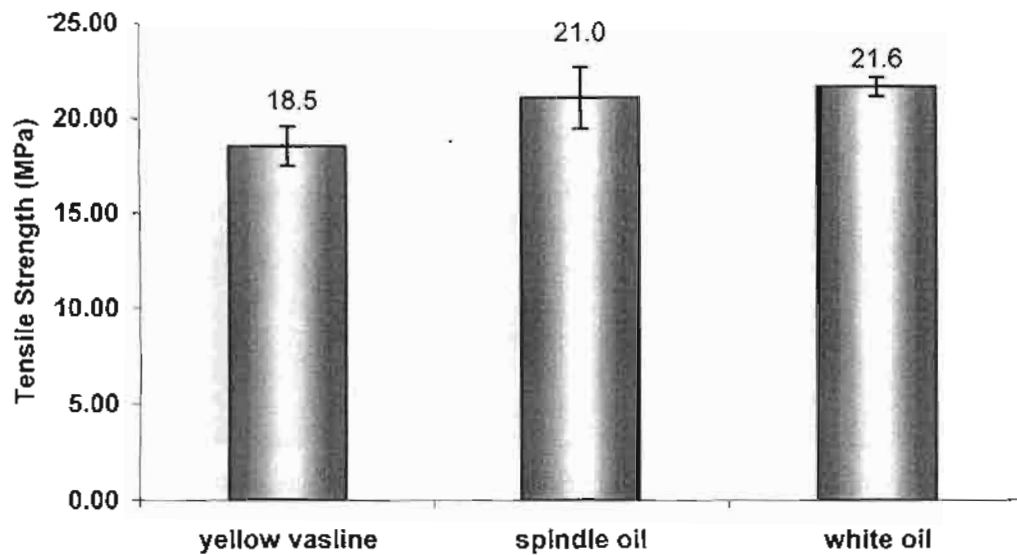
รูปที่ 4.45 ค่า Scorch time , Cure time ของยางคอมปาวด์เมื่อนำน้ำมันชนิดต่างๆ

จากรูปที่ 4.45 พบว่าชนิดของน้ำมันมีผลต่อค่า Scorch time , Cure time โดยที่ yellow Vaseline ให้ยางคอมปาวด์ มีค่า Scorch time , Cure time สูงสุด spindle oil มีค่า Scorch time , Cure time ต่ำสุด และมีค่าใกล้เคียงกับการใช้ white oil



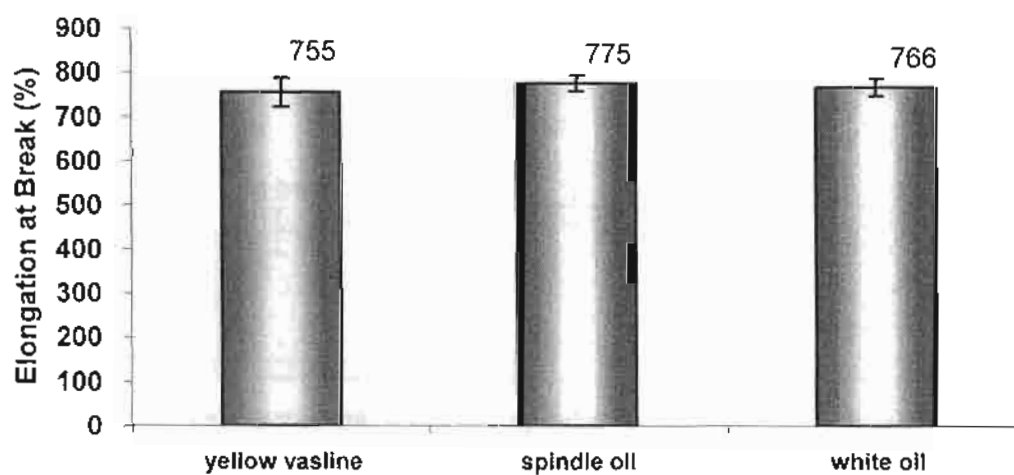
รูปที่ 4.46 ค่า 300%modulus ของยางวัลคาไนซ์เมื่อนำน้ำมันชนิดต่างๆ

จากรูปที่ 4.46 พบว่าชนิดของน้ำมันมีผลต่อค่า 300%modulus โดยที่Spindle oil ให้ค่า 300%modulus ต่ำสุด และ white oil ให้ค่า 300%modulus สูงสุด



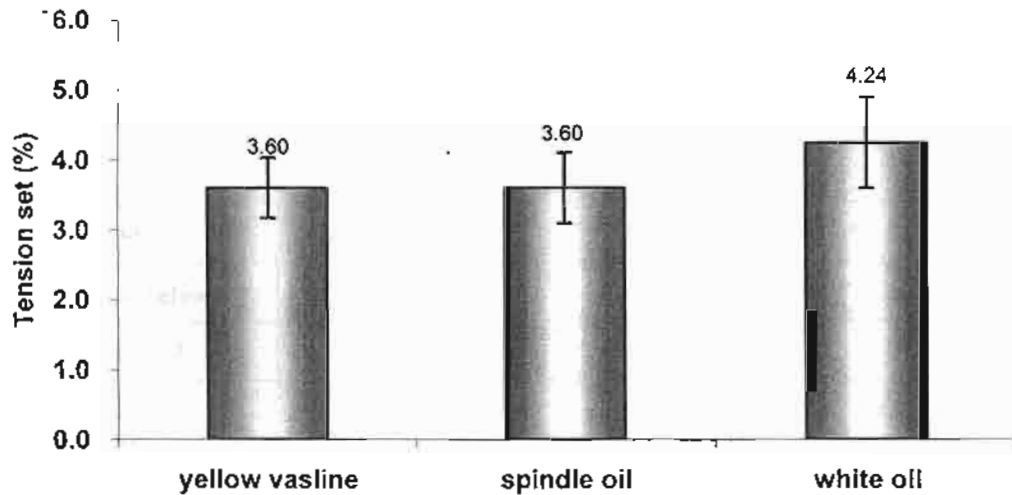
รูปที่ 4.47 ค่า Tensile strength ของยางวัลคาไนซ์เมื่อนำน้ำมันชนิดต่างๆ

จากรูปที่ 4.47 พบว่าชนิดของน้ำมันมีผลต่อค่า Tensile strength โดยที่ Spindle oil และ white oil ให้ค่าใกล้เคียงกัน และ yellow Vaseline ให้ค่า Tensile strength ต่ำสุด



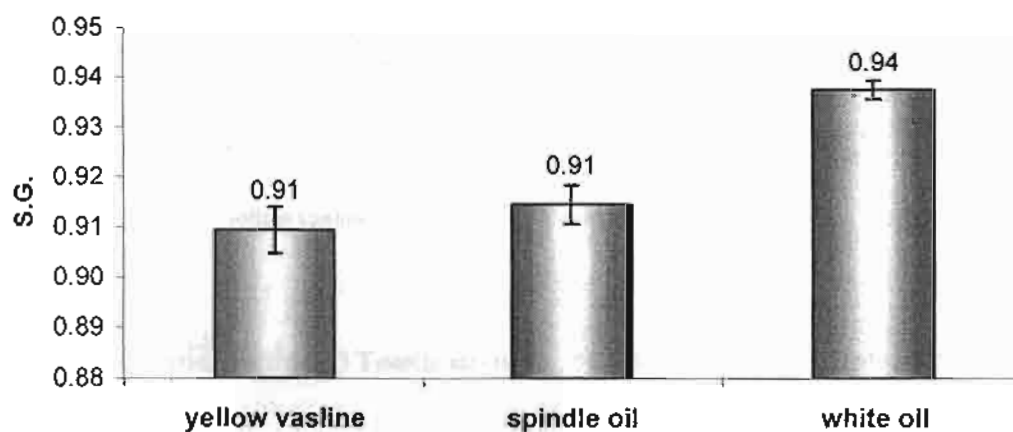
รูปที่ 4.48 ค่า %Elongation at break ของยางวัลคาไนซ์เมื่อนำน้ำมันชนิดต่าง

จากรูปที่ 4.48 พบว่าชนิดของน้ำมันทั้ง 3 ชนิดทำให้ค่า %Elongation at break มีค่าไม่แตกต่างกัน มากโดย white oil ให้ค่าสูงสุด



รูปที่ 4.49 ค่า %Tension set ของยางวัลคาไนซ์เมื่อน้ำมันชนิดต่างๆ

จากรูปที่ 4.49 พบว่า ค่า Tension set ของยางที่ใช้ yellow vasline และ Spindle oil ให้ค่า %Tension set ที่เท่ากัน ส่วน white oil ให้ค่า %Tension set สูงสุด ซึ่งถือว่าการรักษาการคงรูปไม่ดี แต่ยังคงผ่านมาตรฐานยางรัด

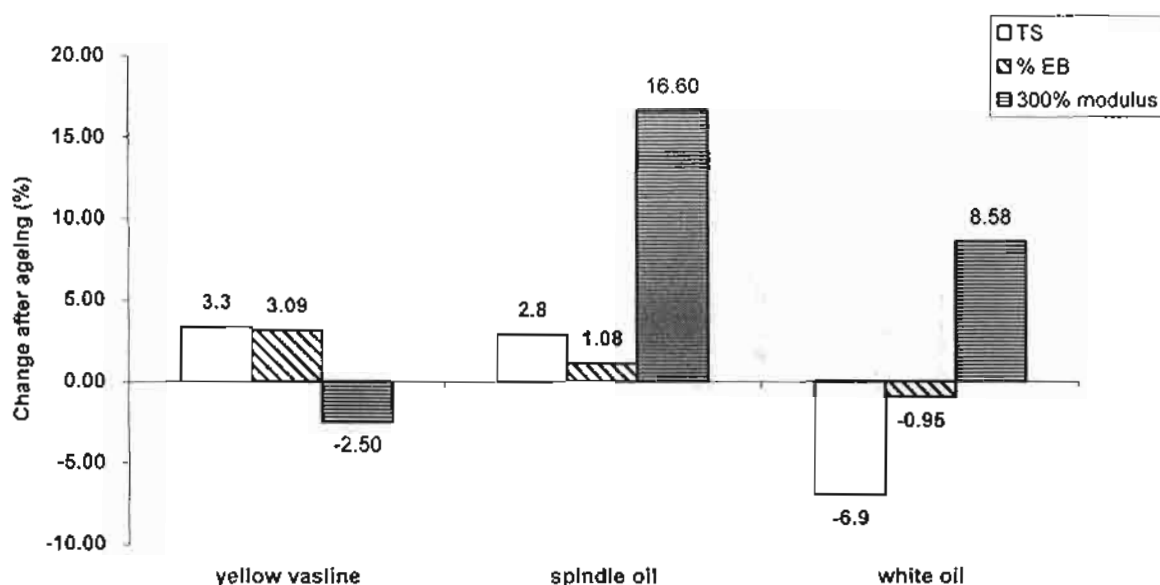


รูปที่ 4.50 ค่าความถ่วงจำเพาะ ของยางวัลคาไนซ์เมื่อน้ำมันชนิดต่างๆ

จากรูปที่ 4.50 พบว่าชนิดของน้ำมันมีผลต่อความถ่วงจำเพาะ โดยที่ yellow Vaseline และ Spindle oil ให้ค่าความถ่วงจำเพาะที่เท่ากันคือ 0.91 และ white oil มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงสุดคือ 0.94 แต่ทั้ง 3 ชนิดให้ค่าผ่านมาตรฐานทั้งหมด

ตารางที่ 4.21 เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงสมบัติหลังการบ่มแรงที่อุณหภูมิ 70°C เวลา 168 ชั่วโมง ของยางวัลคาไนซ์เมื่อน้ำมันต่างชนิดกัน

Oil	300% modulus	TS.	% EB.
yellow vaseline	-2.50	3.34	3.09
spindle oil	16.60	2.84	1.08
white oil	8.58	-6.91	-0.95



รูปที่ 4.51 %การเปลี่ยนแปลง ค่า Tensile strength , %E.B , และ 300% modulus หลังการบ่มแรงเมื่อน้ำมันชนิดต่างๆ

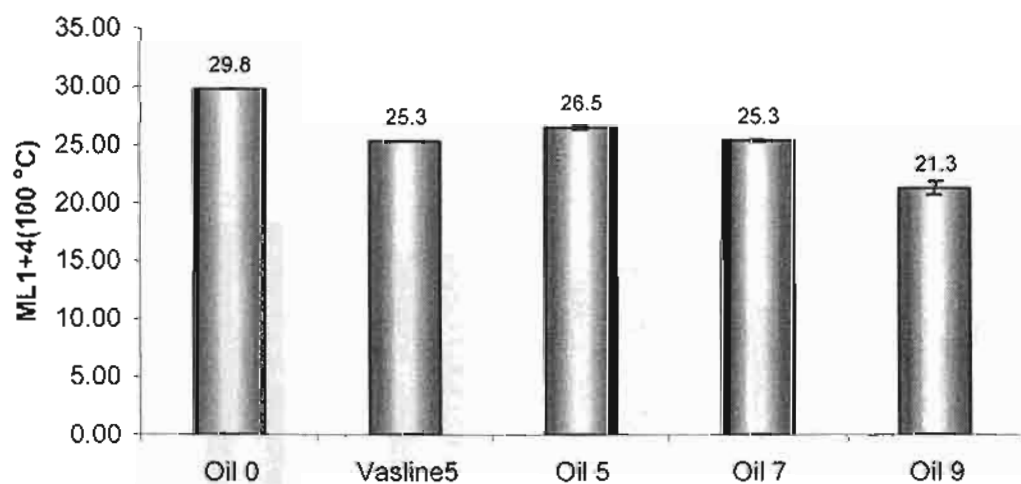
จะเห็นได้ว่าจากรูปที่ 4.44-4.51 น้ำมันทุกชนิดให้สมบัติที่ผ่านมาตรฐานทุกสมบัติ และชนิดของน้ำมันที่ควรใช้คือ Spindle oil เพราะให้ค่าสมบัติที่สูงและมีสีใสมากกว่า

อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองพบว่าความหนืดของยางเมื่อใช้ spindle oil ให้ยางที่มีความหนืดสูงกว่าการใช้ yellow vaseline และการใช้ปริมาณน้ำมันที่เพิ่มขึ้นสามารถลดต้นทุนได้ จึงทำการ

แปรปริมาณของ spindle oil เพื่อ ศึกษาผลกระทบต่อสมบัติต่างๆของยาง เมื่อใช้สูตรพื้นฐานเดิมดัง ตารางที่ 4.14 ได้ผลการทดลองดังนี้

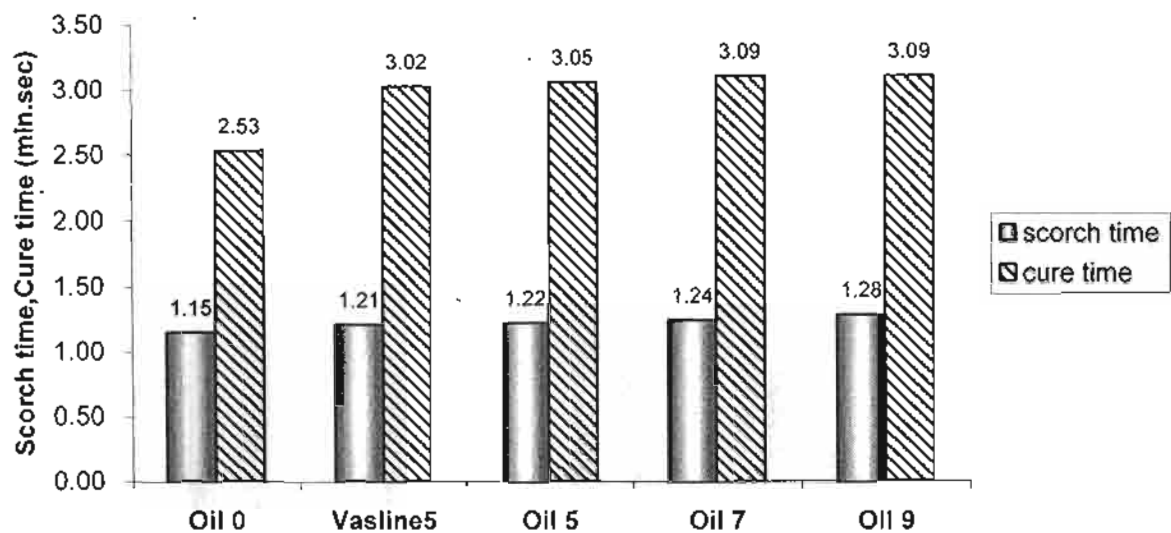
ตารางที่ 4.22 สมบัติของยางเมื่อทำการแปรปริมาณ Spindle oil

Oil	ML1+4(100 C)	scorch time	Cure time	300% modulus (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation at Break(%)	Tension set(%)	S.G.
Oil 0	29.76±0.03	1.15	2.53	2.12±0.08	25.95±1.29	795±11.18	3.60±0.36	0.92± 0.01
Vaseline5	25.30±0.00	1.21	3.02	1.98±0.04	23.17±0.45	802±4.47	3.90±0.21	0.9± 0.01
Oil 5	26.45±0.16	1.22	3.05	1.91±0.03	23.84±1.10	812±12.55	3.17±0.29	0.93± 0.01
Oil 7	25.34±0.09	1.24	3.09	1.73±0.05	21.76±1.18	811±12.94	3.53±0.37	0.9± 0.01
Oil 9	21.28±0.57	1.28	3.09	1.59±0.06	21.52±0.19	835±12.25	3.27±0.37	0.93± 0.01



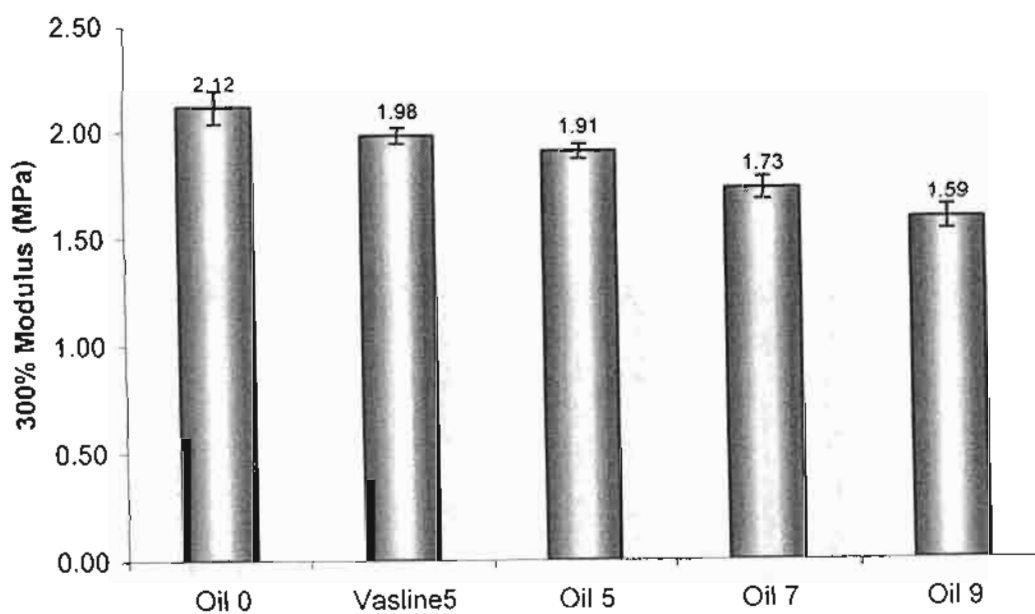
รูปที่ 4.52 ค่า Mooney viscosity ของยางคอมปาวด์เมื่อทำการแปรปริมาณ Spindle oil

พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณ Spindle oil ทำให้ค่า ความหนืดมูนนี่ลดลง



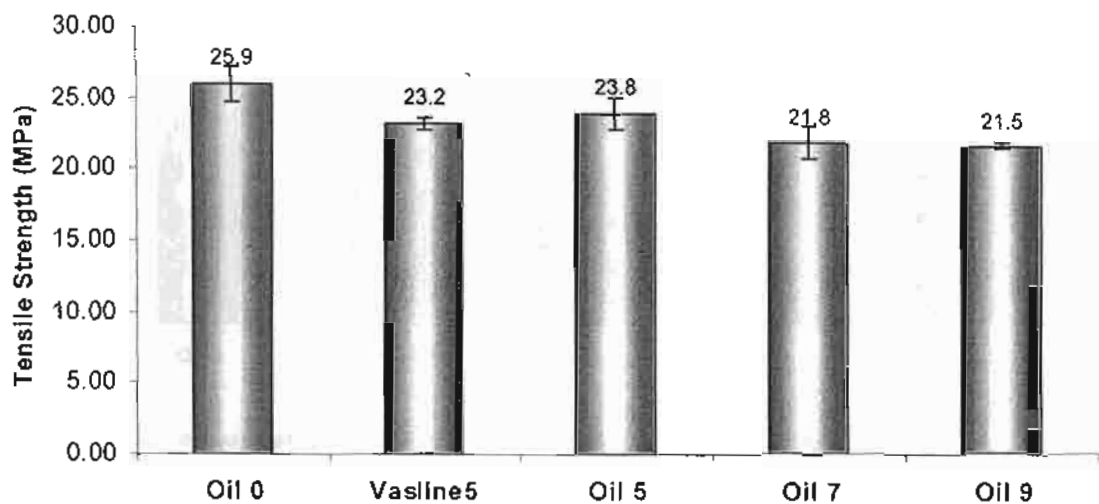
รูปที่ 4.53 ค่า Scorch time , Cure time ของยางคอมปาวด์เมื่อทำการแปรปริมาณ Spindle oil

จากรูปที่ 4.45 พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณ Spindle oil ทำให้ค่า Scorch time , Cure time มีค่าลดลงโดยอยู่ในเวลาที่ใกล้เคียงกัน แต่จะมีค่าสูงกว่าไม้ใส่ Spindle oil



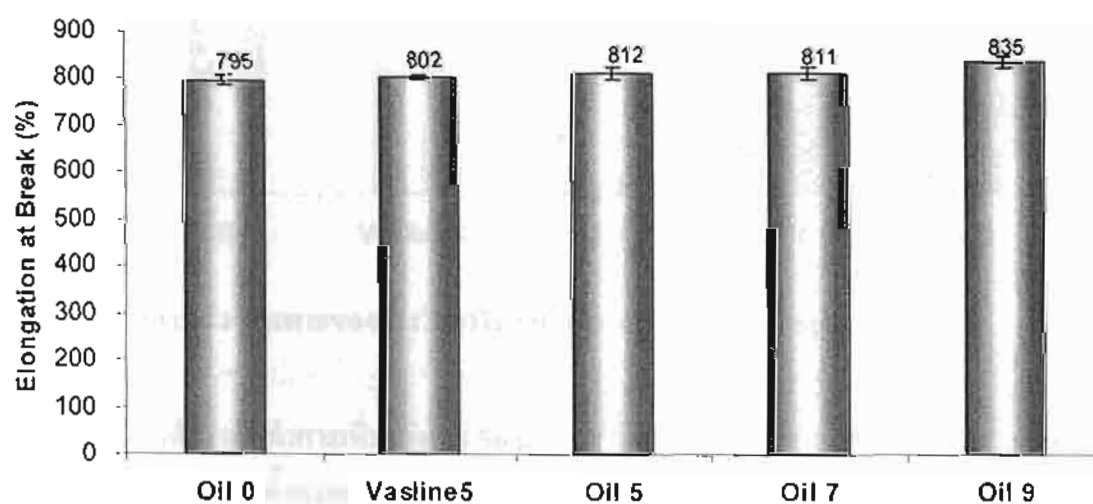
รูปที่ 4.54 ค่า 300% modulus ของยางวัลคาไนซ์เมื่อทำการแปรปริมาณ Spindle oil

จากรูปที่ 4.54 พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณ Spindle oil ทำให้ค่า 300% modulus ของยางวัลคาไนซ์ มีค่าลดลง แสดงว่าแรงที่ใช้ในการทำให้ยางคอมปาวด์บีบอัดออกที่ 300 % มีค่าลดลง เนื่องจากน้ำมันเป็นตัวหล่อลื่นให้โมเลกุลแยกห่างกันได้มากขึ้น และยางนิ่มลง จึงใช้แรงในการดึงน้อยลง



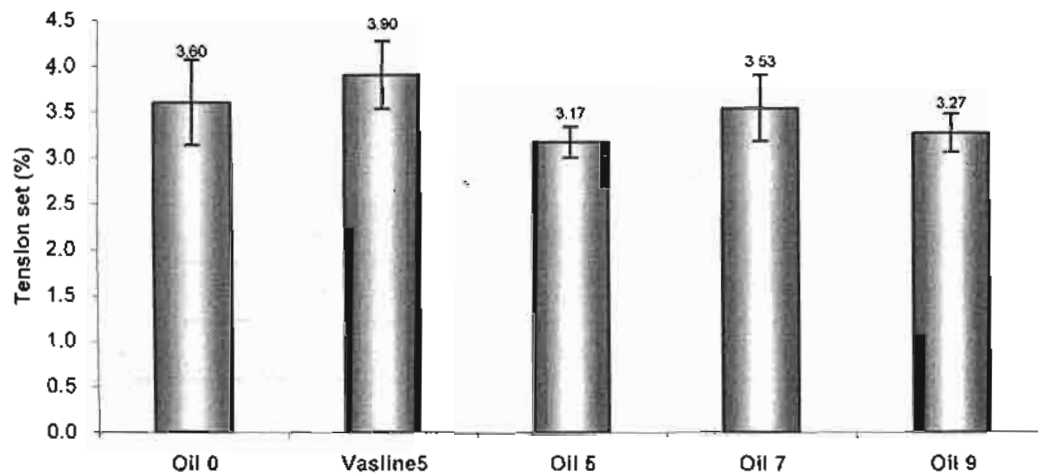
รูปที่ 4.55 ค่า Tensile strength ของยางวัลคาไนซ์เมื่อทำการแปรปริมาณ Spindle oil

จากรูปที่ 4.55 พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณ Spindle oil ทำให้ค่า Tensile strength ของยางคอมปาวด์ มีค่าลดลง แสดงว่าแรงที่ใช้ในการทำให้ยางคอมปาวด์บีบอัดออกที่ มีค่าลดลงซึ่งสอดคล้องกันกับค่า 300%modulus



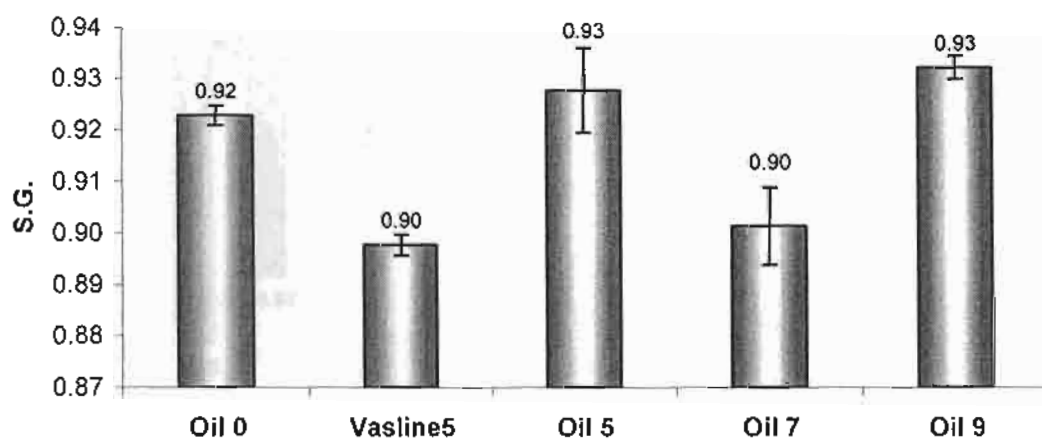
รูปที่ 4.56 ค่า %Elongation ของยางวัลคาไนซ์เมื่อทำการแปรปริมาณ Spindle oil

จากรูปที่ 4.56 พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณ Spindle oil ทำให้ค่า %Elongation ต่างกัน ไม่มากนัก



รูปที่ 4.57 ค่า %Tension set ของยางวัลคาไนซ์เมื่อทำการแปรปริมาณSpindle oil

จากรูปที่ 4.57 พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณ Spindle oil ค่าTension set มีค่าต่างกัน ไม่มากนัก แต่ค่าที่ได้นั้นมีค่าผ่านมาตรฐานทั้งหมด

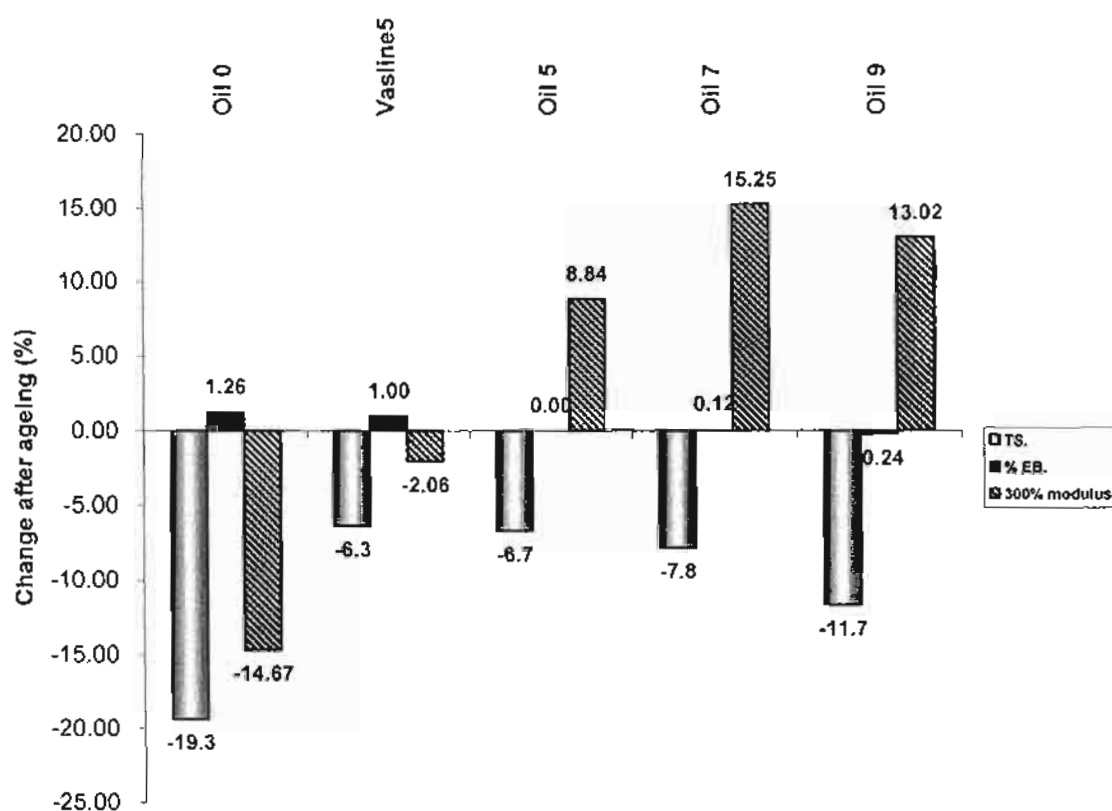


รูปที่ 4.58 ค่า ความถ่วงจำเพาะของยางวัลคาไนซ์เมื่อทำการแปรปริมาณ Spindle oil

จะเห็นว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณ Spindle oil ค่าความถ่วงจำเพาะมีความแปรปรวน แต่ค่าที่ได้นั้นมีค่าผ่านมาตรฐานทั้งหมด

ตารางที่ 4.23 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงสมบัติหลังการบ่มแรงที่อุณหภูมิ 70°C เวลา 168 ชั่วโมง ของ ยางวัลคาไนซ์เมื่อทำการแปรปริมาณSpindle oil

Oil	300% modulus	TS.	% EB.
Oil 0	-14.67	-19.33	1.26
Vaseline5	-2.06	-6.34	1.00
Oil 5	8.84	-6.67	0.00
Oil 7	15.25	-7.82	0.12
Oil 9	13.02	-11.67	-0.24



รูปที่ 4.59 %การเปลี่ยนแปลง ค่า Tensile strength, %E.B และ 300% modulus เมื่อแปรปริมาณ Spindle oil และหลังการบ่มแรง

จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณ Spindle oil ที่ควรใช้คือ 5 phr เพราะให้ค่าความหนืดมูนนี้ที่ไม่ต่ำเกินไป และให้สมบัติยางวัลคาไนซ์ที่ผ่านมาตรฐาน

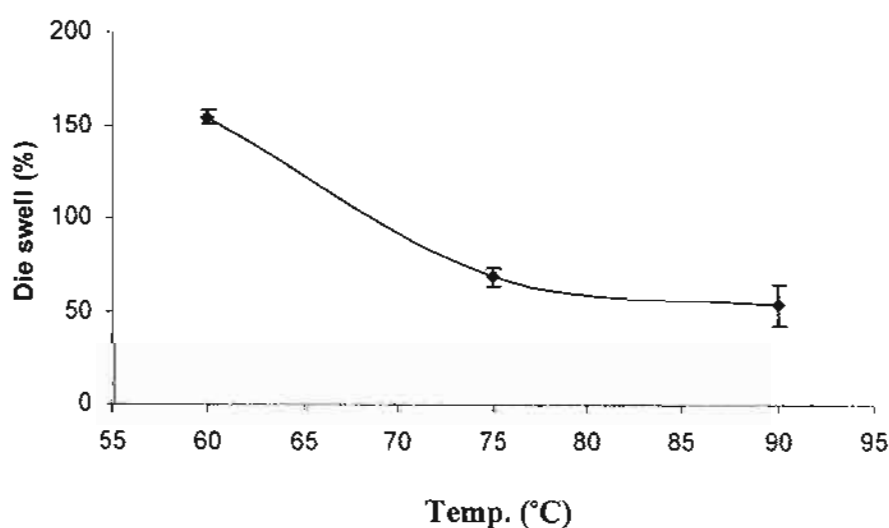
4.3.5 การเอกซ์ทรูดยางคอมปาวด์สูตรยางแก้วและวัลคาไนซ์ด้วยหม้ออบไอน้ำ

จากการศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารเติมแต่งต่างๆ ต่อสมบัติของยาง พบว่าสูตรยางแก้ว มีสมบัติที่ผ่านมาตรฐาน การทดสอบนี้จึงทำการแปรรูปยางคอมปาวด์ด้วยการเอ็กทรูด และวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 150 °C ด้วยหม้ออบไอน้ำ เลือกใช้น้ำมัน spindle oil ปริมาณ 5 phr ดังรายละเอียดการทดลองในหัวข้อที่ 3.3.3.5 ได้ผลการทดลองดังนี้

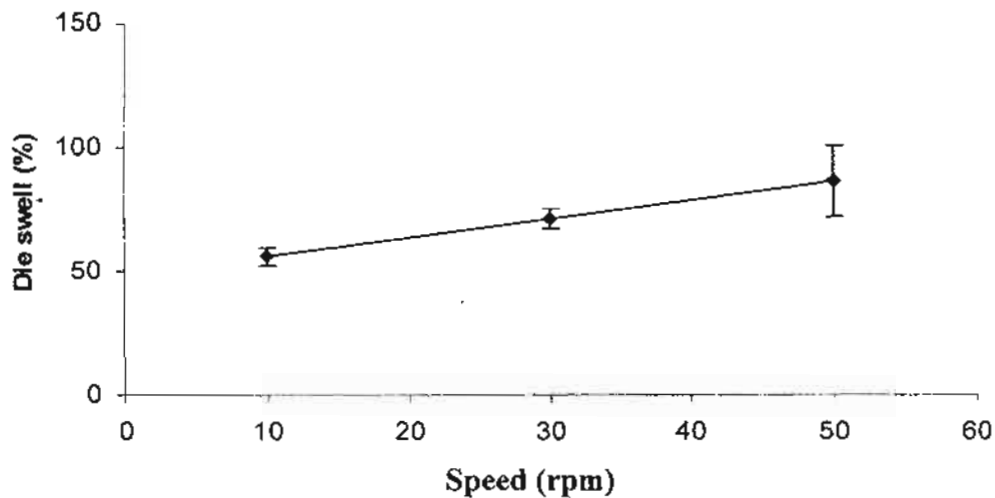
ตารางที่ 4.24 ลักษณะของยางคอมปาวด์ที่ได้จากการเอกซ์ทรูดที่สภาวะต่างๆ

Temp. (°C)	Length @ 1 min (mm)	Thick (mm)	die swell (%)	Surface
60	677±18	5.08±0.08	154.00±3.76	Not smoot
75	1685±77	3.37±0.09	68.30±4.42	Smoot
90	2057±53	3.07±0.22	53.32±11.22	Smoot

Temp. (°C)	Length @ 1 min (mm)	Thick (mm)	die swell (%)	Surface
10	546±16	3.12±0.07	56.02±3.69	เรียบ
30	1435±64	3.43±0.08	71.36±4.14	เรียบ
50	2266±90	3.73±0.28	86.62±14.10	เรียบ



รูปที่ 4.60 ปริมาณ Die swell ของตัวอย่างที่อุณหภูมิการเอกซ์ทรูดต่างๆ



รูปที่ 4.61 ปริมาณ Die swell ที่ความเร็วรอบของสกรูการเอกซ์ทรูดต่างกัน

จากตารางที่ 4.24 รูปที่ 4.60 และ 4.61 พบว่า ปริมาณ Die swell ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเร็วรอบของสกรูในการเอกซ์ทรูด จะได้ว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นปริมาณ Die swell จะลดลง และเมื่อความเร็วรอบของสกรูเพิ่มขึ้นปริมาณ Die swell จะเพิ่มขึ้น

เมื่อนำตัวอย่างไปวัดคาบไซส์ด้วยหม้ออบไอน้ำด้วยความดัน เป็นเวลา 10 นาที พบว่าขงวัลคาไนซ์สมบูรณ์ เมื่อทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์ของยางได้ผลดังตารางที่ 4.25 ซึ่งผ่านมาตรฐานที่ต้องการ

ตารางที่ 4.25 สมบัติทางฟิสิกส์ของยางรัดแก้ว ที่วัลคาไนซ์ด้วยหม้ออบไอน้ำ

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด		ทดสอบจริง
		ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	
1	ความต้านทานต่อแรงดึง เมกะพาสคัล ไม่น้อยกว่า	14.7	17.7	19.19±1.18
2	ความยืดเมื่อขาด ร้อยละไม่น้อยกว่า	700	700	745±21
3	มอดูลัสที่ความยืดร้อยละ 300 เมกะพาสคัล	<1.37	1.37-1.77	1.67±0.22
4	ความยืดถาวร (permanent set) ร้อยละไม่เกิน	5	8	3.8±0.84
5	การบ่มเร่ง			
	- ความต้านทานต่อแรงดึง เปลี่ยนแปลงจากความต้านทานแรงดึงก่อนการบ่มเร่ง ร้อยละไม่เกิน	25	25	16.10
	- ความยืดเมื่อขาด เปลี่ยนแปลงจากความยืดเมื่อขาดก่อนบ่มเร่ง ร้อยละไม่เกิน	20	20	11.25
6	ความหนาแน่น (Mg/m ³) ไม่เกิน	1	1	0.93±0.01

4.3.6 การทดลองผลิตยางรัดของชนิดยางแก้วที่โรงงาน

จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ ได้สูตรยางรัดแก้วที่มีสมบัติผ่านมาตรฐาน และความแปรปรวนของยางสกิมมีไม่มากนัก หากใช้ยางสกิมจากแหล่งผลิตเดียวสามารถลดความแปรปรวนของยางสกิมต่อสมบัติของยางรัดได้ ในการทดลองผลิตจริงใช้ยางสกิมจากแหล่งผลิตหาคสิน สูตรที่ใช้และรายละเอียดการผลิตดังหัวข้อที่ 3.3.3.6 ผลจากการทดลองพบว่าสูตรยางที่ใช้สามารถผสมในเครื่องผสมแบบปิดของโรงงานได้ตามปกติ การเอ็กทрудได้ท่อยางที่เรียบ ไม่พบปัญหาการสุกก่อนกำหนดของยางที่เครื่องเอ็กทруд การวัลคาไนซ์ด้วยหม้ออบไอน้ำ ใช้เวลา 10-15 นาที ได้ท่อยางที่สุกสมบูรณ์ และสามารถนำไปตัดเป็นยางวงได้ตามปกติ ผลของสมบัติการวัลคาไนซ์และสมบัติของยางหลังวัลคาไนซ์ผ่านตามาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 4.26 และ 4.27

ตารางที่ 4.26 สมบัติการวัลคาไนซ์และความหนืดของยางคอมปาวด์ผสมที่โรงงาน

Property	Crepe band
scorch time(TS1)	1.35+0.03
cure time	3.08+0.02
ML1+4(100 C)	28.35+0.33
ML	28.35+0.33
MH	40.21+0.51

ตารางที่ 4.27 สมบัติยางหลังวัลคาไนซ์ด้วยหม้ออบไอน้ำที่โรงงาน

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด		ทดสอบจริง
		ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	
1	ความต้านทานต่อแรงดึง เมกะพาสคัล ไม่น้อยกว่า	14.7	17.7	24.62±1.83
2	ความยืดเมื่อขาด ร้อยละไม่น้อยกว่า	700	700	872±21
3	มอดูลัสที่ความยืดร้อยละ 300 เมกะพาสคัล	<1.37	1.37-1.77	1.60±0.10
4	ความยืดถาวร (permanent set) ร้อยละไม่เกิน	5	8	5.13±1.25
5	การบ่มเร่ง			
	- ความต้านทานต่อแรงดึง เปลี่ยนแปลงจากความต้านทานแรงดึงก่อนการบ่มเร่ง ร้อยละไม่เกิน	25	25	18.52
	- ความยืดเมื่อขาด เปลี่ยนแปลงจากความยืดเมื่อขาดก่อนบ่มเร่ง ร้อยละไม่เกิน	20	20	15.23
6	ความหนาแน่น (Mg/m ³) ไม่เกิน	1	1	0.93±0.01

ปัญหาที่จะพบในการผลิตจริงคือความแปรปรวนของสมบัติของยางสกิม หากเป็นยางสกิมจากแหล่งผลิตเดียวจะพบปัญหาน้อย เพราะสูตรยางที่ใช้ให้สมบัติที่ดีสูงกว่ามาตรฐาน ความแปรปรวนอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และหากพบลักษณะการวัลคาไนซ์ที่เร็วเกินไป สามารถปรับลดปริมาณสารตัวเร่งลงได้ไม่ยากนัก หากต้องใช้ยางสกิมจากแหล่งผลิตอื่น สามารถผสมกับยางจากแหล่งเดิม และปรับลดปริมาณสารตัวเร่งได้ ซึ่งจากการทดลองจริงของโรงงาน ดังนั้นการผลิตยางรัดของชนิดยางแก้วจากยางผสมยางสกิม เพื่อลดต้นทุนโดยที่สมบัติยังคงผ่านมาตรฐาน นอก.สามารถทำการผลิตได้จริงในโรงงาน

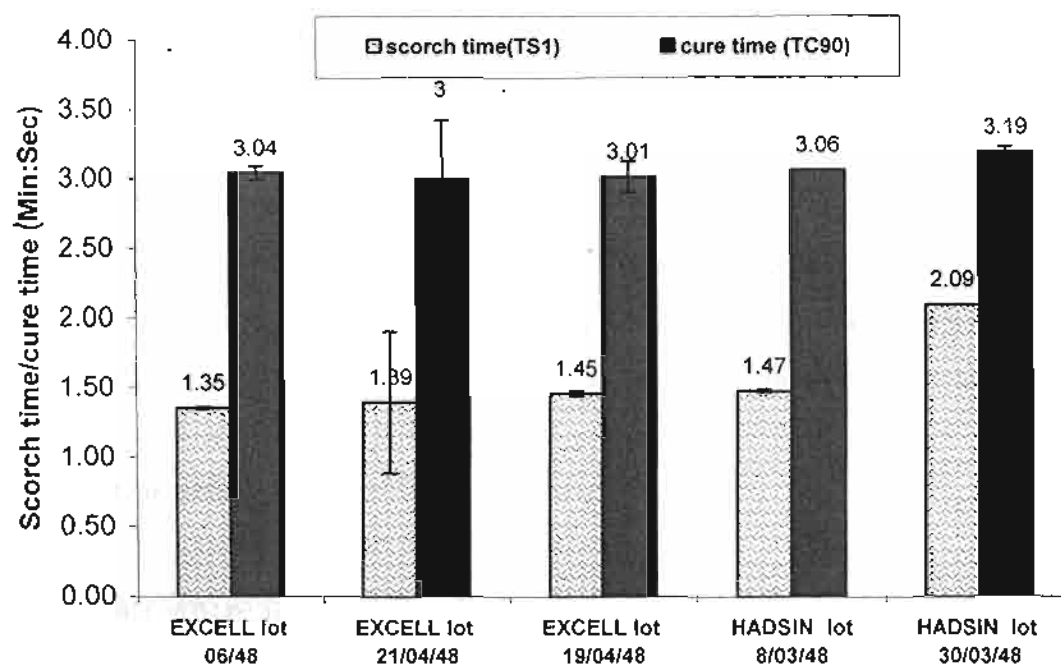
4.4 การผลิตยางรัคของประเภทที่ 3 หรือชนิดยางแป้ง

4.4.1 ผลของความแปรปรวนของยางสกิมต่อสมบัติการวัลคาไนซ์และสมบัติของยางรัคแป้ง

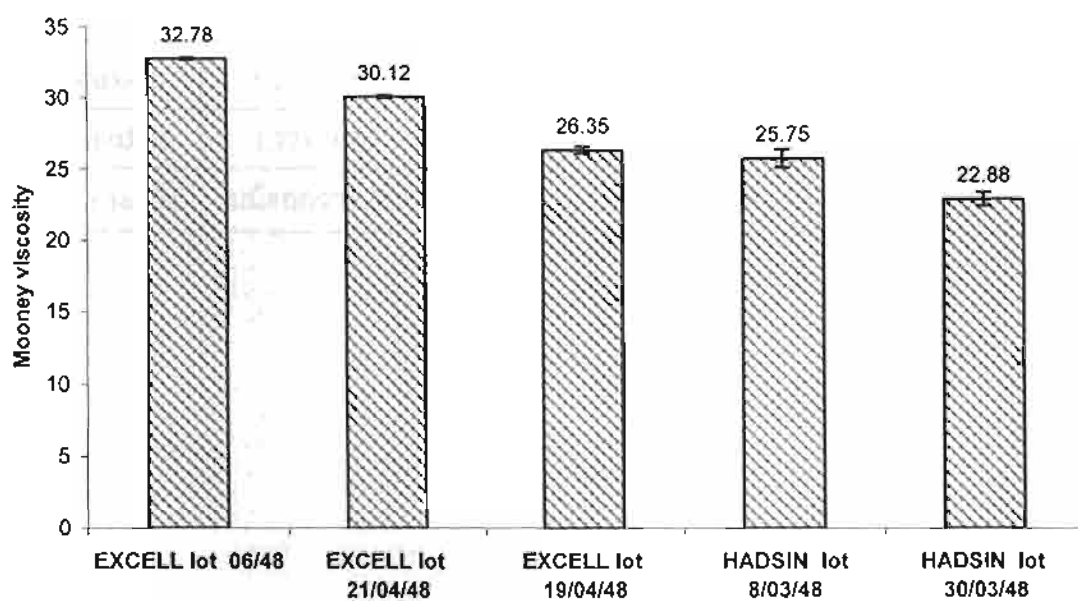
ยางรัคของชนิดยางแป้ง มีสมบัติตามมาตรฐานที่ต่ำกว่าชนิดยางแก้ว สูตรยางที่ใช้จึงสามารถใช้ยางสกิมเพื่อลดต้นทุนได้มากกว่าสูตรยางแก้ว รวมทั้งสามารถใช้สารตัวเติมได้มากกว่า การทดลองนี้ใช้สูตรยางแป้ง และวิธีการทดลองดังรายละเอียดในหัวข้อ 3.3.4.1 โดยทำการศึกษาความแปรปรวนของยางสกิมจากสองแหล่งผลิตจำนวน 5 ตัวอย่าง ต่อสมบัติการวัลคาไนซ์และสมบัติทางฟิสิกส์ ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.28 สมบัติการวัลคาไนซ์ ของยางคอมปาวด์ยางรัคแป้งที่ใช้ยางสกิม 5 ตัวอย่าง

Property Lot no. of skim	scorch time(TS1)	cure time (TC90)	ML 1+4 (100 °C) (MU)	ML (MU)	MH (MU)
EXCELL 06/48	1.35±0.01	3.04±0.05	32.78±0.08	32.78±0.08	46.02±0.14
EXCELL21/04/48	1.39±0.51	3.00±1.11	30.12±12.98	30.11±12.98	44.63±18.53
EXCELL19/04/48	1.45±0.02	3.01±0.01	26.35±0.23	26.35±0.22	38.21±0.31
HARDSIN8/03/48	1.47±0.01	3.06±1.30	25.75±0.65	25.75±0.65	37.63±2.23
HARDSIN30/03/48	2.09±0.00	3.19±0.04	22.88±0.49	22.88±0.49	33.83±1.17



รูปที่ 4.62 กราฟเปรียบเทียบค่า scorch time (TS1) และค่า cure time (TC90) ของยางคอมปาวด์ยางรัดแบ่งที่ใช้ยางสกิน 5 ตัวอย่าง



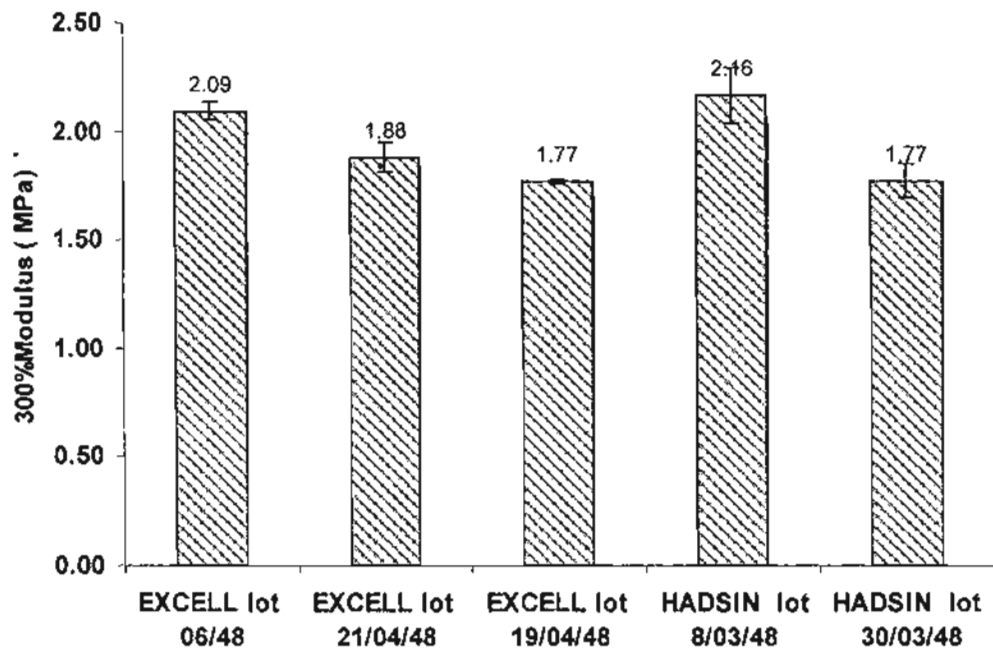
รูปที่ 4.63 กราฟเปรียบเทียบค่า ML 1+4 (100° C) ของยางคอมปาวด์ยางรัดแบ่งที่ใช้ยางสกิน 5 ตัวอย่าง

จากตารางที่ 4.28 รูปที่ 4.62-4.63 พบว่า ค่า scorch time (TS1) และค่า cure time (TC90) ของยางคอมปาวด์ที่ใช้ยางสกินทุก lot มีค่าใกล้เคียงกันยกเว้น ยางที่ใช้จาก Hardsin lot 30/03/48 ที่มีค่า scorch time (TS1) ช้ากว่า lot อื่นๆ และค่า ML 1+4 (100°C), ML และค่า MH ของยางคอมปาวด์ที่ใช้ยาง Excell lot 06/48 มีค่าความหนืดมากที่สุดและ Hardsin lot 30/03/48 มีค่าความหนืดต่ำที่สุด จากค่าความหนืดของทุก lot พบว่ายางสกินจาก Excell จะมีความหนืดสูงกว่า Hardsin เนื่องจากยางสกินดิบเบื้องต้นจากแหล่งผลิต Excell มีความหนืดสูงกว่ายางจาก Hardsin ซึ่งยางสกินแต่ละ lot มีความแปรปรวนอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ที่ ± 5 หน่วยขมุนี

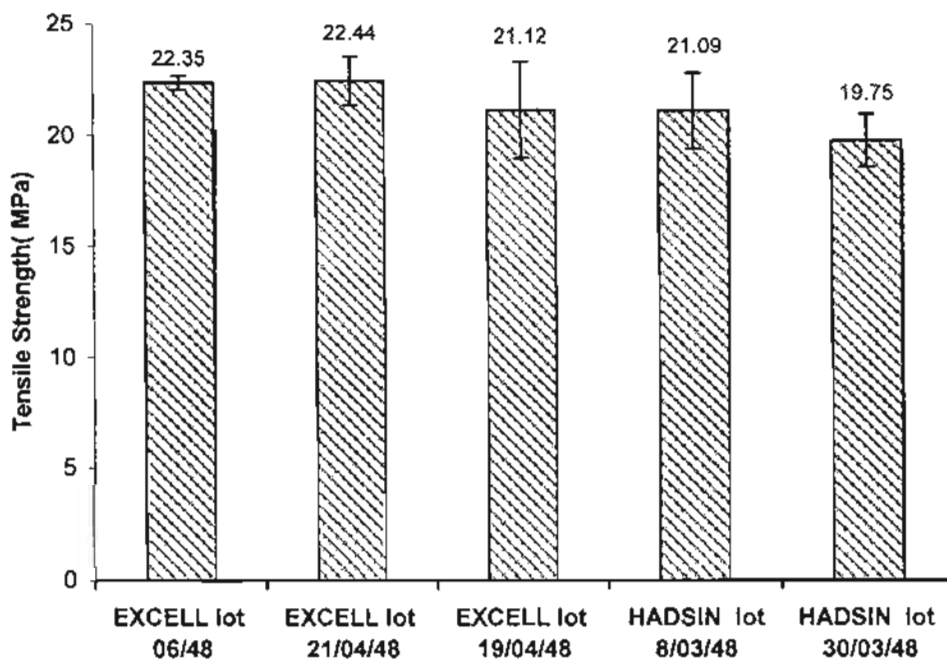
ผลของสมบัติของยางหลังวัลคาไนซ์ แสดงดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 สมบัติทางฟิสิกส์ของยางวัลคาไนซ์ยางรัดแบ่งที่ใช้ยางสกิน 5 ตัวอย่าง

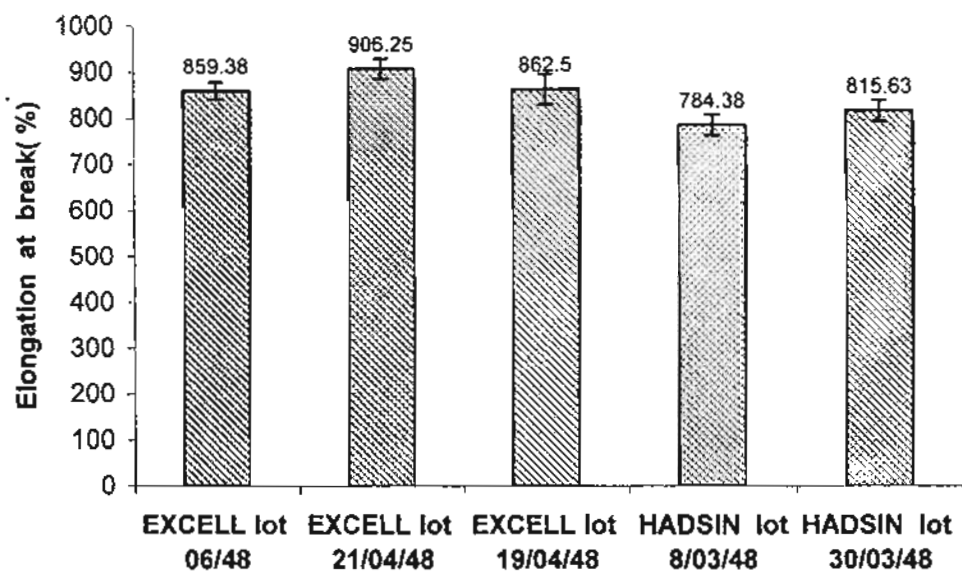
Lo no. of skim	300%Modulus (MPa)	TS (MPa)	EB(%)	Tension set (%)	S.G.
EXCELL 06/48	2.09 ± 0.04	22.35 ± 0.32	859.38 ± 18.60	7 ± 1.41	1.03 ± 0.01
EXCELL21/04/48	1.88 ± 0.07	22.44 ± 1.09	906.25 ± 22.16	7.75 ± 3.30	1.03 ± 0.00
EXCELL19/04/48	1.77 ± 0.01	21.12 ± 2.16	862.5 ± 32.73	7.5 ± 2.08	1.03 ± 0.01
HADSIN8/03/48	2.16 ± 0.13	21.09 ± 1.71	784.38 ± 22.90	10 ± 0	1.00 ± 0.00
HADSIN30/03/48	1.77 ± 0.08	19.75 ± 1.20	815.63 ± 16.90	11.5 ± 1.00	1.00 ± 0.01
มาตรฐาน ยางแบ่ง	ไม่น้อยกว่า 1.96	ไม่น้อยกว่า 15.3	ไม่น้อยกว่า 550	ไม่เกิน 10	ไม่เกิน 1.4



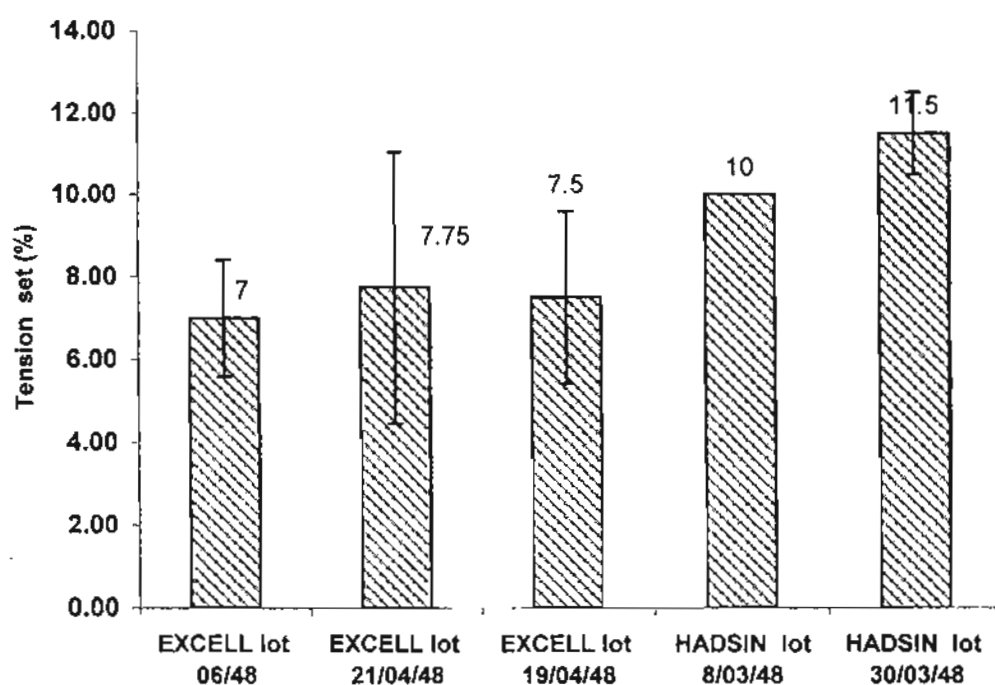
รูปที่ 4.64 ค่า 300% Modulus ของยางวัลคาไนซ์ยางรัดแบ่งที่ใช้ยางสกิน 5 ตัวอย่าง



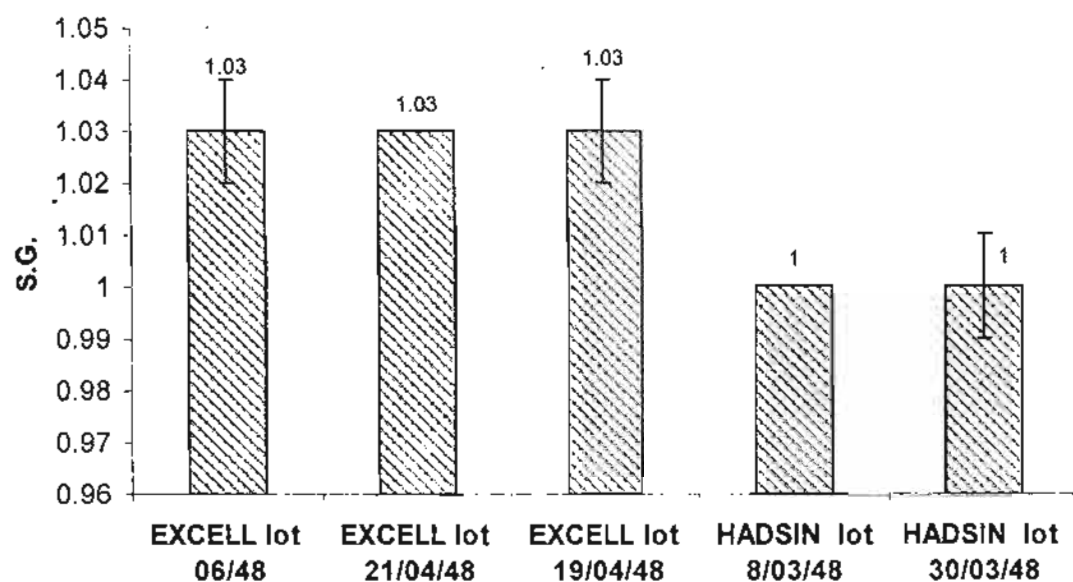
รูปที่ 4.65 ค่า Tensile strength ของยางวัลคาไนซ์ยางรัดแบ่งที่ใช้ยางสกิน 5 ตัวอย่าง



รูปที่ 4.66 ค่า %Elongation at break ของยางวัลคาไนซ์ยางรัดแป่งที่ใช้ยางสกิน 5 ตัวอย่าง



รูปที่ 4.67 ค่า % Tension set ของยางวัลคาไนซ์ยางรัดแป่งที่ใช้ยางสกิน 5 ตัวอย่าง



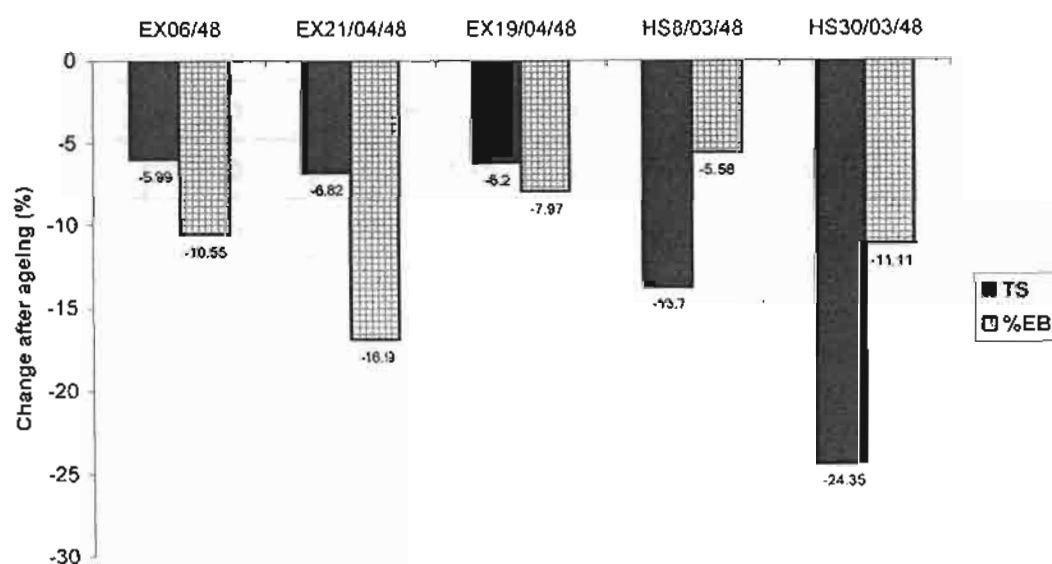
รูปที่ 4.68 ค่าความถ่วงจำเพาะของยางวัดคาน้ำซึ่งยัดแบ่งที่ใช้อย่างสุก 5 ตัวอย่าง

จากตารางที่ 4.29 รูปที่ 4.64-4.68 พบว่า ค่า Tensile Strength ค่า %Elongation at break และค่าความหนาแน่นของทุก lot ผ่านมาตรฐาน ส่วนค่า 300% Modulus ของ Excell lot 06/48 และ Hardsin lot 30/03/48 เท่านั้นที่ผ่านมาตรฐาน และค่า %Tension set ของ Hardsin lot 30/03/48 ไม่ผ่านมาตรฐาน ส่วน lot อื่น ๆ ผ่านมาตรฐาน

ตารางที่ 4.30 เปรียบเทียบสมบัติด้านการดึงก่อนการบ่มแรงและหลังการบ่มแรง (Aging) ของยาง วัดคาน้ำซึ่งยัดแบ่งที่ใช้อย่างสุก 5 ตัวอย่าง

Lot no. of skim	Before ageing			After Ageing		
	300% Modulus (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation at break (%)	300% Modulus (MPa)	Tensile Strength %	%Elongation at break %
EXCELL 06/48	2.09 ± 0.04	22.35 ± 0.32	859.38 ± 18.60	2.17 ± 0.04	-5.99	-10.55
EXCELL21/04/48	1.88 ± 0.07	22.44 ± 1.09	906.25 ± 22.16	2.19 ± 0.14	-6.82	-16.9
EXCELL19/04/48	1.77 ± 0.01	21.12 ± 2.16	862.5 ± 32.73	1.90 ± 0.15	-6.2	-7.97
HADSIN8/03/48	2.16 ± 0.13	21.09 ± 1.71	784.38 ± 22.90	2.34 ± 0.18	-13.7	-5.58
HADSIN30/03/48	1.77 ± 0.08	19.75 ± 1.20	815.63 ± 22.90	1.98 ± 0.19	-24.35	-11.11

จากตารางที่ 4.30 ค่า 300% Modulus หลังการบ่มแรงจะมีค่ามากกว่าก่อนการบ่มแรง ส่วนค่า Tensile strength และ Elongation at break หลังการบ่มแรงจะมีค่าลดลง เนื่องจากความร้อนที่ยางได้รับจากการบ่มแรงนั้นมีผลทำให้ค่าด้านทานแรงดึงและระยะยืดมีค่าลดลง ซึ่งก็หมายความว่าเมื่อมีการนำยางดังกล่าวไปใช้งานจริงก็จะได้รับความร้อนจากสถานะแวดล้อมซึ่งก็จะทำให้คุณภาพของยางลดลง และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า Tensile strength และ Elongation at break ทุก lot ผ่านมาตรฐาน คือ Tensile strength เปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ 25 จากก่อนการบ่มแรง และ %Elongation ไม่เกินร้อยละ 20 จากก่อนการบ่มแรง ซึ่งค่า % Tensile strength ของยางสกินจาก Excell จะมีค่า% การเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกันแต่ยางสกินของหาดสิน จะมีความแปรปรวนมากกว่า



รูปที่ 4.69 เปรียบเทียบค่า% การเปลี่ยนแปลง Tensile strength (TS) และ Elongation at break (EB) หลังการบ่มแรงของยางวัลคาไนซ์ยางรัดแป่งที่ใช้ยางสกิน 5 ตัวอย่าง

4.4.2 ผลของความแปรปรวนของยางสกิมต่อการเอ็กซ์ทรูดยางสูตรยางรัดแป้ง

ทำการเอ็กซ์ทรูดยางสูตรยางรัดแป้งจากการทดลองข้างต้น ดังรายละเอียดการทดลองในหัวข้อ 3.3.4.2 ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.31 ผลของการเอ็กซ์ทรูดของคอมปาวด์ยางรัดแป้งที่ใช้ยางสกิม Excell lot 06/48

Temp. (°C)	Speed (rpm)	Length @ 1 Min (mm)	Thick (mm)	Surface	% die swell
60	10	276 ± 20.79	5.09 ± 0.04	Not Smoot	51.6
60	30	776 ± 154.3	5.16 ± 0.1	Not Smoot	53.58
60	50	1408 ± 59.2	4.45 ± 0.22	Not Smoot	60.49
75	10	624 ± 26.15	2.95 ± 0.06	Smoot	33.09
75	30	1720 ± 54.11	3.74 ± 0.1	Smoot	44.44
75	50	2420 ± 102.06	3.89 ± 0.21	Smoot	53.58
90	10	686 ± 18.33	2.91 ± 0.05	Smoot	30.86
90	30	2124 ± 11.5	2.85 ± 0.03	Smoot	38.77
90	50	3524 ± 211.4	2.96 ± 0.07	Smoot	48.64

จากตารางที่ 4.31 เมื่ออุณหภูมิในการเอ็กซ์ทรูดเพิ่มสูงขึ้นความยาวของยางจะเพิ่มมากขึ้น และที่อุณหภูมิสูงขึ้นความหนาของยางจะลดลง และ % die swell มีค่าลดลง เนื่องจากความเป็นยางลดลง โดยที่อุณหภูมิเดียวกันเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น % die swell จะมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากยางมีเวลาในการจัดเรียงตัวน้อยลง เมื่อออกจากหัวดายน์จึงกลับคืนรูปเดิมทำให้การพองตัวเพิ่มมากขึ้น และที่อุณหภูมิสูงยางที่เอ็กซ์ทรูดออกมาจะมีความเรียบมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

ตารางที่ 4.32 ผลของการเอ็กซ์ทรูดของคอมปาวด์ยางรัดแปงที่ใช้ยางสกิน Excell lot 21/04/48

Temp. (°C)	Speed (rpm)	Length @ 1 Min (mm)	Thick (mm)	Surface	% die swell
60	10	492±12	3.8±0.15	ไม่เรียบ	45.68
60	30	1160±38.58	4.27±0.11	ไม่เรียบ	52.1
60	50	1684±91.65	4.66±0.04	ไม่เรียบ	68.4
75	10	448±6.93	4.12±0.1	ไม่เรียบ	47.16
75	30	1452±66.81	4.58±0.15	ไม่เรียบ	54.57
75	50	2496±84	4.24±0.27	ไม่เรียบ	62.72
90	10	750±6	2.8±0.06	เรียบ	35.56
90	30	2512±132.18	2.97±0.04	เรียบ	47.16
90	50	4140±216.33	3.11±0.02	เรียบ	60.49

จากตารางที่ 4.32 เมื่ออุณหภูมิในการเอ็กซ์ทรูดเพิ่มสูงขึ้นความยาวของยางจะเพิ่มมากขึ้น และที่อุณหภูมิสูงขึ้นความหนาของยางจะลดลง และ % die swell มีค่าลดลง แต่ที่อุณหภูมิเดียวกันเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น % die swell จะมีค่าสูงขึ้น และที่อุณหภูมิสูงยางที่เอ็กซ์ทรูดออกมาจะมีความเรียบมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

ตารางที่ 4.33 ผลของการเอ็กซ์ทรูดของคอมปาวด์ยางรัดแปงที่ใช้ยางสกิน Excell lot 19/04/48

Temp. (°C)	Speed (rpm)	Length @ 1 Min (mm)	Thick (mm)	Surface	% die swell
60	10	488±9.17	3.85±0.02	ไม่เรียบ	33.83
60	30	1092±43.27	4.91±0.1	ไม่เรียบ	57.04
60	50	1460±34.64	5.32±0.11	ไม่เรียบ	59.01
75	10	536±6.93	3.8±0.13	เรียบ	40.74
75	30	1628±68.24	4.21±0.02	ไม่เรียบ	47.9
75	50	3392±170.27	3.67±0.26	เรียบ	53.58
90	10	814±19.28	2.82±0.05	เรียบ	30.37
90	30	2632±154.76	3±0.08	เรียบ	44.44
90	50	4260±60	3.13±0.27	เรียบ	51.85

จากตารางที่ 4.33 เมื่ออุณหภูมิในการเอกซ்தรุดเพิ่มสูงขึ้นความยาวของยางจะเพิ่มมากขึ้น และที่อุณหภูมิสูงขึ้นความหนาของยางจะลดลง และ % die swell มีค่าลดลง แต่ที่อุณหภูมิเดียวกันเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น % die swell จะมีค่าสูงขึ้น และที่อุณหภูมิสูงยางที่เอกซ்தรุดออกมาจะมีความเรียบมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

ตารางที่ 4.34 ผลของการเอ็กซ์ทรูดของคอมปาวด์ยางรัดแป้งที่ใช้ยางสกีม Hadsin lot 8/03/48

Temp. (°C)	Speed (rpm)	Length @ 1 Min (mm)	Thick (mm)	Surface	% die swell
60	10	570±0	3.71±0.08	ไม่เรียบ	46.67
60	30	1480±34.64	4.58±0.18	ไม่เรียบ	60.74
60	50	1860±60	5.4±0.06	ไม่เรียบ	63.95
75	10	608±9.17	3.55±0.11	เรียบ	40.74
75	30	2064±78.69	3.85±0.14	เรียบ	43.7
75	50	2852±30.19	3.73±0.4	เรียบ	48.15
90	10	764±15.1	2.82±0.04	เรียบ	33.09
90	30	2360±38.58	2.99±0.01	เรียบ	38.52
90	50	4800±60	2.96±0.19	เรียบ	45.68

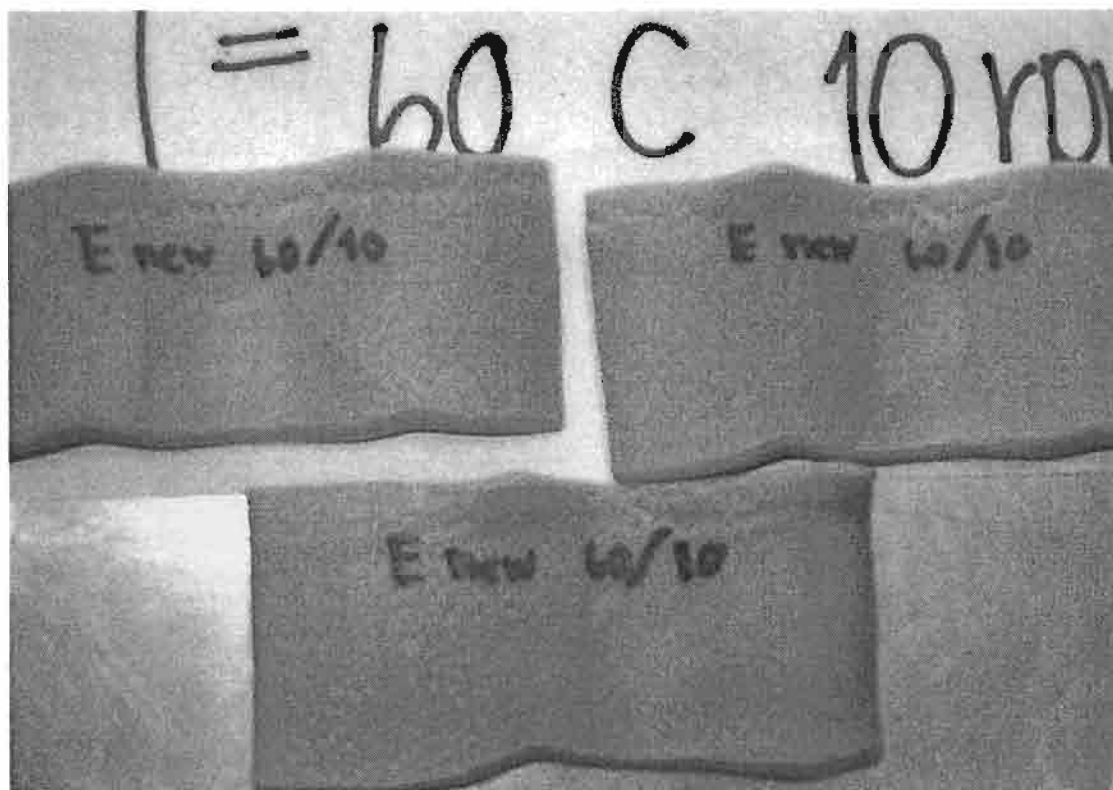
จากตารางที่ 4.34 เมื่ออุณหภูมิในการเอกซ்தรุดเพิ่มสูงขึ้นความยาวของยางจะเพิ่มมากขึ้น และที่อุณหภูมิสูงขึ้นความหนาของยางจะลดลง และ % die swell มีค่าลดลง แต่ที่อุณหภูมิเดียวกันเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น % die swell จะมีค่าสูงขึ้น และที่อุณหภูมิสูงยางที่เอกซ்தรุดออกมาจะมีความเรียบมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

ตารางที่ 4.35 ผลของการเอ็กซ์ทรูดของคอมปาวด์ยางรัดแปงที่ใช้ยางสกิน Hadsin lot 30/03/48

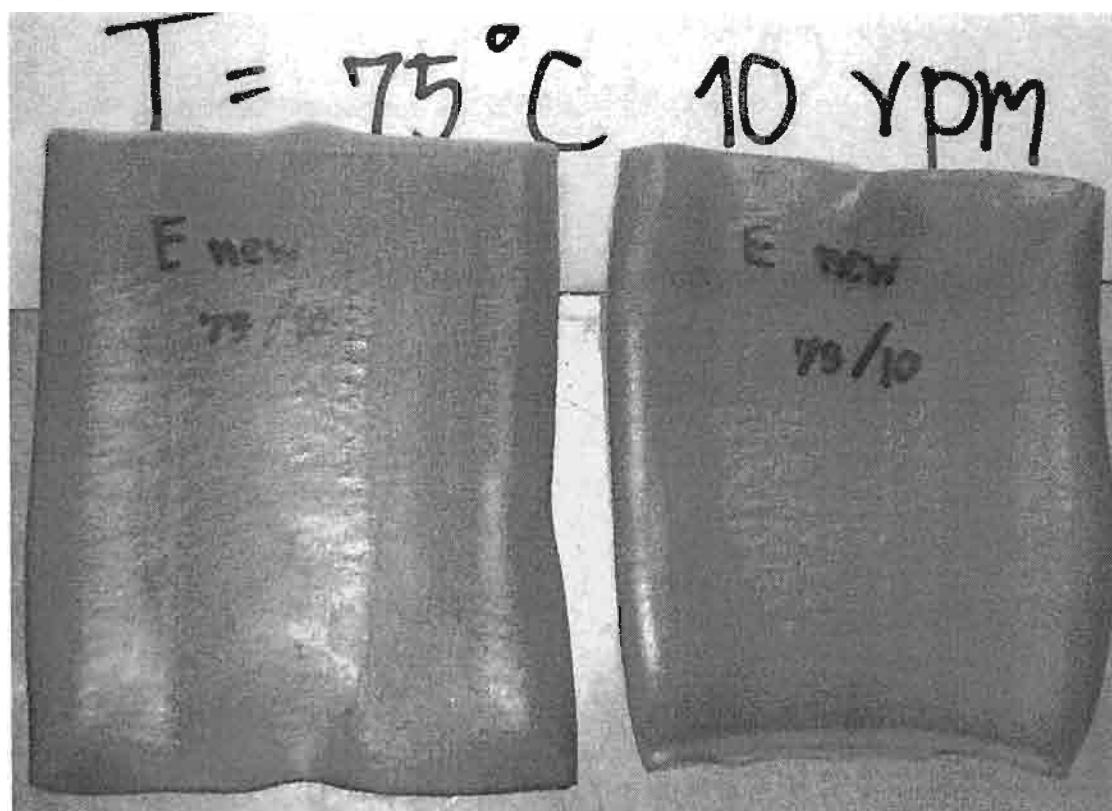
Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Speed (rpm)	Length @ 1 Min (mm)	Thick (mm)	Surface	% die swell
60	10	366.0 $\pm$ 12	3.49 $\pm$ 0.06	เรียบ	39.35
60	30	984.0 $\pm$ 31.75	3.58 $\pm$ 0.15	ไม่เรียบ	39.26
60	50	2108.0 $\pm$ 13.86	3.81 $\pm$ 0.09	ไม่เรียบ	54.17
70	10	648.0 $\pm$ 12	3.16 $\pm$ 0.02	เรียบ	42.72
70	30	1680.0 $\pm$ 12	3.38 $\pm$ 0.05	ไม่เรียบ	47.16
70	50	2112.0 $\pm$ 43.27	3.66 $\pm$ 0.17	ไม่เรียบ	48.64
80	10	772.0 $\pm$ 9.17	2.93 $\pm$ 0.09	เรียบ	36.05
80	30	1940.0 $\pm$ 18.33	3.39 $\pm$ 0.07	เรียบ	39.75
80	50	3108.3 $\pm$ 43.68	3.27 $\pm$ 0.05	เรียบ	48.64

จากตารางที่ 4.36 เมื่ออุณหภูมิในการเอ็กซ์ทรูดเพิ่มสูงขึ้นความยาวของยางจะเพิ่มมากขึ้น และที่อุณหภูมิสูงขึ้นความหนาของยางจะลดลง และ % die swell มีค่าลดลง แต่ที่อุณหภูมิเดียวกันเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น % die swell จะมีค่าสูงขึ้น และที่อุณหภูมิสูงยางที่เอ็กซ์ทรูดออกมาจะมีความเรียบมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

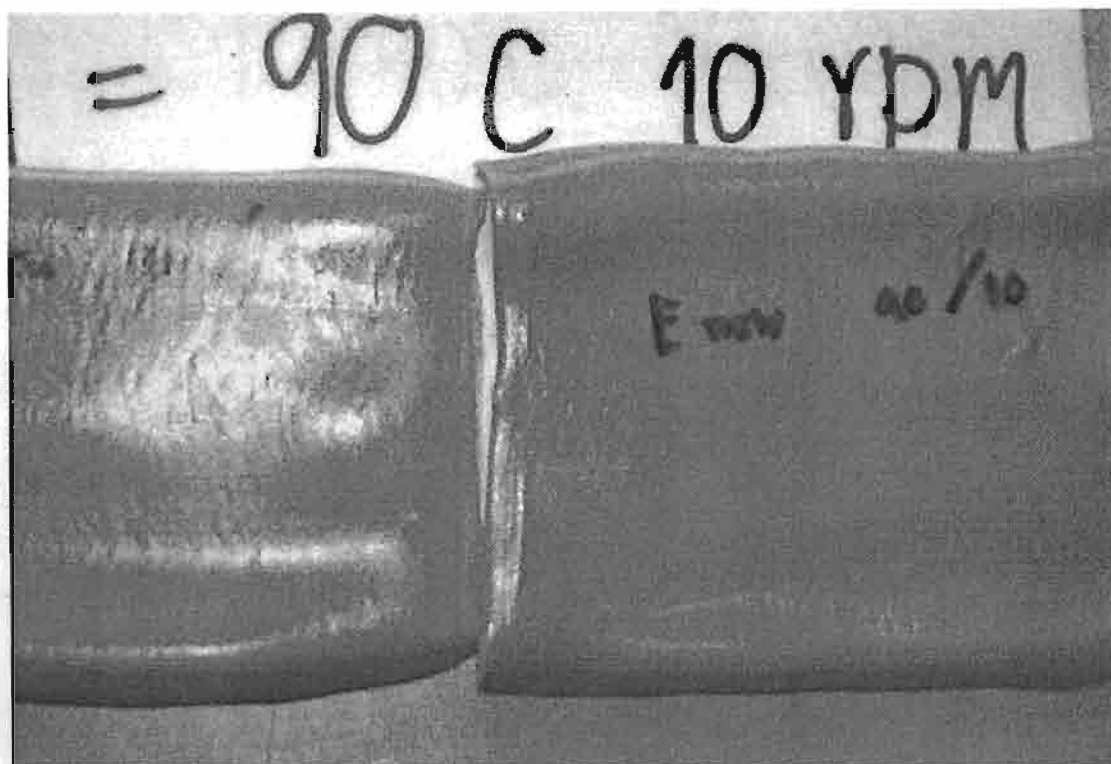
ตัวอย่างของลักษณะของยางที่ได้หลังการเอ็กซ์ทรูด เมื่อใช้ยางสกิน lot ต่างๆ และสภาวะการเอ็กซ์ทรูดต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 4.70-4.80



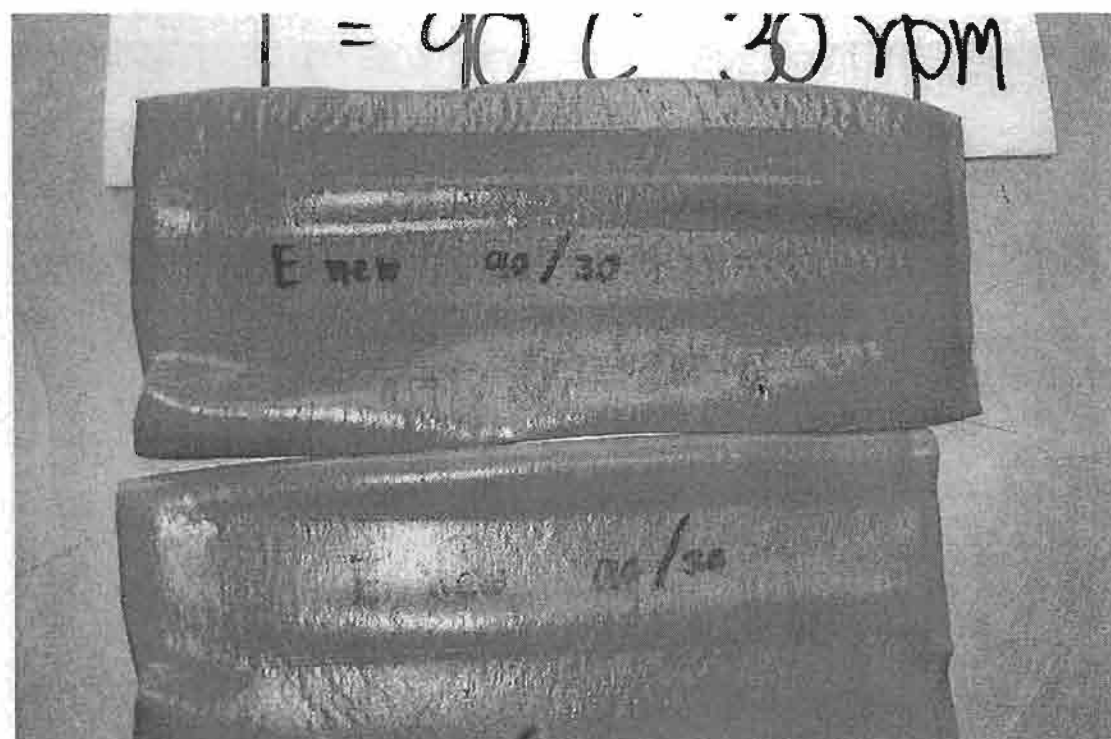
รูปที่ 4.70 ลักษณะของยางที่ใช้ยางสกิมExcell lot 06/48 หลังการเอ็กซ์ทรูด ที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็ว 10 rpm



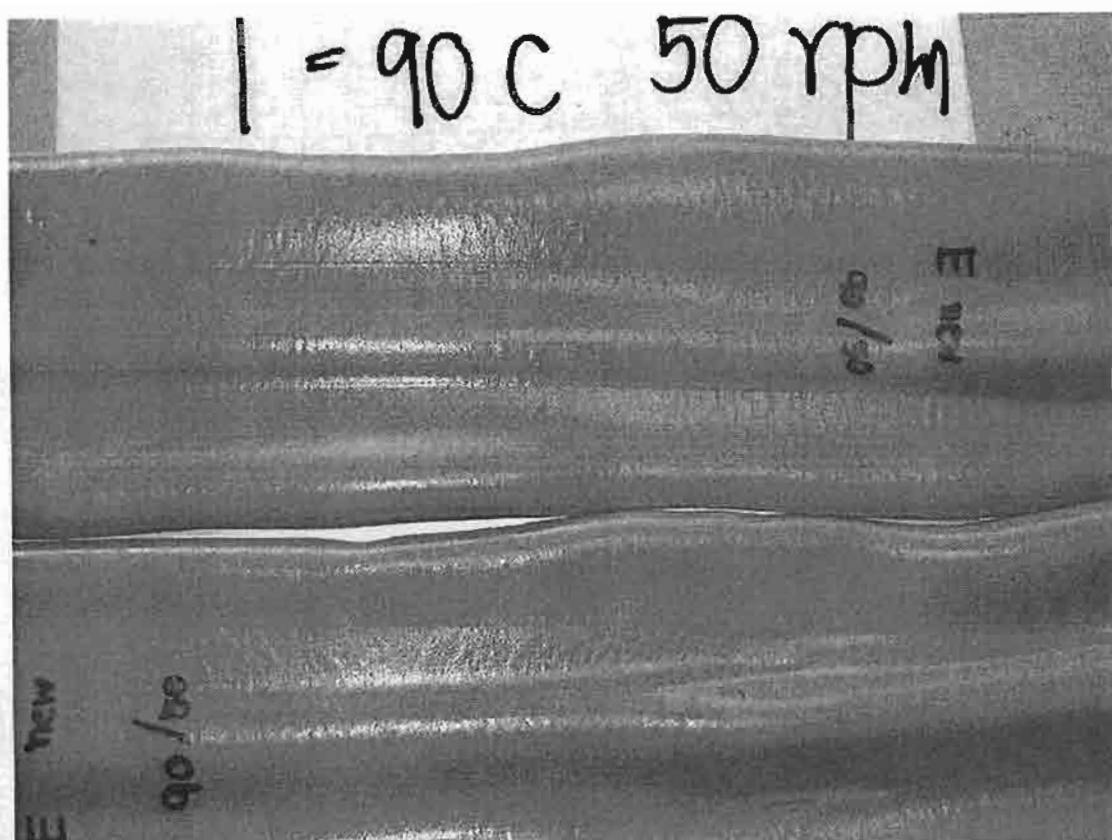
รูปที่ 4.71 ลักษณะของยางที่ใช้ยางสกิมExcell lot 06/48 หลังการเอ็กซ์ทรูด ที่อุณหภูมิ 75 °C ความเร็ว 10 rpm



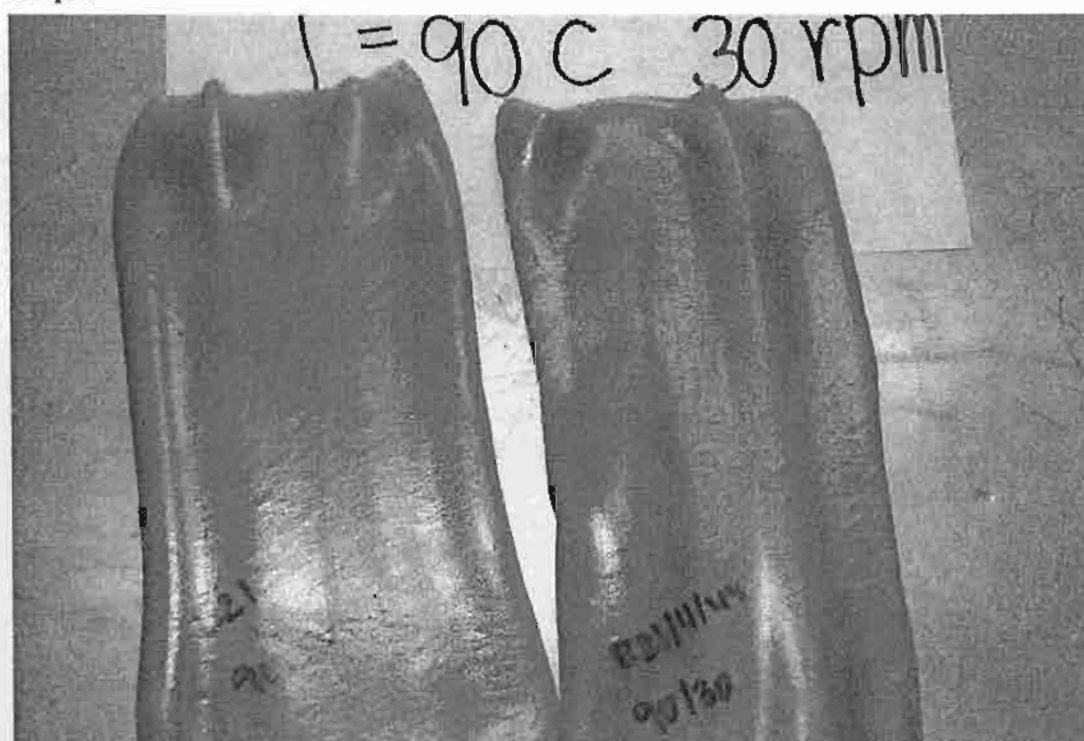
รูปที่ 4.72 ลักษณะของยางที่ใช้ยางสกินExcell lot 06/48 หลังการเอกซ์ทรูด ที่อุณหภูมิ 90 °C ความเร็ว 10 rpm



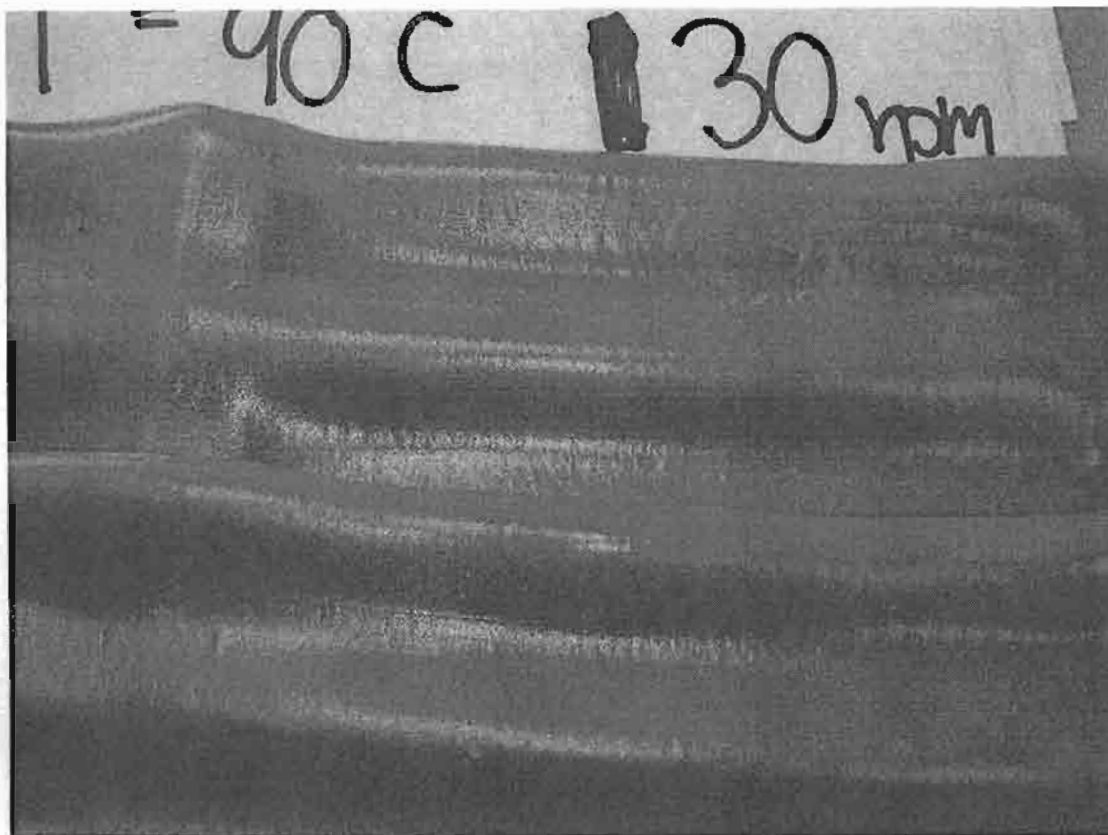
รูปที่ 4.73 ลักษณะของยางที่ใช้ยางสกินExcell lot 06/48 หลังการเอกซ์ทรูด ที่อุณหภูมิ 90 °C ความเร็ว 30 rpm



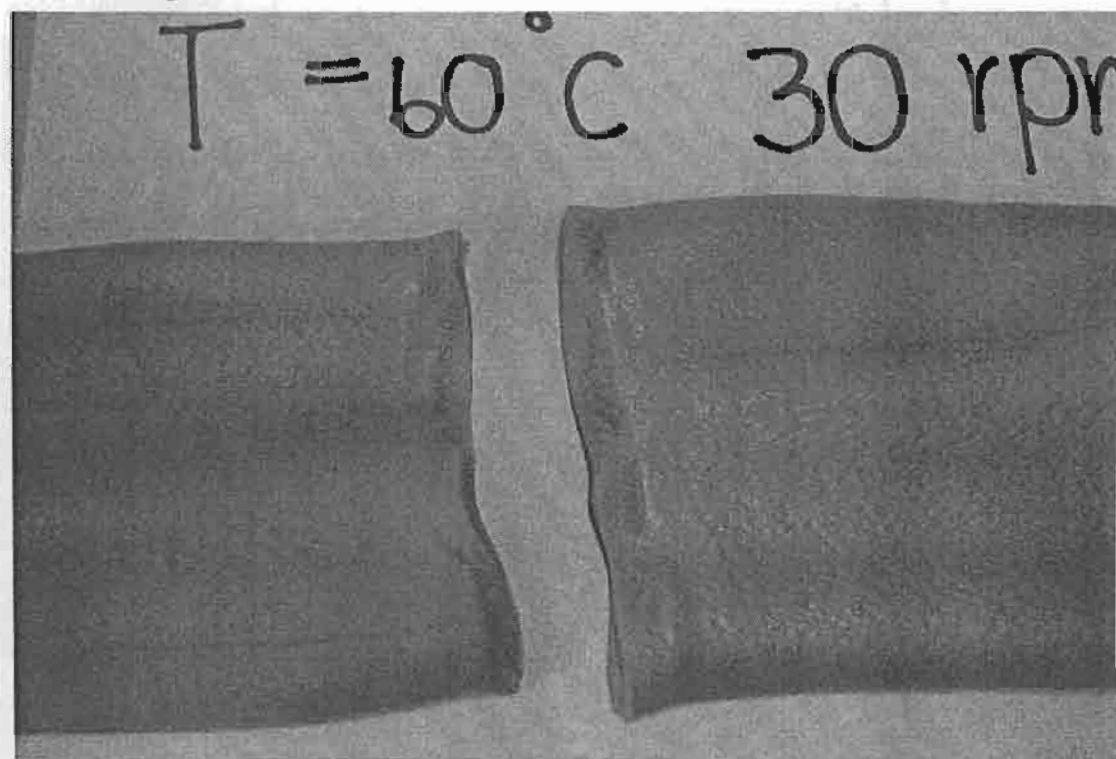
รูปที่ 4.74 ลักษณะของยางที่ใช้ยางสกิม Excell lot 06/48 หลังการเอกซ์ทรูด ที่อุณหภูมิ 90 °C ความเร็ว 50 rpm



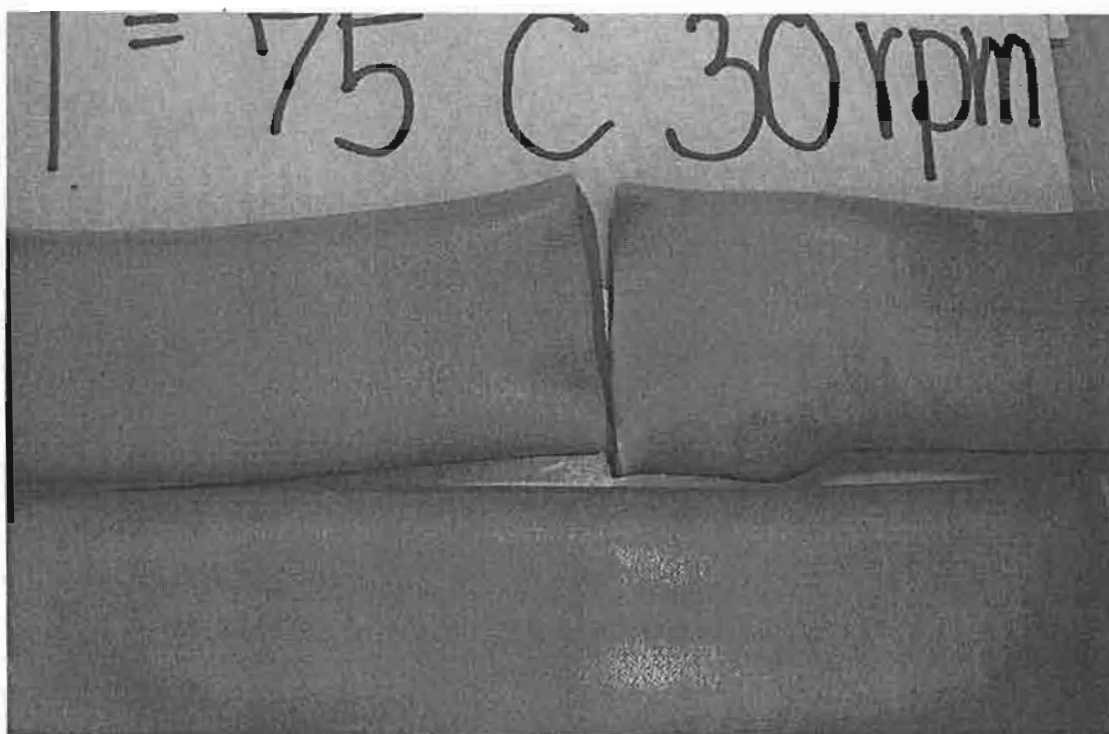
รูปที่ 4.75 ลักษณะของยางที่ใช้ยางสกิม Excell lot 21/04/48 หลังการเอกซ์ทรูด ที่อุณหภูมิ 90 °C ความเร็ว 30 rpm



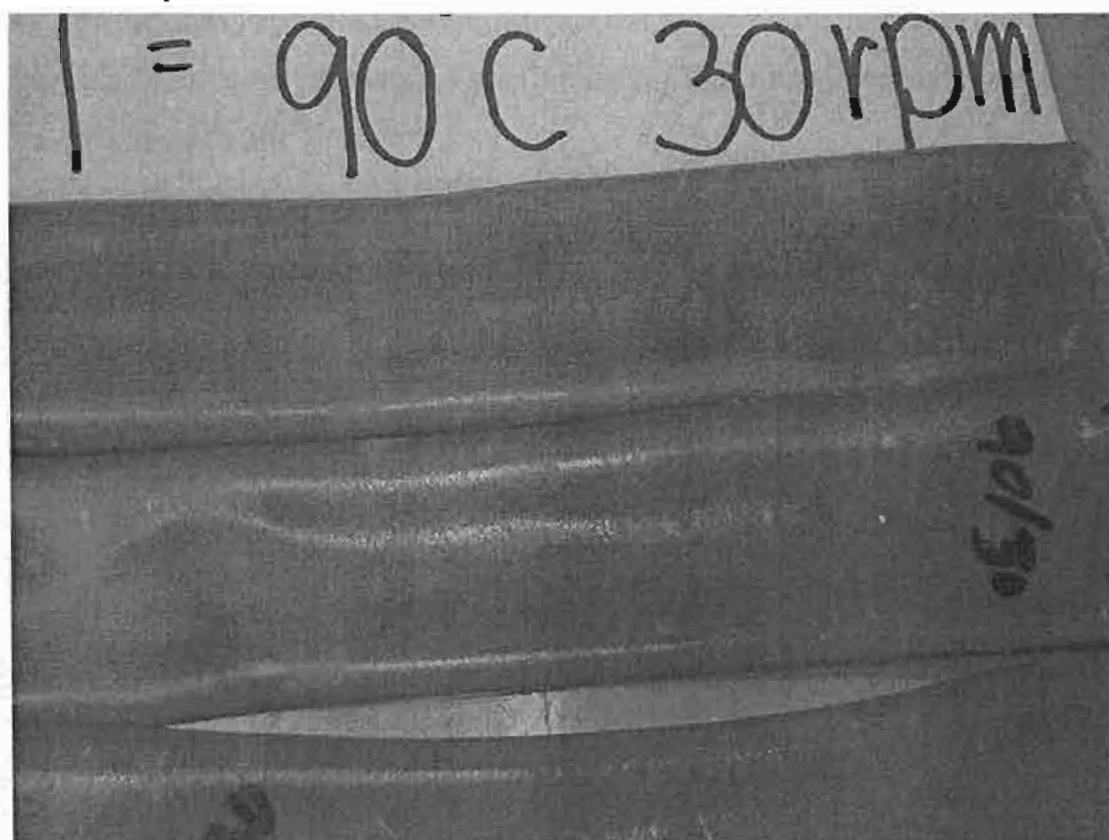
รูปที่ 4.76 ลักษณะของยางที่ใช้ยางสกิม Excell lot 19/04/48 หลังการเอกซ์ทรูด ที่อุณหภูมิ 90 °C
ความเร็ว 30 rpm



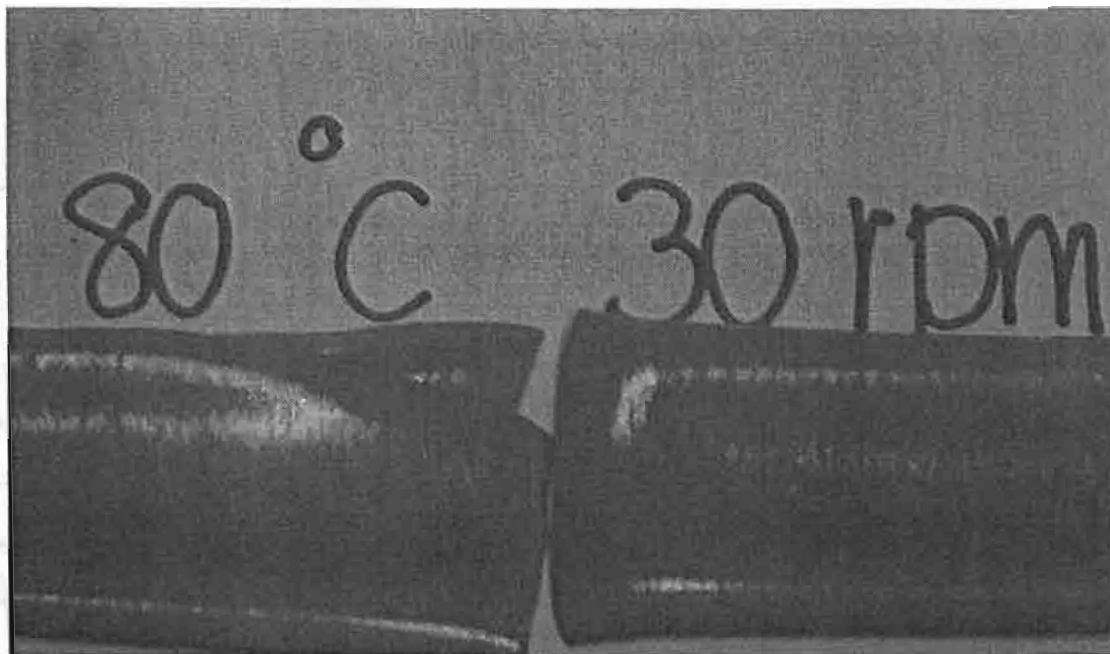
รูปที่ 4.77 ลักษณะของยางที่ใช้ยางสกิม Hadsin lot 08/04/48 หลังการเอกซ์ทรูด ที่อุณหภูมิ 60 °C
ความเร็ว 30 rpm



รูปที่ 4.78 ลักษณะของยางที่ใช้ยางสกิน Hadsin lot 08/04/48 หลังการเอ็กซ์ทรูด ที่อุณหภูมิ 75 °C ความเร็ว 30 rpm



รูปที่ 4.79 ลักษณะของยางที่ใช้ยางสกิน Hadsin lot 08/04/48 หลังการเอ็กซ์ทรูด ที่อุณหภูมิ 90 °C ความเร็ว 30 rpm



รูปที่ 4.80 ลักษณะของยางที่ใช้ยางสกิน Hadsin lot 30/04/48 หลังการเอ็กซ์ทรูด ที่อุณหภูมิ 80 °C ความเร็ว 30 rpm

จากตารางที่ 4.31-4.36 และรูปที่ 4.70-4.80 จะเห็นได้ว่ายางคอมปาวด์ที่ใช้ยางสกินจากหาดสินสามารถเอ็กซ์ทรูดให้เรียบได้ง่ายกว่า ใช้อุณหภูมิในการเอ็กซ์ทรูดต่ำกว่า ยางคอมปาวด์ที่ใช้ยางสกินจาก EXCELL ทั้งนี้เนื่องจากยางสกินจากหาดสินมีความหนืดต่ำกว่า ความแปรปรวนของยางแต่ละตัวอย่างไม่มากนัก ให้ผลการแปรรูปที่แตกต่างกันน้อยในแต่ละแหล่งผลิต แต่จะเห็นความแตกต่างหากยางสกินมาจากแหล่งผลิตต่างกัน

4.4.3 สมบัติของยางคอมปาวด์ยางรัดแป้งที่ใช้ยางสกิน 5 ตัวอย่างหลังการวัลคาไนซ์ด้วยไอน้ำ

หลังจากเอ็กซ์ทรูดยางตัวอย่างจากยางคอมปาวด์ทั้ง 5 ตัวอย่าง นำตัวอย่างที่ได้ไปวัลคาไนซ์ด้วยหม้ออบไอน้ำดังรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.3.4.3 และทดสอบสมบัติด้านทนต่อแรงดึงของยางหลังวัลคาไนซ์ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3.36

ตารางที่ 4.36 สมบัติการทนต่อการดึงของยางคอมปาวด์ยางรัดแบ่งที่ใช้ยางสกิน 5 ตัวอย่าง หลังการวัลคาไนซ์ด้วยไอน้ำ

Lot no. of Skim	Temp. (°C)	Speed (rpm)	300% Modulus (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation at break (%)
EXCELL 06/48	90	10	2.49± 0.11	18.36±0.42	725±25
	90	30	2.51± 0.18	18.30± 0.72	750±25
	90	50	2.46± 0.05	18.14± 0.90	733.33±28.87
EXCELL21/04/48	90	10	2.15± 0.17	18.05±2.70	737.5±17.68
	90	30	2.47± 0.12	16.79± 0.60	741.66±14.43
	90	50	2.25± 0.07	16.41± 0.74	750±0
EXCELL19/04/48	90	10	2.20± 0.17	16.88±0.44	741.66±14.43
HADSIN8/03/48	90	10	2.41 ± 0.15	16.18 ± 0.85	750.42 ± 8.97
HADSIN30/03/48	90	10	2.22± 0.05	16.09 ± 1.10	730.46±12.14

จากตารางที่ 4.36 พบว่า หลังการวัลคาไนซ์ตัวอย่างที่ได้จากการเอ็กซ์ทรูดด้วยหม้ออบไอน้ำ ยางที่ใช้ยางสกินไม่ว่าจากแหล่งผลิตใดมีสมบัติด้านการทนต่อแรงดึงผ่านมาตรฐาน โดยที่มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก นั่นคือการใช้ยางสกินจากแหล่งผลิตทั้งสองเมื่อใช้สูตรยางแบ่งนี้จะมีสมบัติผ่านมาตรฐานกำหนด และที่น่าสังเกตคือสมบัติของยางหลังวัลคาไนซ์ด้วยไอน้ำจะให้ค่าโมดูลัสที่สูงกว่า การวัลคาไนซ์ด้วยเครื่องอัดเบ้า แต่ค่า Tensile Strength และ Elongation at break ของยางวัลคาไนซ์ด้วยไอน้ำจะมีค่าต่ำกว่ายางที่วัลคาไนซ์ด้วยเครื่องอัด

4.4.4 การทดลองผลิตยางรัดของชนิดยางแบ่งที่โรงงาน

จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ ได้สูตรยางรัดแบ่งที่มีสมบัติผ่านมาตรฐาน และความแปรปรวนของยางสกินมีไม่มากนัก โดยการใช้ยางสกินจากแหล่งผลิตเดียวสามารถลดความแปรปรวนของยางสกินต่อสมบัติของยางรัดได้ ในการทดลองผลิตจริงใช้ยางสกินจากแหล่งผลิตหาดสิน สูตรที่ใช้และรายละเอียดการผลิตดังหัวข้อที่ 3.3.4.4 ผลจากการทดลองพบว่าสูตรยางที่ใช้สามารถผสมในเครื่องผสมแบบปิดของโรงงานได้ตามปกติ การเอ็กซ์ทรูดได้ตัวอย่างที่เรียบ ไม่พบปัญหาการสุกก่อนกำหนดของยางที่เครื่องเอ็กซ์ทรูด การวัลคาไนซ์ด้วยหม้ออบไอน้ำ ใช้เวลา 10-15 นาที ได้ตัวอย่างที่สุกสมบูรณ์ และสามารถนำไปตัดเป็นยางวงได้ตามปกติ ผลของสมบัติการวัลคาไนซ์และสมบัติของยางหลังวัลคาไนซ์ผ่านตามมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 4.37 และ 4.38

ตารางที่ 4.37 สมบัติการวัลคาไนซ์และความหนืดของยางคอมปาวด์ยางรัดแป่งผสมที่โรงงาน

Property	Compound band
scorch time(TS1)	1.25±0.02
cure time	3.04±0.05
ML1+4(100 C)	31.78±0.08
ML	31.78±0.08
MH	45.02±0.14

ตารางที่ 4.38 สมบัติยางรัดแป่งหลังวัลคาไนซ์ด้วยหม้ออบไอน้ำที่โรงงาน

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด	ทดสอบจริง
1	ความต้านทานต่อแรงดึง เมกะพาสคัล ไม่น้อยกว่า	15.3	19.23±2.40
2	ความยืดเมื่อขาด ร้อยละไม่น้อยกว่า	550	806±40
3	มอดุลัสที่ความยืดร้อยละ 300 เมกะพาสคัล	>1.96	1.72±0.15
4	ความยืดถาวร (permanent set) ร้อยละไม่เกิน	10	6.88±1.89
5	การบ่มเร่ง		
	- ความต้านทานต่อแรงดึง เปลี่ยนแปลงจากความต้านทานแรงดึงก่อนการบ่มเร่ง ร้อยละไม่เกิน	25	20.01
	- ความยืดเมื่อขาด เปลี่ยนแปลงจากความยืดเมื่อขาดก่อนบ่มเร่ง ร้อยละไม่เกิน	20	16.22
6	ความหนาแน่น (Mg/m ³) ไม่เกิน	1.4	1.03±0.01

จะเห็นได้ว่าการลดต้นทุนยางรัดแป่งโดยใช้ยางสกิมผสม สามารถทำได้ดังสูตรข้างต้น ปัญหาที่พบจะน้อยกว่ายางรัดแก้ว เนื่องจากมาตรฐานที่ต่ำกว่า และการใช้สารตัวเติมในปริมาณที่มากกว่า ทำให้การแปรรูปทำได้ง่ายกว่า สามารถใช้อุณหภูมิในการเอ็กทรูดต่ำกว่า ปัญหาการสุกก่อนกำหนดของยางคอมปาวด์น้อย แม้จะใช้ยางสกิมในปริมาณที่มากกว่า และความแปรปรวนของสมบัติยางสกิมมีผลน้อยต่อสมบัติของยางรัดแป่งที่ได้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

5.1.1 ความแปรปรวนของยางสกิม

จากการศึกษาความแปรปรวนของยางสกิมจากต่างแหล่งผลิต และจากแหล่งผลิตเดียวกัน โดยการทดสอบสมบัติของยางดิบ พบว่า ปริมาณ Acetone extraction และ ปริมาณ Volatile Matter ของยางจากสามแหล่งผลิตมีค่าต่างกันไม่มาก (อยู่ในช่วง 2% และ 0.3 % สำหรับค่าปริมาณ Acetone extraction และ ปริมาณ Volatile Matter ตามลำดับ) ยางแต่ละก้อนจากแหล่งผลิตเดียวกันให้ค่าที่แตกต่างกันน้อยอยู่ในช่วงเดียวกับความแตกต่างจากต่างแหล่งผลิต ปริมาณไนโตรเจนของยางสกิมทั้งสามแหล่งมีค่าสูงใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 1.6 ถึง 2.2 % สำหรับค่าความหนืดมูนิของยางสกิม และค่าทอร์คเมื่ออบผสม ซึ่งสอดคล้องกับผลของการทดสอบความหนืดมูนิ พบว่า ยางสกิมจากต่างแหล่งผลิต มีความหนืดที่ต่างกันอย่างชัดเจน ยางจาก Excel มีความหนืดสูงที่สุด และมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงถึง 30 หน่วยมูนิ ยางสกิมจาก Hardsin และ Safeskin มีความหนืด มูนิที่ต่ำกว่าของ Excel ความแตกต่างของยางแต่ละก้อนอยู่ในช่วง 9 หน่วย ยางสกิมทั้งสามแหล่งมีค่า PRI ที่ต่ำมาก ปริมาณ Cu ของยางทั้งสามแหล่งมีค่าต่างกันไม่มากนัก แต่ปริมาณ Mn และ Fe จากยางสกิมของ Excel มีค่าสูงกว่า Hardsin และ Safeskin ซึ่งสอดคล้องกับผลของค่า PRI ที่ยางสกิมจาก Excel มีค่าต่ำสุด

5.1.2 ผลของอัตราส่วนยาง SKIM/STR5L ปริมาณสารตัวเร่ง Acc. C และ Acc. A ต่อสมบัติการวัลคาไนซ์โดยใช้หลักสถิติเพื่อการออกสูตรยาง

พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนยางSKIM/STR5L และปริมาณสารตัวเร่งมีผลทำให้scorch timeและcure time ลดลง จาก สมการ scorch time พบว่าอัตราส่วนยางมีอิทธิพลมากที่สุดรองลงมาสารตัวเร่ง Acc. A และAcc. C สมการ cure time พบว่า Acc. A มีอิทธิพลมากที่สุดรองลงมาสารตัวเร่ง Acc. C และอัตราส่วนยาง สมการ ML1+4 พบว่า สารตัวเร่ง Acc. C มีอิทธิพลมากที่สุดรองลงมาอัตราส่วนยาง และสารตัวเร่ง Acc. A

5.1.3 การผลิตยางรัดของประเภทที่ 2 หรือชนิดยางแก้ว

จากการทดลองใช้ยางสกิมจากสามแหล่งผลิต ทดลองผลิตยางรัดของชนิดยางแก้ว พบว่าค่าความหนืดมูนิของยางสกิมคอมปาวด์จากแต่ละแหล่งผลิต มีค่าแตกต่างกันน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับความแตกต่างของความหนืดมูนิของยางดิบเริ่มต้น แต่ยางสกิมจากต่างแหล่งผลิตจะมีผลต่อค่า

Scorch time และ Cure time ของยางคอมปาวด์ โดยยางสกินจาก Safeskin ที่มีค่า acetone extraction สูง และมีปริมาณโลหะหนักต่ำ ส่งผลให้ยางคอมปาวด์ มีค่า Scorch time และ Cure time มากที่สุด ส่วนยางคอมปาวด์ ใช้ยางสกินจาก Excel และ Hardsin ที่มีสมบัติของยางดิบที่ต่างกันไม่มากนัก มีค่า Scorch time และ Cure time ที่ใกล้เคียงกัน จึงสรุปได้ว่าชนิดของยางสกินที่ใช้มีผลต่อค่า Scorch time และ Cure time อย่างชัดเจน สำหรับสมบัติหลังการวัลคาไนซ์พบว่ายางสกินจาก Safeskin ที่มีปริมาณ acetone extraction สูง ปริมาณในโตรเจนที่ต่ำที่สุด ให้สมบัติด้านการทนต่อแรงดึงที่ต่ำ ไม่ผ่านมาตรฐานยางรัดแก้ว ในขณะที่ยางสกินจาก Excel และ Hardsin ที่มีปริมาณในโตรเจนสูงกว่า ให้สมบัติด้านการทนต่อแรงดึงที่ต่ำกว่า และมีสมบัติผ่านมาตรฐานยางรัดแก้ว และความแปรปรวนของสมบัติยางหลังวัลคาไนซ์ในยางแต่ละก้อนจากแหล่งผลิตเดียวกัน มีความแปรปรวนแต่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

เมื่อศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารเติมแต่งต่อสมบัติยางคอมปาวด์และสมบัติหลังการวัลคาไนซ์ ยางรัดแก้ว พบว่า การใช้สารหน่วง PVI ที่ปริมาณ 0.25 phr สามารถเพิ่ม scorch time ได้ โดยมีผลกระทบต่อค่า cure time ไม่มากนัก และสมบัติยางวัลคาไนซ์ผ่านมาตรฐานทุกสมบัติ การใช้หรือไม่ใช้สารกันเสื่อม ได้ยางวัลคาไนซ์ที่ได้มีสมบัติผ่านมาตรฐานยางรัดชนิดแก้ว และพบว่าชนิดของน้ำมันมีผลต่อสมบัติยางคอมปาวด์และยางรัดแก้ว อย่างไรก็ตามน้ำมันทั้งสามชนิดให้สมบัติยางรัดแก้วที่ผ่านมาตรฐานทุกสมบัติ และชนิดของน้ำมันที่ควรใช้คือ Spindle oil เพราะให้ค่าสมบัติที่สูงและมีสีใสมากกว่า โดยใช้ที่ปริมาณ 5 phr

เมื่อทดลองผลิตจริงที่โรงงาน พบว่าสูตรยางที่ทดลองใช้สามารถผสมในเครื่องผสมแบบปิดของโรงงานได้ตามปกติ การเอ็กทрудได้ท่อยางที่เรียบ ให้สมบัติการวัลคาไนซ์ที่ดีไม่พบปัญหาการสุกก่อนกำหนดของยางที่เครื่องเอ็กทруд การวัลคาไนซ์ด้วยหม้ออบไอน้ำ ได้ท่อยางที่สุกสมบูรณ์ และสามารถนำไปตัดเป็นยางวงได้ตามปกติ รวมทั้งให้สมบัติของยางหลังวัลคาไนซ์ผ่านตามมาตรฐานยางรัดแก้ว มอก. 886-2532 แสดงให้เห็นว่าสามารถนำยางสกินมาผสมกับยาง STR5L เพื่อลดต้นทุนการทำยางรัดแก้วได้ดี

5.1.4 การผลิตยางรัดของประเภทที่ 3 หรือชนิดยางแป้ง

จากการทดลองใช้ยางสกินจาก Excel และ Hardsin จำนวน 5 ตัวอย่าง พบว่า ค่า scorch time และ cure time ของยางคอมปาวด์ที่ใช้ยางสกินทุกตัวอย่าง มีค่าใกล้เคียงกัน ยางสกินจาก Excell จะมีความหนืดสูงกว่า Hardsin เนื่องจากยางสกินดิบเบื้องต้นจากแหล่งผลิต Excell มีความหนืดสูงกว่ายางจาก Hardsin ซึ่งยางสกินแต่ละ lot มีความแปรปรวนอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ที่ +/- 5 หน่วยยูนิต จากสูตรยางที่ทดลองใช้พบว่ายางสกินทั้ง 5 ตัวอย่างให้สมบัติยางรัดแป้งที่และ ผ่านมาตรฐานยางรัดแป้งของ มอก. 886-2532

การแปรรูปยางคอมปาวด์ที่ใช้ยางสกินจากหาดสิน สามารถเอ็กทрудให้เรียบได้ง่ายกว่า ใช้อุณหภูมิในการเอ็กทрудต่ำกว่า ยางคอมปาวด์ที่ใช้ยางสกินจาก EXCELL เนื่องจากยางสกินจากหาด

สินมีความหนักแน่นกว่า ความแปรปรวนของยางแต่ละตัวอย่างไม่มากนัก ให้ผลการแปรรูปที่แตกต่างกัน น้อยในแต่ละแหล่งผลิต แต่จะเห็นความแตกต่างหากยางสกิมมาจากแหล่งผลิตต่างกัน

หลังการวัลคาไนซ์ที่อย่างที่ได้จากการเอ็กซ์ทรูดด้วยหม้ออบไอน้ำ ยางสกิมจากต่างแหล่งผลิต ให้สมบัติด้านการทนต่อแรงดึงแตกต่างกันไม่มากนัก และมีสมบัติผ่านมาตรฐานกำหนด และพบว่า สูตรยางที่ใช้สามารถผสมในเครื่องผสมแบบปิดของโรงงานได้ตามปกติ การเอ็กซ์ทรูดได้ที่อย่างที่เราพบปัญหาการสุกก่อนกำหนดของยางที่เครื่องเอ็กซ์ทรูด การวัลคาไนซ์ด้วยหม้ออบไอน้ำ ได้ที่อย่างที่ดีสุดสมบูรณ์ และสามารถนำไปตัดเป็นยางวงได้ตามปกติ และให้สมบัติของยางหลังวัลคาไนซ์ผ่านตามมาตรฐาน มอก. 886-2532 นั่นคือ การลดต้นทุนยางรัคแป้งโดยใช้ยางสกิมผสม สามารถทำได้ด้วยสูตรทดลอง

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากยางสกิมมีสมบัติแปรปรวนตามแหล่งผลิตที่ใช้ ดังนั้นในการนำยางสกิมมาใช้ในแต่ละ lot ควรทำการทดสอบสมบัติของยางสกิมก่อนการคอมปาวด์ยางกับสารเติมแต่ง ทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ และทดสอบสมบัติหลังการวัลคาไนซ์ให้ผ่านมาตรฐาน ก่อนการผลิตจริงเพื่อช่วยในการควบคุมคุณภาพในการผลิต

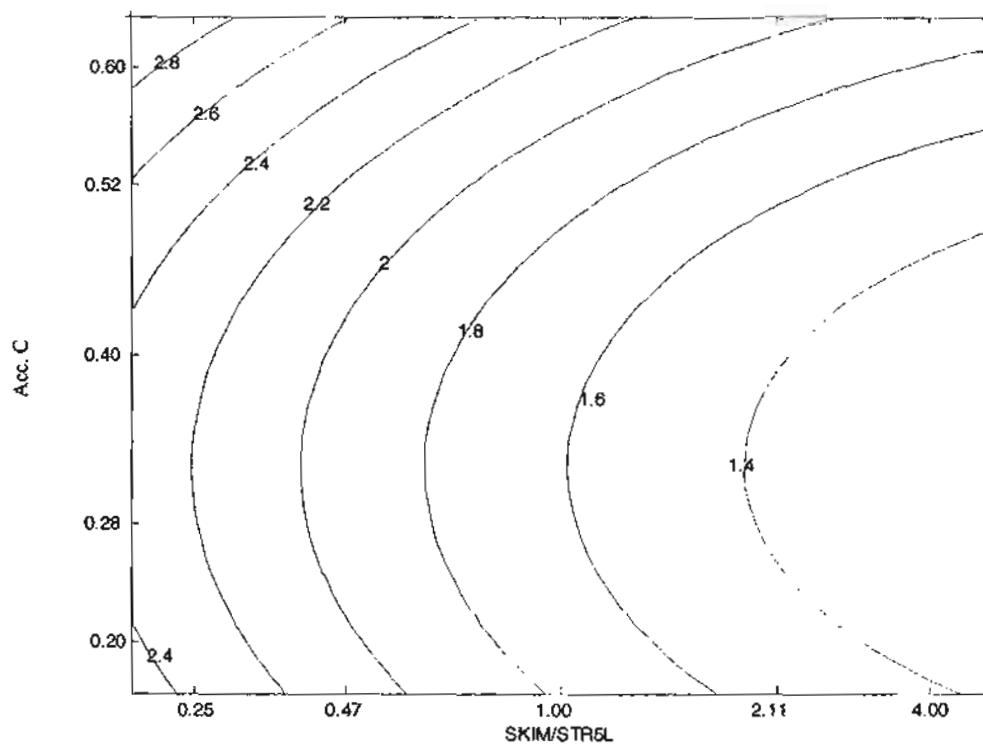
เอกสารอ้างอิง

1. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2545, สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
2. Bristow G.M. 1990. Composition and Cure Behaviour of Skim Block Natural Rubber, J. nat. Rubb. Res., 5 (2), 114-134.
3. Morita, E.; Young, E. J. 1963. Rubber Chem Technol, 36, 844.
4. Morita, E.; D'Amico, J. J.; Young, E. J. 1968. Rubber Chem Technol , 41, 721.
5. Campbel, R. H.; Wise, R. W. 1964. Rubber Chem Technol, 37, 635.
6. Hofmann W. 1989. Rubber Technology Handbook. Oxford Univ. Press, New York.
7. พรพรรณ นิธิอุทัย, 2528. " สารเคมีสำหรับยาง", คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, วิทยาเขตปัตตานี, p.207-208.
8. Gonzalez, L.; Rodriguez, a.; Del Campo, A.; Marcos Fernandez,A. 2002. J Appl Polym Sci, 85, 491.
9. Choi, S. S.; Park, B. H.; Lee, S. G.; Kim, B, T, 2002. Bull Kor Chem Soc, 23, 320.
10. Choi, S.s. 2002. J Appl Polym Sci, 83, 2609.
11. Ismail, H.; Nordin, R.; Noor, A. M. 2002. Polym Plast Technol Eng, 41, 847.
12. Susamma, A. P.; Varghese, T.; Elizabeth, M.; Kuriakose, A. P. 2001. J Appl Polym Sci , 79, 1.
13. Aprem, A.s.; Mathew, G.; Joseph, K.; Mathew, G.; Thomas, S. 1999. Kautsch Gummi Kunstst, 52, 576.
14. Das, M. M.; Basu, D. K.; Chaudhari, A. K. 1983. Kautsch Gummi Kunstst , 36, 569.
15. Kurian, M.; Kuriakose, A. P. 2001. Plast Rubber Compos, 30, 263.
16. Palatty, S.; Joseph, R. 2001. Plast Rubber Compos, 30, 270.
17. Subhas Chandra Debnath and Dipak kumar Basu, 1996. Journal of Applied Polymer Science, 60, 845-855.
18. B. Spiegelhalder, Scand, 1983. J. Work Environ. Health, 9, 15.
19. Leib, R. I.; Sullivan, A. B.; Trivette, C. D., Jr. 1970. Rubber Chem Technol, 43, 1188.
20. Coran, A. Y.; Kerwook, J. E. U.S. Pat. 3,427,319 (1969).
21. Coran, A. Y.; Kerwook, J. E.; Trivette, C. D., Jr. U.S. Pat 3,513,139(1970).
22. Roos, E.; Abele, M.; Kempermann, T.; Schubart, R. Ger. Pat 2,005,692 (1971).

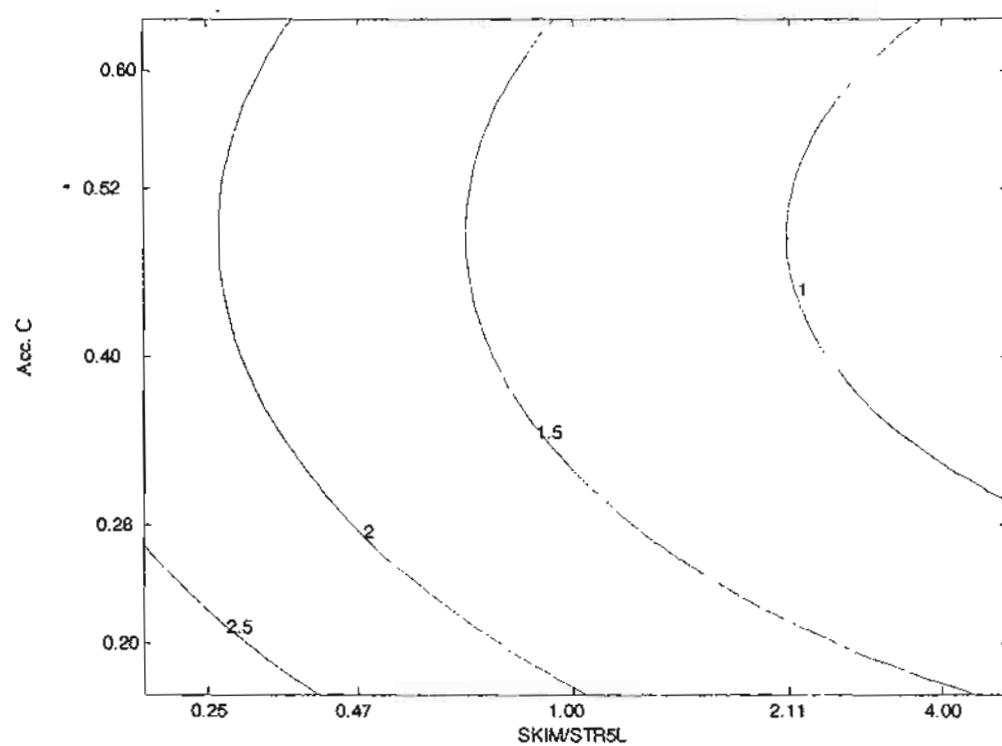
23. Roos, E.; Abele, M.; Kempermann, T.; Schubart, R. Belg. Pat 765,587 (1971).
24. Kempermann, T.; Abele, M. 1971. Rubber World, 165, 83.
25. Dutta R.N, Debnath, S.C., Noordermeer J.W.M. 2003. J. Applied Polymer Science, 90, 3835-3847.
26. พรพรรณ นิธิอุทัย, รศ., "เทคนิคการออกสูตรยาง", คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, วิทยาเขตปัตตานี, 2528.
27. Morton M., Rubber Technology, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1982.
28. Pike, M. and Watson, W.F. 1952. J. Polymer Sci., 9, 229.
29. Subramaniam, A. 1980. RRIM Technology Bulletin, 4, 16.
30. Cochran, W. G. and Cox, G. M., 1957. "Experimental Design", 2nd Ed, John Wiley and Sons, New York.
31. Derringer, G.C., 1988. *Rubber Chem. Technol.*, 61, 377-421.
32. Diamond, W. J., 1981. "Practical Experimental Designs for Engineers and Scientists, Lifetime Learning Publications, California.
33. Freakley, P. K., 1985. "Rubber Processing and Product Organization", Plenum Press, New York.

ภาคผนวก

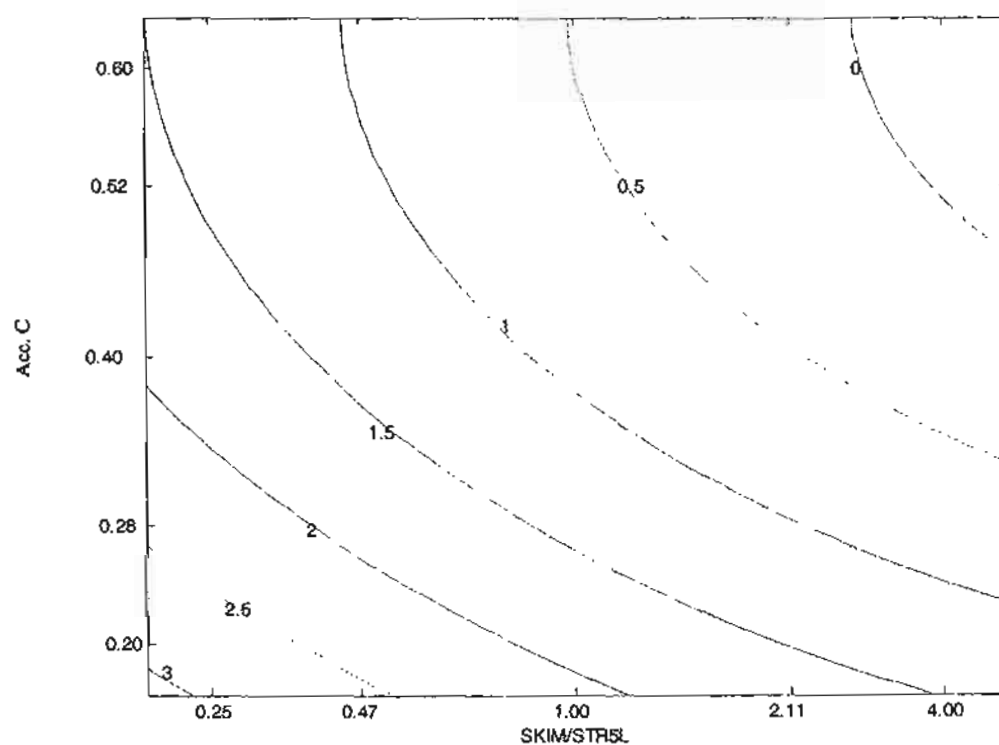
รูปกราฟคอนทัวร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนยาง STR5L:ยางสกิน ปริมาณสารตัวเร่ง Acc. C และสารตัวเร่ง Acc. A ต่อสมบัติการวัลคาไนซ์ของยาง จากการทดลองที่ 4.2.2



ก. Acc. A เท่ากับ 0.10 phr (รหัส -1.682)

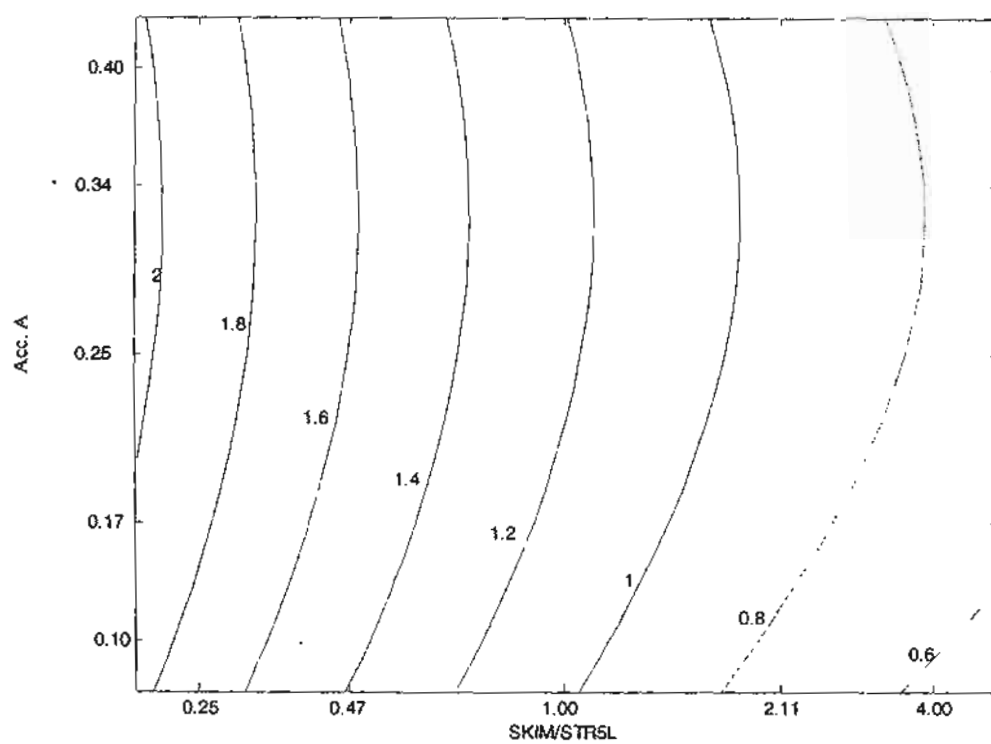


ข. Acc. A เท่ากับ 0.25 phr (รหัส 0)

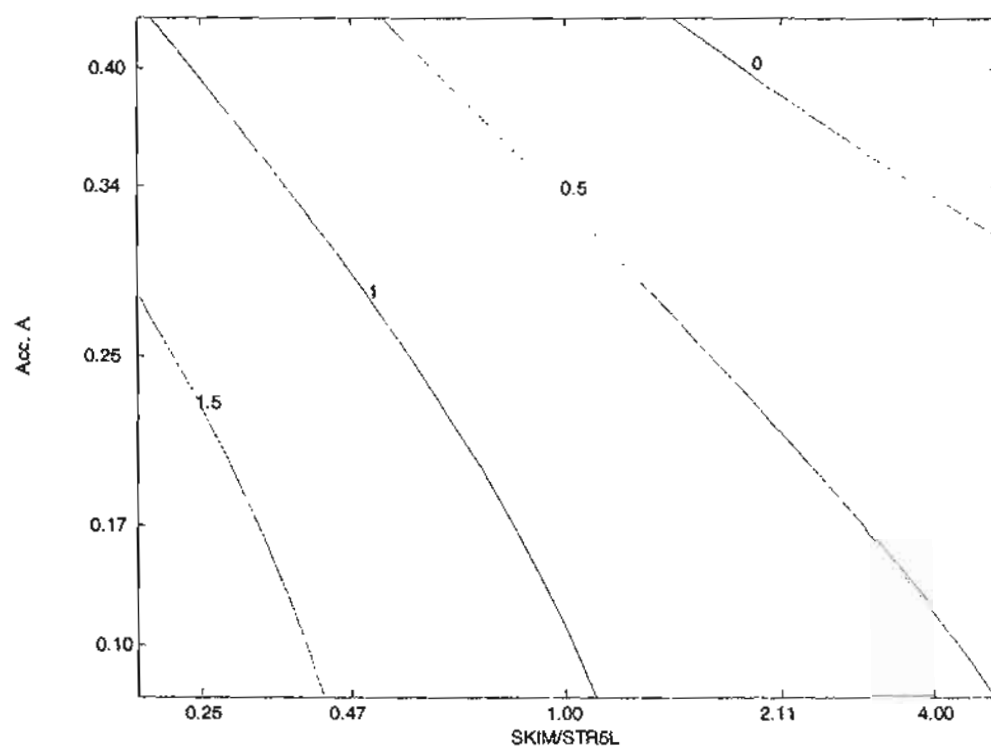


ค. Acc. A เท่ากับ 0.40 phr (รหัส 1.682)

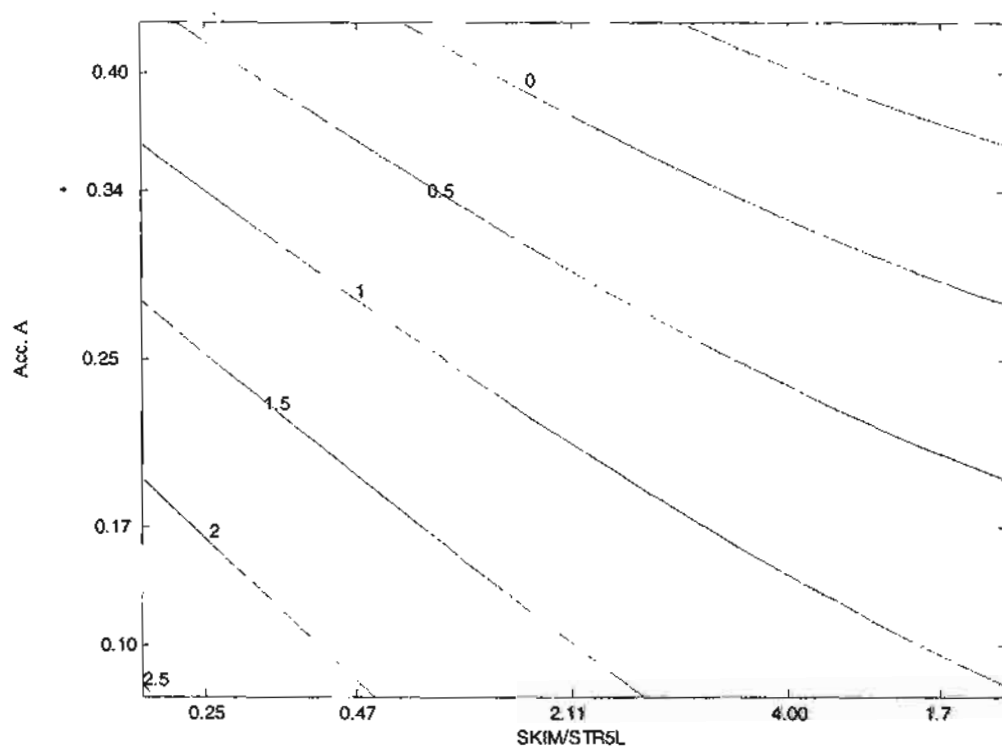
รูปที่ 1 อิทธิพลของอัตราส่วนยาง SKIM/STRSL และปริมาณสารตัวเร่ง Acc. C ต่อค่า scorch time



ก. Acc. C เท่ากับ 0.20 phr (รหัส -1.682)

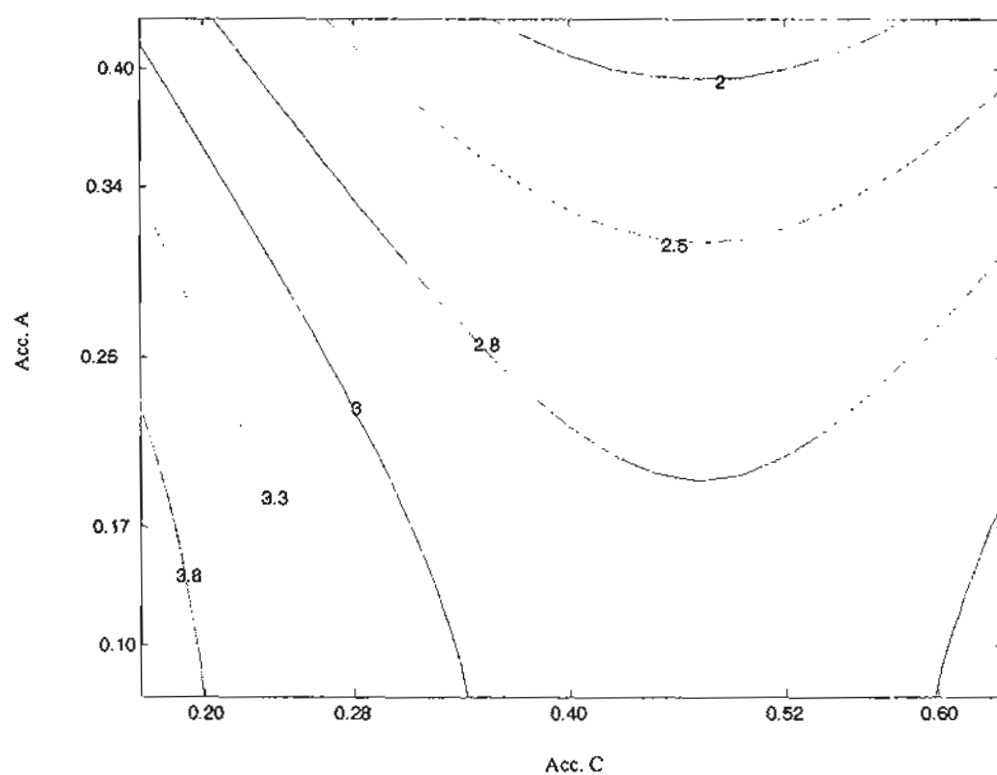


ข. Acc. C เท่ากับ 0.40 phr (รหัส 0)

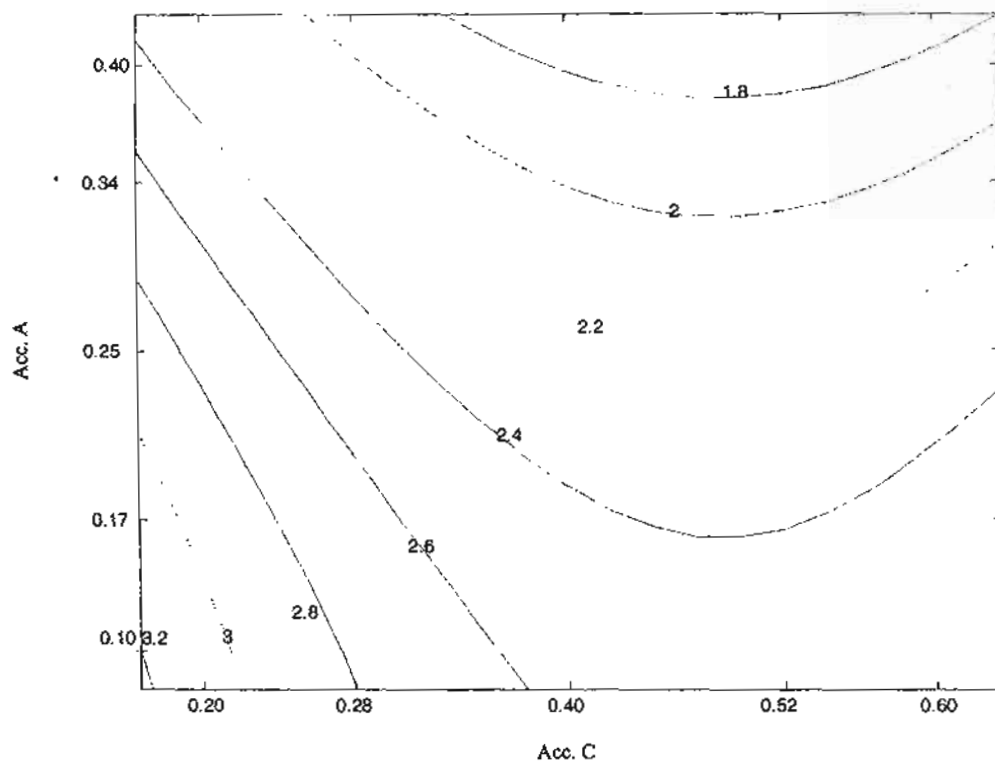


ค. Acc. C เท่ากับ 0.60 phr (รหัส 1.682)

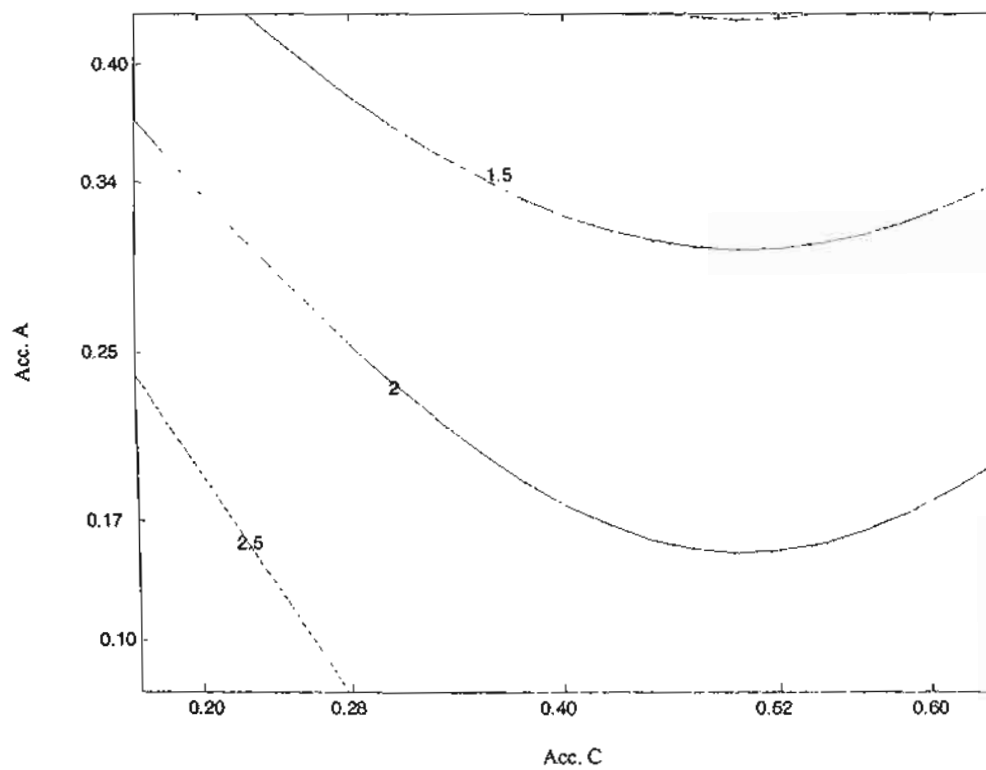
รูปที่ 2 อิทธิพลของอัตราส่วนยาง SKIM/STR5L และปริมาณสารตัวเร่ง Acc. A ต่อค่า scorch time



ก. อัตราส่วนยาง SKIM/STR5L เท่ากับ 0.25 phr (รหัส -1.682)

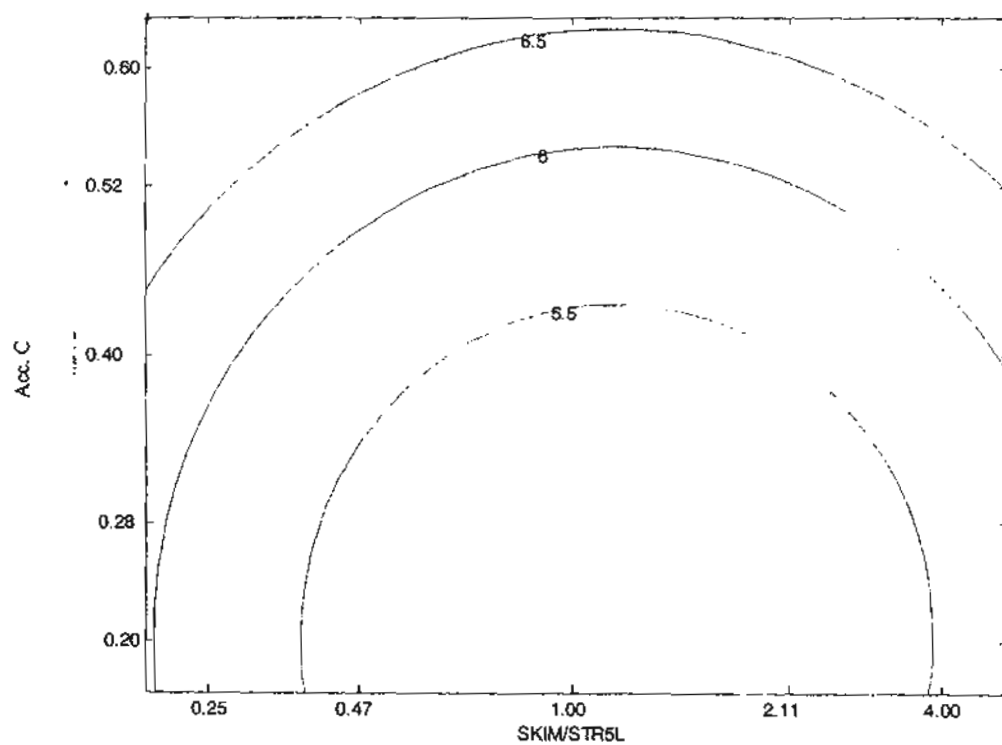


ข. อัตราส่วนยาง SKIM/STR5L เท่ากับ 1 phr (รหัส 0)

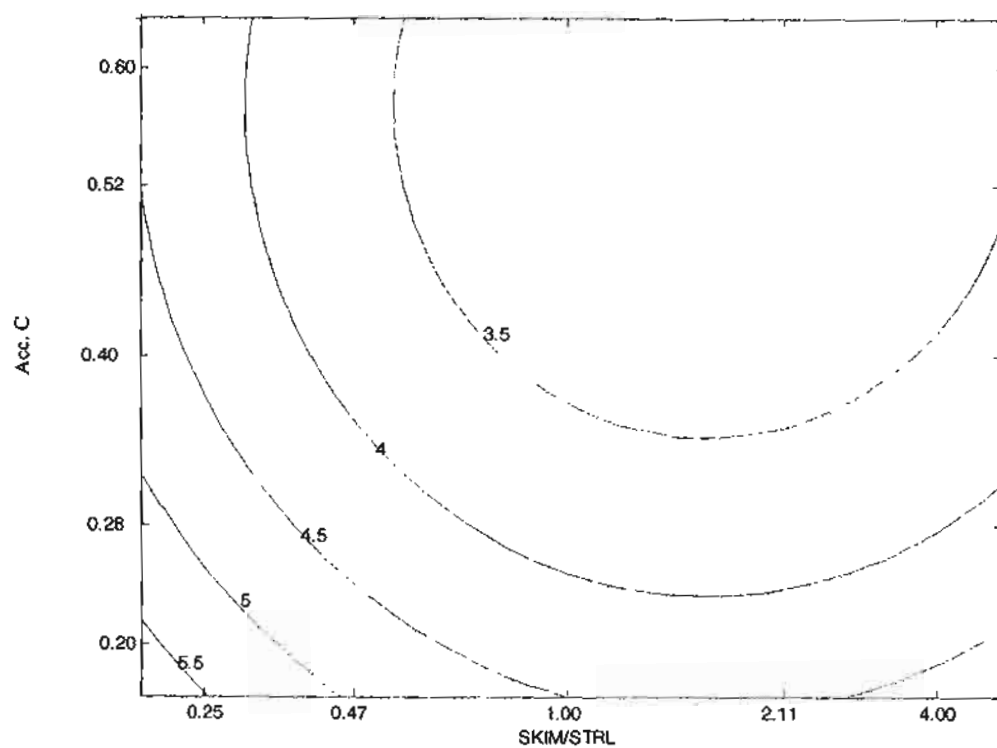


ค. อัตราส่วนยาง SKIM/STR5L เท่ากับ 4 phr (รหัส 1.682)

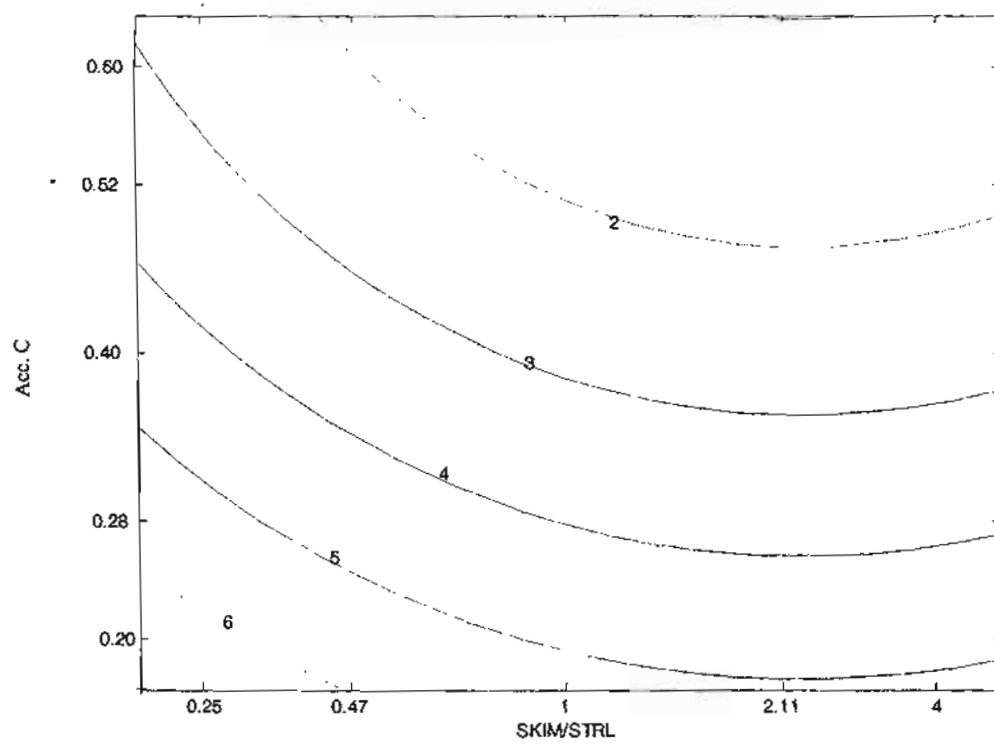
รูปที่ 3 อิทธิพลของปริมาณสารตัวเร่ง Acc. C และสารตัวเร่ง Acc. A ต่อค่า scorch time



ก. Acc. A เท่ากับ 0.10 phr (รหัส -1.682)

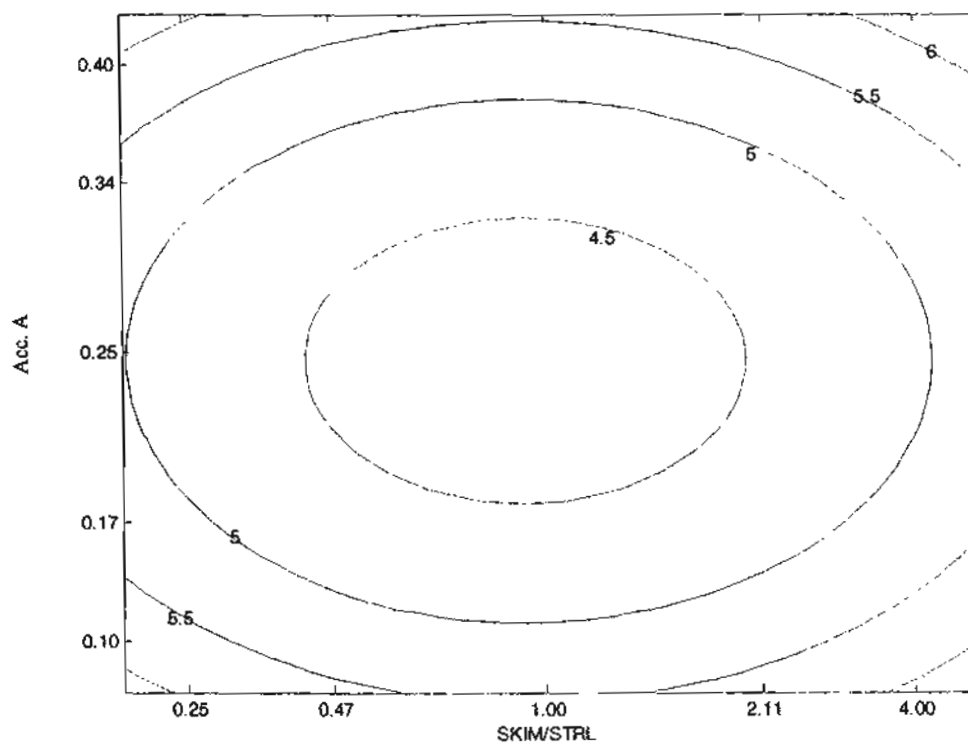


ข. Acc. A เท่ากับ 0.25 phr (รหัส 0)

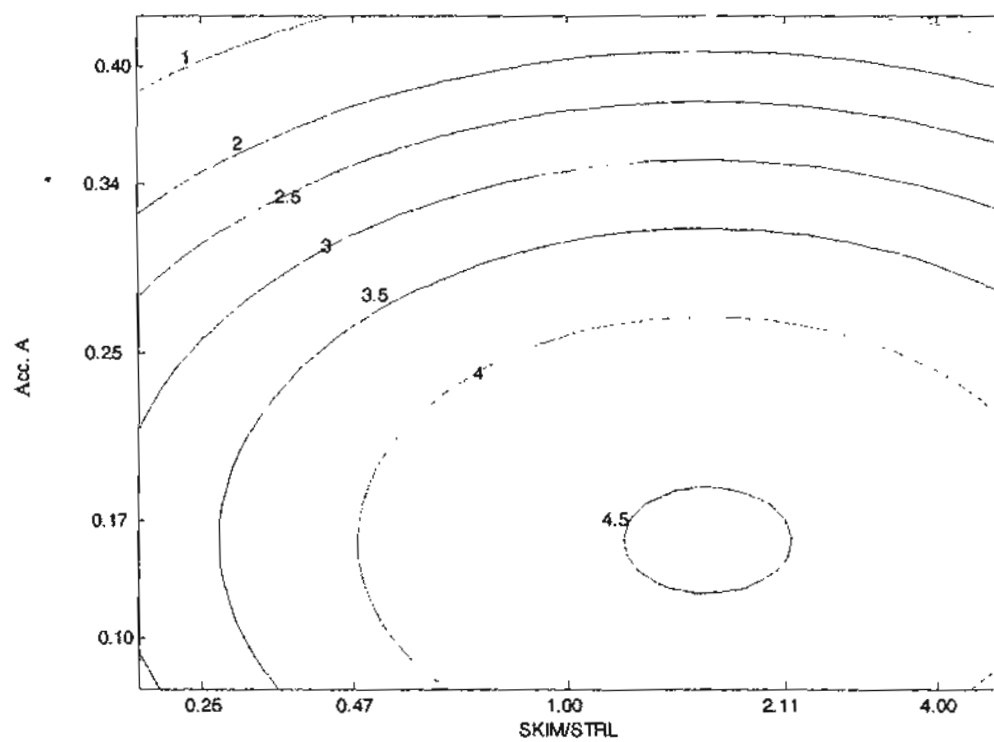


ก. Acc. A เท่ากับ 0.40 phr (รหัส 1.682)

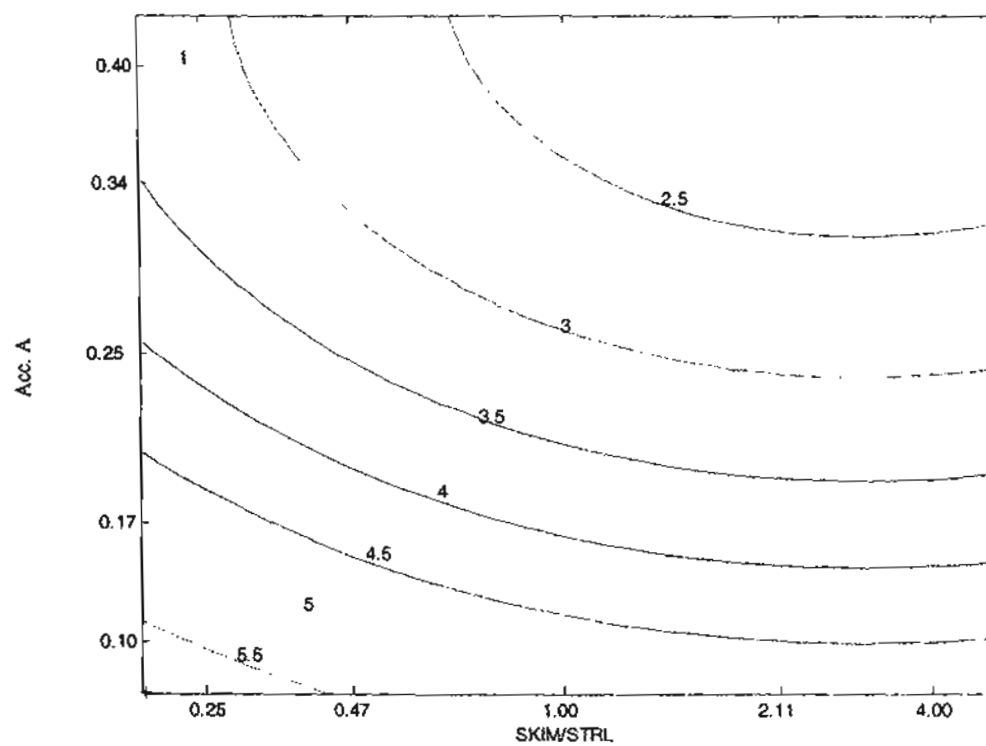
รูปที่ 4 อิทธิพลของอัตราส่วนยาง SKIM/STR5L และสารตัวเร่ง Acc. C ต่อค่า cure time



ก. Acc. C เท่ากับ 0.20 phr (รหัส -1.682)

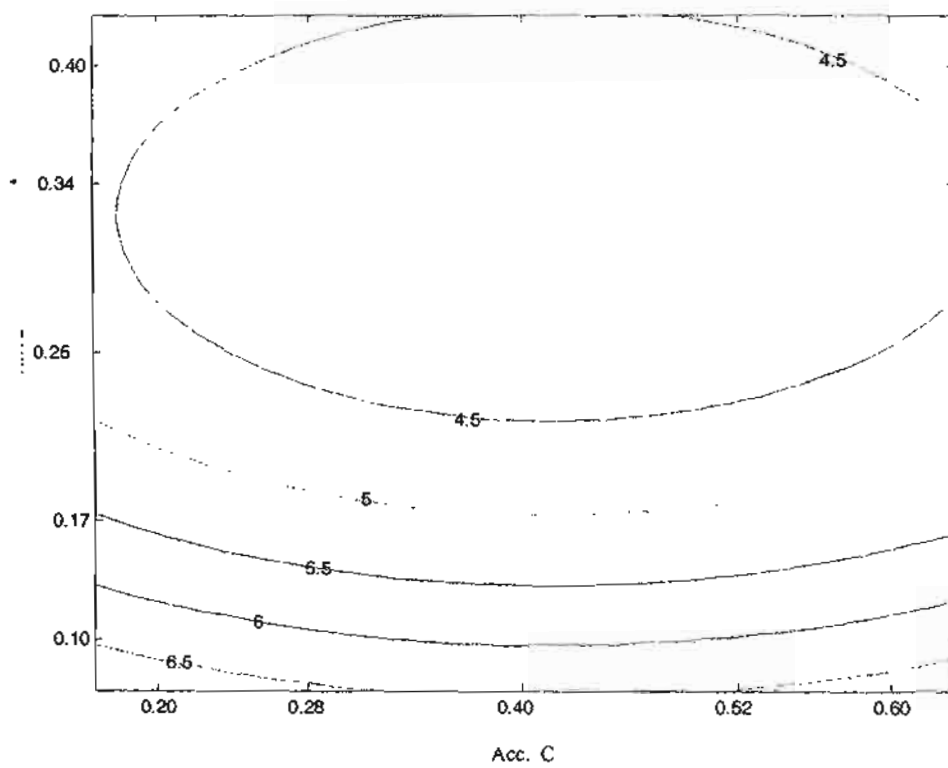


ข. Acc. C เท่ากับ 0.40 phr (รหัส 0)

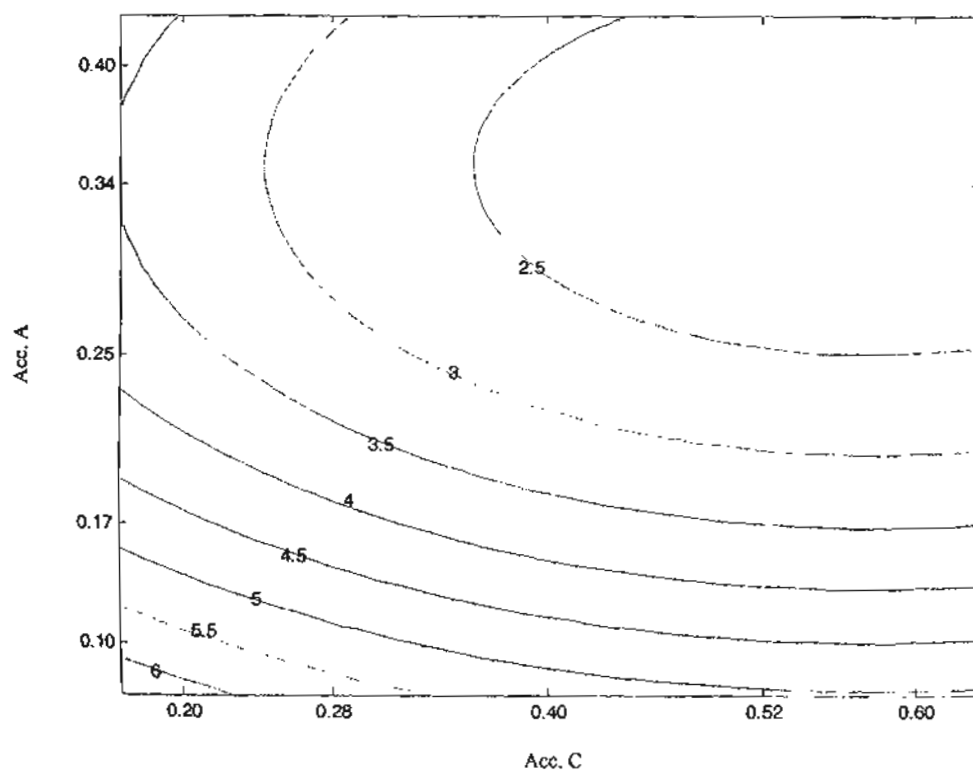


ค. Acc. C เท่ากับ 0.60 phr (รหัส 1.682)

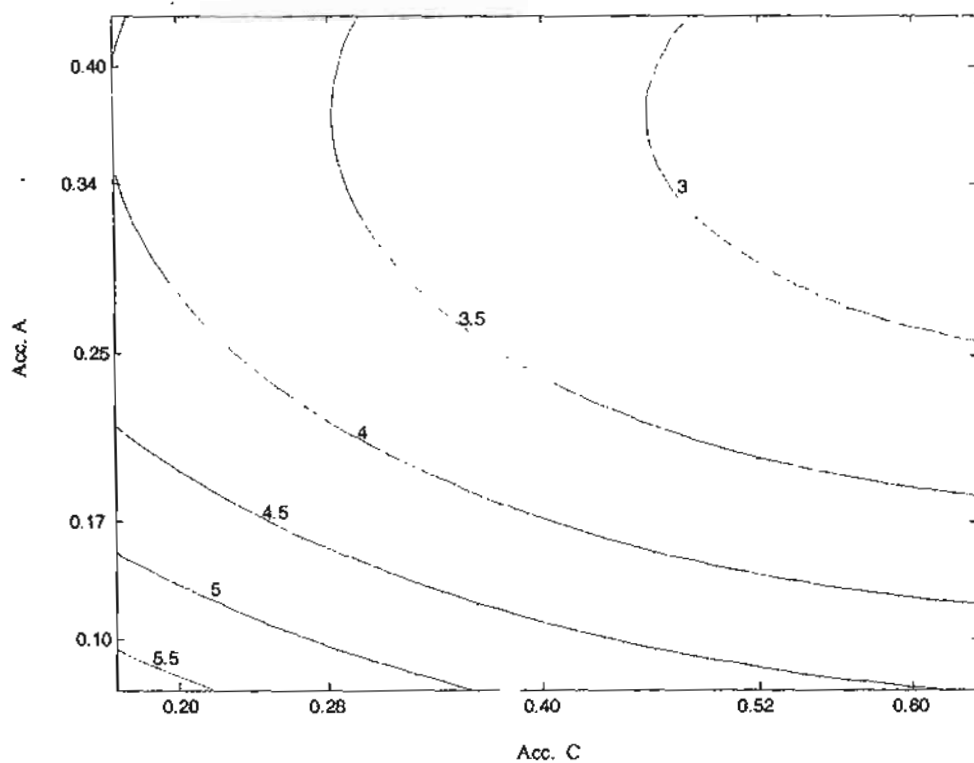
รูปที่ 5 อิทธิพลของอัตราส่วนยาง SKIM/STRSL และสารตัวเร่ง Acc. A ต่อค่า cure time



ก. อัตราส่วนยาง SKIM/STR5L เท่ากับ 0.25 phr (รหัส -1.682)

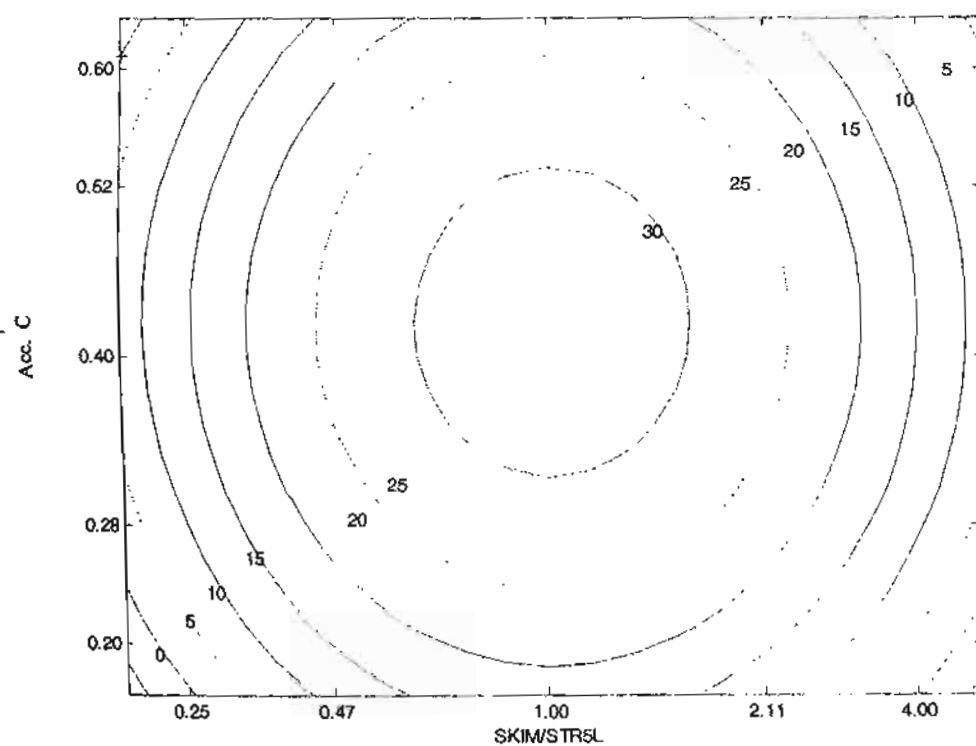


ข. อัตราส่วนยาง SKIM/STR5L เท่ากับ 1.00 phr (รหัส 0)

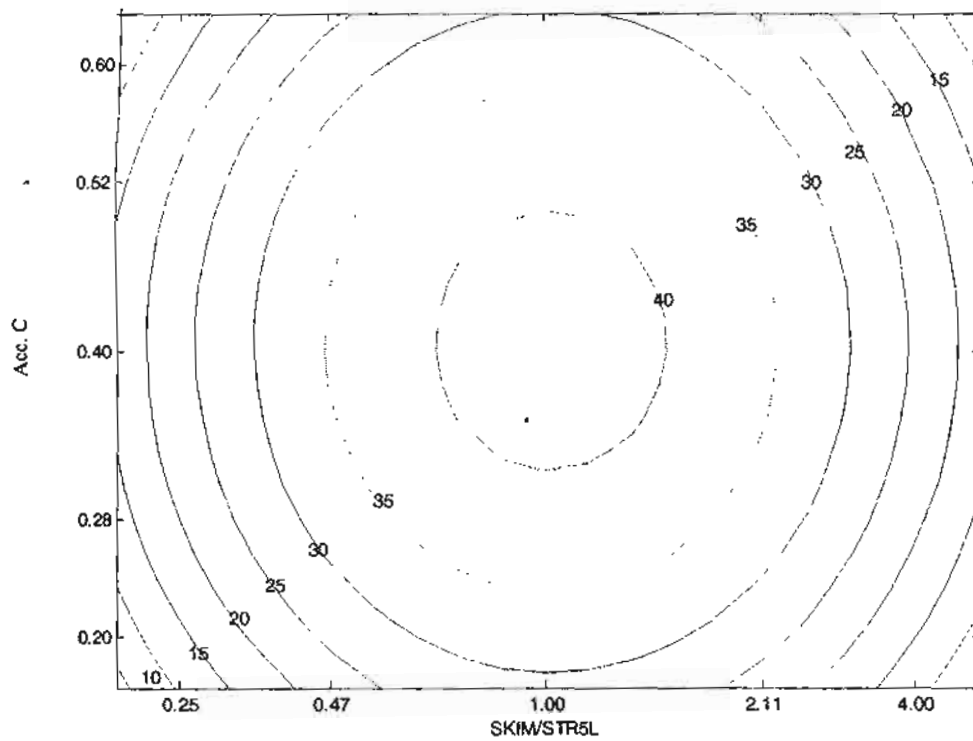


ค. อัตราส่วนยาง SKIM/STR5L เท่ากับ 4.00 phr (รหัส 1.682)

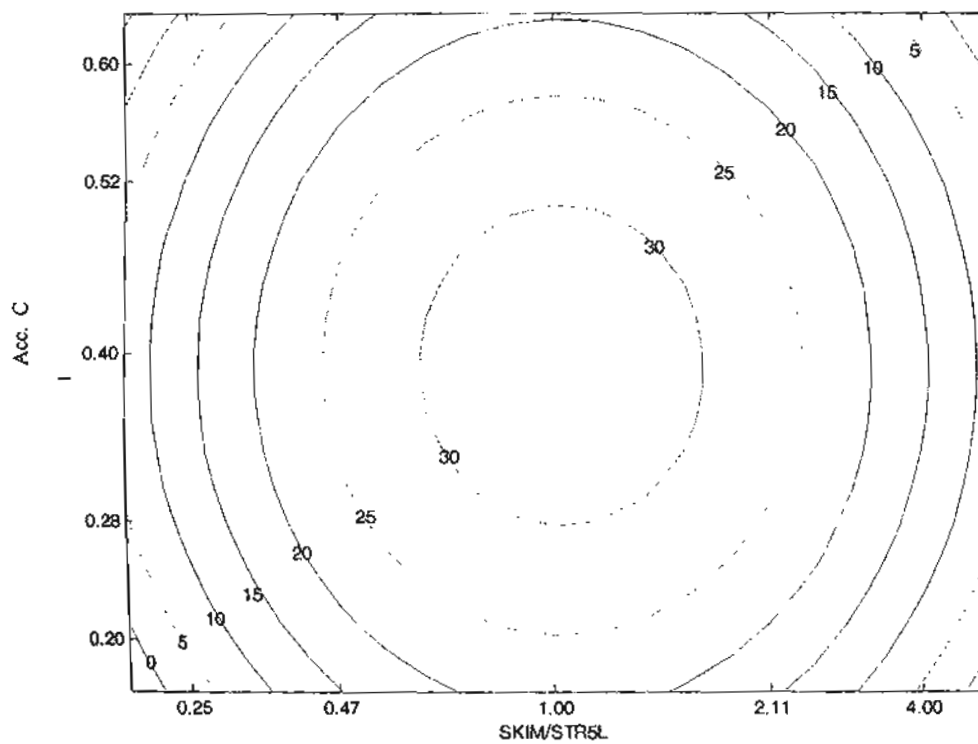
รูปที่ 6 อิทธิพลของปริมาณสารตัวเร่ง Acc. C และสารตัวเร่ง Acc. A ต่อค่า cure time



ก. Acc. A เท่ากับ 0.10 phr (รหัส -1.682)

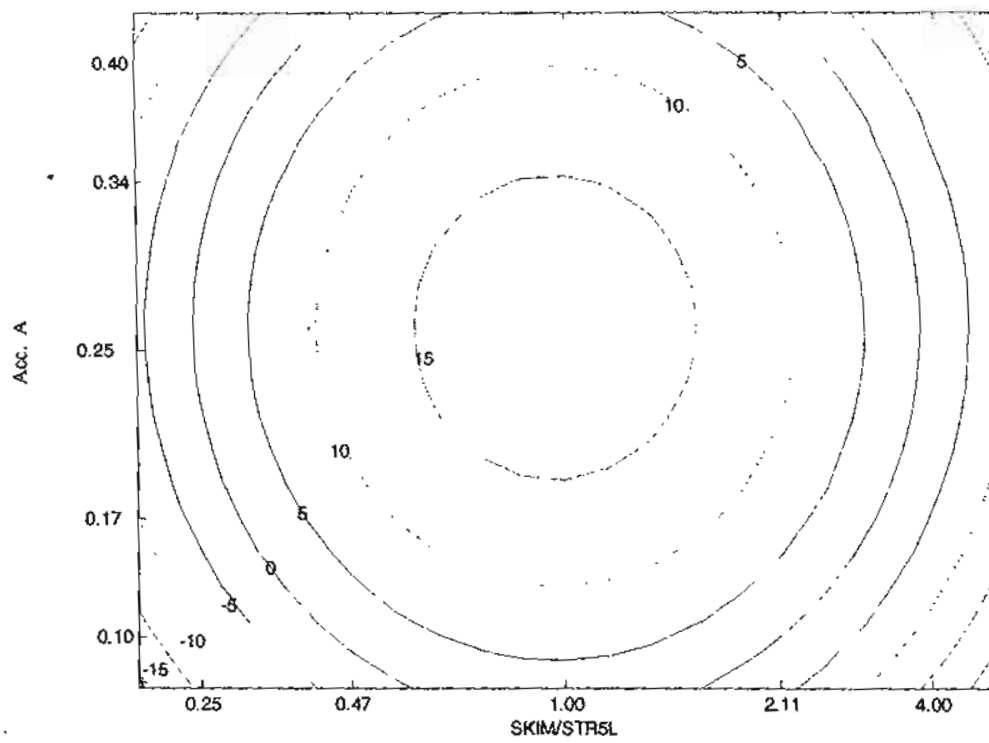


ข. Acc. A เท่ากับ 0.25 phr (รหัส 0)

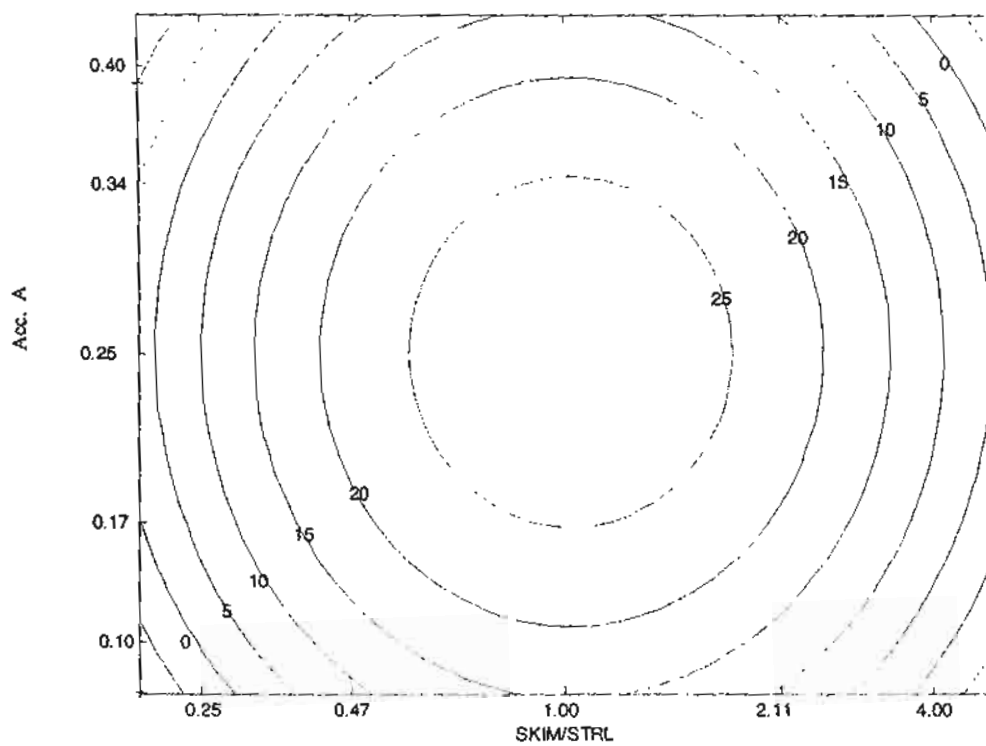


ค. Acc. A เท่ากับ 0.40 phr (รหัส 1.682)

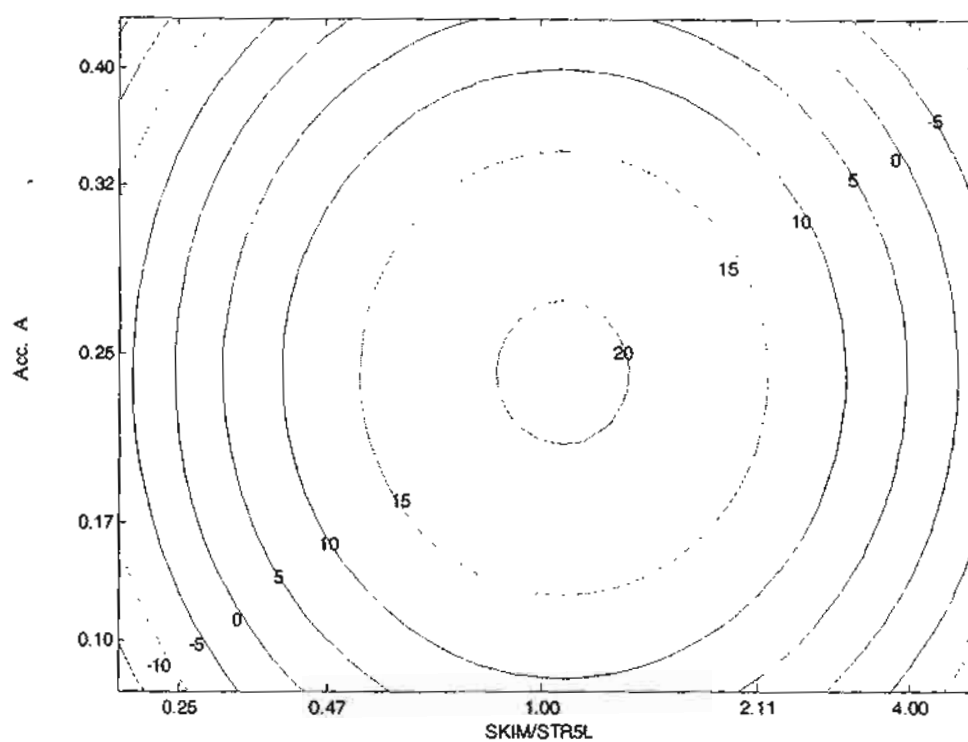
รูปที่ 7 อิทธิพลของอัตราส่วนยาง SKIM/STR5L และปริมาณสารตัวเร่ง Acc. C ต่อค่า ML1+4, 100°C



ก. Acc. C เท่ากับ 0.20 phr (รหัส 1.682)

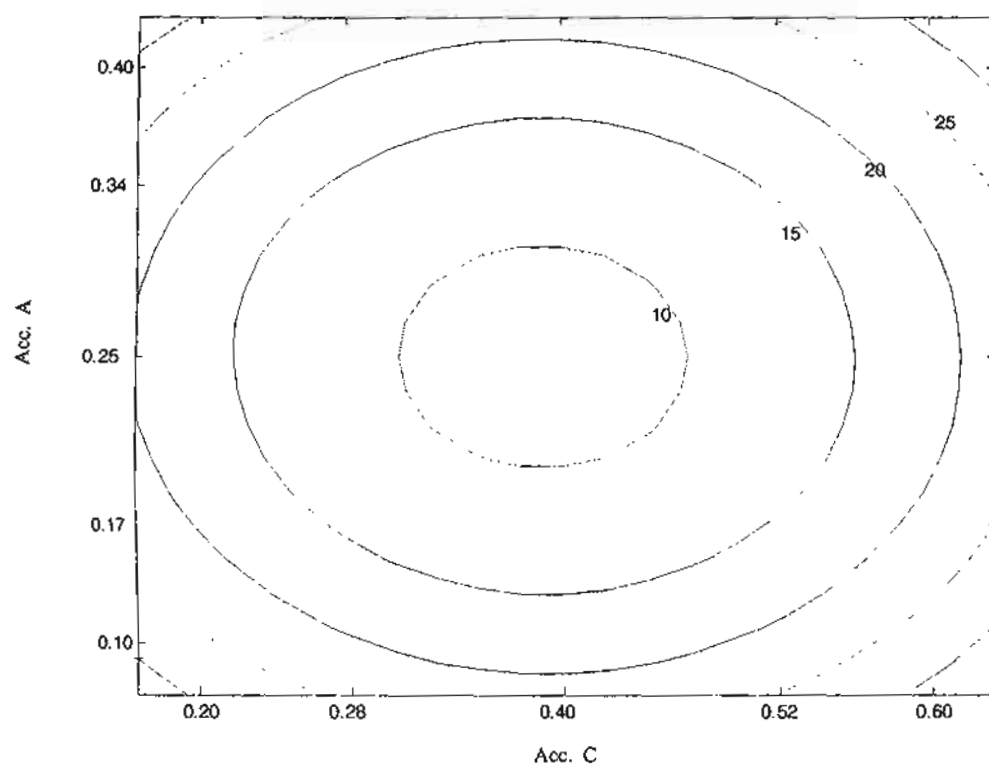


ข. Acc. C เท่ากับ 0.40 phr (รหัส 0)

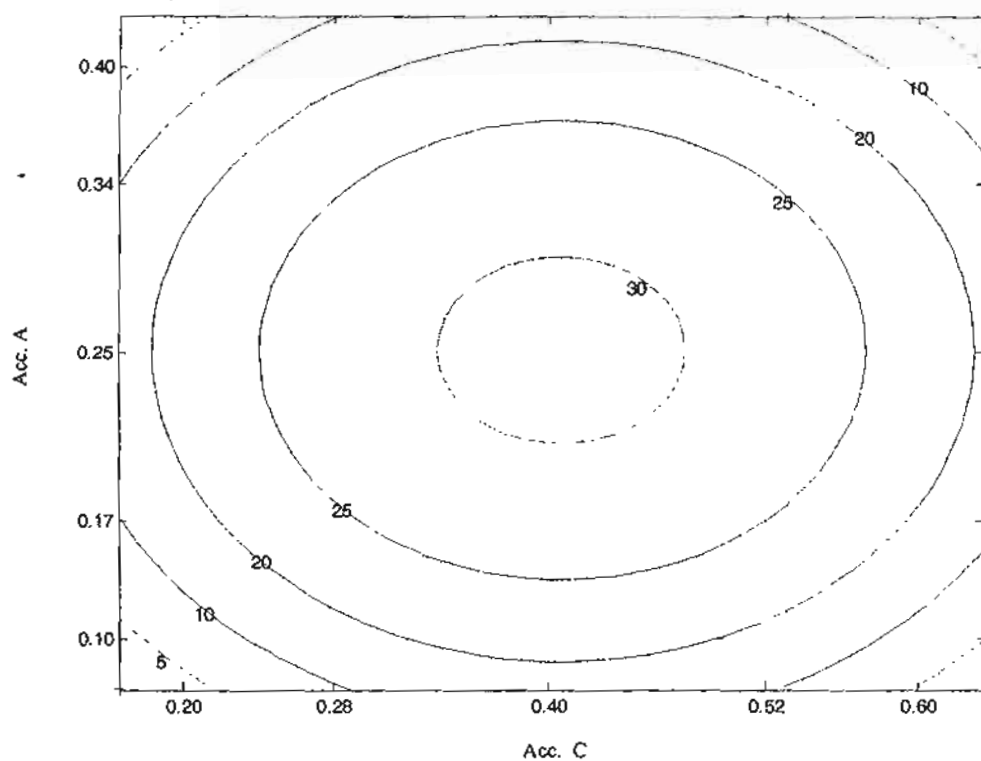


ค. Acc. C เท่ากับ 0.60 phr (รหัส 1.682)

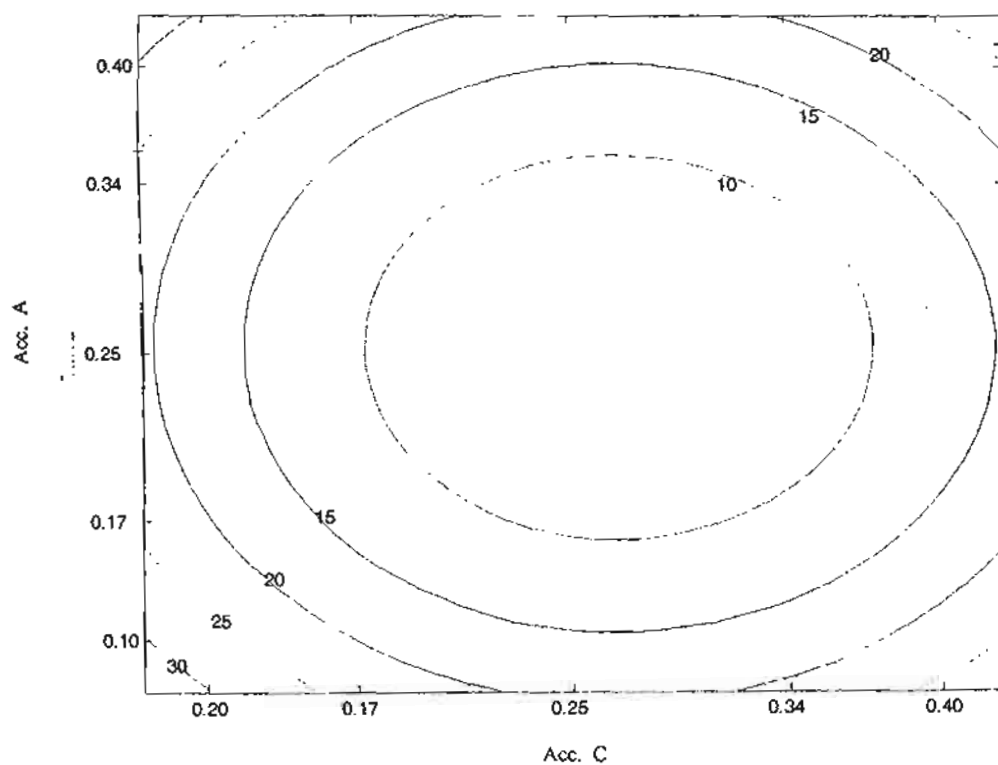
รูปที่ 8 อิทธิพลของอัตราส่วนยาง SKIM/STR5L และปริมาณสารตัวเร่ง Acc. A ต่อค่า ML1+4, 100°C



ก. อัตราส่วนยาง SKIM/STR5L เท่ากับ 0.25 phr (รหัส -1.682)



ข. อัตราส่วนยาง SKIM/STR5L เท่ากับ 1.00 phr (รหัส 0)



ค. อัตราส่วนยาง SKIM/STR5L เท่ากับ 4.00 phr (รหัส 1.682)

รูปที่ 9 อิทธิพลของปริมาณสารตัวเร่ง Acc. C และปริมาณสารตัวเร่ง Acc. A ต่อค่า ML1+4, 100°C

สรุปผลดำเนินงานและผลที่ได้รับ

กิจกรรม			1	2	3	4	5	6	7
1. ศึกษาความแปรปรวนของสมบัติยางสกิม	แผนงาน		●						
	ปฏิบัติงานจริง		●	●	●				
2. ออกสูตรยางแก้วและยางสีปูนที่มียางสกิมผสม และทดสอบสมบัติ	แผนงาน			●	●				
	ปฏิบัติงานจริง			●	●	●	●		
3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเอ็กทрудยาง และหาสูตรยางที่เหมาะสมทำยางรีด	แผนงาน					●	●		
	ปฏิบัติงานจริง					●	●	●	
4. ศึกษาการวัลคาไนซ์ด้วยหม้ออบไอน้ำ	แผนงาน							●	●
	ปฏิบัติงานจริง							●	●
5. ทดลองผลิตจริงที่โรงงาน พัฒนาเทคนิคการเอ็กทрудและการวัลคาไนซ์	แผนงาน						●	●	●
	ปฏิบัติงานจริง						●	●	●
6. วิเคราะห์ผลการทดลอง และ เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์	แผนงาน								●
	ปฏิบัติงานจริง			●	●	●	●	●	●

สรุปผลที่ได้รับ

ตาราง Output

ผลที่จะได้ (output)		สาเหตุในกรณีล่าช้าและการแก้ไข
กิจกรรมที่เสนอในโครงการ	ผลสำเร็จ	
ทราบความแปรปรวนและสมบัติของยางสกิม	100%	
ทราบสูตรยางที่มีสมบัติเชิงกลที่ต้องการ	100%	
ทราบสูตรยางที่มีสมบัติเชิงกลและสมบัติการแปรรูปที่ต้องการ	100%	
สามารถเลือกสูตรที่ดีและเทคนิคการวัลคาไนซ์ในการแปรรูปต่อไป	100%	
ได้เทคโนโลยีการผลิตยางรีดของที่ใช้ยางสกิมที่มีคุณภาพ	100%	
สามารถนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป	100%	