

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] P. P. Kumar, R. Paramashivappa , P. J. Vithayathil , P. V. S. Rao and A. S. Rao. “Process for isolation of cardanol from technical cashew (anacardium occidentale L.) nut shell liquid” **J. Agric. Food.**, Vol. 50 , 2002. pp. 4705 – 4708.
- [2] อุตสาหกรรมสาร, ฉบับที่ 1 , 2532. หน้า 28-29.
- [3] F. H. A. Rodrigues, J. P. A. Feitosa, N. M. P. S. Ricardo, F. C. F. de Franca and J. O. B. Carioca “Antioxidation Activity of Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) Derivatives on the Thermal Oxidation of Synthetic *cis*-1,4-Polyisoprene.” **J. Braz. Chem.Soc.**, Vol. 17, 2006, pp. 265-271.
- [4] A. R. R. Menon, A. I. Aigbodion, C. K. S. Pillai. and N. M. Mathew, “Processability Characteristics and Physico-Mechanical Properties of Natural Rubber Modified with Cashewnut Shell Liquid and Cashewnut Shell Liquid-Formaldehyde Resin” **J. European Poly.**, Vol. 38, 2002, pp. 163-168.
- [5] พงษ์ธร แซ่ฮุย. สารเคมียาง. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2548. หน้า 54-69.
- [6] A. M. D. A. R. Gonsalves and A. M. B. S. R. C. S Costa. “Chromatography of cashew nut shell liquid” **J. of Chromatography**. Vol 52, 1990. pp. 225-227.
- [7] L. Mano, S. Wit and T. Nattaporn, “Decarboxylation and deterioration reaction of cashew nut shell liquid” **The Thesis and Journal Index Database Chulalongkorn University Library and Information Network**, 2000.
- [8] W. Arayaprane and G. L. Rempel “Properties of NR/EPDM Blends with or without Methyl Methacrylate-Butadiene-Styrene (MBS) as a Compatibilizer” **International Journal of Materials & Structural Reliability**, Vol.5, 2007, pp 1-12.
- [9] J. H. Go, C. S. Ha and I. Noh “Effects of Compatibilizer on the Properties of EPDM/BR Blends” **J. Korea Poly.**, Vol. 3, 1995, pp. 25-34.
- [10] ชัชวาลย์ กันทะลา เอกชัย วิมลมาลา ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพและ ชาคริต สิริสิงห์ “อิทธิพลของสารช่วยประสานต่อสมบัติการหนาแน่นของพันธะข้าม และสมบัติเชิงกลของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางเอ็นบีอาร์” วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. ฉบับพิเศษ, ปีที่ 30, ฉบับที่ 4, 2550, หน้า 681-691.
- [11] เสริมฐกร พรหมศิริ กาเหว่า เทพนอกและสุรัตน์ อารีรัตน์. “การปรับปรุงสมบัติป้องกันโอโซนของยางธรรมชาติโดยใช้ไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์” วิศวกรรมลาดกระบัง, ปีที่ 24, ฉบับที่ 2, 2550, หน้า 25-30.

- [12] ประพนธ์ ปรียารัตนโชติ ปิติภัทร ไทพิทักษ์ อรรถนธ์ กลับน่วม และสุรัตน์ อารัตน์.
“การประยุกต์ใช้สมการสถานะแวนเดอร์วาลส์เพื่อแยกพาราฟินแวกซ์ออกจาก
น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานในโรงกลั่นน้ำมันหล่อลื่น” การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและ
เคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16. 2549, หน้า 92-94.
- [13] บัณฑิตย์ ศรีสังข์งาม และไพศาล นาคพิพัฒน์, “การแยกสารประกอบพีนอลในผลิตภัณฑ์ที่
ได้จากการแตกตัวด้วยความร้อนของน้ำมันจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์” วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2548.
- [14] P. Leelavanichkul, M. D. Deo, and F. V. Hanson, “Crude Oil Characterization and Regular
Solution Approach to Thermodynamic Modeling of Solid Precipitation at Low Pressure”
Petroleumscience and Technology, Vol. 22, 2004, pp. 973–990.
- [15] L. Blank and A. Tarquin, **Engineering Economy**. 6th ed., McGraw-Hill, New York, 2008.
- [16] The Rubber International, Vol. 11, 2009, pp 32-36.
- [17] Matche, “Equipment cost” [Online]. Available: <http://www.matche.com/EquipCost>.

ภาคผนวก

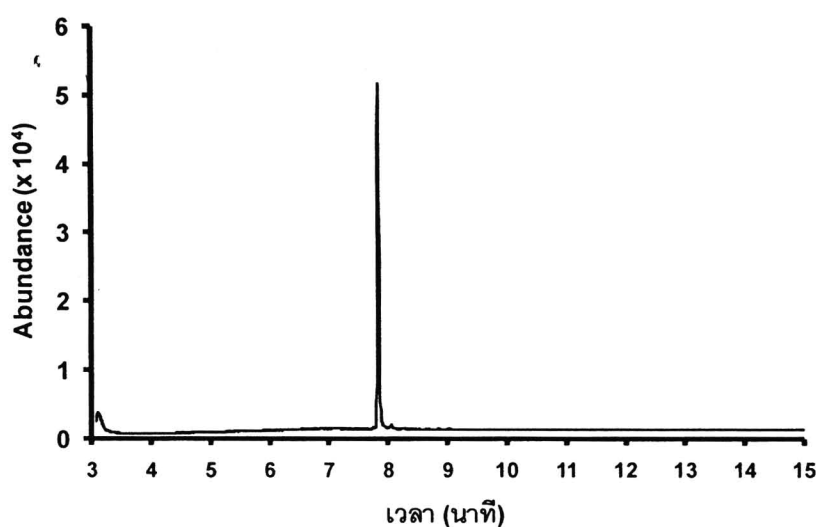
ภาคผนวก ก.

ข้อมูลดิบจากการทดลอง

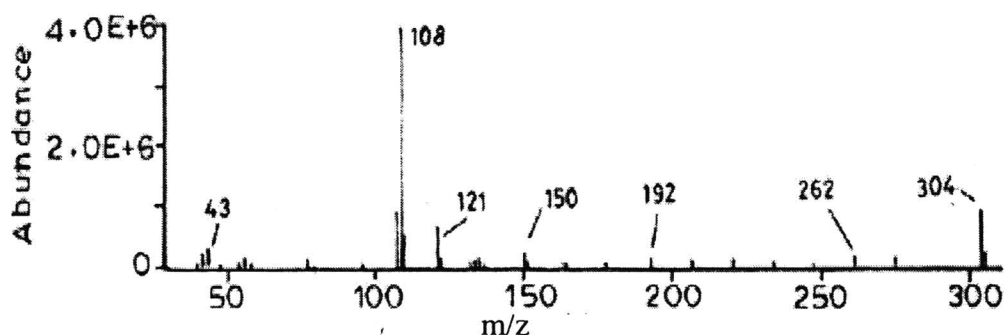
1. การประมาณปริมาณคาร์บอนอลในน้ำมัน CNSL ไม่ปรับสภาพและปรับสภาพ 30 และ 60 นาที

1.1 ผลการวิเคราะห์สารมาตรฐานคาร์บอนอลที่ความเข้มข้น 0.01- 1 มก./ชม.³

จากการวิเคราะห์สารมาตรฐานคาร์บอนอลที่ความเข้มข้น 0.01 - 1 มก./ชม.³ ด้วย GC-MS จะได้โครมาโทแกรมความสัมพันธ์ของค่า Abundance กับเวลา ดังแสดงในรูปที่ ก.1 ซึ่งโครมาโทแกรมที่ได้เมื่อคำนวณพื้นที่ของพีคทำให้สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ของพื้นที่พีคกับความเข้มข้นของสารมาตรฐานคาร์บอนอล จากความสัมพันธ์ที่ได้สามารถใช้ประมาณค่าหาปริมาณของคาร์บอนอลในตัวอย่างน้ำมัน CNSL ได้



รูปที่ ก.1 โครมาโทแกรมของสารมาตรฐานคาร์บอนอลที่ความเข้มข้น 0.3 มก./ชม.³



รูปที่ ก.2 แมสสเปกตรัมของสารมาตรฐานคาร์บอนอล

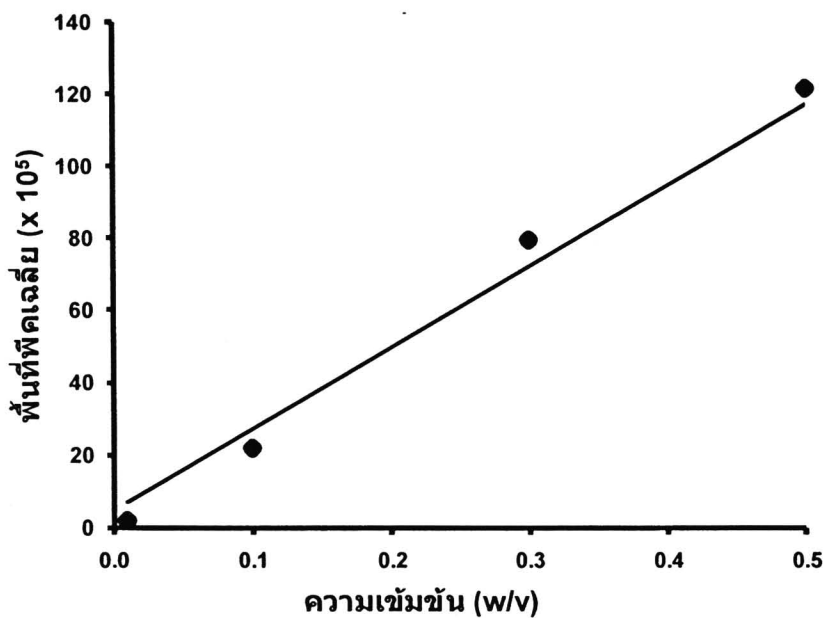
จากรูปที่ ก.1 และ ก.2 เป็นตัวอย่างของโครมาโทแกรมและแมสสเปกตรัมของสารมาตรฐานคาร์บอนอลที่ความเข้มข้น 0.3 มก./ชม.³ จากโครมาโทแกรมที่ได้พบว่าพีคของ

สารมาตรฐานคาร์ดานอลเกิดขึ้นที่เวลาประมาณ 7.86 นาที และเมื่อพิจารณาแมสสเปกตรัมของ สารมาตรฐานคาร์ดานอลพบว่าเกิดพีคขึ้นที่ $m/z = 304$ เนื่องจากคาร์ดานอลมีน้ำหนักโมเลกุล เท่ากับ 304 กรัม/โมล และเกิดพีคที่ 262 192 150 121 108 และ 43 ตามลำดับ เกิดจากการแตกตัว เป็นไอออนของโมเลกุลคาร์ดานอลทำให้เกิดพีคดังกล่าวขึ้น และจากข้อมูลของพื้นที่พีคของ โครมาโทแกรมความสัมพันธ์ Abundance กับเวลาของสารมาตรฐานคาร์ดานอลที่ความเข้มข้น เท่ากับ 0.01- 1 มก./ชม.³ ซึ่งได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมของ GC-MS โดยในแต่ละตัวอย่าง จะทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ครั้ง แสดงได้ดังตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 พื้นที่พีคของสารมาตรฐานคาร์ดานอลที่ความเข้มข้น 0.01- 1 มก./ชม.³

ความเข้มข้น (w/v)	พื้นที่พีค	พื้นที่พีคเฉลี่ย
0.01	181,865	175,800
	213,789	
	131,746	
0.1	2,074,231	2,171,535
	2,134,605	
	2,305,770	
0.3	9,565,289	7,930,343
	8,374,164	
	5,851,575	
0.5	15,077,627	12,136,830
	12,958,699	
	8,374,164	
0.7	18,300,804	17,397,902
	13,658,758	
	20,234,145	
1	25,655,128	21,788,542
	21,297,005	
	18,413,492	

ซึ่งจากพื้นที่พีคที่ได้เมื่อนำมาใช้เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่พีคเฉลี่ยจะ ให้ความสัมพันธ์เป็นตรง ตาม Beer’s law ซึ่งใช้วิเคราะห์ปริมาณของคาร์ดานอลในตัวอย่างน้ำมัน CNSL ได้ดังรูปที่ ก.3



รูปที่ ก.3 calibration curve ของสารมาตรฐานคาร์ดานอล (มก./ชม³)

1.2 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมัน CNSL ไม่ปรับสภาพและปรับสภาพ 30 และ 60 นาที

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมัน CNSL ไม่ปรับสภาพและปรับสภาพ 30 และ 60 นาที ด้วยเทคนิค GC-MS เพื่อประมาณปริมาณของคาร์ดานอล แสดงได้ดังตารางที่ ก.2

ตารางที่ ก.2 พื้นที่พีคของตัวอย่างน้ำมัน CNSL ไม่ปรับสภาพและปรับสภาพ 30 และ 60 นาที

เวลา (นาที)	พื้นที่พีค	พื้นที่พีคเฉลี่ย
0	547,452	508,075
	548,102	
	428,670	
30	3,431,705	3,377,997
	3,581,899	
	3,120,388	
60	2,207,520	2,158,755
	2,189,966	
	2,078,778	

1.3 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณของคาร์ดานอลในน้ำมัน CNSL

1. ตัวอย่างน้ำมัน CNSL ไม่ปรับสภาพ

ฉีดด้วยปริมาตร 1 ไมโครลิตร มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.02 มก./ชม.³

ดังนั้นในสารละลาย 1 ไมโครลิตร มีน้ำหนักของคาร์ดานอล

$$= 1000 \text{ มล.} \times 0.00002 \text{ กรัม/มล.}$$

$$= 2 \times 10^{-8} \text{ กรัม}$$

จากตัวอย่างน้ำหนัก 0.0174 กรัม เตรียมให้ได้ปริมาตร 100 มล. มีน้ำหนักของคาร์ดานอล

$$= 100 \times 2 \times 10^{-8} / 10^{-3} \text{ กรัม}$$

$$= 0.002 \text{ กรัม}$$

ดังนั้น ปริมาณของคาร์ดานอลในน้ำมัน CNSL เท่ากับร้อยละ $\frac{0.0020}{0.0174} \times 100 = 11$



2. ตัวอย่างน้ำมัน CNSL ปรับสภาพ 30 นาที

ฉีดด้วยปริมาตร 1 ไมโครลิตร มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.146 มก./ซม.³

ดังนั้นในสารละลาย 1 ไมโครลิตร มีน้ำหนักของคาร์ดานอล

$$= 1000 \text{ มล.} \times 0.000146 \text{ กรัม/มล.}$$

$$= 1.46 \times 10^{-7} \text{ กรัม}$$

จากตัวอย่างน้ำหนัก 0.0178 กรัม เตรียมให้ได้ปริมาตร 100 มล. มีน้ำหนักของคาร์ดานอล

$$= 100 \times 1.46 \times 10^{-7} / 10^{-3} \text{ กรัม}$$

$$= 0.0146 \text{ กรัม}$$

ดังนั้น ปริมาณของคาร์ดานอลในน้ำมัน CNSL เท่ากับร้อยละ $\frac{0.0146}{0.0178} \times 100 = 82$

3. ตัวอย่างน้ำมัน CNSL ปรับสภาพ 60 นาที

ฉีดด้วยปริมาตร 1 ไมโครลิตร มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.088 มก./ซม.³

ดังนั้นในสารละลาย 1 ไมโครลิตร มีน้ำหนักของคาร์ดานอล

$$= 1000 \text{ มล.} \times 0.000088 \text{ กรัม/มล.}$$

$$= 8.8 \times 10^{-8} \text{ กรัม}$$

จากตัวอย่างน้ำหนัก 0.0169 กรัม เตรียมให้ได้ปริมาตร 100 มล. มีน้ำหนักของคาร์ดานอล

$$= 100 \times 8.8 \times 10^{-8} / 10^{-3} \text{ กรัม}$$

$$= 0.0088 \text{ กรัม}$$

ดังนั้น ปริมาณของคาร์ดานอลในน้ำมัน CNSL เท่ากับร้อยละ $\frac{0.0088}{0.0169} \times 100 = 52$

2. ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงความร้อนของตัวอย่างแวกซ์/น้ำมัน CNSL ปรับสภาพ โดยใช้เทคนิค DSC ด้วยอัตรา 2 °ซ/นาที ในช่วงอุณหภูมิ 10-90 °ซ แสดงได้ดังตารางที่ ก.3

ตารางที่ ก.3 สมบัติเชิงความร้อนของตัวอย่างแวกซ์/น้ำมัน CNSL ปรับสภาพ

ร้อยละโดยน้ำหนัก	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ	ค่าความร้อนการ	ค่าความร้อนการ
ของแวกซ์	การหลอมเหลว (°ซ)	การตกผลึก (°ซ)	หลอมเหลว (จูล/กรัม)	การตกผลึก (จูล/กรัม)
83	50.9	52.9	52.9	-98.1
50	53.2	51.4	34.7	-40.1
27	51.9	50.8	15.4	-18.9
18	50.3	50.3	8.82	-6.75

3. ค่า K_{car}^{SL} จากการทดลองดังตารางที่ 4.1 ที่อุณหภูมิต่างๆ จากคำนวณดังสมการที่ (1) โดยสัดส่วนโมลของการคาร์บอนวิเคราะห์ได้ด้วยเทคนิค GC-FID แสดงได้ดังตารางที่ ก.4

ตารางที่ ก.4 ผลการคำนวณค่า K_{car}^{SL}

อุณหภูมิ (°ซ)	สัดส่วนโมล ในของแข็ง	สัดส่วนโมล ในของเหลว	K_{car}^{SL}
30	0.607	0.745	0.814
40	0.618	0.915	0.675
50	0.566	1.000	0.566

4. ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงกลของตัวอย่างยาง NR ก่อนและหลังการอบเร่งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 22 ชั่วโมง เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเสื่อมสภาพของตัวอย่างยาง NR ที่ผสม HA เปรียบเทียบกับตัวอย่างยาง NR ที่ผสม Wingstay-L[®] เท่ากับ 0.6 phr แสดงได้ดังรูปที่ ก.5 และ ก.6

ตารางที่ ก.5 สมบัติเชิงกลของตัวอย่างยาง NR ก่อนการอบเร่งด้วยความร้อน

ตัวอย่างยาง NR	ความต้านทานการฉีกขาด (นิวตัน/ มม.)	ความต้านทานแรงดึง (เมกะปาสคาล)	ระยะการยืดที่จุดขาด (%)	ความแข็ง (shore A)
Non	42.7	22.0	562.0	49.6
Wingstay-L 0.6 phr	45.6	15.0	497.0	50.1
Cardanol 0.6 phr	46.4	18.0	534.0	54.6
HA-C 0.8 phr	43.8	18.0	548.0	55.3
HA-C 2.0 phr	39.1	15.0	500.0	55.5
HA-T 0.8 phr	46.3	22.0	525.0	52.0
HA-T 2.0 phr	43.3	15.0	401.0	56.4

ตารางที่ ก.6 สมบัติเชิงกลของตัวอย่างยาง NR หลังการอบเร่งด้วยความร้อน

ตัวอย่างยาง NR	ความต้านทานการฉีกขาด (นิวตัน/ มม.)	ความต้านทานแรงดึง (เมกะปาสคาล)	ระยะการยืดที่จุดขาด (%)	ความแข็ง (shore A)
Non	39.6	12.0	382.0	54.1
Wingstay-L 0.6 phr	44.2	12.0	430.0	52.6
Cardanol 0.6 phr	42.6	11.0	353.0	57.4
HA-C 0.8 phr	38.2	10.0	330.0	60.6
HA-C 2.0 phr	36.4	12.0	368.0	57.9
HA-T 0.8 phr	40.1	18.0	425.0	57.3
HA-T 2.0 phr	41.9	12.0	320.0	59.4

5. ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงกลของตัวอย่างยาง NR/EPDM ก่อนและหลังการอบเร่งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 22 ชั่วโมง เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเสื่อมสภาพของตัวอย่างยาง NR/EPDM ที่ผสมสารเติมแต่ง HA เปรียบเทียบกับตัวอย่างยาง NR/EPDM ที่ผสม Wingstay-L® เท่ากับ 0.6 phr แสดงได้ดังรูปที่ ก.7 และ ก.8

ตารางที่ ก.7 สมบัติเชิงกลของตัวอย่างยาง NR/EPDM ก่อนการอบเร่งด้วยความร้อน

ตัวอย่างยาง NR/EPDM	ความต้านทานการฉีกขาด (นิวตัน/มม.)	ความต้านทานแรงดึง (เมกะปาสกาล)	ระยะการยืดที่จุดขาด (%)	ความแข็ง (shore A)
Non	32.4	10.0	377.0	52.9
Wingstay-L 0.6 phr	34.2	13.0	495.0	55.8
HA-C 5.0 phr	28.3	12.0	545.0	52.1
HA-C 10.0 phr	28.5	12.0	578.0	48.5
HA-T 5.0 phr	29.6	12.0	434.0	54.2
HA-T 10.0 phr	28.2	12.0	604.0	47.1

ตารางที่ ก.8 สมบัติเชิงกลของตัวอย่างยาง NR/EPDM หลังการอบเร่งด้วยความร้อน

ตัวอย่างยาง NR/EPDM	ความต้านทานการฉีกขาด (นิวตัน/มม.)	ความต้านทานแรงดึง (เมกะปาสกาล)	ระยะการยืดที่จุดขาด (%)	ความแข็ง (shore A)
Non	25.2	7.0	277.0	56.0
Wingstay-L 0.6 phr	33.1	12.0	443.0	57.3
HA-C 5.0 phr	24.7	6.0	321.0	52.9
HA-C 10.0 phr	26.8	6.0	404.0	51.6
HA-T 5.0 phr	26.3	9.0	378.0	54.2
HA-T 10.0 phr	24.8	9.0	495.0	49.7

6. ข้อมูลการคำนวณการลงทุนการสร้างโรงงาน รายละเอียดของราคาของอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตสารเติมแต่ง HA ที่กำลังผลิต 480 กก./วัน และการคำนวณค่าการก่อสร้างโรงงานแสดงได้ดังตารางที่ ก. 9 และ ก.10

ตารางที่ ก.9 รายละเอียดของอุปกรณ์และเครื่องจักร[17]

อุปกรณ์	จำนวน (หน่วย)	ราคา (บาท)
1. storage tank ขนาด 2,500 ลิตร	1	145,200
2. ถังพร้อมใบกวนขนาด 100 ลิตร	2	177,800
3. heater	2	13,500
4. ถังตกผลึกขนาด 100 ลิตร	1	26,400
5. jacket ทำความเย็น	1	16,500
6. ปั๊มที่อัตราการไหล 20 ลิตร/นาที	2	33,000
7. สายพานขนาด 10 นิ้ว ยาว 25 ฟุต	2	39,600
8. เครื่องขึ้นรูปขนาด 40 x 50 ซม.	1	200,000
รวม		652,000

ตารางที่ ก.10 การประมาณราคาค่าการก่อสร้างโครงการ[15]

component	percentage of FCI	estimated cost (bath)
<u>direct cost</u>		
purchased equipment	24.7	652,000
electrical installed	5.2	129,251
building include server	5.2	129,151
yard improvement	2.1	51,700
land	39.6	1,000,000
<u>indirect cost</u>		
construction expense	10.4	261,374
legal expense	2.1	51,700
contractor’ s fee	2.1	51,700
contingency	8.4	209,000
total fixed cost investment	100	2,535,976

total capital investment = fixed cost investment + working cost

total capital investment = 2,535,976 + (0.1 total capital investment)

total capital investment = 2,817,751 bath

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสร้างโรงงานคือ 2,817,751 บาท

7. ข้อมูลการประมาณรายรับ-รายจ่ายของโครงการในระยะเวลา 10 ปี เพื่อสร้างผังกระแสเงินสดหลักและผังกระแสเงินสดสุทธิ แสดงได้ดังตารางที่ ก. 11

ตารางที่ ก.11 รายละเอียดของกระแสเงินในแต่ละปี

ปีที่	รายรับ	รายจ่าย
0		1. ค่าที่ดิน 1,000,000 บาท
		2. ค่าใช้จ่ายในการสร้างโรงงานและการดำเนินงานการผลิต 1,817,715 บาท
1	รายได้จากการขายสินค้า 2,240,000 บาท	1. ค่าใช้จ่ายคงที่ 1,884,964 บาท
		2. ค่าใช้จ่ายแปรผัน 1,195,950 บาท
		3. ค่าระรณาคาร 291,372 บาท
2	รายได้จากการขายสินค้า 4,480,000 บาท	1. ค่าใช้จ่ายคงที่ 1,884,964 บาท
		2. ค่าใช้จ่ายแปรผัน 2,391,900 บาท
		3. ค่าระรณาคาร 291,372 บาท
3	รายได้จากการขายสินค้า 6,720,000 บาท	1. ค่าใช้จ่ายคงที่ 1,884,964 บาท
		2. ค่าใช้จ่ายแปรผัน 3,587,850 บาท
		3. ค่าระรณาคาร 291,372 บาท
4	รายได้จากการขายสินค้า 8,960,000 บาท	1. ค่าใช้จ่ายคงที่ 1,884,964 บาท
		2. ค่าใช้จ่ายแปรผัน 4,783,800 บาท
		3. ค่าระรณาคาร 291,372 บาท
5	รายได้จากการขายสินค้า 11,200,000 บาท	1. ค่าใช้จ่ายคงที่ 1,884,964 บาท
		2. ค่าใช้จ่ายแปรผัน 5,979,750 บาท
		3. ค่าระรณาคาร 291,372 บาท
:	:	:
10	รายได้จากการขายสินค้า 11,200,000 บาท มูลค่าซาก 2,065,200	1. ค่าใช้จ่ายคงที่ 1,884,964 บาท
		2. ค่าใช้จ่ายแปรผัน 5,979,750 บาท
		3. ค่าระรณาคาร 291,372 บาท

8. การคำนวณค่าใช้จ่ายในการดำเนินกระบวนการผลิตรายปี ของสารเติมแต่ง HA ที่กำลังผลิตเท่ากับ 140 ตัน/ปี เวลาในการทำงานเท่ากับ 2,304 ชม./ปี แสดงได้ดังตารางที่ ก. 12

ตารางที่ ก.12 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการดำเนินกระบวนการผลิตรายปี

รายการ	suggested factor	ปริมาณ (กก./ปี)	ราคา (บาท/กก.)	รวมเป็นเงิน (บาท)
1. ค่าใช้จ่ายแปรผันรายปี				
1.1 วัตถุดิบ				
- น้ำมัน CNSL		112,000	20	2,240,000
- พาราฟินแว็กซ์		25,200	45	1,134,000
- ไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์		16,800	31.04	521,472
1.2 ค่าใช้จ่าย utility				
- น้ำหล่อเย็น		3,500,000	2.64/1000 กก.	9,240
- น้ำในกระบวนการ		15,000	17.49/1000 กก.	262
- ค่าไฟฟ้า		150,000	1.48	222,750
- ค่าบำบัดน้ำเสีย		15,000	17.49/1000 กก.	262
1.3 เงินเดือนพนักงาน				100,000
1.4 ค่าใช้จ่ายที่ปรึกษาในการผลิต	0.15 ของพนักงาน			173,880
1.5 ค่าจัดการการผลิต	0.07 ของเงินทุน			177,518
1.6 ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับกฎหมาย	0.15 ของค่าซ่อมบำรุง			26,628
2. ค่าใช้จ่ายคงที่รายปี				
2.1 ภาษี	0.02 ของเงินทุน			50,720
2.2 ค่าประกัน	0.01 ของเงินทุน			25,360
2.3 ค่าใช้จ่ายในการตลาด การบริหารและการวางแผน	0.23 ของเงินทุน			1,808,883
3. เงินชำระคืนธนาคาร				291,372
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดรายปี				8,156,086

9. การคำนวณอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR:i*)

การคำนวณอัตราผลตอบแทนของโครงการ ใช้วิธีการ trial and error ค่า IRR เพื่อให้ได้ค่าที่ทำให้ผลต่างของค่า PW ในส่วนของรายรับกับรายจ่ายเท่ากับศูนย์ แสดงดังสมการ

$$PW = -88,236(P / F, i^*, 2) + 995,814(P / F, i^*, 3) + 1,999,864(P / F, i^*, 4) + 3,043,914(P / A, i^*, 6)(P / F, i^*, 4) + 2,065,200(P / F, i^*, 10) - 1,132,286(P / F, i^*, 1) - 1,000,000 - 1,817,751$$

(ก.1)

และข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณแสดงได้ดังต่อไปนี้

ราคาที่ดินและค่าก่อสร้างในปีที่เริ่มลงทุน	2,817,751 บาท
รายได้สุทธิที่ได้ในปีที่ 1	-1,132,286 บาท
รายได้สุทธิที่ได้ในปีที่ 2	-88,236 บาท
รายได้สุทธิที่ได้ในปีที่ 3	955,814 บาท
รายได้สุทธิที่ได้ในปีที่ 4	1,999,864 บาท
รายได้สุทธิที่ได้ในปีที่ 5-10	3,043,914 บาท
ราคาขายในปีสุดท้ายของโครงการ	2,065,200 บาท
อายุโครงการ	10 ปี

10. การคำนวณหามูลค่าโครงการในปีปัจจุบัน (PW)

$$\begin{aligned}
 PW &= -88,236(P/F, 15\%, 2) + 955,814(P/F, 15\%, 3) + 1,999,864(P/F, 15\%, 4) + \\
 &\quad 3,043,914(P/A, 15\%, 6)(P/F, 15\%, 4) + 2,065,200(P/F, 15\%, 10) - \\
 &\quad 1,132,286(P/F, 15\%, 1) - 1,000,000 - 1,817,751 \\
 &= 5,463,217.81 \text{ บาท}
 \end{aligned} \tag{ก.2}$$

11. การคำนวณมูลค่าโครงสร้างในอนาคต (FW)

$$\begin{aligned}
 FW &= -88,236(F/P, 15\%, 8) + 955,814(F/P, 15\%, 7) + 1,999,864(F/P, 15\%, 6) + \\
 &\quad 3,043,914(F/A, 15\%, 6) - 1,132,286(F/P, 15\%, 9) - 1,000,000(F/P, 15\%, 10) - \\
 &\quad 1,817,751(F/P, 15\%, 10) + 2,065,200 \\
 &= 20,231,388.85 \text{ บาท}
 \end{aligned} \tag{ก.3}$$

12. การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน (n_p)

$$\text{จากสมการ } 0 = -P + \sum_{t=1}^{t=n_p} NCF_t(P/A, i\%, t) \tag{ก.4}$$

จากข้อมูล net cash flow ของโครงการ แทนค่าลงในสมการจะได้

$$\begin{aligned}
 0 &= -2,817,751 + 1,560,730 (P/A, 32.15\%, t) \\
 2,817,751 &= 1,560,730 (P/A, 32.15\%, t) \\
 1.805 &= (P/A, 32.15\%, t) = \frac{(1+i)^t - 1}{i(1+i)^t} \\
 0.5804 &= \frac{(1+0.3215)^t - 1}{(1+0.3215)^t} = \frac{(1.3215)^t - 1}{1.3215^t}
 \end{aligned}$$

$$0.4196 = \frac{1}{1.3215^t}$$

$$\log 0.4196 = -\log 1.3215^t$$

$$0.3772 = t(0.1211)$$

$$\text{ดังนั้น } t = 3.12$$

แสดงว่าในการลงทุนตั้งโรงงานผลิตสารเติมแต่ง HA จะมีระยะเวลาในการคืนทุนเป็นเวลาเท่ากับ 3 ปี 1 เดือน

หมายเหตุ โดย 1,560,730 นั้นมาจากค่า AW ซึ่ง $AW = 7,832,947 (A/P, 15\%, 10)$

โดย 7,832,947 นั้นมาจากค่า PW ซึ่ง $PW = \sum_{n=1}^{n=10} (P/F, i = 15\%, n)$

ภาคผนวก ข.

รายละเอียดการปรับปรุง / แก้ไขรายงานวิจัย

ประเด็นข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุง / แก้ไข
- ยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุดิบ และสารเคมีที่ใช้ทดลอง การใช้ Cardanol สังเคราะห์ นั้น เป็นสารที่ใช้เป็น Antioxidant ในอุตสาหกรรมด้วยหรือ	รายละเอียดสารเคมีที่ใช้แสดงในหน้าที่ 19 และอธิบายสาเหตุที่ใช้คาร์ดานอลสังเคราะห์ในหน้าที่ 26 บรรทัดที่ 11
- การนำเสนองานด้านยางยังไม่สมบูรณ์ ซึ่งแสดงว่านักวิจัยยังเข้าใจผิวเผิน โดยเฉพาะการสรุปผลของ O3 Resistance ไม่ควรตั้ง Technical Term ขึ้นมาเอง และไม่มีเกณฑ์ใดๆ มาอธิบายประกอบ กลไกการป้องกันปฏิกิริยาของ Oxidize อันเนื่องจาก O2 (aging) และการเสื่อมอันเนื่องจาก O3 แม้ว่าจะต่างกัน แต่ก็เนื่องมาจากพันธะคู่ของยางอ่อนแอต่อ O2 และ O3 จึงเป็นที่มาของการมีสมมุติฐานว่าสารป้องกันการเสื่อม อันเนื่องมาจาก O2 และ O3 ต้องไปทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของยาง กรณี O2 เข้าทำลายเพื่อยุติการทำลายอย่างต่อเนื่องและต้อง form สารที่เชื่อมต่อการเกิดปฏิกิริยา O3 เข้าทำปฏิกิริยากับพันธะคู่อย่างต่อเนื่อง จากหลักการนี้ นักวิจัยได้ให้คำอธิบาย กรณีของสมบัติเปลี่ยนแปลงจากการ aging ค่อนข้างไม่ตรงกับสมมุติฐานนี้ เป็นการอธิบายจากผลที่ได้รับ จึงควรทบทวน	การตั้ง Technical Term ในงานวิจัยนี้นั้น เพื่อใช้เปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันการเสื่อมสภาพในงานวิจัยนี้เท่านั้น รายละเอียดแสดงในหน้าที่ 35 ย่อหน้าที่ 2 และได้อธิบายการป้องกันการเสื่อมสภาพของแว็กซ์และคาร์ดานอลเพิ่มเติม รายละเอียดแสดงในหน้าที่ 32 ย่อหน้าที่ 2 บรรทัดที่ 10 และในหน้าที่ 34 ย่อหน้าที่ 1 บรรทัดที่ 5
- ยังไม่มีเหตุผลทางวิชาการจะยอมรับได้ว่า เมื่อใช้ HA-C หรือ HA-T 2 phr แล้วช่วยปรับปรุง aging แต่ทำไมการใช้ระดับ 0.8 phr ไม่ช่วยเลย	รายละเอียดแสดงในหน้าที่ 38 บรรทัดที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นกลไกและความสามารถในการป้องกันการเสื่อมสภาพของสารเติมแต่ง HA
- ยังยอมรับทางวิชาการไม่ได้ ที่ความทน O3 ของยาง NR ดีกว่า NR4 EPDM (ดูตารางที่ 4.2 และ 4.3 ที่ NON) เนื่องจากการบดผสมยาง/ ยาง และสารเคมี ทำไมใช้อุณหภูมิต่ำมาก (50, 40 C) การผสมไม่น่าเข้ากันได้ดี (แน่ใจหรือไม่ ว่ามีการหล่อน้ำเย็นที่ลูกกลิ้ง) ปกติโรงงานบดผสม ~70 C	รายละเอียดแสดงในหน้าที่ 40 บรรทัดที่ 15 สำหรับเงื่อนไขการบดผสมยาง และสารเคมีนั้น เนื่องจากเครื่องผสมแบบเปิดชนิดสองลูกกลิ้งที่ใช้มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 16 นิ้ว และความยาว 24 นิ้ว ประกอบกับน้ำหนักยางที่ใช้กรณียางสูตร NR เท่ากับ 250 กรัม และยางสูตร NR/EPDM เท่ากับ 350 กรัม ส่งผลให้ผสมได้ที่อุณหภูมิประมาณ 50 °ซ
- ภาพต่างๆ ที่เน้นความชัดเจนด้วยสี ก็ควรรายงานโดยใช้ภาพสี	เนื่องจากผลการวิเคราะห์ที่ได้จากเครื่อง SEM เป็นรูปภาพและผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงเป็นรูปภาพสีขาวและสีเทา

รายละเอียดการปรับปรุง / แก้ไขรายงานวิจัย (ต่อ)

ประเด็นข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุง / แก้ไข
- ทบทวนรูปที่แสดงกราฟแท่ง แสดง % การเปลี่ยนแปลงสมบัติยาง ถ้าเพิ่มก็น่าจะแสดงเป็น + และ ถาลดก็น่าจะแสดงเป็น - ทำให้จิงรายงานตรงกันข้าม	รายละเอียดการแก้ไขแสดงในหน้าที่ 37 รูปที่ 4.9 และ หน้าที่ 43 รูปที่ 4.12
- ต้องทบทวนเลขที่มาตรฐาน ISO ให้ถูกต้อง และควรระบุชื่อของมาตรฐานที่ให้หมายเลขไว้ได้	รายละเอียดการแก้ไขแสดงในหน้าที่ 23 หัวข้อที่ 3.8 และในหน้าที่ 24 หัวข้อที่ 3.9
- หน้าที่ 2 ควรแก้ไข “Treaded CNSL” เป็น “Treated CNSL” และบรรทัดที่ 15 “ฟีนอล อื่นๆ น้ำมัน CNSL...” ควรแก้เป็น “ฟีนอล อื่นๆ ของ CNSL...”	ได้พิจารณาแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าวแล้วแสดงในหน้าที่ 2 บรรทัดที่ 14 และบรรทัดที่ 15
- หน้าที่ 7 ข้อมูลที่อ้างอิงจากกรมอุตสาหกรรมปี 2539-2540 นั้นน่าจะเกินไปไปควรอ้างอิงข้อมูลที่ทันสมัยกว่านี้	ได้รายงานปริมาณผลผลิตของมะม่วงหิมพานต์ปี 2548-2550 รายละเอียดแสดงในหน้าที่ 7 บรรทัดที่ 2
- หน้าที่ 19 ในสูตรยาง NR จะใช้สาร HA เป็น antioxidant ทำไมต้องใช้ cardanol สังเคราะห์ด้วย และยังมี Wingstay L ซึ่งเป็น antioxidant ในทางการค้าอีกด้วย	อธิบายสาเหตุที่ใช้คาร์ดานอลสังเคราะห์ในหน้าที่ 26 บรรทัดที่ 11
- หน้าที่ 19-20 ข้อ 3.4 และข้อ 3.5 (รวมตารางที่ 3.2) เขียนสับสน อ่านเข้าใจยาก โดยเฉพาะสูตรยาง เช่น ข้อ 3.4 ข้อย่อย 1 ควรเขียนว่าทำ “Master Batch” ตารางที่ 3.2 การเขียนสูตรยางต้อง order ให้ถูกต้อง ควรแยกสูตรต่างๆ ให้ชัดเจน และจากตารางหากเติม wingstay L/ cardanol สังเคราะห์/ สารเติมแต่งไฮบริด พร้อมกันจะพิสูจน์ได้อย่างไร การชั่งน้ำหนักสารเคมี ควรชั่งตามมาตรฐาน ไม่ใช่ต้องมาคำนวณใหม่ จะทำให้ผิดพลาดได้ง่าย	รายละเอียดแสดงในหน้าที่ 22 หัวข้อที่ 3.5 และ 3.6 ซึ่งทำการแยกการรายงานสูตรการผสมยางออกเป็นสูตรต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และ 3.3
- หน้าที่ 20 ข้อ 3.6 การขึ้นรูปยาง ควรหา Cure Time และ Scorch Time ด้วย Rheometer และควรระบุเวลาในการ Cure ด้วย	ได้รายงานผลของการทดสอบระยะเวลาการคงรูปที่เหมาะสม (t ₉₀) รายละเอียดแสดงในหน้าที่ 31 หัวข้อที่ 4.3
- หน้าที่ 28 รูปที่ 4.6 กับผลสรุปในตาราง 4.2 ไม่สอดคล้องกัน และไม่มีเกณฑ์ในการสรุป	ได้แก้ไขการอธิบายรูปและตารางดังกล่าวให้มีความสอดคล้อง แสดงในหน้าที่ 32 บรรทัดที่ 10
- หน้าที่ 29 ตารางที่ 4.2 ทำไม Non, Wingstay-L 0.6 phr และ Cardanol 0.6 phr จึงอยู่ในระดับเดียวกัน ให้อธิบายด้วย และรูปที่ 4.7 แกน X นักวิจัยระบุหน่วยของสาของรอยแตก เป็นจำนวนรอยแตกต่อมม.2 นั้น นับอย่างไร	ได้อธิบายเหตุผลที่ตัวอย่าง Non, Wingstay-L 0.6 phr และ cardanol 0.6 phr อยู่ในระดับเดียวกัน รายละเอียดแสดงในหน้าที่ 32 บรรทัดที่ 15

รายละเอียดการปรับปรุง / แก้ไขรายงานวิจัย (ต่อ)

ประเด็นข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุง / แก้ไข
- หน้าที่ 34 ตารางที่ 4.3 Non และ Wingstay L มีระดับ C-4 นั้นไม่น่าจะเป็นไปได้เพราะเท่ากับว่า Wingstay L ไม่ active ทำไมนักวิจัยไม่เลือก antiozonant	จากผลการทดสอบดังตารางดังกล่าวได้อธิบายสาเหตุที่ทำให้ตัวอย่าง Non และ Wingstay L มีระดับ C-4 แสดงในหน้าที่ 41 บรรทัดที่ 15
- หน้าที่ 35 รูปที่ 4.11 (b) กลับหัว และควรพิจารณาสรุปผลใหม่	ได้พิจารณาแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าวแล้วแสดงในหน้าที่ 42 บรรทัดที่ 23
- หน้าที่ 41 รูปที่ ก.3 ควรหาค่า regression มาประกอบดูจากกราฟที่ได้เห็นว่า ส่วนที่เป็น linear มีเฉพาะช่วงต้น ดังนั้น การทำ calibration curve ควรอ้างอิง Beer's Law	ในการทำ calibration curve ได้ทำการอ้างอิงตาม Beer's Law รายละเอียดแสดงในหน้าที่ 49 รูปที่ ก.3
- หน้าที่ 43-44 ตาราง ก.5-8 ควรแก้ไข “ความต้านทานการฉีก” เป็น “ความต้านทานการฉีกขาด”	ได้แก้ไขจากความต้านทานการฉีกขาดให้เป็นความต้านทานการฉีกขาด รายละเอียดแสดงในหน้าที่ 51-53 ตารางที่ ก.5-8
- ในภาคผนวก นักวิจัยควรแก้ไข “ฟิท” เป็น “ฟิต”	ได้พิจารณาแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าวแล้วตามที่ปรากฏตลอดทั้งรายงาน
- ควรตรวจสอบ Abstract ภาษาอังกฤษ เช่น บรรทัดที่ 2 ผิดไวยากรณ์ บรรทัดที่ 3 ไม่ควรใช้ “which”/ ควรแก้จาก “antioxidance” เป็น “antioxidant”/ ใช้ At the same time นั้น ผิดความหมาย บรรทัดที่ 9 ควรแก้จาก “additives” เป็น “additive”	ได้พิจารณาแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าวแล้วแสดงในหน้าที่ 6 บรรทัดที่ 2 และ 8
- หน้าที่ 2 ชื่อเต็ม EPDM ไม่มีคำว่า Rubber และแก้ไข “Treaded CNSL” เป็น “Treated CNSL”	ได้พิจารณาแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าวแล้วแสดงในหน้าที่ 6 บรรทัดที่ 4 และหน้าที่ 2 บรรทัดที่ 14
- หน้าที่ 3 บรรทัดที่ 2 แก้ “พันธะ” เป็น “พันธะ”	ได้พิจารณาแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าวแล้วแสดงในหน้าที่ 2 บรรทัดที่ 5
- หน้าที่ 5 บรรทัดที่ 3 แก้ “antioxidation” เป็น “antioxidant”	ได้พิจารณาแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าวแล้วแสดงในหน้าที่ 5 บรรทัดที่ 3
- หน้าที่ 9 บรรทัดที่ 6 แก้ “สภาวะสิ่งแวดล้อม” เป็น “สภาวะแวดล้อม”	ได้พิจารณาแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าวแล้วแสดงในหน้าที่ 9 บรรทัดที่ 6
- ยังไม่มีผลการศึกษาที่ตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 โดยเฉพาะจะต้องประมวลข้อพิจารณาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ และต้นทุนการผลิต หากจะขยายระดับเป็นเชิงพาณิชย์ และต้องเปรียบเทียบกับราคาของ Wingstay-L	ได้ทำการศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการผลิตสารเติมแต่ง HA ในเชิงพาณิชย์ดังแสดงในหัวข้อที่ 4.6 หน้าที่ 43 ถึง 50

ภาคผนวก ก.**ผลงานทางวิชาการที่ได้ตีพิมพ์**

1. เสริญการ พรหมศิริ และสุรัตน์ อาริรัตน์ “การตกผลึกร่วมเว็กซ์/คาร์ดานอลในน้ำมันจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ปรับสภาพ” วิศวกรรมลาดกระบัง, ปีที่ 26, ฉบับที่ 2, 2552, หน้า 37-41.
2. เสริญการ พรหมศิริ และสุรัตน์ อาริรัตน์ “การปรับปรุงสมบัติการป้องกันการเสื่อมสภาพของยางธรรมชาติโดยใช้สารเติมแต่งไฮบริดจากน้ำมันจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ปรับสภาพ” การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 19, 2552, หน้า 388-389



