บทที่ 2

ผลกระทบการใช้แก๊โซฮอล E10, E20/E22 และ E85

2.1 สมบัติของเอทานอล

เอทานอล (อังกฤษ: ethanol) หรือเอทิลแอลกอฮอล (อังกฤษ: ethyl alcohol) (สูตรเคมี C_2H_5OH) เป็นแอลกอฮอลชนิดหนึ่งซึ่งเกิดจากการนำเอาพืชมาหมักเพื่อเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล จากนั้นจึงเปลี่ยนจากน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล โดยใช้เอนไซม์หรือกรดบางชนิดช่วยย่อย เพื่อทำให้เป็นแอลกอฮอลบริสุทธิ์ได้สูงกว่า 95% เอทานอลส่วนใหญ่ผลิตจากพืช สองประเภทคือ พืชประเภทน้ำตาล เช่นอ้อย บีทรูท และพืชจำพวกแป้งเช่น มันสำปะหลัง ข้าว ข้าวโพด

ตารางที่ 2.1 สมบัติของเอทานอล [15]

เอทานอล	
ชื่อตาม IUPAC	Ethanol
ชื่ออื่น	Ethyl alcohol; grain alcohol; pure alcohol; hydroxyethane; drinking
สูตรโมเลกุล	C_2H_5OH
มวลโมเลกุล	46.07 g mol^{-1}
ลักษณะทางกายภาพ	ของเหลวใสไม่มีสี
ความหนาแน่น	0.789 g/cm^3
จุดหลอมเหลว	-114.3 °C, 159 K, -174 °F
จุดเดือด	78.4 °C, 352 K, 173 °F
จุดวาบไฟ	286.15 K (13 °C or 55.4 °F)

ตารางที่ 2.2 สมบัติของเอทานอลเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซินจากงานวิจัยของ Hakan Bayraktar [16]

Fuel	Molecular formula	Molecular weight (kg $kmole^{-1}$)	Octane number	LHV (MJ kg^{-1})	Stoichio-metric fuel/ air ratio	ρ (g cm^{-3})
Gasoline	C_7H_{17}	100–110	91–96	44	0.0685	0.72–0.78
Ethanol	C_2H_5OH	46	106–110	27	0.1111	0.785

ตารางที่ 2.3 สมบัติของเอทานอลจากงานวิจัยของ Najafi [17]

Property	Method	Ethanol (E100)
Density (kg/m^3)	ASTM D 4052	785
Viscosity (cSt)	ASTM D 88	1.1
Calorific value (kJ/kg)	ASTM D 240	27,000
Research octane number	ASTM D 2699	108.6
Pour point (°C)	ASTM D 97	<<–50
Flash point (°C)	ASTM D 93	14
Ash content (mass%)	ASTM D 482	0

จากสมบัติของเอทานอลที่มีการศึกษาวิจัย [15-17] พบว่า ค่าความร้อน (Heating value) มีค่าไม่ต่างกันมากในแต่ละงานวิจัย ส่วนค่าเลขออกเทน (Octane number) ของเอทานอลสูงกว่า 110 ได้ ซึ่งสูงกว่าน้ำมันเบนซิน และหากนำมาผสมกับน้ำมันเบนซินก็จะสามารถทดแทนสาร MTBE ได้

2.2 สมบัติของแกโซฮอลที่ส่วนผสมต่างๆ

จากผลสำรวจปริทัศน์งานวิจัยต่างๆ เห็นได้ว่าค่าสมบัติแกโซฮอลที่ส่วนผสมต่างๆ ทั้งด้านกายภาพและเคมี นั้นมีค่าแตกต่างจากน้ำมันเบนซินไปตามสัดส่วนผสม โดยเมื่อพิจารณาในแต่ละสมบัติที่สำคัญจะพบว่ามีความแตกต่างกันทั้งตามสัดส่วนการผสมดังนี้

สมบัติด้านค่าความร้อนของแกโซฮอลมีค่าต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน ดังนั้น จึงทำให้การใช้แกโซฮอลสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่า [22] ในส่วนกรณีการสตาร์ทเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิต่ำ แกโซฮอลจะทำให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดได้ยากกว่าน้ำมันเบนซิน เนื่องจากความดันไอ (Vapor pressure) ที่ต่ำ ขณะเดียวกันแกโซฮอลมีเอทานอลที่ช่วยในเรื่องค่าออกเทนมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น ทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ดีขึ้นเมื่อเทียบที่สัดส่วนอากาศที่เท่ากันกับเบนซิน

สมบัติต่างๆ ของแกโซฮอลที่อัตราส่วนความเข้มข้นของเอทานอลต่างๆ ตั้งแต่ E0–E60 ดังแสดงในตารางที่ 2.4 – 2.7

ตารางที่ 2.4 ค่าความร้อนของแกโซฮอล [21]

น้ำมันเชื้อเพลิง	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง Gross Calorific Value (J/g)
เบนซิน 91	42,208.62
เอทานอล	29,304.00
แกโซฮอล E10	40,985.60
แกโซฮอล E20	39,782.86
แกโซฮอล E50	34,932.94
แกโซฮอล E80	31,580.53

ตารางที่ 2.5 สมบัติของแกโซฮอล E22 และ E100 จากงานวิจัยของ Rodrigo C. Costa [23]

Parameter	78% Gasoline 22% ethanol	Hydrous ethanol
Density (kg/l)	0.74	0.81
Lower heating value (kcal/kg)	9400	5970
Stoichiometric air/fuel ratio	13.1	8.70
Chemical structure	$C_{6.39}H_{13.60}O_{0.61}$	$C_2H_{6.16}O_{1.08}$
Carbon mass (%)	76.7	50.59
Hydrogen mass (%)	13.6	12.98
Oxygen mass (%)	9.7	36.42
Sulphur mass (%)	0.09	0
Self-ignition temperature (°C)	400	420
Temperature of vaporization (°C)	40–220	78
Heat of vaporization (kcal/kg)	105	237
Research octane number (RON)	–	106
Motor octane number (MON)	80	87
Vapour pressure (bar)	27.5	29
Laminar flame speed (m/s)	0.30	0.42

ตารางที่ 2.6 สมบัติของแกโซฮอลจากงานวิจัยของ Tolga Topgul [24]

Property item	Method	Test fuels				
		E0	E10	E20	E40	E60
Distillation (vol%)						
70 °C	ASTM D-86	24	40.2	39.3	37.7	18.2
100 °C		46.8	53.9	66	84.2	92.5
180 °C		97.6	97.3	98	98.2	98.7
Density (kg/m^3 at 15 °C)	ASTM D 1298	764.9	768	771.5	780.6	789.5
RVP (kPa)	ASTM D 323	57.6	66.7	66.2	57.4	57.4
Lead content (g/L)	ASTM D 3237	0.004	0.003	0.002	0	0
Sulfur (wt%)	ASTM D 5453	0.012	0.017	0.022	0.026	0.032
RON	ASTM D 2699	86.4	87.4	89.8	90.9	92.7
MON	ASTM D 2700	98.8	99.9	101.6	101.7	102.8

ตารางที่ 2.7 สมบัติของแกโซฮอลจากงานวิจัยของ Chan-Wei Wu [25]

Property item	Test fuel					Method
	E0	E5	E10	E20	E30	
Density (kg/l at 15.5 °C)	0.7575	0.7591	0.7608	0.7645	0.7682	ASTM D4052
RON (octane number)	95.4	96.7	98.1	100.7	102.4	ASTM D2699
RVP (kPa at 37.8 °C)	53.7	59.3	59.6	58.3	56.8	ASTM D5191
Sulfur (wt%)	0.0061	0.0059	0.0055	0.0049	0.0045	ASTM D5453
Washed gum (mg/100 ml)	0.2	0.2	0.2	0.6	0.2	ASTM D381
Unwashed gum (mg/100 ml)	18.8	18.6	17.4	15	14.4	
Lead content (g/l)	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	ASTM D3237
Corrosivity (3 h at 50 °C)	1a	1a	1a	1a	1a	ASTM D130
Distillation temperature (°C)						ASTM D86
IBP	35.5	36.5	37.8	36.7	39.5	
10 vol%	54.5	49.7	50.8	52.8	54.8	
50 vol%	94.4	88.0	71.1	70.3	72.4	
90 vol%	167.3	167.7	166.4	163.0	159.3	
End point	197.0	202.5	197.5	198.6	198.3	
Heating value (cal/g)	10176	9692	9511	9316	8680	
Carbon (wt%)	86.60	87.70	86.70	87.60	86.00	
Hydrogen (wt%)	13.30	12.20	13.20	12.30	13.90	
H/C ratio	1.84	1.67	1.83	1.68	1.94	
Residue (vol%)	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5	
Color	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Visual

แต่สมบัติสำคัญที่ต้องถูกควบคุมให้ได้ค่าใกล้เคียงมากที่สุดคือเลขออกเทน เลขออกเทนของน้ำมันเป็นสมบัติสำคัญ เป็นสมบัติการต่อต้านการน็อกของเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ รถยนต์เบนซินทั่วไปถูกออกแบบให้สามารถใช้น้ำมันที่มีเลขออกเทนค่าหนึ่ง หรือแตกต่างกันได้เพียงเล็กน้อย เช่น น้ำมันเบนซินออกเทน 91 หรือ 95 น้ำมันเบนซินที่โรงกลั่นผลิตออกมาได้อาจมีเลขออกเทนต่ำตั้งแต่ 83 ถึง 95 [18] ขึ้นอยู่กับกระบวนการกลั่นและการเติมสารเพิ่มเลขออกเทนเช่น MTBE โดยทั่วไปเอทานอลจะมีเลขออกเทน ประมาณ 129 RON และ 110 MON [18] (RON คือ Research Octane Number และ MON คือ Motor Octane Number) เลขออกเทนทั้งสองได้มาจากการทดสอบที่แตกต่างกันแต่เลขออกเทนที่ใกล้เคียงกับการใช้เครื่องยนต์จริงมากที่สุดคือการนำค่า RON และ MON มาเฉลี่ยกันดูได้จากภาคผนวก ฏ. แต่จากการสืบค้นข้อมูลพบว่าเลขออกเทนที่ระบุตามสถานีบริการในประเทศไทยเป็นเลขออกเทนแบบ RON [6]

ตารางที่ 2.8 ผลการทดลองหาเลขออกเทน 88, 91 และ 95 [19]

No	Fuel	Octane Base Fuel	% Ethanol		
			5	7	9
1	A	80	84	85	87
2	B	82	85	86	88
3	C	85	88		
4	D	88	91	92	93
5	E	90	93		
6	F	93	94		95

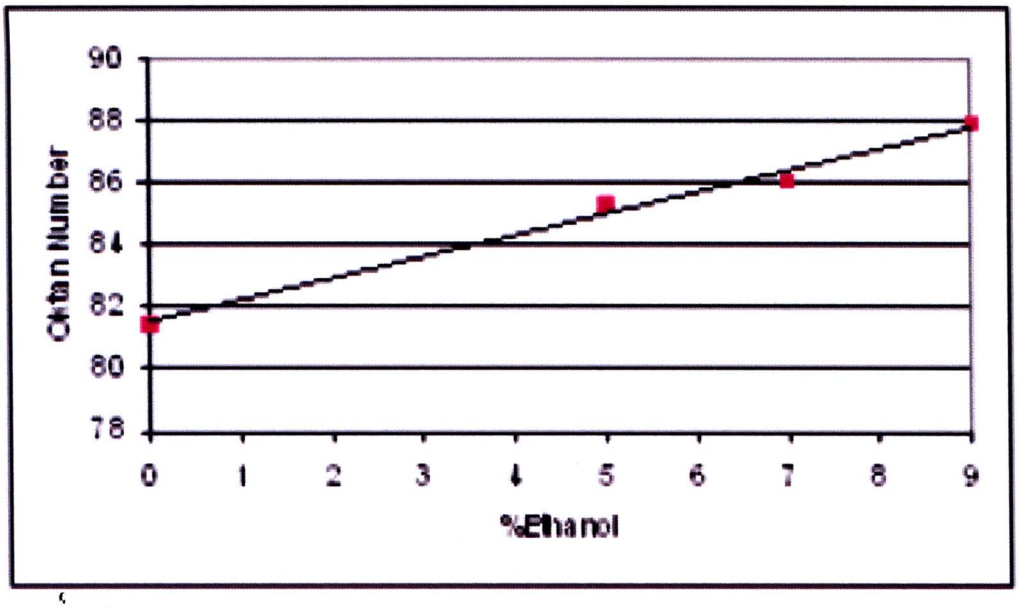
ตารางที่ 2.7 สมบัติของแกโซฮอลจากงานวิจัยของ Chan-Wei Wu [25]

Property item	Test fuel					Method
	E0	E5	E10	E20	E30	
Density (kg/l at 15.5 °C)	0.7575	0.7591	0.7608	0.7645	0.7682	ASTM D4052
RON (octane number)	95.4	96.7	98.1	100.7	102.4	ASTM D2699
RVP (kPa at 37.8 °C)	53.7	59.3	59.6	58.3	56.8	ASTM D5191
Sulfur (wt%)	0.0061	0.0059	0.0055	0.0049	0.0045	ASTM D5453
Washed gum (mg/100 ml)	0.2	0.2	0.2	0.6	0.2	ASTM D381
Unwashed gum (mg/100 ml)	18.8	18.6	17.4	15	14.4	
Lead content (g/l)	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	ASTM D3237
Corrosivity (3 h at 50 °C)	1a	1a	1a	1a	1a	ASTM D130
Distillation temperature (°C)						ASTM D86
IBP	35.5	36.5	37.8	36.7	39.5	
10 vol%	54.5	49.7	50.8	52.8	54.8	
50 vol%	94.4	88.0	71.1	70.3	72.4	
90 vol%	167.3	167.7	166.4	163.0	159.3	
End point	197.0	202.5	197.5	198.6	198.3	
Heating value (cal/g)	10176	9692	9511	9316	8680	
Carbon (wt%)	86.60	87.70	86.70	87.60	86.00	
Hydrogen (wt%)	13.30	12.20	13.20	12.30	13.90	
H/C ratio	1.84	1.67	1.83	1.68	1.94	
Residue (vol%)	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5	
Color	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Visual

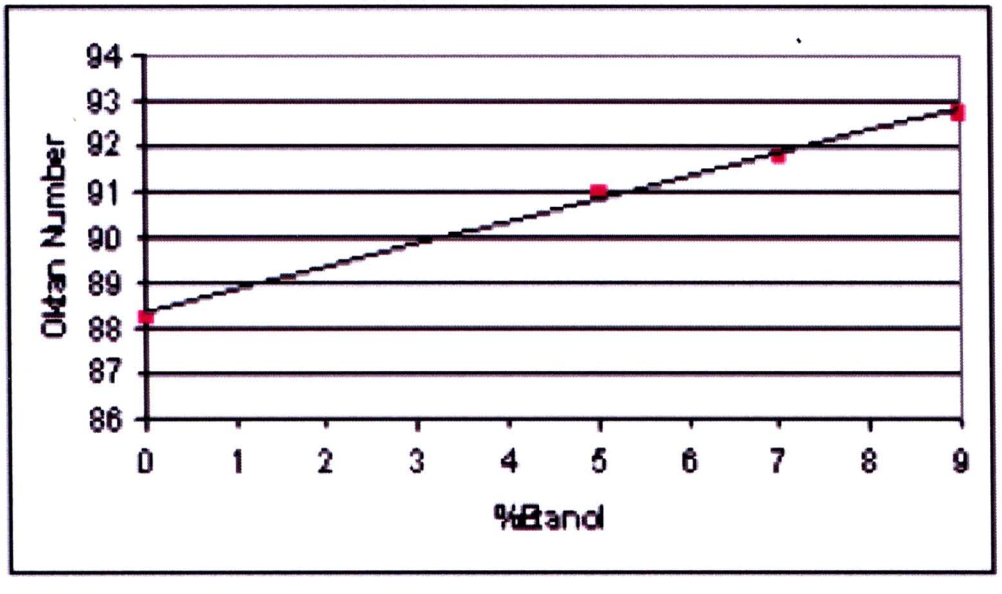
แต่สมบัติสำคัญที่ต้องถูกควบคุมให้ได้ค่าใกล้เคียงมากที่สุดคือเลขออกเทน เลขออกเทนของน้ำมันเป็นสมบัติสำคัญ เป็นสมบัติการต่อต้านการน็อกของเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ รถยนต์เบนซินทั่วไปถูกออกแบบให้สามารถใช้น้ำมันที่มีเลขออกเทนค่าหนึ่ง หรือแตกต่างกันได้เพียงเล็กน้อย เช่น น้ำมันเบนซินออกเทน 91 หรือ 95 น้ำมันเบนซินที่โรงกลั่นผลิตออกมาได้อาจมีเลขออกเทนต่ำตั้งแต่ 83 ถึง 95 [18] ขึ้นอยู่กับกระบวนการกลั่นและการเติมสารเพิ่มเลขออกเทนเช่น MTBE โดยทั่วไปเอทานอลจะมีเลขออกเทน ประมาณ 129 RON และ 110 MON [18] (RON คือ Research Octane Number และ MON คือ Motor Octane Number) เลขออกเทนทั้งสองได้มาจากการทดสอบที่แตกต่างกันแต่เลขออกเทนที่ใกล้เคียงกับการใช้เครื่องยนต์จริงมากที่สุดคือการนำค่า RON และ MON มาเฉลี่ยกันดูได้จากภาคผนวก ฏ. แต่จากการสืบค้นข้อมูลพบว่าเลขออกเทนที่ระบุตามสถานีบริการในประเทศไทยเป็นเลขออกเทนแบบ RON [6]

ตารางที่ 2.8 ผลการทดลองหาเลขออกเทน 88, 91 และ 95 [19]

No	Fuel	Octane Base Fuel	% Ethanol		
			5	7	9
1	A	80	84	85	87
2	B	82	85	86	88
3	C	85	88		
4	D	88	91	92	93
5	E	90	93		
6	F	93	94		95



(ก) Base Octane 82



(ข) Base Octane 88

ภาพที่ 2.1 ผลของเลขออกเทนจากการผสมเอทานอลกับน้ำมันพื้นฐาน [19]

จากผลการทดสอบเลขออกเทนจากงานวิจัย [19] ข้างต้นเห็นได้ชัดเจนว่าเลขออกเทนนั้นแปรผันเชิงเส้นกับสัดส่วนผสมของเอทานอล จากตารางที่ 2.8 เห็นได้ว่าถ้าเรามีน้ำมันที่มีค่าออกเทนหลายๆ ค่า การผสมเพื่อให้ได้ค่าออกเทนที่ต้องการนั้นไม่ยากนัก แต่สำหรับประเทศไทยแล้วนั้นกรมธุรกิจพลังงานได้กำหนดสมบัติของน้ำมันเบนซินพื้นฐานไว้ 2 ระดับคือ น้ำมันเบนซินพื้นฐานออกเทน 87 และน้ำมันเบนซินพื้นฐานออกเทน 89 และเมื่อนำน้ำมันพื้นฐานมาผสมกับเอทานอลตามสัดส่วนที่ต้องการสามารถประมาณค่าออกเทนโดยพิจารณาตามหลักการของงานวิจัยข้างต้นแล้ว ได้ผลดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ผลการประเมินหาเลขออกเทนสำหรับประเทศไทยอ้างอิงจากประกาศกรมธุรกิจพลังงานเรื่องการกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันเบนซินพื้นฐาน [20] และเลขออกเทนของเอทานอล [18]

ON	Base Gasoline Type 1	Base Gasoline Type 2	Ethanol [18]	% Ethanol Blended with Base Gasoline Type 1			% Ethanol Blended with Base Gasoline Type 2		
				10	20	22	10	20	22
RON	87	89	129	91.2	95.4	96.2	93.0	97.0	97.8
MON	76	78	110	79.4	82.8	83.5	81.2	84.4	85.0
Average	81.5	83.5	119.5	85.3	89.1	89.9	87.1	90.7	91.4
RON	87	89	129	ค่าน้ำมันพื้นฐานใช้ค่าเฉลี่ยคือ 81.5 และ 83.5 ส่วนของเอทานอลใช้ค่า RON คือ 129					
MON	76	78	110						
Average	81.5	83.5	119.5	86.3	91.0	92.0	88.1	92.6	93.5

2.3 ผลกระทบต่อสมรรถนะและการปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์

จากการศึกษาผลกระทบจากการใช้แกโซฮอลในเครื่องยนต์ทั้งรถยนต์และจักรยานยนต์ มีงานวิจัยที่ศึกษามานานแล้วและยังคงมีงานวิจัยอย่างต่อเนื่องมาถึงปัจจุบันในหลากหลายประเทศและในประเทศไทยเอง โดยศึกษาทั้งผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องและมลภาวะที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของแกโซฮอลในเครื่องยนต์ที่สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

2.3.1 ปริทัศน์งานวิจัยในต่างประเทศ

ตารางที่ 2.10 สรุปผลงานวิจัยต่างประเทศ

ลำดับ	ผู้วิจัย	รายละเอียดการวิจัย	ผลด้านสมรรถนะ	ผลการปล่อยมลพิษ	ข้อสังเกตุ
1	Tolga Topgul และคณะ, 2006 [24]	***น้ำมัน*** แกโซฮอล E0 E10, E20, E40 และ E60 ***เครื่องยนต์*** เครื่องยนต์เบนซินสูบเดียว ***ตัวแปรศึกษา*** ปรับค่าอัตราส่วนการอัดต่างๆ ปรับจังหวะการจุดระเบิด	-ที่สัดส่วนเอทานอลที่สูงขึ้นมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงขึ้นเนื่องจากค่าความร้อนที่ต่ำกว่า -การใช้แกโซฮอลที่สัดส่วนผสมที่สูงขึ้นนั้นจะสามารถปรับอัตราส่วนการอัดให้สูงขึ้นได้ -ค่าออกเทนของเอทานอลที่สูงจะช่วยต้านทานการน็อกได้ดีกว่าเบนซินที่อัตราส่วนการอัดสูงเช่นที่อัตราส่วนการอัด 10:1 -การใช้เบนซินจะให้แรงบิดสูงที่จังหวะจุดระเบิดล่าช้ากว่า -ที่อัตราส่วนการอัด 10:1 (สูงที่สุด) ให้แรงบิดสูงที่สุด -การปรับให้จุดระเบิดช้าอุณหภูมิไอเสียจะสูง - ลดการน็อกของเครื่องยนต์	-การใช้แกโซฮอล E40 มีการปล่อย CO น้อยสุดคือต่ำกว่าการใช้ E0 (เบนซิน) 31.8% ที่อัตราส่วนการอัด 9 :1 เมื่อเพิ่มสัดส่วนผสมเป็น E60 มีการปล่อย CO ต่ำกว่าการใช้ E0 19.8 -22.3 % - การปล่อย HC ของการใช้แกโซฮอลมีแนวโน้มสูงกว่าเบนซินที่การจุดระเบิด 22 BTDC. แต่เมื่อจุดระเบิดล่าช้ากว่า 22 BTDC การใช้แกโซฮอล E40 และ E60 มีการปล่อย HC ต่ำกว่า E0 โดยการใช้ E60 ปล่อย HC ต่ำกว่า E0 ถึง 31.45% (ที่อัตราส่วนการอัด 10:1)	การใช้แกโซฮอล ช่วยต้านทานการน็อกได้ดี ดังนั้นสามารถตั้งจังหวะจุดระเบิดให้ล่าช้าออกไปได้ อีกทั้งยังสามารถเพิ่มอัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้นอีกได้ โดยที่อัตราส่วน 10:1 ยังให้ผลที่ดี

ตารางที่ 2.10 สรุปผลงานวิจัยต่างประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	รายละเอียดการวิจัย	ผลด้านสมรรถนะ	ผลการปล่อยมลพิษ	ข้อสังเกตุ
2	G. Najafi และคณะ, 2009 [17]	***น้ำมัน*** แกโซฮอล E0, E5, E10 และ E20 ***เครื่องยนต์*** KIA 1.3 SOHC, 4 cylinder, 4-stroke, SI engine. ***ตัวแปรศึกษา*** รอบเครื่องยนต์ต่างๆ	- การใช้แกโซฮอล E20 ให้แรงบิดสูงกว่า E0 (เบนซิน) เล็กน้อย - การใช้แกโซฮอล E20 ให้ประสิทธิภาพเบรกสูงกว่า E0 ประมาณ 16% ที่ความเร็วรอบเดียวกัน - การใช้แกโซฮอล E20 ให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูงกว่า E0 ประมาณ 9% ที่ความเร็วรอบเดียวกัน - แกโซฮอล E20 มีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำกว่า E0 เล็กน้อย	- การใช้แกโซฮอลปลดปล่อยมลพิษ CO และ HC ต่ำกว่า E0 โดย E20 ต่ำกว่า E0 ประมาณ 90 % - แกโซฮอล E20 มีการปลดปล่อยมลพิษ CO_2 และ NO_x ที่สูงกว่า E0 โดย NO_x ของแกโซฮอล E20 ปลดปล่อยสูงกว่าเป็นเท่าตัวของ E0	กรณีการปลดปล่อย CO_2 ของแกโซฮอล E20 ที่สูง นั้นอาจมาจากการที่มีการเผาไหม้สมบูรณ์ สอดคล้องกับค่า CO ที่ต่ำกว่า E0 มาก
3	Hakan Bayraktar, และคณะ 2005 [16]	***น้ำมัน*** เอทานอล 1.5, 3, 4.5, 6, 7.5, 9, 10.5 and 12 vol% ***เครื่องยนต์*** single-cylinder, four-stroke, water-cooled, engine swept volume of 763 cm3. ***ตัวแปรศึกษา*** เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนการอัด 7.75:1 และ 8.25 : 1	-การใช้แกโซฮอลนั้นจะทำให้เป็นการเผาไหม้ส่วนผสมบางซึ่งช่วยให้มีการเผาไหม้ที่ดีขึ้น -แรงดันกระบอกสูบและอุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น ทำให้ช่วงเวลาการเผาไหม้นั้นสั้นลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซิน - กำลังและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์แกโซฮอลให้กำลังเครื่องยนต์และประสิทธิภาพสูงขึ้น - การปรับอัตราส่วนการอัดให้สูงขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิห้องเผาไหม้สูงขึ้น กำลังสูงขึ้น ประสิทธิภาพสูงขึ้น และมี เวลาการเผาช้าลงคิดได้ (จากการทำนายโดยแบบจำลอง) - อัตราส่วนการอัดสูงขึ้นมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำลงประมาณ 4%	-การผสมที่สัดส่วนเอทานอลสูง มีการปลดปล่อยมลพิษ CO และ HC ต่ำลง ในขณะที่มีการปลดปล่อย NO_x สูงขึ้นเป็นผลมาจากอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สูงนั่นเอง - อัตราส่วนการอัดสูงขึ้นมีการปลดปล่อย CO และ NO_x ต่ำลง	สำหรับการทดสอบครั้งนี้พบว่าการผสมที่ 7.5% ให้ผลเหมาะสมคือสมรรถนะเครื่องยนต์ดีในขณะที่ปลดปล่อย CO ต่ำ

ตารางที่ 2.10 สรุปผลงานวิจัยต่างประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	รายละเอียดการวิจัย	ผลด้านสมรรถนะ	ผลการปล่อยมลพิษ	ข้อสังเก่ตุ
4	Chan-Wei Wu และคณะม 2005 [25]	***น้ำมัน*** แกโซฮอล E0, E5, E10, E20 และ E30 ***เครื่องยนต์*** 4-cylinder 8-valve GA16DE, which is a 1600 cm^3 multipoint injection ***ตัวแปรศึกษา*** อัตราส่วนสมมูลของอากาศต่อเชื้อเพลิง	- ค่าอัตราส่วนสมมูลอากาศต่อเชื้อเพลิงที่สูงกว่า 1 การใช้แกโซฮอล E20 และ E30 ให้ผลดี มีแรงบิดสูงกว่า E0 (เบนซิน) ได้ - ที่อัตราส่วนสมมูลมีค่าสูงกว่า 1 และรอบเครื่องยนต์สูง การใช้แกโซฮอล E20 และ E30 มีแนวโน้มให้แรงบิดสูงกว่า E0 -ใช้แกโซฮอล E30 มีประสิทธิภาพเครื่องยนต์สูงกว่าในขณะการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ไม่แตกต่างมากนัก	-อัตราส่วนสมมูลส่งผลต่อการปลดปล่อยมลพิษ CO แต่การใช้แกโซฮอลยังมีแนวโน้มการปลดปล่อยที่ต่ำกว่า -กรณีการปลดปล่อยมลพิษ CO_2 พบว่าที่อัตราส่วนสมมูลของอากาศต่อเชื้อเพลิงมีค่าเข้าใกล้ 1 มากขึ้นเท่าไหร่จะส่งผลให้มีการปลดปล่อยมลพิษ CO_2 สูงมาก โดยแกโซฮฮล E30 ปล่อย CO_2 ต่ำที่สุด -การปลดปล่อยมลพิษ HC พบว่าการใช้แกโซฮอลทุกตัว มีการปลดปล่อยมลพิษ HC ต่ำกว่า โดยการใช้แกโซฮอล E10 มีแนวโน้มปล่อย HC ต่ำที่สุด ในขณะที่ E0 สูงที่สุด	อัตราส่วนสมมูลของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่สูง (ผสมบาง) การใช้แกโซฮอลนั้นตอบสนองได้ดีกว่าอีกทั้งยังตอบ สนองได้ดีกว่าเบนซินที่รอบเครื่องยนต์สูง แต่ที่ทุกน้ำมันพบว่าอัตรา ส่วนสมมูลนี้ไม่ควรมีค่าเกินกว่า 1.1
5	Robert, 2005 [26]	***น้ำมัน*** แกโซฮอล E10 ***เครื่องยนต์*** - ***ตัวแปรศึกษา*** วิเคราะห์วัฏจักรชีวิต	การพิจารณาประสิทธิภาพของเอทานอลนั้นต้องคำนึงถึงพลังงานในกระบวนการผลิตและที่ใช้ในการขนส่งด้วย โดยต้องพิจารณาเป็นพลังงานที่อยู่ในตัวน้ำมันแบบสุทธิ (Net Energy Value, NEV) คือนำค่าพลังงานในตัวเอทานอลลบด้วยพลังงานการผลิตและขนส่งดังกล่าว ถ้าพิจารณาวัฏจักรชีวิตของเอทานอลแล้วค่าพลังงานสุทธิ (NEV) จะมีค่าต่ำคือมีค่าในช่วง -80%-40%	-ผลการสำรวจการใช้แกโซฮอล E10 มีการปลดปล่อย CO และ ฝุ่นละอองน้อยลงแต่มีแนวโน้มการปลดปล่อย NO_x สูงขึ้น การไม่ควบคุมค่าแรงดันไอของแกโซฮอล E10 จะไม่ช่วยลดการปลดปล่อยมลพิษ HC เนื่องจากมีการระเหยน้ำมันที่ไม่ดี -การปลดปล่อยมลพิษโดยรวมจากวัฏจักรชีวิต (Lift Cycle) แล้วพบว่ายังมีการปลดปล่อยมลพิษรวมที่สูง ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไป	การวิเคราะห์เครื่องยนต์เพื่อดูการปลดปล่อยมลพิษนั้น ถึงแม้จะมีการปลดปล่อยโดยรวมต่ำกว่า แต่ถ้าเปรียบเทียบทั้งวัฏจักรชีวิตแล้ว ในกระบวนการผลิตเอทานอลมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูง

ตารางที่ 2.10 สรุปผลงานวิจัยต่างประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	รายละเอียดการวิจัย	ผลด้านสมรรถนะ	ผลการปล่อยมลพิษ	ข้อสังเกตุ
5 (ต่อ)	Robert, 2005 [26]			-ผลิตภัณฑ์แกโซฮอล E10 ที่ผลิตมานั้นมีผลกระทบต่อดิน และน้ำใต้ดิน และยังส่งผลต่อการกัดกร่อนถังที่ใช้เก็บ การใช้แกโซฮอล E10 นั้นช่วยลดแก๊สเรือนกระจกได้เพียง 1-5% เท่านั้นเมื่อเทียบกับ E0 แต่ถ้าจะให้ลดลงได้มากกว่านี้จะต้องมีการสิ้นเปลืองมากกว่านี้หรือต้องใช้เทคนิคที่มีราคาแพงขึ้น	กว่ากระบวนการทางปิโตรเลียม การผสมในสัดส่วนที่สูงจำเป็ฯต้องศึกษาต่อไป
6	Suani Teixeira Coelho, 2005 [27] **ประเทศบราซิล**	***น้ำมัน*** แกโซฮอล E22 และ E100 ***เครื่องยนต์*** - ***ตัวแปรศึกษา*** มลพิษ	-	- แกโซฮอล E22 ปลดปล่อย HC และ CHO ต่ำกว่า E100 (เอทานอล) - แกโซฮอลE22 ปลดปล่อย NO_x, CO_2 และ SO_2 สูงกว่า E100 โดยการปลดปล่อยมลพิษทั้งหมดไม่เกินค่ามาตรฐานของประเทศบราซิลที่กำหนดไว้	
7	Lisa A. Graham, และคณะ, 2008, [28] **ประเทศแคนนาดา**	***น้ำมัน*** แกโซฮอล E10, E20 และ E85 ***เครื่องยนต์*** Gasoline engine with dynamometer testing ***ตัวแปรศึกษา*** เปรียบเทียบมลพิษจากเครื่องยนต์เบนซินเดิม และ FFV	-	-จากผลทดสอบและวิเคราะห์ทางสถิติ การใช้แกโซฮอล E10 จะลดมลพิษ CO 16% และมีมลพิษที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญคือ NMHC 9%, NMOG 14%, acetaldehyde 108%, 1,3-butadiene 16%, และ benzene 15% - มีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เป็นนัยสำคัญคือ NO_X, CO_2, CH_4, N_2O และ formaldehyde -จากผลวิเคราะห์การใช้แกโซฮอล E85 สามารถลดมลพิษ NO_X 45%, NMHC 48%, 1,3-butadiene 77% และ benzene 76% แต่มี formaldehyde เพิ่มขึ้น 73% และ acetaldehyde 2540%ในขณะที่ CO, CO_2, และ NMOG ไม่แตกต่างมากนัก	

ตารางที่ 2.10 สรุปผลงานวิจัยต่างประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	รายละเอียดการวิจัย	ผลด้านสมรรถนะ	ผลการปล่อยมลพิษ	ข้อสังเก่ตุ
8	Yung-Chen Yao และ คณะ, 2009 [29] **ประเทศไต้หวัน**	***น้ำมัน*** แกโซฮอล E3, E10, E15 และ E20 ***เครื่องยนต์*** จักรยานยนต์ 4 จังหวะ ของประเทศไต้หวัน ***ตัวแปรศึกษา*** ตรวจวัดค่ามลพิษที่ลักษณะการขับขี่ความเร็วต่างๆ การเร่งเบา และตัวเปล่า	-	- จากผลการวิจัยได้ว่า E15 เป็นสัดส่วนที่ดีที่สุดในการผสม ทั้ง 4 น้ำมัน ที่ให้มลพิษโดยรวมต่ำที่สุด -แกโซฮอลมีการปลดปล่อย NO_x โดยรวมต่ำกว่า E0 (เบนซิน) - กรณีบาง Mode การทดสอบการใช้แกโซฮอล E3 และ E20 มีการปล่อย HC สูงกว่า E0 ขึ้นอยู่กับสภาวะการเผาไหม้ของการขับขณะนั้น - กรณี CO จุดต่ำสุดอยู่ที่แกโซฮอล E15 ถ้าเป็น E20 จะมีการปลดปล่อยสูงกว่า - ที่ความเร็วการขับขี่ 35km/hr มีการปล่อย CO และ HC ต่ำ ในขณะที่ NO_x สูง	

2.3.2 ปริทัศน์งานวิจัยในประเทศไทย

ตารางที่ 2.11 สรุปผลงานวิจัยในประเทศไทย

ลำดับ	ผู้วิจัย	รายละเอียดการวิจัย	ผลด้านสมรรถนะ	ผลการปล่อยมลพิษ	ข้อสังเกตุ
1	วิชัย เชี่ยวชาญศิลปเลิศ และคณะ [21]	***น้ำมัน*** แกโซฮอล E10, E20, E50 และ E80 ***เครื่องยนต์*** เครื่องยนต์เบนซินยี่ห้อโตโยต้า รุ่น 4S-FE 4 สูบ ***ตัวแปรศึกษา*** -ไม่มีการปรับแต่งเครื่องยนต์ -ความเร็วรอบต่างๆ	-แกโซฮอล E10 และ E20 สามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ได้โดยไม่ต้องทำการปรับแต่งเครื่องยนต์ แต่เครื่องยนต์จะมีค่าแรงบิดลดลง 0.30% และ 1.75% ค่ากำลังเบรคลดลง 0.73% และ1.79% ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนลดลงคิดเป็น 8.11% และ 11.28% แต่อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคเพิ่มขึ้น 7.51% และ 15.20%	- เมื่อใช้แกโซฮอล E10 และ E20 ทำให้เกิดปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) 116 ppm และ 117 ppm ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 0.20 ppm และ 0.18 ppm ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่ามลพิษในไอเสียที่เกิดจากน้ำมันเบนซิน 91 แต่ถ้าเป็นแกโซฮอล E50 และ E80 ปริมาณมลพิษในไอเสียที่เกิดขึ้นมีปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) สูงถึง 220 ppm และ 2000 ppm ตามลำดับ	
2	ธีระพัฒน์ กู่วรรณรัตน์ และจิตติ พัทธวณิช, 2005	***น้ำมัน*** แกโซฮอล 91 และ แกโซฮอล 95 ***เครื่องยนต์*** จักรยานยนต์ 4 จังหวะ คาวาซากิ รุ่น Neo Max-Es ***ตัวแปรศึกษา*** ความเร็วรอบต่างๆ	-	- ปริมาณ HC จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และเมื่อใช้แกโซฮอล ทำให้ปริมาณ HC ลดลงประมาณ 19.7% เนื่องจากทำให้การเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่า ดังนั้นปริมาณ HC จึงน้อยกว่าการใช้น้ำมันเบนซิน - ผลการวิเคราะห์ปริมาณ CO พบว่า เมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ปริมาณ CO จะเพิ่มสูงขึ้นตามไป -ปริมาณ CO เมื่อใช้น้ำมันเบนซินจะมีมากกว่าใช้แกโซฮอล ประมาณ 18.9%	

ตารางที่ 2.11 สรุปผลงานวิจัยในประเทศไทย (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	รายละเอียดการวิจัย	ผลด้านสมรรถนะ	ผลการปล่อยมลพิษ	ข้อสังเกตุ
3	จินดา เจริญพรพาณิชย์, 2551 [30]	***น้ำมัน*** แกโซฮอล E20 ***เครื่องยนต์*** รถยนต์ Toyota Vios 1.5J (ปี 2005) และ Honda Civic 1.7 EXi (ปี 2005) จำนวนอย่างละ 3 คัน จักรยานยนต์ Honda Wave(100cc) และ Yamaha Fino (115cc) อย่างละ 3 คัน ***ตัวแปรศึกษา*** ทดสอบระยะยาว วิ่งถนนจริง	- สรุปได้ว่า รถยนต์รุ่นที่นำมาทดสอบ สามารถใช้แกโซฮอล E20 ตลอดระยะทาง 100,000 กิโลเมตรได้โดยไม่ต้องปรับแต่ง มีผลกระทบโดยรวมอยู่ในระดับที่ไม่รุนแรงโดยให้กำลังใกล้เคียงของเดิม อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย มลพิษใกล้ เคียงกับเมื่อใช้เบนซิน ผลกระทบต่อวัสดุที่สัมผัสเชื้อเพลิงมีบ้าง แต่อยู่ในระดับต่ำ -ส่วนจักรยานยนต์ต้องมีการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ โดยเปลี่ยนขนาดนมหนูและปรับอัตราส่วนอากาศน้ำมันให้หนาขึ้นเมื่อใช้แกโซฮอล E20 และเปลี่ยนชิ้นส่วนวัสดุที่ทำจากทองเหลืองเป็น แสตนเลส หรือนำไปชุบนิกเกิ้ลเพื่อป้องกันการกัดกร่อนจากเอทานอล	-มลพิษจำพวก HC และ CO มีค่าต่ำลง ต์NO_x มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	

ตารางที่ 2.11 สรุปผลงานวิจัยในประเทศไทย (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	รายละเอียดการวิจัย	ผลด้านสมรรถนะ	ผลการปล่อยมลพิษ	ข้อสังเกตุ
4	แสวง บุญญาสุวัฒน์, 2553, สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี ปตท.	***น้ำมัน*** แกโซฮอล ***เครื่องยนต์*** - ***ตัวแปรศึกษา*** สำรวจการปล่อยมลพิษ การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและผลกระทบกับวัสดุระบบเชื้อเพลิงต่างๆ จำนวน 13 ชนิด แบ่งออกเป็น ยาง 3 ชนิด พลาสติก 2 ชนิด และโลหะ 8 ชนิด ทำการทดสอบเป็นเวลา 42 วัน (1008 ชั่วโมง) ต่อเนื่องโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 60°C	- การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง พบว่า การใช้แกโซฮอลจะทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นประมาณ 0.8-1.4% อย่างมีนัยสำคัญ - แกโซฮอลมีผลต่อการขยายตัวของยางชนิด FKM เหมือนน้ำมันเบนซินออกเทน 95 ส่วนยางชนิด NBR และ H-NBR น้ำมันเบนซินออกเทน 95 มีผลต่อการขยายตัวของยางน้อยกว่า Gasohol - แกโซฮอลมีผลต่อการขยายตัวของพลาสติกชนิด Polyethylene เหมือนกับน้ำมันเบนซินออกเทน 95 ส่วนพลาสติกชนิด Nylon น้ำมันเบนซินออกเทน 95 มีผลต่อการขยายตัวน้อยกว่าแกโซฮอล - ทั้งแกโซฮอลและน้ำมันเบนซินออกเทน 95 ไม่พบการสึกกร่อนหรือเกิดสนิมของโลหะชนิดต่างๆ ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าแกโซฮอลไม่มีผลต่อวัสดุยางและโลหะที่ทำให้มีผลต่อการใช้งาน	- ปริมาณ THC ถือว่า การใช้เบนซิน และแกโซฮอลให้ปริมาณ THC ที่ไม่แตกต่างกัน - ปริมาณ NO_x พบว่า การใช้แกโซฮอลจะให้ปริมาณ NO_x น้อยกว่าการใช้เบนซินประมาณ 21.5-38.1% อย่างมีนัยสำคัญ - ปริมาณ CO พบว่า การใช้แกโซฮอลจะให้ปริมาณ CO น้อยกว่าการใช้เบนซินประมาณ 10.5-21.9% อย่างมีนัยสำคัญ	ต้องเป็นแอลกอฮอลความเข้มข้นกว่า 99.5 ถึงจะให้ผลดี

ตารางที่ 2.12 สรุปการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของการใช้แกโซฮอลจากปริทัศน์งานวิจัย

	ผลการสำรวจการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากปริทัศงานวิจัย						
% เอทาอนอลที่ผสม (%) ---------->	0	10	20	22	85	100	หน่วยวัด
1. Suani Teixeira Coelho, 2006 [39]	100			105.5		129.4	%
2. Rodrigo C., Costa, 2011 [23]				~0.26-0.3		~0.39-4.6	kg/kWh
3. Topgul, T. et al, 2006 [24]	~270-300	~280-325	~290-380				g/kWh
4. ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย, 2008 [30]			5↗				%
5. บริษัท ปตท. จำกัด, www.pttplc.com [58]		1-2↗			30-35↗		%
6. วิชัย เชี่ยวชาญศิลปเลิศ, ม.รังสิต [21]		7.5↗	15.2↗				%
7. วิลักษณ์นาม ผลเจริญ, 2554 [59]	~0.375				~0.52	~0.56	kg/kWh
8. ธีระพัฒน์ กู่วรรณรัน์, 2550 [60]		3.13↗	แกโซฮอล 91 กับ 95 สิ้นเปลืองเท่ากัน				%
9. Amirruddin, A. K., 2009 [61]	~2.75	~3	~3.4			~5.6	kg/hr
10. Bang-Quan He, 2003 [62]	~0.28	~0.31					kg/hr

ตารางที่ 2.12 เป็นการสรุปเพิ่มเติมเกี่ยวกับการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากปริทัศน์งานวิจัย พบว่าการใช้แกโซฮอลนั้นให้ผลมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าการใช้เบนซินและสูงขึ้นตามสัดส่วนที่ผสม กรณีแกโซฮอล E10 นั้นมีการสิ้นเปลืองกว่าเบนซินมีค่าอยู่ประมาณ 1-2% กรณีแกโซฮอล E20 อาจสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าเบนซินถึง 10% สำหรับแกโซฮอล E85 นั้นอาจสูงถึง 30-35% และ E100 มีการสิ้นเปลืองสูงกว่าได้ถึง 100% (กรณีการเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงนั้นต้องเปรียบเทียบที่สภาวะเครื่องยนต์ที่กำลังเครื่องยนต์และความเร็วรอบเดียวกัน)

นอกจากนี้ยังมีการสำรวจตรวจวัดคุณภาพของอากาศที่มีการใช้แกโซฮอลในรถยนต์และจักรยานยนต์สำหรับอากาศของประเทศไทยโดยสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ.2551 ภายใต้โครงการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถยนต์ที่ใช้แกโซฮอล ดังตารางที่ 2.13-2.14

ตารางที่ 2.13 การเปลี่ยนแปลงสารมลพิษเฉลี่ยจากการใช้แกโซฮอลของรถยนต์ [31]

สารมลพิษ	การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยที่เกิดจากการใช้แกโซฮอล
ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC)	7.50%
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	5.96%
ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx)	6.05%
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	-6.32%
อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	4.72%

ตารางที่ 2.14 การเปลี่ยนแปลงสารมลพิษเฉลี่ยจากการใช้แกโซฮอลของจักรยานยนต์ [31]

สารมลพิษ	การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยที่เกิดจากการใช้แกโซฮอล
ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC)	-1.25%
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	1.56%
ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx)	-3.30%
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	1.87%
อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	0.04%

ตารางที่ 2.15 การเปลี่ยนแปลงสารมลพิษ Air Toxics เฉลี่ยจากการใช้แกโซฮอลของรถยนต์ [31]

สารมลพิษ	การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยที่เกิดจากการใช้แกโซฮอล
สาร Benzene	-38.20%
สาร Toluene	-41.82%
สาร Ethyl Benzene	-35.51%
สาร Xylene	-59.20%
สาร 1,3-Butadiene	-33.27%
สาร Formaldehyde	-34.20%
สาร Acetaldehyde	-26.83%

ตารางที่ 2.16 การเปลี่ยนแปลงสารมลพิษ Air Toxics เฉลี่ยจากการใช้แกโซฮอลของจักรยานยนต์ [31]

สารมลพิษ	การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยที่เกิดจากการใช้แกโซฮอล
สาร Benzene	21.78%
สาร Toluene	21.15%
สาร Ethyl Benzene	-30.69%
สาร Xylene	587.90%
สาร 1,3-Butadiene	-15.52%
สาร Formaldehyde	-34.20%
สาร Acetaldehyde	-2.59%

ผลการสำรวจปริมาณมลพิษทางอากาศและเสียงจากรถยนต์เบนซินที่ใช้งานในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลประจำปี 2550–2552 โดยกรมควบคุมมลพิษ [32] ดังตารางที่ 2.17 ถึง 2.19 ผลพบว่าจากปี 2552 รถยนต์ที่จดทะเบียนตั้งแต่ปี 2550 เป็นต้นมามีการปลดปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์เกินกว่ามาตรฐานเพียง 10% และมีไฮโดรคาร์บอนเกินเพียง 3.33% เท่านั้น รถยนต์ที่จดทะเบียนปีต่ำกว่า 2550 ลงไปเห็นได้ว่ามีการปลดปล่อยมลพิษเกินค่ามาตรฐานมาก โดยรถยนต์เบนซินรับจ้างนั้นมีการปลดปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์ เกินกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยประมาณ 40% และไฮโดรคาร์บอนเกินกว่ามาตรฐานถึง 85% (รถยนต์จดทะเบียนปี 2536-2549) กรณีปี 2552 มีแนวโน้มปลดปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์สูงขึ้นกว่าปี 2551 เล็กน้อย แต่ในทางกลับกันในปี 2552 มีแนวโน้มการปลดปล่อยมลพิษไฮโรคาร์บอนลดลงกว่าปีที่ผ่านมา

ในปี 2550 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบรถยนต์ที่ติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (Catalytic Converter) พบว่ารถยนต์ที่ไม่ได้ติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ มีการปลดปล่อยมลพิษคาร์บอนมอนนอกไซด์และไฮโรคาร์บอนสูงมากโดยเกินค่ามาตรฐานกว่า 40%

ตารางที่ 2.17 ปริมาณมลพิษทางอากาศและเสียงจากรถยนต์เบนซินปี พ.ศ.2552 [32]

ประเภทรถ	จำนวน (คัน)	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (% โดยปริมาตร)		ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (ส่วนในล้านส่วน)		ระดับเสียง (เดซิเบลเอ)	
		ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน
1.รถยนต์เบนซินส่วนบุคคล							
1.1 รถยนต์ จดทะเบียนก่อน 1 พ.ย.36	17	4.75	47.06	332	5.88	84	0
1.2 จดทะเบียนตั้งแต่ 1 พ.ย.36-31ธ.ค.49	185	1.10	15.13	145	10.16	83	0
1.3 จดทะเบียนตั้งแต่ 1 ม.ค.50	30	0.14	10.0	28	3.33	81	0
2.รถยนต์เบนซินรับจ้าง							
2.1 จดทะเบียนตั้งแต่ 1 พ.ย.36-31ธ.ค.49	147	2.07	46.69	601	85.03	83	0
2.2 จดทะเบียน ตั้งแต่ 1 ม.ค.50	43	0.78	34.88	258	69.76	82	0

ตารางที่ 2.18 ปริมาณมลพิษทางอากาศและเสียงจากรถยนต์เบนซินปี พ.ศ.2551 [32]

ประเภทรถ	จำนวน (คัน)	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (% โดยปริมาตร)		ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (ส่วนในล้านส่วน)		ระดับเสียง (เดซิเบลเอ)	
		ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน
1.รถยนต์เบนซินส่วนบุคคล							
1.1 รถยนต์ จดทะเบียนก่อน 1 พ.ย.36	27	3.01	25.92	415	10.87	85	0
1.2 จดทะเบียนตั้งแต่ 1 พ.ย.36-31ธ.ค.49	236	0.60	12.71	90	10.16	82	0
1.3 จดทะเบียนตั้งแต่ 1 ม.ค.50	46	0.34	8.69	18	4.34	80	0
2.รถยนต์เบนซินรับจ้าง							
2.2 จดทะเบียนตั้งแต่ 1 พ.ย.36-31ธ.ค.49	223	1.56	33.63	561	56.95	83	0
2.3 จดทะเบียน ตั้งแต่ 1 ม.ค.50	35	1.26	17.14	278	57.14	82	0

ตารางที่ 2.19 ปริมาณมลพิษทางอากาศและเสียงจากรถยนต์เบนซินปี พ.ศ.2550 [32]

ประเภทรถ	จำนวน (คัน)	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (% โดยปริมาตร)		ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (ส่วนในล้านส่วน)		ระดับเสียง (เดซิเบลเอ)	
		ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน
1.รถยนต์เบนซินส่วนบุคคล							
1.1 ติดตั้ง Catalytic Converter	203	0.45	6.89	128	19.21	81	0
1.2 ไม่ติดตั้ง Catalytic Converter	39	3.94	43.59	576	48.72	86	0
2.รถยนต์เบนซินรับจ้าง							
2.1 ติดตั้ง Catalytic Converter	330	1.07	20.00	557	71.82	80	0
2.2 ไม่ติดตั้ง Catalytic Converter	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 2.20 ถึง 2.22 แสดงการปลดปล่อยมลพิษคาร์บอนมอนนอกไซด์และไฮโรคาร์บอนรวมถึงปริมาณควันขาวจากจักรยานยนต์ ผลพบว่าจักรยานยนต์สองจังหวะมีการปลดปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์และไฮโรคาร์บอนสูงกว่า 4 จังหวะ และมีการปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์เกินกว่าค่ามาตรฐาน 10–40% แต่กรณีการปลดปล่อยไฮโดรคาร์บอนนั้นรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะนั้นแทบไม่พบการปลดปล่อยเกินค่ามาตรฐาน ในขณะที่จักรยานยนต์ 2 จังหวะมีค่าเกินกว่ามาตรฐาน 20–40% โดยประมาณ กรณีควันขาวยังไม่พบการปลดปล่อยที่เกินค่ามาตรฐาน

ตารางที่ 2.20 ปริมาณมลพิษทางอากาศและเสียงจากจักรยานยนต์เบนซินปี พ.ศ. 2552 [32]

ประเภทรถ	จำนวน (คัน)	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (% โดยปริมาตร)		ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (ส่วนในล้านส่วน)		ปริมาณควันขาว (%)		ระดับเสียง (เดซิเบลเอ)	
		ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน
1.รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ	20	4.10	25	5494	0	0	0	93.5	35
1.1 จดทะเบียนก่อน 1 ก.ค.49									
2. รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ									
2.1 จดทะเบียนก่อน 1 ก.ค.49	151	1.45	3.97	542	0	0	0	84.7	0.66
2.2 จดทะเบียนตั้งแต่1 ก.ค.49 - 31ธ.ค.52	101	1.20	6.93	348	1.98	0	0	83.0	0

ตารางที่ 2.21 ปริมาณมลพิษทางอากาศและเสียงจากจักรยานยนต์เบนซินปี พ.ศ.2551 [32]

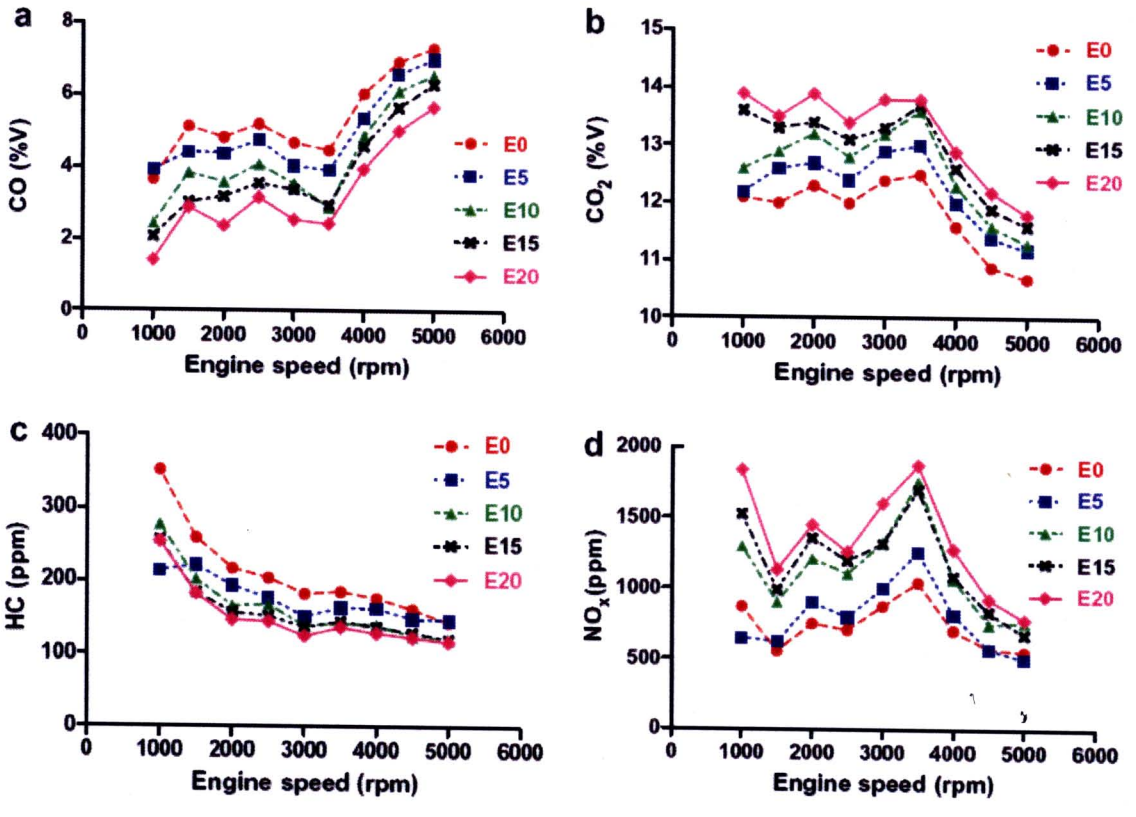
ประเภทรถ	จำนวน (คัน)	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (% โดยปริมาตร)		ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (ส่วนในล้านส่วน)		ปริมาณควันขาว (%)		ระดับเสียง (เดซิเบลเอ)	
		ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน
รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ	169	3.80	30.77	7916	21.30	0	0	95.8	54.44
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ	225	1.54	3.11	632	0	0	0	85.3	1.78

ตารางที่ 2.22 ปริมาณมลพิษทางอากาศและเสียงจากจักรยานยนต์เบนซินปี พ.ศ.2550 [32]

ประเภทรถ	จำนวน (คัน)	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (% โดยปริมาตร)		ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (ส่วนในล้านส่วน)		ปริมาณควันขาว (%)		ระดับเสียง (เดซิเบลเอ)	
		ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของรถที่เกินมาตรฐาน
1. รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ									
1.1 จดทะเบียนก่อน 1 ก.ค.49	19	3.20	10.53	11063	42.11	0	0	94.3	63.16
2. รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ									
2.1 จดทะเบียนก่อน 1 ก.ค.49	129	1.11	1.55	259	0	0	0	83.4	0
2.2 จดทะเบียนตั้งแต่ 1 ก.ค.49-31.ค.52	114	0.47	0.88	99	0	0	0	81.8	0

2.3.3 สรุปการปล่อยมลพิษจากปริทัศน์งานวิจัย

ภาพที่ 2.2 แสดงตัวอย่างผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้แกโซฮอลชนิดต่างๆ เทียบกับน้ำมันเบนซิน จากผลเห็นได้ว่าการใช้แกโซฮอลในสัดส่วนผสมที่สูงขึ้นนั้นจะส่งผลให้ปล่อยมลพิษ CO และ HC ต่ำลงตามสัดส่วนผสมที่สูงขึ้น แต่ในทางกลับกันการปล่อยมลพิษ NO_x และ CO_2 นั้นสูงขึ้น เป็นผลมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่สมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับงานวิจัยอีกหลายท่านเช่นจากงานวิจัยของ Robert [26] ที่ได้รวมรวบและแสดงไว้ และจากผลการทดสอบนี้จะใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงเพื่อการทำนายการปล่อยมลพิษโดยรวมในประเทศไทยทั้งปัจจุบันและอนาคตเพื่อศึกษาแนวโน้มของการปล่อยมลพิษตามแผนการไม่จำเป็นต้องจำหน่ายหรือลดการใช้น้ำมันเบนซินจนกระทั่งถึงปี 2558 ดังจะกล่าวในบทที่ 3



ภาพที่ 2.2 ผลการปล่อยมลพิษจากปล่องควันของการทดสอบเครื่องยนต์ จากงานวิจัยของ G. Najafi et al. [17]

2.3.4.1 การใช้แกโซฮอล E10

จากผลงานวิจัยต่างๆ ที่มีการศึกษาข้อจำกัดของการผสมเอทานอลลงในน้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว โดยพิจารณาที่น้ำมันผสม E10 เป็นหลัก และทำการเปรียบเทียบกับน้ำมันผสม E15 และ E20 สรุปไว้ได้ว่าเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงมีออกซิเจนในตัวที่อาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ แต่ความจริงแล้วมีอีกหลายเหตุผลประกอบที่ต้องนำมาพิจารณา เช่น ชนิดเครื่องยนต์ที่ใช้ รวมถึงต้องพิจารณาทั้งวัฏจักรชีวิตประกอบด้วย ปกติแล้วการใช้แกโซฮอล E10 มีการปลดปล่อย HC และ CO ต่ำกว่า E0 (น้ำมันเบนซิน) ยืนยันชัดเจนแล้วจากหลายๆ งานวิจัย มีบางงานวิจัยที่ใช้แกโซฮอล E10 และได้ผลมีการปล่อยมลพิษโดยรวมน้อยกว่าแกโซฮอล E15 อีกด้วย การใช้แกโซฮอล E10 ยังเป็นการลดการปล่อยฝุ่นละอองได้ดีเมื่อเทียบกับ E0 ซึ่งฝุ่นละอองนี้เองที่เป็นตัวลดอุณหภูมิการเผาไหม้ให้ต่ำลงได้ และยังเห็นได้ว่าการใช้ E10 ช่วยลด 1,3-butadiene, Benzene, Toluene และ Xylene เมื่อเทียบกับ E0 ซึ่งเป็นผลมาจากการผสม แต่มีการปล่อย formaldehyde สูงกว่า E0 ได้ การใช้ E10 ส่วนใหญ่นั้นจะปล่อยมลพิษ NO_x สูงกว่า E0 แต่บางทีบางงานวิจัยอาจมีอัตราการปล่อยที่ต่ำกว่าได้ NO_x เป็นมลพิษหนึ่งที่เป็นตัวทำลายโอโซน (O_3) และยังเป็นควันพิษอีกด้วย NO_x ที่ปล่อยออกมานั้นเกิดจากการควบคุมปริมาณอากาศเข้าทำปฏิกิริยา ดังนั้นการใช้แกโซฮอล E10 ที่มีออกซิเจนในตัวอาจต้องมีการหาสภาวะอากาศใหม่ให้เหมาะสม การใช้แกโซฮอล E10 ยังเป็นสาเหตุหนึ่งของการปล่อยมลพิษ Acetone ได้ อีกกรณีหนึ่งคือแกโซฮอล E10 เป็นสาเหตุของการปล่อยมลพิษ Ethylene ได้เป็นจำนวนมากและมีการปล่อยมลพิษประเภท Acetaldehyde (Ethanol) มากถึง 100-200% และบางครั้งอาจถึง 700% แกโซฮอล E10 มีค่าความดันไอที่สูงกว่า E0 ประมาณ 16^0C ทำให้การระเหยแย่ลงมาก รวมถึงมลพิษที่เปียกชื้น (Soak Emission) ที่เกิดจากการเผาไหม้มีอุณหภูมิต่ำในขณะเครื่องเย็นนั้นเกิดจากคุณลักษณะของการกลั่นตัวของเชื้อเพลิงได้อีกด้วย **"จากการพิจารณาทั้งวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่กระบวนการผลิตเอทานอลเป็นต้นมาจนกระทั่งนำมาเป็นแกโซฮอล E10 และนำไปใช้ พบว่ามีการปล่อยมลพิษ CO_2 และ GHG (Green House Gas) ต่ำกว่า E0"** จากผลการสำรวจการปล่อย GHG จากการวิจัยแนะนำว่าวัตถุดิบประเภทข้าวสาลี กากน้ำตาล ข้าวฟ่าง หรือเศษไม้ทิ้งนั้นมีการปล่อย GHG เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

2.3.4.2 การใช้แกโซฮอล E20

การใช้แกโซฮอล E20 นั้นจะช่วยลดมลพิษ Benzene, Toluene และ Hexane ได้เมื่อเทียบกับ E0 (น้ำมันเบนซิน) บางงานวิจัยได้ศึกษาการใช้แกโซฮอล E20 แล้วพบว่ามีการปล่อย NO_x ที่ต่ำกว่า E0 ได้ เช่น จากงานวิจัยของ Zervas, E., 2003 อีกผลหนึ่งคือเอทานอลเป็นแอลกอฮอลสายยาว (Longer-Chain Alcohol, Propanol to Pentanol) ซึ่งเอื้อต่อการปล่อย NO_x ได้ บางงานวิจัยเห็นได้ว่ามีการปลดปล่อย Acetaldehyde สูงมากพบในกรณีใช้แกโซฮอล E20 ตัว Acetaldehyde นี้เป็นตัวก่อสาร Peroxylacetate Nitrate เป็นสารพิษแบบออกฤทธิ์เฉียบพลันที่ทำให้ระบบหายใจมีการระคายเคือง จากที่ได้สำรวจมาพบว่าประเทศบราซิลนั้น

เป็นประเทศที่มีการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงสูงมาก โดย 70-75% ของเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมดในรถยนต์เป็นแกโซฮอล E20-E24 เป็นเอทานอล บริสุทธิ์ 15-20% และที่เหลือเป็นน้ำมันดีเซล

2.3.4.3 การใช้แกโซฮอล E85 [26]

การใช้แกโซฮอล E85 มีการปล่อย Acetaldehyde ถึง 27 เท่าของ E0 และมีการปล่อย Formaldehyde สูงกว่าอีกด้วย แต่การใช้แกโซฮอล E85 นั้นมีการปล่อย Benzene, Volatile Organic Compound, (VOC) และ 1,3-butadiene ที่ต่ำกว่า E0 (น้ำมันเบนซิน) มาก อีกทั้ง ยังมีการปล่อยมลพิษ HC, CO, และ NO_x ที่ต่ำกว่า E0 อีกด้วย แต่อย่างไรก็ดีการปล่อย Particular matter สูงกว่า E0

ตารางที่ 2.23 ถึง ตารางที่ 2.24 เป็นตารางสรุปผลการปล่อยมลพิษจากงานวิจัยต่างๆ ที่ได้สำรวจและรวบรวมไว้ ส่วนใหญ่เป็นการทดสอบกับเครื่องยนต์เบนซินเดิม และจากผลเห็นได้ว่าการใช้แกโซฮอลทุกสัดส่วนนั้นมีการปล่อยมลพิษ CO และ HC ลดลงแทบทุกกรณี กรณีของ CO_2 และ NO_x มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือการใช้แกโซฮอลที่สัดส่วนเอทานอลที่ผสมต่ำ เช่น E0–E22 มีแนวโน้มการปล่อยสูงกว่าการใช้เบนซิน แต่เมื่อเพิ่มสัดส่วนเอทานอลที่ผสมสูงขึ้นเช่น E85–E100 แล้วนั้นทำให้เครื่องยนต์มีแนวโน้มการปล่อย CO_2 และ NO_x ลดลงได้ ทั้งนี้เนื่องจากสัดส่วนผสมเอทานอลที่สูงอาจส่งผลให้การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์สำหรับเครื่องยนต์ที่ไม่ได้ถูกออกแบบให้ใช้แกโซฮอลที่สัดส่วนเอทานอลสูงๆ ได้ กรณีของมลพิษ Acetaldehyde นั้นเห็นได้ชัดเจนว่ามีการปล่อยสูงกว่าการใช้เบนซิน และสูงขึ้นตามสัดส่วนแกโซฮอลที่ผสมได้ โดยจากหลายงานวิจัยได้สรุปไว้ว่าการปล่อยมลพิษชนิดนี้อาจสูงกว่าการใช้เบนซินได้ถึง 10-20 เท่าตัว

ตารางที่ 2.23 การปล่อยมลพิษของรถยนต์

ก) **การปล่อยก๊าซ CO_2**

Reference	การปล่อยก๊าซ CO2						หน่วย	หมายเหตุ
	E0	E10	E20	E22	E85	E100		
กรมควบคุมมลพิษ, 2551[32]	181.17	188.29					g/km	
แสวง บุญญาสุวัฒน์, 2553	170.8	172.1					g/km	
G. Najafi, et al., 2009 [17]		6.06%↗	10.14%↗					ที่ 3000 rpm
Lisa A. Graham, et al., 2008 [28]		0.6%↗			64%↘			
Suani Teixeira Coelho, et.al., 2006 [21]				194 (210)		183 (200)	g/km	รถยนต์ปกติ (FFV)
M. Al-Hasan, 2003				194 (210)		183 (200)	g/km	รถยนต์ปกติ (FFV)
Robert K, Niven, 2005 [26]		*1-5%↘	*2-11-%↘	*เป็นค่าที่วิเคราะห์การปล่อย CO_2 ตลอดวัฏจักรชีวิต แต่ในงานวิจัยได้กล่าวว่าการปล่อย CO_2 ที่ปล่องยังสูงอยู่				

หมายเหตุ: ↗ คือ การเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ E0 และ ↘ คือการลดลงเมื่อเทียบกับ E0

ข) การปล่อยก๊าซ CO

Reference	การปล่อยก๊าซ CO						หน่วย	หมายเหตุ
	E0	E10	E20	E22	E85	E100		
วิชัย เชี่ยวชาญศิลปเลิศ และคณะ [21]	0.23	0.2	0.18	-	0.12 (E80)	-	ppm	
จินดา เจริญพรพาณิชย์, 2551 [30]	1.22		0.76				g/km	เฉลี่ยจากการทดสอบรถยนต์ 2 คัน (A และ B)
กรมควบคุมมลพิษ, 2551 [24]	4.64	3.95					g/km	
แสวง บุญญาสุวัฒน์, 2553	1.2	1.01					g/km	
Suani Teixeira Coelho, et.al., 2006 [21]				0.4 (0.5)		0.77 (0.51)	g/km	รถยนต์ปกติ (FFV)
Austin Milt, et.al., 2009	0.78	1.03					g/km	
Lisa A. Graham, et al., 2008 [16]		15%↘			5%↘			
Tolga Topgul, 2006 [24]		65%↘						ที่ CR= 10:1, จังหวะจุดระเบิด 26 °BTDC
C. Hammel-Smith, 2002 [33]				50%↘		71%↘		เอทานอลที่ใช้เป็น Hydrous Ethanol
G. Najafi, et al., 2009 [34]		24.31%↘	45.42%↘					ที่ 3000 rpm

หมายเหตุ: ↗ คือ การเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ E0 และ ↘ คือการลดลงเมื่อเทียบกับ E0

ค) การปล่อยก๊าซ HC

Reference	การปล่อยก๊าซ HC						หน่วย	หมายเหตุ
	E0	E10	E20	E22	E85	E100		
วิชัย เชี่ยวชาญศิลปเลิศ และคณะ [21]	125	116	117	-	2000 (E80)	-	ppm	
จินดา เจริญพรพาณิชย์, 2551 [30]	0.101		0.09				g/km	เฉลี่ยจากการทดสอบรถยนต์ 2 คัน (A และ B)
G. Najafi, et al., 2009 [34]		24.04%↘	31.69%↘					ที่ 3000 rpm
Lisa A. Graham, et al., 2008 [16]		12%↘			72%↘			วัดเป็นการปล่อยของ CH_4
Tolga Topgul, 2006 [24]		20%↘						ที่ CR= 10:1, จังหวะจุดระเบิด 26 °BTDC
Suani Teixeira Coelho, et.al., 2006 [21]				0.11 (0.05)		0.16 (0.05)	g/km	รถยนต์ปกติ (FFV)
C. Hammel-Smith, 2002 [33]				13%↘		29%↘		เอทานอลที่ใช้เป็น Hydrous Ethanol

หมายเหตุ: ↗ คือ การเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ E0 และ ↘ คือการลดลงเมื่อเทียบกับ E0

ง) การปล่อยก๊าซ NOx

Reference	การปล่อยก๊าซ NOx						หน่วย	หมายเหตุ
	E0	E10	E20	E22	E85	E100		
จินดา เจริญพรพาณิชย์, 2551 [30]	0.104		0.108				g/km	เฉลี่ยจากการทดสอบรถยนต์ 2 คัน (A และ B)
G. Najafi, et al., 2009 [34]		33.94%↗	45.55%↗					ที่ 3000 rpm
Lisa A. Graham, et al., 2008 [16]		4%↗			42%↘			
Suani Teixeira Coelho, et.al., 2006 [21]				0.12 (0.04)		0.09 (0.14)	g/km	รถยนต์ปกติ (FFV)
C. Hammel-Smith, 2002 [33]				20%↗		14%↘		เอทานอลที่ใช้เป็น Hydrous Ethanol

หมายเหตุ: ↗ คือ การเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ E0 และ ↘ คือการลดลงเมื่อเทียบกับ E0

จ) การปล่อยก๊าซ Acetaldehyde

Reference	การปล่อยก๊าซ Acetaldehyde						หน่วย	หมายเหตุ
	E0	E10	E20	E22	E85	E100		
Robert K, Niven, 2005 [26]		100-200% ↗						
Lisa A. Graham, et al., 2008 [16]		129%↗			80%↗			
Suani Teixeira Coelho, et.al., 2006 [21]				0.004 (0.004)		0.019 (0.020)	g/km	รถยนต์ปกติ (FFV)
C. Hammel-Smith, 2002 [33]				360%↗		1000%↗		เอทานอลที่ใช้เป็น Hydrous Ethanol

หมายเหตุ: ↗ คือ การเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ E0 และ ↘ คือการลดลงเมื่อเทียบกับ E0

ตารางที่ 2.24 การปล่อยมลพิษของจักรยานยนต์

ก) **การปล่อยก๊าซ CO_2**

Reference	การปล่อยก๊าซ CO2						หน่วย	หมายเหตุ
	E0	E10	E20	E22	E85	E100		
กรมควบคุมมลพิษ, 2551 [24]	39.51	37.43					g/km	

หมายเหตุ: ↗ คือ การเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ E0 และ ↘ คือการลดลงเมื่อเทียบกับ E0

ข) **การปล่อยก๊าซ CO**

Reference	การปล่อยก๊าซ CO						หน่วย	หมายเหตุ
	E0	E10	E20	E22	E85	E100		
Yung-Chen Yao, et.al.,2009[29]	3	2.6	2.8				g/km	
Austin Milt, et.al., 2009	11.66	10.88					g/km	
กรมควบคุมมลพิษ, 2551 [24]	13.14	14.68					g/km	
Li-Wei Jia, et al., 2005	6.86	4.74					g/km	

หมายเหตุ: ↗ คือ การเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ E0 และ ↘ คือการลดลงเมื่อเทียบกับ E0

ค) **การปล่อยก๊าซ HC**

Reference	การปล่อยก๊าซ HC						หน่วย	หมายเหตุ
	E0	E10	E20	E22	E85	E100		
Li-Wei Jia, et al., 2005	0.562	0.384					g/km	

หมายเหตุ: ↗ คือ การเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ E0 และ ↘ คือการลดลงเมื่อเทียบกับ E0

ง) **การปล่อยก๊าซ NOx**

Reference	การปล่อยก๊าซ NOx						หน่วย	หมายเหตุ
	E0	E10	E20	E22	E85	E100		
Li-Wei Jia, et al., 2005	0.368	0.345					g/km	

หมายเหตุ: ↗ คือ การเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ E0 และ ↘ คือการลดลงเมื่อเทียบกับ E0

จ) **การปล่อยก๊าซ** Acetaldehyde

Reference	การปล่อยก๊าซ Acetaldehyde						หน่วย	หมายเหตุ
	E0	E10	E20	E22	E85	E100		
Li-Wei Jia, et al., 2005		~5-50%↗						

หมายเหตุ: ↗ คือ การเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ E0 และ ↘ คือการลดลงเมื่อเทียบกับ E0

เสกสรร พรหมนิช, 2552 ศึกษาผลของอัลดีไฮด์ที่เกิดจากแกโซฮอล สามารถสรุปสาระสำคัญได้ คือ สารพิษ "อัลดีไฮด์" (Aldehyde) ถูกหยิบยกขึ้นมาเป็นประเด็นในการทบทวนนโยบายการส่งเสริมแกโซฮอล E85 เพราะเมื่อเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทเอทานอลที่ไม่สมบูรณ์จะมีการปลดปล่อยอัลดีไฮด์ออกมาในปริมาณมาก จากการทดสอบของ U.S. Government Agency และ U.S.-Department of Energy โดยความร่วมมือและดำเนินงานของ 3 หน่วยงาน คือ National Renewable Laboratory, Automotive Testing Laboratories และ Environmental Research and Development Corp. พบว่าการใช้แกโซฮอล E85 ช่วยลดสารก่อมลพิษที่กำหนดตามมาตรฐานไอเสีย 4 ชนิด คือ นันมีเทน ไฮโดรคาร์บอน (NMHC) CO, CO2 และ NOx เมื่อเปรียบเทียบความเป็นพิษ พบว่าสารอัลดีไฮด์ถือว่ามีความเป็นพิษน้อยที่สุด (The least potent) หรือมีความเป็นพิษน้อยกว่าสารพิษชนิดอื่นๆ รวมทั้งเบนซินและ 1,3-butadiene ถึง 125 เท่า (U.S.EPA, 1999) ดังนั้นจึงถือได้ว่าแม้จะรวมเอาปริมาณอัลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้นแล้ว ระดับความเป็นพิษโดยรวม (The toxicity potency) ยังน้อยกว่าการปล่อยมลพิษจากน้ำมันเบนซินอยู่มาก การจัดกลุ่มสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งของ U.S. EPA ได้ระบุอย่างชัดเจนว่า ทั้งสารฟอร์มัลดีไฮด์และอะเซตัลดีไฮด์ (Acetaldehyde) ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่ม PROBABLE ที่เรียกง่าย ๆ ว่าเป็นกลุ่มที่มีความเป็นไปได้ที่จะเป็นสารก่อมะเร็ง ในขณะที่สารพิษอีก 2 ชนิด คือ 1,3-putadi-ene ถูกจัดอยู่ในกลุ่ม KNOWN ซึ่งมีความหมายว่าสารในกลุ่มนี้ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นสารก่อมะเร็งจริง ผลการศึกษาเรื่องอัลดีไฮด์ทั่วโลก โดยเฉพาะของ Volkswagen ในประเทศบราซิลที่ประสบความสำเร็จในด้านการพัฒนาเอทานอล พบว่าสารอัลดีไฮด์เกือบทั้งหมดถูกกำจัดได้หลังจากผ่านแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (Catalytic Converter (CAT)) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ลดมลพิษที่มีการใช้กันในรถยนต์มาตั้งแต่ปี ค.ศ.1987 และเป็นมาตรฐานที่รถยนต์ในปัจจุบันทุกคันต้องมี เมื่อไอเสียถูกลดมลพิษโดยผ่าน CAT แล้ว พบว่าปริมาณอะเซตัลดีไฮด์ที่เหลืออยู่นั้นมีปริมาณน้อยมากจนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่จะก่อให้เกิดความเป็นพิษ ทั้งในด้านของปริมาณ และความสามารถในการเกิดความเป็นพิษที่ต่ำมาก (Risk Factor = 0.008) ดังนั้น หากรถยนต์ที่ใช้งานอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ไม่เกิดความบกพร่องของ CAT ก็ไม่มีทางที่จะก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับมลพิษที่กล่าวถึง เว้นแต่อุปกรณ์ดังกล่าวมีความบกพร่องของ CAT ก็ไม่มีทางที่จะก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับมลพิษที่กล่าวถึง เว้นแต่อุปกรณ์ดังกล่าวมีความบกพร่องหรือหมดอายุการใช้งาน ซึ่งนั่นก็ไม่ใช่ปัญหาที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลแต่อย่างใด ด้วยเหตุนี้ ประเทศต่างๆ อาทิ สหรัฐอเมริกา สวีเดน เยอรมนี บราซิล จีน จึงมั่นใจในการประกาศใช้เอทานอลเป็นพลังงานทดแทนของชาติในปัจจุบัน

กรณีสาร MTBE ที่ใช้เป็นสารเพิ่มค่าออกเทนสำหรับน้ำมันเบนซินปกติอยู่นั้น เป็นสารที่สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งจากการกินและการหายใจ ถึงแม้ว่ายังไม่มีรายงานเกี่ยวกับอันตรายถึงชีวิตจากการสูดดมสาร MTBE แต่พบว่าสาร MTBE มีอันตรายต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาว คือ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อบุผิว มีผลต่อระบบประสาท ทำให้เกิดอาการวิงเวียน ปวดศีรษะและคลื่นไส้อาเจียนได้ในลักษณะพิษเฉียบพลัน สำหรับพิษเรื้อรังที่เกิดจากสาร MTBE คือ มีผลต่อระบบการหายใจในระยะยาว

เพิ่มอัตราการเกิดโรคหอบและเพิ่มความรุนแรงของโรคหอบได้ มีผลต่อความแข็งแรงของทารกในครรภ์ เพิ่มความเสี่ยงในการแท้ง หรือการตายของทารกในครรภ์

จากการทดสอบสารMTBE ด้านพิษวิทยาในทดลองพบว่า สาร MTBE ที่ความเข้มข้น 10,800 mg/m^3 ในอากาศ มีผลทำให้น้ำหนักแรกเกิดของหนูลดลง เพิ่มอัตราการแท้งของหนู ก่อให้เกิดเนื้องอกในไตและในอัณฑะของหนูมากขึ้น การรับสาร MTBE ทั้งจากการหายใจและการกิน เพิ่มโอกาสในการเป็นมะเร็ง ทั้งมะเร็งต่อมน้ำเหลือง และมะเร็งเม็ดเลือดขาวในหนูทดลอง แต่ยังไม่มีรายงานพบว่าสาร MTBE ทำให้เกิดเนื้องอกหรือมะเร็งในคน ดังนั้น สำนักงานวิจัยและการพัฒนา (ORD) องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (EPA) จึงพิจารณาให้สาร MTBE เป็นสารก่อมะเร็งในกลุ่ม C คือ เป็นสารที่สามารถก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ได้ จากข้อมูลสนับสนุนการเกิดมะเร็งที่พบใน.ทดลองเท่านั้น

แหล่งที่มาและพื้นที่ปนเปื้อนสาร MTBE คือ พื้นที่ที่มีกิจกรรมเกี่ยวข้องกับน้ำมันเบนซินที่มีสาร MTBE เป็นสารออกซิเจนเนต เช่น สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง คลังน้ำมันเชื้อเพลิง อู่ซ่อมรถ พื้นที่จราจร แนวท่อส่งน้ำมัน และบริเวณที่มีการรั่วไหลของน้ำมัน สาร MTBE สามารถปนเปื้อนในอากาศได้ทั้งจากการระเหยเข้าสู่อากาศโดยตรง ซึ่งเกิดขึ้นได้ระหว่างขั้นตอนผลิตสาร MTBE ขั้นตอนการผสมในน้ำมันเชื้อเพลิง การขนถ่ายน้ำมัน และจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีสาร MTBE ผสมอยู่ [35]

การที่จะเดินหน้าส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลนั้น ทุกประเทศต่างมีการศึกษาผลกระทบในการใช้เอทานอลด้านต่างๆ อย่างละเอียดรอบคอบแล้วจนได้ข้อมูลที่ชัดเจนนำไปสู่การตัดสินใจใช้ผลทดสอบหรือผลการศึกษาดังกล่าวไปอ้างอิง เพื่อเดินหน้านโยบายการใช้พลังงานทดแทน โดยเฉพาะการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลซึ่งประเทศต่างๆ เหล่านี้ล้วนแต่มีบุคลากรที่มีความรู้ ความสามารถ มีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ครบครัน ทันสมัย รวมทั้งมีความใส่ใจในสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนในประเทศไม่ได้น้อยไปกว่าประเทศไทย และด้วยประสบการณ์การพัฒนาที่ยาวนานและการศึกษาวิจัยตลอดระยะเวลากว่า 30 ปีที่ผ่านมาของทั้งประเทศบราซิล สหรัฐอเมริกา สวีเดน ฯลฯ จึงเป็นสิ่งที่ประเทศไทยต้องนำมาศึกษาต่อยอดหรือประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์กับเราให้ได้มากที่สุด

การประเมิลผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลและมันสำปะหลัง เปรียบเทียบกับ MTBE ที่มีการใช้เป็นสารเติมแต่งในน้ำมัน (Octane Enhancer) โดยมีสมบัติช่วยให้ทำหน้าที่เป็นส่วนผสมในการผลิตแก โซฮอลและน้ำมันเบนซิน ที่สัดส่วนร้อยละ 10 เท่ากัน เพื่อการปรับปรุงค่า Octane ของน้ำมัน มูลนิธิสิ่งแวดล้อมไทย, 2550 [13] ได้ศึกษาและมีผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 2.25 โดยผลการศึกษา พบว่า หากใช้เอทานอลในการเติมสารเชื้อเพลิงเพื่อทดแทน MTBE จะมีผลกระทบสิ่งแวดล้มโดยรวมต่ำกว่า MTBE แต่ต้องอยู่ภายในเงื่อนไขของโรงงานผลิตเอทานอลดังนี้

- ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในการผลิตเอทานอล
- ต้องเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการของเสียของผู้ผลิตเอทานอล และสร้างมูลค่าเพิ่มทางสิ่งแวดล้อมโดยการพัฒนาการนำของเสียไปใช้โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการน้ำเสีย เช่น

ระบบก๊าซชีวภาพ (Biogas), การทำปุ๋ย, การผลิตอาหารสัตว์ (DDGS) หรือการใช้ประโยชน์ของเสียอื่นๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการหมัก

ตารางที่ 2.25 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (LCA) ของผลิตภัณฑ์เอทานอล 99.5% ที่ผลิตจากมันสำปะหลัง กากน้ำตาล เปรียบเทียบกับ MTBE ที่ปริมาณ 1000 ลิตร [13]

Impact category	เอทานอล (มันสำปะหลัง)	เอทานอล (กากน้ำตาล)	MTBE
abiotic depletion	เอทานอล < MTBE เพราะเป็นพลังงานทดแทน แต่ MTBE มาจากปิโตรเลียม		
global warming (GWP 100)	ค่า GWP ของเอทานอล (มันสำปะหลัง) < เอทานอล (กากน้ำตาล) < MTBE		
human toxicity	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ		
fresh water aquatic ecotox.	การผลิต MTBE ก่อให้เกิดมลสารทางอากาศ		
marine aquatic ecotoxicity	(ในที่นี้พิจารณาเฉพาะก๊าซ HF ช่วงการผลิต MTBE จากฐานข้อมูลต่างประเทศ		
terrestrial ecotoxicity	ขณะที่ไม่มีการตรวจพบจากการผลิตเอทานอล)		
photochemical oxidation	เอทานอล (กากน้ำตาล) สูงสุด เพราะมลสาร CO และ CH_4 จากเกษตรเกิดมาก		
acidification	เอทานอล < MTBE (แต่ขึ้นกับมลสารประเภท So_x ที่เกิดจากเชื้อเพลิงที่ใช้)		
eutrophication	เอทานอล > MTBE เนื่องจาก COD, Nitrogen น้ำเสียสูงกว่ามาก		

หมายเหตุ: เอทานอล (กากน้ำตาล) เป็นผลการศึกษาจากค่าเฉลี่ยของ 3 โรงงานตัวอย่าง
เอทานอล (มันสำปะหลัง) เป็นค่าคำนวณ Scenario กรณีที่โรงงานเดินเต็มระบบ และใช้พลังงานทดแทนเป็นเชื้อเพลิง MTBE อ้างอิงจากฐานข้อมูลต่างประเทศ (ETH - Europe)

2.4 การปรับปรุงเครื่องยนต์

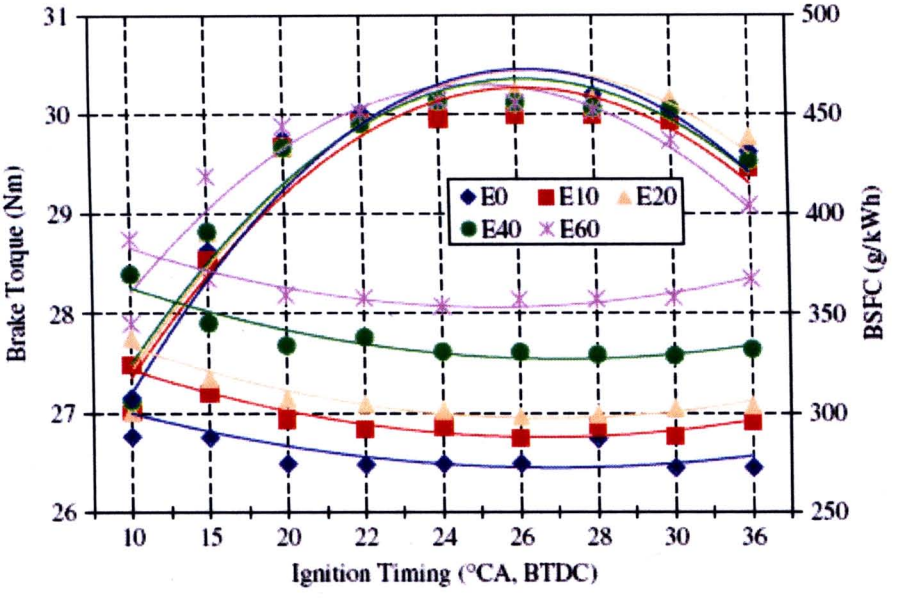
ในการปรับปรุงเครื่องยนต์ให้รองรับการใช้แกโซฮอล E10, E20 และ E22 หรือมากกว่านั้น จะรวมถึงการปรับปรุงเครื่องยนต์เดิมที่ออกแบบมาสำหรับใช้น้ำมันเบนซินและรวมถึงการออกแบบเครื่องยนต์ใหม่ให้รองรับ สามารถแยกพิจารณาพารามิเตอร์การออกแบบเครื่องยนต์ได้เป็น 2 กรณี คือ ตัวแปรด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ และตัวแปรด้านวัสดุการออกแบบระบบเครื่องยนต์

2.4.1 ตัวแปรด้านสมรรถนะเครื่องยนต์

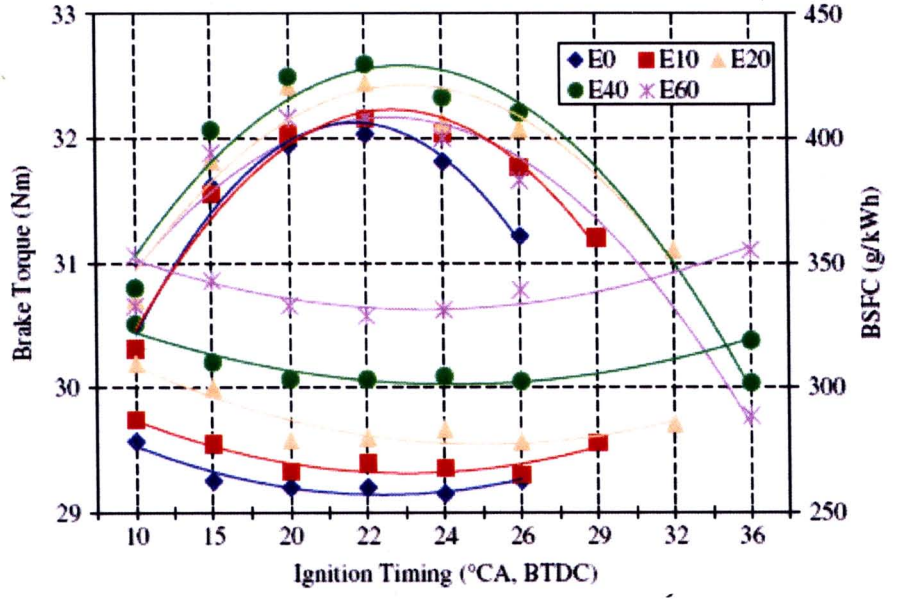
การออกแบบเครื่องยนต์ให้ได้สมรรถนะที่สูงและมลพิษต่ำขึ้นอยู่กับข้อมูลการออกแบบเครื่องยนต์ดังนี้

2.4.1.1 อัตราส่วนการอัด (Compression Ratio)

อัตราส่วนการอัดคือค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาตรกระบอกสูบสูงสุดต่อปริมาตรกระบอกสูบต่ำสุด ตัวแปรออกแบบนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติของน้ำมัน กรณีเป็นเครื่องยนต์จุดระเบิกด้วยการอัดจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 16:1-23:1 (เครื่องยนต์รถยนต์นั่งและรถบรรทุก) กรณีเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟเช่นจักรยานยนต์จะอยู่ที่ประมาณ 6:1–11:1 และรถยนต์นั่งจะอยู่ที่ประมาณ 8:1-10:1 [36] กรณีการใช้แกโซฮอลในอัตราส่วนผสมที่สูงขึ้นกว่า E20 สามารถเพิ่มอัตราส่วนการอัดให้สูงขึ้นกว่าได้ จะทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์สูงขึ้น เห็นได้จากงานวิจัย [24] การเพิ่มอัตราส่วนการอัดจาก 8:1 เป็น 10: 1 ส่งผลให้แรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้แกโซฮอล E20 และ E40 สูงขึ้นกว่า 5% เห็นได้ดังภาพที่ 2.3 และยังช่วยให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงกว่าและลดการน็อกได้ แต่ที่การใช้แกโซฮอล E60 จะทำให้แรงบิดต่ำลงมากอีกทั้งมีการสิ้นเปลืองสูง



(ก)

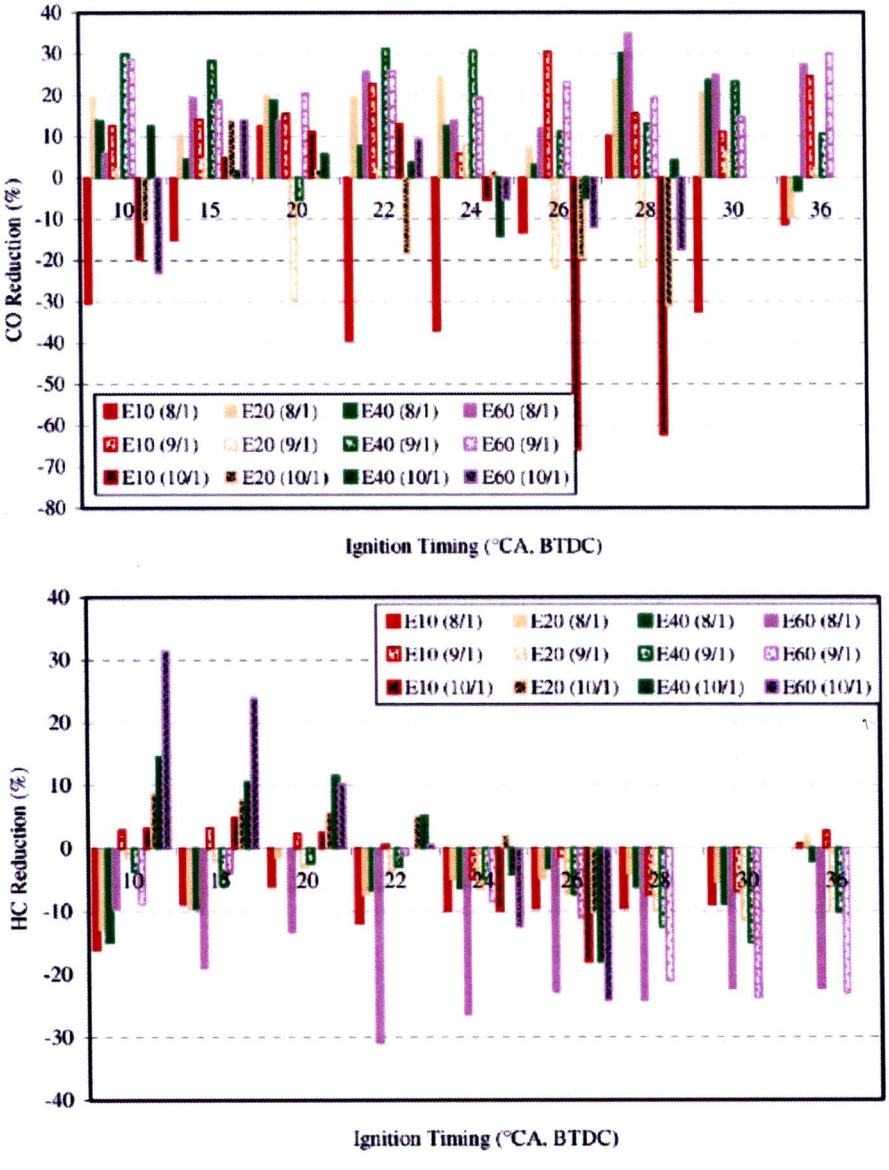


(ข)

ภาพที่ 2.3 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่อัตราส่วนการอัด 8:1 (ก) และ 10:1 (ข)

2.4.1.2 จังหวะการจุดระเบิด (Ignition Timing)

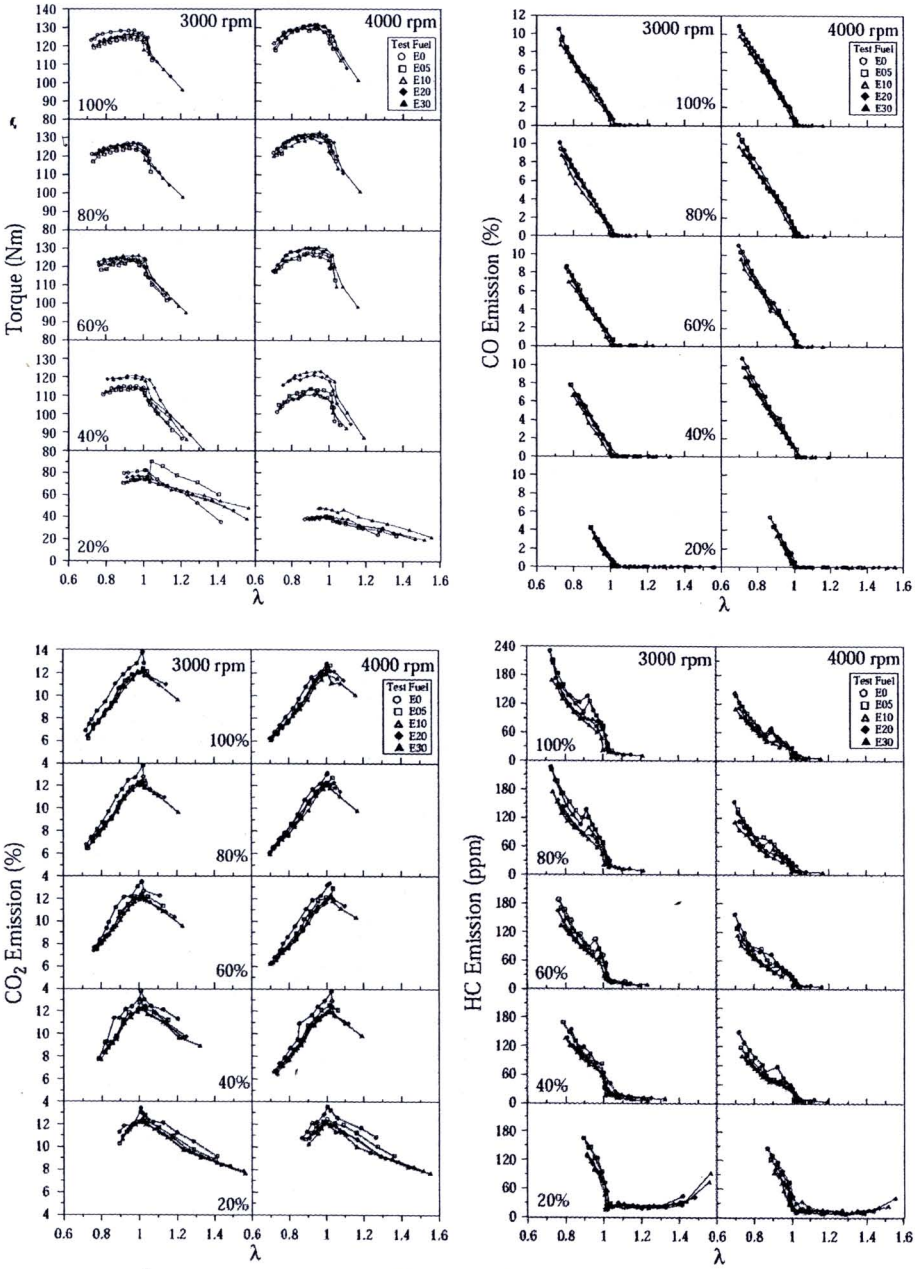
จังหวะการจุดระเบิดของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟคือการจุดระเบิดที่หัวเทียนเป็นการเริ่มต้นกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ถูกสั่งการจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECU) หรือถ้าเป็นเครื่องยนต์รุ่นเก่าจะมาจากจานจ่ายไฟ จากงานวิจัย [24] ดังภาพที่ 2.3 เห็นได้ชัดเจนว่าการใช้แกโซฮอล E10, E20 และ E40 ช่วงจังหวะการจุดระเบิดที่ 26-36 BTDC ให้แรงบิดใกล้เคียงกันกับเบนซิน แต่เมื่อถ้าปรับจังหวะการจุดระเบิดให้ล่าช้าลงการใช้แกโซฮอลจะให้แรงบิดที่สูงกว่า E0 (เบนซิน) และยังช่วยลดมลพิษได้มากขึ้น เห็นได้ดังภาพที่ 2.4 สรุปได้ว่าการใช้แกโซฮอลในช่วง E20–E40 ถ้าปรับจังหวะการจุดระเบิดที่ล่าช้าจะช่วยให้มีการลดมลพิษได้สูงในขณะที่แรงบิดของเครื่องยนต์สูงที่อัตราส่วนการอัดสูงขึ้น



ภาพที่ 2.4 การปลดปล่อยมลพิษ CO และ HC ของเครื่องยนต์ที่จังหวะการจุดระเบิดตำแหน่งต่างๆ [24]

2.4.1.3 อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (A/F Ratio)

A/F Ratio คือค่าที่มาจากการควบคุมปริมาณอากาศของเครื่องยนต์ให้เหมาะสมต่อสภาวะการเผาไหม้ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะมีค่า A/F ที่แตกต่างกันไป กรณีเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินจะมีค่าอัตราส่วน A/F อยู่ที่ 14.6 [36] กรณีเอทานอล E0 จะอยู่ที่ประมาณ 9 [16] เท่านั้น ดังนั้นการผสมเอทานอลลงในน้ำมันเบนซินจะทำให้มีความต้องการค่าอัตรา A/F ทางทฤษฎีที่ลดลงจาก 14.6 แต่อย่างไรก็ดียังต้องขึ้นอยู่กับการผสมที่ดีด้วย จากงานวิจัย [25] ได้ทำการทดสอบการใช้แก๊โซฮอล E5, E10, E20 และ E30 ที่ค่าอัตราส่วนสมมูลของอากาศต่อเชื้อเพลิง, ($\lambda = ((A/F)_a/(A/F)_t)$ โดยที่ t คือ ทางทฤษฎี, a คือ จริง) ตั้งแต่ 0.6 – 1.6 ได้ผลดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊โซฮอลที่สัดส่วนต่างๆ กับการปรับค่าอัตราส่วนสมมูลของอากาศต่อเชื้อเพลิง [25]

จากผลการทดสอบเห็นได้ว่าการใช้แกโซฮอลนั้นตอบสนองได้ดีที่ความเร็วรอบสูงๆ ที่เปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์ว Throttle ประมาณ 20–40% ค่า λ ที่สูงขึ้นจะให้แรงบิดที่ดีขึ้น กรณีการปลดปล่อยมลพิษเห็นได้ว่าการใช้แกโซฮอล E5 ถึง E30 จะปลดปล่อย CO_2 น้อยลง และจะมีการปลดปล่อย CO_2 น้อยกว่า E0 ได้มากที่สุดที่ค่า λ ประมาณ 1 เปรียบเทียบเหตุผลได้โดยใช้ปฏิกิริยาการเผาไหม้ทางทฤษฎีของเอทานอลดังสมการที่ (1) และ การเผาไหม้เบนซินดังสมการที่ (2) [25]

$$C_2H_5OH + 3(O2 + 3.76N_2) \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O + 11.28N_2 \quad (1)$$

จะได้ $CO_2(\%)_{ethanol} = \left[\frac{2}{2+11.28}\right] \times 100\% = 15.06\%$

$$C_8H_{15} + 11.75(O2 + 3.76N_2) \rightarrow 8CO_2 + 7.5H_2O + 44.18N_2 \quad (2)$$

จะได้ $CO_2(\%)_{ethanol} = \left[\frac{8}{8+44.18}\right] \times 100 = 15.33\%$

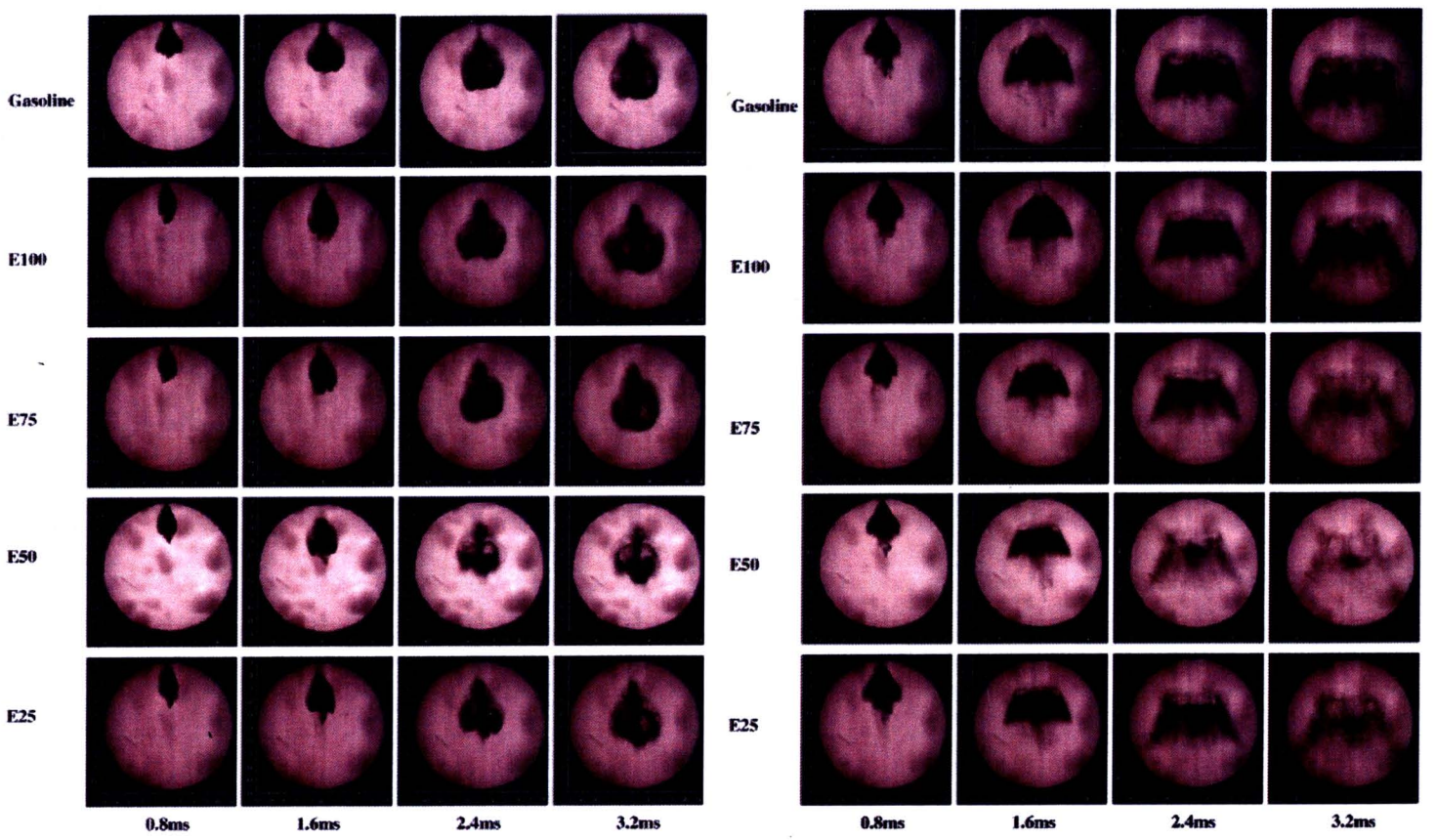
กรณี CO มีการปลดปล่อยใกล้เคียงกัน และจะมีการปลดปล่อยลดลงมากถ้า λ มีค่าสูงขึ้นเช่นเดียวกับการปลดปล่อยมลพิษ HC การใช้แกโซฮอลจะมีการปลดปล่อย HC ต่ำกว่าเนื่องจากมีออกซิเจนในตัว

สรุปได้คือ การใช้แกโซฮอล E5 ถึง E30 ที่ส่วนผสมอากาศน้อย (Rich Mixture) หรืออากาศมาก (Lean Mixture) ก็ตามนั้นแทบไม่มีผลเสียต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์อีกทั้งมีการปลดปล่อยมลพิษที่ต่ำ ทั้งนี้เป็นผลมาจากข้อดีของการผสมเอทานอลลงไปจะทำให้ในตัวน้ำมันมีปริมาณออกซิเจนอยู่ด้วยช่วยให้บริเวณการเผาไหม้มีออกซิเจนเพียงพอ

กรณีที่เป็นรถยนต์คาร์บูเรเตอร์รุ่นเก่านั้น Yung-Chen Yao [29] ได้ข้อเสนอแนะว่าการใช้น้ำมันผสมเอทานอลที่สูงเช่น E20 นั้นควรต้องมีการปรับปรุงระบบคาร์บูเรเตอร์กรณี E10 นั้นไม่ส่งผลกระทบมากนัก รถยนต์ที่เป็นระบบเช่นนี้อาจต้องมีการขยายพื้นที่การไหลให้รองรับ เช่น นมหนู [37] และในระบบที่ประกอบไปด้วยวัสดุที่เป็นยางหรือพลาสติกอาจต้องมีการปรับเปลี่ยน ซึ่งค่าใช้จ่ายส่วนนี้ไม่สูงมากหรืออาจต่ำกว่า 1,000 บาท ด้วยซ้ำ

2.4.1.4 การฉีดเชื้อเพลิง

การเผาไหม้ในเครื่องยนต์เบนซินเป็นการเผาไหม้ส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิงที่เกิดจากการฉีดสเปรย์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการระเหยหยดเชื้อเพลิงและการเผาไหม้เชื้อเพลิงหลังการจุดระเบิด สเปรย์ที่ดีต้องทำให้มีการกระจายหยดละอองที่ดี ขนาดหยดละออกเล็ก มุมสเปรย์ที่กว้าง เพื่อให้มีการระเหยและผสมกับอากาศได้ดี ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการสเปรย์คือระบบการฉีดเชื้อเพลิง Jian Gao และคณะ [38] ได้ทำการทดสอบสเปรย์แบบ Swirl-type injector sprays ยี่ห้อ Mitsubishi กับแกโซฮอลที่ส่วนผสมต่างๆ เปรียบเทียบกับสเปรย์ของน้ำมันเบนซิน พบว่าการสเปรย์ของแกโซฮอลพุ่งช้ากว่า มีมุมสเปรย์กว้างกว่าหลังจากฉีดไปแล้วกว่า 2.5 ms เห็นได้ดังภาพที่ 2.6



Injection 5.0 MPa, ambient 0.1 MPa Injection 5.0 MPa, ambient 0.5 MPa

ภาพที่ 2.6 สเปรย์ของแกโซฮอลเปรียบเทียบกับเบนซิน [38]

กรณีที่ความดันแตกต่างในการฉีดที่ต่ำๆ การใช้เบนซินจะมีมุมสเปรย์ที่กว้างกว่าอย่างเห็นได้ชัด ดังภาพที่ 2.6 แต่อย่างไรก็ดีหลังจากเวลาการฉีด 2.5 ms ไปแล้วมุมสเปรย์ของทุกชนิดน้ำมันมีค่าใกล้เคียงกันอีกทั้งการใช้แกโซฮอลมีแนวโน้มให้มุมสเปรย์กว้างกว่าอีกด้วย สรุปได้คือการใช้แกโซฮอลตั้งแต่ส่วนผสมเอทานอล E25 จนถึง E100 ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบการฉีดน้ำมันแบบเดิม โดยคุณลักษณะของสเปรย์ยังถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี แต่กรณีที่ความดันแตกต่างในการฉีดมีค่าต่ำการสเปรย์ช่วงแรกจะด้อยกว่าการใช้เบนซิน ดังนั้นการเพิ่มแรงดันการฉีดเชื้อเพลิงจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามมารถกระทำได้ อีกกรณีหนึ่งคือระบบการผสมเชื้อเพลิงกับอากาศในท่อร่วมไอดีหลังการฉีดสเปรย์ ถ้าเป็นส่วนผสมหนาเกินไปอาจต้องมีการปรับปรุง

กรณีตัวแปรออกแบบอื่นๆ เช่น ความดันยังผลเฉลี่ย ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร นั้นส่วนใหญ่เป็นตัวแปรที่ขึ้นกับแรงบิดและปริมาณอากาศที่กล่าวไว้แล้ว ส่วนตัวแปรออกแบบด้านรูปลักษณ์ เช่น น้ำหนักและปริมาตรจำเพาะของเครื่องยนต์ หรืออื่นๆ ที่ยังมีข้อมูลไม่ชัดเจนและไม่ค่อยส่งผลต่อการใช้แกโซฮอล จึงไม่ขอกล่าวถึง

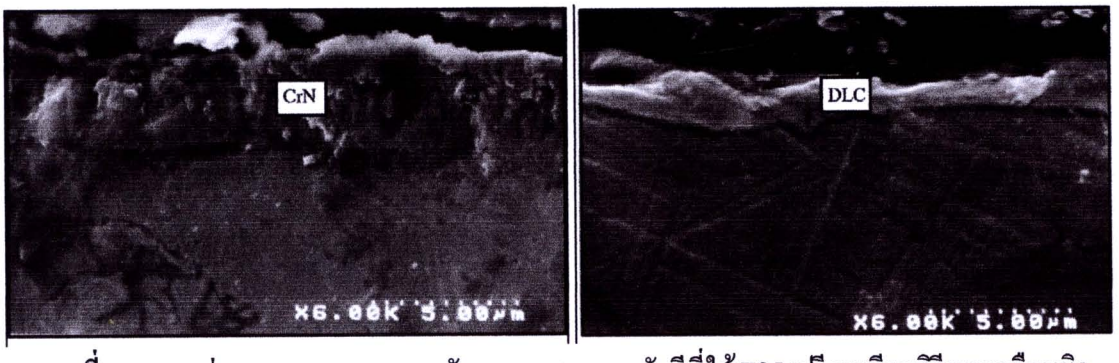
จากผลการสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมาทั้งในและต่างประเทศ เห็นได้ว่าการใช้แกโซฮอลที่สัดส่วนต่ำกว่า E40 นั้นมีความเป็นไปได้สูงมาก ทั้งกำลังเครื่องยนต์ แรงบิด การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง รวมถึงมีการปลดปล่อยมลพิษ เปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซินแล้วมีค่าใกล้เคียงกันถ้าพิจารณาจากตัวแปรออกแบบด้านสมรรถนะดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น กรณีการใช้แกโซฮอลที่มีสัดส่วนเอทานอลสูงกว่า E40 ควรมีการปรับปรุงตัวแปรออกแบบเพื่อให้ได้สมรรถนะที่ดีขึ้น เช่นจากงานวิจัย [24] เห็นได้ว่าการใช้ E60 จะทำให้แรงบิดต่ำลงมาก มีการสิ้นเปลืองสูงมาก และจากงานวิจัย [39] กล่าวว่า สมรรถนะการขับขี่จะแย่ลง อีกทั้งยังสตาร์ทได้ยากในขณะเครื่องเย็น (Cold Start) ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงตัวแปรออกแบบสมรรถนะเครื่องยนต์ใหม่ ซึ่งเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและมีราคาแพง อาจต้องมีการปรับปรุงห้องเผาไหม้เพื่อเพิ่มอัตราส่วนการอัด หรืออาจต้องใช้ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ใหม่เสริมชุดเดิมเพื่อควบคุมจังหวะการจุดระเบิดและควบคุมปริมาณอากาศให้เหมาะสม อีกทั้งระบบผสมอากาศ หรือ ท่อร่วมไอดี ฯลฯ ต้องมีการปรับปรุงเช่นกัน

แต่อย่างไรก็ดีไม่เพียงแค่เฉพาะตัวแปรออกแบบด้านสมรรถนะที่เป็นตัวจำกัดปริมาณการผสมเอทานอลเท่านั้น ยังมีปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการสึกกร่อนของอุปกรณ์เครื่องยนต์อีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

2.4.2 การปรับปรุงวัสดุอุปกรณ์และระบบ

แกโซฮอลที่มีส่วนผสมของเอทานอลจะเป็นน้ำมันที่มีการกัดกร่อน (Corrosion) กับโลหะ (Metallic Materials) และยังทำปฏิกิริยาเคมีที่ทำลายวัสดุประเภทพลาสติกและยาง [39] ซึ่งต้องออกแบบให้วัสดุที่ใช้สามารถรองรับปัญหานี้ได้ ความเป็นกรดของแกโซฮอลนั้นจะไปกัดกร่อนโลหะบริเวณผนังห้องเผาไหม้ส่วนบนที่สัมผัสกับละอองเชื้อเพลิง และมีความหล่อลื่นในตัวต่ำ ทำให้บริเวณนั้นเกิดแรงเสียดทาน

สูง มีการรั่วของแก๊ส และทำให้มีการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่นได้ การใช้แกโซฮอลในสัดส่วนที่สูงเช่น E85 อาจต้องปรับปรุงเรื่องการเคลือบผิวโลหะ เช่นวิธี Chemical Vapor Deposited (CVD) Diamond Like Carbon (DLC), Physical vapor deposited (PVD) DLCs หรือวิธี CrN และ TiN ที่ช่วยปกป้องการสึกหรอของหัวฉีดได้ดี และจากงานวิจัยของ Simon [40] ได้ทำการทดสอบการขัดสีของแหวนลูกสูบกับกระบอกสูบที่มีการเคลือบผิวแบบต่างๆ เปรียบเทียบกับ Nitrided stainless steel (NSS) และ Chrome plated stainless steel กับการใช้แกโซฮอล E85 ผสมกับน้ำมันหล่อลื่นที่ความถี่ของการเสียดสี 10Hz (NSS, DLC และ CrN) และ 20 Hz (chrome –Coat) ผลจากภาพถ่ายดังภาพที่ 2.7 และค่าความหยาบของผิวหลังการขัดสีดังตารางที่ 2.26 พบว่าผิวทั้งสองมีค่าความขรุขระ (Roughness) ใกล้เคียงกัน แต่มีรอยแนวการเสียดสี (Skewness) ต่างกัน Chrome plated stainless steel มีค่าความขรุขระน้อยที่สุด



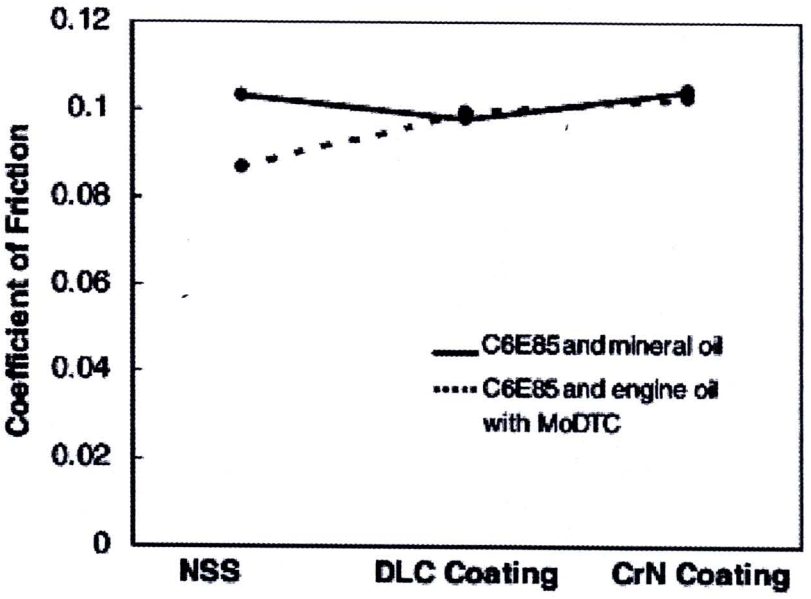
ภาพที่ 2.7 ภาพถ่ายของแหวนลูกสูบหลังการทดสอบการขัดสีที่ใช้ E85 เปรียบเทียบวิธีการเคลือบผิวแบบ CrN และ DLC, แหวนลูกสูบทำจาก Nitrided Stainless Steel [40]

ตารางที่ 2.26 ผลการทดสอบความหยาบของผิวแหวนลูกสูบที่ใช้แกโซฮอล E85 หลังการขัดสี [40]

Ring coating	Hardness (GPa)	RMS roughness (μm)
Nitrided steel	8	0.214
CrN	19	0.467
DLC	14	1.062
Chrome	9	0.0798

จากการวิจัย [40] ยังได้ทำการสำรวจความเหมาะสมของการผสมแกโซฮอล E85 กับน้ำมันหล่อลื่นต่างชนิดกัน พบว่า การเคลือบผิวแบบ CrN และ DLC ให้ผลมีการหล่อลื่นที่ดีใกล้เคียงกัน และการเคลือบผิวกับ Nitrided Stainless Steel ที่ใช้น้ำมันหล่อลื่นที่เติมสาร Molybdenum Dithiocarbamate (MoDTC) ให้ผลมีค่าสัมประสิทธิ์การเสียดทานที่ต่ำกว่าน้ำมันหล่อลื่นที่เติมสาร Organic Friction Modifier แสดงดังภาพที่ 2.8 เห็นได้ว่าสมบัติของแกโซฮอลจะส่งผลต่อความหล่อลื่นของน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งจะต้อง

เลือกน้ำมันหล่อลื่นให้เหมาะกับประเภทน้ำมันที่ใช้ รวมถึงวัสดุที่นำมาออกแบบแหวนลูกสูบและกระบอกสูบต้องมีการเคลือบผิวที่สามารถรองรับความเป็นกรดของน้ำมันได้



ภาพที่ 2.8 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของการใช้แกโซฮอล E85 ผสมกับน้ำมันหล่อลื่นเติมสาร MoDTC [40]

สำหรับบางประเทศเช่นประเทศบราซิล สมาคมผู้ผลิตรถยนต์ (ANFAVEA) ได้สรุปความจำเป็นของรถยนต์เบนซินที่ต้องมีการปรับปรุงเครื่องยนต์สำหรับการใช้แกโซฮอลผลิตจากอ้อยที่สัดส่วนผสมต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 2.27

ตารางที่ 2.27 ข้อมูลการปรับปรุงเครื่องยนต์ที่ใช้แกโซฮอลจากอ้อยในประเทศบราซิล [39]

Ethanol content in the fuel	**Carburetor**	**Fuel injection**	**Fuel pump**	**Fuel pressure device**	**Fuel filter**	**Ignition system**	**Evaporative system**	**Fuel tank**	**Catalytic converter**	**Basic engine**	**Motor oil**	**Intake manifold**	**Exhaust system**	**Cold start system**
5 %	NN for any vehicle													
5-10 %	PN	NN for relatively new fleets (10–15 years old)												
10-25 %	PN, Brazilian application									NN				
25-85 %	PN, US application													NN
85 %	PN, Brazilian application													

Source: ANFAVEA, 2005

(NN = not necessary; PN = possibly necessary)

- การใช้แกโซฮอล E5 (5%) นั้นไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ในระบบเชื้อเพลิงหรือเครื่องยนต์

- กรณีการใช้แกโซฮอล E5 ถึง E10 จำเป็นต้องมีการปรับปรุง Carburetor เพียงอย่างเดียวโดยมีราคาไม่เกิน 4,000 บาทเท่านั้น (ข้อมูลสนับสนุนจากอู่รถยนต์หนึ่งที่ได้ทำการสอบถาม)

- กรณีการใช้แกโซฮอล E10 ถึง E25 นั้นเป็นไปได้ที่ต้องมีการปรับปรุงระบบเชื้อเพลิง ปั๊มเชื้อเพลิง กรองเชื้อเพลิง หัวเทียน ระบบการระเหยเชื้อเพลิง ถังน้ำมันเชื้อเพลิง รวมถึงแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (Catalytic Converter) แต่ระบบไอดี ไอเสีย ระบบสตาร์ท และน้ำมันเครื่องยังไม่จำเป็นต้องปรับปรุง

- กรณีการใช้แกโซฮอล E25 ถึง E85 จำเป็นต้องมีการปรับปรุงระบบเครื่องยนต์เกือบทั้งหมด เช่น ระบบเชื้อเพลิง ระบบจุดระเบิด ระบบไอดี/ไอเสีย รวมถึงน้ำมันเครื่อง แต่ระบบสตาร์ทเครื่องขณะเย็นยังไม่มีปัญหา

- กรณีการใช้ E85 ขึ้นไป ต้องปรับปรุงระบบดังกล่าวในตารางทั้งหมด

จากข้อจำกัดทางด้านสมรรถนะและการสึกกร่อนของวัสดุ ทำให้ต้องมีปริมาณการผสมเอทานอลที่ลดลง ซึ่งความเป็นไปได้ในประเทศไทยในปัจจุบันมีการใช้แกโซฮอลสูงที่สุดอยู่ที่ E20 นั้นยังอยู่ในช่วงที่ต้องมีการปรับปรุงเครื่องยนต์ (E10–E25 ดังตารางที่ 2.27) เมื่อเพิ่มปริมาณการผสมเป็น E22 จึงยังอยู่ในเกณฑ์เดียวกับกรณี E20 ดังนั้นรถยนต์ที่ใช้แกโซฮอล E20 อยู่ปัจจุบันที่ได้รับการยืนยันแล้วจากบริษัทผู้ผลิตจึงสามารถเปลี่ยนมาใช้แกโซฮอล E22 ได้เช่นกัน

2.4.3 การใช้ชุด Conversion Kit สำหรับรถยนต์หัวฉีดเดิม [41]

อีกทางเลือกหนึ่งคือการปรับแต่งรถยนต์หัวฉีดเดิมที่ใช้ ECU เป็นตัวประมวลผล โดยการเพิ่มชุด Conversion Kit เข้าไปเช่นชุด E85 Conversion Kit FFI ของบริษัท Fuel Flex International อุปกรณ์ E85 Conversion Kit FFI หรือสมองกลไฟฟ้า (ECU : Electronic Control Unit) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพื่อช่วยให้ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงทำงานเหมาะสมกับอัตราส่วนที่ผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันเบนซิน โดยใช้สัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ของสมองกลในรถยนต์ตัวเดิม แต่มีการปรับ-เพิ่ม การสั่งระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้สอดคล้องกับระบบจ่ายน้ำมันของเครื่องยนต์ ซึ่งโปรแกรมจะปรับส่วนผสมระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศ ทำให้รถยนต์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าว มีความสามารถในการใช้น้ำมันเบนซินปกติ แกโซฮอล E10, E20 และ E85 หรือผสมกันได้โดยอัตโนมัติ

การติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวจะติดตั้งระหว่าง หัวฉีด และ ECU ของเครื่องยนต์เป็นส่วนใหญ่ ขณะที่บางชนิดจะมีสายสัญญาณพ่วงกับออกซิเจนเซ็นเซอร์ หรือมีเซ็นเซอร์ร่วมกับออกซิเจนเซ็นเซอร์ อาจต้องจูนเครื่องยนต์ หรือติดตั้งสวิทช์เพื่อปรับการใช้แกโซฮอล E85 กับน้ำมันเบนซิน

ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างชุด Conversion Kit [41]

โดยราคาเฉพาะอุปกรณ์ดังกล่าวจะอยู่ประมาณ 19,800 บาท สำหรับรถยนต์ปี 2006 กรณีรถยนต์รุ่นเก่าทางบริษัทผู้นำเข้าแจ้งว่าสามารถใช้งานได้แต่ประสิทธิภาพยังไม่สามารถยืนยันได้ ราคาติดตั้งสูงขึ้นเป็นประมาณ 30,000 บาท ซึ่งขึ้นอยู่กับรถยนต์แต่ละรุ่น เนื่องจากต้องมีการเปลี่ยนวัสดุเช่น ท่อทางที่เป็นยาง โอริงในส่วนของระบบเชื้อเพลิง ปั๊มเชื้อเพลิง และอื่นๆ เพิ่มเติม

รถยนต์ที่มีอายุไม่เกิน 15 ปี โดยประมาณ และเป็นเครื่องยนต์หัวฉีด ใช้น้ำมันไร้สารตะกั่ว ต้องมีการตรวจเช็คการทำงานของระบบต่างๆ อาทิ ระบบออกซิเจนเซนเซอร์ ระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง ท่อยางน้ำมันเชื้อเพลิง ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง ถังน้ำมันเชื้อเพลิง หากเป็นถังเหล็กต้องมีสารเคลือบเทปล่อนกันสนิม เมื่อตรวจเช็คระบบและชิ้นส่วนต่างๆ สามารถใช้กับน้ำมันเอทานอลได้ และอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ EEI E85 แล้ว รถยนต์คันดังกล่าวจะสามารถเติมน้ำมันเบนซินปกติ, E10, E20 และ E85 หรือผสมระหว่างน้ำมันเบนซินกับน้ำมันที่มีส่วนผสมของเอทานอลก็ได้ ซึ่งรถประเภทนี้ จะเรียกว่า FFV (Flexible Fuel Vehicle)

รถยนต์เก่าที่มีอายุประมาณ 15 ปีขึ้นไป หรือรถยนต์ที่มีชิ้นส่วนต่างๆ เป็นเทคโนโลยีเก่า เช่น ท่อน้ำมันเชื้อเพลิงทำจากยางธรรมชาติผสม ถังน้ำมันเชื้อเพลิงภายในเป็นสนิม ไม่มีสารเคลือบป้องกันสนิม ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นชนิดไดอะแฟรม ควรต้องเปลี่ยนชิ้นส่วนดังกล่าวเสียก่อนจึงจะสามารถใช้น้ำมันเอทานอลได้

ตารางที่ 2.27-2.29 แสดงการประมาณค่าใช้จ่ายอะไหล่ที่จำเป็นต้องเปลี่ยนกรณีการปรับปรุงรถยนต์เดิมมาใช้แก๊โซฮอล E10, E20, E22 และ E85 โดยกรณีของ E22 นั้นใช้เกณฑ์เดียวกันกับการใช้ E20 ดังตารางที่ 2.28 จากผลการสำรวจเห็นได้ว่าการใช้แก๊โซฮอล E10 นั้นรถยนต์ที่มีอายุน้อยกว่า 20 ปีไม่จำเป็นต้องมีการปรับเครื่องยนต์ แต่ถ้าเป็นรถยนต์ที่มีอายุ 20 ปีขึ้นไปนั้นจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคาร์บูเรเตอร์ (Caburator) เพียงอย่างเดียวเพื่อให้สามารถจ่ายน้ำมันได้ดี อาจจะใช้เป็นชุดซ่อมหรืออาจเปลี่ยนทั้งลูกราคาอยู่ที่ 1,000-4,000 บาทเท่านั้น

กรณีแกโซฮอล E20/E22 ดังตารางที่ 2.29 รถยนต์เดิมที่เปลี่ยนมาใช้แกโซฮอล E20/E22 นั้นจำเป็นต้องมีการปรับปรุงพอสมควร โดยต้องทำการปรับปรุงระบบเชื้อเพลิง ระบบจุดระเบิด รวมถึงต้องมีการติดตั้งชุดควบคุมเพิ่มเติม (ECU ใหม่) เพื่อให้สามารถใช้งานได้ อีกทั้งระบบสตาร์ทเครื่องขณะเย็นต้องมีการเปลี่ยนหรือปรับตั้งค่าใหม่ ให้มีช่วงเวลาที่เหมาะสมและจะช่วยลดปัญหาการสตาร์ทช่วงแรกได้ โดยราคาปรับปรุงจะอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกันตั้งแต่รถปัจจุบันจนถึง 20 ปี อยู่ที่ประมาณ 31,200-128,800 บาท โดยรถยนต์รุ่นใหม่ๆ ที่ออกแบบมารองรับแกโซฮอล E10 อยู่แล้วนั้นอาจจะมีค่าปรับปรุงต่ำกว่ารถยนต์รุ่นเก่าที่ไม่ได้ออกแบบมารองรับ ตารางที่ 2.30 แสดงราคาประมาณการปรับปรุงเครื่องยนต์กรณีการใช้แกโซฮอล E85 เห็นได้ว่ารถยนต์เดิมนั้นต้องมีการปรับปรุงทั้งระบบเชื้อเพลิง ระบบอากาศ ระบบไอเสีย จนกระทั่งถึงระบบควบคุม ECU แต่ที่สำคัญคือตัวแปรพื้นฐานของเครื่องยนต์ (Basic Engine) ที่ต้องมีการปรับปรุงซึ่งเป็นเรื่องที่ยุ่งยากเนื่องจากอาจต้องมีการรื้อถอดเครื่องยนต์เพื่อเปลี่ยนก้านสูบ ลูกสูบ เพราะการใช้แกโซฮอล E85 ให้ได้สมรรถนะที่สูงนั้นจำเป็นต้องมีการปรับปรุงอัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์ให้เหมาะสม จากการประมาณราคาปรับปรุงอาจสูงถึง 178,600 บาท ดังตารางที่ 2.30 แต่กรณีรถยนต์รุ่นใหม่ที่มีอะไหล่หลายๆ ส่วนถูกออกแบบมาให้รองรับการใช้แกโซฮอล E10 อยู่แล้วนั้นอาจไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนและทำให้ราคาต่ำลงได้บ้าง

ตารางที่ 2.28 การประมาณต้นทุนการปรับปรุงรถยนต์ให้สามารถรองรับการใช้แก๊โซฮอล E10

	อายุรถยนต์										
% Ethanol Blended	<5 ปี		6 - 10 ปี		11 - 15 ปี		16 - 20 ปี		>20 ปี		หมายเหตุ
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
Carburator	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	4,000	คาร์บูเรเตอร์อาจใช้เป็น Rebult Kit ชุดละประมาณ 1,000 บาท ถ้าเปลี่ยนใหม่ทั้งลูกอาจแพงถึง 3,500-4,000 บาท
Fuel Injection	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fuel Pump	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fuel Pressure Device	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fuel Fillter	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ignition System (ECU)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Evaporation & Mixing System	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fuel Tank	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Catalytic Converter	-	-	-	-	-	-	-	-	8,000*	20,000*	รถยนต์ก่อนปี พ.ศ.2536 ลงไปส่วนใหญ่ไม่มีเคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (Catalytic convertor) เพราะกฎหมายเริ่มบังคับใช้ปี พ.ศ.2536 (*คือติดตั้งใหม่)
Basic Engine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Motor Oil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Intake Manifold	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Exhaust System	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cold Start System	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total	-	-	-	-	-	-	-	-	9,000	24,000	

หมายเหตุ: ข้อมูลที่สำรวจมาสำหรับรถยนต์ที่ไม่ได้ถูกออกแบบมาให้รองรับการใช้แก๊โซฮอลชนิดนั้นๆ กรณีรถยนต์ที่ออกแบบมารองรับจะไม่ขอกล่าวถึง

ที่มา: ข้อมูลการสอบถามจากศูนย์บริการอะไหล่รถยนต์โตโยต้า ร้านค้า และสื่อต่างๆ

ตารางที่ 2.29 การประมาณต้นทุนการปรับปรุงรถยนต์ให้สามารถรองรับการใช้แก๊โซฮอล E20/E22

% Ethanol Blended	อายุรถยนต์										หมายเหตุ
	<5 ปี		6 - 10 ปี		11 - 15 ปี		16 - 20 ปี		>20 ปี		
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
Carburator	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	4,000	คาร์บูเรเตอร์อาจใช้เป็น Rebult Kit ชุดละประมาณ 1,000 บาท ถ้าเปลี่ยนใหม่ทั้งลูกอาจแพงถึง 3,500-4,000 บาท
Fuel Injection	4,000	12,000	4,000	12,000	4,000	12,000	4,000	12,000	-	-	หัวฉีดควรเปลี่ยนเพื่อรองรับการจ่ายน้ำมันที่สูงกว่าเพราะแก๊โซฮอล E20 สิ้นเปลืองกว่า ถ้าไม่เปลี่ยนเครื่องยนต์จะทำงานไม่เต็มสมรรถนะ (เปลี่ยน 4 - 6 หัว ตามแต่ละรุ่น)
Fuel Pump	1,500	5,000	1,500	5,000	1,500	5,000	1,500	5,000	1,500	5,000	ปั๊มควรต้องเปลี่ยนต้องทนกัดกร่อนและแรงดันต้องพอ รถยนต์บางรุ่นอาจใช้ปั๊มถึงสองตัว
Fuel Pressure Device	3,500	16,000	3,500	16,000	3,500	16,000	3,500	16,000	3,500	16,000	เป็นตัวควบคุมระบบแรงดันน้ำมันราคาประมาณ 3,500 บาท แต่ถ้าเป็นของ Bosh อาจสูงถึง 16,000 บาท
Fuel Fillter	200	800	200	800	200	800	200	800	200	800	เป็นกรองสำหรับใช้เอทานอลปริมาณมากๆ และต้องทนการกัดกร่อน
Ignition System (ECU)	7,000*	50,000**	7,000*	50,000**	7,000*	50,000**	7,000*	50,000**	-	-	เป็นชุด Conversion Kit สำหรับรถยนต์หัวฉีดเดิมให้ใช้แก๊โซฮอล E85 E20 หรือ E10 แต่ผู้ใช้ต้องเลือกชนิดน้ำมันเอง แต่ถ้าติดเซนเซอร์ตรวจจับเอทานอลด้วยราคาจะเพิ่มขึ้นอีก 30,000 - 40,000 บาท (* คือไม่รวมชุดเซ็นเซอร์ และ ** คือราคารวมชุดเซ็นเซอร์วัดเอทานอลแล้ว)
Evaporation & Mixing System	3,000**	15,000**	3,000**	15,000**	3,000**	15,000**	3,000**	15,000**	500*	15,000*	เป็นระบบผสมน้ำมันและระเหย ลิ้นผีเสื้อต้องแปลงหรือเปลี่ยนให้รองรับเป็นแบบ Mechanical จะถูกแต่ถ้าเป็น Electronic จะแพง บางรุ่นอาจถึง 10,000 - 15,000 บาท (* คือ ระบบ Mechanical และ ** คือ ระบบ Electronic)
Fuel Tank	4,000	10,000	4,000	10,000	4,000	10,000	4,000	10,000	4,000	10,000	ถังน้ำมันบางรุ่นอาจรองรับได้แต่ระบบวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิงที่เป็นทองแดงจะผุกร่อนและเกิดการชำรุดได้
Catalytic Converter	-	-	-	-	-	-	-	-	8,000*	20,000*	รถยนต์ก่อนปี พ.ศ.2536 ลงไปส่วนใหญ่ไม่มีแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (Catalytic convertor) เพราะกฎหมายเริ่มบังคับใช้ปี พ.ศ.2536 (*คือติดตั้งใหม่)
Basic Engine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Motor Oil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Intake Manifold	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Exhaust System	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cold Start System	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total	31,200	128,800	31,200	128,800	31,200	128,800	31,200	128,800	18,700*	70,800*	*รถยนต์คาร์บูเรเตอร์จะไม่สามารถปรับเปลี่ยนให้เป็นรถยนต์หัวฉีดได้เนื่องจากมีราคาแพงมาก จึงทำการปรับแต่งเฉพาะส่วนที่ให้สามารถรองรับน้ำมันแก๊โซฮอลได้แต่สมรรถนะโดยรวมจะต่ำลงและมีการปล่อยมลพิษสูงกว่ารถยนต์หัวฉีดได้

หมายเหตุ: ข้อมูลที่สำรวจมาสำหรับรถยนต์ที่ไม่ได้ถูกออกแบบมาให้รองรับการใช้แก๊โซฮอลชนิดนั้นๆ กรณีรถยนต์ที่ออกแบบมารองรับจะไม่ขอกล่าวถึง

ที่มา: ข้อมูลการสอบถามจากศูนย์บริการอะไหล่รถยนต์โตโยต้า ร้านค้า และสื่อต่างๆ

ตารางที่ 2.30 การประมาณต้นทุนการปรับปรุงรถยนต์ให้สามารถรองรับการใช้แกโซฮอล E85

% Ethanol Blended	อายุรถยนต์										หมายเหตุ
	<5 ปี		6 - 10 ปี		11 - 15 ปี		16 - 20 ปี		>20 ปี		
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
Carburator	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	4,000	คาร์บูเรเตอร์อาจใช้เป็น Rebult Kit ชุดละประมาณ 1,000 บาท ถ้าเปลี่ยนใหม่ทั้งลูกอาจแพงถึง 3,500-4,000 บาท
Fuel Injection	4,000	12,000	4,000	12,000	4,000	12,000	4,000	12,000	-	-	หัวฉีดควรเปลี่ยนเพื่อรองรับการจ่ายน้ำมันที่สูงกว่าเพราะแกโซฮอล E20 สิ้นเปลืองกว่า ถ้าไม่เปลี่ยนเครื่องยนต์จะทำงานไม่เต็มสมรรถนะ (เปลี่ยน 4 - 6 หัว ตามแต่ละรุ่น)
Fuel Pump	1,500	5,000	1,500	5,000	1,500	5,000	1,500	5,000	1,500	5,000	ปั๊มควรต้องเปลี่ยนต้องทนกัดกร่อนและแรงดันต้องพอ รถยนต์บางรุ่นอาจใช้ปั๊มถึงสองตัว
Fuel Pressure Device	3,500	16,000	3,500	16,000	3,500	16,000	3,500	16,000	3,500	16,000	เป็นตัวควบคุมระบบแรงดันน้ำมันราคาประมาณ 3,500 บาท แต่ถ้าเป็นของ Bosh อาจสูงถึง 16,000 บาท
Fuel Fillter	200	800	200	800	200	800	200	800	200	800	เป็นกรองสำหรับใช้เอทานอลปริมาณมากๆ และต้องทนการกัดกร่อน
Ignition System (ECU)	7,000*	50,000**	7,000*	50,000**	7,000*	50,000**	7,000*	50,000**	-	-	เป็นชุด Conversion Kit สำหรับรถยนต์หัวฉีดเดิมให้ใช้แกโซฮอล E85 E20 หรือ E10 แต่ผู้ใช้ต้องเลือกชนิดน้ำมันเอง แต่ถ้าติดเซนเซอร์ตรวจจับเอทานอลด้วยราคาจะเพิ่มขึ้นอีก 30,000 - 40,000 บาท (* คือไม่รวมชุดเซ็นเซอร์ และ ** คือราคารวมชุดเซ็นเซอร์วัดเอทานอลแล้ว)
Evaporation & Mixing System	3,000**	15,000**	3,000**	15,000**	3,000**	15,000**	3,000**	15,000**	500*	15,000*	เป็นระบบผสมน้ำมันและระเหย ลิ้นผีเสื้อต้องแปลงหรือเปลี่ยนให้รองรับเป็นแบบ Mechanical จะถูกแต่ถ้าเป็น Electronic จะแพง บางรุ่นอาจถึง 10,000 - 15,000 บาท (* คือ ระบบ Mechanical และ ** คือ ระบบ Electronic)
Fuel Tank	4,000	10,000	4,000	10,000	4,000	10,000	4,000	10,000	4,000	10,000	ถังน้ำมันบางรุ่นอาจรองรับได้แต่ระบบวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิงที่เป็นทองแดงจะผุกร่อนและเกิดการชำรุดได้
Catalytic Converter	8,000	20,000	8,000	20,000	8,000	20,000	8,000	20,000	8,000*	20,000*	รถยนต์ก่อนปี พ.ศ.2536 ลงไปส่วนใหญ่ไม่มีแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (Catalytic convertor) เพราะกฎหมายเริ่มบังคับใช้ปี พ.ศ.2536 (*คือติดตั้งใหม่)
Basic Engine	4,000	20,000	4,000	20,000	4,000	20,000	4,000	20,000	4,000	20,000	ราคาก้านสูบ+ค่าดัดแปลงลูกสูบ+ค่าแรง+อื่นๆ ต้องทำเพราะถ้าใช้สัดส่วนเอทานอลสูงๆ ค่าอัตราส่วนอัดอาจจำเป็นต้องเปลี่ยน
Motor Oil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ราคาใกล้เคียงกับน้ำมันเครื่องทั่วไป
Intake Manifold	1,500	4,000	1,500	4,000	1,500	4,000	1,500	4,000	1,500	4,000	เป็นราคาเปลี่ยนหรือดัดแปลงใหม่ให้รองรับ
Exhaust System	3,000	12,000	3,000	12,000	3,000	12,000	3,000	12,000	3,000	12,000	ขนาดท่อไอเสียต้องเปลี่ยนเพื่อให้รองรับการเปลี่ยนแปลงแก๊สจากการเผา E85
Cold Start System	2,500	13,800	2,500	13,800	2,500	13,800	2,500	13,800	-	-	Cold Start Value + Accessories ราคาแตกต่างกันไปตามแต่ละรุ่นหรือปีที่ผลิต โดยต้องมีการปรับค่า Timer ใหม่ให้เหมาะสม
Total	42,200	178,600	42,200	178,600	42,200	178,600	42,200	178,600	27,200*	93,300*	*รถยนต์คาร์บูเรเตอร์จะไม่สามารถปรับเปลี่ยนให้เป็นรถยนต์หัวฉีดได้เนื่องจากมีราคาแพงมาก จึงทำการปรับแต่งเฉพาะส่วนที่ให้สามารถรองรับน้ำมันแกโซฮอลได้แต่สมรรถนะโดยรวมจะต่ำลงและมีการปล่อยมลพิษสูงกว่ารถยนต์หัวฉีดได้

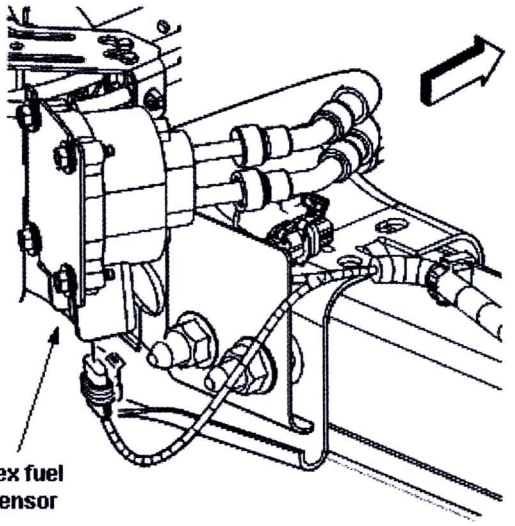
หมายเหตุ: - รายการที่แสดงราคานั้นควรต้องปรับปรุงให้สมบูรณ์เพราะอายุการใช้งานจะสั้นลง แต่กรณีของระบบ Cold Start และ Ignition System (ECO) นั้นจำเป็นต้องทำมิเช่นนั้นรถยนต์อาจไม่สามารถทำงานได้

- ข้อมูลที่สำรวจมาสำหรับรถยนต์ที่ไม่ได้ถูกออกแบบให้รองรับการใช้แกโซฮอลชนิดนั้นๆ กรณีรถยนต์ที่ออกแบบมารองรับจะไม่ขอกล่าวถึง

ที่มา: ข้อมูลการสอบถามจากศูนย์บริการอะไหล่รถยนต์โตโยต้า ร้านค้า และสื่อต่างๆ

2.4.4 รถยนต์เชื้อเพลิงยืดหยุ่น เช่น Flexible Fuel Vehicle (FFV)

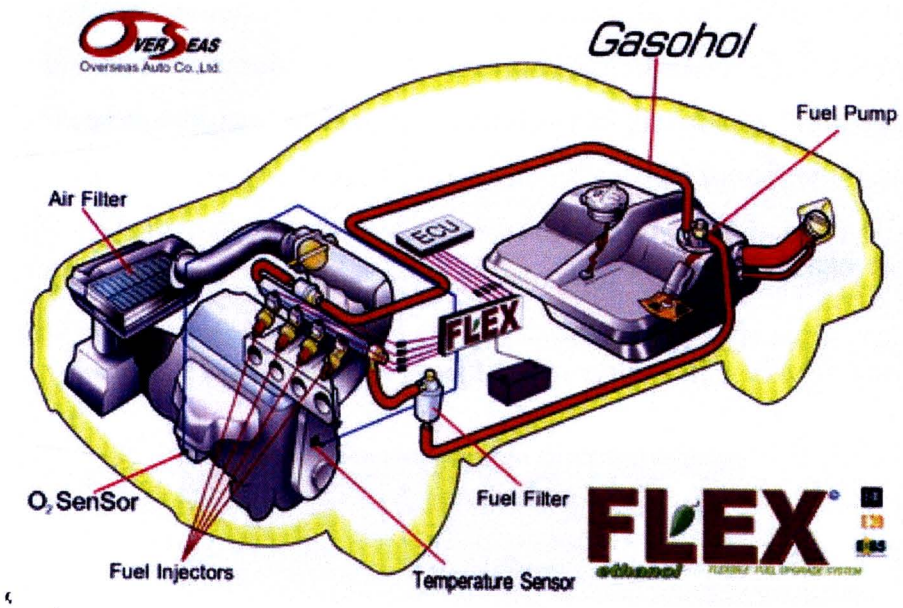
เชื้อเพลิงยืดหยุ่น (Flexible Fuel) คือ เชื้อเพลิงหลายประเภทผสมกันในอัตราส่วนที่ไม่คงตัว สำหรับรถยนต์เบนซินแล้วนั้นการนำเชื้อเพลิงแบบนี้มาใช้งานจำเป็นต้องปรับวิธีควบคุมเครื่องยนต์ให้เหมาะสม ได้แก่ การปรับจังหวะการจุดระเบิด ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงตามอัตราส่วนผสมของอากาศ-เชื้อเพลิงที่แปรผัน ระบบควบคุมเครื่องยนต์ (Engine Control Unit) สำหรับเชื้อเพลิงยืดหยุ่น จะใช้ระบบสมองกลฝังตัวและมีการควบคุมแบบป้อนกลับ (Closed-Loop) เพื่อคำนวณค่าอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศ-เชื้อเพลิง ที่ไม่คงที่ของเชื้อเพลิงยืดหยุ่น และปรับปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงและมุมจุดระเบิดที่ถูกต้องเพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด [42]



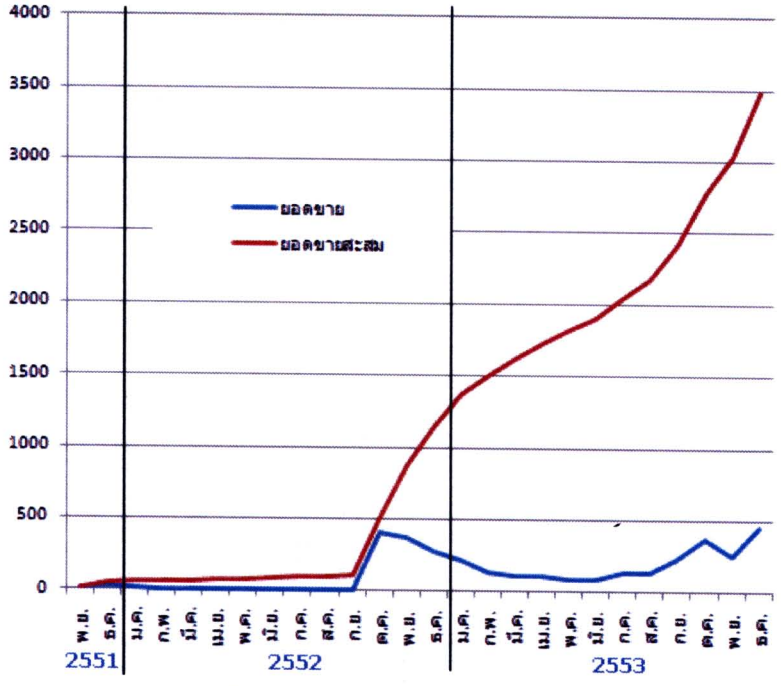
ภาพที่ 2.10 รูปตัวอย่างแสดงระบบตรวจวัดส่วนผสมเอทานอลในรถยนต์แบบเชื้อเพลิงยืดหยุ่น [43]

การใช้แกโซฮอลที่พบเห็นกันอยู่ทั่วไป คือ น้ำมันเบนซินผสมกับแอลกอฮอลแบบเอทานอลหรือแบบเมทานอลซึ่งเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดจะถูกผสมกันและบรรจุอยู่ในถังเก็บเดียวกันตามแต่ละสัดส่วนการผสม โดยในรถยนต์ชนิดนี้จะมีตัวรับสัญญาณ (Sensor) ค่าเปอร์เซ็นเอทานอลที่ผสมแล้วส่งค่ากลับไปยังหน่วยควบคุม (ECU) เพื่อคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ของการทำงานเครื่องยนต์ให้เหมาะกับน้ำมันเห็นได้ดังภาพที่ 2.11 กรณีการใช้แกโซฮอลนั้น รถยนต์ FFV นั้นสามารถรองรับการใช้แกโซฮอลได้ถึง 100% (E100) และได้รับการรับการยืนยันจากบริษัทผู้ผลิตรถยนต์แล้ว ปัจจุบันจำนวนรถยนต์ FFV ในประเทศไทยนั้นยังมีการใช้ไม่มากเนื่องจากยังติดปัญหาเรื่องภาษีการนำเข้าซึ่งปัจจุบัน (2554) รัฐบาลกำลังให้การสนับสนุนอยู่

รถยนต์ FFV ต้องมีการปรับเปลี่ยนวัสดุระบบเชื้อเพลิงเช่น ถังน้ำมัน ท่อจ่ายน้ำมัน และหัวฉีดน้ำมันให้ทนต่อ "**การกัดกร่อน**" ของเอทานอลได้อีกด้วย แต่โดยรวมแล้ว ระบบต่างๆ ของรถยนต์ FFV นั้นไม่แตกต่างจากรถยนต์ทั่วไปมากนักเห็นได้ดังภาพที่ 2.11 และปัจจุบัน (พ.ศ.2554) นั้นอาจมีรถยน FFV ที่มียอดจำหน่ายสะสมในประเทศไทยมากกว่า 3,500 คัน เห็นได้ดังรูปที่ 2.12 โดยส่วนใหญ่จะเป็นรถยนต์ยี่ห้อมิตซูบิชิ รุ่นแลนเซอร์ EX (1,852 คันในปี 2553) รองลงมาเป็นยี่ห้อวอลโว่ (483 คันในปี 2553) [2]



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างระบบรถยนต์แบบเชื้อเพลิงยืดหยุ่นจากบริษัท Overseas Auto Co.,Ltd. [44]



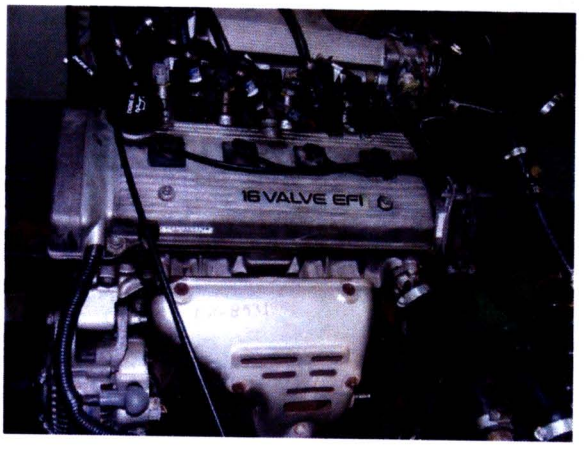
ภาพที่ 2.12 ยอดจำหน่ายรถยนต์ FFV [2]

2.5 ผลการทดสอบการใช้แกโซฮอลในรถยนต์และรถจักรยานยนต์รุ่นเก่า (จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่)

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบการใช้แกโซฮอล E20 กับเครื่องยนต์ของรถยนต์และจักรยานยนต์บนแท่นทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซิน และวิเคราะห์แนวทางในการปรับปรุงเครื่องยนต์ที่เหมาะสม

2.5.1 การทดสอบเครื่องยนต์ของรถยนต์

2.5.1.1 เครื่องยนต์เบนซิน 4 สูบ 4 จังหวะ TOYOTA รุ่น 5A FE ความจุ 1498 ซีซี ดังภาพที่ 2.13



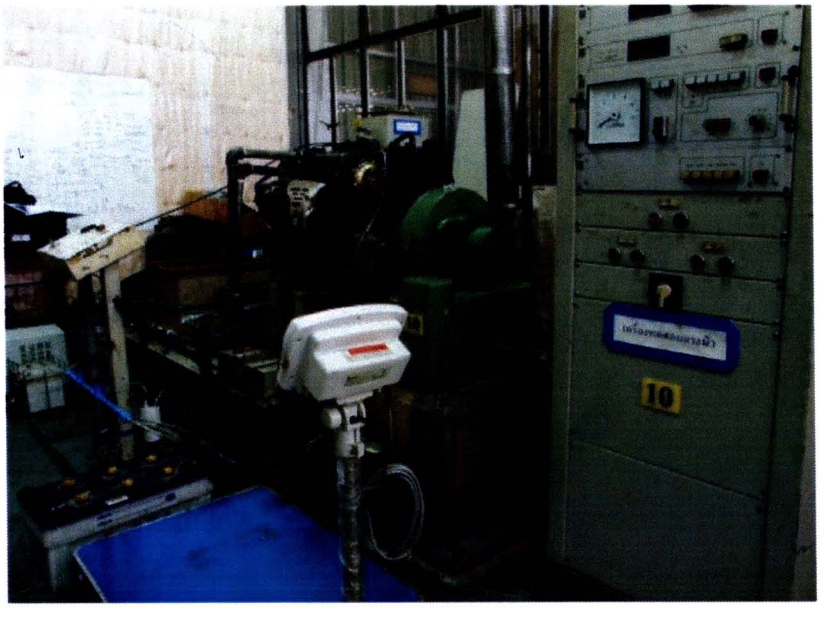
ภาพที่ 2.13 เครื่องยนต์เบนซิน TOYOTA รุ่น 5A FE ที่ใช้ทดสอบ

ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

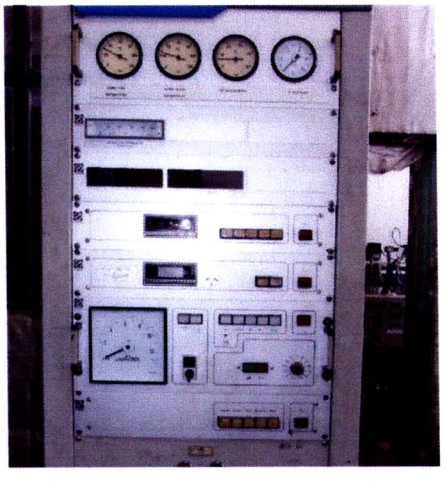
รุ่นเครื่อง	**5A FE**
จำนวนสูบ	4
แบบฝาสูบ	DOHC 16 V.
กระบอกสูบ x ช่วงชัก	78.7 x 77
ความจุ	1498 CC.
แรงม้า	100/5600
แรงบิด	14/4400

2.5.1.2 เครื่องทดสอบแบบเอดดี้เคอร์เรนต์ (Eddy Current Dynamometer)

มีลักษณะเป็นจานหมุนซึ่งขับโดยเครื่องทดสอบไปตัดกับสนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะถูกควบคุมความเข้มโดยการปรับกระแสไฟที่ไหลเข้าไปในขดลวด และเมื่อจานหมุนหมุนตัดกับสนามแม่เหล็กจะเกิดการเหนี่ยวนำขึ้นที่สเตเตอร์ ผลของการเหนี่ยวนำทำให้สเตเตอร์พยายามหมุนไปทางเดียวกับจานหมุน ซึ่งสามารถวัดแรงบิดที่เกิดขึ้นกับการเหนี่ยวนำได้จากสเกลที่ติดอยู่และนำไปคำนวณหาค่าพลังงานได้ อย่างไรก็ดีผลของการเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นกับสเตเตอร์ทำให้ให้เกิดความร้อน จึงต้องมีการระบายความร้อนโดยใช้น้ำหล่อเย็นด้วย ภาพที่ 2.14 และภาพที่ 2.15 แสดงเครื่องทดสอบและชุดควบคุมภาระ



ภาพที่ 2.14 เครื่องทดสอบแบบเอดดี้เคอร์เรนต์



ภาพที่ 2.15 ชุดควบคุมภาระของเครื่องยนต์

2.5.1.3 เครื่องวัดไอเสีย ยี่ห้อ HERMANN รุ่น HGA-400 ใช้วัดค่าไอเสียจากเครื่องยนต์

ภาพที่ 2.16 เครื่องวัดไอเสีย

2.5.1.4 เครื่องวัดรอบเบนซิน Timing Light for gasoline TECNOTEST 138

เป็นเครื่องมือสำหรับวัดรอบและมีไฟสัญญาณดูองศาการจุดระเบิดล่วงหน้า สามารถปรับเพิ่มหรือลดลงเพื่อดูองศาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์เบนซิน

ภาพที่ 2.17 Timing Light for gasoline TECNOTEST 138

2.5.2 วิธีการทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์

การทดสอบได้ทำการเดินเครื่องยนต์บนเครื่องทดสอบสมรรถนะ ทดสอบหาแรง แรงบิด และกำลังงาน ของเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันเบนซินและแกโซฮอล E20 ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลโดยการป้อนภาระเข้าเครื่องยนต์ 50 เปอร์เซ็นต์ แบบต่อเนื่อง โดยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ตรวจสอบระดับน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์
2. ตรวจสอบระดับน้ำระบายความร้อน
3. ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ให้เครื่องยนต์ทำงานที่รอบเดินเบาประมาณ 15 นาที
4. เปิดพัดลมระบายความร้อนให้กับเครื่องยนต์
5. ปรับตำแหน่งขาคันเร่งเปิดเต็มที่พร้อมกับปรับภาระให้กับเครื่องยนต์จนกระทั่งเครื่องยนต์มีความเร็วรอบ 2,000 รอบต่อนาที
6. ทำการปรับภาระให้กับเครื่องยนต์ โดยทำการปรับลดภาระให้กับเครื่องยนต์ให้รอบเครื่องยนต์เพิ่มทีละ 400 รอบต่อนาที แล้วบันทึกค่าแรงบิด และค่าไอเสีย จนถึงที่รอบ 6,000 รอบต่อนาที
7. เพิ่มภาระให้เครื่องยนต์จนรอบเครื่องยนต์ลดลงเหลือ 2,500 รอบต่อนาที แล้วจับเวลาหาการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เป็นระยะเวลา 5 นาที
8. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปทำการคำนวณหาสมรรถนะของเครื่องยนต์
9. เปลี่ยนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำมัน gasohol E20
10. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 ถึงข้อ 8
11. ทำการปรับแต่งเครื่องยนต์ ในการทดลองนี้ได้ใช้วิธีการปรับตั้งองศาจานจ่าย ที่ใช้สำหรับปรับแต่งการจุดระเบิดล่วงหน้าโดยทำการเดินเครื่องยนต์ที่ 2000 รอบต่อนาที แล้วทำการปรับจานจ่าย โดยใช้ timing light เพื่อตรวจสอบองศาการจุดระเบิด วิธีการปรับตำแหน่งจานจ่ายด้วยการคลายล๊อคจานจ่ายและทำการหมุนตัวเรือนจานจ่าย วัดค่ากำลังและไอเสียจากเครื่องยนต์
12. เปรียบเทียบค่ากำลัง แรงบิด ไอเสีย จากเครื่องยนต์ก่อนและหลังการปรับตั้งจานจ่าย

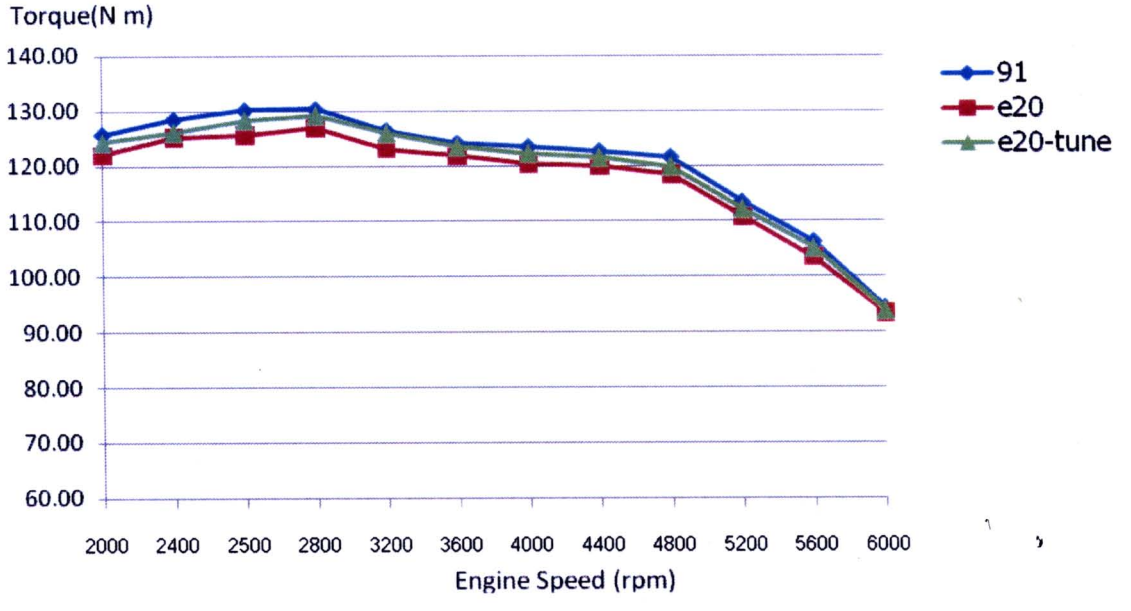
ทำการทดสอบแกโซฮอล E20 กับเครื่องยนต์ที่สภาวะการทำงานแบบเดียวกับการทดสอบข้างต้นและทดสอบการปรับแต่งองศาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์

ภาพที่ 2.18 การปรับตั้งจานจ่าย

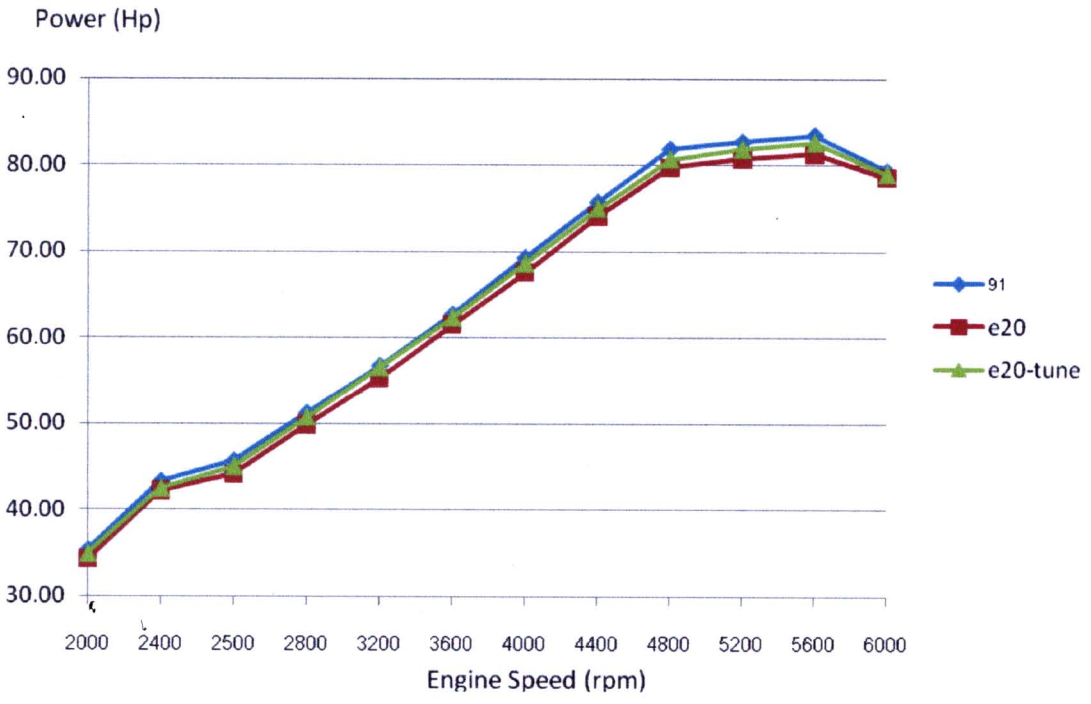
2.5.3 ผลการทดสอบ

ภาพที่ 2.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงบิดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91 กับแกโซฮอล E20 จากผลการทดลองพบว่าค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้แกโซฮอล E20 ก่อนปรับแต่งเครื่องยนต์มีค่าต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน 91 ประมาณ 0.9-3.4% และหลังจากมีการปรับจานจ่ายเพื่อให้มีการจุดระเบิดได้ดีขึ้น โดยทำการปรับองศาการจุดระเบิดที่ 8 องศาก่อนศูนย์ตายบน ผลการทดลองพบว่าค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้แกโซฮอล E20 หลังการปรับแต่งมีค่าต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน 91 ประมาณ 0.4-1.8% ทั้งนี้เป็นข้อจำกัดของการปรับแต่งเครื่องยนต์โดยปรับองศาการจุดระเบิดเท่านั้น ไม่ได้มีการปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง ดังนั้นควรมีการศึกษาการปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงจะทำให้เครื่องยนต์ที่ใช้แกโซฮอล E20 มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ภาพที่ 2.20 แสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91 กับแกโซฮอล E20 พบว่ากำลังของเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงกันที่ทุกความเร็วรอบของเครื่องยนต์

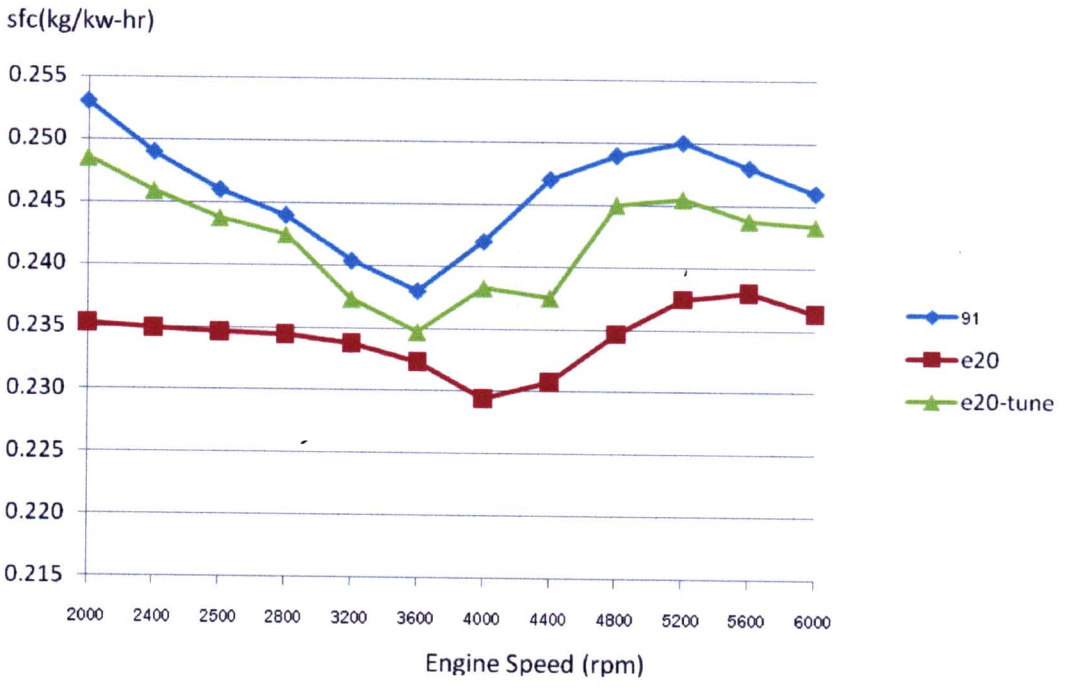


ภาพที่ 2.19 การเปรียบเทียบค่าแรงบิดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91 กับแกโซฮอล E20



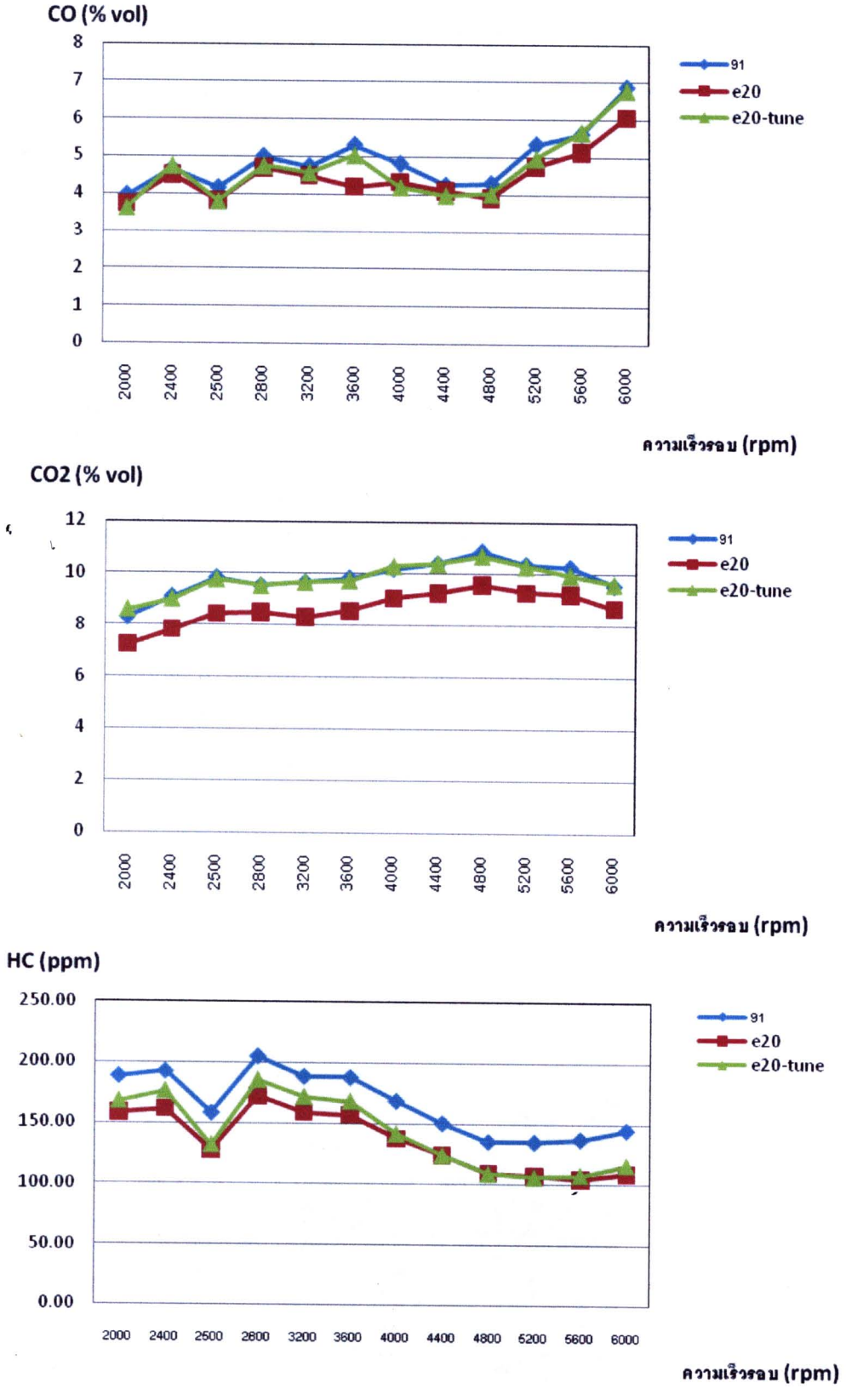
ภาพที่ 2.20 การเปรียบเทียบค่ากำลังจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91 กับแกโซฮอล E20

ภาพที่ 2.21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91 กับแกโซฮอล E20 พบว่าการใช้แกโซฮอล E20 มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน



ภาพที่ 2.21 ผลการเปรียบเทียบระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91 กับแกโซฮอล E20

ภาพที่ 2.22 แสดงผลการตรวจวัดมลพิษที่เกิดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินและแกโซฮอล E20 พบว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีค่าใกล้เคียงกันการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) พบว่าการใช้แกโซฮอล E20 โดยไม่มีการปรับแต่งเครื่องยนต์จะปล่อยมลพิษน้อยกว่า สำหรับการปล่อยไฮโดรคาร์บอน (HC) พบว่าการใช้แกโซฮอล E20 มีการปล่อยมลพิษน้อยกว่าน้ำมันเบนซิน



ภาพที่ 2.22 ผลการตรวจวัดมลพิษที่เกิดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินและแกโซฮอล E20

2.5.4 การทดสอบเครื่องยนต์จักรยานยนต์

2.5.4.1 จุดประสงค์ของการทดสอบ

1. เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องจักรยานยนต์เบนซินขนาด 1 สูบ 4 จังหวะ เมื่อใช้เชื้อเพลิงต่างกัน คือ น้ำมันเบนซินและแกโซฮอล E20
2. เพื่อศึกษาค่ามลพิษของเครื่องจักรยานยนต์เบนซินขนาด 1 สูบ 4 จังหวะ เมื่อใช้เชื้อเพลิงต่างกัน คือ น้ำมันเบนซินและแกโซฮอล E20
3. เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องจักรยานยนต์เบนซินขนาด 1 สูบ 4 จังหวะ เมื่อทำการปรับเปลี่ยนนมหนูหลัก (Main jet) ในคาร์บูเรเตอร์จากเบอร์ 75 เพิ่มเป็น 80 และ 85

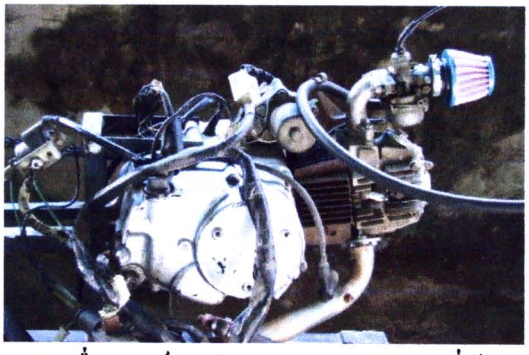
2.5.4.2 ขอบเขตของการศึกษา

1. เครื่องจักรยานยนต์เบนซินขนาด 1 สูบ 4 จังหวะ ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ ยี่ห้อ HONDA รุ่น Dream 100 ความจุ 97.1 ซีซี
2. น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ คือ เบนซิน 91 และแกโซฮอล E20
3. ทดสอบเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่มีความเร็วรอบ 3000 3500 4000 4500 และ 5000 รอบต่อนาที
4. วัดค่ามลพิษที่ต้องการคือ คาร์บอนมอนนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอน
5. วัดค่าแรงบิดและกำลังเบรกที่ผ่านชุดส่งกำลังของเครื่องยนต์

2.5.4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ สูบเดียว
   เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ สูบเดียว ยี่ห้อ HONDA รุ่น Dream 100 ความจุ 97.1 ซีซี

ภาพที่ 2.23 เครื่องจักรยานยนต์ฮอนด้าบนแท่นทดสอบ



ภาพที่ 2.24 เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ สูบเดียว ยี่ห้อ HONDA

ตารางที่ 2.31 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

รายการ	รายละเอียด
รุ่นเครื่อง	Honda dream 100
จำนวนสูบ	สูบเดียว
กระบอกสูบxช่วงชัก	50.0 x 49.5
ความจุ	97.1 CC.

2. เครื่องวัดไอเสีย

เครื่องวัดไอเสีย ยี่ห้อ HERMANN รุ่น HGA-400 ใช้สำหรับวัดค่าไอเสียจากเครื่องยนต์

ภาพที่ 2.25 เครื่องวัดไอเสีย

2.5.4.4 วิธีการทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์

ทำการเดินเครื่องยนต์บนเครื่องทดสอบสมรรถนะ ทดสอบหาแรง แรงบิด และกำลังงาน ของเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันเบนซิน 91 ทำการทดสอบและเก็บข้อมูล

1.1 ตรวจสอบระดับน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์

1.2 ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ให้เครื่องยนต์ทำงานที่รอบเดินเบาประมาณ 15 นาที

1.3 ปรับตำแหน่งคันเร่งจนกระทั่งเครื่องยนต์มีความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที

1.4 ทำการปรับภาระให้กับเครื่องยนต์ โดยทำการใส่น้ำหนักขนาด 10 กิโลกรัม จากนั้นทำการปรับคันเร่งให้เพิ่มขึ้นทีละ 500 รอบต่อนาที แล้วบันทึกค่าแรง การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง จนถึงที่รอบ 5,000 รอบต่อนาที

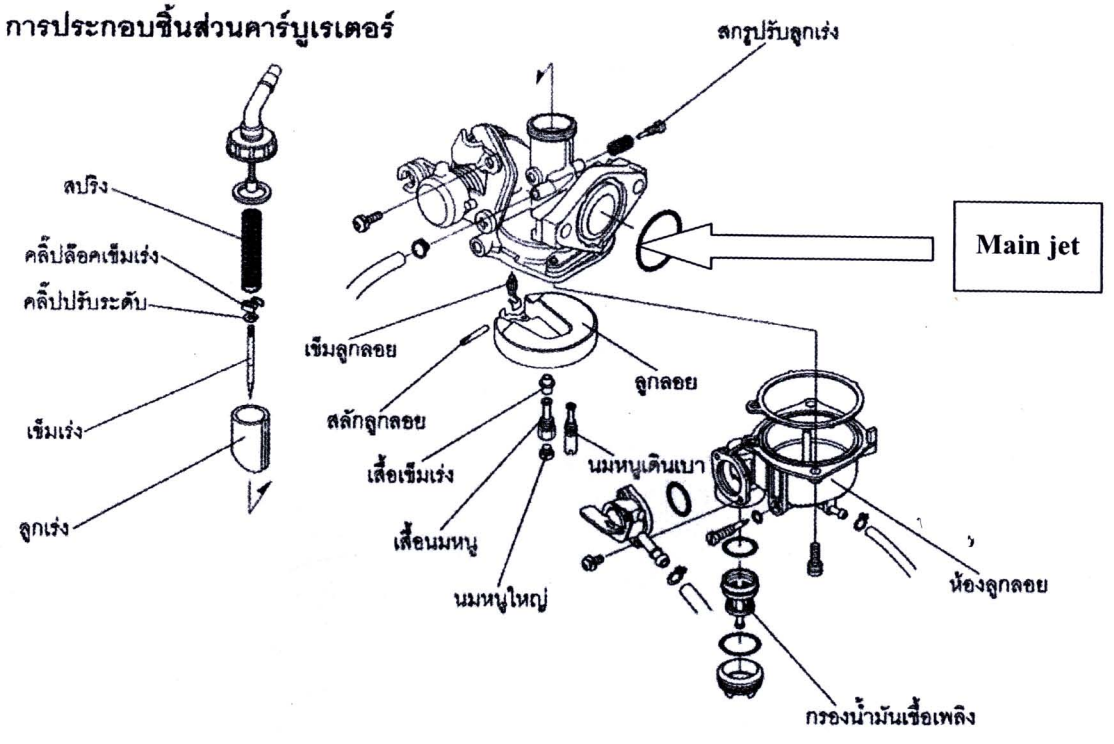
1.5 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปทำการคำนวณหาสมรรถนะของเครื่องยนต์

1.6 เปลี่ยนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำมันแกโซฮอล E20

1.7 ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1.1–1.5

1.8 ทำการปรับแต่งเครื่องยนต์ ในการทดลองนี้ได้ใช้วิธีการเปลี่ยนขนาดนมหนูหลัก main jet ในคาร์บูเรเตอร์ ให้มีขนาดโตขึ้น ขนาดนมหนูที่ใช้คือ เบอร์ 80 และ 85

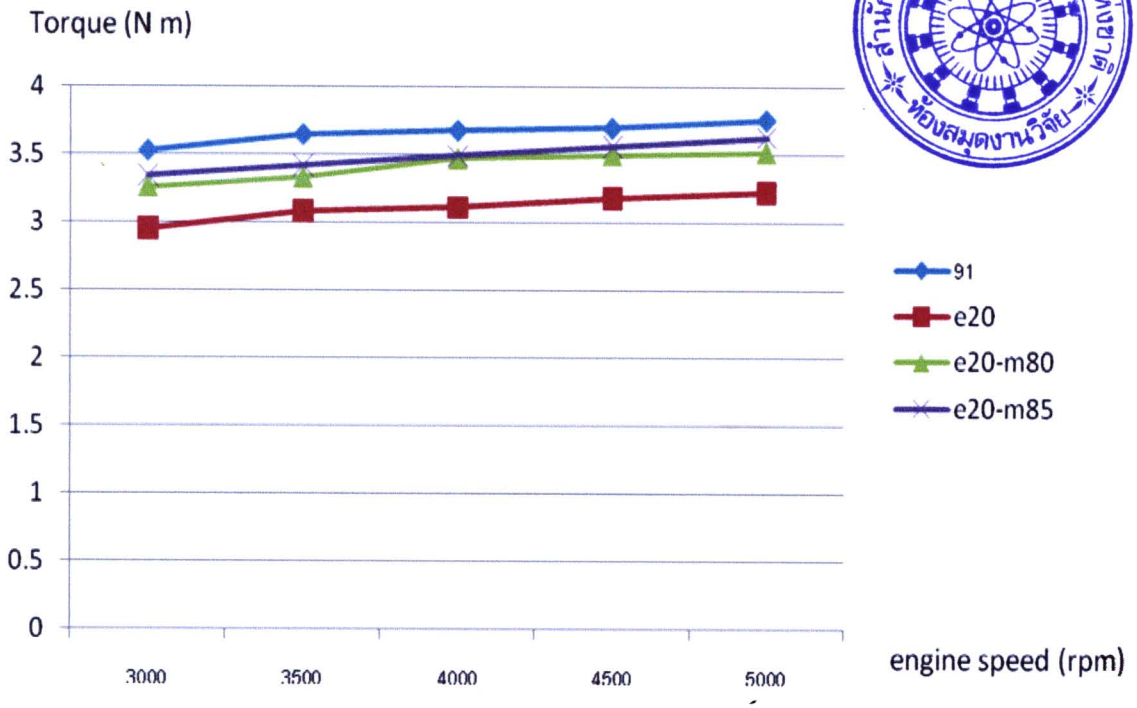
1.9 เปรียบเทียบค่ากำลัง แรงบิด ไอเสีย จากเครื่องยนต์ทั้งก่อนและหลังการเปลี่ยนขนาดนมหนู main jet



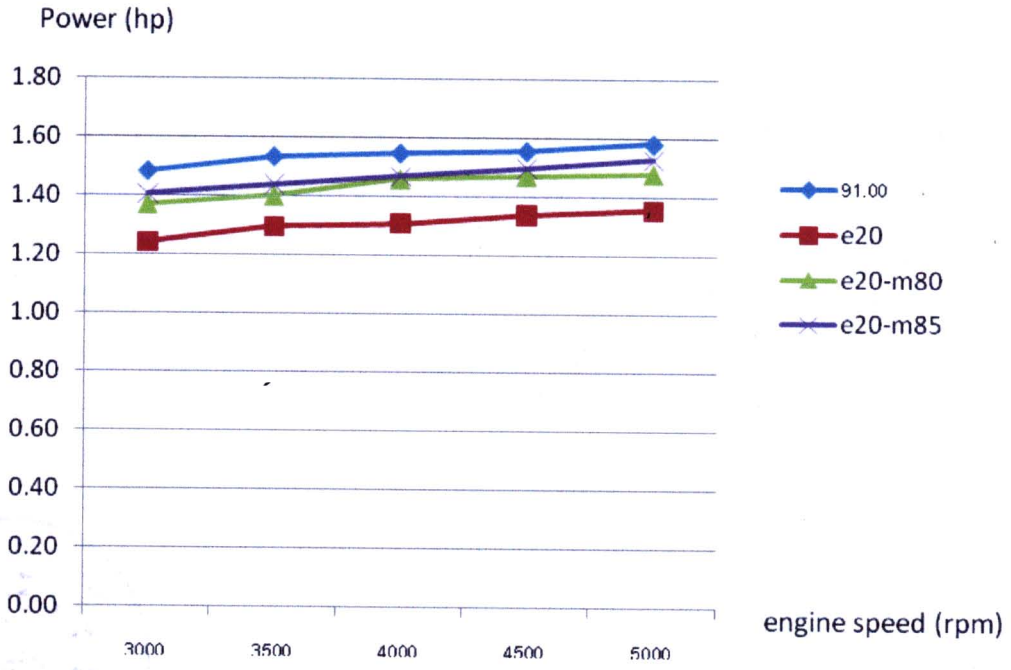
ภาพที่ 2.26 ตำแหน่งของนมหนูใหญ่ (Main Jet)

2.5.4.5 ผลการทดลอง

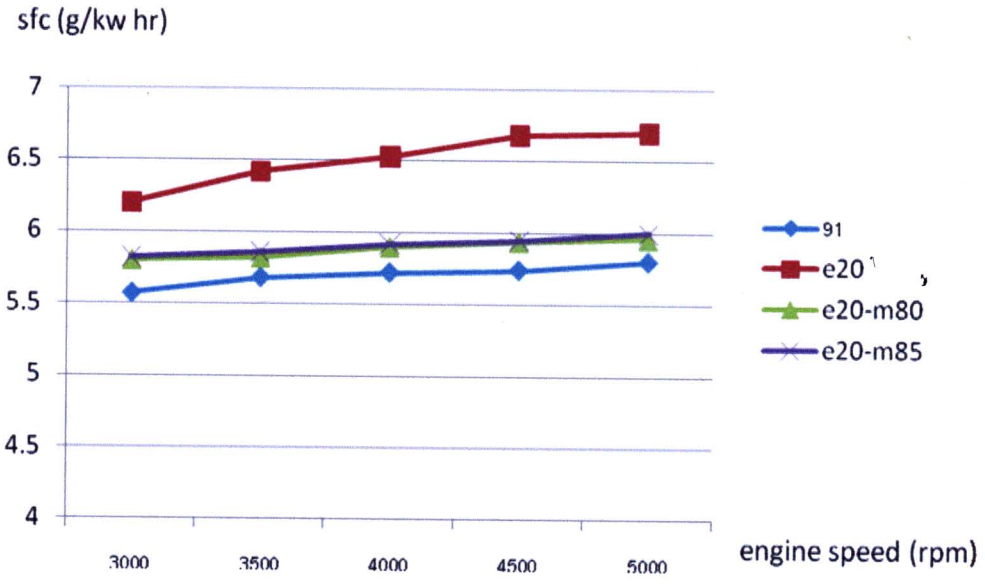
ภาพที่ 2.27 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าแรงบิดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91 กับแกโซฮอล E20 จากผลการทดลองพบว่า ค่าแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้แกโซฮอล E20 ก่อนปรับแต่งเครื่องยนต์มีค่าต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน 91 ประมาณ 14-164% และหลังจากมีการปรับขนาดนมหนูหลักเพื่อให้มีการจ่ายน้ำมันเพิ่มขึ้น โดยทำการเปลี่ยนขนาดนมหนูจากขนาดเดิมเบอร์75 เป็นเบอร์ 80 และ 85 ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า ค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้แกโซฮอล E20 หลังการปรับแต่งมีค่าต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน 91 ประมาณ 5.4-8.7% และ 3.4-6.3% การเปลี่ยนขนาดนมหนูหลักให้มีขนาดโตขึ้นเป็นการป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงเข้ากระบอกสูบมากขึ้น ทำให้ค่าแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้ควรมีการศึกษาการปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง เพื่อให้มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น อีกทั้งชิ้นส่วนในคาร์บูเรเตอร์ไม่ว่าจะเป็นท่ออากาศเข้า ลูกลอย ท่อน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นพลาสติกและยาง การใช้แกโซฮอลอาจส่งผลต่อชิ้นส่วนเหล่านี้



ภาพที่ 2.27 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าแรงบิดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91 กับแกโซฮอล E20



ภาพที่ 2.28 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่ากำลังจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91 กับแกโซฮอล E20



ภาพที่ 2.29 กราฟเปรียบเทียบระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91 กับแกโซฮอล E20

สำหรับค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะจากการใช้แกโซฮอล E20 มีค่าต่ำกว่าการใช้น้ำมันเบนซิน 91 แต่หลังจากปรับแต่งให้มีการจ่ายน้ำมันเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น เนื่องจากกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์สูงขึ้นตามการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น

2.5.4.6 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาในการปรับแต่งอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์ เนื่องจากค่า A/F ของน้ำมันเบนซินต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน 91
2. การทดลองหาสมรรถนะเครื่องยนต์เป็นการทดสอบในระยะเวลาสั้น อีกทั้งเป็นการทดสอบเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบเท่านั้น ในการใช้งานของรถยนต์จริงในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างอาจส่งผลกระทบต่อสมรรถนะเครื่องยนต์
3. การใช้แกโซฮอลที่มีส่วนผสมของเอทานอล อาจส่งผลกระทบต่อชิ้นส่วนที่เป็นยาง เช่น ท่ออ่อนน้ำมัน ซึ่งเครื่องยนต์ที่ทดสอบไม่ได้มีการเปลี่ยนชิ้นส่วนใดๆ และเป็นการทดสอบระยะสั้น จึงไม่พบการเสียหายของชิ้นส่วน

<u>หมายเหตุ:</u>

ค่ามลพิษไม่สามารถวัดจากเครื่องมือวัดไอเสียได้ เนื่องจากค่ามลพิษจากเครื่องจักรยานยนต์มีค่าต่ำกว่าช่วงค่าการวัดของเครื่องมือวัดไอเสีย

2.5.5 ข้อเสนอแนะการปรับปรุงรถยนต์และจักรยานยนต์รุ่นเก่า

2.5.5.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการทดสอบ

1. ควรมีการศึกษาในการปรับแต่งอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์ เนื่องจากค่า A/F ของแกโซฮอลต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน 91
2. การปรับค่า A/F ของเครื่องยนต์ ต้องมีการปรับค่าการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่หัวฉีด ซึ่งจำเป็นต้องมีชุดปรับแต่ง ECU ของเครื่องยนต์
3. การทดลองหาสมรรถนะเครื่องยนต์เป็นการทดสอบในระยะเวลาสั้น อีกทั้งเป็นการทดสอบเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบเท่านั้น ในการใช้งานของรถยนต์จริงในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างอาจส่งผลกระทบต่อสมรรถนะเครื่องยนต์
4. การใช้แกโซฮอลที่มีส่วนผสมของเอทานอล อาจส่งผลกระทบต่อชิ้นส่วนที่เป็นยาง เช่น ท่ออ่อนน้ำมัน ซึ่งเครื่องยนต์ที่ทดสอบไม่ได้มีการเปลี่ยนชิ้นส่วนใดๆ และเป็นการทดสอบระยะสั้น จึงไม่พบการเสียหายของชิ้นส่วน

2.5.5.2 ข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม

จินดา เจริญพรพาณิชย์, 2551 [30] วิจัยและทดลองใช้แกโซฮอลที่ผสมเอทานอลตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป ในรถยนต์และจักรยานยนต์ ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

- การใช้เชื้อเพลิงผสมเอทานอลที่สัดส่วนสูงต้องมีการดัดแปลงรถยนต์ 2 ส่วน คือ คอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงสู่เครื่องยนต์ และส่วนที่สอง คือ วัสดุที่สัมผัสกับน้ำมันเชื้อเพลิง โดยต้องเป็นวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนของเอทานอล วัสดุที่สามารถนำมาใช้กับเอทานอลที่สัดส่วนสูงๆนั้น ได้มีนักวิจัยในต่างประเทศทำการทดสอบไว้แล้ว สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้พิจารณาเลือกวัสดุที่จะนำมาเปลี่ยนแทนได้

- ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ พบว่า รถยนต์มีกำลังใกล้เคียงกันโดยไม่ต้องปรับแต่งใดๆ ต่างจากกรณีจักรยานยนต์ ซึ่งจำเป็นต้องทำการปรับแต่งกำลังเครื่องยนต์ให้ใกล้เคียงกันโดยต้องปรับคาร์บูเรเตอร์ไม่ให้ส่วนผสมบางเกินไป และพบว่ากำลังของเครื่องยนต์ในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซิน 91 และแกโซฮอล E20 มีค่าใกล้เคียงกัน

- ผลการทดสอบในสภาพการใช้งานจริง โดยเส้นทางครอบคลุมทางราบ ทางชัน ภูเขา และเส้นทางที่มีการจราจรแออัดในเมืองเป็นระยะทางรวม 100,000 กิโลเมตร สำหรับรถยนต์ และ 10,000 กิโลเมตรสำหรับจักรยานยนต์ พบว่า ทั้งรถยนต์และจักรยานยนต์ สามารถวิ่งได้ครบตามระยะทางโดยไม่มีความเสียหายเกิดขึ้น สมรรถนะ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และมลพิษของเครื่องยนต์มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยในส่วนของรถยนต์ไม่จำเป็นต้องมีการปรับแต่งใดๆ ทั้งส่วนของคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมเครื่องยนต์ และวัสดุที่สัมผัสน้ำมันทั้งหมด

- **การทดสอบวัสดุที่สัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิง** เนื่องจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการและในสภาพใช้งานจริงทำในระยะเวลาประมาณ 6 เดือน ซึ่งอาจไม่ครอบคลุมการใช้งานในระยะยาว จึงได้ดำเนินการทดสอบวัสดุต่างๆที่ต้องสัมผัสเชื้อเพลิงตั้งแต่ถังน้ำมันเชื้อเพลิงถึงหัวฉีด เช่น ปั๊มเชื้อเพลิง ท่อน้ำมันเชื้อเพลิง ซีลยางต่างๆ โดยแช่ในแกโซฮอล E20 และอุ่นที่อุณหภูมิคงที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1000 ชั่วโมง ซึ่งการทดสอบแบบนี้สามารถเทียบเท่าการใช้งาน มากกว่า 15 ปี จากนั้นประเมินผลกระทบจาก 4 หัวข้อ คือ สภาพทางกายภาพ ขนาด น้ำหนักขณะเปียกและแห้ง และความแข็ง เพื่อพิจารณาผลกระทบต่อวัสดุเมื่อใช้เชื้อเพลิงแกโซฮอล E20

- ผลการทดสอบพบว่า บางชิ้นส่วนจะได้รับผลกระทบจากการใช้แกโซฮอล E20 แต่อยู่ในระดับต่ำ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ขนาด ความแข็ง และสภาพภายนอกของชิ้นส่วนที่สัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงระหว่างการใช้เบนซิน 91 กับแกโซฮอล E20 มีความแตกต่างไม่เกิน 10% สามารถใช้กับแกโซฮอล E20 ได้อย่างปลอดภัยใกล้เคียงกับการใช้ในน้ำมันเบนซิน

- จากผลการทดสอบในโครงการนี้สามารถสรุปได้ว่า รถยนต์รุ่นที่นำมาทดสอบ สามารถใช้แกโซฮอล E20 ตลอดระยะทาง 100,000 กิโลเมตรได้โดยไม่ต้องปรับแต่ง มีผลกระทบโดยรวมอยู่ในระดับ

ที่ไม่รุนแรงโดยให้กำลังใกล้เคียงของเดิม อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย มลพิษใกล้เคียงกับเมื่อใช้เบนซินผลกระทบต่อวัสดุที่สัมผัสเชื้อเพลิงมีบ้าง แต่อยู่ในระดับต่ำ

- ส่วนจักรยานยนต์ต้องมีการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ โดยเปลี่ยนขนาดนมหนู และปรับอัตราส่วนอากาศน้ำมันให้หนาขึ้นเมื่อใช้แกโซฮอล E20 และเปลี่ยนชิ้นส่วนวัสดุที่ทำจากทองเหลือง เป็นแสตนเลสหรือนำไปชุบนิกเกิ้ลเพื่อป้องกันการกัดกร่อนจากเอทานอล

- ผลการพิจารณาสัดส่วนของเอทานอลที่เหมาะสมกับประเทศไทย โดยการประชุมร่วมกับหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ว่าควรจะเป็น 20% เนื่องจากสามารถดัดแปลงรถยนต์ให้ใช้ได้โดยมีค่าใช้จ่ายไม่สูง รวมทั้งได้มีการเตรียมการไว้แล้วในหลายๆส่วน คือ การกำหนดมาตรฐานคุณสมบัติเชื้อเพลิง นโยบายกระตุ้นด้านภาษี และการเตรียมความพร้อมของบริษัทผู้ผลิต