บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

1. ความเป็นมาของปัญหา

ตั้งแต่ประเทศไทยต้องประสบกับวิกฤตการณ์น้ำมัน หรือที่เรียกว่า oil crisis เมื่อปี 2515 เป็นต้นมา ความพยายามที่จะหาเชื้อเพลิงชนิดอื่นมาทดแทนน้ำมันเบนซินได้ตื่นตัว และกระทำกันอย่างกว้างขวาง ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ทั้งที่แพร่หลายมีประชาชนสนใจกันทั่วไป เช่น T-ETERNAL และไม่แพร่หลายก็มีมาก ความจริงวิกฤตการณ์น้ำมันที่ประเทศไทยกำลังประสบอยู่นั้น ไม่ถึงกับขาดแคลนเลยทีเดียว แต่จำเป็นต้องซื้อน้ำมันด้วยราคาแพง และแนวโน้มก็ชี้ให้เห็นว่าจะแพงขึ้นเรื่อยๆ ถ้าดูจากสถิติปี 2511 ประชาชนต้องซื้อน้ำมันเบนซินธรรมดา ในราคาลิตรละ 1.78 บาท ปี 2520 ต้องซื้อด้วยราคาลิตรละ 3.93 บาท และในขณะนี้ราคาก็กำลังจะสูงขึ้นอีก การที่ต้องซื้อน้ำมันจากต่างประเทศด้วยราคาแพงเช่นนี้ ทำให้ฐานะทางเศรษฐกิจของประเทศไม่มั่นคง และเป็นที่สังเกตได้ว่า ประเทศส่วนใหญ่ในโลกที่มีฐานะทางเศรษฐกิจมั่นคงนั้น มักจะมีทรัพยากรทางด้านเชื้อเพลิงเป็นของตนเองทั้งสิ้น

คำว่าเชื้อเพลิงนั้น ประชาชนส่วนใหญ่มักจะนึกถึงเพียงแค่น้ำมันเบนซิน หรือน้ำมันชนิดอื่นที่ได้มาจากการกลั่นของน้ำมันปิโตรเลียมเท่านั้น ความจริงแอลกอฮอลก็เป็นเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่ได้มาจากสารอินทรีย์ และก็สามารถให้พลังงานความร้อนได้เช่นกัน จากคำบอกเล่าของนายทหารที่รบอยู่ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ภาวะสงครามทำให้น้ำมันเบนซินขาดแคลนถึงกับไม่มีใช้ในรถยนต์ และเรือยนต์ ของคลังสรรพาวุธ เมื่อเหตุการณ์เป็นเช่นนั้น แอลกอฮอลและเชื้อเพลิงชนิดอื่นที่สามารถผลิตได้ในประเทศไทยจึงได้เข้ามามีบทบาทแทนน้ำมันเบนซิน เช่น เครื่องแกสโซลีนที่ใช้ในเรือยนต์สำหรับติดต่อของคลังสรรพาวุธที่จังหวัดอยุธยา ใช้แอลกอฮอลแทนเครื่องยนต์ดีเซลใช้น้ำมันหมู และเรือยนต์ชนิดใช้เครื่องเผาหัวใช้ถ่านที่ได้จาก ฉานไม้ เป็นต้น จะเห็นได้ว่า เชื้อเพลิงเหล่านี้สามารถผลิตได้จากเกษตรกรรม

ภายในประเทศทั้งสิ้นดังนั้น ถ้าประเทศไทยสามารถใช้แอลกอฮอลซึ่งเป็นเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศแทนน้ำมันเบนซิน ซึ่งจำเป็นต้องซื้อจากต่างประเทศด้วยราคาแพงแล้ว จะแก้ปัญหาได้ถึงสองประการคือ

1. ทำให้เศรษฐกิจของประเทศพึ่งตัวเองได้ เพราะใช้เชื้อเพลิงภายในประเทศทำให้ประหยัดเงินตราต่างประเทศเป็นหมื่นล้านบาทต่อปี

2. เป็นการยกฐานะทางเศรษฐกิจของเกษตรกรให้ดีขึ้น เกี่ยวกับเรื่องนี้ ในปี ค.ศ. 1936 [1] ประเทศสหรัฐอเมริกาเคยวิเคราะห์อย่างละเอียดมาแล้ว ถึงการใช้แอลกอฮอลผสมน้ำมันเบนซิน สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนตร์ เพื่อแก้ไขปัญหาทางเศรษฐกิจของชาวนาให้ดีขึ้น แต่ในครั้งนั้น คณะกรรมการสรุปไว้ว่า ยังไม่ถึงเวลาที่จะออกกฎหมายบังคับใช้เชื้อเพลิงชนิดนี้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

จากข้อความข้างต้นที่ได้กล่าวมานี้ จะเห็นได้ว่า ถึงเวลาแล้วที่น่าจะได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ดูบ้าง เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนตร์ เมื่อใช้แอลกอฮอลและแอลกอฮอลผสมน้ำมันเบนซินเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในอนาคต สำหรับเครื่องยนตร์เผาไหม้ภายใน ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางเกษตรกรรม และสามารถที่จะผลิตแอลกอฮอลได้เองภายในประเทศ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยจึงจะจำแนกดังต่อไปนี้คือ

1. เพื่อศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนตร์สูบเดียวที่ใช้ในการวิจัยต่างๆ (RICARDO E6 VARIABLE COMPRESSION ENGINE) เมื่อใช้น้ำมันเบนซิน แอลกอฮอล (อีทานอล) และแอลกอฮอลผสมน้ำมันเบนซินในสัดส่วนต่างๆกัน

2. เพื่อศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนตร์ที่ใช้ในรถยนตร์ทั่วไป เมื่อใช้น้ำมันเบนซิน และแอลกอฮอลผสมน้ำมันเบนซินในสัดส่วนต่างๆกัน ซึ่งในที่นี้เลือกใช้เครื่องยนตร์ MAZDA 1000 ซี.ซี. ในการทดลอง

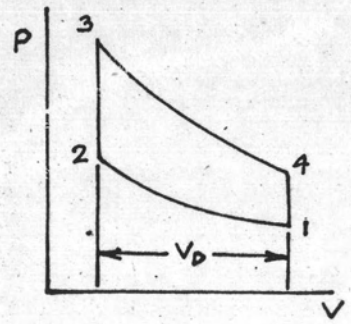
---

[1] "Symposium on Motor Fuel ", INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY, p.1080, sept.1936.

3. เพื่อศึกษาสมรรถนะการทำงานของรถยนตร์ เมื่อใช้แอลกอฮอลผสมน้ำมันเบนซิน ในสัดส่วนต่าง ๆกัน เป็นเชื้อเพลิง ในที่นี้ใช้รถยนตร์ OPEL RECORD 1900 สำหรับทดสอบ

3.ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนตร์

เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่า เครื่องยนตร์แกสโซลีนที่ใช้ในรถยนตร์ทั่วไป Otto (1832-1891) เป็นผู้ประดิษฐ cycle การทำงานขึ้น และเรียก cycle นี้ว่า Otto cycle [2] ซึ่งประสิทธิภาพทางความร้อนของ cycle นี้มีค่าเท่ากับ



$$e = 1 - \frac{1}{r_k^{k-1}}$$

e = ประสิทธิภาพทางความร้อน

r_k = อัตราส่วนกำลังอัด (Compression ratio) = V_1/V_2

$k = C_p/C_v$

จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนตร์เบนซินนั้น ขึ้นอยู่กับ อัตราส่วนกำลังอัดเท่านั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงชนิดใดก็ได้ที่สามารถให้พลังงานความร้อนได้ก็สามารถใช้ได้ทั้งนั้น

การเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนตร์นั้นสามารถทำได้โดยการเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดเพียงอย่างเดียว ซึ่งการเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดนี้ถูกจำกัดด้วยค่าออกเทน

---

[2] Virgil Moring Fairs, THERMODYNAMICS 4th Ed. p.201.

ตารางที่ 1 EFFECT OF ALCOHOL ON KNOCK RATING OF GASOLINE[3]

FUEL	OCTANE NO. (C.F.R. MOTOR METHOD)	HIGHEST USEFUL COMPRESSION RATIO (H.U.C.R.)
Gasoline 1:		
No alcohol	63.0	6.1
5% "	67.5	6.2
10% "	72.0	6.4
15% "	76.5	6.8
Gasoline 2:		
No alcohol	61.5	5.9
5% "	66.0	6.0
10% "	70.5	6.1
15% "	75.0	6.4
Gasoline 3:		
No alcohol	61.0	5.8
5% "	66.4	5.9
10% "	70.4	6.0
15% "	75.0	6.3

[3] National Research Council, Ottawa, "Use of Grain Alcohol in Motor Fuel in Canada" p.34 (April 21, 1933).

ของเชื้อเพลิง ในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงอัตราส่วนกำลังอัดที่สามารถเพิ่มได้มากที่สุด เมื่อใช้เชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทนต่าง ๆกัน

การเพิ่มค่าออกเทนให้กับน้ำมันเบนซินโดยทั่วไปนั้น ทำได้โดยการเติมสาร antiknock agent ลงไป ปรกติใช้ tretra ethyl lead

แอลกอฮอลเป็นเชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทนสูง[3] การเติมแอลกอฮอลลงไปในน้ำมันเบนซิน จะทำให้ส่วนผสมมีค่าออกเทนสูงขึ้นกว่าเดิม ทำให้สามารถใช้อัตราส่วนกำลังอัดได้มากขึ้น ซึ่งจะเป็นผลให้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงขึ้นด้วย

4. Specific Output

Specific output ของเครื่องยนตร์เผาไหม้ภายใน ขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศที่ไหลผ่านเครื่องยนตร์ หรือที่เรียกว่า air capacity การเพิ่ม specific output ของเครื่องยนตร์นั้นทำได้โดยการเพิ่ม air capacity ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้คือ

1. โดยการอัดอากาศเข้ากระบอกสูบ (Supercharging)
2. เปลี่ยน valve timing

นอกจากนี้ การเลือกใช้เชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนแฝงในการระเหยสูง จะมีผลทำให้ปริมาณอากาศที่ไหลผ่านเครื่องยนตร์เพิ่มขึ้นด้วยเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะเชื้อเพลิงจะดูดความร้อนภายในห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในการระเหย ทำให้อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้เย็นลงกว่าเดิม ซึ่งจะมีผลทำให้ความหนาแน่นของอากาศนั้นเพิ่มขึ้นจากเดิมด้วย ปริมาณอากาศที่ไหลผ่านเครื่องยนตร์จึงเพิ่มขึ้น

ในตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อนแฝงในการระเหยที่ส่วนผสมของแอลกอฮอลและเบนซิน ในสัดส่วนต่าง ๆกัน

---

[3] Edward F. Obert, INTERNAL COMBUSTION ENGINES, 3rd Ed. p.240.

ตารางที่ 2

ค่าความร้อนแฝงในการระเหยของส่วนผสมของแอลกอฮอล์และเบนซิน (แกสโซลีน).4

C_2H_5OH content per 100 c.c. Blend	Latent Heat of Evapn. at Atm. Cal./c.c.
0	54.5
1	54.4
2	56.5
4	58.5
6	60.5
8	62.5
10	64.8
15	70.5
20	75.8
30	86.4
50	111.6
100	170.2

---

[4]Physical-Chemical Properties of Alcohol Blends, INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY, Vol.28,No.9,Sept.1936,p.1090.

ตารางที่ 3

PROPERTIES OF GASOLINE AND ETHYL ALCOHOL[5]

	GASOLINE	ETHANOL
Calorific value (Total heat of combustion)		
Btu/lb.	21,773	12,820
Btu/gal.	135,000	84,425
Heat of vaporization		
Btu/lb.	129	368
Btu/gal.	800	2,436
Theoretical air-vapor mixture (30 in.Hg 60°F)		
Btu/cu.ft.	97	94.5
Air required for complete combustion		
Cu.ft./lb.	196	118
Cu.ft./gal.	1215	779
Theoretical air-fuel ratio (by weight)	15	9

[5] INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY, เรื่องเดียวกัน หน้า 1081

ตารางที่ 4

Calorific Value or Alcohol-Gasoline Blends.[6]

ALCOHOL-GASOLINE		Abs.Calorific Value Btu/lb.	Relative Calorific Value(Gasoline=1)	Calorific Value Decresed Relative To gasoline (%)
0	100	21773	1.000	0
10	90	20877.	0.962	4.12
20	80 -	19982.	0.924	8.23
30	70	19087	0.887	12.34
100	0	12820	0.589	41.12

[6] INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY, เรื่องเดียวกัน หน้าเดียวกัน

5. คุณสมบัติโดยทั่วไปของอีทานอลและน้ำมันเบนซิน

5.1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (Heating Value)

จากตารางที่3 จะเห็นได้ว่า ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงของน้ำมันเบนซินมากเป็น 1.6 เท่า ของอีทานอล ดังนั้น การที่จะให้เครื่องยนตร์ซึ่งใช้อีทานอลเป็นเชื้อเพลิงส่งกำลังได้มากเท่ากับเครื่องที่ใช้เบนซินแล้ว จำเป็นต้องใช้ปริมาณของอีทานอลเป็น 1.6 เท่าของน้ำมันเบนซิน

5.2 ปริมาณของอากาศต่อเชื้อเพลิง

ปริมาณของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่จำเป็นต้องใช้ สำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของอีทานอลคือ 9:1 และของน้ำมันเบนซินเป็น 15:1 โดยน้ำหนัก ดังปรากฏในตารางที่ 3 ซึ่งแสดงว่า น้ำหนักของอีทานอลในหนึ่งหน่วยปริมาตรของ theoretical correct mixture มีค่าประมาณเท่ากับ 1.6 เท่าของน้ำมันเบนซิน

6. คุณสมบัติโดยทั่วไปของส่วนผสมของอีทานอลและน้ำมันเบนซิน

6.1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

โดยการคำนวณจากข้อมูลในตารางที่ 3 สามารถหาค่าความร้อนของส่วนผสมได้ โดยคำนวณตามสัดส่วนของส่วนผสม และค่าต่างๆที่คำนวณได้ แสดงไว้ในตารางที่ 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าความร้อนของส่วนผสมจะลดลง เมื่อส่วนผสมมีอีทานอลเพิ่มขึ้น

6.2 ปริมาณของอากาศต่อเชื้อเพลิง

การคำนวณหาปริมาณของอากาศต่อเชื้อเพลิง สำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ทำได้ดังนี้ สูตรเคมีสำหรับส่วนผสมของอีทานอลและน้ำมันเบนซินคือ $C_{8m+2n}H_{17m+6n}O_n$[7]

---

[7]SANGUAN MEESABAI, Supercharging with Alcohol and Alcohol Blend Fuels (A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science, University of Wisconsin) P.56.

m = molecular fraction ของเบนซินในส่วนผสม

n = " " อีทานอล "

ตัวอย่างการคำนวณสำหรับ 20–80 % อีทานอล – เบนซิน

$$C_7H_{14.8}O_{0.2} + 10.6\ O_2 + 39.4\ N_2 = 7\ CO_2 + 7.4\ H_2O + 39.4\ N_2$$

A.F. ratio = (10.6 + 39.4)29 : (7x12 + 14.8 + 0.2x16)

= 1450 : 102

= 14.2 : 1

ปริมาณของอากาศต่อเชื้อเพลิงสำหรับส่วนผสมอื่นๆ แสดงไว้ในตารางที่ 5

6.3 ค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความหนืดของส่วนผสม

ค่าความถ่วงจำเพาะของส่วนผสมมีค่าต่ำกว่าที่คำนวณได้จากแต่ละชนิดนำมาผสมกัน ซึ่งแสดงว่า มีการขยายตัวเมื่อผสมกัน การขยายตัวนี้มีมากถึง 0.3 เปอร์เซนต์[8]

ค่าความหนืดของอีทานอล มีค่ามากกว่าของเบนซิน แต่ความหนืดของส่วนผสมของอีทานอลและเบนซิน มีค่าน้อยกว่าของเบนซินอย่างเดียว จนกระทั่งเมื่ออีทานอลมีมากเกิน 5 เปอร์เซนต์ ขึ้นไปในส่วนผสม ค่าความหนืดของส่วนผสมก็จะเพิ่มขึ้น ตามปริมาณของอีทานอลที่มีในส่วนผสม รายละเอียดต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 6

---

[8] INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY, เรื่องเดียวกัน หน้า 1081

ตารางที่ 5

Air-fuel Ratio of Alcohol-Gasoline Blends

Alcohol - Gasoline		A.F.Ratio
0	100	15 : 1
10	90	14.7 : 1
20	80	14.2 : 1
30	70	14.05: 1
100	0	9 : 1

ตารางที่ 6

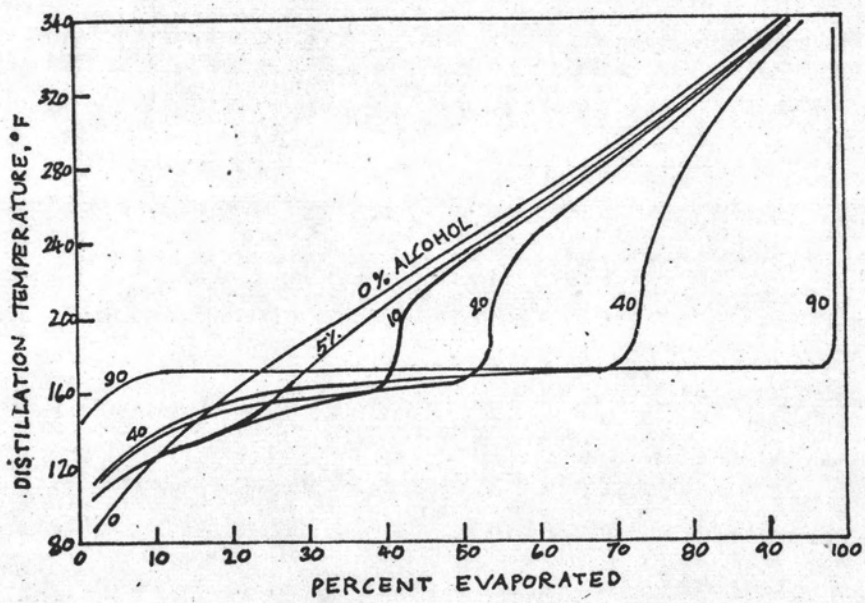
แสดงค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความหนืดของส่วนผสม[9]

Alcohol - Gasoline		Sp.Gr.	Abs. Viscosity (poise)
0	100	0.742	0.00525
10	90	0.746	0.00552
100	0	0.794	0.01730

[9] INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY, เรื่องเดียวกัน หน้าเดียวกัน

7. ผลของอีทานอลที่มีต่อ Distillation curve ของเบนซิน

A.S.T.M. ได้แสดงผลของอีทานอลที่มีต่อ distillation curve ไว้ในรูปที่ 1 [10] จะเห็นได้ว่า เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของห้องแล้ว อีทานอลจะมีผลทำให้ส่วนผสมระเหย (vaporization) ได้น้อยกว่าน้ำมันเบนซิน แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของห้องแล้ว การระเหยจะดีมากกว่าปรกติ ผลนี้จะทำให้เครื่องยนตร์ติดยากที่อุณหภูมิต่ำ และอุณหภูมิสูง คือในขณะที่เครื่องยนตร์อุณหภูมิต่ำ ปริมาณของเชื้อเพลิงที่ระเหย จะไม่พอเพียงกับความต้องการของเครื่องยนตร์ ทำให้เครื่องติดได้ยาก แต่อาจจะแก้ไขได้โดยการปั้มคันเร่งหลายๆหน เพื่อช่วยให้มีปริมาณของเชื้อเพลิงระเหยมากพอกับความต้องการของเครื่องยนตร์ ส่วนในขณะที่เครื่องยนตร์อุณหภูมิสูง ปริมาณของเชื้อเพลิงจะระเหยมากกว่าปรกติ เกินความต้องการของเครื่องยนตร์ ก็จะทำให้เครื่องยนตร์ติดได้ยากเช่นกัน



รูปที่ 1.! A.S.T.M. Distillation Curves For Alcohol-Gasoline.

---

[10] INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY, เรื่องเดียวกัน หน้า1084

8. ความสามารถในการละลายได้ของอีทานอลในเบนซิน

ความสามารถในการละลายได้ของอีทานอลในเบนซิน ขึ้นอยู่กับ

8.1 อุณหภูมิ

8.2 ปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในอีทานอล และปริมาณของอีทานอลที่มีอยู่ในส่วนผสม

8.3 ชนิดของเบนซินในส่วนผสม

อุณหภูมิของส่วนผสมมีอิทธิพลต่อการรวมกันของอีทานอลและเบนซิน ส่วนผสมจะคงสภาพ (Stable) ได้ดีที่อุณหภูมิสูง ในขณะเดียวกัน ปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในอีทานอลก็เข้ามามีบทบาทด้วย เบนซินและ anhydrous alcohol สามารถละลายเข้ากันได้ในทุกสัดส่วนและทุกอุณหภูมิ แต่ถ้ามีน้ำอยู่ในส่วนผสมแล้ว ความสามารถในการละลายจะลดลง ดังนั้น การเพิ่มปริมาณของน้ำในส่วนผสม จะทำให้ส่วนผสมมีโอกาสแยกตัวออกจากกันได้ง่ายขึ้น โดยปรกติแล้ว ในฤดูหนาวถ้าปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในอีทานอลเกิน 1 เปอร์เซนต์ขึ้นไป จะทำให้ส่วนผสมแยกตัวออกจากกัน แต่ในขณะที่ปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในอีทานอลไม่เกิน 3 เปอร์เซนต์ ส่วนผสมยังคงสภาพอยู่ได้ในฤดูร้อน[11] การเพิ่มปริมาณของอีทานอลในส่วนผสมจะช่วยให้ส่วนผสมคงตัวยิ่งขึ้น เพราะจะทำให้เปอร์เซนต์ของน้ำในอีทานอลลดลง นอกจากนี้ เบนซินชนิด unsaturated or aromatic hydrocarbons จะทำให้ส่วนผสมคงตัวดีกว่าพวก saturated aliphatic hydrocarbons ในปริมาณของน้ำที่กล่าวถึงข้างบน

ในตารางที่ 7 แสดงผลของปริมาณของน้ำที่มีต่อ Critical solution temperature ของส่วนผสมที่มีอีทานอลอยู่ 10 % ซึ่งจะเห็นได้ว่า ถ้ามีน้ำอยู่ถึง 0.5 % ส่วนผสมจะแยกตัวออกจากกันที่อุณหภูมิปรกติของห้อง

---

[11] INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY, เรื่องเดียวกัน หน้า 1090

ตารางที่ 7

CRITICAL SOLUTION TEMPERATURE FOR 10 PERCENT ALCOHOL BLENDS (°C)[12]

Gasoline	Volume Percent Water in Blends						
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
Pensylvania	-29.9	-0.7	20.0	36.6	50.6	63.1	-
Roumania	-51.3	-19.2	3.7	22.7	39.3	54.4	68.8
California	-47.3	-15.8	6.5	24.9	40.9	55.4	69.3
Oklahoma	-34.9	-4.2	17.3	34.9	50.1	63.9	-

[12] INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY, เรื่องเดียวกัน หน้า 1082

9. สารที่ช่วยเพิ่มการละลายของแอลกอฮอล์ในเบนซิน (Blending agent)

Blending agent สามารถช่วยทำให้ส่วนผสมรับปริมาณน้ำได้เพิ่มขึ้น โดยที่ส่วนผสมจะไม่แยกตัวออกจากกัน สารเหล่านี้ได้แก่ acetone, strongly basic organic amines, benzene, n-butyl alcohol, isobutyl alcohol, faty acids, heptalin or hydrogenated cresol, hexalin or hexahydrophenol.[13]

002414

---

[13] INDUSTRIAL ANDENGINEERING CHEMISTRY, เรื่องเดียวกัน หน้า1082

i 17048369