บทที่ 2

เฟอร์ฟูรัลและอนุพันธ์ของเฟอร์ฟูรัล

2.1 ประวัติความเป็นมา (2)

โดเบอร์เรนเนอร์ (Dobereiner 1832) พบเฟอร์ฟูรัลจากการกลั่นน้ำตาลด้วยไพโรลูไซท์ (pyrolusite) และกรดซัลฟูริค ต่อมา สเตนเฮาส์ (Stenhouse 1840) ได้แสดงให้เห็นว่าไม่จำเป็นต้องใช้ไพโรลูไซท์ โวลเคล (Völckel 1853) พบว่าเฟอร์ฟูรัลเป็นผลผลิตของการสลายตัวของวัสดุที่มีคาร์โบไฮเดรท (carbohydrate) สเตนเฮาส์ 1850 เป็นคนแรกที่เตรียมเฟอร์ฟูรัลในขนาดที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ เขากลั่นข้าวสาลีด้วยกรดซัลฟูริคที่เข้มข้น บาโบ (Babo 1853) ได้เสนอให้ใช้สารละลายซิงค์คลอไรด์ (Zinc chloride) ที่เข้มข้นในกระบวนการกลั่น สโตน (Stone) และทอลเลนส์ (Tollens) 1888 และวีลเลอร์ (Wleeler) และทอลเลนส์ (Tollens) 1889 ใช้ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริคที่แตกต่างกัน แมน (Mann) ครูกเกอร์ (Kruger) และทอลเลนส์ 1896 ได้ทดลองใช้กรดฟอสฟอริค (phosphoric) เทสต์โตนี (Testoni) 1917 ได้ทดลองใช้กรดอะซิติค อย่างไรก็ตามพบว่า การใช้กรดไฮโดรคลอริค 12% จะให้ผลผลิตเฟอร์ฟูรัลสูงกว่า ในเวลาที่สั้นกว่า และให้ผลการทดลองที่แน่นอนกว่าในการทำการทดลองซ้ำ และหลังจากนั้นก็ได้มีการทดลองโดยใช้กรดอื่น ๆ อีก

มีสารอื่นนอกจากเพนโตสที่สามารถให้เฟอร์ฟูรัลโดยการกลั่นกับกรด เช่นกรดกลูโคโรนิค (glucoronic) ซึ่ง ทอลเลนส์ 1909 ได้วิเคราะห์ด้วยวิธีเดียวกันกับเพนโตส อย่างไรก็ตามกรดกลูโคโรนิคพบได้ยาก นอกจากนี้ยังมีการค้นพบว่า ออกซีเซลลูโลส (oxy-cellulose) ก็สามารถผลิตเฟอร์ฟูรัลได้

ในระหว่างนี้ก็ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการเกิดเฟอร์ฟูรัลในขณะเดียวกันก็ได้มีการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ หลังจากที่มีการค้นพบเฟอร์ฟูรัลโดยโดเบอร์เรนเดอร์ในปี

1832 แล้ว อีกประมาณ 100 ปี จึงได้มีการผลิตเป็นอุตสาหกรรมโดยบริษัทแควกเกอร์โอ๊ต (Quaker Oats) ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี 1922 โดยผลิตจากเปลือกข้าวโอ๊ต หลังจากที่ได้มีการปรับปรุงเทคโนโลยีและเพิ่มกำลังในการผลิตเฟอร์ฟูรัลเพื่อที่จะผลิตได้ในราคาที่เหมาะสมแล้วก็ได้มีการขยายตลาดกว้างขึ้นเพื่อนำไปใช้เป็นสารละลายเฉพาะ ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ง่าย ตลาดของเฟอร์ฟูรัลได้พัฒนามากยิ่งขึ้นเมื่อได้มีการค้นพบอนุพันธ์ต่าง ๆ ของเฟอร์ฟูรัล

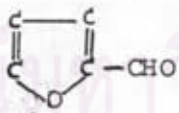
ได้มีการศึกษาค้นคว้าวิจัยมากมายเกี่ยวกับเคมีของสารประกอบพวกฟูแรน ทำให้เกิดสิทธิบัตรและสิ่งพิมพ์เป็นจำนวนมากที่เกี่ยวกับการไฮโดรไลซิสของวัสดุเส้นใยที่มีเพนโตแซนเป็นองค์ประกอบ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของเกิดปฏิกิริยา เช่น อุณหภูมิ ความกดดัน และตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมที่สุด

2.2 เฟอร์ฟูรัลและอนุพันธ์ของเฟอร์ฟูรัล

เฟอร์ฟูรัล หรือ เฟอร์ฟูรัลดีไฮด์ หรือ ฟูรอล หรือ 2-เฟอร์รัลดีไฮด์ หรือ เฟอร์โรล เป็นสารสำคัญในกลุ่มสารประกอบเฮทเทอร์โรไซคลิค (heterocyclic) พวกฟูแรน (furan) ซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวน 5 อะตอมที่มีอะตอมของคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัวอยู่ 2 คู่ และมีออกซิเจน 1 อะตอม เฟอร์ฟูรัลเป็นอัลดีไฮด์ที่มี -CHO อยู่ที่ตำแหน่งที่ 2 เฟอร์ฟูรัลได้จากสารคาร์โบไฮเดรทเชิงซ้อนพวกเพนโตแซนซึ่งอยู่ในรูปของเซลลูโลสในเนื้อเยื่อของพืชหลายชนิด อนุพันธ์ของเฟอร์ฟูรัลมี เฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์ กรดเฟอร์โรอิค กลุ่มเตทตระไฮโดรฟูแรนที่พันธะคู่ได้ถูกทำให้อิ่มตัวด้วยไฮโดรเจน (3)

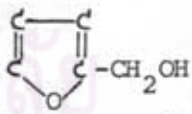
ฟูแรน

(furan)



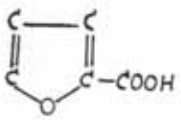
เฟอร์ฟูรัล

(furfural)



เฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์

(furfuryl alcohol)

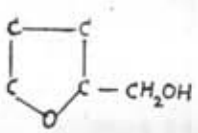


กรดเฟอร์โรอิค

(furoic acid)

เตทตระไฮโดรฟูแรน

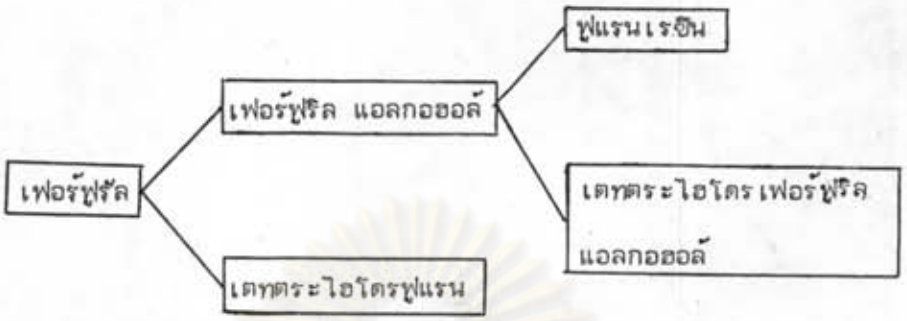
(tetrahydrofuran)



เตทตระไฮโดรเฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์

(tetrahydrofurfuryl alcohol)

เฟอร์ฟูรัลและอนุพันธ์ของมันเขียนเป็นแผนผัง (diagram) ได้ดังนี้ (4)



ในเชิงพาณิชย์ สารเคมีตัวกลางที่สำคัญที่สุดที่ผลิตได้จากเฟอร์ฟูรัล คือ เฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ ซึ่งใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตฟูแรนเรซิน และอาจจะถูกเปลี่ยนเป็นเตทตระไฮโดรเฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์ได้ เฟอร์ฟูรัลสามารถใช้ผลิตเตทตระไฮโดรฟูแรนได้ด้วย

2.3 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ (Physical properties) (5, 6)

เฟอร์ฟูรัล ($C_5H_4O_2$) เป็นอัลดีไฮด์เหลว มีกลิ่นคล้ายผลอัลมันด์ (almond) ไม่มีสี เมื่อกลั่นใหม่ ๆ แต่จะมีสีคล้ำขึ้นเมื่อสัมผัสกับอากาศ เฟอร์ฟูรัลจากสุตสำหกรรมจะมีสีเหลืองสว่างจนถึงสีน้ำตาล โดยปกติจะบรรจุเฟอร์ฟูรัลในเหล็กหรือเหล็กกล้า โดยไม่ต้องมีการป้องกันพิเศษ ถึงแม้ว่าสีจะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำขึ้นบ้าง และมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น จะเกิดการฟอร์มเป็นโพลีเมอร์เมื่อเก็บเฟอร์ฟูรัลไว้ในที่สัมผัสกับอากาศได้ การออกซิเดชันด้วยตัวมันเอง (auto oxidation) ป้องกันได้โดยเก็บไว้ในบรรยากาศที่ไม่มีออกซิเจน (7) เพื่อให้เฟอร์ฟูรัลอยู่ตัวได้มีการเติมน้ำ 2.5% นอกจากนี้โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate) ไฮโดรควิโนน (hydrochinone) เบนซ์คาเทคชีน (benzcatechine) และสารที่เป็นเบสพวกเตอร์เชียลรีเอมีน (tertiary amine) เช่น ไตรโพรพิลเอมีน (tripropylamine) ก็ใช้ได้เช่นเดียวกัน (8) การออกซิเดชันของเฟอร์ฟูรัลที่สภาวะไอ โดยมีตัวเร่งจะให้กรดมาลีอิค (Maleic acid)

เฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์ ($C_5H_6O_2$) เป็นของเหลวสีชีด ละลายน้ำและสารละลายอินทรีย์สามัญหลายชนิด ไวต่อสารที่เป็นกรดมากและเกิดการกลายเป็นเรซินอย่างรวดเร็ว

เตทตระไฮโดรเฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์ ($C_5H_{10}O_2$) เป็นของเหลวไม่มีสี จุดเดือดสูง เป็นแอลกอฮอล์ ที่ประกอบด้วยวงแหวนเฮทเทอร์โรไซคลิค (heterocyclic) ละลายได้ดีในน้ำ และเกิดปฏิกิริยาเช่นเดียวกับแอลกอฮอล์ปฐมภูมิ

เตทตระไฮโดรฟูแรน (C_4H_8O) เป็นของเหลวใสเหมือนน้ำ มีกลิ่นแบบเดียวกับอีเทอร์ (ether) ละลายได้ในน้ำและสารละลายอินทรีย์

ตารางที่ 2.1 เป็นตารางที่ได้รวบรวมคุณสมบัติที่สำคัญของเฟอร์ฟูรัลและอนุพันธ์ที่ได้กล่าวข้างต้น รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของไอ-ของเหลว สำหรับระบบเฟอร์ฟูรัล-น้ำ ที่ความดันเหนือบรรยากาศ เส้นโค้ง (curve) สมดุลย์ของไอของของเหลวจะอยู่บนเส้น 45° เคอร์ติส และฮาท (Curtis and Hatt) ได้ให้ข้อมูลสำหรับเฟอร์ฟูรัล-น้ำที่ความดัน 72, 97 และ 125 psi (9) ตารางที่ 2.2 แสดงความสามารถในการละลายซึ่งกันและกันของน้ำและเฟอร์ฟูรัล (10) เฟอร์ฟูรัลละลายได้ดีในสารละลายอินทรีย์ส่วนมาก ละลายได้อย่างสมบูรณ์ในแอลกอฮอล อีเทอร์ อะซิโตน เบนซีน และในบิวทีลอะซิเตท (butyl acetate) ในสารละลายอื่น ๆ เช่น เดคคาไลน์ (dekaline) เฟอร์ฟูรัลละลายได้อย่างสมบูรณ์เมื่อเพิ่มอุณหภูมิแต่เกือบจะไม่ละลายที่อุณหภูมิต่ำ เฟอร์ฟูรัลไม่ละลายในพาราฟิน และกลีเซอรอล (3) เฟอร์ฟูรัลละลายได้เล็กน้อยในไฮโดรคาร์บอนประเภทอะลิฟาติค (aliphatic) ความสามารถในการละลายสารประกอบอินทรีย์ในเฟอร์ฟูรัลดูได้จากเอกสารอ้างอิง (10, 11) โดยทั่วไปสารอนินทรีย์จะไม่ละลายในเฟอร์ฟูรัล

2.4 คุณสมบัติทางเคมีและปฏิกิริยา

เฟอร์ฟูรัลมีลักษณะเป็นอโรเมติคอัลดีไฮด์ (aromatic aldehyde) สามารถถูกออกซิไดซ์เป็นกรดเฟอร์โรอิคถูกรีดิวส์เป็นเฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์ และเปลี่ยนเป็นฟูแรนโดยการดึงเอากลุ่มคาร์โบไนล์ออกบนตัวเร่งปฏิกิริยาเฉพาะ เฟอร์ฟูรัลกับด่างแก่ที่เข้มข้น เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ จะเกิดปฏิกิริยาแคนนิซซาโร (Cannizzaro) ให้เฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์ และโซเดียมเฟอร์โรเอท

$$2C_4H_3O\text{-}CHO + NaOH \longrightarrow C_4H_3O\text{-}CH_2OH + C_4H_3O\text{-}COONa$$

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเฟอร์ฟูรัล และอนุพันธ์ฟูแรน

	เฟอร์ฟูรัล	FA [a]	ฟูแรน	THFA [b]
คุณสมบัติทั่วไป				
น้ำหนักโมเลกุล	96.09	98.10	68.08	102.13
จุดเดือดที่ 101.3 kPa (1 atm , °C	161.7	170	31.36	78
จุดเยือกแข็ง, °C	-36.5		-85.6	-80
รูปผลึกที่ทึ่งอยู่ตัว (matastable)		-29		
รูปผลึกที่อยู่ตัว (stable)		-14.63		
ดัชนีการหักเห, n_D				
20°C	1.5261	1.4868	1.4214	1.4250
25°C	1.5235			1.4499
ความหนาแน่น, d_4, ที่ 20°C	1.1598	1.1285	0.9378	1.0511
ความดันไอ, 100 Pa (0.75 mm.Hg)				
-15°C			130	
0°C			277	
20°C			658	
50°C			1980	
60°C	21	8.5		10
80°C	56	25		28
100°C	132	68		68
120°C	280	164		156
140°C	567	361		324
ความหนาแน่นไอ (อากาศ = 1)	3.3	3.4	2.36	3.5
ความดันวิกฤติ, P_c, MPa	5.502		5.32	
อุณหภูมิวิกฤติ, T_c, °C	397		214	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

	เฟอร์ฟูรัล	FA[a]	ฟูแรน	THFA[b]
คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์				
ความร้อนแฝงของการเป็นไอ, kJ/mol	38.6		27.1	
ความร้อนจำเพาะ (ของเหลว), J/(g.K)				
20°C			1.699	
20-27°C				1.774
20-100°C	1.741			
25°C		2.100		
ความร้อนจำเพาะ (ไอ), J/(g.K)				
31.36°C			1.021	
98.99°C			1.251	
ความร้อนของการเผาไหม้ (ของเหลว), KJ/mol (heat of combusion)	2344	2548	2092	2965
คุณสมบัติของของไหล				
ความหนืด, mPa S(= cp)				
20°C			0.38	6.24
25°C	1.49	4.62		
แรงตึงผิว, mN/m (= dyne/cm)				
25°C		Ca 38		37
29.9°C	40.7			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

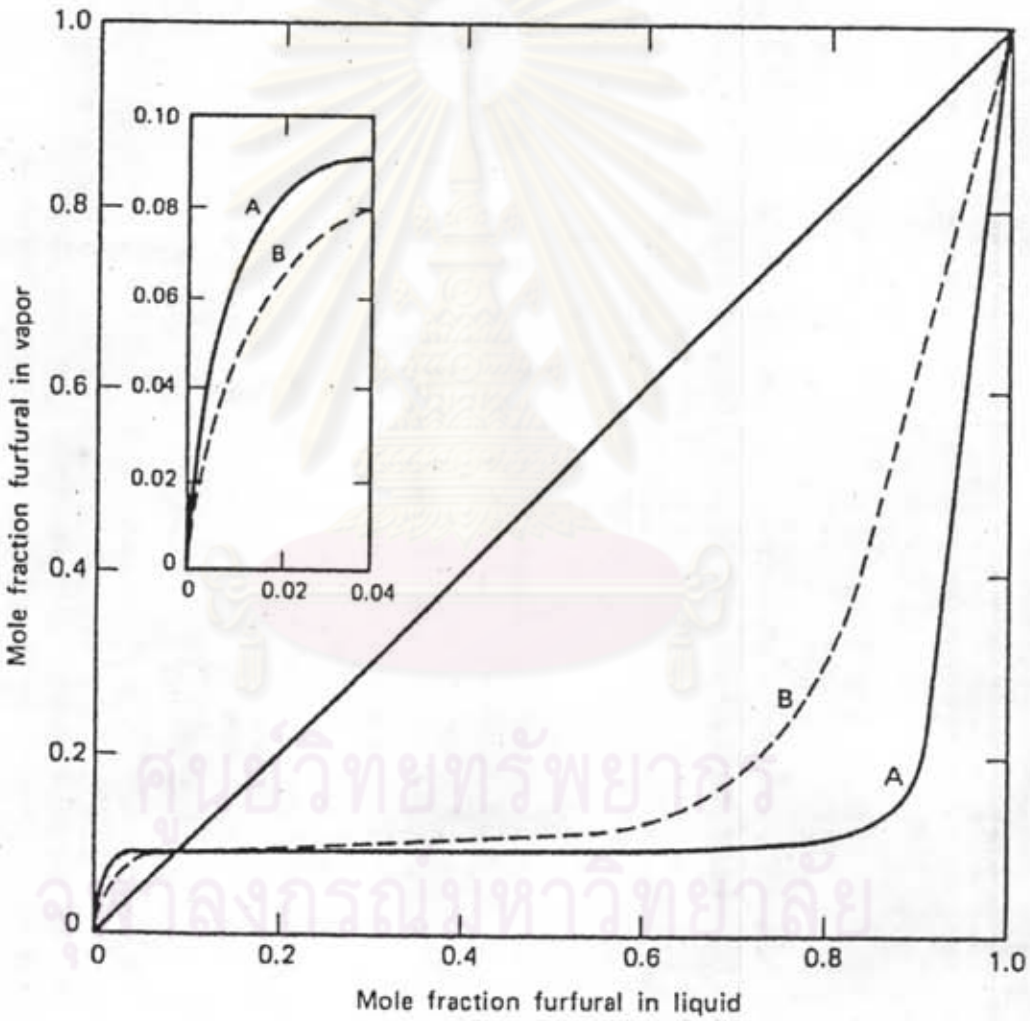
	เฟอร์ฟูรัล	FA[a]	ฟูแรน	THFA[b]
คุณสมบัติทางไฟฟ้า				
ค่าคงตัวไดอิเล็คตริค (dielectric constant)				
20°C	41.9			
23°C				13.6
คุณสมบัติของการลุกไหม้ (flammability)				
ขีดจำกัดการขยายตัว (ในอากาศ), ร้อยละโดยปริมาตร	2.1-19.3	1.8-16.3	2.3-14.3	1.5-9.7
จุดวาบไฟ (flash point), °C				
Tag closed cup	61.7	65	-35.5	
Tag opened cup				83.9
อุณหภูมิติดไฟ (ignition temperature)	315	391		282

[a] FA หมายถึง เฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์

[b] THFA หมายถึง เตทตระไฮโดร เฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของไอ-ของเหลว สำหรับเฟอร์ฟูรัล-น้ำ ที่ความดันเหนือบรรยากาศ



Vapor–liquid equilibria in the furfural–water system. A at 101 kPa (1 atm) B *at 598 kPa (5.92 atm)*

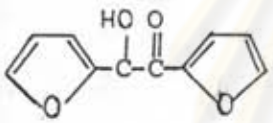
ตารางที่ 2.2 ความสามารถในการละลายซึ่งกันและกันของ เฟอร์ฟูรัลและน้ำ

อุณหภูมิ, °ซ	เฟอร์ฟูรัล, ร้อยละโดยน้ำหนัก	
	เฟสน้ำ	เฟสเฟอร์ฟูรัล
10	7.9	96.1
20	8.3	95.2
30	8.8	94.2
40	9.5	93.3
50	10.4	92.4
60	11.7	91.4
70	13.2	90.3
80	14.8	88.7
90 (จุดเดือด)	16.6	86.5
97.9 (ที่ 760 torr)	18.4	84.1

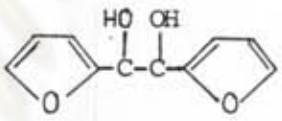
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เช่นเดียวกับอัลดีไฮด์ เฟอร์ฟูรัลสามารถรวมตัว (condense) กับสารประกอบที่มีกลุ่มเมทธีลีนที่ว่องไว (active methylene) เช่น อะลิฟาติคคาร์บอกซิลิคเอสเตอร์ (aliphatic carboxylic ester) แอนไฮไดรด์ (anhydride) คีโตน (ketone) อัลดีไฮด์ ไนไตรล์ (nitrile) และไนโตรพาราฟิน (nitroparaffin) เฟอร์ฟูรัลกับเฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์และสารประกอบฟีโนลิค (phenolic) จะเกิดเรซิน

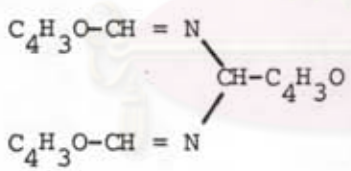
ในที่มีโซเดียมไซยาไนด์ จะเกิดการไดเมอร์ (dimerized) เป็นเฟอร์โรอิน (furoin) (12) $C_4H_3O-CHOH-CO-C_4H_3O$ (mp. 134-135°C) ซึ่งคล้ายกับเบนโซอิน (benzoin) จะถูกออกซิไดส์อย่างเร็วเป็นเฟอร์ริล (furil) ซึ่งคล้ายกับเบนซิล (benzil) เฟอร์ฟูริลทำกับแอมโมเนียจะได้ ไฮโดรฟูราไมด์ (hydrofuramide) (mp. 117°C) ซึ่งอาจจะไอโซเมอร์ไรซ์ (isomerize) เป็นเฟอร์ฟูริน (mp. 116-117°C)



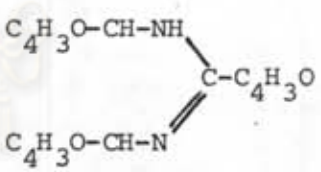
เฟอร์โรอิน



เฟอร์ริล

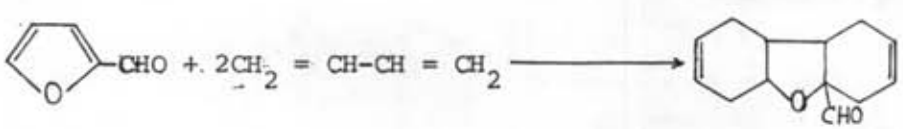


ไฮโดรฟูราไมด์



เฟอร์ฟูริน

ในปฏิกิริยาไดอีนที่ไม่ปกติ เฟอร์ฟูรัลกับล่องโมเลกุลของบิวตะไดอีนจะเกิดปฏิกิริยาดังนี้ (13)



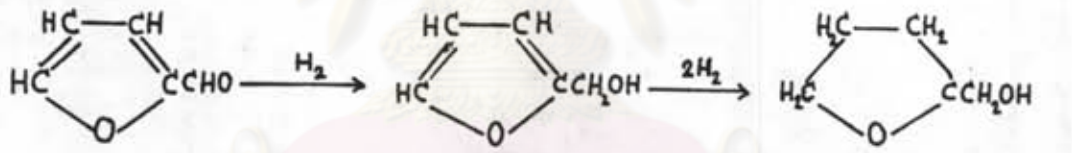
ตามที่ได้คาดหวังไว้ ไนโตรอิน และอาโลคีเนยัน จะทำให้เกิดการแทนที่ในตำแหน่งที่ 5 ของวงแหวนที่เปิดออก (14-16)

008681

เฟอร์ฟูรัลคงทนต่อความร้อนในที่มีออกซิเจน ที่อุณหภูมิสูงถึง 230°C การระเบิดเป็นเวลาหลายชั่วโมงจึงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์ที่สังเกตได้ยกเว้นสี (17) กลุ่มอัลดีไฮด์มีลักษณะเป็นตัวดึงอิเล็คตรอน ทำให้เฟอร์ฟูรัลมีความต้านทานต่อการแตกตัวแบบไฮโดรไลติค (hydrolytic) แม้ในที่อุณหภูมิสูงจะต้องเกิดการระเบิดเป็นเวลานานจึงจะทำให้เกิดการทำลายของเฟอร์ฟูรัลโดยกรดเจือจาง (18) และจะได้เรซินดำ อัตราการเกิดขึ้นกับความเข้มข้นของประจุไฮโดรเจนและอุณหภูมิ

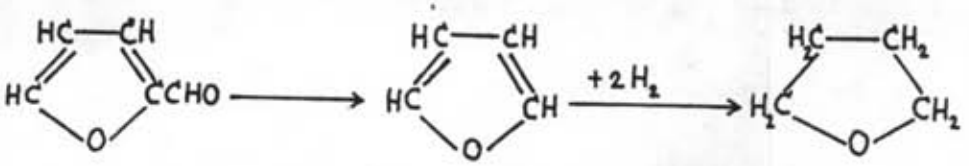
2.5 การเปลี่ยนเฟอร์ฟูรัลเป็นอนุพันธ์หลัก (4)

การเปลี่ยนเฟอร์ฟูรัลเป็นเฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์ และเตทตระไฮโดรเฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์ โดยการเติมไฮโดรเจนโดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งแสดงปฏิกิริยาได้ดังในรูปข้างล่างนี้ ในการนี้จะต้องใช้เครื่องมือที่ออกแบบโดยเฉพาะ ผลผลิตทางทฤษฎีจะให้เฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์ 1.02 ปอนด์ต่อเฟอร์ฟูรัล 1.0 ปอนด์



เฟอร์ฟูรัล เฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์ เตทตระไฮโดรเฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์

เตทตระไฮโดรฟูแรนที่ผลิตในสหรัฐอเมริกา ผลิตจากเฟอร์ฟูรัลโดยดึงเอากลุ่มคาร์โบไนล์ (carbonyl) ออกจากเฟอร์ฟูรัลในที่มีไอน้ำ มีซิงค์-โครเมียม-โมลิบเดนัม (zinc-chromium-molybdenum) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งจะได้ฟูแรน หลังจากนั้นทำการไฮโดรจิเนชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ก็จะได้เตทตระไฮโดรฟูแรน



เฟอร์ฟูรัล ฟูแรน เตทตระไฮโดรฟูแรน

ตามทฤษฎีแล้ว เฟอร์ฟูรัล 1.33 ปอนด์ เป็นปริมาณเพียงพอที่จะผลิตเตทตระไฮโดรฟูแรน 1.00 ปอนด์ แต่ผลผลิตที่ได้จริงในเชิงพาณิชย์มีเพียง ร้อยละ 75 ของค่าตามทฤษฎี ดังนั้นเฟอร์ฟูรัล 1.77 ปอนด์จะผลิตเตทตระไฮโดรฟูแรนได้ 1 ปอนด์

2.6 ประโยชน์ของเฟอร์ฟูรัล (4 , 19)

เฟอร์ฟูรัลเป็นสารละลายเฉพาะที่มีความไวสูง ตั้งแต่มีการผลิตในเชิงพาณิชย์เมื่อครึ่งศตวรรษที่ผ่านมาก็ได้มีการวิจัยเพื่อค้นพบการนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ซึ่งอาจจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้คือ การนำเอาเฟอร์ฟูรัลไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมโดยตรง และใช้เป็นสารเคมีตัวกลางในการผลิตสารเคมีประเภทฟูแรน

2.6.1 การใช้ประโยชน์โดยตรงของเฟอร์ฟูรัล

1. สารละลายเฉพาะในการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์

การใช้ประโยชน์โดยตรงของเฟอร์ฟูรัลนั้น ส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันแร่โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการผลิตน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งจะใช้เฟอร์ฟูรัลในการแยกสารประกอบพวกไซคลิค (cyclic) ที่ไม่อิ่มตัวซึ่งมีความสามารถในการละลายในเฟอร์ฟูรัลสูง การกำจัดสารประกอบเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเพิ่มค่าดัชนีความหนืดของน้ำมันเครื่อง: การใช้เฟอร์ฟูรัลยังช่วยลดปริมาณซัลเฟอร์ และคาร์บอนที่เหลือได้อีกด้วย

ฟีนอลเป็นสารคู่แข่งสำคัญของเฟอร์ฟูรัลในอุตสาหกรรมประเภทนี้ โรงงานที่ใช้เฟอร์ฟูรัลในกระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์มีประมาณครึ่งหนึ่งของโรงงานทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ทั้งหมดของโลก

น้ำมันแร่อื่น ๆ สามารถปรับปรุงคุณภาพได้โดยการทำกับเฟอร์ฟูรัล เชื้อเพลิงดีเซลมักจะทำให้บริสุทธิ์ได้ด้วยเฟอร์ฟูรัล ฟีดสต๊อก (feed stock) สำหรับโรงงานผลิตคาร์บอนแบลค์ก็ทำกับเฟอร์ฟูรัลเช่นเดียวกัน

น้ำมันพืช น้ำมันสัตว์ และน้ำมันตับปลา สามารถทำให้บริสุทธิ์ได้โดยผ่านเทคโนโลยีที่ใช้เฟอร์ฟูรัลเป็นตัวทำละลาย โดยวิธีเดียวกันนี้จะได้วิตะมินเอและดีจากน้ำมันตับปลาที่เข้มข้น

2. ตัวกลางการกสั่นในการสกัดบิวตะไดอีน

การใช้ประโยชน์โดยตรงของเฟอร์ฟูรัลที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ การสกัดบิวตะไดอีนจากปิโตรเลียม เฟอร์ฟูรัลใช้ในโรงงานขนาดใหญ่เป็นตัวกลางในกระบวนการสกัดแยกโดยการกสั่นเพื่อแยก C_4 ไฮโดรคาร์บอน เช่น นอร์มอล-บิวเทน (n-butane), ไอโซ-บิวเทน (iso-butane) จากน้ำมัน โดยการเติมเฟอร์ฟูรัล จะทำให้จุดเดือดของสารประกอบปิโตรเลียมที่ต้องการแยกจากกัน ซึ่งโดยปกติแล้วจะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเกิดการเปลี่ยนเบนไปเนื่องมาจากความสามารถในการละลายที่แตกต่างกัน การเปลี่ยนเบนของจุดเดือดนี้จะช่วยให้การแยกสารประกอบเหล่านี้เป็นไปได้ง่ายขึ้น

3. สารทำลายสีสำหรับยางไม้ที่เหนียว

สารมีสีที่ไม่ต้องการในยางไม้เหนียวจะถูกกำจัดออกโดยการกสั่นสกัดส่วนด้วยไอกับเฟอร์ฟูรัล ผลสุดท้ายจะได้ยางไม้ที่มีสีสว่าง หรือยางบริสุทธิ์สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมสบู่ น้ำมันขัดเงา และกระดาษ

4. ใช้เป็นสารละลายและช่วยในกระบวนการผลิตถ่านและผลิตภัณฑ์ถ่าน

เมื่อก่อนนี้ประโยชน์อย่างหนึ่งของเฟอร์ฟูรัล คือใช้ในการแยกแอนทราซีน (antracene) จากน้ำมันแอนทราซีน โดยการตกผลึกเฉพาะ หรือการระเหิด

5. ใช้ในการทำเรซิน

เฟอร์ฟูรัลและฟีนอล ทำปฏิกิริยากันได้โดยง่าย เกิดเป็นเรซินที่หลอมละลายได้และละลายได้ มีคุณสมบัติลอง-โฟล (long-flow) ซึ่งใช้ประโยชน์ในการหล่อหรือพิมพ์ตามแบบ การประยุกต์ใช้ที่สำคัญคือ ใช้ในการผลิตดูโรพลาสติก ฟีโนลิค (duroplastic phenolic) เช่นเดียวกันกับฟอร์มัลดีไฮด์ เฟอร์ฟูรัลซึ่งเป็นอัลดีไฮด์ชนิดหนึ่งนั้นสามารถทำให้เกิดผลิตภัณฑ์คอนเดนซ์เชยันกับฟีนอลในสารละลายกรดหรือด่าง ผลิตภัณฑ์นี้มีความต้านทานสูงต่อความร้อนและด่าง และมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าและทางกลค่าสัตรดี ข้อที่ได้เปรียบของการใช้เฟอร์ฟูรัลแทนฟอร์มัลดีไฮด์ในการผลิตฟีโนลิคเรซินคือ

- ให้ผลิตภัณฑ์ของฟีโนลิคเรซินมากกว่า ฟีนอล 100 กรัมทำกับเฟอร์ฟูรัลจะให้เรซิน 185 กรัม แต่กับฟอร์มัลดีไฮด์จะให้เรซินเพียง 127 กรัม

- คุณสมบัติเฉพาะของฟีโนลิคเรซินในการทำแบบหล่อที่เหมาะสม ทำให้สามารถทำแบบหล่อขนาดใหญ่ได้

- ได้ใช้ความสูงของเครื่องปฏิกรให้เกิดประโยชน์สูงสุด และลดเวลาของการเกิดปฏิกิริยา ทั้งนี้ขึ้นกับความบริสุทธิ์ของเฟอร์ฟูรัล

6. สารละลายที่ว่องไวในการผลิตลอบดที่มีพันธะเรซิน

ลอบดที่มีพันธะเรซินทำด้วยเฟอร์ฟูรัลมาเป็นเวลาหลายปีแล้ว ในการผลิตลอบดด้วยแบบหล่อเย็น ทินบดจะถูกทำให้เปียกด้วยสารละลายเฟอร์ฟูรัล ร้อยละ 2 หรือ 3 ตามด้วยการเติมฟีโนลิคเรซินในปริมาณที่ต้องการ เฟอร์ฟูรัลทำหน้าที่เป็นพลาสติไซเซอร์ชั่วคราว และเป็นสารทำให้เปียก (wetting agent) ในการผสม ซึ่งจะนำไปทำแบบหล่อเย็นต่อไป หลังจากนั้นก็จะนำไปอบเพื่อรักษาสภาพของเรซิน เฟอร์ฟูรัลทำปฏิกิริยากับเรซินจะกลายเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของพันธะระหว่างโมเลกุลของเรซิน ผ้าเบรคสำหรับรถยนต์ก็ผลิตด้วยวิธีนี้เช่นเดียวกัน

2.6.2 การใช้เฟอร์ฟูรัลเป็นตัวกลางเคมี

เฟอร์ฟูรัลเป็นตัวกลางเคมีในการผลิตสารเคมีอื่น ๆ ได้อีกหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเคมีในกลุ่มฟูแรน เช่น เฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์ เตทตระไฮโดรเฟอร์ฟูริลแอกอฮอล์ เตรตระไฮโดรฟูแรน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย ดังนี้

1. ใช้ผลิตเฟอร์ฟูริลแอกอฮอล์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้ดังนี้

- ใช้ผลิตฟูแรนเรซินซึ่งใช้เป็นสารยึดในการหล่อ ซึ่งได้มีการวิวัฒนาการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการหล่อตั้งแต่ปี 1950 เรซินนี้ใช้ในการทำสารยึดทรายที่เป็นของเหลวสำหรับเตรียมแบบหล่อและแกน องค์ประกอบเฟอร์ฟูริลแอกอฮอล์ในสารยึดนี้อาจจะแปรไปตั้งแต่ ร้อยละ 45 ถึง 95 ในกระบวนการที่ไม่มีการอบ (no-bake) และแปรไปตั้งแต่ร้อยละ 25 ถึง 60 ในกระบวนการฮอท-บอกซ์ (hot-box)

- ใช้ผลิตฟูแรนเรซินที่มีความต้านทานต่อการกัดกร่อน

- ใช้ผลิตฟูแรนเรซินสำหรับไฟเบอร์กลาสเรนฟอร์สพลาสติก

- กาวไม้ซึ่งปรับปรุงด้วยเฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์

- เฟอร์ฟูริลแอกอฮอล์ใช้เป็นสารละลายแข่ยึมสำหรับสารที่มีรูละเอียด เช่น ไม้ หิน อิฐ ถ่าน หรือแกรไฟต์ ทำให้สารเหล่านี้มีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น แข็งแรงขึ้น และเป็นสารที่ไม่ยอมให้การซึมผ่านต่อการลึกกร่อนและก๊าซ

- ใช้เฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์เป็นสารทำให้ดินรวมตัวกันใช้ประโยชน์ในการเจาะบ่อน้ำมัน และบ่อก๊าซ

- ใช้เฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์สำหรับวัตถุประสงค์อื่น ๆ เช่น ผสมเฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์กับอีพอกซีพลาสติก (epoxy plastic) ทำเป็นสารที่บางและอ่อนหุ่น ใช้ทำความสะอาดสารเคมีหลายชนิดออกจากภาชนะ

2. ใช้ผลิตเตทตระไฮโดรเฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์ (THFA)

- ใช้เป็นพลาสติไซเซอร์ (plasticizer) สำหรับไนลอน

- ใช้เป็นสารละลายสำหรับการสังเคราะห์เรซิน

- ใช้เป็นสารละลายสำหรับสี โดยช่วยการกระจายตัวของสีให้ลึกและเร็ว

- ใช้เป็นส่วนผสมของสีทาบ้านและสารขัดเงา

3. ใช้ผลิตเตทตระไฮโดรฟูแรน (THF)

- ใช้เป็นสารละลายสำหรับเรซินสังเคราะห์และเรซินธรรมชาติ

- ใช้เป็นเบสสำหรับโพลีเตทตระเมทรีลีน (polytetramethylene) อีเทอร์ (ether) ไกลคอล (glycol)

- เป็นวัตถุดิบในทางเภสัชกรรม

- ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไนลอน 66

นอกจากนี้ เฟอร์ฟูรัลยังใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ อีก เช่น

- ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันดีเซล

- ใช้เป็นสารอะโรเมติก (aromatic) สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมบรั่นดีและน้ำหอม

- ประยุกต์ใช้ในการถนอม และฆ่าเชื้อโรคแทนฟอร์มัลดีไฮด์ ในการถนอมพวก ธัญญพืช และไม้นั้น เฟอร์ฟูรัลมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อราได้แรงกว่า
- ประยุกต์ใช้เฟอร์ฟูรัลเป็นยาปราบวัชพืชและยาฆ่าแมลง
- ใช้เป็นสารต้านการแข็งตัว (antifreeze)

จะเห็นได้ว่าเฟอร์ฟูรัลสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย ซึ่งถ้าเขียนสรุปโดยย่อจะได้เป็นตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ประโยชน์ของเฟอร์ฟูรัล

<u>การใช้ประโยชน์ของเฟอร์ฟูรัล</u>	
การใช้ประโยชน์โดยตรง	- ใช้เป็นสารละลายในการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์
	- เป็นตัวกลางการกลั่นในการสกัดแยกบิวตะไดอีน
	- สารทำลายสีสำหรับยางไม้ที่เหนียว
	- เป็นสารละลายในกระบวนการผลิตถ่าน
	- ใช้ในการทำเรซิน
	- ใช้เป็นสารละลายที่ว่องไวในการผลิตล้อยางที่มีพันธะเรซิน
	- ใช้ผลิตฟีโนลิคเรซิน
การใช้ประโยชน์เป็นสารเคมีตัวกลาง	- ใช้ผลิตเฟอร์ฟูริลแอกอฮอล์
	- ใช้ผลิตเตทตระไฮโดรเฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์
	- ใช้ผลิตเตทตระไฮโดรฟูแรน
การใช้ประโยชน์อื่น ๆ	- ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำมัน
	- ใช้ในอุตสาหกรรมบรั่นดี และน้ำหอม
	- ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรค, ยาปราบวัชพืช, ยาฆ่าแมลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย