๑, ๓ - บิวทาไดอีน

พรชัย สิทธิศรัณย์กุล*

บทคัดย่อ ๑, ๓-บิวทาไดอีนส่วนใหญ่ใช้ในกระบวนการผลิตยางสังเคราะห์และพอลิเมอร์ สารนี้เป็นสารก่อมะเร็งที่องค์การนานาชาติด้านการวิจัยมะเร็งไม่ระบุอวัยวะ. บทความนี้ได้ทบทวนการผลิต การสัมผัส การประเมินการสัมผัสและผลการสัมผัสบิวทาไดอีน

คำสำคัญ: *บิวทาไดอีน, สารอินทรีย์ระเหยง่าย, ตัวชี้วัดสุขภาพ, ตัวชี้วัดชีววัตถุ*

Abstract **1,3 - butadiene**

Pornchai Sithisarankul*
**Department of Preventive and Social Medicine, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, Bangkok*

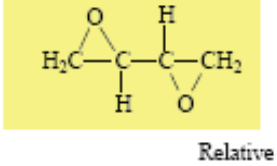
The chemical 1, 3-butadiene is used primarily in the production of synthetic rubber and polymers. It is a carcinogen, although the International Agency for Research on Cancer has not determined the affected organ(s). This article reviews the production, exposure, exposure assessment, biomarker of exposure and biomarker of effect of butadiene.

Key words: *butadiene, volatile organic compounds, health indicator, biomarker*

๑, ๓ - บิวทาไดอีน มีชื่ออื่นอีกหลายชื่อ คือ ไบเอธีย์ลีน ไบไฟวนิย์ล บิวทาไดอีน, บิวทา- ๑, ๓ - บิทาไดอีน, แอลฟา, แกมมา - บิวทาไดอีน, ทรานส-บิวทาไดอีน, ไดไฟนิย์ล อีรีย์ธรีน พีย์ร์รอลีย์ลีน, และไฟวนิย์ลเอธีย์ลีน. สูตรโครงสร้างคือ C_4H_6 มีมวลโมเลกุล ๕๔.๐๙ ในบรรยากาศและแรงดันบรรยากาศปรกติจะมีสถานะเป็นแก๊สไร้สี. เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะเป็น *ไดอีพ็อกซีย์บิวเทน*ซึ่งมีรูปร่างโครงสร้างโมเลกุลแตกต่างกัน ๔ แบบผสมกันอยู่ (racemic mixture of 4 different

Nomenclature

Chem. Abstr. Name: 2,2'-Bioxirane
IUPAC Systematic Name: 1,2:3,4-Diepoxybutane
Synonyms: Butadiene dioxide (diepoxybutane); 1,3-butadiene diepoxide ((±)-diepoxybutane); D-1,2:3,4-diepoxybutane (D-diepoxybutane): L-1,2:3,4-diepoxybutane; (5,5)-1,2:3,4-diepoxybutane (L-diepoxybutane)



$C_4H_6O_2$ Relative molecular mass: 86.10

*ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

isomers). ไดอีพ็อกซีย์บิวเทนเป็นของเหลวใสไม่มีสี.

Gas chromatography/flame ionization detection (GC/FID) เป็นวิธีการทางห้องปฏิบัติการที่จะใช้วิเคราะห์ปริมาณบิวทาไดอีนในอากาศ, ในอาหาร, วัสดุหุ้มห่ออาหาร พลาสติกอาหารเหลวและอาหารแข็ง.

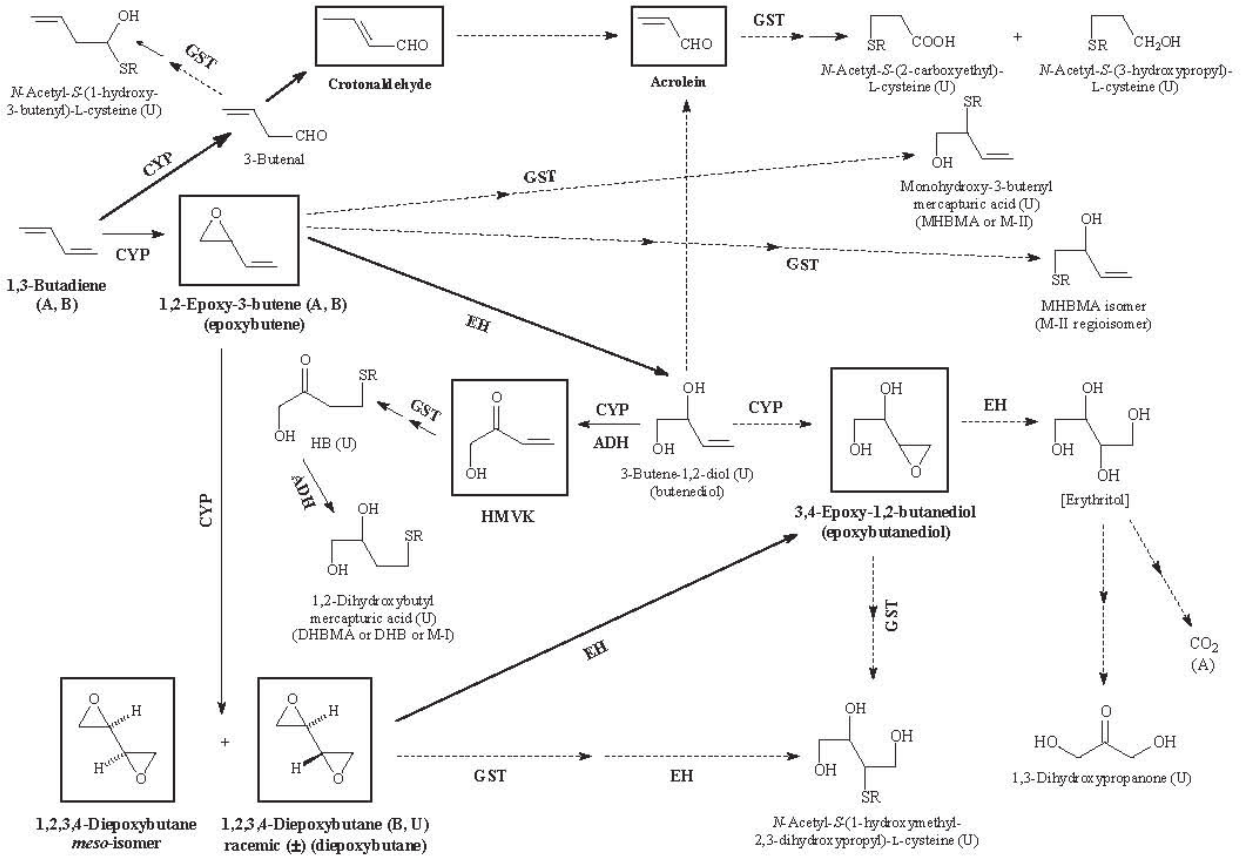
กระบวนการผลิตบิวทาไดอีน มี ๓ วิธีคือ

๑. ในกระบวนการกระเทาะด้วยไอน้ำ (steam cracking) ของฮัยโดรคาร์บอนเพื่อผลิตเอธีย์ลีนจะได้บิวทาไดอีน เป็นผลิตผลร่วม. วิธีนี้ใช้มากราวร้อยละ ๙๕ ในการผลิตบิวทาไดอีนทั่วโลก.

๒. การขจัดฮัยโดรเจนจาก n-butane หรือ n-butene จะได้บิวทาไดอีน.

๓. ผลิตโดยใช้เอธานอล ซึ่งประกอบด้วย ๒ ขั้นตอน. ขั้นตอนที่ ๑ การขจัดฮัยโดรเจน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบ. ขั้นที่ ๒ ผลที่ได้จากกระบวนการที่ ๑ จะถูกดึงเอาน้ำออกที่แรงดันบรรยากาศ โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นเซอร์โคเนียมออกไซด์ หรือแทนทาลัมออกไซด์ จะได้บิวทาไดอีน.

เมื่อผลิตบิวทาไดอีน ไม่ว่าด้วยกระบวนการผลิตใดจะต้องทำให้บริสุทธิ์โดยแยกเอาสิ่งปนเปื้อน ได้แก่ บิวเทนอื่น,



A, B, U, metabolites in exhaled air, blood, urine, respectively; ADH, alcohol dehydrogenase; CYP, cytochrome P450; DHB, 4-(*N*-acetyl-L-cystein-*S*-yl)-1,2-dihydroxybutane; EH, epoxide hydrolase; GST, glutathione-*S*-transferase; HB, 4-(*N*-acetyl-L-cystein-*S*-yl)-1-hydroxy-2-butanone; HMVK, hydroxymethylvinyl ketone
Solid frame, electrophilic metabolites that can form DNA or haemoglobin adducts; dashed lines, assumed pathways

รูปที่ ๑ Metabolic pathways of butadiene deduced from findings in mammals *in vitro* and *in vivo*

บิวทีน หรือแอเศทีย์ลีน ออก.

การใช้ บิวทาไดอีน ส่วนใหญ่ใช้บิวทาไดอีนในกระบวนการผลิตยางสังเคราะห์และพอลิเมอร์ ซึ่งจะถูกใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมและผลิตภัณฑ์อุปโภคบริโภคอีกหลายชนิด. พอลิเมอร์เหล่านี้จะช่วยเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพิ่มความปลอดภัยและลดต้นทุน. ผลิตภัณฑ์เหล่านี้พบได้ในยานยนต์ วัสดุก่อสร้าง ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์โทรคมนาคม เสื้อผ้า อุปกรณ์ป้องกันอันตราย อุปกรณ์บรรจุหีบห่อและเครื่องใช้ภายในบ้าน.

สารสังเคราะห์ซึ่งผลิตจากบิวทาไดอีน ได้แก่ ยางสตัยรีน-บิวทาไดอีน, ยางพอลีบิวทาไดอีน, กาวสตัยรีน-บิวทาไดอีนม ยางคลอโรพรีนและยางไนไตรล์. พลาสติกสำคัญที่มีบิวทาไดอีนเป็นองค์ประกอบ คือ พลาสติกกันกระแทกพอลีย์สตัยรีน.

บิวทาไดอีนในสิ่งแวดล้อม

บิวทาไดอีนไม่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ, สิ่งแวดล้อม, ที่ทำงาน แต่จะพบบิวทาไดอีนได้ในอุตสาหกรรมกลั่นปิโตรเลียม และผลิตบิวทาไดอีน มอโนเมอร์ รวมไปถึงการผลิตพอลิเมอร์สตัยรีน-บิวทาไดอีนและอนุพันธ์ของมัน ในกระบวนการทำงานขั้นตอนต่างๆ หลายขั้นตอน แม้แต่ใน tank farm ซึ่งเป็นที่เก็บสารเคมีขนาดใหญ่และในพนักงานซ่อมบำรุง. นอกจากนี้ยังพบในสถานประกอบการอุตสาหกรรมที่ผลิตยางและผลิตภัณฑ์พลาสติก.

ในสิ่งแวดล้อมทั่วไปเราพบบิวทาไดอีนได้จากปล่องไอเสียที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมไปถึงยานยนต์ที่ไม่มี *ตัวเร่งปฏิกิริยา (non-catalyst vehicle)*. นอกจากนี้เพลิงไหม้, การเผาไม้และพุ่มไม้, การเผาพลาสติกหรือไอระเหยจากน้ำมันเชื้อเพลิงประเภทแกโสลีน (เบนซิน) ก็มีการปลดปล่อยบิวทาไดอีนออกมาเช่นกัน.

ในประเทศสหราชอาณาจักรมีการศึกษาใน พ.ศ. ๒๕๓๙ ประเมินว่ามีการปลดปล่อยบิวทาไดอีนสู่สิ่งแวดล้อมประมาณ ๑๐.๖ พันตัน. ยานยนต์บนถนนปล่อยออกมามากที่สุดคิดเป็นร้อยละ ๖๘ ของทั้งหมด. ยานยนต์อื่นที่อยู่นอกถนน และเครื่องจักรอื่นๆ อีกร้อยละ ๑๔ และที่เหลือมาจากอุตสาหกรรมเคมี ไฟไหม้ในเขตเมืองและการเผาไม้หรือเผาฟืนหรือใช้เชื้อเพลิงที่ทำจากไม้รวมไปถึงบุหรี่ ก็จะทำให้มีบิวทาไดอีนในอากาศด้วย.

บิวทาไดอีนถูกเปลี่ยนแปลงในร่างกายสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมได้หลายวิถี และอนุพันธ์ของมันหลายชนิดมีสมบัติชอบอิเล็กตรอน สามารถจับกับ DNA หรือฮีโมโกลบินได้ ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญของสารก่อมะเร็ง และด้วยข้อมูลทางการแพทย์และสาธารณสุข International Agency for Research on Cancer (IARC) จึงจัดบิวทาไดอีนเป็นสารก่อมะเร็งที่ไม่ได้ระบุอวัยวะ.

มนุษย์สามารถได้รับบิวทาไดอีนจากการหายใจ และจากการดื่มน้ำหรือจากการกินอาหารที่ปนเปื้อนสารบิวทาไดอีน. กลุ่มเสี่ยงสูงสุดคือคนงานที่อยู่ในโรงงานผลิตยางพลาสติกและเรซิน. นอกจากนี้บิวทาไดอีนยังสามารถพบได้ในที่ทิ้งขยะอันตราย และเนื่องจากเป็นองค์ประกอบในไอเสียยานยนต์ทั้งรถยนต์และรถบรรทุกรวมทั้งในควันที่มาจากการเผาไม้และบุหรี่ จึงพบบิวทาไดอีนได้เสมอในอากาศเมือง.

การสัมผัสบิวทาไดอีนขนาดสูงจะระคายเคืองตา จมูกและลำคอ หากสัมผัสขนาดสูงมากจะมีอาการคล้ายเมาเหล้าหมดสติและอาจถึงเสียชีวิตได้. กลุ่มเสี่ยงคือผู้มีโรคหัวใจ, โรคเลือด, โรคปอดอยู่ก่อน. การศึกษาที่จะสรุปว่าบิวทาไดอีนตัวเดียวก่อโรคเลือด, โรคหัวใจและโรคปอดนั้นทำได้ยาก. เนื่องจากในความเป็นจริงคนงานมักจะสัมผัสสารเคมีตัวอื่นด้วย การศึกษาจึงบอกได้ยากว่าโรคเหล่านี้เป็นผลจากบิวทาไดอีนหรือสารเคมีอื่นหรือผลร่วมกัน. ในสัตว์ทดลองมีรายงานผลเสียต่อเม็ดเลือด ต่อเนื้อเยื่อบุจมูก ทำให้สัตว์ทดลองแท้ง ก่อให้เกิดโรคไต ทำให้ปอดเสียหายและมีผลเสียต่ออวัยวะสืบพันธุ์และตับ.

ยังไม่มีวิธีการทางการแพทย์ที่จะตรวจว่าได้รับบิวทาไดอีนเข้าร่างกายหรือไม่.การตรวจสารประกอบบิวทาไดอีนที่จับกับ DNA หรือโปรตีนเป็นความพยายามที่จะประเมินการสัมผัสบิวทาไดอีน. แต่การตรวจเหล่านี้ก็เป็นงานวิจัยในต่างประเทศยังไม่มีบริการแพร่หลาย.

องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (United States

Environmental Protection Agency; USEPA) กำหนดให้อุตสาหกรรมต้องรายงาน หากมีการรั่วไหลของ บิวทาไดอีน ตั้งแต่ ๑ ปอนด์ขึ้นไป.

ยังไม่มีตัวชี้วัดชีววัตถุที่จะใช้ประเมินการสัมผัสบิวทาไดอีน. การตรวจอนุพันธ์ของบิวทาไดอีนที่จับกับฮีโมโกลบิน (1,3-butadiene-derived hemoglobin adduct) ก็ทำไม่ได้ในมนุษย์เพราะต้องใช้กัมมันตรังสี. แม้บิวทาไดอีนจะมีผลเสียต่อผิวหนัง ตาและทางหายใจส่วนบนหลังจากสัมผัสบิวทาไดอีน แต่ผลเหล่านี้ก็ไม่จำเพาะต่อการสัมผัสบิวทาไดอีน เพราะอาจเกิดจากสารเคมีอื่นๆ ได้ และยังไม่มีตัวชี้วัดชีววัตถุที่แสดงผลของบิวทาไดอีน.

เอกสารอ้างอิง

1. พรชัย สิทธิศรัณย์กุล. วิทยาการระบาดระดับโมเลกุล. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร; ๒๕๔๕. ๑๘๔ หน้า.
2. http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol97/mono97-6.pdf เข้าถึงเมื่อ ๘ สค. ๒๕๕๒.
3. http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp28.html เข้าถึงเมื่อ ๘ สค. ๒๕๕๒.