บทที่ 2

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ เอทธิลีน ออกไซด์

ชื่อทางเคมี

Ethylene oxide

1, 2 - epoxyethane

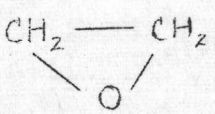
Oxirane

Dimethylene oxide

ชื่อสามัญ

Ethylene oxide

สูตรโครงสร้าง



คุณสมบัติทางฟิสิกส์และอันตราย

เอทธิลีน ออกไซด์ จะอยู่ในสภาวะของแข็ง ที่อุณหภูมิ -111^{o}ซ.(-168.3^{o}ฟ.) และอยู่ในสภาวะของของเหลวที่ไม่มีสี ที่อุณหภูมิน้อยกว่า 10.73^{o}ซ. (51.3^{o}ฟ.) ซึ่งจะก่อให้เกิดการไหม้และบวมแดงของผิวหนังได้ถ้าถูกกับสารนี้โดยตรง หรือถูกกับเสื้อผ้า หรือวัตถุที่มีสารนี้อยู่[12 - 14,37,38]

ที่อุณหภูมิห้อง หรืออุณหภูมิมากกว่า 10.73^{o}ซ. จะอยู่ในสภาวะของกาซที่ไม่มีสี มีกลิ่นคล้าย ether (etheral odor) เมื่อสูดดมเข้าไป จะก่อให้เกิดพิษคล้ายกับกาซแอมโมเนีย[14] โดยถ้าถูกกับไอของมันในความเข้มข้นต่ำ ๆ บ่อย ๆ จะเกิดอาการคลื่นไส้และอาเจียร ถ้าถูกติดต่อกันเป็นระยะนาน ๆ แม้จะในความเข้มข้นต่ำ ๆ จะทำให้

ประสาทการรับกลิ่นเสียไป และในความเข้มข้นสูง ๆ จะทำให้เกิดอาการปวดบวม ทั้งยังเกิดการระคายเคืองต่อตาและเนื้อเยื่อที่เป็นเมือก mucous membrane ด้วย ถ้าสูดดมกาซเข้าไปมาก ๆ โดยทันที จะเกิดการสลบเนื่องจากเกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ หรืออาจถึงตายถ้าระบบการหายใจหยุดทำงาน[39] นอกจากนี้กาซนี้ยังเป็นสารสำคัญที่ทำให้เกิดการแตกตัวของเม็ดเลือดแดง ถ้าสารนี้ผ่านเข้าเส้นเลือด[12 – 16]

ในทั้ง 3 สภาวะ สภาวะที่เป็นของเหลว และที่เป็นกาซจะก่อให้เกิดความเป็นพิษแก่ร่างกายมากที่สุด ทั้งยังเกิดอันตราย เนื่องจากคุณสมบัติในการติดไฟ และการระเบิดด้วย[39] กล่าวคือ

เอทธิลีน ออกไซด์เหลวเมื่อเก็บไว้ อาจจะเกิดการติดไฟได้จนกว่าจะผสมกับน้ำในอัตราส่วนน้ำต่อ ออกไซด์ 22 : 1 หรืออาจดับด้วยคาร์บอนไดออกไซด์หรือสารเคมีแห้งอื่น ๆ[39]

ในสภาวะที่เป็นกาซหรือเป็นไอ จะเกิดการระเบิดได้ เมื่อถูกกับสะเก็ดไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าสถิต ความร้อนที่สูงเกินไป เปลวไฟ acetylides ที่สลายตัว หรือ detonating agents ต่าง ๆ ส่วนผสมของกาซนี้กับอากาศจะระเบิดได้ง่ายกว่ากาซบริสุทธิ์อย่างเดียว ปริมาณของกาซนี้เพียง 3 % ในอากาศก็เกิดการระเบิดได้ และในพื้นที่จำกัด เช่น ในภาชนะที่บรรจุ แรงดันจากการระเบิดอาจมีมากถึง 16 – 50 เท่าของแรงดันเดิม ซึ่งจะขึ้นกับความดันเดิมที่มีอยู่ และอัตราส่วนของปริมาตรของกาซกับกับพื้นที่ของภาชนะที่บรรจุ โดยถ้าปริมาตรต่ออัตราส่วนของพื้นที่ของภาชนะเพิ่มขึ้น ความดันก็อาจจะเพิ่มขึ้นได้ถึง 50 เท่า ของความดันเดิม ในการเกิดการระเบิดเช่นนี้อาจสามารถป้องกันได้ โดยทำการผสมกาซนี้กับกาซเฉื่อยอื่น ๆ เช่น ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ในอัตราส่วน 1: 9[4] หรือ ฟรีออน[41] การระเบิดเนื่องจากสาเหตุภายนอกอื่น ๆ อาจป้องกันได้โดยการทำฉนวน และทำระบบหมุนเวียนของน้ำรอบนอก

คุณสมบัติทางเคมี และประโยชน์

เอทธิลีน ออกไซด์ เป็นสารประกอบของ epoxide ซึ่งมีโครงสร้างเป็น three - membered ring และแขนระหว่างอะตอมจับกันด้วยมุม 60^{0} ซึ่งน้อยกว่าลักษณะมุมทั่วไปของ tetrahedral carbon เนื่องจากอะตอมไม่สามารถปรับให้มี maximum overlap กับ orbital ได้ จึงทำให้แขนนี้อ่อน และไวต่อการทำปฏิกิริยาต่าง ๆ เพื่อแตกออกเป็น straight chain ได้ง่าย[43]

จากคุณสมบัติเฉพาะของ เอทธิลีน ออกไซด์ เช่นนี้ ทำให้ เอทธิลีน ออกไซด์ เป็นสารที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้มากมาย เช่น ในการทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย จะได้เป็น ethanolamine ซึ่งเป็น emulsifying agent ที่สำคัญในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ น้ำยาขัดเงา น้ำยาซักแห้ง สเปรย์ฆ่าแมลง [43] ฯลฯ หรือ การทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ได้เป็นสารประกอบของพวก cellosolve หรือ carbital ซึ่งใช้ทำน้ำยาเคลือบต่างๆ หรือ detergent เป็นต้น

ประโยชน์ที่สำคัญของ เอทธิลีน ออกไซด์ ในการไวต่อการทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ และเป็นประโยชน์โดยตรงของ**เอทธิลีน ออกไซด์** ซึ่งเป็นที่นิยมใช้จนถึงปัจจุบันนี้ คือ การใช้เป็นตัวที่ทำให้สารหรือวัตถุต่างๆ **ปราศจากเชื้อ** [44, 45]

เอทธิลีน ออกไซด์ ในการทำให้สารและวัตถุต่างๆ ปราศจากเชื้อ

เอทธิลีน ออกไซด์ ได้ถูกนำมาใช้ในการทำให้เกิดการปราศจากเชื้อ ตั้งแต่ปี 1928 [46, 47] โดยได้มีการศึกษาถึงปฏิกิริยาทางชีวสาร ปฏิกิริยาในการต่อต้านเชื้อจุลชีพ และคุณสมบัติในการทำลายเชื้อต่างๆ **จนถึงปัจจุบัน** เอทธิลีน ออกไซด์ ได้กลายเป็นกาซในอุดมคติในการทำให้สารและเครื่องมือต่างๆ ปราศจากเชื้อ ได้แก่

ก. อุปกรณ์เครื่องมือ และเครื่องใช้ต่างๆ ทางการแพทย์ ที่ทำด้วยพลาสติกและยาง [3, 42, 48 – 54] เช่น สายให้น้ำเกลือ สายให้เลือด ผ้าพันแผล กระบอกฉีดยา ถุงมือยาง เครื่องมือให้ยาสลบ เครื่องปั๊มหัวใจ อวัยวะเทียมต่างๆ

เช่น ไตเทียม เส้นเลือด ปอดเทียม

ข. ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ทางยา[55,56] เช่น ยาปฏิชีวนะ พวกเพนนิซิลลิน สเตอรอยด์ รวมทั้งวิตามินต่าง ๆ ที่สามารถถูกทำลายได้ด้วยความร้อน

ค. เครื่องมือ เครื่องใช้ต่าง ๆ ในโรงพยาบาล[57] เช่น ผ้าปูที่นอน บริเวณที่ต้องการทำให้ปราศจากเชื้อ

ง. อาหารเพาะเชื้อต่าง ๆ [31,58 – 61] เช่น อาหารเพาะเชื้อที่เป็นของเหลว อาหารเพาะเชื้อที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ หรือชีวสารต่าง ๆ

จ. ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ทางอาหาร เช่น เครื่องเทศ อาหารแห้ง ต่าง ๆ

ฉ. วัสดุต่าง ๆ[68] เช่น หนังสัตว์ ไหม ไนล่อน ขนสัตว์ ฝ้าย กระดาษ ฟาง พลาสติก โลหะ ยาง ฯลฯ

ช. ดิน[69,70]

ซ. สารและวัตถุอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติที่ถูกทำลายด้วยความร้อนหรือถูกความร้อนไม่ได้[71,72]

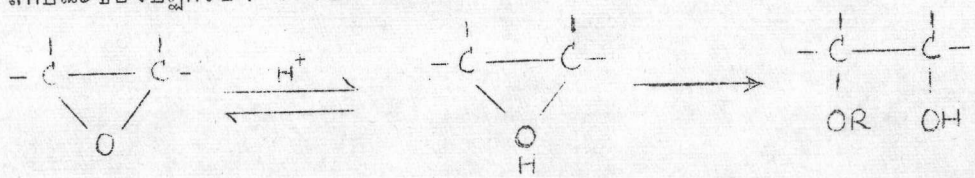
ฯลฯ

ในการทำให้ปราศจากเชื้อนี้ เอทธิลีน ออกไซด์ มีทั้งคุณสมบัติในการเป็นตัวทำลายบัคเตรี แมลง เชื้อรา ไวรัส และสปอร์ต่าง ๆ[73 – 78] ซึ่งดีกว่าก๊าซอื่น ๆ เช่น ฟอร์มาดีไฮด์ ดังนี้ คือ

1. เอทธิลีน ออกไซด์ สามารถเก็บและใช้ในสภาวะที่บริสุทธิ์ได้ดี
2. ไม่มีปัญหาด้านการเกิดปฏิกริยา polymerization หรือ condensation บนผิวหน้าของสารหรือวัตถุ
3. มีอำนาจในการแทรกซึมผ่านวัสดุห่อหุ้มเข้าไปภายในเนื้อของสารหรือวัตถุ
4. ไม่มีกลิ่นติดค้างเหลืออยู่ภายหลังเหมือน ฟอร์มาดีไฮด์
5. เครื่องมือในการทำลายเชื้อก็เป็นเครื่องมือง่าย และสะดวก

กลไกของการออกฤทธิ์ในการทำลายเชื้อ[80 – 82] เอทธิลีน ออกไซด์ มีคุณสมบัติเป็น alkylating agent จะทำปฏิกิริยา อะคีเลชั่น กับ สารต่าง ๆ ที่มีอะตอมของไฮโดรเจนที่หลุดได้ง่าย เช่น hydroxyl group (-OH), amine($-NH_2$), carboxy (-COOH), sulhydryl (-SH) etc. โดยการแทนที่อะตอมไฮโดรเจนเหล่านี้ด้วย hydroxy ethyl radical ($-CH_2CH_2OH$) ได้เป็นสารตัวใหม่ที่มีคุณสมบัติผิดไปจากเดิม ซึ่งโดยปกติ กรุ๊ปต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นกรุ๊ปที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตหรือการสืบพันธุ์ของพวกบัตเตรี ไวรัส แมลงต่าง ๆ ดังนั้นการเกิดปฏิกิริยา อะคีเลชั่น ของเอทธิลีน ออกไซด์ กับกรุ๊ปต่าง ๆ เหล่านี้ จึงเป็นการทำลายเชื้อต่าง ๆ เหล่านี้ไปด้วย โดย Phillip 1949[83] พบว่า อัตราความเร็วในการฆ่าหรือทำลายเชื้อของมันจะเท่ากับอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อจุลชีพ ตลอดระยะเวลาที่ทำขบวนการปราศจากเชื้อนั้น

ลักษณะของปฏิกิริยา จะเป็นดังนี้[42]



ตัวอย่างเชื้อที่ถูกทำลายด้วยกาซนี้ ได้แก่ Bacillus globigii, Escherichia coli, Staphylococus, Mycobacterium, Foot and mouth virus, Bacillus anthracoides, Encephalomyeletis virus, Clostridium etc.

การนำเอทธิลีน ออกไซด์ มาใช้เป็นตัวทำลายเชื้อในทางปฏิบัติ

เนื่องจากเอทธิลีน ออกไซด์ เป็นกาซที่เป็นอันตรายต่อร่างกายและเกิดการระเบิดได้ง่าย การนำเอากาซเอทธิลีน ออกไซด์ มาใช้ในการทำให้ปราศจากเชื้อจึงต้องผสมกับกาซเฉื่อยต่าง ๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ฟรีออน ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน ซึ่งในทางการค้ามีอยู่หลายแบบด้วยกัน และต้องใช้สภาวะในการฆ่าเชื้อต่าง ๆ กัน (ดังตารางที่ 2) โดยความเข้มข้นของ เอทธิลีน ออกไซด์ ที่น้อยที่สุดที่จะมีผลต่อการ

ทำลายเชื้อ จะมีค่าเท่ากับ 450 มก./ลิตร ของความจุของห้องที่ใส่สารเพื่อทำให้ปราศจากเชื้อ และความเข้มข้นนี้เป็นสัดส่วนสัมพันธ์โดยตรงกับความกดดันของส่วนผสมต่าง ๆ ของ เอทธิลีน ออกไซด์ ซึ่งโดยปกติ เครื่องมือที่ใช้จะสามารถปรับความกดดันและความเข้มข้นนี้ได้

วิธีการทำให้ปราศจากเชื้อด้วย เอทธิลีน ออกไซด์

ในการทำให้ปราศจากเชื้อ โดยใช้เอทธิลีน ออกไซด์ นี้สามารถจะนำมาใช้กับเครื่องมือได้หลายแบบด้วยกัน กล่าวคือ

1. ในการทำให้ปราศจากเชื้อเล็ก ๆ น้อย ๆ สามารถจะทำโดยใช้กับหม้อทำให้แห้งที่เป็นสูญญากาศธรรมดา[80]

2. อาจใช้กับเครื่องนึ่งอัด[81] ที่มีการดัดแปลงสำหรับใช้กับกาซตัวนี้ได้ เรียกว่า modified autoclave โดยมีการปรับอุณหภูมิ สูญญากาศภายในเครื่อง ปริมาณความชื้น และความเข้มข้นของเอทธิลีน ออกไซด์ ให้เหมาะสม ที่ใช้กันตามปกติจะนำสารที่จะผ่านกรรมวิธีปราศจากเชื้อนี้มาเก็บไว้ในช่องเก็บสารของเครื่อง ซึ่งจะปรับอุณหภูมิไว้ที่ 55° ซ. (131° ฟ.) มีความเป็นสูญญากาศ ประมาณ 27 นิ้วของปรอท และปรับปริมาณความชื้นภายในช่องนี้ให้มีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50 – 60 % เป็นเวลา 60 นาที เพื่อให้ความชื้นภายในช่องนี้อยู่ในสภาพที่สมดุลย์ และคงที่ตลอดเวลาที่ทำกรรมวิธีปราศจากเชื้อ ซึ่งความชื้นดังกล่าวนี้จะต้องมีอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้เอทธิลีนออกไซด์เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ในการทำลายเชื้อได้อย่างสมบูรณ์[84,85]

เมื่อปรับสภาวะต่าง ๆ คงที่แล้ว จึงจะผ่านกาซเอทธิลีน ออกไซด์ นี้เข้าไปในช่องดังกล่าว จนได้ความเข้มข้นตามต้องการ รักษาระดับความเข้มข้นนี้ให้คงที่ตลอดเวลาที่ทำให้สารปราศจากเชื้อซึ่งปกติจะกินเวลาประมาณ 6 ถึง 24 ชั่วโมง ขึ้นกับว่าสารหรือวัตถุที่นำมาทำการปราศจากเชื้อนี้ จะมีเชื้อปะปนมากน้อยเพียงใด และขึ้นกับความเข้มข้นของกาซ กับความกดดันภายในเครื่องด้วย

3. ถ้าไม่มี Modified autoclave ดังข้อ 2 อาจจะใช้กับเครื่องนึ่งอัดแบบไอน้ำธรรมดา (stream autoclave) ก็ได้[86] โดยใช้วิธีการที่รวมกันระหว่างการใช้ไอน้ำ และการใช้กาซนี้ โดยให้ไอน้ำผ่านด้านนอกรอบเครื่อง และปล่อยส่วนผสมของกาซนี้เข้าไปภายในที่วางสารหรือวัตถุที่ต้องการทำให้ปราศจากเชื้อ วิธีนี้จะใช้ระยะเวลาในการทำให้สารปราศจากเชื้อน้อยกว่าวิธีข้างต้น โดยการกระจายของกาซจะเพิ่มขึ้น โอกาสการสัมผัสของกาซกับสารหรือวัตถุจึงมีมากขึ้น

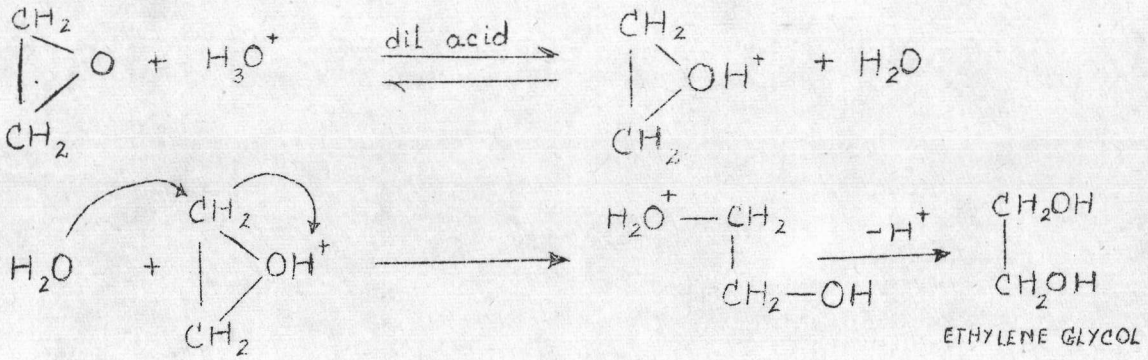
<u>ความเป็นพิษที่เกิดจาก เอทธิลีน ออกไซด์ ที่เหลือค้างในสารหรือวัตถุต่าง ๆ ที่ทำการปราศจากเชื้อโดยใช้กาซตัวนี้</u>

เนื่องจากคุณสมบัติพิเศษของกาซนี้ ในการแทรกซึมเข้าไปภายในเนื้อของสารหรือวัตถุต่าง ๆ ที่ใช้กาซเอทธิลีน ออกไซด์ในการทำให้ปราศจากเชื้อ ทำให้กาซตัวนี้คงเหลือค้างอยู่ในเนื้อของสารหรือวัตถุเหล่านี้ได้เมื่อนำมาใช้ โดยเฉพาะในพวกพลาสติกและยาง และกาซที่เหลือค้างเหล่านี้สามารถจะกลับออกมาจากเนื้อของวัตถุและสารได้ขณะที่ถูกนำมาใช้ ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ใช้ได้ จากการศึกษาทดลองถึงผลของความเป็นพิษนี้อย่างกว้างขวาง พบว่า

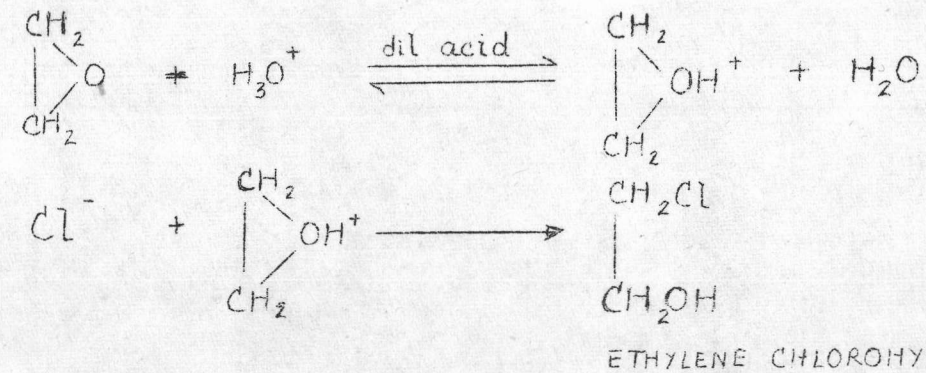
เอทธิลีน ออกไซด์ ที่เหลือค้างในวัตถุและสารต่าง ๆ นี้ นอกจากจะอยู่ในรูปของเอทธิลีน ออกไซด์เอง ยังอาจอยู่ในรูปของ เอทธิลีนไกลคอล[87] หรือ เอทธิลีนคลอโรไฮดรีน[31,83 – 90] ได้ด้วย ซึ่งสารสองตัวหลังนี้ เป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของเอทธิลีน ออกไซด์ ที่เหลือค้างเนื่องจากสภาวะการเก็บหรือระหว่างที่ใช้ดังนี้

ถ้าวัตถุหรือสารที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อด้วย เอทธิลีน ออกไซด์ แล้วมีความเป็นกรด และมีความชื้นอยู่ เช่น การใช้ เอทธิลีน ออกไซด์ ในรูปของคาร์บอกไซด์ซึ่งมีคาร์บอนไดออกไซด์ ผสมอยู่ด้วย เมื่อมีความชื้นคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกเปลี่ยน

เป็นกรดคาร์บอนิค ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวคะตะไลซ์ ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลีซีส ได้เอทธิลีน ไกลคอล เกิดขึ้น[91] ดังปฏิกิริยา



หรือถ้าวัตถุหรือสารนั้น มีส่วนผสมของคลอไรด์อยู่ด้วย เช่น อาหาร พลาสติก พวกโพลีไวนีล คลอไรด์ เมื่อนำพลาสติก หรือผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์นั้นไปใช้กับพลาสมาของร่างกายคนไข้ ซึ่งจะมีคลอไรด์อิออนอยู่ เอทธิลีน ออกไซด์ ที่เหลือค้างจะเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็น เอทธิลีน คลอโรไฮดรีน[92] ได้ ดังนี้



ทั้ง เอทธิลีน ออกไซด์ เอทธิลีนไกลคอล และ เอทธิลีน คลอโรไฮดรีน ต่างก็ก่อให้เกิดความเป็นพิษแก่ร่างกายได้ โดยเอทธิลีน ออกไซด์ จะก่อให้เกิดอันตรายได้มากที่สุด รองลงมาคือ เอทธิลีน คลอโรไฮดรีน และเอทธิลีน ไกลคอล ตามลำดับ ซึ่งได้มีการทดลองและศึกษาถึงความเป็นพิษต่าง ๆ เหล่านี้อย่างกว้างขวาง Anderson [29,30] ได้ทำการทดลองกับหนู โดยเอาพลาสติกโพลีไวนีล คลอไรด์ และยางที่มีเอทธิลีน ออกไซด์เหลือค้างอยู่มาวางกับเนื้อเยื่อของหนู พบว่า ถ้ามีเอทธิลีน ออกไซด์ เหลืออยู่มากกว่า

9 มก./กรัม ของพลาสติกหรือยางนั้นจะทำให้เกิดการไหม้ของเนื้อเยื่อได้ภายใน 12 – 48 ชั่วโมง และเกิด eschar ได้ภายใน 48 – 72 ชั่วโมง ปริมาณต่ำสุดของเอทธิลีน ออกไซด์ที่ก่อให้เกิด eschar คือ 5.6 มก./กรัม และถ้ามีเอทธิลีน ออกไซด์ อยู่น้อยกว่า 2 มก./กรัม จะไม่มีอาการใด ๆ ปรากฏให้เห็น

Lawrence [93 – 94] ได้ทดลองถึงความเป็นพิษของ เอทธิลีน คลอโรไฮดรีน และแสดงให้เห็นว่า ในหนูที่ได้รับสารตัวนี้มากกว่า 64 มก./กรัม อาจถึงตายได้

สำหรับ เอทธิลีน ไกลคอล ถ้าได้รับ 5.8 มล./ก.ก. ก็จะเกิดอันตรายถึงตายเช่นกัน[95]

และจากการศึกษาเปรียบเทียบความเป็นพิษของสารทั้ง 3 ตัว โดยการฉีดเข้าใต้ผิวหนังของหนู พบว่า ปริมาณน้อยที่สุดที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาความเป็นพิษให้เห็นได้ของเอทธิลีน ออกไซด์จะเทากับ 0.3 มก./กรัม เอทธิลีน คลอโรไฮดรีน 5 มก./กรัม และเอทธิลีน ไกลคอล 100 มก./กรัม[29] ดังนั้น เมื่อพิจารณาถึงความเป็นพิษเนื่องจากการตกค้างของกาซหลังการทำให้ปราศจากเชื้อ จึงเพ่งเล็งไปที่เอทธิลีน ออกไซด์ มากกว่าตัวอื่น ๆ

<u>การที่เอทธิลีน ออกไซด์ จะเหลือค้างอยู่ในวัตถุ หรือสารต่าง ๆ ได้มาก หรือน้อย</u> ขึ้นอยู่กับ

1. <u>วิธีการที่ใช้ในการทำให้ปราศจากเชื้อ</u> ได้แก่

1.1 <u>การเลือกใช้ส่วนผสมของกาซ</u> ถ้าใช้ส่วนผสมของกาซในลักษณะที่ร้อน เช่น ใช้เอทธิลีน ออกไซด์ กับฟรีออน หรือคาร์บอนไดออกไซด์ ในการทำให้ปราศจากเชื้อ จะเกิดการตกค้างของเอทธิลีน ออกไซด์ ในวัตถุหรือสารมากกว่า การใช้เอทธิลีน ออกไซด์ ที่บริสุทธิ์ที่อุณหภูมิห้อง โดยโพลีไวนีล คลอไรด์ ที่ทำการปราศจากเชื้อ ด้วยเอทธิลีน ออกไซด์ ที่ผสมกับกาซอื่น จะต้องใช้เวลาในการไล่กาซที่เหลือค้างนี้ถึง 100 ชั่วโมง หรือมากกว่า จึงจะปลอดภัยแก่การใช้[28,96]

1.2 <u>ระยะเวลาที่ใช้ในการไล่กาซที่เหลือค้างออกจากวัตถุ หรือสาร ภายหลังการทำการปราศจากเชื้อ</u> จะขึ้นกับชนิดหรือประเภทของสารและวัตถุที่ทำการปราศจากเชื้อนั้นด้วย ซึ่งมีการศึกษาทดลองกันไว้มากมาย ในแง่และลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น Gunther [28] ทำการทดลองพบว่า ถ้าทำการไล่กาซที่เหลือค้างโดยการเก็บวัตถุหรือสารนั้น ที่อุณหภูมิ 50°ซ. เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะทำให้เอทธิลีน ออกไซด์แยกตัวออกมาได้รวดเร็ว และสมบูรณ์ มากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้องธรรมดา 24 ชั่วโมง Thomas และLongmore [32] พบว่าถ้าเก็บวัตถุหรือสารนั้นไว้ในสภาวะสูญญากาศที่ปราศจากเชื้อ โดยทำเป็นส่วนที่ต่อจากการทำการปราศจากเชื้อออกไป 6 ช่วง จะสามารถไล่กาซที่เหลือค้างได้อย่างสมบูรณ์

Anderson [30] ให้ใช้อุณหภูมิสูง ๆ คือที่ 140°ฟ. จะไล่กาซออกได้ดีกว่าที่ 72°ฟ. เป็นต้น

2. <u>ลักษณะของวัตถุหรือสาร</u>

2.1 ถ้าวัสดุที่ใช้หุ้มวัตถุหรือสารที่จะทำการปราศจากเชื้อ โปร่งมีความพรุนมาก เช่น กระดาษ จะทำให้เกิดการแทรกซึม และตกค้างของเอทธิลีน ออกไซด์น้อยกว่าการใช้พลาสติก โพลีเอทธิลีน หุ้ม[97]

2.2 ถ้าวัตถุหรือสารนั้นมีพื้นที่ผิวที่จะสัมผัสกับกาซมากเมื่อเทียบกับมวลทั้งหมดของมัน จะมีการเหลือค้างของกาซมาก และต้องใช้ระยะเวลาในการไล่กาซนานทำนองเดียวกัน ถ้าภาชนะปากแคบสัมผัสกาซนี้ ก็จะต้องใช้ระยะเวลาในการไล่กาซนานเช่นกัน เพราะโอกาสการออกของกาซมีน้อย[5,29]

2.3 วัตถุหรือสารที่มีความหนาแน่นสูง จะยอมให้เอทธิลีน ออกไซด์แทรกซึมเข้าไปได้น้อยกว่า เพราะฉะนั้นจะมีการเหลือค้างของกาซนี้น้อยกว่า เช่นฟลูโร-เอทธิลีนโปรไพลีน ของดูปองต์ มีความหนาแน่นสูงมาก สามารถต้านทานการแทรกซึมของกาซได้ดี[5]

2.4 กรณีที่วัตถุหรือสารนั้นเป็นพลาสติก ที่ใช้พลาสติกไซด์เซอร์มาก จะมีการค้างของเอทธิลีน ออกไซด์ได้มาก และจะถูกปล่อยกลับออกมาได้อย่างรวดเร็วด้วย

2.5 โปลีโปรไปลีน เป็นสารที่เหมาะจะนำมาใช้ทำเครื่องมือแพทย์หรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ทางการแพทย์ที่ต้องใช้เอทธิลีน ออกไซด์ ในการทำให้ปราศจากเชื้อมากที่สุด[5]

ข้อจำกัดในการนำเอทธิลีน ออกไซด์มาใช้ทำให้เกิดการปราศจากเชื้อ

1. เนื่องจากการทำให้ปราศจากเชื้อโดยใช้ เอทธิลีน ออกไซด์ เป็นการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นวัตถุหรือสารที่จะนำมาทำการปราศจากเชื้อด้วยกาซนี้ จะต้องเป็นวัตถุหรือสารที่ไม่เกิดปฏิกิริยาดังกล่าวกับ เอทธิลีน ออกไซด์ ได้ เช่น เพนนิซิลลีน เป็นยาปฏิชีวนะที่สามารถใช้เอทธิลีน ออกไซด์ ในการทำลายเชื้อได้ ขณะที่สเตรปโตมัยซินไม่สามารถใช้กาซเอทธิลีน ออกไซด์ได้ เพราะสูตรโครงสร้างของสเตรปโตมัยซินจะมีไฮดรอกซิล และ อะมีโน กรุ๊ป ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยา อะดีเลชั่น กับเอทธิลีนออกไซด์ได้ นอกจากนี้พวกยาน้ำต่าง ๆ ก็ใช้เอทธิลีน ออกไซด์ ในการฆ่าเชื้อไม่ได้ เพราะอัตราความเร็วในการเกิดปฏิกิริยา อะดีเลชั่นในของเหลวจะเกิดได้รวดเร็วมาก ซึ่งอาจมีผลต่อยานั้น ๆ ได้[55]

2. เนื่องจากการแทรกซึมของกาซนี้เข้าไปในเนื้อของวัตถุหรือสาร จึงจำเป็นต้องนำวัตถุหรือสารที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยเอทธิลีน ออกไซด์ แล้ว ไปไล่เอทธิลีน ออกไซด์ ที่อาจเหลือค้างอยู่จนแน่ใจว่าอยู่ในขั้นปลอดภัย จึงจะนำมาใช้ เช่น พวกอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ทำด้วยพลาสติก และยาง[28,32]

3. การใช้เอทธิลีน ออกไซด์ กับอาหารต่าง ๆ ควรจะทดสอบอาหารนั้นก่อนนำมาใช้ด้วย เพราะเอทธิลีน ออกไซด์ อาจทำลายคุณค่าบางอย่างในอาหารได้ เช่น อาหารสัตว์ที่ใช้เอทธิลีน ออกไซด์ เมื่อนำอาหารนั้นไปเลี้ยงหนู พบว่าหนูจะหยุดการเจริญเติบโต[56,98,99]

ปริมาณของเอทธิลีน ออกไซด์ ที่ยอมให้เหลืออยู่ในวัตถุ หรือสารที่จะนำมาใช้ทางการแพทย์ได้ โดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย

ปริมาณที่ยอมให้เหลือได้นี้ จะขึ้นอยู่กับลักษณะของอุปกรณ์และสภาพที่จะนำมา

ใช้ด้วย ดังนี้

Dr. Carl Bruch [30] แห่ง FDA ได้คำนวณขีดจำกัดของเอทธิลีน ออกไซด์ที่ยอมให้มีอยู่ได้ โดยใช้ปริมาณน้อยที่สุดของกาซ ซึ่งจะแสดงความเป็นพิษแก่เนื้อเยื่อของคนไข้ หารด้วย 100

The Z 79 Committee on ethylene oxide [30] ซึ่งเป็น Subcommittee ของ The American National Standards Institute ได้ให้ขีดจำกัดของกาซนี้สำหรับวัตุหรืออุปกรณ์ทางการแพทย์ที่มีขนาดค่อนข้างมาก เช่น ไตเทียม เครื่องมือหัวใจ และปอด ฯลฯ เท่ากับ 0.25 มก./กรัม หรือ 250 ppm. ของเครื่องมือหรืออุปกรณ์นั้น

Anderson Lab [30] ให้ขีดจำกัดสำหรับเอทธิลีน ออกไซด์ ในอุปกรที่ใช้กับส่วนต่างๆ ร่างกาย ยกเว้นเข้าทางปาก เท่ากับ 0.15 มก./กรัม หรือ 150 ppm.

<u>การวิเคราะห์หาปริมาณของเอทธิลีน ออกไซด์ ที่เหลือค้างในพลาสติก หรือวัตถุอื่น ๆ ที่ทำการปราศจากเชื้อด้วยกาซนี้</u>

1. <u>การแยกเอทธิลีน ออกไซด์ ออกจากสารตัวอย่าง</u>

การแยก เอทธิลีน ออกไซด์ ที่เหลือค้างออกจากสารตัวอย่างที่จะวิเคราะห์สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน โดยอาศัยคุณสมบัติทางฟิสิกส์ ของ เอทธิลีน ออกไซด์ กล่าวคือ

002155

1.1 <u>การสกัดแยก เอทธิลีน ออกไซด์ โดยใช้สูญญากาศ</u>

(Vacuum Extraction) [100 – 103] เป็นการดึง เอทธิลีน ออกไซด์ ออกจากสารตัวอย่าง โดยการทำให้บรรยากาศรอบสารตัวอย่างนั้นเป็นสูญญากาศ และเย็นจัด โดยใช้ไนโตรเจนเหลว เป็นตัวให้ความเย็น ซึ่งเอทธิลีน ออกไซด์ จะถูกดึงออกจากสารตัวอย่างและอยู่ในสภาวะของเหลว พร้อมที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อไป

1.2 การแยก เอทธิลีน ออกไซด์ โดยใช้กาซเฉื่อย เช่น argon [32] โดยการผ่านกาซนี้เข้าไปยังสารตัวอย่างด้วยอัตราความเร็ว 1 ลิตร/นาที เอทธิลีน ออกไซด์ จะคายตัวออกจากสารตัวอย่างได้

1.3 Head space method [104,105] เป็นการทำให้เอทธิลีน ออกไซด์ ระเหยออกจากสารตัวอย่างเข้าไปอยู่ในส่วนบนสุดของขวดเล็ก ๆ ซึ่งปิดสนิท

1.4 การสกัด เอทธิลีน ออกไซด์ โดยใช้การกลั่นในตัวทำละลายชนิดต่างๆ ตัวทำละลายที่ใช้ ได้แก่ acetone [91,106 - 109] monochlorobenzene [110], p-xylene [111] dimethylformamide [105] น้ำ [112 - 114] dioxan [91] benzyl alcohol [91] etc. การเลือกใช้ตัวทำละลายนี้จะขึ้นกับ

ก) ประเภท ชนิดของสารตัวอย่าง

ข) วิธีการวิเคราะห์ เอทธิลีน ออกไซด์

1.5 การใช้สารเคมีดึง เอทธิลีน ออกไซด์ ออกจากสารตัวอย่าง เช่น Silicagel [115] ซึ่งสามารถจะดูดซึม เอทธิลีน ออกไซด์ ไว้ได้

ในวิธีการทั้งหมด วิธีที่ง่ายที่จะใช้ในห้องปฏิบัติการทั่ว ๆ ไป ก็คือ วิธีการกลั่น ซึ่งเครื่องมือก็เป็นเครื่องมือธรรมดาที่ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ต้องมีอยู่แล้ว

2. การหาปริมาณเอทธิลีน ออกไซด์ ที่แยกได้

วิธีการหาปริมาณ เอทธิลีน ออกไซด์ ที่แยกออกมาได้ เท่าที่มีอยู่ในปัจจุบัน คือ

2.1 การหาปริมาณโดยการติเตรชั่น (Titrimetric method) [5, 22, 28, 110, 116 - 123]

หลักการ เป็นการหาปริมาณโดยให้ เอทธิลีน ออกไซด์ ทำปฏิกิริยากับ nucleophillic agent ต่าง ๆ ในสารละลายที่มีฤทธิเป็นกรด ซึ่งจะได้สารประกอบที่มี 2 functional group.

nucleophillic agent ที่ใช้ ได้แก่ สารละลายของไฮโดรเจน โบรไมด์ โปตัสเซี่ยม ไอโอไดด์ ในสารละลายของไฮโดรเจน ไอโอไดด์ กรดเฟอรโรไซยานิก ฯลฯ

การวิเคราะห์สามารถทำได้โดยใช้น้ำ หรือไม่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายก็ได้เช่น

ตัวอย่างการวิเคราะห์โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย[122]

นำ 5 มล. ของสารละลายที่เตรียมจากการเติม 1 มล. 57 % ไฮโดรเจน ไอโอไดด์ ลงไปใน 100 มล. ของสารละลายอิ่มตัว โปตัสเซี่ยมไอโอไดด์ และเก็บไว้ ในภาชนะปิดสนิทโดยมีโลหะปรอทอยู่ข้างล่าง เติม 1 มล ของเอทธิลีน ออกไซด์ลงไป ทิ้งไว้ 3 ช.ม. นำมาติเตรด ด้วย NaOH 0.1 N โดยมีฟินอลทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำ blank ควบไปด้วย วิธีนี้หาเอทธิลีน ออกไซด์ได้ถึง 99 – 100 %

ตัวอย่าง การวิเคราะห์โดยไม่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย[118]

ชั่งตัวอย่างให้หนัก 0.3 – 0.6 กรัม ใส่ใน Flask ขนาด 50 มล. นำมาละลายโดยใช้ คลอโรเบนซิน เติมสารละลาย 0.1 % ครีสตอล ไวโอเลท อินดิเคเตอร์ 5 หยด ติเตรดด้วยสารละลาย HBr ใน acetic acid จนได้สีน้ำเงิน อมเขียว

2.2 การหาปริมาณโดยการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method)[29, 30, 124]

หลักการ เป็นการหาปริมาณของ เอทธิลีน ออกไซด์ ที่เหลือค้างในวัตถุต่าง ๆ โดย การชั่งหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น หรือน้ำหนักที่หายไปของสารตัวอย่าง เนื่องจากการดูดซึม หรือการกายตัวของเอทธิลีน ออกไซด์ จากสารตัวอย่างนั้น

2.3 การหาปริมาณทางเคมีฟิสิกส์ (Physicochemical methods)

2.3.1 การหาปริมาณโดยใช้เครื่อง คอนดัคโตมิเตอร์[125, 126]

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลักการ เป็นการตัดสินจุด end point ของการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง คอนดัคโตมิเตอร์ ทำได้โดยให้กรดเกลือที่มากเกินพอทำปฏิกิริยากับ เอทธิลีน ออกไซด์ แล้วติเตรด กรดเกลือ ที่เหลือด้วยสารละลายโซเดียมอะซีเตต empirical factor คือ 1.15

2.3.2 การหาปริมาณโดยใช้เครื่องโพลาโรกราฟ[127]

หลักการ เป็นการทำปฏิกิริยาทางเคมีเปลี่ยน เอทธิลีน ออกไซด์ ให้เป็น ฟอร์มาดีไฮด์ ซึ่งจะผสมกับสารละลายลิเทียมไฮดรอกไซด์ และนำไปวัด diffusion current ด้วยเครื่อง โพลาโรกราฟ เทียบกับสารมาตรฐานของมัน

นำตัวอย่างซึ่งประกอบด้วย 0.08 ถึง 0.09 กรัม ของ ออกไซด์ ใส่ใน 10 % สารละลาย กรดกำมะถัน 50 มล. ซึ่งทำให้เย็นจัดในน้ำแข็ง แล้วทำให้ สารละลายนี้เป็น 100 มล. ที่อุณหภูมิห้อง นำสารละลายนี้มา 10 มล. เติมน้ำ 10 มล. และ 0.35 N สารละลายกรดไอโอเดท 8 มล. จะได้เป็น อัลดีไฮด์ นำสารละลายนี้ ไปกลั่นและเก็บส่วนที่กลั่นได้ใน 50 มล. ของน้ำ เติมน้ำครบ 100 มล. นำมา 9 มล. ผสมกับ 0.1 N สารละลายลิเทียมไฮดรอกไซด์ 1 มล. นำไปวัดหา ฟอร์มาดีไฮด์ ที่ได้ด้วยเครื่องโพลาโรกราฟ เทียบกับมาตรฐาน

2.3.3 วิธีกาซโครมาโตกราฟิค[22,91,100 – 105,107 – 109, 111 – 112,128]

หลักการ กาซโครมาโตกราฟิค ที่ใช้ในการหาปริมาณ เอทธิลีน ออกไซด์ จะเป็นกาซ โครมาโตกราฟิค ชนิดที่ใช้ตัวกลางที่ให้เอทธิลีน ออกไซด์ผ่าน เป็นของเหลว และเครื่อง ตรวจวัดปริมาณของเอทธิลีน ออกไซด์ อาจจะเป็นไฮโดรเจนเฟลม อิออนไนเซชั่น (Hydrogen flame ionization) ดูเอลเฟลม อิออนไนเซชั่น(Dual flame ionization) หรือเทอร์มอล คอนดัคทิวิตี้ (Thermal conductivity) ก็ได้ column ที่ใช้บรรจุตัวกลางเพื่อให้เอทธิลีน ออกไซด์ผ่าน ใช้ได้ทั้งที่เป็นแก้ว โลหะเจือ ที่ไปเกิดสนิมซึ่งเป็นพวกสเตนเลส หรือโลหะทองแดง โดยความยาวทั่วไปที่ใช้จะเป็น

ประมาณ 5 ถึง 6 ฟุต เส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.125 – 0.25 นิ้ว และตัว column อาจทำเป็นแท่งธรรมดา หรือขดเป็นวงก็ได้ ซึ่งจะบรรจุตัวกลางชนิดต่าง ๆ เช่น porapak Q ขนาด 80 – 100 mesk, porapak R ขนาด 100 – 120 mesk 25 % di (ethylhexyl)sebacate, 25 % dimethyl sulfolane etc. กาซที่ใช้เป็นตัวนำเอทธิลีน ออกไซด์ เคลื่อนผ่าน column ที่เตรียมไว้ ส่วนมากจะใช้กาซไนโตรเจน กาซฮีเลียม กาซไฮโดรเจน หรือส่วนผสมของกาซเหล่านี้กับอากาศ ในอัตราความเร็วต่าง ๆ กัน

ปริมาณของเอทธิลีน ออกไซด์ ที่เคลื่อนผ่าน column นี้จะส่งเป็นสัญญาณไปยังเครื่องตรวจวัด ซึ่งจะบันทึกผลออกมาเป็น peak และจาก peak ที่ได้ สามารถรู้ปริมาณของเอทธิลีน ออกไซด์ โดยการหาพื้นที่ใต้ peak ที่ได้นั้น

ตัวอย่างสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์เอทธิลีน ออกไซด์ เช่น Brown [111] ใช้เครื่องตรวจวัดที่เป็นไฮโดรเจนเฟลม อิออนไนเซชั่น ใช้ column ที่ทำด้วยแก้วบรรจุด้วย 20 % carbowax 20 M 80 – 100 mesh Gas Chrom Q และใช้กาซไนโตรเจนเป็นตัวนำ เอทธิลีน ออกไซด์ ผ่านด้วยความเร็ว 50 มล./นาที ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาเอทธิลีน ออกไซด์ ได้ถึง 25 ไมโครกรัม

Romano. Renner and Leitner [105] ใช้เครื่องตรวจวัดเป็นดูเอลเฟลมอิออนไนเซชั่น ใช้ column ทำด้วยโลหะเจือที่ไม่เป็นสนิมบรรจุด้วย porapak R 100 – 120 mesh และใช้ส่วนผสมของกาซฮีเลียม อากาศ และกาซไฮโดรเจน ในอัตราความเร็ว 25 มล./นาที 450 มล./นาที และ 25 มล./นาที ตามลำดับ ซึ่งวิเคราะห์เอทธิลีน ออกไซด์ได้ถึง 50ppb.

2.3.4 <u>การหาปริมาณโดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์แบบอินฟาร์ – เรด</u>[129 - 132]

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

หลักการ เป็นการหาปริมาณของ เอทธิลีน ออกไซด์ ที่คายตัวออกมาจากกาซเซลล์ โดยตั้ง absorption peak ของเครื่องไว้ที่ 7.9 มค. แล้วบันทึกผลของ peak intensity กับเวลา พื้นที่ใต้กราฟที่ได้ จะเป็นปริมาณของ เอทธิลีน ออกไซด์ ที่คายตัวออกมาทั้งหมด

2.3.5 การหาปริมาณโดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์แบบฟลูโอริเมตริก[133,134]

หลักการ เป็นการทำปฏิกิริยาเปลี่ยน เอทธิลีน ออกไซด์ เป็น ฟอร์มาดีไฮด์ ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ acetylacetone และสารละลายแอมโมเนีย ได้เป็น 3,5 diacetyl 1,4 dihydrolutidine มีฟลูโอเรสเซนส์วัดได้ที่ช่วงความยาวคลื่น 510 มมค. และ excitation ที่ 405 มมค.

หรืออาจเปลี่ยน เอทธิลีน ออกไซด์ เป็น ฟอร์มาดีไฮด์ และทำปฏิกิริยากับ 7amino - 4 hydroxynaphthalene - 2 sulphonic acid ในกรดกำมะถันเข้มข้น จะได้สารละลายที่มีฟลูโอเรสเซนส์ที่ช่วงความยาวคลื่น 522 มมค. และ excitation ที่ช่วงความยาวคลื่น 470 มมค.

2.3.6 การหาปริมาณโดยใช้ปฏิกิริยาการทำให้เกิดสีและวัดด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์[113,114,135 - 138]

หลักการ เอทธิลีน ออกไซด์ สามารถทำปฏิกิริยากับ เลปิดีน[135] หรือ แฟนิสไฮดราซิน[136] ได้เป็นสารประกอบที่มีสี หรือทำปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็น ฟอร์มาดีไฮด์ ซึ่งจะเกิดสีกับสารละลายโครมาโตรเปทในกรดกำมะถัน และ absorb แสงได้มากที่สุด ที่ช่วงความยาวคลื่น 570 มมค.

ในวิธีการวิเคราะห์ เอทธิลีน ออกไซด์ ทั้งหมดที่กล่าวมานี้ จะเห็นว่าวิธีติเตรชั่น และการชั่งน้ำหนัก เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด แต่ก็มีความแม่นยำต่ำ เมื่อเทียบกับวิธี

อื่น ๆ ทั้งยังขึ้นกับ personnel error อย่างมากด้วย สำหรับการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น อินฟาร์ - เรด โพลาโรกราฟ กาซโครมาโตกราฟ แม้ว่าการวิเคราะห์จะสะดวกทำได้รวดเร็วและมีความแม่นยำดีมากก็ตามเช่น การวิเคราะห์โดยใช้ Head - space และกาซโครมาโตกราฟ สามารถจะทำการวิเคราะห์สารตัวอย่างได้ถึง 50 ตัวอย่าง ภายในเวลาเพียง 8 ชม. เท่านั้น เป็นต้น แต่เครื่องมือที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ตลอดจนถึงสารเคมีที่ใช้มีราคาสูงมาก ซึ่งเป็นการยากที่ห้องปฏิบัติการธรรมดาทั่ว ๆ ไป จะมีเครื่องมือเหล่านี้ไว้ใช้ได้

ดังนั้นวิธีการที่เห็นว่ามีความสะดวก ถูกต้องแม่นยำและง่ายต่อการทำไม่แพ้วิธีดังกล่าวข้างต้น คือวิธีการทำให้เกิดสี และใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งถึงแม้ขั้นตอนการทำจะใช้เวลามากกว่า แต่ก็ไม่มากจนเกินไปเมื่อเทียบกับการวิเคราะห์สารทั่ว ๆไป เครื่องมือที่ใช้ก็เป็นเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ธรรมดา ซึ่งอาจถือได้ว่าเป็นเครื่องมือหลักสำหรับห้องปฏิบัติการทั่วไป ทั้งสารเคมีที่ใช้ก็หาได้ง่าย ราคาถูก และใช้ปริมาณน้อยมากสำหรับวิเคราะห์ครั้งหนึ่งๆ การวิจัยนี้จึงเลือกเอาวิธีการวิเคราะห์นี้มาใช้ โดยได้พยายามดัดแปลง ปรับปรุง และทดลองจนได้สภาวะที่เหมาะสมและดีที่สุดต่อการวิเคราะห์ และใช้การแยกเอทธิลีน ออกไซด์ออกจากสารตัวอย่าง ด้วยการกลั่นโดยมีน้ำเป็นตัวทำละลายซึ่งจากวิธีการที่เลือกนี้จะเป็นวิธีการที่ง่าย สะดวก ประหยัด และมีความถูกต้องแม่นยำที่สุดที่จะนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการธรรมดาทั่ว ๆ ไปได้