หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

หฤษฎีการทำให้ปลอดเชื้อ (Sterilization)

วิธีการทำให้ปลอดเชื้อ (Sterilization) นั้นมีหลายวิธี แต่ที่เกี่ยวข้องและนิยมใช้สำหรับทำลายเชื้อกับเครื่องมือแพทย์นั้น มีดังนี้

1. วิธีการทำให้ปลอดเชื้อโดยใช้หม้อนึ่งทำลายเชื้อ (Autoclave)

เป็นการทำลายเชื้อโดยใช้ไอน้ำจากน้ำเดือดมาอบของที่ต้องการทำลายเชื้อภายใต้ความกดดันที่ควบคุมได้ อบในเวลาหนึ่งจนกว่าเชื้อจะถูกทำลายจนถึงระดับปลอดภัย มีหลักเกณฑ์ดังนี้

นำน้ำมาต้มในภาชนะปิดให้เดือดเป็นไอ เมื่อไอน้ำมีปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้เกิดความดันสูงกว่าบรรยากาศและมีจุดเดือดของน้ำสูงขึ้น ซึ่งไอนี้จะมีอุณหภูมิตั้งแต่ 110-250 องศาเซลเซียสแล้วต่อท่อจากภาชนะปิดนั้นไปยังตู้หรือห้องอบ ที่ห้องนี้จะมีฝาปิดล็อคไม่ให้อากาศภายนอกเข้าได้เพื่อให้ไอน้ำข้างในตู้อบมีความดันและอุณหภูมิสูงถึงระดับที่ต้องการ โดยมีที่ปรับอุณหภูมิและความดันให้ได้ตามต้องการกับมีที่ตั้งเวลาสำหรับในการใช้ทำลายเชื้อนั้น ๆ เมื่อปรับอุณหภูมิความดันและเวลาได้แล้ว (ส่วนใหญ่อุณหภูมิจะใช้ระหว่าง 110-135 องศาเซลเซียส ความดันจะได้ระหว่าง 11-30 ปอนด์ ต่อตารางนิ้วของปรอท เวลาจะใช้ 15-30 นาที)[1] ก็นำของที่ต้องการทำลายเชื้อเข้าห้องอบตามเกณฑ์ดังกล่าว

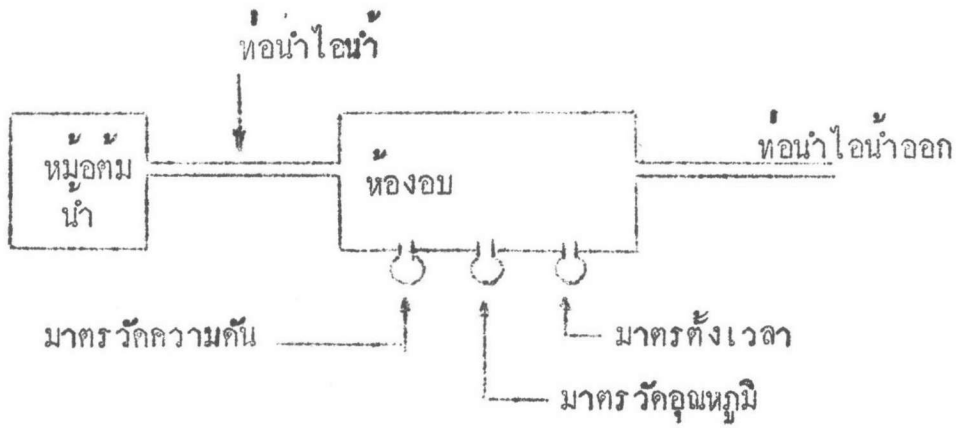
---

[1] Lawrence, C.A., and Seymour, B.S., "Disinfection, Sterilization, and Preservation," Lea & Febiger, Philadelphia, 1968 (714-729).

000645

เสร็จแล้วก็ปล่อยไอน้ำออกตามทางออกเพื่อลดอุณหภูมิความดันให้อยู่ในระดับปกติแล้วเอาของออกซึ่งของที่ได้นี้จะเป็นของที่ผ่านการทำลายเชื้อโดยสมบูรณ์แล้ว

ผังการทำลายเชื้อโดยวิธี Autoclave



การทำลายเชื้อกับเชื้อโรควิธีนี้ใช้ความร้อน 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว เวลา 30 นาที[1]

ได้มีคนออกแบบปรับปรุงหม้อนึ่งทำลายเชื้อให้สามารถใช้งานได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น คือมีที่ต้มน้ำในบริเวณเดียวกันกับห้องอบ แล้วปล่อยไอน้ำนั้นเข้าห้องอบได้ทันที ห้องอบจะมีมาตรวัดว่ามีอุณหภูมิเท่าไร มีที่ปรับความดันและเวลา โดยตั้งได้สะดวกและรวดเร็ว ที่มีคุณภาพดีขนาด 1 x 1 x 2 ลูกบาศก์เมตร ราคารวมหม้อต้มน้ำประมาณ 1.2 ล้านบาท

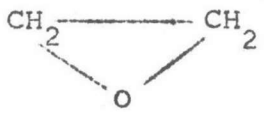
---

[1] APHA, AWWA, WPCF., "Standard method for the examination of Water and wastewater," Thirteenth Edition, 1971 (640).

2. วิธีการทำให้ปลอดเชื้อโดยใช้แกสเอธิลลีนออกไซด์ (ethylene oxide gas)

<u>คุณสมบัติของแกสเอธิลลีนออกไซด์</u>[1]

แกสเอธิลลีนออกไซด์มีสูตรเคมีดังนี้



ที่อุณหภูมิห้อง ณ ความดันบรรยากาศจะเป็นแกสไม่มีสี มีกลิ่นเฉพาะตัว แกสเอธิลลีนออกไซด์มีน้ำหนักโมเลกุล 44.5, ความถ่วงจำเพาะ 0.8966 (ที่ 0/4 องศาเซลเซียส) และ 0.8711 (ที่ 20/20 องศาเซลเซียส) แกสเอธิลลีนออกไซด์ ยังมีจุดเยือกแข็ง (Freezing point) -112.5 องศาเซลเซียส จุดเดือด 10.4 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นในสถานะเป็นไอ 1.49 ที่ 40 องศาเซลเซียส มีจุดเผาไหม้ -20 องศาเซลเซียส (-4° ฟาเรนไฮท์) และความสามารถในการเผาไหม้ 3-100 เปอร์เซนต์ นอกจากนี้แกสเอธิลลีนออกไซด์มีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดีและละลายได้รองลงมาในอะซีโตน เมธานอล อีเธอร์คีโตน กับ คาร์บอนเตตระคลอไรด์

<u>อันตรายของแกสเอธิลลีนออกไซด์ต่อคน</u>[1]

ก. ทำอันตรายต่อผิวหนัง ก่อให้เกิดพุพองตามผิวหนัง เกิดเป็นแผลเรื้อรังได้
ข. ทำอันตรายต่อตา ก่อให้เกิดเป็นพุพองในตาและเป็นแผล เกิดเป็นต้อตาได้

---

[1]Patty, Frank A., "<u>Industrial Hygiene and Toxicology</u>," Second edition, Volume II, Interscience Plublishers a division of John Wiley & Sons, Inc., New York, Lond, Sydney, 1963 (1626-34).

ค. ไอของแกสเอธิลลีนออกไซด์ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ แกสจะกัดเนื้อเยื่อของระบบทางเดินหายใจตลอดที่มันผ่านไป และเกิดเป็นโรคปอดได้เมื่อไอของแกสเข้าไปถึง

ง. ทำลายเม็ดโลหิตก่อให้เกิดมะเร็งในเม็ดเลือดได้

มาตรฐานของปริมาณแกสเอธิลลีนออกไซด์ที่ยอมให้มีในอากาศ

Summary of Suggested Permissible Limit for Ethylene Oxide[1]

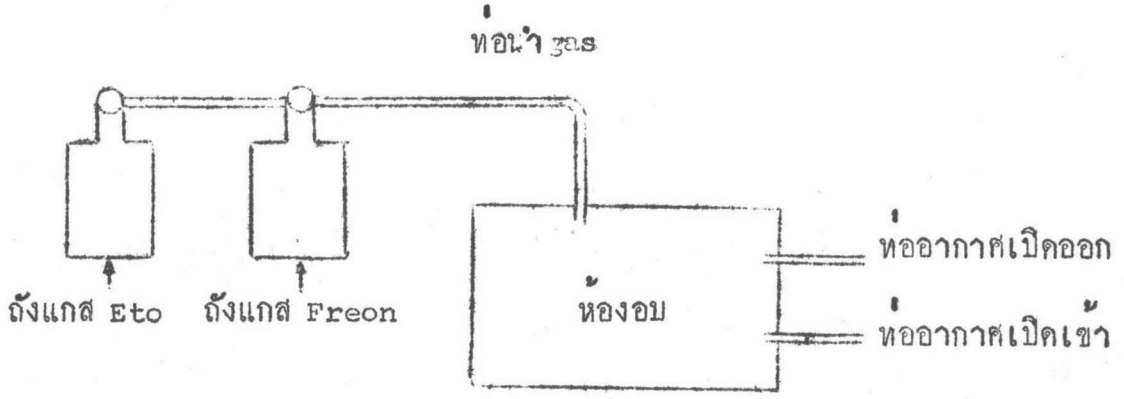
Exposure	E T O ppm.
Probably safe for daily exposure of up to 7-hours duration	50
Probably safe for occasional (2/wk) repeated-exposure of to 4 hrs/day	100
Probably safe for repeated exposure of up-to 1 hr/day	150
Probably safe for single exposure to several-hours duration (up to 7, no more than 1 hr/wk)	150
Probably safe for single (no more than 1 hr/wk)-exposure of up to 1 hour duration	500

[1]Patty, Frank, A., "Industrial Hygiene and Toxicology." Second edition, Volume II, 1963 (1626-34).

การดำเนินการทำลายเชื้อโดยใช้แกสเอธิลลีนออกไซด์

ปกติแกสเอธิลลีนออกไซด์ที่มีขายตามท้องตลาด จะบรรจุเป็นถังขนาดต่าง ๆ กัน และตัวมันเองมีคุณสมบัติติดไฟง่าย (มีจุดเผาไหม้ที่ -20 องศาเซลเซียส) จึงมักผสมกับแกสอื่นเพื่อให้จุดเผาไหม้สูงขึ้น ส่วนมากมักใช้แกสฟรีออน (Freon) สำหรับบริษัทที่ใช้แกสเอธิลลีนออกไซด์ทำลายเชื้อมักจะใช้ส่วนผสมเป็น 12 :88 คือใช้แกสเอธิลลีนออกไซด์ 12 ส่วน ใช้แกสฟรีออน 88 ส่วน หรืออาจใช้ส่วนผสมอื่นได้เช่น 20 : 80 หรือ 45 : 55 ก็ได้ เพื่อได้แกสที่จะใช้ผสมแล้วก็จะนำถังแกสทั้งสองมาไว้ที่ห้องที่ปลอดภัยไม่มีการรั่วไปยังบริเวณอื่นแล้วต่อท่อเข้าไปยังห้องอบปรับส่วนผสมให้เหมาะสม (12 : 88) แล้วปล่อยเข้าห้องอบ เมื่อต้องการทำลายเชื้อบนเครื่องมือแพทย์บางอย่างก็นำเครื่องมือนั้นใส่ภาชนะหรือถุงพลาสติกโดยยังไม่ปิดปากถุง แล้วนำเข้าไปวางภายในห้องอบนั้นแล้วปิดห้อง เปิดแกสเข้ามาอบตามอัตราส่วนดังกล่าวแล้วอบทิ้งไว้ตามเวลาที่ตั้งไว้เพื่อทำลายเชื้อให้อยู่ในระดับปลอดภัย เมื่อเสร็จแล้วก็ดูดเอาแกสเอธิลลีนออกไซด์ออกให้หมดปรับหรือเพิ่มอากาศที่บริสุทธิ์เข้าไปแทนที่ในห้องอบนั้นแล้วเปิดนำของที่ฆ่าเชื้อด้วยแกสเอธิลลีนออกไซด์ออกมาก็จะเป็นเครื่องมือแพทย์นั้นทำลายเชื้อได้ในระดับปลอดภัยแล้วตามต้องการ

ผังการทำลายเชื้อด้วยแกสเอธิลลีนออกไซด์



3. วิธีการทำให้ปลอดเชื้อโดยใช้สารกัมมันตภาพรังสี

การใช้รังสีสำหรับการทำลายเชื้อกับเครื่องมือแพทย์นั้นมีหลายวิธี แต่ที่ใช้ส่วนมากจะแบ่งเป็น 2 พวก คือ

3.1 พวกที่หนึ่งได้จากการสลายตัวของสารกัมมันตภาพรังสี เช่น รังสีแกมมา รังสีเบต้า อนุภาคอิเล็กตรอน อนุภาคโปรตรอน นิวตรอน เป็นต้น และกับพวกที่ได้จากการให้ยิงอนุภาคอิเล็กตรอนไปยังเป้าแล้วทำให้คุณสมบัติของเป้านั้นเปลี่ยนไปมีพลังงานสูงขึ้น แล้วเป้านั้นถ่ายเทพลังงานออกมาในรูปรังสีเช่น รังสีเอกซ์ เป็นต้น

3.2 พวกที่สองเป็นพวก longer electromagnetic wave กับพวก ultraviolet wave ที่มีความยาวคลื่นขนาด 2,000 ถึง 4,000 Angstrom

แต่ที่นิยมใช้สำหรับการทำลายเชื้อกับเครื่องมือแพทย์มีดังนี้

ก. รังสีแกมมา ซึ่งได้จากการสลายตัวของสารกัมมันตภาพโคบอลท์ 60 หรือ สารซีเซียม 135

ข. อนุภาคอิเล็กตรอน ซึ่งได้จากเครื่องเร่งอนุภาคให้อนุภาคอิเล็กตรอนมีความเร็วขนาดหนึ่งแล้วปล่อยให้อนุภาคอิเล็กตรอนนั้นส่งผ่านเครื่องมือแพทย์ที่ต้องการทำลายเชื้อนั้น อนุภาคอิเล็กตรอนจะเป็นตัวส่งเข้าทำลายเซลล์ของเชื้อทั้งทางตรงและทางอ้อมทำให้เชื้อนั้นตายไปในที่สุด

สำหรับการทดลองนี้ใช้รังสีแกมมาจากสารโคบอลท์ 60 เป็นรังสีในการทำลายเชื้อกับผ้ากอซ และสำลีอนามัยตัวอย่าง

คุณสมบัติของโคบอลท์ 60

1. โคบอลท์ 60 เป็นสารกัมมันตภาพรังสีที่ได้จากการเอาธาตุโคบอลท์มาอาบในเครื่องปฏิกรปรมาณู ธาตุโคบอลท์จะถูก activate ให้เป็นสารกัมมันตภาพรังสีมีสองสถานะ คือ โคบอลท์ 59 กับโคบอลท์ 60 สำหรับโคบอลท์ 59 มีอายุครึ่งชีวิตน้อยและ

ให้รังสีที่มีพลังงานต่ำไม่ค่อยมีประโยชน์ในด้านการอาบรังสี ส่วนโคบอลท์ 60 มีอายุครึ่งชีวิต 5.3 ปี[1] สลายตัวแล้วให้รังสีเบต้ากับแกมมา ส่วนใหญ่จะเป็นรังสีแกมมามีพลังงาน 1.17 มิลเลียนอิเล็กตรอนโวลท์ (MeV)

เครื่องกำเนิดรังสีโคบอลท์ 60 ที่พลังงานปรมาณูเพื่อสันติมีลักษณะดังนี้

ตัวเครื่องและต้นกำเนิดรังสีผลิตโดยบริษัท Atomic Energy of Canada Limited (ราคาติดตั้งประมาณ 48,190 ดอลล่าร์ เมื่อปี 2513) มีต้นกำเนิดเป็นโคบอลท์ 60 ความแรงเมื่อ 5 ตุลาคม 13 ประมาณ 31,670 คูรี่ ± 5 เปอร์เซนต์ โดยทำต้นกำเนิดโคบอลท์ 60 เป็นเม็ดทรงกรมรี (Pellet) มีทั้งหมด 60 เม็ด แต่ละเม็ดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.039 นิ้ว (1.0 มิลลิเมตร) ยาว 0.039 นิ้ว ภายนอกหุ้มด้วยเหล็กกล้า 2 ชั้น มีท่อนำสารกัมมันตภาพรังสีทั้งหมด 12 ท่อ แต่ละท่อบรรจุเม็ดสารโคบอลท์ 60 ท่อละ 5 เม็ด การขับดันเม็ดโคบอลท์ 60 ขับดันด้วยระบบลมดัน (pneumatic system) และท่อ 12 ท่อนี้สามารถหุบกางได้เพื่อให้ได้บริเวณที่อาบรังสีกว้างมากขึ้น คือ กางออกได้เส้นผ่าศูนย์กลาง ตั้งแต่ 4.5 นิ้ว (11.4 เซนติเมตร) ถึง 32.5 นิ้ว (82.5 เซนติเมตร) และสามารถเลือกใช้รังสีจากโคบอลท์ 60 ท่อหนึ่งท่อใดก็ได้

เกี่ยวกับความปลอดภัยของเครื่องอาบรังสีโคบอลท์ 60 มีดังนี้

ก. ตัวเครื่องอาบรังสีวางอยู่ในกึ่งกลางห้อง ห่างจากผนังตึกซึ่งทำด้วยคอนกรีตชนิดมีความหนาแน่นสูง (high density) หนา 1.5 เมตร

ข. ขณะที่ใช้ต้นกำเนิดรังสีหมดทุกท่อ ระดับรังสีที่ผนังตึกด้านนอกมีค่าระหว่าง 5-10 μ Roentgen/hr ส่วนที่ประตูเหล็กเข้าออกมีค่าระหว่าง 20-500 μ Roentgen/hr ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย

---

[1] Stephenson, Richard, "Introduction to Nuclear Engineering." Second edition, 1968.

ค. มีระบบเตือนภัย (Monitor) ตรวจสอบภายในห้องอาบรังสีแบบอัตโนมัติ ก่อนที่จะเปิดประตูเข้าไปทำงาน

ง. มี Survey meter ให้ไว้ประจำที่ตู้ควบคุม เพื่อใช้นำติดตัวเข้าไปในห้องอาบรังสี เป็นเครื่องชี้ให้เห็นได้ว่าขณะนี้มีรังสีอยู่ในบริเวณนั้นอยู่ปริมาณเท่าไร

จ. เจ้าหน้าที่มีเครื่องวัดปริมาณรังสี (dosimeter) ประจำตัว

วิธีดำเนินการทำลายเชื้อโดยใช้เครื่องอาบรังสีโคบอลท์ 60

ก่อนที่จะนำมาอาบรังสีด้วยรังสีแกมมาจากเครื่องอาบรังสีโคบอลท์ 60 นั้นควรจะทราบถึงวิธีการคำนวณว่าที่จุดอาบนั้นมีปริมาณรังสีเท่าไร ซึ่งมีวิธีการคำนวณไว้ดังนี้

ก. ต้นกำเนิดรังสีโคบอลท์ 60 นี้สลายตัวตลอดเวลาด้วยค่าครึ่งชีวิต 5.3 ปี การคำนวณความแรงของต้นกำเนิด ณ เวลาใด ๆ ก็โดยการใช้สูตร

$$A = Ao\, e^{-\frac{0.693\, t}{T_{1/2}}}$$

เมื่อ A = ความแรงของต้นกำเนิดรังสี ณ เวลาที่ต้องการทราบ

Ao = ความแรงของต้นกำเนิดรังสี ณ เวลาเริ่มแรก

$T_{1/2}$ = ค่าอายุครึ่งชีวิต

t = ระยะเวลาจากเวลาเริ่มแรกถึงเวลาที่ต้องการทราบความแรงของต้นกำเนิดรังสี

หมายเหตุค่า Ao คือ เท่ากับ 31,670 คูรี่

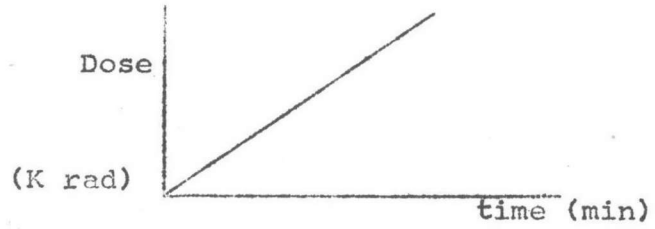
โดยการคำนวณขณะที่ทดลองอาบรังสีความแรงของต้นกำเนิดประมาณ 11,490 คูรี่

ข.วัดค่า

วิธีการวัดหาค่า absorbed dose ใช้วิธี ferrous sulphate dosimetry มีหลักการดังนี้คือ

โดยการอาศัยหลักการที่ว่า ferric ions ในสารละลาย ferrous sulphate ที่ผสมอยู่ในกรดซัลฟูริกเจือจาง เมื่อได้รับรังสีจะถูก oxidise กลายเป็น ferric ion เมื่อทราบความเข้มข้นของ ferric ion ที่เกิดขึ้นในสารละลายภายหลังการอาบรังสีแล้วก็สามารถคำนวณหาค่า absorbed dose ได้

จากการทดลองวัดค่า sbsorbed dose ของเครื่องอาบรังสีโคบอลท์ 60 ที่สำนักงานพลังงานปรณูเพื่อสันติ ได้ทำเป็นกราฟไว้โดยให้ความสัมพันธ์ดังนี้



จากกราฟนี้ก็สามารถหาระยะเวลาที่ใช้ในการอาบรังสีได้ตามขนาดที่ต้องการได้

ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของการอาบรังสีกับปริมาณ คือ

$$\text{Dose (K rads)} = \text{Slope} \times \text{time (min)}$$

$$\text{time (min)} = \frac{\text{Dose(K rads)}}{\text{Slope}}$$

แต่ค่าที่ได้โดยการอ่านจากกราฟนี้จะใช้ตลอดไปไม่ได้ เพราะความแรงของต้นกำเนิดโคบอลท์ 60 จะลดลงเรื่อย ๆ ถ้าจะใช้ให้ได้ตลอดไป ค่าระยะเวลาที่อาบรังสีที่อ่านได้จากกราฟต้องคูณด้วยค่าแก้ ค่าแก้ก็คือ อัตราส่วนระหว่างความแรงของโคบอลท์ 60 ขณะที่ทำการอาบรังสีเพื่อนำมาเขียนกราฟกับความแรงของต้นกำเนิดโคบอลท์ 60 ณ เวลาที่ต้องการอาบรังสี ตัวอย่าง เช่น ต้องการอาบรังสีเมื่อความแรงของโคบอลท์ 60 เท่ากับ 26483 คูรี เราได้กราฟเส้นหนึ่ง อยากทราบว่าถ้าความแรงของโคบอลท์ 60 เหลือเพียง 25406 คูรี จะต้องใช้ค่าแก้เท่าไร

ค่าแก้ $\frac{26483}{25406} = 1.05656$

ในขณะทดลองอาบรังสีนั้นคำนวณค่า absorbed dose จากกราฟและแก้ด้วยค่าแก้แล้วได้

ปริมาณรังสีที่ใช้อาบเท่ากับ 0.1 Mrad /51 นาที 27 วินาที (ที่แท่นตรงกลาง)

คืออาบรังสีขนาด 0.1 Mrad ต้องนำของที่ต้องการอาบไปวางบนแท่นตรงกลาง 12 ท่อ เป็นเวลา 51 นาที 27 วินาที