

บทที่ 22

การควบคุมจุลินทรีย์โดยใช้สารเคมี

สารประกอบเคมีจำนวนมากมีความสามารถในการยับยั้งการเมแทบอลิซึมและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หรือฆ่าทำลายจุลินทรีย์ ผลผลิตทางการค้าซึ่งมีส่วนผสมของสารประกอบเหล่านี้ได้ถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมประชากรจุลินทรีย์ในโอกาสต่าง ๆ กัน ตัวอย่างเช่น สารละลายของสารประกอบเคมีบางอย่างถูกนำมาใช้เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในช่องปาก ส่วนสารประกอบเคมีอย่างอื่นอาจถูกแนะนำให้ใช้เพื่อลดประชากรจุลินทรีย์ในฝุ่นละอองที่อยู่ตามพื้นโรงพยาบาล ไม่มีสารเคมีตัวใดเพียงตัวเดียวที่เหมาะสมสำหรับทุกกรณี เนื่องจากสารเคมีแต่ละอย่างมีกลวิธีการกระทำแตกต่างกัน และมีความแตกต่างกันในแง่ความทนทานของจุลินทรีย์ ดังนั้นสภาวะแวดล้อมจึงมีความสำคัญต่อการเลือกใช้สารเคมี จากความชำนาญและการวิจัยแสดงให้เห็นว่า สารเคมีเฉพาะชนิดหนึ่งมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพเฉพาะสถานการณ์หนึ่งเท่านั้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวสารเคมีหลายหมู่เหล่านี้จึงได้รับการชั้นสูตรและสารประกอบใหม่ ๆ จึงได้ถูกปรับปรุงขึ้นในกลุ่มของสารเคมีเหล่านี้ ซึ่งมีคุณสมบัติในแง่ของความเหมาะสมสำหรับการใช้ประโยชน์ในการทำลายจุลินทรีย์

ในบทนี้จะได้มีการชั้นสูตรและจำแนกลักษณะของสารประกอบเคมีหมวดหมู่ใหญ่ ๆ ที่ใช้ในการควบคุมจุลินทรีย์อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องคำนึงไว้เสมอว่าความสามารถในการต่อต้านจุลินทรีย์ของปัจจัยหนึ่งอาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นอีกหลายอย่าง ดังกล่าวมาแล้วในบทที่ 21

1. ลักษณะสมบูรณ์แบบของสารเคมีต่อต้านจุลินทรีย์

ดังกล่าวมาแล้วว่าไม่มีสารเคมีใดหรือสารเคมีหนึ่งซึ่งดีที่สุดในการควบคุมจุลินทรีย์สำหรับทุกกรณี แต่ถ้ามีสารเคมีต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างสมบูรณ์แบบ สารเคมีนั้นจะต้องมีลักษณะต่าง ๆ ซึ่งปราศจากความบกพร่องทั้งไม่น่าที่จะค้นพบสารเคมีเหล่านี้ อย่างไรก็ตามข้อกำหนดสำหรับสารเคมีที่สมบูรณ์แบบซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไปนี้อาจเป็นจุดประสงค์เพื่อการ

เตรียมสารประกอบใหม่ไว้ใช้งานต่อไป ข้อกำหนดเหล่านี้จะต้องนำมาพิจารณาเพื่อประเมินคุณค่าของสารเคมีใหม่ว่ามีความเหมาะสมในการใช้งานหรือไม่

1. มีกิจกรรมต่อต้านจุลินทรีย์ คุณสมบัติในการฆ่าทำลายหรือยับยั้งจุลินทรีย์ของสารเคมีเป็นสิ่งแรกที่ต้องการ สารเคมีที่ความเข้มข้นต่ำควรมีกิจกรรมต่อต้านจุลินทรีย์ได้อย่างกว้างขวาง (broad spectrum)
2. มีคุณสมบัติในการละลาย สารต่อต้านจุลินทรีย์จะต้องละลายน้ำหรือตัวทำละลายอย่างอื่นเพื่อความสะดวกในการใช้งาน
3. มีความคงทนไม่เสื่อมสลายได้ง่าย การเปลี่ยนแปลงของสารต่อต้านจุลินทรีย์ควรมีน้อยที่สุด และไม่มีผลทำให้สูญเสียคุณสมบัติในการฆ่าทำลายจุลินทรีย์
4. ไม่เป็นพิษต่อคนหรือสัตว์ เป็นอุดมคติที่สารเคมีควรทำให้จุลินทรีย์ตายแต่ไม่ทำอันตรายต่อคนหรือสัตว์
5. ความเป็นเนื้อเดียวกัน การเตรียมจะต้องมีความเสมอเหมือนกันในส่วนประกอบจนกระทั่งส่วนผสมที่ว่องไวปรากฏอยู่ในแต่ละส่วนที่นำมาใช้ สารเคมีบริสุทธิ์มีความเสมอเหมือนกันหรือเป็นเนื้อเดียวกัน แต่ของผสมอาจขาดความเป็นเนื้อเดียวกันได้
6. ไม่รวมตัวกับสารอินทรีย์ส่วนเกิน สารต่อต้านจุลินทรีย์หลายชนิดมีความชอบดึงดูดกับโปรตีนหรือสารอินทรีย์อื่น เมื่อสารต่อต้านจุลินทรีย์เหล่านี้ถูกใช้ในสภาพซึ่งมีสารอินทรีย์นอกเหนือจากเซลล์ของจุลินทรีย์ มักพบว่าเหลือสารต่อต้านจุลินทรีย์อยู่เพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ยังคงทำปฏิกิริยากับเซลล์ของจุลินทรีย์ได้หรือไม่เหลือเลยก็อาจเป็นไปได้
7. เป็นพิษต่อจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิห้องหรืออุณหภูมิร่างกาย ในการใช้สารเคมีต่อต้านจุลินทรีย์ควรไม่จำเป็นต้องเพิ่มอุณหภูมิให้สูงเกินกว่าสภาพแวดล้อมปกติที่จะใช้
8. มีคุณสมบัติในการแทรกซึม เมื่อสารเคมีสามารถฝ่าทะลุผ่านผิววัตถุ ปฏิกิริยาต่อต้านจุลินทรีย์มักถูกจำกัดอยู่ที่ตำแหน่งซึ่งใช้สารเคมีเท่านั้น แต่บางครั้งการกระทำเฉพาะที่ผิวของวัตถุแต่เพียงแห่งเดียวก็เป็นที่ต้องการ
9. ไม่กัดกร่อนและเป็นสีเกาะติดวัตถุ สารต่อต้านจุลินทรีย์ไม่ควรทำให้เกิดสนิม

แก่โลหะหรือทำให้โลหะเสียรูปไป หรือเป็นสีเกาะติดเสื้อผ้าหรือทำให้เสื้อผ้าเสียหาย

10. มีคุณสมบัติในการดับกลิ่น คุณสมบัติในการดับกลิ่นของสารเคมีต่อต้านจุลินทรีย์มักเป็นที่ต้องการ แต่โดยอุดมคติแล้วตัวสารต่อต้านจุลินทรีย์เองควรมิมีกลิ่นหรือมีกลิ่นที่ดี
11. มีคุณสมบัติเป็นสารซักล้าง สารต่อต้านจุลินทรีย์ถ้ามีคุณสมบัติเป็นสารซักล้างหรือเป็นสารทำให้สะอาดด้วย ก็จะทำให้สำเร็จจุดประสงค์สองประการพร้อมกัน และคุณสมบัติในการทำให้สะอาดช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของสารต่อต้านจุลินทรีย์
12. สามารถจัดหาได้ สารประกอบดังกล่าวจะต้องจัดหาได้ง่ายในปริมาณมากและราคาถูก

2. คำจำกัดความ

คำต่าง ๆ ซึ่งใช้บรรยายขบวนการหรือสารเคมีในการควบคุมจุลินทรีย์มีดังต่อไปนี้ Sterilization คือขบวนการฆ่าทำลายจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทุกรูปแบบโดยสิ้นเชิง สิ่งซึ่ง Sterile ในแง่ของวิชาจุลินทรีย์ หมายถึงสิ่งซึ่งปราศจากจุลินทรีย์ที่มีชีวิตหรือสิ่งซึ่งปราศจากเชื้อ คำว่า sterile, sterilize และ sterilization เป็นคำที่สมบูรณในตัวเอง หมายถึงปราศจากหรือทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิดโดยสิ้นเชิงหรือสมบูรณและไม่ควรใช้คำเหล่านี้ในลักษณะเปรียบเทียบ สารหรือวัตถุจะอยู่ในสถานะภาพอย่างใดอย่างหนึ่งในสองอย่างคือ sterile หรือ non-sterile เท่านั้นไม่มีโอกาสอยู่ในสถานะภาพ simisterile หรือ almost sterile

Disinfectant คือ ปัจจัยซึ่งปกติคือสารเคมีซึ่งสามารถฆ่าทำลายรูปแบบที่กำลังเจริญเติบโต(เซลล์)ของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคโดยไม่จำเป็นต้องฆ่าทำลายสปอร์ซึ่งเป็นรูปแบบที่ทนทานของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคด้วยก็ได้ คำนี้มักใช้กับสารที่ใช้กับวัตถุที่ไม่มีชีวิต Disinfection คือขบวนการทำลายปัจจัยซึ่งสามารถทำให้เกิดโรค

Antiseptic คือสารซึ่งต่อต้านการเป็นพิษเนื่องจากผลผลิตของการเน่าเปื่อยหรือเป็นหนอง(คือสารต่อต้าน sepsis) หมายถึงป้องกันการเจริญเติบโตหรือการกระทำของจุลินทรีย์โดยทำลายจุลินทรีย์หรือโดยยับยั้งการเจริญเติบโตและเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ ปกติมักใช้กับสารที่ใช้กับร่างกาย

Sanitizer คือปัจจัยซึ่งลดประชากรจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยตามข้อกำหนด

ทางสาธารณสุขสุข ปกติคือสารเคมีซึ่งสามารถฆ่าทำลายแบคทีเรียที่กำลังเจริญเติบโตได้ถึง 99.9 เปอร์เซ็นต์ sanitizer มักจะใช้กับวัตถุซึ่งไม่มีชีวิตและโดยทั่วไปใช้ในการทำความสะอาด เครื่องมือและภาชนะประจำวันในโรงงานอาหารและนม ใช้ทำความสะอาดเครื่องแก้ว จาน และภาชนะในภัตตาคารและร้านอาหาร ขบวนการ disinfection มักทำให้เกิด sanitation ด้วย อย่างไรก็ตามถ้าถือตามความหมายอย่างเคร่งครัด sanitation หมายถึงสภาวะสุขาภิบาล (sanitary) ซึ่งไม่จำเป็นต้องหมายถึง disinfection ด้วย

Germicide (Microbicide) คือปัจจัยซึ่งฆ่าทำลายรูปแบบที่เจริญเติบโตได้ของจุลินทรีย์ (germ) โดยไม่จำเป็นต้องฆ่าทำลายสปอร์ซึ่งเป็นรูปแบบที่ทนทานของจุลินทรีย์ด้วยก็ได้ ในทางปฏิบัติ germicide เกือบจะเป็นอย่างเดียวกันกับ disinfectant แต่ germicide มักใช้กับทุกชนิดของจุลินทรีย์ (germ or microbe)

Bactericide คือปัจจัยซึ่งฆ่าทำลายแบคทีเรีย คำคุณศัพท์คือ bactericidal นอกจากนี้ก็ยังมีคำซึ่งคล้ายคลึงกัน คือคำว่า fungicide, virucide และ sporicide หมายถึงปัจจัยซึ่งฆ่าทำลายฟังไจ ไวรัส และสปอร์ ตามลำดับ

Bacteriostasis คือสภาวะซึ่งยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย คำคุณศัพท์คือ bacteriostatic และก็มีคำซึ่งคล้ายกันคือคำว่า fungistatic ใช้บรรยายถึงปัจจัยซึ่งหยุดการเจริญเติบโตของฟังไจ ปัจจัย ซึ่งมีความสามารถคล้ายกันในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ถูกเรียกรวมกันว่า microbistatic agent

Antimicrobial Agent คือสิ่งซึ่งรบกวนการเจริญเติบโตและการเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์แต่โดยทั่วไปมักใช้หมายถึงยับยั้งการเจริญเติบโตและบางครั้งก็อาจใช้คำเฉพาะกลุ่มของจุลินทรีย์ เช่น antibacterial หรือ antifungal เป็นต้น สารซึ่งต่อต้านจุลินทรีย์บางอย่างอาจถูกใช้เพื่อรักษาโรคที่เกิดจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในร่างกายจึงถูกเรียกว่า chemotherapeutic agent

3. การเลือกใช้สารเคมีต่อต้านจุลินทรีย์อย่างเหมาะสม

ปัจจัยสำคัญที่จำเป็นต้องประเมินในการเลือกสารเคมีที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในกิจการเฉพาะอย่างมีดังต่อไปนี้

1. ธรรมชาติของวัตถุที่มีจุลินทรีย์ปะปนอยู่ ตัวอย่าง เช่น สารเคมีที่ใช้กำจัดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่กับภาชนะก็ไม่ควรนำมาใช้กับผิวหนังเพราะอาจเป็นอันตรายต่อเซลล์หรือเนื้อเยื่อได้ ดังนั้นสารที่เลือกจำเป็นต้องเข้ากันได้กับวัตถุหรือสิ่งที่จะใช้

2. ประเภทของจุลินทรีย์ที่ต้องการกำจัด สารเคมีไม่ได้มีคุณภาพเท่าเทียมกันหมด

ในการต่อต้านแบคทีเรีย ฟังไจ ไวรัส และจุลินทรีย์อื่น ๆ สปอร์ทนทานกว่าเซลล์ร่างกาย ความแตกต่างยังเกิดขึ้นได้ระหว่างแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบเช่น *Escherichia coli* ทนทานต่อ cationic disinfectant มากกว่า *Staphylococcus aureus* และความแตกต่างก็อาจเกิดขึ้นได้ระหว่างสายพันธุ์ในสปีชีเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องรู้ว่าสารเคมีที่เลือกใช้นั้นมีผลในการต่อต้านจุลินทรีย์ชนิดที่ต้องการจะกำจัด

3. สภาวะแวดล้อม ปัจจัยที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 21 เช่น อุณหภูมิ พีเอช เวลา ความเข้มข้นและการปรากฏมีสารอินทรีย์ส่วนเกิน ทั้งหมดนี้มีผลต่ออัตราความเร็วและประสิทธิภาพในการต่อต้านจุลินทรีย์ ความสำเร็จในการใช้สารเคมีต่อต้านจุลินทรีย์ต้องการความเข้าใจถึงอิทธิพลของสภาวะต่าง ๆ ต่อสารเคมีเหล่านั้น จนกระทั่งสามารถจัดให้อยู่ภายใต้สภาพที่เหมาะสมที่สุด

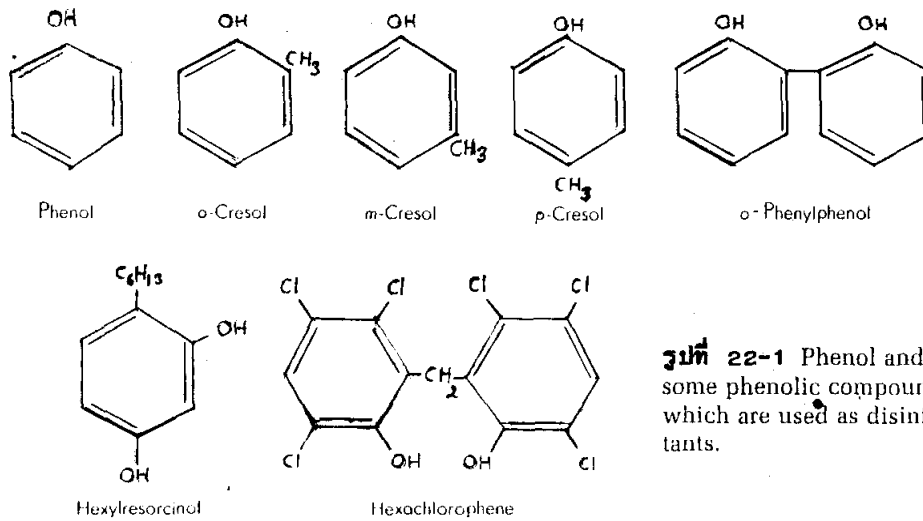
4. หมวดหมู่ใหญ่ของสารเคมีต่อต้านจุลินทรีย์

สารเคมีต่อต้านจุลินทรีย์ที่สำคัญอาจถูกจัดแบ่งเป็นหมวดได้ดังต่อไปนี้ โดยจะได้กล่าวถึงอย่างละเอียดในแต่ละหมวดหมู่ต่อไปอีก

1. ฟีนอลและสารประกอบของฟีนอล
2. แอลกอฮอล์
3. ฮาโลเจน
4. โลหะหนักและสารประกอบของโลหะหนัก
5. สีย้อม
6. สารซักฟอก
7. Quaternary ammonium compounds
8. อัลดีไฮด์
9. สารที่เป็นก๊าซ

4.1 ฟีนอลและสารประกอบของฟีนอล (Phenol and Phenolic Compounds)

ฟีนอลได้ถูกใช้เป็นผลสำเร็จอย่างยอดเยี่ยมเมื่อประมาณปี ค.ศ. 1880 โดยหมอผ้าตัด แต่สปอร์มีความทนทานมากกว่า อนุพันธ์หลายอย่างของฟีนอลได้ถูกจัดเตรียมขึ้นและถูกประเมินคุณภาพในการต่อต้านจุลินทรีย์ โครงสร้างทางเคมีของฟีนอลและอนุพันธ์บางอย่างของฟีนอลได้แสดงไว้ในรูปที่ 22-1 กิจกรรมในการต่อต้านจุลินทรีย์อาจถูกทำให้เพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 22-1 Phenol and some phenolic compounds which are used as disinfectants.

ตารางที่ 22-1 Microbicidal Action of Phenol Derivatives (Phenol Coefficients at 37°C)*

Name	<i>Salmonella typhi</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Mycobacterium tabereulosis</i>	<i>Candida albicans</i>
Phenol	1.0	1.0	1.0	1.0
o-Cresol	2.3	2.3	2.0	2.0
m-Cresol	2.3	2.3	2.0	2.0
p-Cresol	2.3	2.3	2.0	2.0
4-Ethylphenol	6.3	6.3	6.7	7.8
2,4-Dimethylphenol	5.0	4.4	4.0	5.0
2,5-Dimethylphenol	5.0	4.4	4.0	4.0
3,4-Dimethylphenol	5.0	3.8	4.0	4.0
2,6-Dimethylphenol	3.8	4.4	4.0	3.5
4-n-Propylphenol	18.3	16.3	17.8	17.8
4-n-Butylphenol	46.7	43.7	44.4	44.4
4-n-Amylphenol	53.3	125.0	133.0	156.0
4-tert-Amylphenol	30.0	93.8	111.1	100.0
4-n-Hexylphenol	33.3	313.0	389.0	333.0
4-n-Heptylphenol	16.7†	625.0	667.0	556.0

* The higher the value the greater the microbicidal activity.

† Approximate.

source: From R. F. Priadle and E. S. Wright, "Phenolic Compounds," in C. A. Lawrence and S. S. Black, *Disinfection, Sterilization, and Preservation*, Lea & Febiger, Philadelphia, 1968.

ได้โดยการเติมกลุ่มทางเคมีเข้าไปในโครงสร้างของฟีนอล ดังแสดงในตารางที่ 22-1

Hexylresorcinol เป็นอนุพันธ์หนึ่งของฟีนอลซึ่งมักถูกทำให้อยู่ในรูปสารละลายของกลีเซอรินกับน้ำ ทำให้แรงตึงผิวลดลงเป็นอย่างมากจึงถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้มีกิจกรรมในการต่อต้านจุลินทรีย์ได้ดี ส่วนผสมในทางการค้ามักเรียกว่า hexylresorcinol, S.T. 37 โดยมีค่าแรงตึงผิวเท่ากับไวด์วีย์ hexylresorcinol มักใช้เป็น antiseptic โดยทั่วไปความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์: สารประกอบพวกฟีนอลอาจเป็น bactericidal หรือ bacteriostatic ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่ใช้ สปอร์ของแบคทีเรียและไวรัสมีความทนทานมากกว่าเซลล์ร่างกายของแบคทีเรีย สารประกอบพวกฟีนอลบางอย่างก็มีความเป็น fungicidal สูง กิจกรรมในการต่อต้านจุลินทรีย์ของสารประกอบพวกฟีนอลจะลดลงที่พีเอชเป็นด่าง และมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่มาก อุณหภูมิต่ำและการมีสบู่ปรากฏอยู่ก็ลดกิจกรรมในการต่อต้านจุลินทรีย์ของฟีนอล

ผื่นกฟีนอลบริสุทธิ์ไม่มีสี สารละลายฟีนอล 2-5 เปอร์เซ็นต์ในน้ำสามารถใช้ disinfect วัตถุเช่น เสมหะ บัสสาวะ อูจจาระ ภาชนะและเครื่องมือที่ได้รับการปนเปื้อน สารละลายฟีนอลบริสุทธิ์มักมีขอบเขตจำกัดในการใช้ประโยชน์ อย่างไรก็ตามอนุพันธ์ของฟีนอลละลายในสารซักฟอกหรือสื่อนำพาบางอย่างก็ใช้เป็น antiseptic และ disinfectant ในทางการค้า อนุพันธ์ของฟีนอลอย่างหนึ่งซึ่งใช้กันอย่างกว้างขวางก็คือ o-phenylphenol ส่วนผสมของสารประกอบในหมู่นี้กับสารซักฟอกทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นทั้ง disinfectant และสารซักฟอกที่ดี

กลไกในการกระทำ (Mode of Action): สารประกอบพวกฟีนอลทำให้เซลล์จุลินทรีย์เสียหายหลายอย่าง ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่เซลล์ได้สัมผัส จากผลการวิจัยพบว่าทำให้เซลล์แตกสลาย ทำให้เซลล์โปรตีนตกตะกอน หยุดยั้งเอนไซม์ และทำให้กรดแอมิโนรั่วออกจากเซลล์ อย่างไรก็ตามกลไกการกระทำที่เฉพาะเจาะจงของสารประกอบฟีนอลนั้นยังไม่เป็นที่แน่ชัด แต่ที่เห็นพ้องกันคือผลกระทบบ้างซึ่งทำให้ตายนั้นเริ่มต้นจากความเสียหายทางกายภาพที่โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์จึงก่อให้เกิดความเสียหายในลำดับต่อมา

4.2 แอลกอฮอล์

อีทิลแอลกอฮอล์ ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) ที่ความเข้มข้นระหว่าง 50 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์มีประสิทธิภาพในการต่อต้านเซลล์ที่ไม่ได้สร้างสปอร์หรือเซลล์ร่างกาย ในทางปฏิบัติมักใช้แอลกอฮอล์เข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์

อีทิลแอลกอฮอล์ไม่อาจทำให้เกิดสภาพปราศจากเชื้อได้ ความเข้มข้นซึ่งมีผลในการต่อต้านเซลล์ร่างกายมักน้อยชาในการต่อต้านสปอร์แบคทีเรีย ในหนังสือเรื่อง Disinfection and sterilization ของ Sykes ได้บันทึกว่าสปอร์ของแบคทีเรียซึ่งทำให้เกิดโรคแอนแทรกซ์ อาจทนอยู่ในแอลกอฮอล์ได้นานถึง 20 ปี และสปอร์ของ *Bacillus subtilis* อาจทนอยู่ได้ 9 ปี

ตารางที่ 22-2 Phenol Coefficients of Alcohols

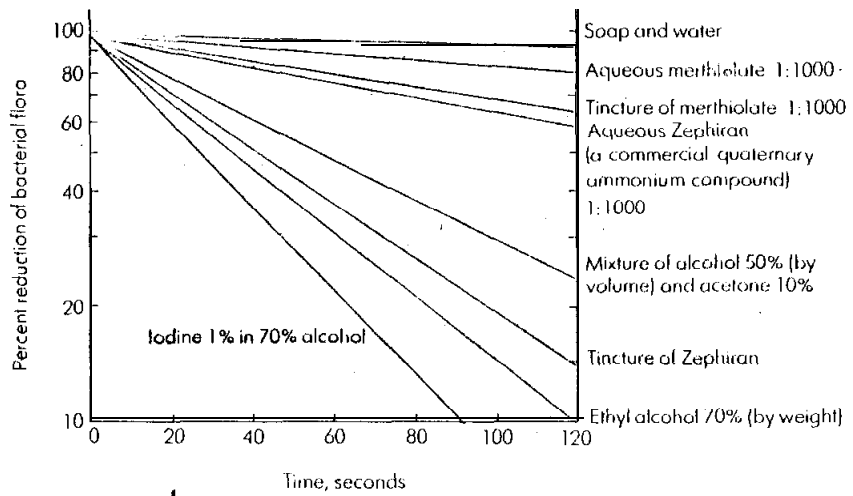
Alcohol	Phenol Coefficient	
	Against <i>Salmonella typhi</i>	Against <i>Staphylococcus aureus</i>
Methyl, CH ₃ OH	0.026	0.03
Ethyl, CH ₃ CH ₂ OH	0.04	0.039
n-Propyl, CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	0.102	0.082
Isopropyl, (CH ₃) ₂ CHOH	0.064	0.054
n-Butyl, CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₂ OH	0.273	0.22
n-Amyl, CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₂ OH	0.78	0.63
n-Hexyl, CH ₃ (CH ₂) ₅ CH ₂ OH	2.3	
n-Heptyl, CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₂ OH	6.8	
n-Octyl, CH ₃ (CH ₂) ₇ CH ₂ OH	21.0	0.63

SOURCE: G. Sykes, *Disinfection and Sterilization*, 2d ed., Lippincott, Philadelphia, 1965.

เมทิลแอลกอฮอล์มีประสิทธิภาพในการฆ่าทำลายแบคทีเรียน้อยกว่าอีทิลแอลกอฮอล์ แต่มีความเป็นพิษต่อมนุษย์สูงมากแม้แต่ไอระเหยของมันก็อาจทำให้ตาบอดได้อย่างถาวร และโดยทั่วไปมักไม่นำมาใช้ฆ่าทำลายจุลินทรีย์ พวกแอลกอฮอล์หนัก (higher alcohol) ต่าง ๆ เช่น โพรพิลแอลกอฮอล์ บูทิลแอลกอฮอล์ เอมีลแอลกอฮอล์ และแอลกอฮอล์อื่น ๆ มีคุณสมบัติในการฆ่าทำลายจุลินทรีย์ได้ดีกว่าอีทิลแอลกอฮอล์ ทั้งนี้เนื่องจากพลังในการฆ่าทำลายจุลินทรีย์จะสูงขึ้นตามน้ำหนักโมเลกุลของแอลกอฮอล์ดังแสดงในตารางที่ 22-2 แต่เนื่องจากแอลกอฮอล์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่าโพรพิลแอลกอฮอล์นั้นไม่ละลายน้ำในทุกสัดส่วน ดังนั้นจึงมักไม่นำมาใช้เป็น disinfectant โพรพิลและไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้น 40 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ใช้ในการฆ่าทำลายเซลล์ร่างกายของแบคทีเรีย

ความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ : แอลกอฮอล์มีผลในการลดประชากรจุลินทรีย์ตามผิวหนังและใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เทอร์โมมิเตอร์วัดไข้ในปาก การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแอลกอฮอล์กับ disinfectant อื่นที่ใช้กับผิวหนังได้แสดงไว้ในรูปที่ 22-2 แอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นสูงกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ มีผลในการต่อต้านไวรัส อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการทำลายไวรัสจะลดลงเป็นอย่างมากเมื่อมีโปรตีนส่วนเกินปนอยู่ในส่วนผสม เนื่องจากโปรตีนส่วนเกินทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์จึงช่วยป้องกันไวรัสไม่ให้ได้รับอันตราย

รูปที่ 22-2 Comparative effectiveness of washing with various antiseptic solutions. This chart summarizes a large number of tests. In each test, the calculated bacterial flora immediately before the antiseptic was applied was considered as 100 percent; the residual flora immediately after use of the antiseptic is shown as a proportion of the original one. The steeper the curve, the greater the effect. (Note: 1:1000 means 1 part in 1000.) [Courtesy of P. B. Price, "Skin Antisepsis," in J. H. Brewer (ed.), Lectures on Sterilization, Duke, Durham, N.C., 1957.]



กลไกในการกระทำ : แอลกอฮอล์เป็นสิ่งที่ทำให้โปรตีนเปลี่ยนสภาพหรือผิดธรรมชาติ (denature) คุณสมบัตินี้อาจถือได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญในกิจกรรมต่อต้านจุลินทรีย์ของแอลกอฮอล์ แอลกอฮอล์เป็นตัวทำลายลิปิด ดังนั้น จึงอาจทำให้ลิปิดชั้นซ้อนในเยื่อหุ้มเซลล์ได้รับความเสียหาย แอลกอฮอล์ยังเป็นสารทำให้แห้ง ดังนั้น จึงทำให้แอลกอฮอล์บริสุทธิ์ (absolute alcohol) หรือแอลกอฮอล์ 100 เปอร์เซ็นต์ ค่อนข้างไม่มีผลในการฆ่าทำลายจุลินทรีย์ เนื่องจากทำให้เซลล์แห้ง จึงเป็นไปได้ว่าแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นสูงมากจะทำให้น้ำไหลออกจากเซลล์จนแอลกอฮอล์เข้าไปในเซลล์ไม่ได้ สภาพซึ่งแห้งมากเช่นนี้ทำให้เกิดสภาวะชะงักการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (bacteriostatic condition) แต่มีผลทำให้จุลินทรีย์ตายได้น้อย ผลกระทบบางอย่างของแอลกอฮอล์เพื่อการ disinfection พื้นผิวอาจถือได้ว่าเป็นการทำ ความสะอาดหรือการซักฟอกเนื่องจากการกำจัดจุลินทรีย์โดยวิธีกล

4.3 ฮาโลเจน

(Halogen)

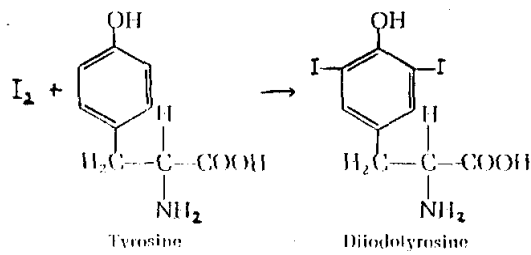
4.3.1 ไอโอดีน (Iodine)

ไอโอดีนเป็น germicidal agent ที่เก่าแก่และมีประสิทธิภาพที่สุดอย่างหนึ่ง ไอโอดีน ถูกนำมาใช้มากกว่าหนึ่งศตวรรษ และเป็นที่ยอมรับโดยเภสัชกรชาวอเมริกันตั้งแต่ปี 1830

ไอโอดีนบริสุทธิ์มีลักษณะเป็นผลึกสีน้ำเงินดำและมีความมันวาวของโลหะ ละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้นแต่ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์และในสารละลายน้ำของโปแตสเซียมหรือโซเดียมไอโอไดด์ ธาตุนี้มักถูกใช้เป็น germicidal agent ในรูปแบบที่เรียกว่า tincture of iodine ซึ่งมีหลายส่วนประกอบ เช่น 2% ไอโอดีนบวกกับ 5% โปแตสเซียมไอโอไดด์ละลายใน 83% แอลกอฮอล์ และ 5% ไอโอดีนบวกกับ 10% โปแตสเซียมไอโอไดด์ละลายในน้ำ ไอโอดีนยังถูกใช้ในรูปของสารที่เรียกว่าไอโอดิฟอรัล (iodophor) ไอโอดิฟอรัลคือส่วนผสมของไอโอดีนกับสารที่กระทำต่อผิว (surface-active agent) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวพองและละลายไอโอดีน สารหนึ่งซึ่งใช้กันมากก็คือ polyvinylpyrrolidone (PVP) ซึ่งเมื่อรวมกับไอโอดีนอาจเขียนเป็นสัญลักษณ์ว่า PVP-I ไอโอดีนจะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้า ๆ จากสารซับซ้อนนี้ ไอโอดิฟอรัลมีลักษณะเป็น germicide เหมือนไอโอดีน แต่มีข้อดีกว่าคือไม่เป็นสีเกาะติดและมีความระคายเคืองน้อยกว่า

ความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ : ไอโอดีนเป็นสารฆ่าทำลายแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพมากและต่อต้านแบคทีเรียทุกชนิด ไอโอดีนยังมีคุณสมบัติฆ่าทำลายสปอร์แต่อัตราความเร็วในการฆ่าทำลายสปอร์ตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของสภาพแวดล้อมอย่างเห็นได้ชัด คือ ปริมาณของสารอินทรีย์และความแห้ง นอกจากนี้ยังฆ่าทำลายฟังไจได้ดี และยังอาจทำลายไวรัสอีกด้วย

กลไกในการกระทำ : กลไกซึ่งไอโอดีนต่อต้านจุลินทรีย์นั้นยังไม่เป็นที่เข้าใจแน่ชัด ไอโอดีนเป็นสารออกซิไดซ์และผลเช่นนี้อาจถือได้ว่าเป็นกิจกรรมต่อต้านจุลินทรีย์ สารออกซิไดซ์อาจออกซิไดซ์อย่างไม่อาจย้อนกลับได้ ดังนั้นจึงหยุดกิจกรรมของสารประกอบที่จำเป็นต่อขบวนการเมแทบอลิซึม เช่น โปรตีนที่มี sulfhydryl group นอกจากนี้ยังอาจทำการฮาโลจีเนชันกับไทโรซีนซึ่งเป็นกรดแอมิโนในแอนไอโซม และไทโรซีนในโปรตีนส่วนอื่นของเซลล์



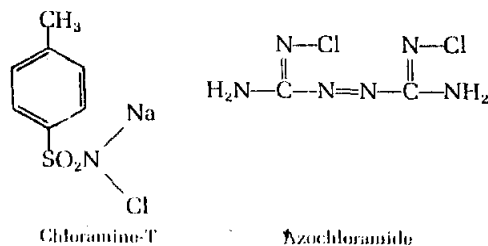
4.3.2 คลอรีนและสารประกอบของคลอรีน

คลอรีนในรูปแบบของก๊าซหรือสารประกอบถูกใช้เป็น disinfectant อย่างกว้างขวาง ก๊าซคลอรีนซึ่งถูกอัดค้นเป็นของเหลวถูกใช้เกือบทั่วไปในการทำน้ำประปาให้บริสุทธิ์ การใช้คลอรีนในสภาพซึ่งเป็นก๊าซนั้นยุ่งยากมาก จะต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์พิเศษ ดังนั้น การใช้คลอรีนในสภาพซึ่งเป็นก๊าซ จึงใช้ได้กับโรงงานทำความสะอาดน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งมีการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมได้อย่างปลอดภัย

มีสารประกอบของคลอรีนหลายอย่างที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างสะดวกกว่าคลอรีนอิสระ ซึ่งถ้าใช้ภายใต้สภาพที่เหมาะสมก็ประสิทธิภาพเป็น disinfectant เท่ากันกับก๊าซคลอรีน กลุ่มหนึ่งของสารประกอบเหล่านี้ที่สำคัญคือ ไฮโปคลอไรต์ต่าง ๆ เช่น $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ (แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ซึ่งรู้จักกันในนามของ chlorinated lime) และ NaOCl (โซเดียมไฮโปคลอไรต์) สารประกอบเหล่านี้เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย

คลอรามินเป็นกลุ่มหนึ่งของสารประกอบคลอรีนซึ่งใช้เป็น disinfectant, sanitizing agent หรือ antiseptic ลักษณะทางเคมีของสารประกอบเหล่านี้ถูกจำแนกโดยที่อะตอมหนึ่งหรือหลายอะตอมของไฮโดรเจนในหมู่อะมิโนของสารประกอบถูกแทนที่ด้วยคลอรีน สารประกอบคลอรามินซึ่งง่ายที่สุดคือ โมโนคลอรามิน (NH_2Cl) คลอรามิน-ที และอะโซคลอรามิน ข้อได้เปรียบของคลอรามินคือมีความคงทนในการปลดปล่อยคลอรีนได้นานกว่าไฮโปคลอไรต์

ความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์: Semmelweis ในปี 1846-1848 ได้รับเกียรติว่าเป็นผู้ที่ใช้ไฮโปคลอไรต์ในการพยายามลดความเจ็บไข้ได้ป่วยที่อาจเกิดขึ้นได้ในเด็ก นักศึกษาแพทย์จำเป็นต้องล้างมือและแช่มือไว้ในสารละลายไฮโปคลอไรต์ก่อนที่จะทำการตรวจรักษาคนไข้

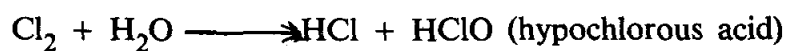


สารประกอบคลอรีนถูกใช้อย่างแพร่หลายในการควบคุมจุลินทรีย์ ส่วนใหญ่จะใช้ในการบำบัดน้ำ ในอุตสาหกรรมอาหาร ในบ้านเรือน และในทางการแพทย์

ผลิตภัณฑ์ที่มีแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ประกอบอยู่ถูกใช้ในการ sanitizing เครื่องมือเกี่ยวกับน้ำนมและภาชนะในร้านอาหาร สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 1% ถูกใช้เพื่อสุขภาพส่วนบุคคลและใช้เป็น disinfectant ในบ้าน สารละลายเข้มข้น 5-10% ก็ถูกใช้ในการซักฟอกในบ้านและใช้เป็น disinfectant และใช้เป็น sanitizing agent ในอุตสาหกรรมนมและอาหาร ปริมาณของไฮโปคลอไรต์ที่สมควรทำให้มีคลอรีนอิสระในน้ำประมาณ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

สารประกอบคลอรีนถูกใช้เพื่อฆ่าเชื้อโรคตามแผลเปิด ใช้รักษาทำนบกักน้ำและใช้เป็น disinfectant โดยทั่วไป

กลไกในการกระทำ : กลไกในการต่อต้านจุลินทรีย์ของคลอรีนและสารประกอบของคลอรีนมาจากกรดไฮโปคลอรัสที่เกิดขึ้นเมื่อคลอรีนอิสระรวมตัวกับน้ำ



ทำนองเดียวกันไฮโปไรต์และคลอรามินก็แตกตัวทำให้เกิดกรดไฮโปคลอรัส กรดไฮโปคลอรัสที่เกิดขึ้นต่อมาจะแตกตัวปล่อยก๊าซออกซิเจนเดี่ยว (nascent oxygen) ออกมา



Formed from
chlorine,
hypochlorites,
chloramines

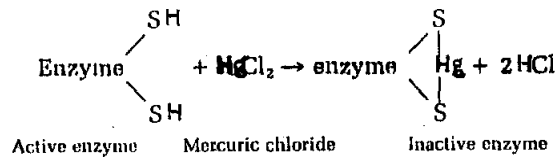
ออกซิเจนเดี่ยวที่ออกมาเป็นสารออกซิไดซ์ที่แรงและกระทำต่อองค์ประกอบของเซลล์ จึงทำลายจุลินทรีย์ นอกจากนี้การฆ่าทำลายจุลินทรีย์ด้วยคลอรีนและสารประกอบของคลอรีนยังเกิดขึ้นเนื่องจากการรวมโดยตรงของคลอรีนกับโปรตีนที่เยื่อหุ้มเซลล์และเอนไซม์

4.4 โลหะหนักและสารประกอบของโลหะหนัก

โลหะหนัก (heavy metal) ส่วนใหญ่ทั้งที่อยู่โดดเดี่ยวและที่อยู่ในรูปของสารประกอบมีอันตรายต่อจุลินทรีย์ พวกซึ่งมีผลในการทำลายจุลินทรีย์มากที่สุดก็คือปรอท เงิน และทองแดง ตัวอย่างของโลหะและสารประกอบของโลหะเหล่านี้ได้สรุปไว้ใน ตารางที่ 22-3

กลไกในการกระทำ : โลหะหนักและสารประกอบของโลหะหนักกระทำการต่อต้าน

จุลินทรีย์โดยรวมตัวกับโปรตีนของเซลล์และหยุดกิจกรรมของโปรตีน ตัวอย่างเช่นในกรณีของเมอร์คิวริกคลอไรด์จะยับยั้งเอนไซม์ต่าง ๆ ที่มีหมู่ซัลไฟดริล (sulfhydryl) ดังแสดงเป็นสมการเคมีต่อไปนี้



เกลือของโลหะหนักพวกปรอท ทองแดง และเงิน ที่มีความเข้มข้นมากจะทำให้โปรตีนในไซโตพลาสซึม (cytoplasm) จับตัวเป็นก้อนมีผลทำให้เซลล์เสียหายหรือตาย เกลือของโลหะหนักต่าง ๆ ยังเป็นสารทำให้ตกตะกอน (precipitant) และถ้ามีความเข้มข้นสูงมากจะทำให้เซลล์ตาย

4.5 สีย้อม (Dye)

สารประกอบพวกสีย้อมสองกลุ่มมีคุณสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นที่สนใจแก่นักจุลชีววิทยาเป็นพิเศษ คือ triphenylmethane dye และ acridine dye

4.5.1 Triphenylmethane dye

สีย้อมซึ่งรวมอยู่ในกลุ่มนี้คือ malachite green, brilliant green และ crystal violet จุลินทรีย์แกรมบวกมีความอ่อนไหวต่อสีเหล่านี้มากกว่าจุลินทรีย์แกรมลบ เช่น crystal violet ยับยั้งคือกไซแกรมบวกที่ความเจือจาง 1:200,000 ถึง 1:300,000 แต่ต้องใช้ความเข้มข้นสูงถึง 10 เท่า ในการยับยั้ง *Escherichia coli* ซึ่งเป็นแกรมลบ *Staphylococcus aureus* แกรมบวกถูกยับยั้งโดย malachite green ที่ความเข้มข้น 1:1,000,000 แต่ต้องใช้ความเข้มข้นสูงถึง 1:30,000 ในการยับยั้ง *E.coli* สิ่งเหล่านี้คือความสัมพันธ์ทั่วไประหว่างปฏิภริยาของแกรมกับความอ่อนไหวต่อ triphenylmethane dye ซึ่งยังมีอีกหลายกรณี

ความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์: อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์อาจถูกทำให้เป็นอาหารเพื่อการคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ได้โดยผสมด้วยสี crystal violet, brilliant green หรือ malachite green ลงไปด้วยความเข้มข้นน้อย ๆ (ประมาณ 1:100,000) แบคทีเรียแกรมบวกจะถูกยับยั้ง อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อชนิดนี้ถูกใช้อย่างแพร่หลายในวิชาจุลชีววิทยาที่

ตารางที่ 22-3 Some Compounds of Heavy Metals That Have Antimicrobial Activity

Heavy Metal	Examples of Compounds	Applications
Mercury	Inorganic compounds: Mercuric chloride (bichloride of mercury) Mercurous chloride Mercuric oxide Ammoniated mercury	Bactericidal in dilutions of 1:1,000; limited use because of corrosive action, high toxicity to animals, and reduction of effectiveness in presence of organic material; insoluble compounds, used in ointments as antiseptics
	Organic compounds: Mercurochrome Metaphen Merthiolate Mercesin	Less irritating and less toxic than the inorganic mercury compounds; employed as antiseptics on cutaneous and mucosal surfaces; may be bactericidal or bacteriostatic
Silver	Colloidal silver compounds: Silver nitrate Silver lactate Silver picrate	Consist of protein in combination with metallic silver or silver oxide (colloidal solution); bacteriostatic or bactericidal effect is a function of the free silver ions released from the combination; used as antiseptics, silver nitrate is the most widely used of these compounds all of which are germicidal and employed as antiseptics in specific conditions; silver nitrate is bactericidal for most organisms at a dilution of 1:1,000; many states require that the eyes of newborns be treated with a few drops of 1% silver nitrate solution to prevent ophthalmia neonatorum, a gonococcal infection of eyes
Copper	Copper sulfate	Much more effective against algae and molds than bacteria; 2 ppm in water sufficient to prevent algal growth; used in swimming pools and open water reservoirs; used in the form of Bordeaux mixture as a fungicide for prevention of certain plant diseases

เกี่ยวกับสารพิษเพื่อตรวจสอบ *E.coli* เป็นสำคัญ ความอ่อนไหวต่อสีต่างๆ ยังอาจถูกใช้ในการชั้นสูตรแบคทีเรีย *Brucella* สามสีที่อาจถูกจำแนกโดยมีแบบฉบับความทนทานต่อสีต่างๆ แตกต่างกัน Crystal violet ยังถูกใช้เป็น fungicide ที่ความเข้มข้น 1 : 1,000,000 จะยับยั้งการเจริญเติบโตของฟังไจ

กลไกในการกระทำ: กลไกในการกระทำของ triphenylmethane dye ยังไม่ทราบชัด แต่เข้าใจว่าการยับยั้งจุลินทรีย์มีผลมาจากการรบกวนขบวนการอ็อกซิเดชันต่าง ๆ ของเซลล์

4.5.2 Acridine Dye

ตัวอย่างของสีพวก acridine คือ acriflavine และ tryptoflavine สารประกอบเหล่านี้แสดงการเลือกยับยั้งต่อต้านแบคทีเรียโดยเฉพาะ staphylococci และ gonococci โทโคค็อกไซถูกยับยั้งโดย tryptoflavine ด้วยความเจือจาง 1:10,000,000 ถึง 1:50,000,000 Acridine dye มีกิจกรรมต่อต้านเชื้อราได้บ้างเล็กน้อย ปัจจุบันไม่ได้ถูกนำมาใช้เป็นยา รักษาโรคมวกนัก เนื่องจากความก้าวหน้ของสารปฏิชีวนะและยารักษาโรคชนิดอื่น แต่ถูกนำมาใช้บ้างเพื่อทาแผลไฟไหม้ แผลธรรมดา และล้างกระเพาะปัสสาวะ

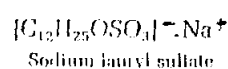
4.6 สารซักฟอกสังเคราะห์

(Synthetic Detergent)

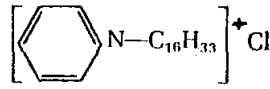
สารลดแรงตึงผิว (Surface-tension) หรือสารช่วยให้เปียก (wetting agent) ที่ส่วนใหญ่นำมาใช้ในการทำความสะอาดพื้นผิว ถูกเรียกว่าสารซักฟอก (deter agent) ตัวอย่างเช่น สบู่ เป็นต้น อย่างไรก็ตามสบู่เป็นสารซักฟอกที่เลวในน้ำกระด้าง ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการปรับปรุงสารซักล้าง (cleaning agent) ขึ้นมาใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เรียกว่า surfactant หรือสารซักฟอกสังเคราะห์ (synthetic detergent) สารซักฟอกสังเคราะห์หลายชนิดมีคุณภาพดีกว่าสบู่ คือไม่ตกตะกอนในน้ำที่เป็นกรดหรือเป็นด่าง หรือไม่ทำให้เกิดตะกอนกับแร่ธาตุในน้ำกระด้าง สารซักฟอกสังเคราะห์ถูกใช้อย่างแพร่หลายในการซักฟอกเสื้อผ้า ทำเป็นผงล้างจาน แชมพู และสิ่งซักล้างอื่น ๆ บางอย่างก็มีคุณสมบัติในการต่อต้านแบคทีเรียสูง

สารซักฟอกอาจถูกแบ่งตามคุณสมบัติทางเคมีได้ดังต่อไปนี้ คือ

1. พวกซึ่งเมื่อแตกตัว (ionize) แล้วส่วนที่มีคุณสมบัติเป็นสารซักฟอกคือ แอนไอออน (anion) จะถูกเรียกว่า anionic detergent ตัวอย่างเช่น



2. พวกซึ่งเมื่อแตกตัวแล้วส่วนที่มีคุณสมบัติเป็นสารซักฟอกคือ แคทไอออน (cation) จะถูกเรียกว่า cationic detergent ตัวอย่างเช่น



Cetylpyridinium chloride (Cocopyn)

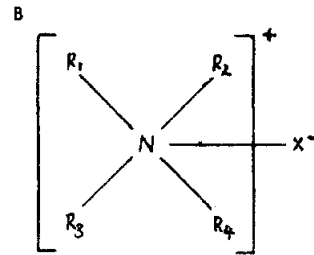
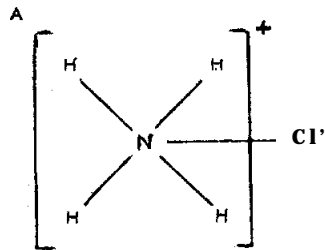
3. สารซักฟอกในกรณีที่สาม คือ nonionic ซึ่งไม่แตกตัวเป็นไอออน อย่างไรก็ตาม สารเหล่านี้ไม่มีกิจกรรมต่อต้านจุลินทรีย์อย่างชัดเจน

ในการลดจำนวนจุลินทรีย์ตามพื้นผิวเช่น ผิวหนัง และเสื้อผ้า คุณสมบัติที่แท้จริงของสบู่ธรรมดาเป็นวิธีการกำจัดจุลินทรีย์โดยทางกล คือ สบู่ลดแรงตึงผิวและมีผลทำให้เพิ่มพลังความเปียกของน้ำ น้ำละลายสบู่มีความสามารถอีมัลซิไฟ (emulsify) และกระจายน้ำมันและฝุ่นผง จุลินทรีย์จะหลุดออกมากับสบู่และถูกกำจัดออกโดยน้ำล้าง สารเคมีต่าง ๆ ได้ถูกนำมาผสมกับสบู่เพื่อเพิ่มกิจกรรมในการต่อต้านจุลินทรีย์

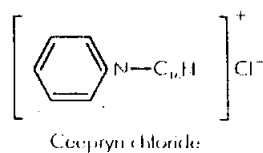
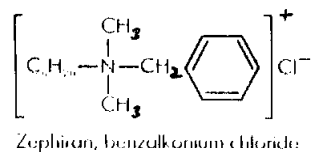
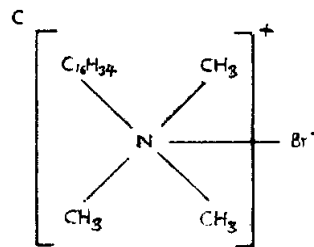
สารซักฟอกพวกแคทไอออนิกถูกถือว่ามีคุณสมบัติเป็น germicide มากกว่าพวกแอนไอออนิก ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปในเรื่อง quaternary ammonium compound

4.7 Quaternary Ammonium Compounds

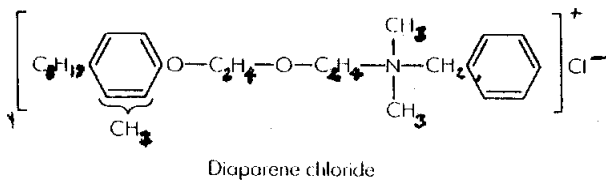
สารประกอบส่วนใหญ่ของสารซักฟอกพวกแคทไอออนิกที่มีคุณสมบัติในการฆ่าทำลายจุลินทรีย์ คือ quaternary ammonium salt เกือบเหล่านี้มีลักษณะโครงสร้างเทียบได้กับเกลืออนินทรีย์ของแอมโมเนีย เช่น แอมโมเนียมคลอไรด์ ดังแสดงในรูปที่ 22-3 หมู่ R_1 , R_2 , R_3 และ R_4 คือหมู่ไฮโดรคาร์บอนที่เชื่อมต่อกับไนโตรเจนอะตอมดังแสดงในรูปที่ 22-3c หมู่ R อาจเป็นอย่างหนึ่งของ alkyl group ซึ่งมีมากมายหลายชนิดแตกต่างกัน ดังนั้นจึงมี quaternary ammonium compounds จำนวนมากมายหลายชนิดที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นและถูกนำมาทดสอบกิจกรรมต่อต้านจุลินทรีย์ หลายชนิดก็เป็นสารต่อต้านจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพจึงถูกผลิตขึ้นเป็นการค้าดังตัวอย่างในรูปที่ 22-4



ပုံစံ 22-3 Chemical structure of quaternary ammonium compounds shown in relation to the structure of ammonium chloride. (A) Ammonium chloride. (B) The general structure of a quaternary ammonium compound. R_1 , R_2 , R_3 , and R_4 are carbon-containing groups, and the X^- is a negatively charged ion such as Br^- or Cl^- . (C) The quaternary ammonium compound CTAB, or cetrimide.



ပုံစံ 22-4 Some examples of quaternary disinfectants.



พลังในการฆ่าทำลายแบคทีเรียของควอเทอร์นารีต่าง ๆ ไม่เพียงแต่จะสูงสำหรับแบคทีเรียแกรมบวกเท่านั้น แต่ยังว่องไวในการต่อต้านจุลินทรีย์แกรมลบอีกด้วย ความเข้มข้นซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าทำลายแบคทีเรียเริ่มตั้งแต่ความเจือจางหนึ่งส่วนในไม่กี่พันส่วนจนถึงหนึ่งในหลายพันส่วน ดังแสดงในตารางที่ 22-4 นอกจากนี้ความเข้มข้นซึ่งแสดงคุณสมบัติยับยั้งแบคทีเรีย (bacteriostatic) ยิ่งกว้างขวางกว่าความเข้มข้นที่ฆ่าทำลายแบคทีเรีย (bactericidal) ตัวอย่างเช่น ขอบเขตความเข้มข้นที่สามารถฆ่าทำลายแบคทีเรียอาจอยู่ที่ความเจือจาง 1 : 30,000 แต่ความเข้มข้นซึ่งยับยั้งแบคทีเรียอาจมีความเจือจางสูงถึง 1 : 200,000 การกระทำของสารประกอบเหล่านี้ต้องมีวิธีการตรวจสอบเพื่อชี้แสดงความแตกต่างระหว่างกิจกรรมในการยับยั้งและกิจกรรมในการฆ่าให้ตายเพื่อประเมินคุณภาพของ disinfectant

ตารางที่ 22-4 Some Bactericidal Concentrations* of Three Quaternary Ammonium Compounds

Organism	Lethal Concentrations†		
	Cetrimide	Ceepyrp	Zephiral
Staphylococcus	20,000‡	83,000	18,000
	35,000	218,000	20,000
	218,000		38,000
			50,000
		200,000	
Streptococcus pyogenes	20,000	42,000	40,000
		127,000	
Escherichia coli	3,000	66,000	12,000
	27,500	67,000	27,000
	30,000		
Salmonella typhi	13,000	15,000	10,000
		48,000	20,000
		62,000	
Pseudomonas aeruginosa	3,500		2,500
	5,000		
Proteus vulgaris	7,500	34,000	1,300

* These figures have been collected from various published sources; they were therefore obtained with different testing techniques.

† Expressed as 1 part quaternary ammonium compound in stated volume of diluent; e.g., see footnote ‡.

‡ 1 part cetrimide in 20,000 parts of diluent.

SOURCE: G. Sykes, *Disinfection and Sterilization*, 2d ed., Lippincott, Philadelphia, 1965.

สารประกอบควอเทอร์นารีต่าง ๆ ยังแสดงคุณสมบัติต่อต้านเชื้อรา (fungicidal) และทำลายโปรโตซัวที่เป็นโรคบางชนิด ไวรัสดูเหมือนว่ามีความทนทานต่อสารนี้มากกว่าแบคทีเรียและฟังไจ

ความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ : คุณสมบัติรวมหลายอย่างของสารประกอบควอเทอร์นารีคือ เป็นทั้ง germicide และ สารซักฟอก รวมทั้งลักษณะเป็นพิษน้อยละลายได้ดี เป็นสารละลายที่คงตัวและไม่กัดกร่อนวัตถุ ดังนั้นจึงถูกนำมาใช้เป็น disinfectant และ sanitizing agent ได้หลายอย่าง สารประกอบควอเทอร์นารีถูกใช้เป็น disinfectant บนผิวหนัง ใช้เป็นสารถนอมรักษาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวและเครื่องสำอางไม่ให้น้ำเปื้อยหรือเสื่อมสลาย สารประกอบควอเทอร์นารีถูกใช้อย่างแพร่หลายในการควบคุมจุลินทรีย์ตามพื้นผนัง และพื้นผิวต่าง ๆ ในโรงพยาบาล สถานที่เลี้ยงเด็กอ่อน และสถานสาธารณะต่าง ๆ ถูกใช้ในการ sanitize ภาชนะอาหารและเครื่องดื่มนักตักตกร เช่นเดียวกับพื้นผิวและเครื่องมือในโรงงานผลิตอาหาร นอกจากนี้ยังถูกใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม นม ไข่ และปลา เพื่อควบคุมจุลินทรีย์ตามพื้นผิวของเครื่องมือและสภาพแวดล้อมโดยทั่วไป

กลไกในการกระทำ : ผลเสียหายเนื่องจากสารประกอบควอเทอร์นารีต่อจุลินทรีย์มีหลายประการ คือ ทำให้โปรตีนผิดธรรมชาติ (denature) รบกวนขนวนการไกลโคไลซิส และทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสียหาย จากหลักฐานการวิจัยยืนยันว่าตำแหน่งที่เซลล์ได้รับความเสียหาย คือ เยื่อหุ้มเซลล์ สารประกอบควอเทอร์นารีเปลี่ยนแปลงการซึมซับอย่างมีชีวิต โดยโครงสร้างส่วนนี้ของเซลล์

4.8 อัลดีไฮด์ (Aldehyde)

สารประกอบเคมีในหมู่ซึ่งมีสูตรโดยทั่วไปเป็น $RCHO$ (aldehyde) และมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำหลายชนิดมีคุณสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์ ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดสองชนิดคือ ฟอรัมาลดีไฮด์ และกลูตาราลดีไฮด์ สารทั้งสองนี้สามารถฆ่าทำลายจุลินทรีย์ได้ดีและยังสามารถฆ่าทำลายสปอร์ (sporicidal) ได้อีกด้วย

4.8.1 ฟอรัมาลดีไฮด์ (Formaldehyde)

ฟอรัมาลดีไฮด์ ($HCHO$) เป็นสารประกอบอย่างง่ายที่สุดในหมู่อัลดีไฮด์ มีสภาพเป็นก๊าซซึ่งคงตัวเฉพาะเมื่ออุณหภูมิและความเข้มข้นสูง แต่ที่อุณหภูมิห้องจะโพลิเมอไรซ์เป็นสารประกอบของแข็ง โพลิเมอร์ที่สำคัญคือ พาราฟอรัมาลดีไฮด์ เป็นสารไม่มีสีซึ่งสลายตัวเป็นฟอรัมาลดีไฮด์อย่างรวดเร็วเมื่อถูกความร้อน ฟอรัมาลดีไฮด์ยังซื้อขายกันในรูปของสาร

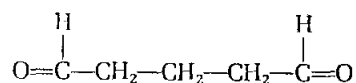
ละลายน้ำเรียกว่า ฟอรั่มมาลิน (formalin) ซึ่งมี 37-40% ฟอรั่มมาลดีไฮด์ ไอระเหยของ ฟอรั่มมาลดีไฮด์มีกลิ่นฉุนและระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อและตา

ความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ : ฟอรั่มมาลดีไฮด์ในสารละลายมีประโยชน์ในการสเตอริไลซ์เครื่องมือบางชนิด ฟอรั่มมาลดีไฮด์ในรูปของก๊าซอาจถูกใช้ฆ่าเชื้อและสเตอริไลซ์ในพื้นที่ปิดทึบ ฟอรั่มมาลินและพาราฟอรั่มมาลดีไฮด์เป็นแหล่งสำคัญของฟอรั่มมาลดีไฮด์ เมื่อถูกใช้เป็นก๊าซฆ่าเชื้อไอของฟอรั่มมาลดีไฮด์จากทั้งสองแหล่งนี้ในพื้นที่ปิดทึบด้วยระยะเวลาเพียงพอก็จะทำให้เกิดการสเตอริไลซ์ เซลล์ร่างกายจะถูกทำลายได้รวดเร็วกว่าสปอร์ ความชื้นและอุณหภูมิช่วยเสริมกิจกรรมในการฆ่าทำลายจุลินทรีย์ของฟอรั่มมาลดีไฮด์ เพื่อการสเตอริไลซ์ในพื้นที่ปิดทึบอุณหภูมิจะต้องพอ ๆ กันกับอุณหภูมิห้อง (22°C) และมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 60 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ข้อเสียของขบวนการนี้คือ ไอของฟอรั่มมาลดีไฮด์ไม่อาจทะลุทะลวงพื้นผิวที่ถูกปกคลุมได้

กลไกในการกระทำ : ฟอรั่มมาลดีไฮด์เป็นสารเคมีที่ว่องไวมาก รวมตัวได้ง่ายกับสารประกอบไนโตรเจนแห่งชีวิต เช่น โปรตีนและกรดนิวคลีอิกต่าง ๆ ดังนั้นจึงถือได้ว่าการรวมตัวของฟอรั่มมาลดีไฮด์กับสารประกอบของเซลล์เหล่านี้เป็นการกระทำต่อต้านจุลินทรีย์

4.8.2 กลูตาราลดีไฮด์ (Glutaraldehyde)

กลูตาราลดีไฮด์เป็นไดอัลดีไฮด์อิมัลชันที่มีสูตร



สารละลาย 2% ของสารเคมีนี้แสดงกิจกรรมในการต่อต้านจุลินทรีย์อย่างกว้างขวาง ต่อต้านเซลล์ร่างกายของแบคทีเรียและฟังไจ ต่อต้านสปอร์ของแบคทีเรียและฟังไจ และต่อต้านไวรัส กลูตาราลดีไฮด์ถูกใช้ในทางการแพทย์เพื่อสเตอริไลซ์เครื่องมือบำบัดโรคทางเดินปัสสาวะ เครื่องมือรักษาตา เครื่องมือรักษาโรคเกี่ยวกับการหายใจ และเครื่องมือพิเศษอื่น ๆ

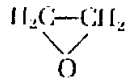
4.9 สารเคมีซึ่งเป็นก๊าซ

เครื่องมือแพทย์บางชนิดจำเป็นต้องทำให้อยู่ในสภาพที่ปราศจากเชื้อแต่เป็นเครื่องมือที่ทำด้วยวัสดุซึ่งเสียหายได้ด้วยความร้อน เช่นเดียวกันกับสิ่งของซึ่งใช้ในห้องปฏิบัติการเป็นประจำเช่น ไปเปคต์และจานเลี้ยงเชื้อทำด้วยพลาสติกซึ่งหีบห่อและสเตอริไลซ์พร้อมใช้เรียบร้อยแล้ว กรณีเช่นนี้จึงไม่อาจทำการฆ่าเชื้อหรือสเตอริไลซ์ด้วยความร้อนได้แต่กระบวนการ

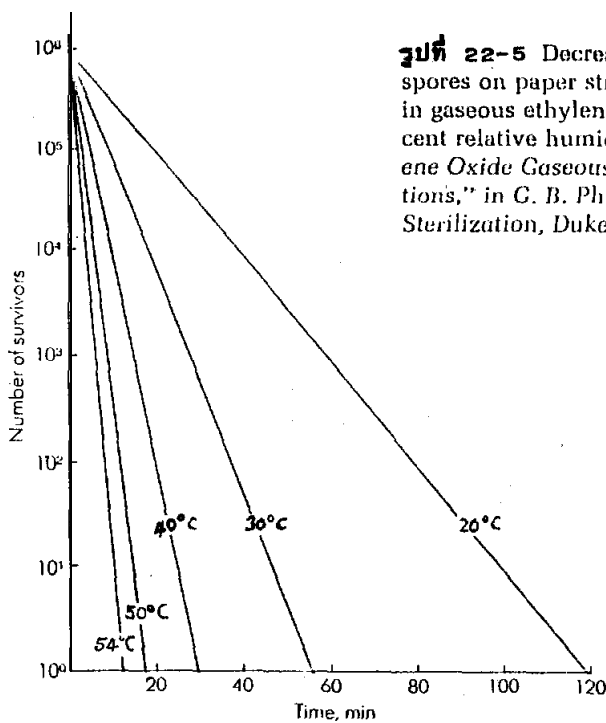
การสเตอริไลซ์โดยสารเคมีซึ่งเป็นก๊าซมีประสิทธิภาพและเหมาะสมสำหรับกรณีเช่นนี้ สารเคมีหลักที่ใช้เป็นประจำสำหรับกระบวนการสเตอริไลซ์โดยก๊าซ คือ ethylene oxide, β -propiolactone และ formaldehyde สำหรับฟอร์มัลดีไฮด์ได้กล่าวถึงมาแล้วในเรื่อง อัลดีไฮด์

4.9.1 อีทิลีนออกไซด์ (Ethylene oxide)

อีทิลีนออกไซด์เป็นสารประกอบอินทรีย์ซึ่งมีโครงสร้างค่อนข้างง่าย คือ



มีสภาพเป็นของเหลวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10.8 ช (51.4 ฟ) อุณหภูมิที่สูงเกินกว่านี้จะกลายเป็นไออย่างรวดเร็ว ไอระเหยของสารประกอบนี้ในอากาศจะติดไฟอย่างง่ายโดยแม้แต่ที่ความเข้มข้นต่ำ ในแง่นี้จึงคล้ายกับไอของอีทิลอีเทอร์เป็นอย่างมาก ลักษณะซึ่งไม่ต้องการนี้อาจแก้ไขได้โดย



รูปที่ 22-5 Decrease in numbers of *Bacillus subtilis* spores on paper strips surviving at various temperatures in gaseous ethylene oxide at 1200 mg/liter and 40 percent relative humidity. (Courtesy of R. R. Ernst, "Ethylene Oxide Gaseous Sterilization for Industrial Applications," in G. B. Phillips and W. S. Miller (eds.) *Industrial Sterilization*, Duke, Durham, N.C., 1973.)

ผสมอีทิลีนออกไซด์กับคาร์บอนไดออกไซด์หรือฟร็อนซึ่งปัจจุบันได้ถูกผลิตขึ้นเป็นการค้า คาร์บอนไดออกไซด์ผสมอีทิลีนออกไซด์หรือฟร็อนผสมอีทิลีนออกไซด์นั้นไม่ติดไฟ และไม่เปลี่ยนแปลงกิจกรรมในการฆ่าทำลายจุลินทรีย์ของอีทิลีนออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และฟร็อนทำหน้าที่เป็นเพียงสารเฉื่อยช่วยให้เจือจางซึ่งป้องกันการติดไฟเท่านั้น

อีทิลีนออกไซด์เป็นสารเพื่อการสเตอริไลซ์ที่มีพลังสูงและหาที่เสมอเหมือนไม่ได้ ถูกใช้เพื่อการสเตอริไลซ์วัตถุที่เสื่อมสภาพได้ง่ายด้วยความร้อนหรือความชื้นในโรงพยาบาล ในโรงงานอุตสาหกรรม และในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย สปอร์แบคทีเรีย ซึ่งมีความทนทานเป็นหลายเท่าของเซลล์ร่างกายจากการเปรียบเทียบกับปัจจัยต่อต้านจุลินทรีย์อื่น ๆ ก็แสดงความทนทานเพียงเล็กน้อยต่อการทำลายโดยสารนี้ รูปที่ 22-5 แสดงถึงการฆ่าทำลายสปอร์ด้วยก๊าซนี้ ลักษณะซึ่งเป็นที่ต้องการและเด่นชัดของอีทิลีนออกไซด์ คือ

ตารางที่ 22-5 Evaluation of Selected Germicides

Class	Use Concentration	Activity Level
Ethylene oxide (gas) (in autoclave-type equipment at 55 to 60°C)	450-800 mg/l	High
Glutaraldehyde, aq.	2%	High
Formaldehyde + alcohol	8% + 60-70%	High
Formaldehyde, aq.	3-8%	High to intermediate
Iodine + alcohol	0.5-70%	Intermediate
Alcohols	70-95%	Intermediate
Chlorine compounds	4-5%	Intermediate
Phenolic compounds	0.5-3%	Intermediate to low
Iodophors	75-150 ppm	Intermediate to low
Quaternary ammonia compounds	1:750	Low
Mercurial compounds	1:500-1:1000	Low

Interpretation of Activity Level						
	Test Organism					
	Bacteria		Fungus		Viruses	
	Vegetative†	Tubercle Bacillus Spores‡			Lipid and Medium-Sized	Nonlipid and Small
High	+	+	+	+	+	+
Intermediate	+	+	-	+	+	+
Low	+	-	-	+	+	-

* + means that cidal effect can be expected.

† Common forms of bacterial cells, e.g., *Staphylococcus*.

‡ Includes usual asexual spores but not necessarily dried chlamydo spores and sexual spores.

SOURCE: Courtesy of E. H. Spaulding, Temple University.

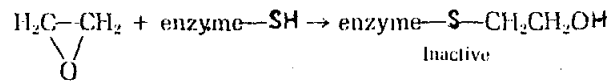
อำนาจในการทะลุทะลวงและแทรกซึมของมัน อีทิลีนออกไซด์จะผ่านทะลุและสเตอริไลซ์หีบห่อวัตถุและมัดผ้าขนาดใหญ่ได้ รวมทั้งพวกพลาสติกต่าง ๆ การใช้อีทิลีนออกไซด์จะต้องใช้ด้วยความระมัดระวังถึงแม้จะมีเครื่องมือและอุปกรณ์ป้องกันเพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการอยู่แล้วก็ตาม เครื่องมือซึ่งใช้เพื่อการนี้ในเชิงการค้าที่จำเป็นก็คือ ออโตเคลฟ (autoclave) ซึ่งถูกดัดแปลงให้มีช่องเพื่อบรรจุภาชนะภายใต้สภาวะที่ควบคุมได้ ความเข้มข้นของอีทิลีนออกไซด์รวมทั้งอุณหภูมิและความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญร่วมกันในการกำหนดเวลาที่ต้องใช้เพื่อการสเตอริไลซ์ ออโตเคลฟสมัยใหม่จะติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมเพื่อรักษาความเข้มข้นของอีทิลีนออกไซด์ให้เป็นไปตามต้องการพร้อมทั้งมีอุณหภูมิและความชื้นเหมาะสม

การประเมินคุณค่าของอีทิลีนออกไซด์ในการต่อต้านจุลินทรีย์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับสารเคมีอื่นได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 22-5

ความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ : อีทิลีนออกไซด์ถูกกำหนดให้เป็นสารเพื่อการสเตอริไลซ์อย่างมีประสิทธิภาพสำหรับวัตถุพวกที่เสื่อมสลายได้ง่ายด้วยความชื้นและความร้อน การใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพต้องมีการควบคุมตัวแปรสามประการอย่างระมัดระวัง คือความเข้มข้นของอีทิลีนออกไซด์ อุณหภูมิ และความชื้น ชนิดของวัตถุที่ใช้ได้กับอีทิลีนออกไซด์ ได้แก่ เครื่องเทศ วัตถุที่เตรียมได้ทางชีววิทยา ดิน พลาสติก วัตถุที่เตรียมได้ทางการแพทย์บางชนิด และอุปกรณ์เครื่องมือในห้องปฏิบัติการที่ได้รับการปนเปื้อน อีทิลีนออกไซด์ยังถูกใช้ในโครงการอวกาศของอเมริกาและรัสเซียเพื่อกำจัดการปนเปื้อนของส่วนประกอบยานอวกาศ ข้อได้เปรียบของสารนี้ในการใช้เป็นปัจจัยเพื่อทำให้ปราศจากเชื้อดังกล่าวมาแล้วคือ มีความสามารถในการแทรกซึมอย่างมีประสิทธิภาพและมีกิจกรรมต่อต้านจุลินทรีย์ได้หลายชนิด รวมทั้งสปอร์ นอกจากนี้ยังใช้งานได้ที่อุณหภูมิก่อนข้างต่ำและไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่วัตถุที่สัมผัสกับมัน แต่มีข้อบกพร่องคือมีกิจกรรมก่อนข้างเชิงซ้ำในการทำลายจุลินทรีย์

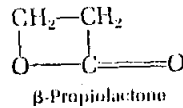
กลไกในการกระทำ : กลไกในการกระทำของอีทิลีนออกไซด์เชื่อกันว่าทำให้เกิดปฏิกิริยาอัลคิลเลชัน (alkylation) กับสารประกอบอินทรีย์ เช่น เอนไซม์และโปรตีนอื่น ๆ อัลคิลเลชันประกอบด้วยการแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมที่ว่องไวในสารประกอบอินทรีย์เช่น ไฮโดรเจนอะตอมในหมู่คาร์บอกซิล หมู่เอมิโน หรือหมู่ซัลไฟดริลอิสระต่าง ๆ ด้วยหมู่อัลคิล ในปฏิกิริยานี้วงแหวนของอีทิลีนออกไซด์โมเลกุลจะแตกตัวออกและเกาะตัวอยู่กับตำแหน่งที่

มีไฮโดรเจนอะตอมเกาะติดอยู่แต่เดิม ปฏิกริยานี้จะทำให้เอนไซม์ ซึ่งมีหมู่ซัลไฟดริลหมดความว่องไว

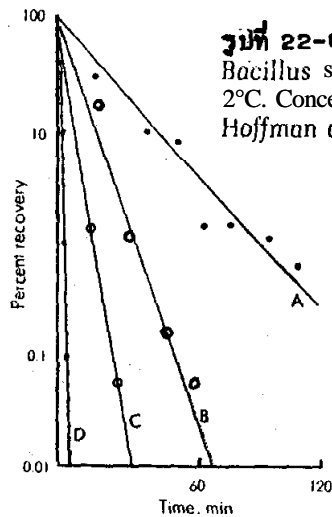


4.9.2 เบต้าไพโรพิโอแลคโตน (β -Propiolactone)

สารประกอบนี้เป็นของเหลวไม่มีสีที่อุณหภูมิห้องมีจุดเดือดที่อุณหภูมิสูง (155°C) และมีสูตรเคมี คือ



เป็นสารซึ่งไม่ติดไฟเหมือนอีทิลีนออกไซด์ แต่ทำให้เกิดการระคายเคืองและน้ำตาไหล ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการอย่างระมัดระวัง สารนี้ขาดคุณสมบัติในการแทรกซึมอย่างอีทิลีนออกไซด์ แต่มีความว่องไวในการต่อต้านจุลินทรีย์สูงกว่า มีคุณสมบัติในการฆ่าทำลายสปอร์ ฟังไจ และไวรัส ความว่องไวในการฆ่าทำลายสปอร์ของเบต้าไพโรพิโอแลคโตนได้แสดงไว้ในรูปที่ 22-6 ความเข้มข้นปกติของอีทิลีนออกไซด์ซึ่งใช้เพื่อจุดประสงค์ในการสเตอริไลเซชันคือ 400 ถึง 800 ม.ก./ลิตร แต่สำหรับเบต้าไพโรพิโอแลคโตน ใช้เพียง 2 ถึง 5 ม.ก./ลิตร



รูปที่ 22-6 Effect of β -propiolactone concentration on death rate of spores of *Bacillus subtilis* var. *niger*. Relative humidity, 80 ± 5 percent; temperature, $27 \pm 2^\circ\text{C}$. Concentrations: [A] 0.1, [B] 0.2, [C] 0.4, [D] 1.6 mg/liter. (Courtesy of H. K. Hoffman and B. Worshowsky, *Appl Microbiol*, 6:358, 1958.)

เบต้าไพโรฟีโอแลคโตนมีผลในการฆ่าทำลายจุลินทรีย์ตามพื้นผิวต่าง ๆ อย่างไรก็ตามด้วยเหตุผลที่ว่ามีความจำเป็นในการแทรกซึมต่ำและมีคุณสมบัติในการกระตุ้นให้เกิดมะเร็ง ดังนั้นจึงถูกนำมาเพื่อการสเตรอไรส์อย่างจำกัด

5. การประเมินคุณภาพของสารเคมีที่ใช้ในการต่อต้านจุลินทรีย์

เทคนิคในห้องปฏิบัติการเพื่อการประเมินคุณภาพของสารเคมีต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์โดยทั่วไปอาจทำได้โดยวิธีทางหนึ่งในสามวิธีทาง ดังจะกล่าวในข้อ 5.1 สารเคมีแต่ละอย่างจะถูกนำมาทดสอบกับจุลินทรีย์เฉพาะชนิดซึ่งถูกเรียกว่า จุลินทรีย์เพื่อการทดสอบ (test organism)

5.1 เทคนิคการใช้สารละลายเจือจางในหลอดและวุ้นอาหารในจานเลี้ยงเชื้อ (Tube-Dilution and Agar-Plate Techniques)

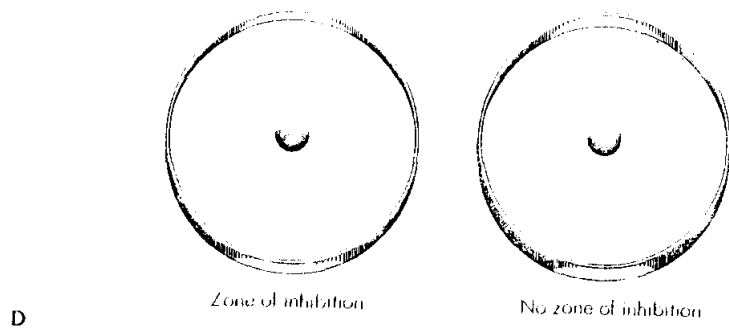
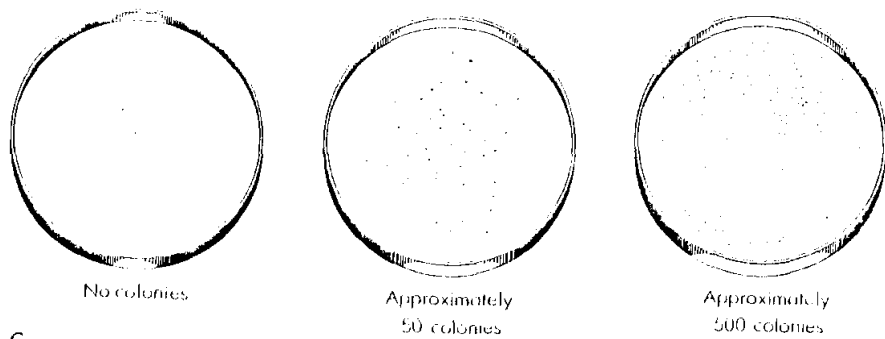
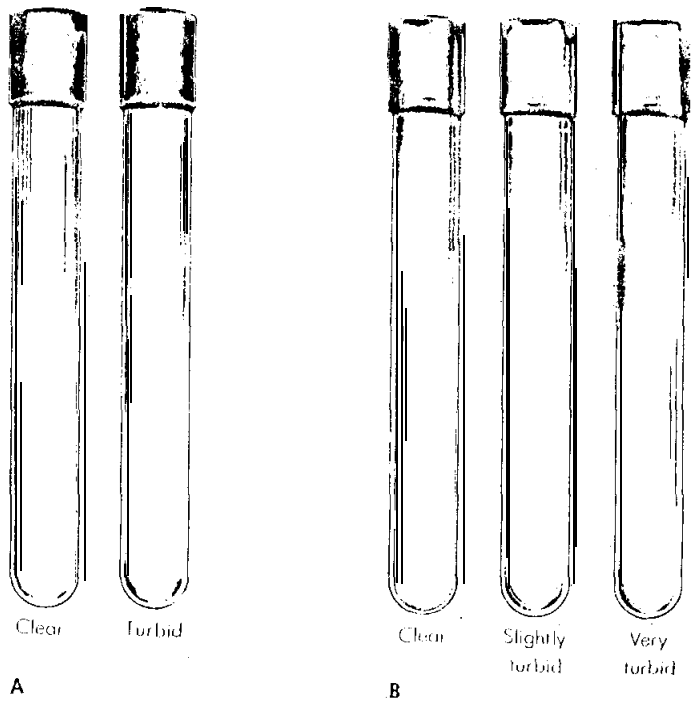
5.1.1 เคมีวัตถุที่ละลายน้ำด้วยความเจือจางอย่างเหมาะสมถูกบรรจุใส่ในหลอดทดสอบที่ปราศจากเชื้อแล้วเติมด้วยจำนวนซึ่งแน่นอนของจุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบ (test organism) จุลินทรีย์ที่นำมาทดสอบจะถูกนำออกมาจากหลอดดังกล่าวตามระยะเวลาซึ่งกำหนดแล้วล้างถ่ายลงสู่หลอดอาหารที่ปราศจากเชื้อ บ่ม และสังเกตดูการเจริญเติบโตที่ปรากฏ สำหรับวิธีการนี้ จำเป็นจะต้องแน่ใจก่อนว่าสารเคมีนั้นเป็นสารซึ่งฆ่าทำลายแบคทีเรีย (bactericide) ไม่ใช่เป็นสารหยุดยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (bacteriostatic) วิธีการนี้ยังสามารถใช้ในการตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ที่ถูกฆ่าต่อหนึ่งหน่วยเวลาได้โดยการนำตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งออกมาในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ตามกำหนดมานับจำนวนในจานเลี้ยงเชื้อ

5.1.2 สารเคมีถูกผสมรวมอยู่ในวุ้นอาหารหรืออาหารเหลวแล้วใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบลงไป บ่มและสังเกตดูปริมาณการเจริญเติบโตที่ลดลงหรือปราศจากการเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์

5.1.3 วุ้นอาหารในจานเลี้ยงเชื้อถูกเกลี่ยกระจายใส่ด้วยเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบแล้วสารเคมีถูกวางบนอาหารนี้ ภายหลังจากการบ่มก็สังเกตดูบริเวณที่ถูกยับยั้งการเจริญเติบโต (Zone of inhibition) หรือไม่มีการเจริญเติบโตรอบสารเคมีที่วางลงไป วิธีการนี้เหมาะสำหรับสารเคมีที่เตรียมไว้ในลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวหรือเป็นสารละลายในของเหลว แต่ถูกดูดซับไว้ด้วยแผ่นกระดาษหรือบรรจุอยู่ในหลอดกลวงที่วางบนผิววุ้น

สำหรับการประเมินคุณภาพของสารเคมีที่เป็นก๊าซก็ใช้แผ่นกระดาษจุ่มสปอร์ของแบคทีเรียที่ทราบจำนวนว่ามีสปอร์ติดอยู่บนแผ่นกระดาษเท่าไร แล้วรวมด้วยก๊าซภายใต้

รูปที่ 22-7 Laboratory evaluation of chemical antimicrobial agents: (A) No growth or growth in broth; (B) increased growth in broth as concentration of chemical agent is decreased; (C) increased growth in nutrient agar plates as concentration of chemical agent is decreased; (D) inhibition of growth by chemical agent applied to center of inoculated medium in Petri dish; zone of inhibition develops if compound is active. (Courtesy of Procter and Gamble Company.)



สภาวะที่กำหนดหลังจากนั้นจึงนำมาเพาะเลี้ยงเพื่อตรวจสอบจำนวนที่รอดตาย วิธีการโดยทั่วไปเหล่านี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 22-7

5.2 Phenol-Coefficient Method

วิธีทดสอบอย่างเป็นทางการซึ่งใช้หลักการพื้นฐานดังกล่าวไว้ในข้อ 5.1.1 คือ วิธีซึ่งเรียกว่า AOAC phenol-coefficient method และบางครั้งก็เรียกว่า FDA method ซึ่งย่อมาจากชื่อของหน่วยงานในสหรัฐอเมริกาคือ Association of official Agricultural Chemists และ Food and Drug Administration ตามลำดับ วิธีการนี้เหมาะสำหรับทดสอบ disinfectant ที่ผสมรวมตัวกับน้ำและแสดงการต่อต้านจุลินทรีย์ในลักษณะคล้าย ๆ กันกับฟีนอล จุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบในวิธีการนี้เป็นสายพันธุ์เฉพาะคือ *Salmonella typhi* หรือ *Staphylococcus aureus* อย่างใดอย่างหนึ่ง อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ วิธีการในการถ่ายเชื้อ ส่วนประกอบของอาหารเพื่อการถ่ายเชื้อ (subculture medium) ขนาดของหลอดทดสอบและรายละเอียดในการทดสอบอื่น ๆ ถูกกำหนดขึ้นอย่างเป็นทางการ วิธีการทดสอบอาจสรุปได้ดังต่อไปนี้

ลำดับความเจือจางของ disinfectant จะถูกเตรียมขึ้นในหลอดทดสอบเป็นชุด (5 ม.ล.ต่อหลอด) แล้วเติมเชื้อเหลวของจุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบอายุ 24 ชม. ลงไปหลอดละ 0.5 ม.ล. ในขณะที่เดียวกันก็เติมเชื้ออย่างเดียวกันในปริมาณเท่ากันลงในลำดับความเจือจางของฟีนอล ซึ่งถูกเตรียมขึ้นเป็นชุดเช่นเดียวกัน หลอดทดสอบทุกหลอด (disinfectant + จุลินทรีย์ และ ฟีนอล + จุลินทรีย์) ถูกแช่ไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 20° ซ ต่อมาทุกระยะ 5, 10 และ 15 นาที เชื้อจากแต่ละหลอดจะถูกถ่ายออกมาด้วยหัวถ่ายเชื้อใส่ลงในหลอดอาหารปราศจากเชื้อ นำหลอดอาหารที่ใส่เชื้อแล้ว (subculture tube) ไปบ่มและตรวจสอบดูการเจริญเติบโต ความเจือจางซึ่งมากที่สุดของ disinfectant ซึ่งสามารถฆ่าทำลายจุลินทรีย์เพื่อการทดสอบได้ใน 10 นาที แต่ไม่ฆ่าใน 5 นาที ถูกหารด้วยความเจือจางซึ่งมากที่สุดของฟีนอลที่แสดงผลอย่างเดียวกัน ค่าตัวเลขซึ่งได้จากการหารถูกถือว่าเป็นค่า phenol coefficient ของสารที่นำมาทดสอบ ตัวอย่างซึ่งเป็นแบบฉบับแสดงผลที่ได้รับจากการทดสอบนี้และวิธีการคำนวณหาค่า phenol coefficient ได้แสดงไว้ในตารางที่ 22-6

อย่างไรก็ตามควรคำนึงไว้เสมอว่าไม่มีวิธีการทดสอบทางจุลชีววิทยาใดวิธีการเดียวจะเหมาะสมสำหรับการประเมินคุณภาพของสารเคมีทุกชนิดหรือทุกกรณีที่ใช้ฆ่าทำลายจุลินทรีย์

ตารางที่ 22-6 An Example of the Type of Result Obtained in the Phenol-Coefficient Method for Testing Disinfectants: Test Organism = *Salmonella typhi*

	Dilution	Subculture Tubes*		
		5 min	10 min	15 min
Disinfectant (X)	1:100	0	0	0
	1:125	+	0	0
	1:150	+	0	0
	1:175	+	+	0
	1:200	+	+	+
Phenol	1:90	+	0	0
	1:100	+	+	+
Phenol coefficient of (X) = $\frac{150}{90} = 1.6$				
NOTE: The phenol resistance of the test cultures must adhere to the following pattern:				
	Phenol Dilution	5 min	10 min	15 min
<i>Salmonella typhi</i>	1:90	+ or 0	+ or 0	0
	1:100	+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	1:60	+	0	0
	1:70	+	+	+

* 0 = no growth; + = growth.

ดังนั้น จึงต้องมีความระมัดระวังในการเลือกวิธีการทดสอบสำหรับสารเคมีเฉพาะชนิดเพื่อให้ได้ผลการทดสอบซึ่งมีความหมายและเกิดผลซ้ำ ๆ กันได้ และช่วยให้สามารถตีความหมายได้อย่างเหมาะสมในระดับหนึ่ง ข้อกำหนดสุดท้ายเพื่อการทดสอบสารเคมีให้ได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพก็คือการกระทำภายใต้สภาวะซึ่งเหมาะสม อย่างไรก็ตามการทดสอบในห้องปฏิบัติการควรมีสมาตวรรษที่ไว้ใจได้เพื่อแสดงค่าที่เหมาะสมของสารเคมีต่าง ๆ

6. ข้อสังเกตโดยทั่วไป

จากที่บรรยายมาแล้วเกี่ยวกับสารเคมีต่อต้านจุลินทรีย์จะเห็นว่าสารเคมีมากมายหลายชนิดถูกใช้ประโยชน์แตกต่างกัน มีผลิตภัณฑ์หลายอย่างที่ถูกผลิตขึ้นเพื่อเสนอต่อสาธารณชน ตารางที่ 22-7 ได้สรุปรวบรวมรายชื่อสารเคมีหรือกลุ่มของสารเคมีพร้อมทั้งกล่าวถึงการนำมาใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม ข้อสรุปเกี่ยวกับกลไกในการกระทำต่อเซลล์ของจุลินทรีย์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 22-8

ตารางที่ 22-7 Application of Chemical Agents for Controlling Microorganisms

Chemical Agent	Recommended Use	Limitations
Phenol and phenolic compounds	General disinfectant	Microbial effectiveness limited; irritating and corrosive
Alcohols: ethyl and isopropyl	Skin and thermometer antiseptic	Antiseptic
Iodines	Disinfect skin	Irritating to mucous membranes
Chlorine	Water disinfection	Inactivated by organic material; pH dependent for effectiveness; objectionable taste and odor unless strictly controlled
Silver nitrate	Treating burns	Possible irritation
Mercurials	Skin disinfection	Slow-acting; toxic
Quaternaries	Skin disinfection	Not sporicidal
Formaldehyde	Sterilizing instruments; fumigation	Permeation poor; corrosive
Glutaraldehyde	Sterilizing instruments; fumigation	Stability limited
Ethylene oxide	Sterilizing heat-sensitive materials, instruments, and large equipment	Flammable; potentially explosive in pure form
β -propiolactone	Sterilizing instruments and heat-sensitive materials	Lacks penetrating power

ตารางที่ 22-8 Sites of Action of Antimicrobial Chemical Agents Other Than Antibiotics

Sites of Action*	Chemical Agents										
	Acridine Dyes	Alcohols	Chlorine and Chlorine Compounds	Ethylene Oxide	Formaldehyde	Glutaraldehyde	Heavy-metal Salts	Iodine	Phenols	β -Propiolactone	Quaternary Compounds
Cell wall									+		
Cytoplasmic membrane		+							+		+
Proteins (denaturation)		+					+		+		+
Nucleic acids	+					+					
Enzymes with sulfhydryl (SH) groups			+	+		+	+	+		+	
Amino acids			+	+	+	+	+			+	

* In some instances the site of action is dependent upon the concentration of the chemical.