บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับงานวิจัย

2.1.1 ตัวอย่างพืชที่ศึกษา พริกขี้หนู

ชื่อสามัญ : **Cayenne pepper**

ชื่อวิทยาศาสตร์ : ***Capsicum frutescens* Linn.**

วงศ์ : **SOLANACEAE**

ประโยชน์ของพริก

- ช่วยเจริญอาหาร โดยกระตุ้นให้การหลั่งน้ำลายเพิ่มขึ้น เอนไซม์ในน้ำลายช่วยย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล ทำให้รู้สึกว่าอาหารมีรสชาติดีขึ้น พริกยังกระตุ้นให้มีการเคลื่อนไหวในกระเพาะอาหารเพิ่มขึ้น
- ผลต่อระบบทางเดินหายใจ สาร capsaicin ในพริกซึ่งมีรสเผ็ดร้อน ทำให้เกิดการระคายเคืองในปากและทางเดินหายใจ กระตุ้นให้เกิดการขับเสมหะ ทำให้เมือกที่ติดบริเวณหลอดลมหรือทางเดินหายใจขับออกมาได้ง่าย ช่วยให้หายใจสะดวกขึ้น
- บรรเทาอาการปวด สารสำคัญจากพริกคือ capsaicin สามารถระงับอาการปวดได้ จากการทดลองทา capsaicin บริเวณผิวหนัง capsaicin จะผ่านเข้าสู่ผิวหนังไปออกฤทธิ์ต่อเซลล์ประสาทและไปลดหรือชะลอการหลั่ง neuropeptide substance P จากเซลล์ประสาทรับความรู้สึกส่วนปลาย เป็นผลให้สมองส่วนกลางรับรู้การเจ็บปวดช้าลง ทำให้ลดอาการปวด
- ผลต่อหลอดเลือด เมื่อนำสารสกัดจากพริกมาทาผิวหนังจะทำให้หลอดเลือดขยายตัวและการไหลเวียนของเลือดเพิ่มขึ้น จึงนิยมนำมาเป็นส่วนผสมในตำรับยาหม่อง
- สาร capsaicin มีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อ *B. cereus* และเชื้อ *B. subtilis*

2.1.2 วิธีการสกัด (คณะเภสัชศาสตร์, 2546)

1. มาเซอเรชัน (maceration) เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญจากพืชโดยวิธีการหมักสมุนไพรกับน้ำยาสกัดจนกระทั่งเนื้อเยื่อของสมุนไพรอ่อนนุ่มและ น้ำยาสกัดสามารถแทรกซึมเข้าไปละลายองค์ประกอบภายในสมุนไพรออกมาได้ วิธีการสกัดนี้เหมาะสมกับพืชสมุนไพรที่มีโครงสร้างหรือเนื้อเยื่อที่ไม่แข็งแรงมากนัก เช่น ใบ ดอก ซึ่งทำให้อ่อนนุ่มได้ง่ายจัดเป็นวิธีที่ใช้น้ำยาสกัดน้อย จึงประหยัด และเนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ใช้ความร้อนจึงเหมาะสมกับการสกัดสารที่ไม่ทนต่อความร้อน แต่วิธีการสกัดนี้มักจะไม่สมบูรณ์เนื่องจากไม่ค่อยมีการเคลื่อนที่ของน้ำยาสกัด เมื่อสารในสมุนไพรละลายออกมาถึงระดับหนึ่งจะความสมดุลขององค์ประกอบภายในสมุนไพรและน้ำยาสกัดที่ใช้ ทำให้อัตราเร็วของสารสกัดชะงักลง จึงไม่เหมาะที่จะใช้สกัดในกรณีที่ต้องการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรจนสมบูรณ์

2. เพอร์โคเลชัน (percolation) เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญในพืชสมุนไพรโดยการปล่อยให้น้ำยาสกัดไหลผ่านผงสมุนไพรอย่างช้าๆ พร้อมกับละลายเอาองค์ประกอบออกจากผงสมุนไพรออกมา โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เพอร์โคเลเตอร์ (percolator)

วิธีเพอร์โคเลชันจัดเป็น วิธีการสกัดที่ดีสำหรับการสกัดสารจากสมุนไพรแบบสมบูรณ์และไม่ต้องใช้ความร้อน แต่วิธีนี้มีข้อเสีย คือ เปลืองน้ำยาสกัดและใช้เวลาในการสกัดนาน ดังนั้นจึงมีการดัดแปลงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารจะใช้เพอร์โคเลเตอร์ต่อกันหลายตัว และให้มีการเคลื่อนที่ของตัวทำละลายเข้าหากัน

3. การสกัดแบบต่อเนื่อง (continuous extraction) เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรทำนองเดียวกับเพอร์โคเลชัน แต่ต้องใช้ความร้อนเข้าช่วยและใช้ซอกซ์เลตเอกซ์แทรกเตอร์ ซึ่งเป็นระบบปิด โดยใช้ตัวทำละลายซึ่งมีจุดเดือดต่ำ เมื่อได้รับความร้อนจาก heating mantle น้ำยาสกัดในภาชนะระเหยขึ้นไปแล้วกลั่นตัวลงมาใน thimble ซึ่งบรรจุสมุนไพรไว้ น้ำยาสกัดจะผ่านผงสมุนไพรซ้ำแล้วซ้ำอีกไปเรื่อยๆ จนกระทั่งองค์ประกอบในสมุนไพรถูกสกัดออกมา เมื่อน้ำยาสกัดในเอกซ์แทรกติงแชมเบอร์ สูงถึงระดับจะเกิดกาลักน้ำ สารสกัดจะไหลกลับลงไปในภาชนะวนเวียนเช่นนี้จนกระทั่งการสกัดสมบูรณ์

วิธีการสกัดแบบต่อเนื่องนี้เหมาะสมสำหรับ การสกัดองค์ประกอบที่ทนต่อความร้อน และใช้น้ำยาสกัดน้อย ไม่สิ้นเปลือง แต่มีข้อเสีย คือ ไม่เหมาะที่จะใช้กับองค์ประกอบที่ไม่ทนต่อความร้อน และน้ำยาสกัดน้อยที่ใช้ไม่ควรเป็นของผสม เพราะจะเกิดการแยกของตัวทำละลายแต่ละชนิดเนื่องจากมีจุดเดือดต่างกัน จะมีผลให้สัดส่วนของน้ำยาสกัดแตกต่างไปจากเดิม และผลการสกัดไม่ดีเท่าที่คาดเอาไว้

4. การสกัดน้ำมันหอมระเหย (Extraction of volatile oils) การสกัดกลิ่นหอมจากพืช ที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายวิธีที่แตกต่างไปตามความเหมาะสมของพืชแต่ละชนิด ดังนี้

1. การกลั่น (distillation)เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะทำได้ง่าย และประหยัด แบ่งเป็น

1.1 การกลั่นด้วยน้ำ (water distillation / hydrodistillation)

เป็นวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรโดยต้มกับน้ำ เมื่อน้ำกับน้ำมันหอมระเหยระเหยขึ้นไปถึง condenser จะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ของเหลวที่ได้เมื่อทิ้งไว้น้ำมันหอมระเหยจะแยกตัวออกจากน้ำ วิธีนี้ใช้กับพืชแห้งซึ่งไม่ถูกทำลายได้ง่ายเมื่อถูกต้ม เพราะพืชที่นำมากลั่นจะแช่อยู่ในน้ำเดือดทั้งหมด วิธีนี้มักใช้กลั่นน้ำมันจากเปลือกไม้ เช่น เปลือกอบเชย

1.2 การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (water and steam distillation)

วิธีนี้ใช้ได้กับพืชสดและแห้ง ซึ่งจะถูกทำลายได้ง่ายเมื่อถูกต้ม โดยหมักพืชกับน้ำในภาชนะหนึ่งแล้วผ่านไอน้ำเข้าไป จะได้ของเหลวที่มีทั้งน้ำและน้ำมัน แล้วทำการแยกน้ำมันออกมา การกลั่นวิธีนี้สะดวกและใช้กันอย่างกว้างขวาง ในการผลิตน้ำมันหอมระเหยทางการค้า

1.3 การกลั่นโดยไอน้ำ (direct steam distillation)

เป็นการกลั่นโดยนำพืชสดๆ มาวางบนตะแกรงแล้วผ่านไอน้ำเข้าไปโดยตรงไม่ต้องมีการหมักพืชด้วยน้ำก่อน ผ่านไอน้ำไปบนสมุนไพร ไอน้ำที่ร้อนจะพาเอาน้ำมันหอมระเหยไปยัง condenser แล้วกลั่นตัวเป็นของเหลว วิธีนี้ใช้กับพืชสด

ระยะเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของไอน้ำ และชนิดของพืช ถ้าเป็นพืชที่มีน้ำมันหอมระเหยสะสมที่ต่อมขน จะกลั่นได้ง่าย เช่น พืชในวงศ์ กะเพรา โหระพา วิธีการกลั่นโดยไอน้ำ เหมาะสมกับการกลั่นน้ำมันส่วนใหญ่ ยกเว้นดอกไม้ที่มีความละเอียดอ่อน

2 การบีบ หรือการอัด (expression)

ใช้กับน้ำมันหอมระเหยที่ใช้การกลั่นไม่ได้ เพราะจะถูกทำลายได้ง่าย เมื่อถูกความร้อน เช่น น้ำมันหอมระเหยของพืชตระกูลส้ม lemon oil, orange oil

3 Enfleurage method

ใช้กับน้ำมันหอมระเหยของกลีบดอกไม้ต่างๆ มักใช้ในอุตสาหกรรมน้ำหอม (perfurme) โดยใช้ fat หรือ fixed oil ที่ไม่มีกลิ่นเป็นตัวดูดน้ำมัน แล้วนำมาสกัดด้วยแอลกอฮอล์

วิธีการ enfleurage จะทำโดยการวางดอกไม้ในถาดมีการเคลือบไขไว้บางๆ ทำหน้าที่ดูดซับสารหอมระเหยจากดอกไม้ มีการเรียงถาดซ้อนกันหลายๆชั้น เพื่อให้ไขดูดซับสารที่ให้ความหอมทั้งหมดออกมาจากดอกไม้ มีการใช้ผ้าฝ้ายชุ่มน้ำมันวางบนตะแกรงเหล็กแทนการใช้กระจกแก้วเคลือบไข การดูดซับใช้เวลานาน 1-3 วัน ก่อนที่จะนำดอกไม้ชุดใหม่มาวางแทนจนกว่าไขจะอิ่มตัว ผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่า ปอมเมด (pomade) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรงในการผลิตเครื่องสำอาง แต่ส่วนใหญ่นำไปสกัดด้วยแอลกอฮอล์ ของเหลวที่ได้เรียก extrait หรือ absolute de pomade

4 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (extraction with solvent)

ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดคือ pretroleum ether, acetone, ethyl alcohol แต่ที่นิยม คือ pretroleum ether วิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงไม่เกิน 50 °C ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการกลั่นที่ต้องใช้อุณหภูมิสูง ซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนองค์ประกอบทางเคมีไปได้บาง และยังทำให้กลิ่นผิดไปจากธรรมชาติเพราะความร้อนสูง

5 Destructive distillation

วิธีนี้ใช้กลั่นน้ำมันจากเนื้อไม้ หรือ resin ของพวกสน นำมาให้ความร้อนโดยไม่มีอากาศเข้า

2.1.3 โครมาโทกราฟี

โครมาโทกราฟีเป็นวิธีการแยกองค์ประกอบต่างๆออกจากกันที่ได้ผลดีมาก และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายโดยอาศัยความแตกต่างของการกระจายตัวของสารตัวอย่างระหว่าง 2 เฟส ที่ไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน คือ เฟสเคลื่อนที่กับเฟสคงที่

ประโยชน์ของการทำโครมาโทกราฟี คือ

- ใช้แยกสารแต่ละชนิดออกจากสารผสม
- ตรวจความสม่ำเสมอของสารตัวอย่าง

การแยกองค์ประกอบสำคัญจากพืชสมุนไพรโดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีมีดังนี้

1. โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ (Paper Chromatography)

เป็นโครมาโทกราฟีของเหลว (liquid chromatography) โดยมีกระดาษกรองเป็นวัสดุค้ำจุนหรือเป็นแอดซอร์เบนท์ ส่วนใหญ่กลไกในการแยกจะเกิดพาร์ทิชันมากกว่าการดูดซับ เนื่องจากเส้นใยเซลลูโลสของกระดาษกรอง จะมีความชื้นเป็นแผ่นฟิล์มอยู่รอบๆ ถึงแม้จะอยู่ในสภาพอากาศแห้งก็ตาม กระดาษกรองที่ใช้จะมีรูพรุนต่างๆ กัน ความพรุนของกระดาษกรองจะเป็นตัวกำหนดการเคลื่อนที่ของระบบตัวทำละลาย กระดาษที่มีความพรุนน้อยหรือละเอียดมาก จะทำให้การเคลื่อนที่ของตัวทำละลายช้า แต่จะเกิดการแยกที่ดี ถ้ากระดาษกรองที่มีความพรุนมาก ความสามารถในการแยกจะลดลง หากใช้กระดาษที่หนาจะจุสารตัวอย่างได้เพิ่มขึ้น เหมาะกับงานที่ใช้ปริมาณสารมากหรือที่ เรียกว่า พรีแพเรทีฟโครมาโทกราฟี การเคลื่อนที่ของสารขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายได้ในตัวทำละลาย ของสารและความสามารถในการดูดซับโดยตัวดูดซับ การวัดค่าระยะทางเคลื่อนที่แสดงในรูปของค่า R_f

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางที่สารเคลื่อนที่}}{\text{ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่}}$$

2. ทินเลเยอร์โครโทกราฟี (Thin Layer Chromatography)

เป็นเทคนิคที่ใช้แยกและตรวจสอบสารปริมาณน้อยๆ และยังสามารถใช้ในงานพรีแพเรทีพซึ่งใช้กับสารปริมาณมากๆ โดยใช้เฟสอยู่กับที่แผ่บนแผ่นรองรับ หรือซัพพอร์เทอร์ซึ่งทำด้วยแก้วหรืออลูมิเนียม หรือพอลิเอทิลีน เมื่อหยดสารละลายตัวอย่างซึ่งเป็นสารผสมลงบนแอดซอร์เบนท์เรียบร้อยแล้ว จึงนำแผ่น TLC ใส่ในแท็งก์ซึ่งบรรจุเฟสเคลื่อนที่หรือระบบตัวทำละลายที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดกระบวนการที่เฟสเคลื่อนที่เคลื่อนที่ไปบนเฟสอยู่กับที่

เทคนิคนี้ใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับการแยกและตรวจเอกลักษณ์สารทั้งในรูปแบบสารเดี่ยว สารสกัดจากยาสำเร็จรูป วัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เทคนิคนี้จะคล้ายกับเปเปอร์โครมาโทกราฟีตรงที่ทั้ง 2 เทคนิคมีเฟสอยู่กับที่แบบเปิด ที่อาศัยความแตกต่างของหลักการเคลื่อนที่ของสารเมื่อให้สารละลายเคลื่อนที่ผ่าน สารตัวอย่างบนกระดาษหรือแอดซอร์เบนท์ แต่มีข้อดีกว่าเปเปอร์โครมาโทกราฟี คือสามารถแยกได้เร็วกว่า ใช้สารตัวอย่างน้อยกว่า จึงมีความไวในการตรวจสอบมากกว่า และยังมีการแยกสารได้ดีกว่าเนื่องจากไม่มีเส้นใย ทำให้มีการกระจายของแถบน้อย

3. โครโทกราฟีแบบคอลัมน์ (Column Chromatography)

เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการแยกสารให้ได้ปริมาณมาก โดยเฟสเคลื่อนที่จะทำหน้าที่พาสารเคลื่อนที่ไปบนเฟสอยู่กับที่ซึ่งบรรจุในหลอดแก้วปลายเปิด จึงเกิดการกระจายตัวของสารระหว่างสองเฟสนี้ โดยใช้กลไกแอดซอพชันโครมาโทกราฟี พาร์ทิชันโครมาโทกราฟี ไอออนเอกซ์เชนโครมาโทกราฟี หรือไซส์เอกครูชันโครมาโทกราฟี

กลไกที่ใช้ในการแยกองค์ประกอบสำคัญจากพืชสมุนไพรด้วยวิธีคอลัมน์โครมาโทกราฟีส่วนใหญ่จะเป็นการดูดซับ ระบบตัวทำละลายที่ใช้คือ ตัวทำละลายไม่มีขั้ว เช่น ปิโตรเลียมอีเทอร์ เบนซีน โทลูอีน คลอโรฟอร์ม เป็นต้น และสามารถใช้สารละลายเดี่ยวๆ ในการชะล้างสารสำคัญออกจากคอลัมน์ อัตราการเคลื่อนที่ของสารในคอลัมน์สามารถเพิ่มได้โดยการเติมตัวทำละลายตัวที่สองไปยังเฟสเคลื่อนที่ ซึ่งตัวทำละลายตัวที่สองนี้มักจะมีขั้วมากกว่าตัวทำละลายตัวแรก

2.1.4 สารสำคัญจากพืชสมุนไพร (สมพร, 2541)

สารสำคัญ คือ สารที่มีการศึกษามาแล้วพบว่ามีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา กลุ่มสารสำคัญที่พบได้ในพืชได้แก่

1. คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates) ได้แก่ สารจำพวกแป้ง น้ำตาล และเซลลูโลส (cellulose) ซึ่งเป็นกากใยที่มีอยู่ในพืช รวมทั้งวุ้น และสารเมือกจำพวกกัมและมิวซิเลท (gum and mucilage) ต่างๆ คาร์โบไฮเดรตมักพบเป็นอาหารที่พืชเก็บสะสมไว้ในรูปแป้ง โดยเก็บไว้ตามส่วนต่างๆ ของ พืช เช่น หัว ราก ใบ และเมล็ด เป็นต้น ประโยชน์ที่ได้จากสารจำพวกคาร์โบไฮเดรต เช่นเป็นแหล่งของพลังงาน กากใยในพืชช่วยในการขับถ่ายได้ดีขึ้นวุ้นใช้เป็นยาระบาย เป็นต้น

2.ไขมัน (Lipids) ประกอบด้วยไข (wax) และน้ำมันไม่ระเหย (fix oil) ตัวอย่างของน้ำมันไม่ระเหย ได้แก่ น้ำมันจากเมล็ดพืช เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันรำ น้ำมันปาล์ม น้ำมันละหุ่ง น้ำมันเหล่านี้บางชนิดใช้เป็นอาหาร ให้พลังงานแก่ร่างกาย บางชนิดใช้เป็นยาระบาย เป็นต้น

3. เรซินและบาลซัม (Resins and Balsams) เรซินหมายถึง สารประกอบที่มีรูปร่างไม่แน่นอนมักเปราะ แตกง่าย แต่บางชนิดอาจนิ่ม เมื่อเผาไฟจะหลอมเหลวได้สารที่ใส ข้นและเหนียว เช่น ชันสน ส่วนบาลซัมเป็นสารผสม เช่น กำยานไทย กำยานสุมาตรา และใช้แต่งกลิ่นหอมในเครื่องสำอาง เป็นต้น

4.โปรตีน-กรดอะมิโน (Proteins-Amino Acids) โปรตีนเป็นสารอินทรีย์ที่เกิดจากกรดอะมิโน มาจับกันเป็นกลุ่มใหญ่ มีประโยชน์บำรุงร่างกาย แต่โปรตีนบางชนิดมีพิษ เช่น โปรตีนจากเมล็ดละหุ่งและเมล็ดมะกล่ำตาหนู เป็นต้น ตัวอย่างของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น ไลซีน (lysine) ทริปโตแฟน (tryptophan) ไกลซีน (glyine) และไทโรซีน (tyrosine) เป็นต้น

5.น้ำมันหอมระเหย (Volatile oils) เป็นสารที่มีลักษณะเป็นน้ำมันที่กลั่นได้ด้วยไอน้ำ มีกลิ่นเฉพาะระเหยได้ง่ายในอุณหภูมิปกติเป็นส่วนผสมของสารเคมีหลายชนิด มักเป็นส่วนประกอบของพืชสมุนไพรที่เป็นเครื่องเทศและเครื่องหอม มักใช้เป็นยาขับลมและฆ่าเชื้อโรค เช่น น้ำมันหอมระเหยในกระเทียม ขิง มะกรูด ดอกกุหลาบ และมะลิ เป็นต้น ตัวอย่างขององค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในน้ำมันหอมระเหย เช่น การบูร (camphor) บอร์นีออล (borneol) ซิโทรเนลลาล (citronellal) และไลนาลูออล (linalool) เป็นต้น

6. แอลคาลอยด์ (Alkaloids) เป็นกลุ่มสารที่สำคัญ ส่วนใหญ่พบในพืชชั้นสูงพบบ้างในพืชชั้นต่ำ มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ มักจะมีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาที่เด่นชัด พบได้ในพืชส่วนต่างๆ เช่น ราก ลำต้น ใบ ดอก ผล และเมล็ด ทั้งนี้แล้วแต่ชนิดของพืช เช่น ในใบยาสูบพบแอลคาลอยด์นิโคทีน (nicotine) ซึ่งเป็นสารที่มีพิษ ในยางฝิ่นมีแอลคาลอยด์มอร์ฟีนซึ่งใช้เป็นยาแก้ปวดที่ดีมาก แต่ทำให้เสพติดง่าย ในส่วนต่างๆ ของต้นแพงพวยฝรั่ง มีแอลคาลอยด์วินบลาสทีน (vinblastine) และวินคริสทีน (vincristine) ซึ่งใช้รักษามะเร็ง ในเมล็ดแสลงใจมีแอลคาลอยด์ที่เป็นพิษชื่อสตริกนีน (strychnine) ทำให้ชักได้ และใช้เป็นยาเบื่อหนู ควินิน (quinine) เป็นแอลคาลอยด์ที่ใช้รักษาไข้มาลาเรียตั้งแต่อดีตจนกระทั่งปัจจุบัน พบได้ในเปลือกซิงโคนา ในรากระย่อมน้อยมีอัลคาลอยด์ที่ใช้เป็นยาลดความดันชื่อรีเซอปีน (reserpine) ใบชาและเมล็ดกาแฟมีแอลคาลอยด์คาเฟอีน (caffeine) ซึ่งมีฤทธิ์กระตุ้นประสาทส่วนกลางทำให้รู้สึกกระปรี้กระเปร่า เป็นต้น

7. ซาโปนิน กลัยโคไซด์ (Saponin Glycosides) เป็นสารที่ทำให้เกิดฟองเมื่อเขย่ากับน้ำ เป็นสารที่ลดแรงตึงผิวที่ดีและมีคุณสมบัติทำให้เม็ดเลือดแดงแตกได้ สารในกลุ่มนี้ใช้ประโยชน์เป็นสารชะล้างแทนสบู่ได้ ใช้เป็นสารพ่นดับไฟ ใช้เป็นยาเบื่อปลา สารประเภทนี้มีสูตรโครงสร้าง 2 แบบคือ triterpenoid และ steroid saponin และมีประโยชน์ที่สำคัญที่สุด คือ ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ยาจำพวก สเตียรอยด์ฮอร์โมน (steroid hormones) ตัวอย่างของสมุนไพรที่มีซาโปนิน เช่น พืชจำพวกกลอยมีสารไดออสเจนิน และใบดิจิตาลิสมีสารดิจิโทเจนิน เป็นต้น

8.ไซยาโนเจนีติก กลัยโคไซด์ (Cyanogenetic Glycosides) เป็นไกลโคไซด์ซึ่งสลายให้สารพิษจำพวกไซยาไนด์ พืชที่มีสารในกลุ่มนี้มักจะมีพิษ ก่อนนำมาใช้ปรุงเป็นอาหารต้องทำให้สุกก่อน เช่น นำมาเผา ต้ม ดอง ย่าง เป็นต้น เพื่อให้สารจำพวกไซยาไนด์สลายไป ต้นหญ้าบางชนิดที่มีสารจำพวกนี้อยู่เมื่อสัตว์กินเข้าไปอาจทำให้สัตว์ตายได้ ตัวอย่างพืชที่พบไกลโคไซด์ในกลุ่มนี้ เช่น รากมันสำปะหลังพบสารแมนนิโฮท็อกซิน (manihotoxin) เมล็ดเฮ็งยิ้งพบสารอะมิกดาลิน (amygdalin) นอกจากนี้ยังพบได้ในลูกและต้นตำแยแมว ผักเสี้ยนผี ใบยางพารา หญ้าตีนกา และแม้แต่ฝักสะตอและชะอมก็มีรายงานว่าพบสารนี้เช่นกันแต่พบในปริมาณน้อย สารจำพวกไซยาไนด์ทำให้เกิดพิษโดยการไปทำลายเอนไซม์ในเนื้อเยื่อต่างๆ ทำให้เนื้อเยื่อใช้ออกซิเจนในเลือดที่มาเลี้ยงไม่ได้ และทำให้หายใจหยุดชะงักได้

9. ฟลาโวนอล กลัยโคไซด์ หรือฟลาโวนอยด์ (Flavonol Glycosides or Flavonoids) เป็นสารมีสี

ที่พบในส่วนต่างๆของพืช เช่น กลีบดอก กลีบเลี้ยง ใบไม้ ผลไม้ เป็นต้น สารนี้แบ่งออกเป็นหลายชนิด เช่น

- ดอกไม้สีเหลือง มักพบสารจำพวกฟลาโวนส์ (Flavones) ฟลาโวนอล (Flavonols) ชาลโคนส์ (Chalcones) หรืออโรนส์ (Aurones)
- ดอกไม้สีแดง ม่วง น้ำเงิน มักพบสารจำพวกแอนโธไซยานินส์ (Anthocycnins)

สารฟลาโวนอยด์หลายชนิดใช้เป็นยาได้ เช่น รูทิน (retin) ใช้รักษาเส้นโลหิตฝอยเปราะ บางชนิดใช้ฆ่าแมลง แก้อักเสบ ขับปัสสาวะ เป็นต้น

10. แล็คโทน กลัยโคไซด์ (Lactone Glycosides) สารในกลุ่มนี้บางชนิดมีกลิ่นหอม เช่น คูมาริน (comarin) จากโกศล เปลือกต้นชะภูดใช้เป็นสารแต่งกลิ่นหอมในเครื่องสำอาง บางชนิดใช้ป้องกันการแข็งตัวของเลือด และใช้เป็นส่วนผสมในครีมป้องกันการแพ้แสงแดด หรือผสมในแป้งฝุ่นทาตัว เป็นต้น

11. แทนนิน (Tannins) เป็นกลุ่มสารที่พบได้ในพืชเกือบทุกชนิดเป็นสารที่มีรสฝาด เช่นพบในต้นเปลือกสีเสียด ผลและเมล็ดหมาก เปลือกผลมังคุดและทับทิมและใบฝรั่ง เป็นต้น แทนนินมีคุณสมบัติตกตะกอนโปรตีนได้จึงใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง ใช้เป็นยาฝาดสมาน และยาแก้ท้องเสีย ช่วยรักษาแผล เช่น แผลไฟไหม้ ทำให้แผลติดเร็วขึ้น

2.1.5 กลุ่มแบคทีเรียที่มีความสำคัญในอาหาร (บุษกร, 2547)

พิจารณาจากความสามารถย่อยประเภทของอาหาร ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น และความชอบต่อสภาพแวดล้อมในการเติบโต แบ่งกลุ่มแบคทีเรียได้ดังนี้

1. **กลุ่มที่ย่อยสลายน้ำตาล** เชื้อกลุ่มนี้จะสร้างเอนไซม์อะไมเลสออกมาย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตจำพวกแป้งและน้ำตาลที่มีโมเลกุลใหญ่ เช่น แลกโตสที่อยู่นอกเซลล์ ให้เป็นน้ำตาลที่มีโมเลกุลเล็กลง เช่น กลูโคส ฟรุกโตส ซึ่งแบคทีเรียสามารถดูดซึมเข้าสู่เซลล์ เพื่อใช้ในกระบวนการเมทาบอลิซึมได้ ส่วนแบคทีเรียที่ไม่มีเอนไซม์นี้ จะไม่ทำให้อาหารจำพวกนี้เสียหายเนื่องจากไม่มีเอนไซม์ย่อยสลาย ตัวอย่างเชื้อในกลุ่มนี้ เช่น *B. subtilis, B. coagulans, Clostridium butyricum* และ *C. thermosaccharolyticum*

2. **กลุ่มที่ย่อยสลายโปรตีนได้** แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถสร้างเอนไซม์โปรติเนส ทำให้อาหารจำพวกโปรตีนเน่าเสียได้ มีด้วยกันหลายพวกได้แก่ พวกแอโรบ พวกแฟกคัลเททีฟแอนแอโรบ และพวกแอนแอโรบ ซึ่งมีทั้งชนิดที่สร้างและไม่สร้างสปอร์ ดังนี้

- เชื้อรูปท่อนที่สร้างสปอร์ได้ติดสีแกรมบวก และไม่ต้องการออกซิเจนในการเติบโต เช่น *Clostridium sporogens, C. perfringens, C. bifermentans, C. histolyticum, C. putrefaciens* และ*C. lentoputrescens* เป็นต้น
- เชื้อท่อนที่สร้างสปอร์ได้ ติดสีแกรมบวก และสามารถเติบโตได้ในที่มีออกซิเจน ได้แก่ *B. cereus, B. subtilis* และ *B. megaterium* เป็นต้น

- เชื้อรูปท่อนที่ไม่สร้างสปอร์ ติดสีแกรมลบ เช่น *Pseudomonas* putrefaciens, *P .fragi, P.* putidi, *P fluorescens, Alcaligenes* spp., *Achromobacter* spp., *Proteus* spp. และ *Flavobacterium* spp. เป็นต้น
- เชื้อรูปท่อนแกรมบวกที่ไม่สร้างสปอร์ เช่น *Microbacterium thermosphactum*
- เชื้อรูปกลม แกรมบวก เช่น *Micrococcus* spp. และ *Streptococcus* spp. เป็นต้น ส่วนใหญ่ไม่ค่อยทนกรด ยกเว้นเชื้อ *Streptococcus* ซึ่งทนกรดได้ดีและสร้างเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนได้ในสภาพกรด เช่น *S . faecalis* var. *liquefaciens*

3. กลุ่มที่ย่อยสลายไขมันได้ มีแบคทีเรียหลายพวกย่อยสลายไขมัน ได้จากการสร้างเอนไซม์ไลเปส โดยย่อยไขมันแบบออกซิเดชัน หรือไฮโดรไลซิสให้กลายเป็นกรดไขมัน และกลีเซอรอลในการย่อยสลายไขมันแบบไฮโดรไลซิส แบคทีเรียต้องการความชื้นสูงมาก ถ้าอาหารมีความชื้นต่ำการเสียของอาหารแบบนี้จะลดลง ตัวอย่างของแบคทีเรียที่ย่อยไขมันด้วยวิธีนี้ ได้แก่ *Alcaligenes* spp., *Acinetobacter* spp., *serratia* spp. และบางสปีชีส์ของเชื้อ *Lactobacillus* spp. และ *B.* spp. สำหรับการย่อยไขมันแบบออกซิเดชัน แบคทีเรียต้องการความชื้นต่ำกว่า ตัวอย่างเชื้อพวกนี้เช่น *Microccus freudenrichii, Pseumonas ovalis* และ *Streptomyces* sp. สำหรับเชื้อที่สามารถย่อยสลายได้ทั้งโปรตีนและไขมัน เช่น *Achromobacter* sp. และ *P. fluorescens*

4. กลุ่มที่ย่อยสลายเพกตินได้ เชื้อกลุ่มนี้สามารถสร้างเอนไซม์เพกติเนสออกมาย่อยสลายเพกตินซึ่งเป็นสารคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างซับซ้อนมาก โดยเป็นสารที่พบมากในพืช ผัก ผลไม้ ซึ่งทำให้เปลือก หรือผิวของผักหรือผลไม้ยังคงความกรอบและแข็งแรง ไม่บอบซ้ำง่าย เมื่อเชื้อสร้างเอนไซม์ย่อยสลายเพกตินได้ จะทำให้ผิวของอาหารดังกล่าวนิ่ม และบอบซ้ำ ตัวอย่างเชื้อในกลุ่มนี้ เช่น *B.* spp. และ *Erwinia* spp.

5. กลุ่มที่สร้างกรดแลกติกได้ แบคทีเรียกลุ่มนี้ต้องใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นอาหาร แล้วสร้างกรดแลกติกออกมา แบคทีเรียในกลุ่มนี้ยังแบ่งย่อยออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มโฮโมเฟอเมนเททีฟ และ กลุ่มเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ โดยเชื้อในโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ หมักย่อยน้ำตาลกลูโคสแล้วจะสร้างกรดแลกติกและคาร์บอนไดออกไซด์ 95 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนกลุ่มเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ หมักย่อยน้ำตาลกลูโคสแล้วจะสร้างกรดแลกติก 50 เปอร์เซ็นต์ และอีก 25 เปอร์เซ็นต์ สร้างกรดอื่นๆ

6. กลุ่มที่สร้างกรดอะซิติกได้ เชื้อกลุ่มนี้สร้างกรดอะซิติก หรือกรดน้ำส้มสายชูได้จากการออกซิไดส์เอธานอล ได้แก่เชื้อ *Acetobacter* และ *Gluconobacter* โดยเชื้อ *Acetobacter* ยังสามารถออกซิไดส์เอธานอลต่อไปจนได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย

7. กลุ่มที่สร้างกรดบิวทีริกได้ เกิดจากเชื้อ *C. butyrium* ย่อยสลายน้ำตาลแล้วผลิตกรดบิวทีริก และแก๊สอีก 2 ชนิด คือ คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน

8. กลุ่มที่สร้างกรดโพพิโนอิกได้ ได้แก่เชื้อ *Propionibacterium* ทำให้อาหารจำพวกเนยมีกลิ่นรส

และมีเนื้อสัมผัสดีขึ้น

9. กลุ่มที่สร้างสารสีได้ เป็นเชื้อที่เติบโตบนอาหารแล้วทำให้อาหารนั้นๆมีสีสันแตกต่างกัน ตามชนิดของสารสีที่แบคทีเรียผลิตออกมา เช่น

- *Flavobacterium* spp.	สร้างสารสีส้มเหลืองถึงส้ม
- *Serratia* spp.	สร้างสารสีแดงหรือแสด
- *Halobacterium*	สร้างสารสีแดงหรือแสด
- *Micrococcus* spp.	สร้างสารสีส้มเหลือง
- *Sarcina* spp.	สร้างสารสีส้มเหลือง
- *Staphylococcus* spp.	สร้างสารสีส้มเหลือง
- *Pseudomonas* spp.	สร้างสารสีส้มเขียว

10. กลุ่มที่สร้างเมือกได้ เชื้อกลุ่มนี้จะทำให้อาหารจำพวก นม น้ำผลไม้ น้ำเชื่อม ผัก ขนมปัง และอาหารที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ เกิดเมือกได้ ได้แก่ เชื้อ *Alcaligenes viscolactis, Enterobacter aerogenes, Micrococcus freudenreichii* และบางสปีชีส์ของเชื้อ *Lactobacillus* และ *Leuconostoc* โดยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ทำให้กะหล่ำปลีหมัก เบียร์ ผัก ผลไม้ และผลิตภัณฑ์ธัญญาพืชต่างๆเกิดเมือก ในขณะที่เชื้อ *Leuconostoc* จะทำให้น้ำหวาน น้ำเชื่อม น้ำผลไม้ หรืออาหารที่มีน้ำตาลซูโคส เกิดเมือกเหนียว ส่วนเชื้อ *Achromobacter* sp., *Alcaligenes* sp. และ *Micrococcus* sp. ทำให้เนื้อแช่เย็นเกิดเมือก

11. กลุ่มที่สร้างแก๊สได้ แบคทีเรียหลายชนิดเมื่อเติบโตในอาหารแล้วสร้างแก๊สออกมา ซึ่งอาจเป็นแก๊สชนิดเดียวหรือหลายชนิดขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของเชื้อ เชื้อบางชนิดสามารถสร้างแก๊สออกมาในปริมาณมาก บางชนิดสร้างแก๊สเพียงเล็กน้อย เช่น แบคทีเรียแลคติกในกลุ่มเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ และ ฮอมอเฟอร์เมนเททีฟ ตามลำดับ ซึ่งเชื้อทั้ง 2 กลุ่มนี้ รวมทั้งเชื้อ *Propionibacterium* จะสร้างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว ในขณะที่เชื้อ *Bacillus, Clostridium, Escherichia* และ *Proteus* จะสร้างแก๊สออกมา 2 ชนิด คือ คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน ส่วนเชื้อ *Desulfotomaculum* จะสร้างแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟล์

12. กลุ่มที่ชอบเกลือ เป็นเชื้อที่ต้องการเกลือแกงในการเติบโต แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามความต้องการปริมาณเกลือในการเติบโต ดังนี้

- Slightly halophile ต้องการเกลือในปริมาณ 2-5 เปอร์เซ็นต์
- Moderately halophile ต้องการเกลือในปริมาณ 5-20 เปอร์เซ็นต์
- Extremely halophile ต้องการเกลือในปริมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์

ส่วนเชื้ออื่นๆที่สามารถเติบโตได้ดีในที่ไม่มีเกลือ แต่เมื่อเติมเกลือลงในอาหาร เชื้อนั้นยังสามารถเติบโตได้ เรียกเชื้อพวกนี้ว่า พวกทนเกลือ

ตัวอย่างเชื้อชอบเกลือ *เช่น* *Halobacterium, Sarcina, Pediococcus, Staphylococcus, Achromobacter, Micrococcus, Pseudomonas* และ *Vibrio*

13. กลุ่มที่ชอบเติบโตในที่อุณหภูมิสูง เชื้อกลุ่มนี้จะเติบโตได้ดีเมื่อเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แต่โดยทั่วไปแล้วต้องการเติบโตที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า แบคทีเรียกลุ่มนี้มีความสำคัญในอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่สูงพอ เช่น *B. stearothermophilus* และ *C. thermosaccharolyticum* เป็นต้น

14. กลุ่มที่ชอบเติบโตในที่อุณหภูมิต่ำ เป็นเชื้อที่เติบโตได้ดีในที่อุณหภูมิตู้เย็น(ประมาณ 2-5 องศาเซลเซียส) บางชนิดสามารถเติบโตได้ในอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส เชื้อกลุ่มนี้จึงมีความสำคัญต่อการทำให้อาหารแช่เย็นหรือแช่แข็งเน่าเสีย ได้แก่ เชื้อ *Aeromonas, Alcaligenes, Arthrobacter, Corynebacterium, Enterobacter, Flavobacterium, Lactobacillus, Micrococcus* และ *Pseudomonas* เป็นต้น

15. กลุ่มที่ชอบเติบโตในที่มีน้ำตาลเข้มข้นสูงๆ ได้แก่เชื้อ *Leuconostoc* ซึ่งมักก่อปัญหาแก่น้ำอ้อยเข้มข้นที่เตรียมไว้สำหรับการผลิตน้ำตาลทราย โดยทำให้เกิดเมือกในน้ำอ้อย และทำให้ความหวานของน้ำอ้อยลดลง

16. แบคทีเรียโคลิฟอร์ม เป็นแบคทีเรียท่อนสั้น ติดสีแกรมลบไม่สร้างสปอร์ เติบโตได้ดีในที่มีอากาศแบบแฟกคัสเททีฟแอนแอโรบ สามารถหมักย่อยน้ำตาลแลคโตสได้ดีที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ระหว่าง 24-48 ชั่วโมง โดยสร้างกรดและแก๊สออกมา แบคทีเรียที่มีความสำคัญในกลุ่มนี้ ได้แก่ *Escherichia coli* และ *Enterobacter aerogenes* สำหรับฟีคัลโคลิฟอร์มเป็นแบคทีเรียในลำไส้ ที่เติบโตได้ในที่มีอุณหภูมิ 44.5 องศาเซลเซียส และนักจุลชีววิทยาได้เลือกแบคทีเรียโคลิฟอร์ม ให้เป็นจุลินทรีย์ดัชนีบ่งชี้การปนเปื้อนของอุจจาระในอาหาร อาหารที่ตรวจพบเชื้อโคลิฟอร์ม แสดงว่าอาหารนั้นไม่สะอาด อาจมีสิ่งโสโครก เช่น อุจจาระลงไปปะปน และอาจมีเชื้อโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินอาหารเติบโตในอาหารนั้น ทำให้ไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

17. กลุ่มก่อโรคอาหารเป็นพิษและกลุ่มเชื้อโรค เป็นเชื้อที่ปนเปื้อนในอาหารแล้วสร้างสารพิษออกมา เมื่อมีผู้ที่รับประทานอาหารที่มีสารพิษนั้นโดยไม่จำเป็นต้องได้รับเชื้อเข้าไป จะทำให้มีอาการป่วยได้ เช่น สารพิษของเชื้อ *Staphylococcus aureus* (ก่อโรคทางเดินอาหาร) และ *Clostridium botolinum* (ก่อโรคที่มีผลต่อระบบประสาท) สำหรับโรคอาหารเป็นพิษบางชนิดอาจเกิดจากการปนเปื้อนของเชื้อที่ยังมีชีวิตอยู่ ซึ่งเป็นเชื้อที่มีสารพิษเก็บไว้ภายในเซลล์ และจะปล่อยออกมาเมื่อเซลล์ตาย ผู้ป่วยที่ป่วยด้วยเชื้อกลุ่มนี้จะต้องรับประทานเชื้อที่ยังมีชีวิตอยู่เข้าไปในปริมาณมาก ได้แก่เชื้อ *Salmonalla* และ *Shigella* เป็นต้น

2.1.6 การควบคุมประชากรของแบคทีเรีย (นงลักษณ์และปรีชา, 2550)

การควบคุมจุลินทรีย์โดยวิธีทางกายภาพ

1.การใช้ความร้อน มีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาทางเคมี เช่น การทำงานของเอนไซม์ ถ้าใช้ความร้อนสูงเกินไปจากที่จุลินทรีย์เจริญได้จะมีผลทำให้จุลินทรีย์ถูกทำลายหรือยับยั้งการเจริญของมันได้

2.การใช้ความเย็น อุณหภูมิต่ำช่วยลดอัตราเมทาบอลิซึมของเซลล์ ทำให้ยับยั้งการเจริญแต่ไม่ได้ฆ่าหรือทำลายจุลินทรีย์ วิธีนี้จึงใช้ในการถนอมอาหารเพื่อให้เก็บได้นานขึ้น นอกจากนี้ความเย็นยังทำให้โปรตีนภายในเซลล์ตกตะกอนเป็นก้อนและทำให้เซลล์เกิดการฉีกขาด มีผลให้การเจริญถูกยับยั้งและอาจทำลายเซลล์ได้

3.แรงดันออสโมติก ที่ต่างกันสามารถนำมาใช้ในการควบคุมจุลินทรีย์ได้โดยนำจุลินทรีย์มาไว้ในสารละลาย เช่น น้ำเกลือเข้มข้น 10-15% น้ำตาลเข้มข้น 50-70% ซึ่งมีผลทำให้เซลล์จุลินทรีย์เหี่ยวและไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ วิธีนี้ไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ แต่เป็นการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์เท่านั้น

4.รังสี มีผลต่อสภาวะของอิเล็คตรอนในโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์แบคทีเรียและมีผลต่อดีเอ็นเอของแบคทีเรีย รังสีที่ใช้ได้แก่ รังสีแกมมา รังสีเบต้า รังสีเอ็กซ์ และรังสีอัตราไวโอเลต

5.การแยกจุลินทรีย์-การกรอง การแยกจุลินทรีย์จากสารละลายใดๆ เพื่อทำให้ปราศจากเชื้อนั้นอาจทำได้โดยการกรอง ซึ่งมักใช้กับของเหลวที่ถูกความร้อนไม่ได้หรือเสื่อมสภาพด้วยความร้อน เช่น สารปฏิชีวนะ เซรุ่ม เป็นต้น

การควบคุมจุลินทรีย์โดยใช้สารเคมี

การใช้สารเคมีเพื่อควบคุมจุลินทรีย์นั้นจะต้องตระหนักว่าไม่มีสารเคมีชนิดใดชนิดเดียวที่จะดีที่สุดในการทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิด นอกจากนี้ยังขึ้นกับสภาพต่างๆ ในการใช้สารและขึ้นกับชนิดของจุลินทรีย์ที่จะถูกทำลายด้วย ดั้งนั้นการเลือกใช้สารเคมีเพื่อควบคุมจุลินทรีย์จะต้องคำนึงถึงสมบัติของสารเคมีแต่ละชนิด ดังนี้

1.ฟีนอลและสารประกอบฟีนอล มีผลในการทำลายจุลินทรีย์ คือ จะทำให้เซลล์แตกทำให้โปรตีนในเซลล์ตกตะกอน ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทำให้กรดอะมิโนรั่วไหลออกจากเซลล์ และสาเหตุที่ทำให้จุลินทรีย์ตายคือ การทำลายโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้การผ่านเข้าออกของสารในเซลล์ผิดปกติ มีผลทำให้เซลล์ตายได้

2.แอลกอฮอล์ ทำให้โปรตีนและเอนไซม์เสียสภาพและยังเป็นตัวทำละลายเอาไขมันที่เยื่อหุ้มเซลล์ออก จึงทำให้โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลาย นอกจากนี้ยังเป็นตัวดึงน้ำออกจากเซลล์ ทำให้กิจกรรมของเซลล์หยุดชะงักจึงสามารถยับยั้งการเจริญหรือทำลายเซลล์ได้

3.ฮาโลเจน

-ไอโอดีน ทำหน้าที่เป็นสารออกซิไดซ์ และไปยับยั้งสารประกอบพวกโปรตีนที่มีหมู่ซัลฟ์ไฮดริล นอกจากนี้ยังอาจรวมตัวกับกรดอะมิโนไทโรซีนในเอนไซม์และโปรตีนอื่นๆ ทำให้กิจกรรมของเซลล์ผิดปกติ มีผลทำให้เซลล์ถูกทำลาย

- คลอรีนและสารประกอบคลอรีน นิยมใช้ฆ่าเชื้อในน้ำประปาหรือน้ำดื่ม ส่วนใหญ่ที่เติมในน้ำอยู่ในรูปของเกลือไฮโปคลอไรด์ ผลของคลอรีนและสารประกอบคลอรีนในการกำจัดจุลินทรีย์ คือเกิดการออกซิไดซ์อย่างรุนแรงกับสารประกอบของเซลล์ จึงทำลายจุลินทรีย์ได้ นอกจากนี้สารประกอบคลอรีนยังรวมตัวกับโปรตีนที่เยื่อหุ้มเซลล์และเอนไซม์ มีผลทำให้เซลล์ตายได้

4. โลหะหนักและสารประกอบของโลหะหนัก โลหะหนักที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ ได้แก่ ปรอท เงิน และทองแดง เป็นต้น โดยรวมตัวกับโปรตีนในเซลล์และไปยับยั้งการทำงานของมัน เช่น เมอคิวริกคลอไรด์จะรวมตัวกับหมู่ซัลฟ์ไฮดริลของเอนไซม์ ทำให้เอนไซม์นั้นไม่ทำงาน

5. สี ที่ใช้ในการยับยั้งเชื้อ มี 2 กลุ่ม ได้แก่

- สีไตรเฟนิลมีเทน ได้แก่ มาลาไคท์กรีน บริลเลียนกรีน และคริสตัลไวโอเลต ซึ่งจะทำลายแบคทีเรียแกรมบวก และราได้ดี แต่มีผลต่อแบคทีเรียแกรมลบน้อยกว่า
- สีอะคริดีน ได้แก่ อะคริเฟลวิน และทริปโตเฟลวิน จะยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียโดยเฉพาะพวกสแตปฟีโลคอกคัสและโกโนคอกคัส

6. สบู่และสารซักฟอก

- สบู่ ช่วยลดแรงตึงผิวของของเหลว ทำให้ฝุ่นละอองและจุลินทรีย์ออกจากน้ำและถูกกำจัดได้ง่าย และสบู่ยังทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้การนำสารเข้าออกจากเซลล์ผิดปกติ เซลล์จึงตายในที่สุด

- สารซักฟอก ที่มีประจุบวกจะฆ่าจุลินทรีย์ได้ดีกว่าสารซักฟอกที่มีประจุลบ โดยฆ่าได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียแกรมลบ สารซักฟอกจะทำให้โปรตีนในเซลล์เสียสภาพ และทำอันตรายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้เซลล์ฉีกขาด สารประกอบในเซลล์จึงรั่วไหลออกมานอกเซลล์ และเซลล์ตายในที่สุด

7. ก๊าซ การหาเชื้อโดยใช้ก๊าซ นิยมใช้กับภาชนะหรือเครื่องมือบางอย่างที่ไม่ทนความร้อน เช่น เครื่องมือทางการแพทย์ หรือในห้องปฏิบัติการ หรือรมในห้องผู้ป่วยโรคติดต่อเพื่อป้องกันโรคระบาด ก๊าซที่ใช้ ได้แก่ ฟอร์มาลดีไฮด์ และเอทิลีนออกไซด์

8. กรดและเบส ใช้ยับยั้งยับยั้งและทำลายจุลินทรีย์ โดยแตกตัวเป็นไฮโดรเจนไอออน และไฮดรอกซิลไอออน กรดอินทรีย์มีสมบัติทำลายจุลินทรีย์ได้ดีกว่ากรดอินทรีย์ เพราะแตกตัวให้ H^+ มากกว่า จุลินทรีย์แต่ละชนิดทนต่อกรดได้แตกต่างกัน เชื้อราและยีสต์ทนกรดได้ดีกว่าแบคทีเรีย กรดแก่และเบสแก่ทำลายจุลินทรีย์โดยทำลายผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้สมบัติการยอมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์เพิ่มขึ้น เซลล์จึงถูกทำลาย

2.1.7 ยาปฏิชีวนะ (นงลักษณ์และปรีชา, 2550)

ยาปฏิชีวนะมีทั้งรูปกินและรูปฉีด ยารูปกินมักมีอัตราการเอื้อประโยชน์ไม่สูงนัก นั่นคือยามักไม่ถูกดูดซึมจากกระเพาะอาหารและลำไส้ได้สมบูรณ์ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาไม่พึงประสงค์สำคัญ 2 ประการคือ อาการทางระบบทางเดินอาหาร เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง อุจจาระเหลว หรืออุจจาระร่วง และการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศวิทยาของเชื้อในลำไส้ ยารูปฉีดนิยมใช้โดยการฉีดหรือหยดเข้าหลอดเลือดดำมากกว่าที่จะใช้ฉีดเข้ากล้ามเนื้อ ยาปฏิชีวนะมีการกระจายเข้าสู่เนื้อเยื่อ 2 แบบ คือ แบบกระจายเข้าสู่เนื้อเยื่อนอกเซลล์ และแบบกระจายเข้าสู่เซลล์ ซึ่งนับเป็นแนวคิด และการค้นพบใหม่เกี่ยวกับการซึมผ่านเนื้อเยื่อของยาปฏิชีวนะ และจะก่อให้เกิดผลทางคลินิกต่างกัน ยาปฏิชีวนะถูกขจัดจากร่างกาย 2 วิธีคือ ทางไต และทางอื่นที่ไม่ใช่ไต ยาปฏิชีวนะส่วนใหญ่ถูกขจัดทางไต และมักจะมีสัดส่วนของ tubular secretion อยู่ด้วย ยาปฏิชีวนะที่ถูกกำจัดทางไตเป็นกลุ่มละลายน้ำได้ดี (water soluble) ซึ่งรวมถึงยากลุ่ม ß-Lactam ส่วนใหญ่ ยากลุ่ม Aminoglycosides ยาปฏิชีวนะที่มีการขจัดจากร่างกายทางอื่นที่ไม่ใช่ไต จะเกิดโดยมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งมักเกิดขึ้นที่ตับทำให้เป็นรูปที่ละลายน้ำได้และไม่ออกฤทธิ์ โดยยาปฏิชีวนะแบ่งออกได้เป็นกลุ่ม ๆ ดังนี้

1. Betalactams

Lactam เป็นชื่อเรียกสารประกอบที่มี amide อยู่ภายในส่วนของโครงสร้างที่เป็นวงแหวน ยาในกลุ่มนี้สามารถแยกประเภทได้โดยอาศัยสูตรโครงสร้างทางเคมี และฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่แตกต่างกัน เช่น

1.1 ยาปฏิชีวนะกลุ่มเพนิซิลลิน (Penicillins)

Penicillins มีฤทธิ์เป็น bactericidal คือ สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ โดยออกฤทธิ์ยับยั้งการสังเคราะห์ผนังเซลล์ของแบคทีเรียในขั้นตอนสุดท้าย โดยยับยั้งปฏิกิริยา transpeptidation ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการเชื่อมกันระหว่างสาย peptidoglycan การที่ Penicillins สามารถยับยั้งปฏิกิริยานี้ได้เนื่องจากสามารถทำปฏิกิริยา acylation กับเอนไซม์ D alanine transpeptidase ของแบคทีเรียและส่งผล ต่อรูปร่างของแบคทีเรียให้มีการเปลี่ยนแปลงไปและในที่สุดทำให้เซลล์แบคทีเรียตายได้

1.2 ยาปฏิชีวนะกลุ่มเซฟาโรสปอริน (Cephalosporins)

Cephalosporins ถูกจัดแยกออกเป็น4 รุ่น โดยพิจารณาจากขอบเขตการออกฤทธิ์ของยาเป็นหลักโดยเฉพาะฤทธิ์ต้านแบคทีเรียแกรมลบ ดังนี้

Cephalosporins รุ่นที่ 1 มีลักษณะคล้าย penicillins รุ่นแรก ๆ ในด้านขอบเขตของการออกฤทธิ์ คือต้านเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกชนิด cocci เช่น staphylococci และ streptococci ได้ดี แต่มีขอบเขตจำกัดกับพวกแบคทีเรียแกรมลบ

Cephalosporins รุ่นที่ 2 มีขอบเขตการออกฤทธิ์กว้างกว่ารุ่นแรก สามารถใช้ได้กับเชื้อ *serratia, neisseria* และ *haemophilus* ได้ แต่ไม่ออกฤทธิ์กับ *P. aeruginosa*

Cephalosporins รุ่นที่ 3 มีขอบเขตการออกฤทธิ์กว้างกว่ารุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 มีฤทธิ์ของยาต่อเชื้อแบคทีเรียแกรมลบเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังมีความทนต่อเอนไซม์ ß-Lactamase ยาที่เป็นที่รู้จักกันมากได้แก่ cefotaxime , ceftizoxime และ cetiazone ยากลุ่มนี้ออกฤทธิ์ได้ดีทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรีย แกรมลบส่วนใหญ่ แม้ว่าฤทธิ์ต่อแกรมบวกจะไม่ได้เพิ่มขึ้นเด่นชัดเท่ากับแกรมลบ และยังสามารถใช้ได้กับ *P. aeruginosa*

Cephalosporins รุ่นที่ 4 เป็น Cephalosporins ที่ออกฤทธิ์ได้ดีกับเชื้อ Enterobacteriaceae โดยถึงเชื้อที่สร้างเอนไซม์ cephalosporinase ได้ สามารถต้านเชื้อ *P. aeruginosa , S. aureus* การจัดกลุ่มแบบนี้มีข้อเสียคือ มีการคาบเกี่ยวของยาค่อนข้างมาก อาจสร้างความสับสนในการเลือกใช้ยาได้

1.3 ไซโคลเซอลีน มีโครงสร้างคล้ายอะลานีน ปัจจุบันมีการสังเคราะห์ทางเคมีได้ใช้รักษาวัณโรคเป็นส่วนใหญ่ แต่มีผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ จึงมีข้อจำกัดในการใช้

ยาตัวนี้ยับยั้งการสร้างเพปติโดไกลแคน โดยยับยั้งเอนไซม์อะลานีนเรซิเมส (alamineracemase) ซึ่งเปลี่ยนแอล-อะลานีน(L-alanine) เป็นดี-อะลานีน(D-alanin) และยับยั้งเอนไซม์ดี-อะลานีน-ดี-อะลานีนซีนเทเทส (D-alanyl-D-alanine synthetase) ที่ช่วยในการรวมดี-อะลานีน 2 โมเลกุลเข้าด้วยกัน

1.4 บาซิตราซิน ได้จาก Bacillus subtillus เป็นสารพอลิเพปไทด์ มีความเป็นพิษต่อคนและสัตว์ ใช้รักษาโรคติดเชื้อจากแบคทีเรียแกรมบวกและยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบบางชนิด

1.5 แวนโคไมซิน สร้างจาก Streptomyces orientalis ใช้ยับยั้งการสร้างเพปติโดไกลแคน โดยไปจับกับหมู่ดี-อะลานีน-ดี-อะลานีน บนเพปไทด์ไซด์เชน

2. Aminoglycosides

ยาในกลุ่ม Aminoglycosides ที่ใช้ทางคลินิก ได้แก่ Streptomycin, Kanamycin, Neomycin, Gentamicin, Tobramycin, Netilmicin และ Amikacin ยาในกลุ่ม Aminoglycosides มีลักษณะสำคัญ 3 ประการคือ

1) เป็นยาที่มีการดัดแปลงสูตรโครงสร้างยากจึงมีเพียงไม่กี่ชนิด

2) มีฤทธิ์ต่อเชื้อแบคทีเรียแกรมลบเป็นสำคัญ

3) มีพิษต่อไตและหูได้ง่าย เนื่องจากส่วนสำคัญในโครงสร้างของยามีผลทั้งการออกฤทธิ์และเกิดพิษ แต่พิษจะมากหรือน้อยขึ้นกับการบริหารยาที่ถูกวิธี

ลักษณะพื้นฐาน

ยากลุ่ม Aminoglycosides ออกฤทธิ์ยับยั้งการสร้างโปรตีนของแบคทีเรียที่ส่วน 30S subunit ของ ribosome ของแบคทีเรีย ยานี้จะออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อ (bactericidal) เมื่อมีความเข้มข้นสูง แต่จะมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ (bacteristatic) ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ ยากลุ่ม Aminoglycosides ได้แก่ Gentamicin, Tobramycin, Netilmicin และ Amikacin มีฤทธิ์ครอบคลุมเชื้อแบคทีเรียรูปแท่งแกรมลบกลุ่ม Enterobacteriaceae ได้ดีมาก นอกจากนั้น ยายังมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ *P. aeruginosa, Acinetobacter sp.* และ

เชื้อกลุ่ม non-fermenter ตัวอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ยานี้ไม่มีฤทธิ์ต่อเชื้อ *P. pseudomallei* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียทรงแท่งแกรมลบที่สำคัญในประเทศไทย นอกจากนั้น Aminoglycosides ยังมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ *S. aureus* แต่ยากลุ่มนี้ไม่ใช่ยาเลือกตัวแรกสำหรับโรคที่ติดเชื้อนี้ ยานี้ยังออกฤทธิ์ดีต่อเชื้อ *Enterococcus sp.* ซึ่งต้องใช้ร่วมกับ Ampicillin หรือ Penicillin และมีฤทธิ์ต่อเชื้อ *Neisseria sp.* ด้วย แต่ไม่ใช่เป็นยาเลือกตัวแรกในการรักษาโรคติดเชื้อจากเชื้อนี้ การใช้ยาในกลุ่ม Aminoglycosides มัก ไม่ค่อยได้ผลต่อเชื้อแบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจน ยาบางตัวในกลุ่มนี้ เช่น Streptomycin และ Kanamycin ใช้ได้ผลดีต่อเชื้อ *M. tuberculosis* ส่วน Amikacin ใช้ได้กับ *Nocardia asteroides* และ MOTT bacilli (atypical mycobacterium) บางตัว เป็นต้น

การใช้ที่เหมาะสมทางคลินิกของยากลุ่ม Aminoglycosides

1. โรคติดเชื้อจากแบคทีเรียทรงแกรมลบ เช่น โรคติดเชื้อในทางเดินปัสสาวะส่วนบน
2. การติดเชื้อมากกว่า 1 ชนิด (mixed infection) ที่มีส่วนประกอบเป็นเชื้อแบคทีเรียทรงแท่งแกรมลบ เช่น การติดเชื้อในช่องท้อง, การติดเชื้อในอุ้งเชิงกราน, การติดเชื้อในทางเดินน้ำดี และการติดเชื้อที่ชั้นลึกใต้ผิวหนัง
3. การติดเชื้อในโรงพยาบาล โดยเฉพาะเชื้อกลุ่ม non-fermenter
4. ใช้เป็นยาร่วมที่สำคัญในการรักษาโรคติดเชื้อ *P. aeruginosa* และ *Enterococcus*
5. การรักษาแบบ empiric ในภาวะ febrile granulocytopenia

3. Fluoroquinolone compounds

ยาปฏิชีวนะกลุ่มฟลูออโรควิโนโลนมีคุณสมบัติแตกต่างจากยาปฏิชีวนะกลุ่มอื่น ดังนี้

1.ยากลุ่มฟลูออโรควิโนโลนที่มีใช้ในทางคลินิกในปัจจุบันถือว่าเป็นยาที่มีฤทธิ์แรงมาก (highly potent) ต่อเชื้อแบคทีเรียแกรมลบทุกชนิด

2.ยามีกลไกการออกฤทธิ์และการฆ่าเชื้อที่ซับซ้อน และยังศึกษาไม่ได้สมบูรณ์แต่ได้รับการนำมาใช้ทางคลินิกอย่างแพร่หลายแล้ว เป็นตัวอย่างหนึ่งของความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่นำความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจเกิดผลเสียได้ในอนาคต

3.ยามีปฏิกิริยาไม่พึงประสงค์ค่อนข้างมาก และมีปฏิกิริยาไม่พึงประสงค์ที่รุนแรง (serious) หลายอย่าง นับว่ายากลุ่มนี้มีทั้งผลดี (effectiveness) ในการรักษาโรคติดเชื้อที่ไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าผลเสีย

ยากลุ่มฟลูออโรควิโนโลนที่มีในประเทศไทย คือ norfloxacin , ofloxacin , pefloxacin , ciprofloxacin และ fleroxacin

ลักษณะพื้นฐาน

ยากลุ่มฟลูออโรควิโนโลนออกฤทธิ์โดยการยับยั้งเอนไซม์ DNA gyrase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการเปลี่ยนรูปของ DNA ของแบคทีเรีย ฟลูออโรควิโนโลนเป็นยาสำคัญที่มีฤทธิ์ครอบคลุม

เชื้อแบคทีเรียแกรมลบรูปท่อน เชื้อแบคทีเรียแกรมลบตั้งแต่ *Neisseria s* , *H. influenzae* เชื้อกลุ่ม Enterobacteriaceae รวมทั้งเชื้อที่ผลิตเอนไซม์ cephalosporinase ไวต่อยามาก เชื้อ *P. aeruginos* , *Acinetobacter* และ non fermenter ไวต่อยาด้วย ส่วนเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก คือ *S. aureus* , MRSA , *S. epidermidis* และ *Enterococcus* ไวต่อยาปานกลาง ไม่ควรเลือกใช้ยากลุ่มฟลูออโรควิโนโลนเป็นยาตัวแรกหรือยาแทน (ถ้าไม่จำเป็น) ในการรักษาโรคติดเชื้อแกรมบวก เพราะจะมีการดื้อยาเกิดขึ้นเร็วมากเป็นแบบการกลายพันธุ์ขั้นเดียว (single step mutation)

4. ยาปฏิชีวนะตัวอื่น ๆ (Other antimicrobial agent) เช่น

4.1 Tertracyclines

ยาปฏิชีวนะกลุ่ม Tertracyclines แบ่งเป็น

1. กลุ่มออกฤทธิ์สั้น (ระยะครึ่งชีวิต 6-9 ชั่วโมง) ได้แก่ tetracycline HCl , oxytetracycline , chlortracycline

2. กลุ่มออกฤทธิ์ปานกลาง (ระยะครึ่งชีวิต 12-14 ชั่วโมง) ได้แก่ methacycline และ demeclocycline

3. กลุ่มออกฤทธิ์ยาว (ระยะครึ่งชีวิต 16-18 ชั่วโมง) ได้แก่ doxycycline , minocycline

4.2 Sulfamethuxazole trimethoprim (SMX TEM)

SMX TEM เป็นยารวมชนิดที่มีขนาดคงที่ที่ได้รับความนิยมแพร่หลายและมีการใช้ยานี้เกินข้อบ่งชี้อย่างมากที่สุดตัวหนึ่งในประเทศไทย คุณสมบัติที่สำคัญของยา SMX TEM ที่ยังไม่เป็นที่ทราบกันดีนักดังนี้คือ

1. การนำ SMX TEM มารวมกันจะเสริมฤทธิ์กันและทำให้ยามีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ แต่ไม่ได้ป้องกันการดื้อยาของเชื้อต่อยาแต่ละชนิด เชื้อแบคทีเรียมีความสามารถในการดื้อต่อยาทั้ง 2 ชนิดได้รวดเร็ว

2. การเสริมฤทธิ์กันของ SMX และ TEM สามารถเกิดได้ในอัตราส่วนของ SMX : TEM ตั้งแต่ 1 : 1 ถึง 1 : 40 ดังนั้น ระดับยาที่อาจไม่เท่ากันในเนื้อเยื่อต่าง ๆ จึงยังอาจทำให้มีการเสริมฤทธิ์หลงเหลืออยู่ ยาจะไม่มีผลเสริมฤทธิ์กันได้เมื่อเชื้อดื้อต่อ TEM ถึงแม้จะไวต่อ SMX

3. ยารูปฉีดไม่ได้ทำให้ระดับใน serum สูงกว่ายารูปกิน ดังนั้น ถ้ามีการดูดซึมยาเป็นปกติ ไม่จำเป็นต้องใช้ยารูปฉีด

4. ในปัจจุบันพบปฏิกิริยาไม่พึงประสงค์ต่อยาเพิ่มขึ้น อาจเกิดจากการใช้ยามากขึ้นหรือเกิดจากการใช้ยาในผู้ป่วยเอดส์ SMX TEM มีฤทธิ์ครอบคลุมเชื้อ S. aureus , MRSA และประมาณร้อยละ 50 ของเชื้อ Enterobacteriaceae ที่ดื้อต่อยา

2.1.8 แบคทีเรียที่นำมาทดสอบ

แบคทีเรียแกรมลบ

1. ***Escherichia coli***

แบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม มีรูปร่างดังรูปที่ 2.1 เป็นตัวชี้การปนเปื้อนของอุจจาระในน้ำ มีอยู่ตามธรรมชาติในลำไส้ใหญ่ของสัตว์และมนุษย์ แบคทีเรียชนิดนี้ทำให้เกิดอาการท้องเสียบ่อยที่สุด ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ ทำให้ถ่ายอุจจาระเหลว หรือเป็นน้ำ แต่อาการมักไม่รุนแรง เพราะทั้งเด็ก และผู้ใหญ่มักมีภูมิต้านทานอยู่บ้างแล้ว เนื่องจาก ได้รับเชื้อนี้เข้าไปทีละน้อยอยู่เรื่อยๆ เชื้อนี้มักปนเปื้อนมากับอาหาร น้ำ หรือ มือของผู้ประกอบอาหาร ปกติเชื้อเหล่านี้อาจพบในอุจจาระ

รูปที่ 2.1 รูปร่างลักษณะของเซลล์ ***Escherichia coli***

ที่มา : www3.niaid.nin.gov

2. ***Pseudomonas aeruginosa***

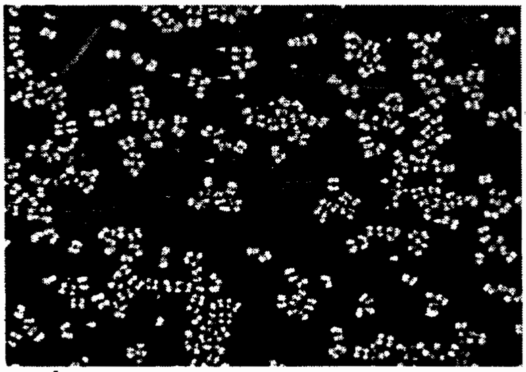
เป็นแบคทีเรียแกรมลบ มีรูปร่างแท่ง aercbic เป็นแบคทีเรียในวงศ์ Pseudomonadaceae สามารถเคลื่อนที่ได้โดย flagellum 1 เส้นที่ติดอยู่ตรงหัวดังรูปที่ 2.2 ปกติจะพบกระจายในดิน น้ำ ขยะ หรือในพืช และเป็นnormal flora ในลำไส้คน *Pseudomonas aeruginosa* สามารถทำให้เกิดโรคในคน ได้ รวมทั้งสัตว์ แมลงและต้นไม้ได้บ้าง *Pseudomonas aeruginosa* เป็นเชื้อโรคฉวยโอกาสจะมีการติดเชื้อกับ ผู้ที่ภูมิคุ้มกันต่ำหรือป่วยมากๆ หรือผู้ป่วยที่พักรักษาตัวในโรงพยาบาล บางทีจึงเรียกโรคติดเชื้อที่เกิดจาก *Pseudomonas aeruginosa* ว่าโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล จากผู้ป่วยโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล 2000 คน ต่อปี จะมี จำนวน 10 % ที่มีสาเหตุมาจาก *Pseudomonas aeruginosa*

รูปที่2.2 รูปร่างลักษณะของเซลล์ *Pseudomonas aeruginosa*

ที่มา : kimicontrol.com

3. *Sarcina sp.*

เป็นแบคทีเรียที่มีลักษณะรูปร่างกลมอยู่กันเป็นกลุ่มจำนวน 8 เซลล์ ดังรูปที่ 2.3 จัดอยู่ในกลุ่มฮาโลฟีลิก(Halophilic bacteria) สามารถเจริญได้ในสภาพที่มีเกลือ



รูปที่2.3 รูปร่างลักษณะของเซลล์ *Sarcina sp.*

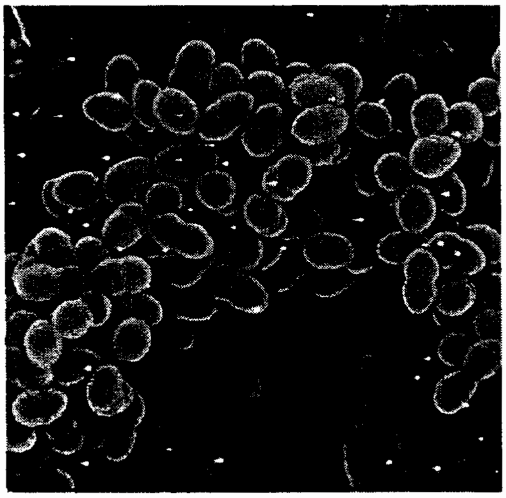
ที่มา : www.Mc.maricopa.edu

แบคทีเรียแกรมบวก

4. *Staphylococcus aureus*

เป็นแบคทีเรียที่มีลักษณะกลม เรียงตัวเป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น หรือเป็นคู่ หรือเป็นสายสั้นๆ ไม่เคลื่อนที่ ดังรูปที่ 2.4 โคโลนีมีสีเหลืองหรือสีทองเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศที่มีออกซิเจน ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเติบโตคือ 35-40 องศาเซลเซียส ช่วง pH หรือความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการเติบโตอยู่ที่ 7-7.5 สแตปฟิโลคอคคัส ออเรียส บางสายพันธุ์ผลิตสารพิษที่เรียกว่า เอนเทอโรทอกซิน ทำให้อาหารเป็นพิษ ซึ่งเอนเทอโรทอกซินที่ผลิตมีหลายชนิด แต่ชนิดที่พบว่าทำให้เกิดอาหารเป็นพิษบ่อย คือ ชนิดเอ และดี โดยช่วงอุณหภูมิที่เชื้อชนิดนี้จะผลิตเอนเทอโรทอกซินอยู่ระหว่าง 15.6 และ 46.1 องศาเซลเซียส และผลิตได้ดีที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เชื้อสแตปฟิโลคอคคัส ออเรียส จะมีชีวิต

อยู่ได้ในอากาส ฝุ่นละออง ขยะมูลฝอย น้ำ อาหารและนม หรืออาหารบรรจุเสร็จ สภาวะแวดล้อมภายนอกมนุษย์และสัตว์ ซึ่งมนุษย์และสัตว์นั้นเป็นแปล่งของเชื้อชาติชนิดนี้โดยจะพบอยู่ตามทางเดินหายใจ ลำคอ หรือ เส้นผมและผิวหนังถึง 50% หรือมากกว่านี้ในคนที่มีสุขภาพดี แบะอาจพบเชื้อชนิดนี้ 60-80% ในผู้ที่สัมผัสโดยตรงกับผู้ป่วยหรือผู้ที่สัมผัสกับสภาพแวดล้อมในโรงพยาบาล ตลอดจนผู้ประกอบอาหาร รวมทั้งในขั้นตอนของการบรรจุและสภาพแวดล้อมภาย นอกนั้นก็เป็นสาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดการปนเปื้อน สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกอย่างหนึ่งก็คือ การเก็บอาหารไว้ในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม เป็นผลให้อาหารที่มีการปนเปื้อนอยู่แล้ว มีการเพิ่มจำนวนของเชื้อและสร้างสารพิษได้อย่างรวดเร็ว อาหารที่มักพบเชื้อ สแตปฟิโลคอคคัส ออเรียส ได้แก่ เนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อ เนื้อสัตว์ปีกและผลิตภัณฑ์จากไข่ อาหารประเภทสลัดเช่น ไข่ ทูน่า เนื้อไก่ มันฝรั่ง และมักกะโรนี ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ครีมพายเอแคลร์ และผลิตภัณฑ์นม ที่เก็บไว้ในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม และเก็บไว้เป็นเวลานานก่อนรับประทาน



รูปที่2.4 รูปร่างลักษณะของเซลล์ *Staphylococcus aureus*

ที่มา : swampie wordpress.com

5. *Bacillus subtilis*

มีลักษณะเป็นรูปร่างเป็นท่อน เจริญได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน สามารถสร้างสปอร์ได้ ซึ่งสปอร์ที่เซลล์สร้างขึ้นทำให้เซลล์มีความทนทานต่อความร้อน สารเคมีและยาปฏิชีวนะมากยิ่งขึ้น โคโลนีมีลักษณะขอบกลม เรียบ นูน สีขาวขุ่น บนผิวอาหาร มีการกระจายตัวทั่วไปในธรรมชาติ เช่น ฝุ่น ดิน ส่วนมากพบในอาหารแห้ง เป็นแบคทีเรียที่สามารถย่อยโปรตีนและแป้งได้ เป็นสาเหตุทำให้อาหารเน่าเสีย และบางสายพันธุ์ทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ

รูปที่2.5 รูปร่างลักษณะของเซลล์ *Bacillus subtilis*

ที่มา : www.fam.br

2.1.9 การเน่าเสียของอาหาร

การเน่าเสียหรือการเสื่อมสภาพของอาหารมีด้วยกัน 3 แบบ ได้แก่ การเน่าเสียทางกายภาพ การเน่าเสียทางเคมี การเน่าเสียโดยจุลินทรีย์ ดังนี้

1. **การเน่าเสียทางกายภาพ** เช่น เมื่อผักมีการสูญเสียน้ำผักจะเหี่ยว การช้ำของผักผลไม้ที่เกิดจากการโยน หรือการกระแทกในขั้นตอนการขนส่ง เป็นต้น

2. **การเน่าเสียทางเคมี** เช่น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation)ในไขมัน ทำให้ไขมันมีกลิ่นหืน การเกิดปฏิกิริยาบราวนิ่ง(browning reaction) ทำให้ผักผลไม้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล การย่อยสลายตัวเอง(autolysis) โดยเอนไซม์ที่อยู่ในอาหารนั้น ความกรอบของผักที่ลดลงเนื่องจากมีเอนไซม์เพกติเนส (pectinases) ย่อยสลายเพกติน(pectin) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ทำให้ผักคงความกรอบ หรือเนื้อปลาจะมีการเปื่อยยุ่ยภายหลังการตาย เนื่องจากมีเอนไซม์โปรติเนส(protinase) ออกมาย่อยสลายเนื้อปลา

3. **การเน่าเสียโดยจุลินทรีย์** เมื่อจุลินทรีย์มีการปนเปื้อนและเพิ่มจำนวนได้ในอาหาร จากการที่จุลินทรีย์ผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารนั้น

การเสียของอาหารมีหลายลักษณะ เช่น การเปลี่ยนสี มีกลิ่นรสผิดปกติ เนื้อสัมผัสเปลี่ยนไปมีการสร้างเมือก(slime) มีแก๊สสะสมทำให้อาหารมีฟอง หรืออาหารมีความขุ่นมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบความเร็วในการทำให้อาหารเสียระหว่างการเสียของอาหารเมื่อมีจุลินทรีย์เติบโต กับการเสียของอาหารโดยมีแต่เอนไซม์ที่จุลินทรีย์ผลิตได้(ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์) พบว่าการเสียของอาหารที่มีจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตอาหารจะเน่าเสียได้เร็วกว่า

จุลินทรีย์ทำให้อาหารเน่าเสียภายหลังการเติบโตในอาหาร โดยในระหว่างการเติบโตนั้นจุลินทรีย์จะสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายอาหาร ซึ่งอาจเป็นเอนไซม์ชนิดที่สร้างภายในเซลล์แล้วปล่อยออกนอกเซลล์(extracellular enzyme) หรืออาจเป็นเอนไซม์ชนิดที่สร้างภายในเซลล์แล้วเก็บภายในเซลล์ (intracellular enzyme) โดยจะปล่อยออกนอกเซลล์เมื่อเซลล์แตก(cell lysis) ผลจากการย่อยสลายอาหาร

ทำให้จุลินทรีย์เติบโตเพิ่มจำนวนในอาหารพร้อมๆ กับมีการปลดปล่อยสารบางชนิดออกมา ซึ่งสารที่ขับออกมานั้น บางชนิดมีประโยชน์ต่อมนุษย์ จึงทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารหมักหลายชนิดได้แก่ แหนมซึ่งมีรสเปรี้ยวที่มาจากแบคทีเรียแลกติกใช้น้ำตาลกลูโคสแล้วสร้างกรดแลกติกออกมาเป็นส่วนใหญ่ เป็นต้น ส่วนสารบางชนิดที่จุลินทรีย์ขับออกมาเกิดขึ้น ภายหลังการเติบโตแล้วก่อโทษ เช่น การทำให้เกิดเมือกในอาหาร โดยเชื้อ *B.subtilis* ซึ่งทำให้ขนมปังเสียโดยมีเมือก เป็นต้น

2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและคล้ายคลึงกับงานที่ทำ

ภัค (2547) ศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย ด้วยส่วนสกัดหยาบเอธานอล และน้ำของผลพริกสด จาการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย 44 สายพันธุ์ โดยเทคนิค Agar dilution ให้ผลการทดสอบคือ สารสกัดจากพริกขี้หนู สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ 4 สายพันธุ์คือ *B. cereus*, *B. subtilis*, *Acinetobacter lwoffii* และ *Vibrio cholerae*

วิสาตรี (2547) การสำรวจและทดสอบหาสมุนไพรไทย 14 ชนิด ที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้เทคนิค Agar diffusion ทดสอบความไวของเชื้อโดยใช้ 2 mg ของพืชสมุนไพรที่สกัดได้ และสารปฏิชีวนะที่ใช้ทดสอบคือ ampicillin, erythromycin และ tetracycline พบว่า ฝางเสันสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวกได้ ฝางเสันและพริกไทยขาว สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบได้ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพืช 14 ชนิด มีค่าระหว่าง 1.76 ± 3.29 mmol/L

สุนิสา (2548) ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และผลการต้านอนุมูลอิสระในอาหารไทยประเภทต้มยำ แบคทีเรียแกรมลบ คือ *P. flurorescens* ATCC 49839, *E. coil* O157:H7204P และแบคทีเรียแกรมบวกคือ *S. aureus* ATCC 13565 และ *Listeria monocytogenes* โดยเทคนิค disc diffusion ให้ผลการทดสอบคือ กระเทียมมีสมบัติในการต้านเชื้อได้ดีที่สุด การทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระพบว่าพริกแดงเป็นแหล่งของ β-carotene

Cichewicz and Thorpe (1996) ศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากพริก พบว่าสารสกัดมีฤทธิ์ต้านเชื้อ *B. subtilis* และ *B. cereus* มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้ง 26.0 และ 27.7 มิลลิเมตร ตามลำดับ

Maoka *et al.* (2001) ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการเกิดเนื้องอกของเซลล์ Epstein-Barr virus early antigen (EBV-EA) โดยสารcapsanthin และอนุพันธ์ที่สามารถแยกได้จากพริกหยวก พบว่า สาร capsanthin, capsanthin 3'ester และ capsarubin มีผลสามารถยับยั้งเกิดเนื้องอกได้ โดยมีกลไกยับยั้งการทำงานของ 12-*O*- tetradecanoylphorbol-13-acetate (TPA) ซึ่งเป็นที่สารชักนำให้เกิดเนื้องอก นอกจากนี้สารทั้ง 3 ชนิดยังมีฤทธิ์สามารถยับยั้งการเกิดเนื้องอกที่บริเวณผิวหนังของหนูได้ เมื่อใช้สาร 7-12 dimethylbenz[a] anthracene รวมกับTPA เป็นสารชักนำ

Careaga *et al.* (2003) ศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่เลี้ยงในเนื้อวัวของสารสกัดจากพริก พบว่าความเข้มข้นของสารสกัดจากพริก 1.5 ml ของสารสกัด/100 g เนื้อวัว เชื้อ *Salmonella typhimurium* ไม่มีการเจริญเติบโต และความเข้มข้นของสารสกัดจากพริก 3 ml ของสารสกัด/100 g เนื้อวัว เชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* ไม่มีการเจริญเติบโต

Materska *et al.* (2003) ศึกษาการแยกให้บริสุทธิ์และโครงสร้างของ flavonoid และกรดฟีโนลิกจากรกของพริก สามารถแยกสารประกอบออกมาได้ 9 ชนิด จากรกของพริกโดยวิธี HPLC และระบุโครงสร้างโดยเทคนิค spectroscopic (UV, NMR)

Duarte *et al.* (2004) ศึกษาการสกัดสาร oleoresin และ capsaicinoids จากพริกแดงด้วยของเหลวที่สภาวะวิกฤตที่ 313 K โดยใช้ n-hexane เป็นสารสกัด สามารถสกัดสาร oleoresin ออกมาได้ 5.2 % w/w ที่ความดัน 21.5MPa และใช้อัตราเร็วของพื้นผิวคาร์บอนไดออกไซด์ 0.071 cms^{-1} และสกัดสาร capsaicinoids ได้ 0.252 % w/w ที่ความดัน 20.5 MPa และใช้อัตราเร็วของพื้นผิวคาร์บอนไดออกไซด์ 0.064 cms^{-1}

Schweiggert *et al.* (2006) ศึกษาสารประกอบหลักและรองในกลุ่มแคปไซซินอยด์ของพริกขี้หนูโดยวิธี HPLC/MS ซึ่งพบสารประกอบ 23 ชนิด โดยที่สารประกอบหลัก 3 ชนิด และสารประกอบรอง 12 ชนิด เป็นสารในกลุ่ม capsaicinoids คือ capsicin, dihydrocapsicin และ *N*-vanillyl-*n*-acylmide ตามลำดับ

Vuddhakul. *et al.* (2006) ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ของสายพันธุ์ที่มีการแพร่ระบาดโดยน้ำคั้นจากเครื่องปรุงไทย 13 ชนิด ได้แก่ ข่า ตะไคร้ ใบมะกรูด กระเทียม ขมิ้น หอมแดง พริกขี้หนู ขิง มะนาว หอมใหญ่ และ กระชาย ด้วยเทคนิค disc diffusion พบว่ามีน้ำคั้นจากพืช 3 ชนิดที่มีฤทธิ์สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ คือ น้ำคั้นจาก ข่า กระเทียม และมะนาว โดยเกิดบริเวณใส (clear zone) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 13.6 $\pm$ 0.5, 11.6 $\pm$ 0.5 และ 8.6 $\pm$ 1.2 มิลลิเมตรตามลำดับ

Conforti *et al.* (2007) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของพริกหยวกในระยะพริกอ่อน พริกเขียว และพริกแดง โดยเทคนิค GC-MS พบว่าพริกแต่ละระยะมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน จากการทดสอบความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของส่วนสกัดหยาบต่าง ๆ พบว่า ส่วนสกัดหยาบเมทานอลของพริกอ่อนมีประสิทธิภาพในการดักจับอนุมูลอิสระได้ดีมีค่า IC_{50} = 129 μg/mL ส่วนการทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไลโนเลอิก พบว่าส่วนสกัดหยาบเมทานอลของพริกแดงมีประสิทธิ์ภาพในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุด มีค่า IC_{50} = 3 μg/mL และรองลงมาคือส่วนสกัดหยาบเมทานอลของพริกเขียวซึ่งมีค่า IC_{50} = 522 μg/mL