

## บทที่ 2

### หลักการทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์

เชื้อจุลินทรีย์ในข้าวเป็นสาเหตุสำคัญที่สร้างความเสียหายอย่างมาก ทั้งในส่วนของปริมาณและคุณภาพและชื่อเสียง การปนเปื้อนของจุลินทรีย์เกิดได้จากหลายสาเหตุเช่น ปนเปื้อนตอนเป็นวัตถุดิบ การผลิต การบรรจุ การขนส่ง เมื่อผู้บริโภคทานเข้าไปจะก่อให้เกิดโรคบางชนิด แต่จุลินทรีย์บางชนิดที่ปนเปื้อนในอาหารทำให้อาหารเน่าเสีย เกิดโรคติดต่อได้ เช่น เชื้ออหิวาต์ ไวรัสตับอักเสบ เชื้อบิดมีตัว หรือไม่มีตัว ไทฟอยด์หรือ ไข้รากสาด ซาลโมเนลลา บุกโกลิנם เป็นต้น การผลิตหรือการประกอบอาหารนับตั้งแต่การเตรียมส่วนผสม การประกอบอาหาร การบรรจุ การขนส่ง จนถึงผู้บริโภค อาจมีจุลินทรีย์ต่างๆ ปนเปื้อนในอาหาร หากเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อให้เกิดโรคก็เพียงแต่ทำให้อาหารเน่าบูด หากเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคก็อาจจะทำให้ผู้บริโภคเจ็บป่วย แต่ถ้าเป็นโรคติดต่อก็จะทำให้เจ็บป่วยจากการติดเชื้อเพิ่มมากขึ้น ในบางครั้งอาจถึงกับเสียชีวิตได้ ดังนั้นผู้ประกอบการตั้งแต่กิจการส่วนตัวจนถึงระดับอุตสาหกรรม จึงควรใส่ใจและหาแนวทางป้องกันมิให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนในอาหารได้ การปนเปื้อนในอาหารมีหลายลักษณะได้แก่ การปนเปื้อนทางกายภาพ การปนเปื้อนทางเคมี การปนเปื้อนทางจุลินทรีย์ การปนเปื้อนจากดิน การปนเปื้อนจากน้ำและน้ำเสีย การปนเปื้อนจากอากาศ การปนเปื้อนจากผักและผลไม้ การปนเปื้อนจากสัตว์ การปนเปื้อนระหว่างการผลิตและการขนส่ง การปนเปื้อนระหว่างการจำหน่าย จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารจะก่อให้เกิดโรคน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับสารพิษ (toxin) ที่สร้างขึ้นซึ่งอาจทำลายเซลล์ในร่างกายของโฮสต์ (Host) หรือทำลายเนื้อเยื่อ เช่น เนื้อเยื่อของระบบประสาท นอกจากนี้ยังมีสารบางชนิดและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นเพื่อช่วยย่อยสลายเยื่อหุ้มเซลล์ของเนื้อเยื่อโฮสต์แล้วทำให้จุลินทรีย์เข้าไปในเนื้อเยื่อและเป็นอันตรายของโฮสต์ได้โรคของคนที่เกิดจากแบคทีเรียเช่น vibrio cholera ทำให้เกิดโรค อหิวาต์ salmonella typhi ทำให้เกิดโรค ไทฟอยด์ shigella dysenteriae ทำให้เกิดโรคบิด ฯลฯ ไวรัสที่ปนเปื้อนในอาหารทำให้เกิดโรคต่างๆ

เช่น rhinovirus ทำให้เป็นไข้หวัด influenza virus ทำให้เป็นไข้หวัดใหญ่ hepatitis a virus ทำให้เป็นโรคตับอักเสบชนิดเอ hepatitis b virus ทำให้เป็นโรคตับอักเสบชนิดบี ยังมีไวรัสบางชนิดที่ทำให้เกิดอาการท้องเสียหรืออาหารเป็นพิษคล้ายกับอาการที่เกิดจากแบคทีเรีย เป็นต้น

### 2.1.1 คุณภาพข้าว

มาตรฐานในการวัดคุณภาพของข้าวจะแตกต่างกันไปตามรสนิยมของผู้บริโภค อันเนื่องมาจากปัจจัยทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม หรือแม้แต่ปัจจัยทางประวัติศาสตร์ ดังนั้นข้าวที่มีมาตรฐานสูงในที่แห่งหนึ่งอาจจะมีมาตรฐานต่ำในที่อีกแห่งหนึ่ง เช่น ผู้บริโภคข้าวในประเทศตะวันออกไกล (ญี่ปุ่นและเกาหลี) ชอบข้าวที่มีลักษณะนุ่มและค่อนข้างเหนียว ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะของข้าวจาปอนิกา ส่วนข้าวหอมบาสมาติเป็นข้าวที่นิยมมากในเอเชียใต้แต่ไม่ได้การยอมรับว่าเป็นข้าวที่มีคุณภาพดีในตลาดตะวันออกไกล ข้าวที่มีกลิ่นหอมถือว่าเป็นข้าวที่มีคุณภาพสูงในตะวันออกกลาง ถึงแม้ว่าผู้บริโภคจะมีความมั่นใจว่าคุณภาพข้าวที่ตนต้องการเป็นอย่างไร แต่ในการซื้อขายข้าวจะมีการกำหนดมาตรฐานโดยอาศัยคุณภาพการสี คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี (เจนวิทย์, 2554)

### 2.1.2 คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ

คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ (เครือวัลย์, 2536) การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าวเช่น ข้าวหักนำไปแปรรูปเป็นแป้งข้าว และกลุ่มแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ การนำแป้งข้าวไปแปรรูปเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ ขนมหิน อาหารว่างและอาหารหวานต่างๆ ซึ่งเกณฑ์คุณภาพจากการแปรรูปข้าวนี้ยังคงเป็นลักษณะที่มาจากคุณสมบัติทางกายภาพเป็นส่วนใหญ่

1. น้ำหนักเมล็ด กำหนดได้ 2 แบบ คือ น้ำหนักต่อปริมาตร หมายถึงการชั่งน้ำหนักข้าวด้วยปริมาตรคงที่ เช่น กรัมต่อลิตร หรือ กิโลกรัมต่อถังและแบบที่ 2 เป็นแบบน้ำหนักต่อจำนวนเมล็ดหมายถึงการชั่งน้ำหนักข้าวด้วยจำนวนเมล็ดที่คงที่เช่น กรัมต่อ 100 เมล็ด หรือ กรัมต่อ 1,000 เมล็ดน้ำหนักเมล็ดถือเป็นลักษณะหนึ่งในการจำแนกพันธุ์ข้าวเพราะควบคุม

ลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่คงที่มากที่สุด อาจแปรปรวนได้บ้างจากสภาพแวดล้อม เช่น ชนิดของดิน การไถนุ้ย หรือสภาพภูมิอากาศ

2. สีเปลือกของข้าวเปลือก มีหลายสีตั้งแต่สีขาว ฟาง น้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลเข้ม น้ำตาลทอง ร่องน้ำตาล น้ำตาลแดง ม่วง หรือดำ เป็นต้นสำหรับพันธุ์ข้าวของประเทศไทยมีสีเปลือกส่วนใหญ่เป็นสีขาวหรือสีฟาง และสีน้ำตาล พันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพดีจะมีเปลือกสีอ่อน เพราะเปลือกสีเข้มเมื่อนำไปขัดสีจะไ้ร้อยละของแกลบสูง
3. สีข้าวกล้อง สีของข้าวเปลือก ถูกควบคุมโดยยีน (gene) หลายคู่สร้างสารสีประเภทแอนโทไซยานิน (anthocyanin ) อยู่ในส่วนของเยื่อหุ้มผล (pericarp) มีสีต่างๆกัน เช่น ขาว แดง น้ำตาลเข้ม น้ำตาลเทา และม่วงถึงม่วงเกือบดำ และบางพันธุ์เป็นพันธุ์เฉพาะที่ผู้บริโภคนิยมข้าวเป็นพิเศษมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวกล้องสีปกติ คุณภาพข้าวกล้องที่ เกี่ยวข้องกับสีนี้จึงขึ้นอยู่กับกลุ่มผู้บริโภค
4. ขนาดและรูปร่าง เป็นลักษณะประจำพันธุ์ เพื่อจำแนกข้าวและใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการซื้อขายข้าวของประเทศไทย โดยวัดขนาดเป็นความยาววัดรูปร่างจากอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างและกววัดความหนาของเมล็ด
5. ข้าวท้องไข หมายถึง จุดขาวขุ่นคล้ายขอลักที่เกิดในเนื้อของเมล็ดข้าวสาร ข้าวท้องไขนี้ เกษตรทั่วไปอาจเรียกว่า ข้าวท้องปลาชิว ข้าวท้องนา หรือข้าวจ็อกก็ เป็นต้น จัดเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่บ่งบอกคุณภาพและราคาข้าวเปลือก เนื่องจากเมล็ดข้าวที่เป็นข้าวท้องไข มาก เมื่อนำไปขัดสีจะทำให้เมล็ดหักจึงมีผลต่อคุณภาพการสีโดยตรงนอกจากนั้นเป็นลักษณะที่บ่งบอกถึงคุณภาพในด้านลักษณะปรากฏแก่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการเมล็ดข้าวสารที่ใสมากกว่าที่มีจุดขาวภายในเนื้อเมล็ด เมื่อข้าวสารเจ้านั้นมีข้าวท้องไขมากจะทำให้ราคาขายไม่ดี เป็นเหตุให้เจ้าของโรงสีต้องกำหนดเกณฑ์ธรรมชาติในการรับซื้อข้าวเข้าจากเกษตรกร และทำให้เกษตรกรต้องการพันธุ์ข้าวที่เป็นท้องไขน้อยหรือไม่เป็นข้าวท้องไข ดังนั้นนักวิชาการและนักปรับปรุงพันธุ์จึงพยายามหาสาเหตุและปรับปรุงพันธุ์ข้าวเข้า เพื่อไม่ให้มีลักษณะท้องไขเกิดขึ้นให้แก่เกษตรกร

6. ความเลื่อมมันของเมล็ด ข้าวกล้องที่มีความเลื่อมมันดีจะทำให้เมล็ดข้างไม่หัก ได้ข้าวเต็มเมล็ดมาก ข้าวหักน้อย ลักษณะความเลื่อมมันของเมล็ดเป็นผลจากการปฏิบัติดูแลรักษาข้าวขณะปลูกเป็นอย่างดี
7. ความขาวของข้าวสาร ความขาวของข้าวสารขึ้นอยู่กับระดับการขัดสีถ้าขัดเบาจะมีสีคล้ำกว่าขัดหนักๆ เพราะยังมีส่วนของรำติดอยู่ที่ส่วนของเมล็ดข้าว สำหรับข้าวเปลือกที่เก็บไว้นานนำไปขัดสีจะได้ข้าวสารสีคล้ำกว่าข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวใหม่ๆ ดังนั้นความขาวของข้าวจึงเป็นปัจจัยหนึ่งในการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานของข้าว
8. ความใสของเมล็ด เป็นลักษณะความโปร่งแสงโดยแสงส่องผ่านได้ทั้งเมล็ดข้าว ต่างจากข้าวห่อใจซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะจุด ในข้าวเจ้าด้วยกันหรือแม้แต่พันธุ์เดียวกันอาจมีความใสหรือความขุ่นต่างกัน ได้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่ปลูก ในขณะที่ข้าวเหนียวทั่วไปจะมีความทึบแสง
9. ปริมาณความชื้น ความชื้นของข้าว ทั้งในข้าวเปลือก และข้าวสาร ใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานสำคัญเพื่อการซื้อขายข้าว เนื่องจากปริมาณความชื้นสามารถบ่งชี้ถึงน้ำหนักของเนื้อข้าวที่ผู้ซื้อและผู้ขายเกี่ยวข้องด้วยกันโดยตรง ในการกำหนดราคาซื้อขาย และในทางอ้อมนั้นความชื้นสามารถบ่งชี้ถึงอายุการเก็บรักษาข้าวหรือบ่งบอกถึงความปลอดภัยในการเก็บการรักษาให้ข้าวมีคุณภาพดี นอกจากนี้ความชื้นของข้าวยังมีผลต่อคุณภาพการสีของข้าวเปลือก โดยเป็นปัจจัยสำคัญตั้งแต่การเก็บเกี่ยวข้าวแก่ ความชื้นที่เหมาะสม (ร้อยละ 22-26) การตากข้าวเปลือกเพื่อลดความชื้นลงให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา (ความชื้นไม่สูงกว่าร้อยละ 14) จนถึงเวลาการสีเปลือกที่มีความชื้นเหมาะสมก็จะทำให้ได้ข้าวเต็มเมล็ดสูง และข้าวหักน้อย

### 2.1.3 คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเมล็ดข้าวคือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และน้ำหรือความชื้น ซึ่งมีผลต่อต่อคุณภาพของข้าวทั้งในเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร โดยคาร์โบไฮเดรตซึ่งมีสตาร์ช (starch) เป็นหลัก และสตาร์ชนี้ประกอบด้วยอะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพคติน (amylopectin) ในสัดส่วนต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับชนิดของข้าวสำหรับโปรตีนในข้าวยังนับว่าเป็นแหล่งอาหารโปรตีนหลักสำหรับผู้บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ส่วนไขมันในข้าวจะอยู่กันเป็นกลุ่มไขมันที่มีรูปร่าง (lipid bodies) หรือหยดกลม (spherosomes) โดยอยู่ร่วมกับเม็ดสตาร์ช และโปรตีน (protein) ในชั้นแอลิวโรน (aleurone layer) และคัพพะ (embryo) จะมีผลในการเสื่อมเสียขณะเก็บรักษา (เครื่อวัลย์, 2536)

#### 1) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)

สตาร์ช เป็นคาร์โบไฮเดรตที่พบมากที่สุด ในเนื้อเมล็ดข้าว ประกอบด้วยพอลิเมอร์ 2 ชนิด คือ อะไมโลส และอะไมโลเพคติน สตาร์ชที่มีสัดส่วนของอะไมโลส และอะไมโลเพคตินที่แตกต่างกันทำให้สมบัติทางเคมีฟิสิกส์แตกต่างกัน ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสตาร์ชจึงมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากข้าว หรือแป้งข้าว ( อรอนงค์, 2550) อะไมโลส ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสจัดเรียงเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ  $\alpha$ -1, 4-glucosidic linkage มีโซ่กิ่งอยู่ประมาณ 3-4 กิ่ง โครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลสมีหลายรูปแบบเช่น สายตรง สายพันเกลียว (helix) เดี่ยวหรือคู่มีลักษณะเกลียวม้วน หรือเกลียวที่คลายตัว หรือม้วนอย่างไม่เจาะจง อะไมโลเพคติน ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสที่จัดเรียงเป็นพอลิเมอร์ที่มีโซ่กิ่งเป็นแขนงมาก เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ  $\alpha$ -1, 6 glucosidic linkage โครงร่างโมเลกุลของอะไมโลเพคตินมีลักษณะเป็นกิ่งก้านในลักษณะ โซ่กิ่งเกลียวคู่ จากสายที่ต่อด้วยน้ำตาลกลูโคสเริ่มต้น ซึ่งมีคาร์บอนที่หนึ่งเป็นหมู่รีดิวซ์

## 2) โปรตีน ( Protein )

โปรตีนในข้าวมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว ซึ่งพบในส่วนต่างๆ ของเมล็ด โดยมีมากในชั้นเปลือกหุ้มเมล็ดด้านนอกจะมีโปรตีนมากกว่าใจกลางเมล็ด โดยทั่วไปข้าวมีโปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 5 – 14 โมเลกุลของโปรตีนที่รวมตัวกันเป็นรูปร่างโปรตีน (Protein Bodies) ซึ่งมีกลูเทลิน (glutelin) เป็นองค์ประกอบหลักอยู่ในนั้นจะมี 3 รูปแบบคือผลึก (Crystalline) แบบรูปร่างกลมขนาดเล็ก และรูปร่างกลมขนาดใหญ่โปรตีนที่อยู่ส่วนนอกของเมล็ดมีส่วนทำให้ระยะเวลาการหุงเมล็ดข้าวสุกนานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนจะขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าวซึ่งส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกที่มีลักษณะนุ่ม เหนียว หรือร่วนนอกจากนี้ข้าวที่มีโปรตีนสูงยังทำให้เมล็ดแกร่งขึ้นทำให้ขัดสีออกได้ยาก (งามชื่น, 2547)

## 3) ไขมัน ( fat )

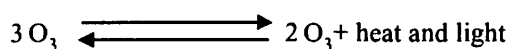
ข้าวมีปริมาณไขมันประมาณร้อยละ 3 และมีอยู่ในส่วนด้านนอกของเมล็ดมากกว่าในใจกลางเมล็ดดังนั้นการขัดสีข้าวให้ขาวทำให้ข้าวสารมีไขมันอยู่เพียงร้อยละ 0.3-0.5 (Hoseney, 1986) ประเภทไขมันในข้าวส่วนใหญ่คือ ไตรกลีเซอไรด์ รองลงมาคือ ฟอสโฟลิพิด (phospholipid) ไกลโคลิพิด (glycolipids) และเทอร์พีนอยด์ (terpenoids) ทั้งไขมันภายนอกและภายในเมล็ดสตาร์ชเป็นไขมันประเภทสารประกอบโมโนแอซิล (monoacyl) ซึ่งกลุ่มของโมโนอะซินจะเป็นกรดไขมันอิ่มตัว และ กรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่า สำหรับไขมันภายในเมล็ดสตาร์ชยังมีไลโซเลซิทีน (lysolecithin) และกรดไขมันอีกด้วย

## 4) สารหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2AP)

กลิ่นหอมข้าวทั่วไปอาจมีสารระเหยหลายชนิด ซึ่งพบว่าข้าวหอมมีสาร 2-acetyl 1- pyrroline มากกว่าข้าวทั่วไป สารนี้ในข้าวหอม 1 กรัมอาจมีสารนี้ ประมาณ 0.04 ไมโครกรัม และในข้าวกล้องอาจมีปริมาณ 0.1-0.2 ไมโครกรัมต่อกรัม (งามชื่น, 2547) สารหอมนี้สามารถพบในพันธุ์ข้าวหอมและไม่ใช่ว่าข้าวหอมบางพันธุ์ สารในพันธุ์ข้าวหอมจะ

พบในปริมาณมากกว่า ในข้าวหอมมะลิ 105 พบว่าปริมาณ 2-acetyl-1-pyrroline ใกล้เคียงกับพันธุ์ข้าวหอมอื่นๆ เช่น พันธุ์ Milagrosa พันธุ์ IR841 -76-1 และพันธุ์ Basmati 370 (Buttery et al., 1983) ข้าวพันธุ์มีสารหอมบางชนิดผู้บริโภคมองว่าอร่อย แต่บางกลุ่มก็ไม่ชอบซึ่งเป็นกลิ่นที่มีอยู่ประจำพันธุ์ ส่วนกลิ่นเหม็นอาจเกิดจากปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัว กรดอะมิโนที่มีสารซัลเฟอร์ในโมเลกุล สารประเภท แอมโมเนีย และ คาร์บอนไดออกไซด์ หรือ อะซิแทลดีไฮด์ ซึ่งเป็นกลิ่นที่ผู้บริโภคมองว่าไม่อร่อย

**2.2 แก๊สโอโซน (ozone หรือ O<sub>3</sub>)** ถูกค้นพบครั้งแรกโดย คริสเตียน ฟรีดริช เซินไบน์ (Christian friedrich schonbein) นักเคมีชาวเยอรมัน ในปี ค.ศ. 1840 โดยตั้งชื่อตามภาษากรีกคำว่า ozein ซึ่งแปลว่า โอโซน (คร.สี่บตระกูล, ไม่ระบุปี) เข้มข้นที่มีสีฟ้าที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (Standard Temperature Pressure STP ) เมื่ออุณหภูมิลดลงถึง -112 องศาเซลเซียส โอโซนจะเป็นของเหลวสีน้ำเงิน และเมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่า -193 องศาเซลเซียสก็จะกลายเป็นของแข็งสีขาว ปัจจุบันมีการนำโอโซนไปใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น การฆ่าเชื้อโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่า และรวดเร็วกว่าคลอรีน 3,125 เท่าและยังไม่เหลือสารตกค้าง การฆ่าเชื้อด้วยโอโซนในการผลิตน้ำดื่ม ใช้ฆ่าเชื้อในเครื่องมือแพทย์ใช้กำจัดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ และสารฆ่าแมลง เป็นต้น ZhangGui et al., 2003 กล่าวว่าโอโซนเกิดตามธรรมชาติในบรรยากาศชั้นสตราโทสเฟียร์โดยรังสีอัลตราไวโอเล็ต ทำให้ออกซิเจนแตกตัวเป็นสองอะตอม แก๊สโอโซนเกิดขึ้นเมื่ออะตอมนี้รวมกับออกซิเจนโมเลกุล ต่อด้วยปฏิกิริยา photochemical ทำให้เกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็ว ดังปฏิกิริยาที่แสดงในรูป 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงปฏิกิริยาการเกิดโอโซน (O<sub>3</sub>)

**2.2.1 โอโซน** มีสูตรโมเลกุล O<sub>3</sub> และมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 48 อยู่ในสถานะแก๊สที่อุณหภูมิความดันปกติมีจุดเดือด -111.9 องศาเซลเซียสที่มีความดันบรรยากาศและไม่เสถียรเป็นตัวออกซิแดนท์ (Oxidant หรือ Oxidizing Agent) ที่รุนแรงมากมีประสิทธิภาพสูงในการทำลาย กลิ่น สีและรสในน้ำและ

สามารถละลายในน้ำได้ประมาณ 20 เท่าของการละลายในน้ำของออกซิเจนแต่จะไม่เสถียรในน้ำ ความสามารถในการละลายน้ำของโอโซนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำและความดันของโอโซนในสถานะแก๊ส โอโซนมีความเสถียรในอากาศมากกว่าในน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอากาศที่เย็นและแห้ง โอโซนเป็นแก๊สที่โมเลกุลมีการเคลื่อนไหวคล่องแคล่วว่องไว เกิดจากการรวมตัวของออกซิเจน 3 ตัวในสภาวะไม่เสถียร ในช่วงอุณหภูมิปกติ 18-30 องศาเซลเซียส โอโซนจะแยกตัวกลายเป็นอะตอมของออกซิเจนซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และมีผลต่อจุลินทรีย์และสารเคมีหลายชนิด นอกจากนี้ โอโซนยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ได้แก่ *Escherichia coli*, *E.coli* o157:H , *pseudomonas fluorescens*, *salmonella typhimurium*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, *staphylococcus aureus*, *bacillus cereus* รวมทั้งยีสต์และสปอร์เชื้อรา เช่น *Aspergillus niger* (Restain et al., 1995; Moore et al., 2000) ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียของโอโซนขึ้นกับความเข้มข้น ระยะเวลาที่สัมผัส และสภาพที่เป็นกรดของอาหารจะช่วยให้โอโซนฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ดีขึ้น กลไกในการยับยั้ง จุลินทรีย์ของโอโซนอาจเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะคือโมเลกุลของโอโซนเข้าทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารเคมีที่อยู่ในเซลล์จุลินทรีย์และอนุมูลตัวกลางอิสระที่เกิดขึ้นเป็นตัวเข้าทำลาย โดยสามารถเข้าทำลายเซลล์เมมเบรนไซโทพลาสซึม โปรตีน และชั้นของไขมันในเซลล์จุลินทรีย์และเกิดการจับตัวเป็นก้อนของโปรตีนทำให้เซลล์แตก หรือเข้าทำลายระบบหายใจของเซลล์จุลินทรีย์อีกลักษณะคือโอโซนสามารถทำลายเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับ DNA และ RNA ของเซลล์จุลินทรีย์ คุณสมบัติโดดเด่นของโอโซนคือสามารถใช้ฆ่าเชื้อโรคในอาหารได้โดยไม่เกิดสารตกค้างเมื่อเปรียบเทียบกับสารเคมียับยั้งเชื้อราชนิดอื่น เนื่องจากสามารถแตกตัวให้แก๊สออกซิเจนอย่างรวดเร็วประมาณ 20-50 นาทีในอากาศ และ 1-10 นาทีเมื่ออยู่ในน้ำ นอกจากนี้ยังมีผลในการสลายสารพิษที่เชื้อราสร้างขึ้น รวมทั้งอะฟลาทอกซิน (aflatoxin) อีกด้วย โอโซนเป็นสารอยู่ในสถานะแก๊สประกอบด้วยโมเลกุลของออกซิเจน 3 โมเลกุล แก๊สโอโซนพบมากที่ระดับความสูงประมาณ 10-50 กิโลเมตรเหนือผิวโลกในชั้นบรรยากาศสตราโตสเฟียร์ (stratospheres) ช่วยลดอันตรายจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ แก๊สโอโซนเกิดได้เองตามธรรมชาติจากกระแสไฟฟ้าแรงสูงในอากาศเนื่องจากฟ้าผ่าหรือฟ้าแลบทำให้เกิดแก๊สออกซิเจนซึ่งปรกติประกอบด้วยออกซิเจน 2 อะตอมรวมกันเป็น 1 โมเลกุล (O<sub>2</sub>) แตกตัวเป็นออกซิเจนอะตอม (O) อิสระแล้ว



รวมกับแก๊สออกซิเจนโมเลกุลอื่นเกิดเป็นโอโซนโมเลกุล ( $O_3$ ) นอกจากนี้รังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ก็ยังสามารถทำให้ออกซิเจนโมเลกุลแตกตัวเกิดแก๊สโอโซนได้เช่นกัน  $O_3$  ที่เกิดขึ้นโดยวิธีนี้มีปริมาณเพียง 0.02 – 0.2 ppm เท่านั้น

โอโซน เกิดจากแก๊สออกซิเจน แตกตัวเป็นอะตอมของธาตุออกซิเจน (O) หลังจากนั้น อะตอมของธาตุออกซิเจนจะไปรวมกับแก๊สออกซิเจนกลายเป็นโอโซน โอโซนเป็นแก๊สที่ไม่คงตัวจะแตกสลายให้แก๊สออกซิเจนและออกซิเจนอะตอมเรื่อยๆ อะตอมของออกซิเจนที่แตกตัวบางส่วนจะทำหน้าที่เป็น oxidizing agents ซึ่งสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ บางส่วนก็รวมตัวกันเองเป็นแก๊สออกซิเจนเป็นอย่างนี้เรื่อยๆ ไปจนหมด จึงไม่เกิดสารตกค้างในสิ่งแวดล้อม หากใช้ในปริมาณที่เหมาะสมและถูกต้อง โอโซนเป็นแก๊สที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างออกไซด์ของไนโตรเจน ไฮโดรคาร์บอน และมีแสงแดดเป็นตัวพลังงานที่ทำให้เกิดแก๊สโอโซน โดยปกติแล้วในบรรยากาศชั้นล่าง จะมีโอโซนปะปนอยู่เล็กน้อย ซึ่งมีมากแถวชายทะเลที่แสงแดดจัด ส่วนในบรรยากาศที่ชั้นบนจะมีเป็นชั้นโอโซนอยู่ ประโยชน์ของโอโซนคือ เพิ่มออกซิเจนในอากาศทำให้อากาศบริสุทธิ์ขึ้น แต่ถ้าในบรรยากาศของเรามีแก๊สโอโซนมากเกินไป ก็จะก่อให้เกิดโทษได้มากมายเช่นกัน เช่น ทำให้เกิดอาการแสบตา ระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ และรุนแรงถึงขั้นก่อให้เกิดมะเร็งผิวหนังได้ เพราะแก๊สโอโซนนั้นมีคุณสมบัติยอมให้แสงผ่านได้มากกว่าแก๊สชนิดอื่น

ในปี 1976 องค์กรปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Environmental Protection Agency, U.S.EPA ) พบว่าโอโซน สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Antimicrobial agent ) และรับรองความปลอดภัยในการใช้โอโซนฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำได้ เช่นเดียวกับองค์กรอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Food And Drug Administration U.S.FDA) ยอมรับการใช้โอโซนในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และมีความปลอดภัยในการใช้กับอาหาร Food Additive Agent ตลอดจนรายงานการศึกษาโดย U.S.EPA ในปี 2007 พบว่าน้ำโอโซน (Ozonated Water) ที่ระดับความเข้มข้น 6 – 10 ppm มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนเชื้อแบคทีเรีย Bacillus atrophaeus, Staphylococcus epidermidis และเชื้อ

รา *Rhodotorula mucilaginosa*, *penicillium brevicompactum* ทั้งชนิดที่สร้างสปอร์ได้และไม่สร้างสปอร์ได้ร้อยละ 99.99 ในเวลา 24 ชั่วโมง

## 2.2.2 การใช้โอโซนในการฆ่าเชื้อและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเปรียบเทียบผลของโอโซนต่อความอยู่รอดของแบคทีเรีย *Escherichia coli* โดยเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีที่มีการฆ่าเชื้อ (Disinfectant) ที่นิยมใช้ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย พบว่าน้ำโอโซนทำลายเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ได้ดีกว่าคลอรีน (Chlorine) และรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet Radiation) ด้วยการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียมีฤทธิ์ โดยซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียได้อย่างรวดเร็วทำให้เยื่อหุ้มเซลล์สูญเสียสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่าน เสียสมดุลย์สารน้ำ และส่งผลให้เซลล์แบคทีเรียได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์สูญเสียสมบัติการเป็นเยื่อผ่าน เสียสมดุลย์สารน้ำ และส่งผลให้เซลล์แบคทีเรียแตกในที่สุด (Osmotic Bursting) แสดงพบว่าน้ำโอโซนสามารถทำลายไวรัสได้หลายชนิดทั้งชนิดที่มีถุงหุ้ม (Enveloped Viruses) และชนิดที่ไม่มีถุงหุ้ม (Non-Enveloped) ได้แก่ herpes simplex virus type-1, vaccinia virus, adenovirus type-2, และ influenza A virus นอกจากนี้ Thabet และคณะ (2007) ยังพบว่า สามารถทำลายไข่ของพยาธิ *Schistosomiasis mansoni* ในหนูได้ การใช้ประโยชน์ทางการแพทย์อื่นๆ การศึกษาในหลอดทดลอง (Invitro) แสดงให้เห็นความเป็นไปได้ในการใช้น้ำโอโซนทำความสะอาดฟัน พบว่าการใช้น้ำโอโซนทำความสะอาดฟันไม่ส่งผลใดๆต่อสารเคลือบฟัน (Enamel) ตลอดจนคุณภาพของชิ้นส่วน Denture Alloy ที่ใช้ในช่องปาก การทดลองในห้องปฏิบัติการยังพบว่าน้ำโอโซนมีฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรีย streptococcs. Mutans, Methicillin-Resistant Staphylococcus Aureus (MRSA) และ *Candida Albicans* และกำจัด Biofilms ของเชื้อแบคทีเรีย legionella pneumophila mycobacterium spp., pseudomonas aeruginosa และ canida spp., ใช้น้ำโอโซนในการหัตถกรรมทางทันตกรรมพบว่ายับยั้งการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของเชื้อแบคทีเรียบริเวณบาดแผลทำให้เชื่อว่าการติดเชื้อแบคทีเรียของเนื้อฟันภายหลังได้ เนื่องจาก โอโซนไม่เสถียรจึงมีแนวโน้มที่จะสลายตัวกลับเป็นแก๊สออกซิเจนได้ง่าย มีครึ่งชีวิต (Half-Life) 12 ชั่วโมงในบรรยากาศ และเพียง 20-30 นาทีหากละลายอยู่ในน้ำ หรือกล่าวได้ว่าการใช้ ไม่มีการตกค้างที่จะเป็น

อันตรายใดเลยกระนั้นก็ตามพบว่าหากมนุษย์หายใจรับ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (>0.1 ppm ) ทำให้ระบบทางเดินหายใจระคายเคือง ปวดศีรษะ เป็นไข้ คลื่นไส้ และอาเจียนได้หรือหากได้รับความเข้มข้นสูง (>6 ppm) จะเกิดภาวะปอดบวมน้ำ (Pulmonary Edema) ได้ (Horvath et al.,1985) ส่งผลให้การสร้างโอโซนและเก็บไว้จะไม่สามารถทำได้จึงต้องสร้างขึ้น ณ แหล่งที่จะใช้งานเลย

ผลของโอโซนต่อคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย (สมภพ, 2558) การศึกษาผลของการใช้แก๊สโอโซน ต่อการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ ทางเคมีกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยหลังการเก็บเกี่ยวโดยการรมผลมะม่วงด้วยแก๊สโอโซนความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) ,2, 4 และ 6 ppm เป็นเวลา 30 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสจนถึงสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา ผลที่ได้พบว่ามะม่วงชุดควบคุมมีปริมาณจุลินทรีย์เกินมาตรฐานเมื่อเก็บรักษานาน 6 วันและ 9 วันตามลำดับ การรมผลมะม่วงด้วยแก๊สโอโซนความเข้มข้น 6 ppm มีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินมาตรฐานลดอายุการเก็บรักษา และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้เป็นเวลา 15 วัน การใช้แก๊สโอโซนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ความแน่นเนื้อ สี ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด ปริมาณกรดที่ไต่เตรทได้ และคะแนนทางประสาทสัมผัสสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ( $p < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับการรมด้วยแก๊สโอโซนความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม),2 และ 4 ppm

การประยุกต์ใช้สารฆ่าเชื้อกลุ่มออกซิไดส์ซึ่งเพื่อลดจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ (ถัจฉรา แสนคม, 2558) ศึกษาปัจจัยของความเข้มข้นและเวลาดำรงที่เหมาะสมของการใช้สารฆ่าเชื้อกลุ่มออกซิไดส์ซึ่ง 2 ชนิด คือ น้ำโอโซนและน้ำอิเล็กโทรไลซ์ชนิดกรด (น้ำ EO ชนิดกรด) สกัดวัตถุดิบสัตว์น้ำสคร่วมกับการเก็บที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนตามธรรมชาติและยืดอายุการเก็บ พบว่าสภาวะเหมาะสมที่ให้ประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อ E.coli ดีที่สุดเมื่อใช้น้ำโอโซนความเข้มข้น 0.5 ppm ล้างกุ้งขาว, และเนื้อปลาแล่ตามลำดับ เวลาดำรง 15 นาทีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสร่วมกับการเขย่าอย่างต่อเนื่องที่ความเร็วรอบ 150 ppm สามารถลดปริมาณเชื้อทั้งหมดได้ 76% ตามลำดับสำหรับเชื้อ E.coli นั้นตลอดการทดลองไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อชนิดนี้สรุปได้ว่าเวลาและปริมาณเชื้อเริ่มต้นในอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำลายและ

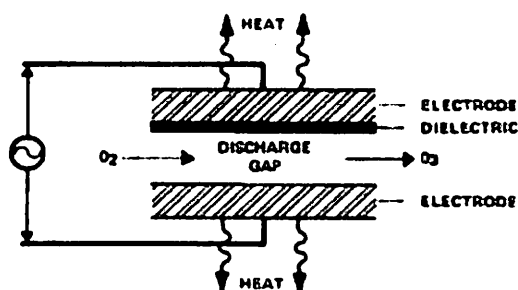
สามารถยืดอายุการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นได้ 2-3 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ล้างด้วยน้ำผสมสารฆ่าเชื้อชนิดออกซิไดส์ซึ่ง

การลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์บนเนื้อไก่โดยการล้างด้วยน้ำไอโซน สารละลายกรดแลกติก และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (คมแข, 2556) การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์บนเนื้อไก่โดยการล้างด้วยน้ำประปา น้ำไอโซนสารละลายกรดแลกติก และสารละลายโซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์ เป็นการศึกษาการยับยั้งจุลินทรีย์บนเนื้อไก่ด้วยสารละลายคลอรีน (แคลเซียมไฮโปคลอไรด์) และน้ำไอโซน ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยศึกษาสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 0, 50, 100, 150, และ 200 ppm น้ำไอโซน ความเข้มข้น 5 และ 10 ppm ผลการศึกษาพบว่าภายหลังการล้างสารละลายคลอรีนทุกความเข้มข้น น้ำประปาสามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด จุลินทรีย์ที่เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ โคลิฟอร์มทั้งหมด ฟีคอลลโคลิฟอร์ม และ E.coli แต่เมื่อเก็บรักษาเนื้อไก่ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วันพบว่าเนื้อไก่ที่ล้างด้วยน้ำคลอรีนที่ความเข้มข้น 50, 100, 150, และ 200 ppm มีค่าลดลง 0.52, 0.19, 0.46, 0.94 และ 1.01 log CFU/g ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่ากลุ่มที่จุ่มในสารละลายคลอรีน 200 ppm สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ดีที่สุด

### 2.2.3 วิธีการที่นิยมใช้ในการผลิตไอโซนในปัจจุบันมี 4 วิธี

ปัจจุบันวิธีการที่นิยมใช้ในการผลิตไอโซนมี 4 วิธีดังนี้

1. Corona discharge เป็นวิธีการจำลองการเกิดไอโซน ตามปรากฏการณ์ฟ้าผ่าในธรรมชาติ โดยใช้กระแสไฟฟ้าความต่างศักย์สูงทำลายโมเลกุลของออกซิเจน แล้วจึงลดพลังงานโมเลกุลเพื่อเอื้อให้เกิดการจับกันของโมเลกุลออกซิเจนอิสระได้เป็นไอโซน ในที่สุดดังแสดงในรูปที่ 2.2 วิธีนี้นิยมใช้มากที่สุดเนื่องจากต้นทุนต่ำและสร้างไอโซนได้มากพอในการใช้ประโยชน์เชิงการค้า



รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงกระบวนการสร้าง ( $O_3$ ) ด้วยวิธี Corona Discharge

2. UV radiation เป็นวิธีจำลองการเกิดโอโซน ในธรรมชาติกล่าวคือการใช้รังสี UV ความยาวคลื่นสั้นโดยเฉพาะที่ 254 nm ซึ่งจะมีพลังงานมากพอที่จะทำให้โมเลกุลของออกซิเจนไม่เสถียรได้เป็นโมเลกุลออกซิเจนอิสระแล้วจึงสร้างโอโซนได้ใหม่วิธีนี้มีต้นทุนสูงและผลิตโอโซนได้น้อยกว่า
3. Electrolysis วิธีนี้ทำโดยให้กระแสไฟฟ้าวิ่งในตัวนำไฟฟ้าที่มีสถานะเป็นของเหลว Electrolyte เช่น น้ำ วิธีนี้ประสิทธิภาพในการผลิตโอโซนไม่ดี ยังต้องการ การพัฒนาต่อไป
4. Radiochemical ใช้สารกัมมันตรังสี (Radioactive) เป็นแหล่งพลังงานเพื่อแยกโมเลกุลออกซิเจนเป็นวิธีที่ผลิตโอโซน ได้ปริมาณมาก ต้นทุนต่ำ แต่ต้องมีการควบคุมความปลอดภัยที่ดีพอ

### 2.3 สารรมควัน (Fumigants)

สารรมควันพิษที่ใช้ในประเทศไทย มี 2 ประเภท คือ 1) โลหะฟอสไฟด์ ได้แก่ แมกนีเซียมฟอสไฟด์ (Magnesium Phosphide) และอลูมิเนียมฟอสไฟด์ (Aluminium phosphide) และ 2) เมทิลโบรไมด์ (Methyl Bromide) ที่อาจมีการนำเข้ามาในรูปแบบของเมทิลโบรไมด์+คลอโรพิกริน (Methyl Bromide + Chloropicrin) โดยมีปริมาณการนำเข้ารวมเฉลี่ยตั้งแต่ พ.ศ. 2550-2555 อยู่ที่ 960.91 ตัน/ปี สารที่มีปริมาณการนำเข้าเฉลี่ยสูงสุด คือ อลูมิเนียมฟอสไฟด์ เฉลี่ยนำเข้าปีละ 562.81 ตัน รองลงมา คือ เมทิลโบรไมด์+คลอโรพิกริน และเมทิลโบรไมด์ มีการปริมาณการนำเข้าเฉลี่ย 357.69 และ 103.85 ตัน/ปี และที่มีการนำเข้าน้อยที่สุด คือ แมกนีเซียมฟอสไฟด์ 16.17 ตัน/ปี (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร 2556)

### 2.3.1 เมทิลโบรไมด์

หรือชื่อทางเคมี คือ โบรโมมีเทน (Bromomethane) มีสูตรโมเลกุล  $\text{CH}_3\text{Br}$  เป็นสารรมที่มีการใช้ตั้งแต่ ค.ศ. 1932 มีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ เป็นแก๊สที่ไม่มีสีและกลิ่นหนักกว่าอากาศ 3.4 เท่ามีจุดเดือดที่ 3.6 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท นั่นคือจะระเหยเป็นแก๊สทันทีที่อุณหภูมิปกติ ไม่ติดไฟ ไม่ระเบิด ไม่กัดกร่อน โลหะ มีความสามารถแทรกซึมสูงรวดเร็วและทั่วถึง กระจายตัวได้เร็ว มีพิษต่อพืชและความงอกของเมล็ด พันธุ์บางชนิด เป็นพิษต่อแมลงและสัตว์เลือดอุ่นสูงมาก มี Ceiling Concentration 5 ppm หมายความว่าถ้าหายใจเอาแก๊สนี้เข้าไปเกินกว่า 5 ppm ทุกๆวัน วันละ 7-8 ชั่วโมงเป็นเวลา 5 วันใน 1 สัปดาห์จะเป็นอันตราย ซึ่งหากได้รับในความเข้มข้นสูง ก็จะมีอันตรายมากขึ้น มีข้อกำหนดไว้คือ 100 ppm ใน 7 ชั่วโมง 400 ppm ใน 1 ชั่วโมง และ 1000 ppm ใน 5 นาที และเนื่องจากเป็นแก๊สที่ไม่มีสีและกลิ่น หากรั่วจะไม่สามารถทราบได้ จึงมีการผสม warning Gas เข้าไปด้วย เช่น ผสม Chloropicrin ซึ่งเป็นแก๊สน้ำตาลไปร้อยละ 2 หากรั่วจะรู้สึกแสบตา เป็นสารที่ใช้ในภาคเกษตร ใช้สำหรับป้องกันและกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ สามารถฆ่าแมลงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต มีความสามารถในการฟุ้งกระจาย และแทรกซึม เข้าไปในสินค้าได้ดี โดยใช้รมควั่นใน ดิน ธัญพืช โกดัง และเรือ นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารกำจัดไรและกำจัดวัชพืชด้วย ในอดีตเคยมีการใช้เป็นสาร ทำความเย็นในตู้เย็น แต่เดี๋ยวนี้ไม่นิยมแล้ว เพราะอันตรายจากพิษของมัน ในภาคอุตสาหกรรม ใช้เป็นสารในการสังเคราะห์สารเคมีอื่นๆ สารตัวนี้ ระเหยเข้าสู่บรรยากาศได้รวดเร็ว และแพร่กระจายสู่ชั้น บรรยากาศแต่ในที่สุดก็จะกลับสู่พื้น โลกโดยมากับฝนหรือน้ำค้าง อัตราการใช้สารรม เมทิลโบรไมด์ คือ 32 กรัม/ลูกบาศก์เมตร หรือ 2 ปอนด์/เนื้อที่ 1,000 ลูกบาศก์ฟุต ในระยะเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ส่วนใหญ่อันตรายต่อคนจะเกิดจากการหายใจเข้าไป ทำความระคายเคืองต่อ ปอด และเป็นพิษต่อระบบประสาท ทำให้เกิดการเสพติด ได้ด้วย ในระยะสั้น จะมีอาการได้แก่ อาการปวดหัว คลื่นไส้ อาเจียน มองไม่ชัด วิงเวียน สับสน สูญเสียการควบคุมการทรงตัว พูดอ้อแอ้ ผิวหนัง ตา และระบบทางเดินหายใจเกิดการระคายเคือง ในการเป็นพิษอย่างรุนแรงทำให้เป็นอัมพาต ชัก อาการโคม่า และอาจถึงแก่ชีวิต ค่า ครึ่งชีวิตการกลายเป็นไอของ เมทิลโบรไมด์จากผิวน้ำ มีอัตราอยู่ที่ 3.1 ชั่วโมงถึง 5 วันและมีค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัวในน้ำอยู่ที่ 20-38 วัน ขึ้น กับอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าครึ่งชีวิตการ

กลายเป็นไอของ เมทิลโบรไมด์จากผิวดิน ก่อนข้างรวดเร็วด้วยอัตรา 0.2-0.5 วัน ส่วนค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัวในดินคือ 31-55 วัน

### 2.3.2 สถานะของเมทิลโบรไมด์และคลอโรฟิทรินในสหภาพยุโรป

สารทั้ง 2 ชนิดนี้ไม่สามารถขึ้นทะเบียนเพื่อใช้ในสหภาพยุโรป โดยเมทิลโบรไมด์ ได้มีการรายงานเมื่อวันที่ 28 มกราคม ค.ศ. 2011 เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจไม่บรรจุรายชื่อสารเมทิลโบรไมด์ ใน อนุสัญญาสหประชาชาติ (Annex I) เนื่องจาก มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์อย่างรุนแรงและสิ่งแวดล้อม และมีข้อกังวลถึงการขาดข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงของปริมาณที่รับสัมผัสที่เชื่อถือได้ และความไม่แน่นอนในการประเมินความเสี่ยงของผู้ประกอบการและคนงาน สำหรับคลอโรฟิทริน สหภาพยุโรปไม่อนุญาตให้มีการขึ้น ทะเบียนตั้งแต่ วันที่ 11 ตุลาคม ค.ศ. 2011 เนื่องจากมีข้อกังวลถึง ความเสี่ยงต่อผู้ใช้ ความเสี่ยงต่อ การปนเปื้อนในน้ำผิวดิน ความเสี่ยงจากความสามารถในการแพร่กระจายในชั้นบรรยากาศ ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ นก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

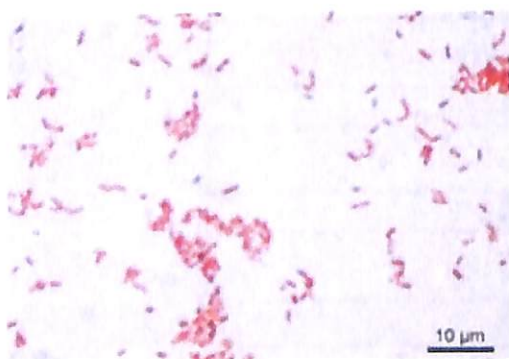
### 2.3.3 เมทิลโบรไมด์เป็นวัตถุอันตราย

เมทิลโบรไมด์ (Methyl bromide, CH<sub>3</sub>Br) เป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะเกิดไฮโดรไลซิส ได้เมทิลแอลกอฮอล์ และ อนุมูลโบรไมด์ อาการพิษคือ การสูดดมหรือซึมเข้าทางผิวหนัง จะเกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ทรงตัวลำบาก อ่อนเพลีย อัมพาต ปัสสาวะน้อยกว่าปกติ เนื่องจากไตบกพร่องความคิดสับสน ความดันต่ำ ชัก ปวดบวม น้ำ ดาย หากถูกผิวหนังจะระคายเคืองเป็นเม็คตุ่มพอง เมทิลโบรไมด์ เป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 3 ตาม พ.ร.บ. วัตถุอันตราย ควบคุม โดยกรมวิชาการเกษตร เป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 ตาม พ.ร.บ. วัตถุอันตรายควบคุม โดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เป็นสารที่อยู่ในพิธีสารมอนทรีออลว่าด้วยสารทำลายชั้น บรรยากาศโอโซน ซึ่งประเทศไทยได้ให้สัตยาบันเข้าร่วมเป็นภาคีสมาชิกพิธีสารมอนทรีออลในวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2532 ทำให้ประเทศไทยต้องปฏิบัติตามพันธกรณี คือ ควบคุมปริมาณการนำเข้าสารเมทิลโบรไมด์ ตั้งแต่ พ.ศ. 2545 ไม่ให้เกินระดับค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้ของปี พ.ศ. 2538-2541 และในปี พ.ศ. 2548 ให้ลดลงร้อยละ 20 และให้ยกเลิกการใช้ภายในสิ้น ปี พ.ศ. 2558

### 2.3.4 เชื้ออีโคไล (Escherichia coli)

Escherichia coli หรือ E. coli เป็นเชื้อแบคทีเรียประจำถิ่น (Normal Flora) ที่พบได้ในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่น โดยปกติจะไม่ทำอันตรายหรือก่อโรคร้ายแรง เมื่ออยู่ในลำไส้จะช่วยย่อยอาหารที่เรารับประทานเข้าไป แต่หากเชื้อ E. coli ลุกล้ำเข้าสู่ระบบต่างๆ ของร่างกายก็จะทำให้เกิดโรคติดเชื้อรุนแรง เช่น โรคติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะ โรคเชื้อหุ้มสมองอักเสบและการติดเชื้อในกระแสเลือด เป็นต้น และมีเชื้อ E. coli บางสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วงได้ โดยการปนเปื้อนของเชื้อในอาหารหรือน้ำดื่ม ทั้งนี้เชื้อ E. coli ที่สามารถก่อโรคอุจจาระร่วง (Diartheagenic E. coli) จะมีกลไกการก่อโรคและสามารถสร้างสารพิษได้แตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์เช่น เชื้อ Enterotoxigenic E. coli

(แสดงดังรูปที่ 2.3.4) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่สร้างสารพิษ enterotoxin ทำให้เกิดอาการท้องร่วงแบบเฉียบพลัน ถ่ายเหลวเป็นน้ำ หรือเชื้อ enterohaemorrhagic E. coli ที่สร้างสารพิษ Shiga ทำให้เกิดอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง ถ่ายเป็นมูกเลือด ก่อให้เกิดกลุ่มอาการเม็ดเลือดแดงแตกและไตวายเฉียบพลัน



รูปที่ 2.3.4 เซลล์อีโคไลภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (ที่มา : สำนักความปลอดภัยแรงงาน )

การติดต่อ โดยปกติแล้วเชื้อ E. coli จะอาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและยังอาศัยอยู่ในสัตว์เช่น สุกร โค กระบือ เป็นต้น ดังนั้น เชื้อจะถูกขับผ่านออกมากับอุจจาระสัตว์ได้ถ้าสัตว์ถ่ายอุจจาระลงดินหรือแหล่งน้ำ ซึ่งใช้เป็นแหล่งเพาะปลูกหรืออุปโภคบริโภค เชื้อที่ปนเปื้อนไปกับผลผลิตและน้ำดื่มจะเข้าสู่ร่างกายคนโดยการรับประทาน นอกจากนี้ เชื้อยังสามารถติดต่อจากผู้ป่วย ผู้คนอื่นได้โดยตรง (ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ มิถุนายน 2557 )