

บทที่ 2

เอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วัตถุประสงค์เสีย

จูไรรัตน์ (2537) ได้ให้ความหมายของวัตถุประสงค์เสียว่า เป็นสารประกอบเคมีหรือของผสมของสารประกอบเคมี ที่ช่วยในการถนอม หรือยืดอายุการเก็บของอาหาร หรือสารที่ช่วยในการยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเกิดการเน่าเสีย

ผลิตภัณฑ์อาหารจะมีสารอาหารจำเป็นสำหรับจุลินทรีย์ที่หลงเหลือหรือปนเปื้อนอยู่ระหว่างกรรมวิธีการผลิต เช่น น้ำ โปรตีน ไขมัน ซึ่งวัตถุประสงค์เสียมีกลไกในการขัดขวางการดูดซึมอาหารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ (วิจิตร,2543)

2.2 วัตถุประสงค์ของการใช้วัตถุประสงค์เสีย

ศิวาพร (2546) กล่าวว่าวัตถุประสงค์ของการใช้ เพื่อช่วยยืดอายุในการเก็บหรือช่วยให้อาหารนั้นมีคุณภาพคงที่ โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติหรือคุณภาพของอาหาร

2.3 ปฏิบัติการต่อต้านจุลินทรีย์ของวัตถุประสงค์เสีย

วัตถุประสงค์เสียในอุดมคติจะต้องสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ยีสต์ แบคทีเรีย และจะต้องไม่เป็นพิษกับสัตว์ทดลอง แม้แต่มนุษย์จะต้องไม่เป็นสารที่จะทำให้เกิดการสะสมในเนื้อเยื่อไขมัน และควรจะต้องเป็นสารที่ละลายน้ำได้ มีความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหารไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่นที่เติมในอาหาร หรือส่วนประกอบตามธรรมชาติของอาหารเอง ปฏิบัติการของวัตถุประสงค์เสียสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท (ไพบูลย์, 2544)

1) ปฏิบัติการยับยั้งและการทำลาย ความแตกต่างของการยับยั้งเชื้อรากับแบคทีเรียขึ้นกับอัตราการตายของจุลินทรีย์ ฉะนั้นปริมาณของวัตถุประสงค์เสียที่ใช้จึงมีความสำคัญ (Luck, 1980) ถ้าความเข้มข้นของวัตถุประสงค์เสียเพิ่มขึ้น การเจริญของเซลล์จะช้าลง ในขณะที่เวลานับอัตราการตายของจุลินทรีย์จะถูกเร่งให้เร็วขึ้น ถ้าใช้ความเข้มข้นของวัตถุประสงค์เสียในปริมาณที่จะทำให้เกิดการปลดเชื้อ จะพบว่าจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกทำลายตั้งแต่แรก แต่ถ้ามีจุลินทรีย์ที่สามารถรอดตายได้ก็จะ

ขยายพันธุ์ในเวลาต่อมา ฉะนั้นอาจกล่าวได้ว่าวัตถุกันเสียดจะทำหน้าที่ได้ดีที่สุดต่อเมื่อปริมาณที่ใช้เพียงพอเท่านั้น แม้ว่าผลของวัตถุกันเสียดจะไม่ขึ้นกับจำนวนจุลินทรีย์โดยตรงก็ตาม แต่ในทางปฏิบัติพบว่าการใช้วัตถุกันเสียดควรจะทำต่อเมื่อมีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำ ทั้งนี้เพื่อให้วัตถุกันเสียดสามารถไปยับยั้งจุลินทรีย์ในระยะเริ่มต้นของแล็ก-เฟส (lag phase)

2) ปฏิกริยาต่อเซลล์จุลินทรีย์ สารที่มีคุณสมบัติทำลายจุลินทรีย์จะเกิดปฏิกริยาการทำลายก็ต่อเมื่อเซลล์จุลินทรีย์ได้สัมผัสกับสารนั้น ๆ ในปริมาณที่เพียงพอปฏิกริยาการทำลายของสารแต่ละชนิดที่จริงแล้วจะมีลักษณะจำเพาะกับจุลินทรีย์บางชนิดเท่านั้น ซึ่งปฏิกริยาดังกล่าวจะรวมถึงกลไกทางฟิสิกส์ เคมีกายภาพและชีวเคมี โดยมีผลกระทบต่อระบบผนังเซลล์ และ/หรือเนื้อเยื่อเซลล์ หรืออาจจะมีผลกระทบต่อกิจกรรมของเอนไซม์ หรือ โครงสร้างของยีนใน โพรโตพลาสซึม

ปกติผนังเซลล์จะทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันสารต่าง ๆ แต่วัตถุกันเสียดจะไปทำให้ผนังเซลล์นี้หายไปหรือชั้นของลิโปโพลีแซกคาไรด์ที่ห่อหุ้มเซลล์หายไป เช่น การใช้อีดีทีเอ (EDTA) กับเชื้อ *Escherichia coli* โดยสารอีดีทีเอจะทำปฏิกริยากับลิโปโพลีแซกคาไรด์ ทำให้วัตถุกันเสียดสามารถเข้าไปในเซลล์ และทำให้ผลการทำลายจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น (Sinskey, 1980)

จากที่กล่าวมาทั้งหมด อาจสรุปได้ว่า วัตถุกันเสียดจะไปยับยั้งปฏิกริยาของเอนไซม์บางชนิด หรือการสังเคราะห์เอนไซม์ในเซลล์จุลินทรีย์ ซึ่งยังมีผลทำให้ไปยับยั้งเอนไซม์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเมตาโบลิซึมหลักของเซลล์ การสังเคราะห์โปรตีนหรือการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก วัตถุกันเสียดอาจสามารถไปยับยั้งกิจกรรมต่าง ๆ ในเซลล์ร่างกายของมนุษย์ได้เช่นกัน แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่า วัตถุกันเสียดที่มีผลต่อเอนไซม์ในเซลล์จุลินทรีย์จะมีอันตรายต่อมนุษย์หรือไม่ ทั้งนี้ปัจจัยสำคัญที่ใช้ประเมินผลดังกล่าวได้แก่ ความเข้มข้นของวัตถุกันเสียดที่ใช้ ซึ่งปกติพบว่า ปริมาณที่ใช้กับจุลินทรีย์มีค่าต่ำกว่าที่จะมีผลต่อมนุษย์ เว้นแต่วัตถุกันเสียดนั้นเป็นสารชนิดที่สามารถสะสมในร่างกายมนุษย์ได้ วัตถุกันเสียดส่วนใหญ่ เช่น กรดซอร์บิกจะสลายตัวในร่างกายได้รวดเร็วและถูกขับออกจากร่างกายจึงไม่มีผลตกค้างอยู่ในร่างกาย แต่อย่างไรก็ตามไม่มีวัตถุกันเสียดตัวใดที่จะมีประสิทธิผลในการทำลายเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรียได้อย่างเท่าเทียมกัน หรือพูดอีกนัยหนึ่งก็คือไม่มีวัตถุกันเสียดชนิดใดจะมีความสมบูรณ์ในการทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิดได้ โดยทั่วไปวัตถุกันเสียดมีความสามารถทำลายเชื้อราและยีสต์ ส่วนวัตถุกันเสียดอีกจำนวนหนึ่งไม่มีผลในการทำลายเชื้อแบคทีเรีย ทั้งนี้เพราะว่าวัตถุกันเสียดดังกล่าวไม่มีฤทธิ์ที่ค่าความเป็นกรดต่างเป็นกลาง ตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงชนิดของวัตถุกันเสียดที่มีผลต่อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 2.1 ชนิดของวัตถุกันเสียที่มีผลต่อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ

ชนิดของสาร	แบคทีเรีย	ยีสต์	รา
ไนไตรต์	++	-	-
ซัลไฟต์	++	+	+
กรดฟอร์มิก	+	++	++
กรดไพรูวอิก	+	++	++
กรดซอร์บิก	+	+++	+++
กรดเบนโซอิก	++	+++	+++
พารา-ไฮดรอกซีเบนโซอิก	++	+++	+++
แอซิด เอสเทอร์			
ไดฟีนิล	-	++	++

หมายเหตุ - แสดงว่า ไม่มีผล
 + แสดงว่า มีผลบ้างเล็กน้อย
 ++ แสดงว่า มีผลปานกลาง
 +++ แสดงว่า มีผลมาก

ที่มา : Lueck (1980)

จุลินทรีย์บางชนิด สามารถพัฒนาให้มีความต้านทานต่อวัตถุกันเสียในระยะเวลาหนึ่ง โดยจุลินทรีย์ที่มีความต้านทานต่อวัตถุกันเสียชนิดหนึ่ง จะมีความไวหรือถูกทำลายได้ง่ายด้วยวัตถุกันเสียอีกชนิดหนึ่ง ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงชนิดจุลินทรีย์และความเข้มข้นของวัตถุกันเสียที่ใช้ อีกทั้งในปัจจุบันมีการใช้วัตถุกันเสียป้องกันจุลินทรีย์ชนิดสร้างสารพิษ โดยเฉพาะเชื้อรามากขึ้น เช่น การใช้กรดซอร์บิกเพื่อยับยั้งเชื้อราไมโครทอกซิน หรือการใช้ซอร์บิทอลพาสีเมต เพื่อหยุดสร้างอะฟลาทอกซินเป็นต้น (ไพบูลย์, 2544)

2.4 สถานะในการใช้วัตถุดิบเสียในอาหาร

2.4.1 การใช้วัตถุดิบเสียมากกว่าหนึ่งชนิดหรือใช้ร่วมกับเคมีชนิดอื่น

ไพบูลย์ (2544) กล่าวถึง วัตถุประสงค์ของการใช้วัตถุดิบเสียร่วมกับสารเคมีชนิดอื่นในอุตสาหกรรมอาหารไว้ดังนี้

1. ทำให้วัตถุดิบเสียมีขอบเขตการทำลายกว้างขวางขึ้นจากที่ได้กล่าวไว้แล้วว่าไม่มีวัตถุดิบเสียชนิดใดที่จะมีผลการทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิดได้ ฉะนั้นเพื่อแก้จุดอ่อนดังกล่าวจึงได้มีการนำวัตถุดิบเสียชนิดต่าง ๆ มาใช้ร่วมกัน เช่น การใช้ร่วมกันของกรดซอร์บิกและกรดเบนโซอิกซึ่งจะทำให้สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิดต่างๆ ได้ดีกว่าการใช้กรดซอร์บิกหรือกรดเบนโซอิกเพียงอย่างเดียว ในทางปฏิบัตินิยมใช้กรดซอร์บิกหรือกรดเบนโซอิกร่วมกับสารที่ต่อต้านแบคทีเรีย เช่น การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ร่วมกับกรดซอร์บิกหรือกรดเบนโซอิก เป็นต้น

การใช้ร่วมกันระหว่างกรดซอร์บิก กรดเบนโซอิก กรดฟอร์มิก และพาราไฮดรอกซีเบนโซอิก แอซิด เอสเทอร์กับเตตระไฮคลิน สเตรปโตไมซิน เพนนิซิลิน ไนซินและยาปฏิชีวนะอื่น ๆ นับว่ามีประโยชน์มากเพราะว่าเป็นการทำให้ปฏิกิริยาของสารสามารถครอบคลุมถึงจุลินทรีย์ต่าง ๆ อันได้แก่ *E.coli*, *Lactobacillus* และ *staphylococcus* วิธีการนี้ได้มีการแนะนำให้ใช้กับพลาสติก

2. เกิดการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาต่อต้านจุลินทรีย์ การใช้วัตถุดิบเสียตั้งแต่สองชนิดหรือมากกว่าผสมกัน อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาที่มีต่อจุลินทรีย์ดังนี้

2.1) เป็นผลจากการเพิ่มปฏิกิริยาที่มีต่อจุลินทรีย์ ซึ่งได้จากฤทธิ์ของวัตถุดิบเสียแต่ละตัว

2.2) เป็นผลจากการเสริมฤทธิ์ซึ่งกันและกัน (synergism) หมายความว่าความสามารถ

ในการทำลายของสารผสมนี้ จะเกิดขึ้นที่ความเข้มข้นต่ำกว่าความเข้มข้นของสารเมื่อใช้เพียงลำพัง

2.3) เป็นผลจากภาวะปฏิบัติ มีความหมายตรงกันข้ามกับที่กล่าวมาเบื้องต้น คือความเข้มข้นของสารผสมที่ใช้จะต้องใช้สูงกว่าความเข้มข้นของสารเมื่อใช้เพียงลำพัง

การใช้วัตถุดิบเสียชนิดหนึ่งร่วมกับวัตถุดิบเสียอีกชนิดหนึ่งนั้น โดยทั่วไปแล้ว จะเป็นการเพิ่มปฏิกิริยาของการทำลายให้สูงขึ้น นั่นคือทำให้สามารถลดปริมาณการใช้ลง และนอกจากนี้ยังช่วยลดผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นได้ ตลอดจนผลที่มีต่อกลิ่นรส อย่างไรก็ตามวัตถุดิบเสียผสมทุกชนิดไม่ได้ให้ผลดีกว่าการใช้วัตถุดิบเสียเพียงชนิดเดียวเสมอไป

2.4.2 การใช้วัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์กับการถนอมอาหาร

การใช้วัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์กับการถนอมอาหารทางกายภาพได้มีการปฏิบัติและยอมรับโดยทั่วไป ทั้งนี้เพราะสามารถลดหรือหลีกเลี่ยงผลข้างเคียงที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากการใช้วัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์ การใช้วัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์กับการแปรรูปทางกายภาพนี้ เรียกว่า Hurdle concept หลักการดังกล่าวนี้ไม่เพียงหมายถึงเฉพาะการแปรรูปทางกายภาพเท่านั้น ยังรวมถึงการทำสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเน่าเสียด้วย เช่น การลดค่า water activity (a_w) การปรับอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา การเปลี่ยนค่าความเป็นกรดต่าง หรือการทำให้จุลินทรีย์เริ่มต้นน้อยที่สุด เป็นต้น ไพบูลย์ (2544) ได้สรุปการใช้วัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์กับการถนอมอาหารไว้ดังนี้

1) การใช้วัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์กับความร้อน พบว่าอาหารที่เติมวัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์ใช้อุณหภูมิและเวลาสำหรับการทำลายจุลินทรีย์น้อยกว่าตัวอย่างอาหารที่ไม่มีการเติมวัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์ในตัวอย่างอาหารที่มีวัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์จะถูกทำลายได้เร็วกว่าตัวอย่างอาหารที่ไม่มีวัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์เดียวกัน เช่น เวลาที่ใช้ทำลายยีสต์สามารถประหยัดเวลาได้ถึง 30 – 80 เปอร์เซ็นต์ ถ้ามีกรดซอร์บิกหรือกรดเบนโซอิกอยู่ในอาหารด้วย หรือกรณีทำลายเชื้อ *Byssochlamys* ในอาหารที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ จะสามารถลดค่าดี (D-value) ลงได้ครึ่งหนึ่ง

2) การใช้วัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์กับความเย็น โดยหลักการมีลักษณะคล้ายคลึงกับวิธีแรก ที่กล่าวมาแล้วปริมาณวัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์ที่ใช้สามารถลดลงได้ ถ้ามีการใช้ความเย็นร่วมด้วย

3) การใช้วัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์กับการอบรังสี ปัญหาการใช้รังสีในอาหาร ได้แก่ ปริมาณรังสีที่ใช้จะต้องไม่มีผลข้างเคียงต่อผู้บริโภค ฉะนั้นเพื่อลดปริมาณรังสีที่ใช้กับอาหาร จึงได้มีการเติมวัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์ในอาหารอบรังสี ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในอาหารจะเป็นลักษณะของการเสริมฤทธิ์ระหว่างวัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์กับรังสีที่แตกตัว เช่น การเติมกรดซอร์บิกในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ หรือในผลิตภัณฑ์นม การเติมคลอโรเตตระไซคลินในผลิตภัณฑ์ปลา เป็นต้น

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของวัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์

คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และส่วนผสมของอาหารที่เก็บรักษาจะมีผลกระทบต่อปฏิกิริยาของวัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์ นอกจากนี้สารประกอบตามธรรมชาติของอาหารเองก็มีผลกระทบต่อปฏิกิริยาวัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์เช่นกันและสารประกอบตามธรรมชาติบางชนิดของอาหารก็มีคุณสมบัติการเป็นวัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์ได้เช่นกัน ไพบูลย์ (2544) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของวัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์ไว้ดังนี้

1) ผลกระทบจากค่าความเป็นกรดต่าง วัตถุดิบเสียชีวิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มแตกตัวในสารละลายเอเวียส ออกเป็นไฮโดรเจนไอออน หรือกรดไม่แตกตัวง่ายจะเป็นส่วนที่มีผลต่อปฏิกิริยาการต่อต้านจุลินทรีย์ที่แท้จริง ตัวอย่างเช่น กรดอะซิติก ซึ่งจะแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน

ทำให้ค่าความเป็นกรดต่างลดลง จึงทำให้แบคทีเรียไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ วัตถุประสงค์นี้จะต้องใช้ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง เพื่อที่จะให้ค่าความเป็นกรดต่าง ของอาหารลดลง

ในทางทฤษฎี ปริมาณกรดไม่แตกตัวที่มีจำนวนน้อยนี้สามารถชดเชยได้โดยการเติมวัตถุดิบเสียเพิ่มขึ้น แต่วิธีนี้อาจมีปัญหาเกี่ยวกับกฎหมายอาหาร และอาจมากเกินไปที่ประสาทรับความรู้สึกจะยอมรับได้ โดยเฉพาะกรดซัลฟูริกซึ่งจัดอยู่ในประเภทนี้ เพราะกรดซัลฟูริกสามารถอยู่ในรูปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ละลายได้ กรดซัลฟูริกที่ไม่แตกตัว ไอออนของไฮโดรเจนซัลไฟด์ และ ไอออนซัลไฟด์ปฏิกิริยาการต่อต้านจุลินทรีย์ของสารแต่ละตัวจะต่างกันอย่างมาก กรดซัลฟูริกจะยังคงมีปฏิกิริยาการต่อต้านจุลินทรีย์ แม้ว่าค่าความเป็นกรดต่างจะอยู่ในช่วงปานกลาง ทั้งนี้เนื่องจากมีไฮโดรเจนซัลไฟด์ไอออน

ฉะนั้นถ้าสามารถเปลี่ยนค่าความเป็นกรดต่างให้อยู่ในช่วงที่เป็นกรด ประสิทธิภาพของวัตถุดิบเสียก็จะเพิ่มขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่างในอาหารมีขอบเขตจำกัดด้วยเหตุผลของรสชาติของอาหารจะเปลี่ยนไป

2) ผลกระทบจากค่าสัมประสิทธิ์การละลาย ค่าสัมประสิทธิ์นี้หมายถึงอัตราส่วนของค่าการละลายในไขมันต่อค่าการละลายในส่วนเอควิวส ค่าสัมประสิทธิ์การละลายนี้มีความสำคัญต่อการถนอมอาหารที่ประกอบด้วยไขมันสูง เช่น อิมัลชัน อาหารประเภทนี้จุลินทรีย์สามารถเจริญในส่วนของเอควิวส และถ้าหากวัตถุดิบเสียเคลื่อนที่เข้าไปในส่วนของไขมันจะถือเป็นส่วนสูญเสียไป ดังนั้นวัตถุดิบเสียที่จัดว่ามีประสิทธิภาพสูงนั้นจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การละลายต่ำเนื่องจากวัตถุดิบเสียมีความสามารถละลายในไขมันต่างกัน ฉะนั้นสัมประสิทธิ์การละลายจึงขึ้นกับชนิดของไขมัน เกลือ น้ำตาล และสารที่ละลายได้อื่น ๆ สัมประสิทธิ์การละลายลดลงเมื่อค่าความเป็นกรดต่าง เพิ่มขึ้น เพราะส่วนประกอบที่ไม่แตกตัวของวัตถุดิบเสียเท่านั้นที่จะละลายในส่วนไขมันได้

3) ผลกระทบจาก ค่า a_w การเติมสารในอาหารเพื่อลดค่า a_w จะทำให้ปฏิกิริยาการต่อต้านจุลินทรีย์ของวัตถุดิบเสียดีขึ้น สารที่ใช้เติมได้แก่ เกลือ น้ำตาล กลีเซอริน และไกลคอลแบคทีเรียสามารถเจริญได้ดีที่ค่า a_w สูง ยีสต์และราสามารถเจริญได้จนถึงค่า a_w 0.85 แต่มียีสต์และราหลายชนิดที่สามารถเจริญได้ที่ a_w ต่ำกว่า 0.85

4) ผลกระทบจากปัจจัยกายภาพและเคมีของอาหาร เช่น ศักย์ไฟฟ้าของรีดอกซ์ ความดันย่อยออกซิเจน การเติมสารหรือส่วนผสมที่สามารถเปลี่ยนค่าของปัจจัยดังกล่าวจะมีผลต่อปฏิกิริยาของวัตถุดิบเสียที่เติม เช่น การเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะมีผลต่อค่าศักย์ไฟฟ้าของรีดอกซ์หรือการเติมเกลือ คาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนจะมีผลต่อค่าความดันย่อยออกซิเจน

5) ผลกระทบจากส่วนผสมอาหาร สารที่เป็นสารประกอบของอาหารเอง หรือสารที่เติม เพื่อวัตถุประสงค์อื่นนอกเหนือจากการรักษาอาหารแล้ว ปรากฏว่าสารที่เติมมีผลกระทบต่อปฏิกิริยาของวัตถุดิบเสีย นั้นได้แก่ เกลือ คาร์โบไฮเดรตและแอลกอฮอล์

ปริมาณเกลือในอาหาร โดยทั่วไปจะเพิ่มประสิทธิภาพของวัตถุดิบเสีย โดยการไปลดปริมาณน้ำซึ่งนอกจากจะทำให้ค่า a_w ลดลง เกลือยังทำให้เกิดการพองตัวจนทำให้วัตถุดิบเสียสามารถเข้าทำลายจุลินทรีย์ได้ง่ายขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตามอาหารที่เป็นระบบอิมัลชัน เกลือจะเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การละลายของวัตถุดิบเสีย ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของวัตถุดิบเสียลดลง

ในระหว่างพวกคาร์โบไฮเดรตด้วยกัน น้ำตาลมีความสำคัญต่อปฏิกิริยาของวัตถุดิบเสีย ถ้ามีปริมาณน้ำตาลต่ำจะมีผลช่วยเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ ในขณะที่เมื่อมีปริมาณมากน้ำตาลจะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดยการไปลดค่า a_w ในลักษณะเดียวกับผลของเกลือ อาจกล่าวได้ว่าผลกระทบของเกลือและน้ำตาลที่มีต่อประสิทธิภาพของวัตถุดิบเสียมีลักษณะเหมือนกัน สำหรับแอลกอฮอล์โดยทฤษฎีแล้วจะไปช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของวัตถุดิบเสีย

2.6 คุณสมบัติของวัตถุดิบเสียที่ดี

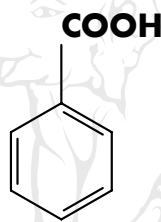
วัตถุดิบเสียที่มีประสิทธิภาพสูงควรจะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ (ศิวาพร, 2546)

- 1) ควรมีความสามารถในการทำลายจุลินทรีย์ได้มากกว่ายับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์
- 2) ควรทำลายจุลินทรีย์ชนิดที่เจริญในอาหารได้ โดยเฉพาะประเภทที่ทำให้อาหารเป็นพิษ (food poisoning organisms)
- 3) ไม่ควรถูกทำให้ประสิทธิภาพลดลงโดยอาหารหรือองค์ประกอบของอาหารหรือผลิตภัณฑ์พลอยได้ (by product) จากเมตาโบลิซึมของจุลินทรีย์
- 4) ถ้าหากเป็นวัตถุดิบเสียประเภททำลายจุลินทรีย์ได้ วัตถุดิบเสียประเภทนี้ ควรถูกเปลี่ยนสภาพให้เป็นสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย หรือสามารถถูกทำให้สลายตัวได้ด้วยกรรมวิธีที่ใช้ในการแปรรูปอาหารได้
- 5) วัตถุดิบเสียที่นำมาใช้ในอาหารนั้น ไม่ควรเป็นสาเหตุให้มีการดื้อยาของจุลินทรีย์เกิดขึ้น
- 6) ควรมีราคาถูก

2.7 กรดเบนโซอิก

2.7.1 สมบัติของกรดเบนโซอิก

กุลยา (2533) กล่าวว่ากรดเบนโซอิก เป็นชื่อตาม IUPAC และมีชื่อทั่วไป คือ คาร์บอกซีเบนซีน (Carboxybenzene) หรือกรดเบนโซอิก สูตรโมเลกุล คือ $C_6H_5O_2$ มีสถานะเป็น ผลึกของแข็ง กลิ่นฉุน มีจุดเดือด 249 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลวที่ 122 องศาเซลเซียส น้ำหนัก โมเลกุล 122.2 ความถ่วงจำเพาะ 1.32 กรดเบนโซอิกเป็นสารเคมีที่ใช้เป็นวัตถุกันเสียซึ่งมีสูตร โครงสร้างดังภาพที่ 2.1 มักพบอยู่ในพืชบางชนิดตามธรรมชาติในรูปแบบไกลโคไซด์ เช่น ผลไม้พวก เชอร์รี่ และลูกพรุน ซึ่งผลไม้พวกนี้จะมีปริมาณกรดเบนโซอิกในอัตราที่สูงเกินกว่าที่จะอนุญาตให้ใช้ใน โรงงานผลิตอาหาร กรดเบนโซอิกนิยมขายในรูปแบบเกลือ โซเดียม ซึ่งนิยมใช้เป็นสารกันเสียมานาน เนื่องจากเกลือโซเดียมละลายน้ำได้ดีกว่ากรด (62.5 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร ที่ 25 องศาเซลเซียส)



ภาพที่ 2.1 สูตร โครงสร้างของกรดเบนโซอิก

ที่มา : ศิวาพร (2546)

2.7.2 ปริมาณการใช้และประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ในอาหารของกรดเบนโซอิก

สำหรับกรดเบนโซอิกนั้น ประเทศไทยอนุญาตให้ใช้ได้ตามประกาศกระทรวง สาธารณสุขคือ ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่ออาหารหนัก 1 กิโลกรัม (สำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยา, 2543)

การใช้กรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอตในหลายประเทศอนุญาตให้ใช้ใน ปริมาณ 0.15-0.25 เปอร์เซ็นต์สำหรับของประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดไว้ภายใต้กฎหมายอาหาร และยาไม่เกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ประเทศอังกฤษ อนุญาตให้ใช้ได้ตามกฎหมายอาหารเช่นกัน เกลือเบน โซเอต มีข้อได้เปรียบเหนือวัตถุกันเสียชนิดอื่น เนื่องจากมีราคาถูก อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการ ใช้สารชนิดอื่นทดแทนกรดและเกลือดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากได้มีการวิเคราะห์ พบว่ากรดนี้อาจจะ ให้สารพิษได้ (ไพบูลย์, 2544) วัตถุกันเสียชนิดนี้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ เนื่องจากมีผลต่อผนังเซลล์และเอนไซม์ของจุลินทรีย์ โดยเบนโซเอตจะไปทำให้กระบวนการ

แทรกซึมของอาหารเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ผิดปกติไป ในขณะที่เดียวกันจะไปยับยั้งการสร้างเอนไซม์บางชนิดและปฏิกิริยาการทำงานของเอนไซม์ ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ (ศิวาพร, 2546) กรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอต จะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของยีสต์ และเราได้ศึกษาว่าแบคทีเรียตามลำดับ ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณของกรดเบนโซอิก ที่จะต้องใช้ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะสูงกว่าของยีสต์และรา

ตารางที่ 2.2 ประสิทธิภาพของกรดเบนโซอิกในการยับยั้งการเจริญของยีสต์ รา และแบคทีเรีย

จุลินทรีย์	ค่าความเป็นกรดต่าง	MIC* (ppm)
ยีสต์		
ยีสต์ชนิดสร้างสปอร์	2.6-4.5	20-200
ยีสต์ชนิดไม่สร้างสปอร์	4.0-5.1	70-150
<i>Asporogenic yeasts</i>	4.0-5.0	70-150
<i>Candida kreasei</i>	4.0-5.1	300-700
<i>Debaryomyces hansenii</i>	4.8	500
<i>Hansenula subpelliculosa</i>	4.-5.1	200-300
<i>Oospora lactis</i>	4.0-5.1	300
<i>Pichia membranaefaciens</i>	4.0-5.1	700
<i>Pichia pastori</i>	4.0-5.1	300
<i>Rhodotorula sp.</i>	4.0-5.1	100-200
<i>Sporogenic yeasts</i>	2.6-4.5	20-100
<i>Saccharomyces sp.</i>	3.0-6.0	100-7,000
<i>Torulopsis sp.</i>	4.0-5.1	200-500

*MIC = Minimal inhibition concentration

ที่มา : ไพบูลย์ (2544) ; ศิวาพร(2546)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) ประสิทธิภาพของกรดเบนโซอิกในการยับยั้งการเจริญของยีสต์ รา และแบคทีเรีย

จุลินทรีย์	ค่าความเป็นกรดต่าง	MIC* (ppm)
รา		
<i>Aspergillus sp.</i>	3.0-5.0	20-300
<i>Rhizopus nigricans</i>	5.0	30-120
<i>Mucor racemosus</i>	5.0	30-120
<i>Penicillium glaucum</i>	5.0	400-500
<i>Penicillium sp.</i>	2.6-5.0	30-280
<i>Cladosporium herbarum</i>	5.1	100
<i>Byssochlamys nivina</i>	5.3	500
แบคทีเรีย		
<i>Escherichia coli</i>	5.2-5.6	50-120
<i>Bacillus cereus</i>	6.3	525
<i>Lactobacillus sp.</i>	4.3-6.0	300-1,800
<i>Micrococcus sp.</i>	5.5-5.6	50-100
<i>Pseudomonas sp.</i>	6.0	200-480
<i>Streptococcus sp.</i>	5.2-5.6	200-400
<i>Listeria monocytogenes</i>	5.6	3,000

*MIC = Minimal inhibition concentration

ที่มา : ไพบูลย์ (2544) ; ศิวาพร(2546)

จากการศึกษาทดลองที่พบว่า วัตถุกันเสียชนิดนี้จะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ทั้งยีสต์ รา และแบคทีเรีย แต่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของยีสต์และราได้ดีกว่าแบคทีเรีย (ตารางที่ 2.2) และความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ของวัตถุกันเสียชนิดนี้ จะมีประสิทธิภาพสูงในช่วงความเป็นกรดต่างที่กว้างมาก คือในช่วงความเป็นกรดต่าง 3-9 ดังแสดงให้เห็นในตารางที่ 2.3

ค่าความเป็นกรดต่างมีผลอย่างมากในการจัดขบวนการทำงานของจุลินทรีย์ ซึ่งพบว่ากรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอท จะมีผลยับยั้งดีที่สุดที่สุด ที่ค่าความเป็นกรดต่าง 2.5-4.0 การลดค่าความเป็นกรดต่าง จาก 7 เป็น 4 ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงขึ้น 400 เท่า ฉะนั้นถ้าผลไม้มีความเป็นกรดสูงจะใช้สารนี้ในปริมาณที่น้อยลง กรดเบนโซอิกนิยมใช้เป็นวัตถุกันเสีย ในอาหารที่มีความเป็นกรดต่างต่ำเกือบทุกประเภท เช่น น้ำผลไม้ แยม เยลลี่ มาร์มาเลด น้ำสลัด และผักต่าง ๆ เช่น หัวหอม ผักคอง อีกทั้งยังใช้กับอาหารที่มีโปรตีนสูง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์จากปลา ปู หอย ไข่

ปฏิกิริยาการต่อต้านจุลินทรีย์ของกรดเบนโซอิกเกิดขึ้นจากการที่กรดไปปรับกวนโครงสร้างของเอนไซม์ในเซลล์จุลินทรีย์โดยเฉพาะเอนไซม์ที่ใช้ควบคุมกระบวนการเมตาบอลิซึมในเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ นอกจากนี้ยังมีผลต่อผนังเซลล์จุลินทรีย์อีกด้วย (ไปญุลย์, 2544)

เมื่อกรดเบนโซอิกเจาะทะลุผ่านผนังเซลล์ จะทำให้เกิดปฏิกิริยาภายในเซลล์ โดยเฉพาะส่วนของกรดที่ไม่แตกตัว ปฏิกิริยาของกรดเบนโซอิกขึ้นกับค่าความเป็นกรดต่าง กรดที่ไม่แตกตัวเท่านั้นที่จะมีปฏิกิริยาขัดขวางจุลินทรีย์ และเนื่องจากกรดเบนโซอิกมีค่าแตกตัวคงที่สูงถึง 6.46×10^{-5} ฉะนั้นกรดเบนโซอิกจึงใช้ได้ดีที่ค่าความเป็นกรดต่างในช่วงความเป็นกรด โซเดียมเบนโซเอท และกรดเบนโซอิก ใช้ได้ดีกับยีสต์ รา และแบคทีเรีย แต่ไม่แนะนำให้ใช้กับแบคทีเรีย โดยเฉพาะแบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติก นอกจากนี้ยังพบว่าประสิทธิภาพของสารจะลดลง เมื่อค่าความเป็นกรดต่างเพิ่มขึ้นดังตารางที่ 2.3 แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการยับยั้งเชื้อราจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเป็นกรดต่างลดลง

ตารางที่ 2.3 ปริมาณต่ำสุดของกรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอทที่สามารถยับยั้งการเจริญของรา 4 ชนิดที่ความเป็นกรดต่างแตกต่างกัน

วัตถุกันเสีย	<i>Chaetomium Globosum</i> (%)	<i>Alternaria Solani</i> (%)	<i>Penicillium Citrinum</i> (%)	<i>Aspergillus Niger</i> (%)
ค่าความเป็นกรดต่าง 3				
กรดเบนโซอิก	0.08	0.10	0.10	0.04
เมทิลพาราไฮดรอกซี- เบนโซเอท	0.06	0.06	0.05	0.08
โพรพิลพาราไฮดรอกซี- เบนโซเอท	0.008	0.015	0.005	0.02

+ แสดงว่า มีผลบ้างเล็กน้อย

ที่มา : ศิวาพร (2546)

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) ปริมาณต่ำสุดของกรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอตที่สามารถยับยั้งการเจริญของรา 4 ชนิดที่ความเป็นกรดต่างแตกต่างกัน

วัตถุดิบเลี้ยง	<i>Chaetomonium Globosum</i> (%)	<i>Alternaria Solani</i> (%)	<i>Penicillium Citrinum</i> (%)	<i>Aspergillus Niger</i> (%)
ค่าความเป็นกรดต่าง 5				
กรดเบนโซอิก	0.10	0.15	0.20	0.20
เมทิลพาราไฮดรอกซี-เบนโซเอต	0.06	0.08	0.08	0.10
โพรพิลพาราไฮดรอกซี-เบนโซเอต	0.10	0.02	0.01	0.03
ค่าความเป็นกรดต่าง 7				
กรดเบนโซอิก	+	+	+	+
เมทิลพาราไฮดรอกซี-เบนโซเอต	0.10	0.10	0.15	0.15
โพรพิลพาราไฮดรอกซี-เบนโซเอต	0.04	0.05	0.06	0.05
ค่าความเป็นกรดต่าง 9				
กรดเบนโซอิก	+	+	+	+
เมทิลพาราไฮดรอกซี-เบนโซเอต	0.10	0.10	0.15	0.15
โพรพิลพาราไฮดรอกซี-เบนโซเอต	0.04	0.05	0.06	0.05

+ แสดงว่า มีผลบ้างเล็กน้อย

ที่มา : ศิวพร (2546)

2.7.3 การใช้กรดเบนโซอิกในผลิตภัณฑ์อาหาร

โครงการตำราวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรมอาหาร (2539) ได้สรุปปริมาณการใช้กรดเบนโซอิกเป็นวัตถุกันเสียในอาหารประเภทต่าง ๆ ไว้ดังนี้

1) มาการีน (margarine) มาการีนและอาหารไขมันประเภทเดียวกัน ถนอมได้โดยการใส่กรดเบนโซอิกประมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ลงในส่วนที่เป็นของเหลว (น้ำ) โดยขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณเกลือ และความเข้มข้นของแข็งที่มีอยู่ในนม

2) มายองเนส (mayonnaise) น้ำสลัด (salad dressing) ซอส (sauces) อาหารประเภทนี้ถนอมโดยใส่กรดเบนโซอิก 0.1-0.15 เปอร์เซ็นต์

3) ผักดอง (pickles) เครื่องเทศปรุงแต่ง (horse-radish preparation) อาหารประเภทนี้จัดเป็นอาหารพวกที่มีสภาพเป็นกรด (acid food) ซึ่งง่ายต่อการป้องกันไม่ให้ยีสต์และราเจริญได้ โดยการใส่กรดเบนโซอิกประมาณ 0.07-0.1 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นอาจเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide) 50-100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เพื่อช่วยรักษาสีของอาหาร

4) ไข่แดงไข่แดงเค็ม อาจป้องกันการเสื่อมเสียด้วยการเติมกรดเบนโซอิก 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ไข่แดงที่ไม่มีเค็มอาจต้องใช้กรดเบนโซอิกอย่างน้อย 1.2 เปอร์เซ็นต์

5) มารินาด (marinade) อาหารกึ่งสำเร็จรูปจำพวกปลา (semi-preserved fish) และผลิตภัณฑ์จากปู (crustaceae products) อาหารประเภทนี้มักจะมีค่าความเป็นกรดต่างสูงกว่า 4.5 และไม่สามารถเก็บรักษาโดยใช้วัตถุกันเสียเพียงชนิดเดียว ตามรายงานนี้แนะนำให้ใช้วัตถุกันเสียเสียผสมกันคือกรดเบนโซอิก 0.02 - 0.1 เปอร์เซ็นต์ กับพาราไฮดรอกซีเบนโซอิก 0.02-0.05 เปอร์เซ็นต์ และ/หรือ กรดซอร์บิก 0.03 - 0.05 เปอร์เซ็นต์

6) น้ำผลไม้ สามารถเก็บรักษาด้วยกรดเบนโซอิก 0.1-0.15 เปอร์เซ็นต์ และหากต้องการให้ได้ผลดียิ่งขึ้น อาจเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 0.003-0.008 เปอร์เซ็นต์ น้ำผลไม้ที่ผ่านกระบวนการผลิต เพื่อนำไปบริโภคทันทีไม่จำเป็นต้องใส่วัตถุกันเสีย แต่น้ำผลไม้ที่เก็บไว้เพื่อรอการผลิตนั้นการเติมวัตถุกันเสียจะช่วยหลีกเลี่ยงการใช้ความร้อนที่ไม่เหมาะสมได้

7) เนื้อผลไม้บด (fruit pulp, fruit paste, fresscake) ผลิตภัณฑ์เหล่านี้สามารถเก็บรักษาด้วยส่วนผสมของวัตถุกันเสียหลายชนิด คือกรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และซัลเฟอร์ไดออกไซด์

8) เครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ (soft drinks) ความเข้มข้นของกรดเบนโซอิกที่ใช้คือ 0.025-0.035 เปอร์เซ็นต์ โดยใส่ร่วมกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.0025-0.005 เปอร์เซ็นต์

9) แยม (jam) เยลลี่ (jellies) ไส้ของลูกกวาด (filling masses for sweets) ขนมหวาน (marzipan) ปริมาณกรดเบนโซอิกขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดต่างและปริมาณไขมัน แต่

โดยทั่วไปใช้กรดเบนโซอิก 0.1-0.2 เปอร์เซ็นต์ เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารอันเนื่องมาจากยีสต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกเชื้อราที่สามารถผลิตเอนไซม์เพื่อย่อยไขมันได้ (lipolytic-moulds)

10) อาหารชนิดอื่น ซอสที่ทำจากถั่วเหลืองถนอมได้ด้วย กรดเบนโซอิก 0.06 เปอร์เซ็นต์ หรือ ไข่ปลาการ์เวีย ถนอมไว้ด้วยกรดเบนโซอิก 0.25 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้โครงการตำราวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรมอาหาร (2539) ยังได้สรุปปริมาณการใช้กรดเบนโซอิกในอุตสาหกรรมอาหารบางประเภทดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ปริมาณการใช้กรดเบนโซอิกในอาหารบางประเภท

ชนิดอาหาร	เปอร์เซ็นต์ กรดเบนโซอิก
1. มاکารีน มายองเนส น้ำผลไม้ แยม เยลลี่	0.1 – 0.15
2. มารีเนด (ผสมกับพาราไฮดรอกซี เบนโซเอท และ/หรือกรดซอร์บิก 0.03-0.05 เปอร์เซ็นต์)	0.08 – 0.10
3. ผักดอง (ผสมกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.03-0.05 เปอร์เซ็นต์)	0.07 – 0.10
4. เครื่องดื่ม	0.05 – 0.10

ที่มา : โครงการตำราวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรมอาหาร (2539)

2.7.4 ผลของกรดเบนโซอิกที่มีต่อสุขภาพ

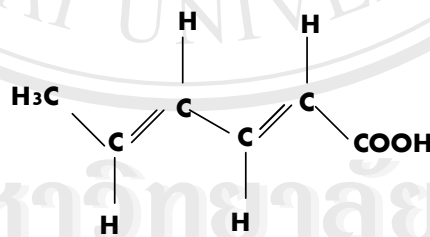
กรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอทไม่ทำให้เกิดการระคายเคืองในร่างกายเพราะร่างกายมีกลไกขจัดความเป็นพิษของกรดเบนโซอิกโดยกรดเบนโซอิกที่บริโภคเข้าไปจะรวมกับไกลซีน (glycine) เกิดเป็นกรดฮิปพูริก (hippuric acid) ซึ่งถูกขับถ่ายออกทางปัสสาวะ ส่วนกรดเบนโซอิกที่เหลือในร่างกายซึ่งยังไม่ถูกขับถ่าย จะไปรวมกับกรดไกลคูโรนิก (glycuronic acid) และถูกขับออกทางปัสสาวะในรูปของกรดเบนโซอิล ไกลคูโรนิก (benzoyl glycuronic acid) ฉะนั้นโซเดียมเบนโซเอท และกรดเบนโซอิก จึงเป็นวัตถุกันเสียที่ได้รับการรับรองว่าปลอดภัยต่อผู้บริโภคทั้งนี้จะต้องไม่บริโภคในปริมาณที่สูง แต่บางคนแพ้จะแสดงอาการคัน และท้องเสีย (ศิวาพร, 2546)

2.8 กรดซอร์บิก (Sorbic acid)

2.8.1 คุณสมบัติของกรดซอร์บิก

กรดซอร์บิก (sorbic acid) หรือ ซอร์บิก แอซิด (Sorbic acid) 2,4 เฮกซะไดโนอิก (2,4-hexadienoic), 2-โพรพิโนลอะคริลิก แอซิด (2-propenylacrylic acid) เป็นกรดโมโนคาร์บอกซิลิก (monocarboxylic acid) ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงดังแสดงในภาพที่ 2.2 มีลักษณะเป็นผงสีขาวละลายน้ำได้เล็กน้อยประมาณ 0.16 กรัมในน้ำ 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แต่จะละลายได้ดีในแอลกอฮอล์เข้มข้นประมาณ 14.8 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร กลีเซอรอลและเอทิลแอลกอฮอล์ละลายน้ำได้ 1.2 เปอร์เซ็นต์และกลีเซอรอลและเอทิลแอลกอฮอล์ละลายน้ำได้ 32 เปอร์เซ็นต์ ที่ 20 องศาเซลเซียส ส่วนกลีเซอรอลและเอทิลแอลกอฮอล์ละลายน้ำได้ 58.2 เปอร์เซ็นต์ ที่ 20 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ที่อุณหภูมิสูงขึ้นการละลายของกรดและเกลือของวัตถุดิบเดียวกันชนิดนี้จะเพิ่มขึ้น (ศิวาพร, 2546)

นอกจากนี้ยังละลายได้ในน้ำมันพืชและโพรพิลีนไกลคอล (propylene glycol) เมื่อถูกความร้อนจะระเหิดได้ การใช้จึงต้องระวัง ควรใช้กับอาหารที่ผ่านความร้อนแล้ว กรดนี้ให้กลิ่นบ้างเมื่อใช้ในปริมาณเข้มข้นถึง 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักอาหาร เกลือซอร์เบตที่นิยมใช้มักจะอยู่ในรูปของกลีเซอรอลและเอทิลแอลกอฮอล์มีลักษณะเป็นผงสีขาว เบาละละลายน้ำได้ดี แต่ละลายในแอลกอฮอล์ได้น้อย ในการใช้นิยมเตรียมในรูปสารละลายเข้มข้น วิธีใช้อาจทำโดยการจุ่มหรือพ่นฝอยบนชิ้นอาหาร (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2540)



ภาพที่ 2.2 สูตรโครงสร้างของกรดซอร์บิก

ที่มา: ศิวาพร (2546)

กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบตสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของรา แต่มีประสิทธิภาพต่ำในพวกจุลินทรีย์และมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่ออาหารมีค่าความเป็นกรดต่าง 6.5 ปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ได้คือ 100-1000 ส่วนในล้านส่วน และนิยมใช้กับอาหารหลายชนิด เช่น เนยแข็ง เครื่องดื่ม ผักผลไม้ดอง ผลไม้แห้ง และปลารมควัน (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร,

2540) สาเหตุที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากเป็นสารประกอบที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และรสชาติจึงไม่ทำให้กลิ่นรสและสีของอาหารเปลี่ยนแปลง กรดซอร์บิกเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพียงชนิดเดียวเท่านั้น ที่มีการนำมาใช้เป็นวัตถุกันเสีย สำหรับเกลือของกรดชนิดนี้ที่นิยมใช้เป็นวัตถุกันเสีย ได้แก่ แคลเซียมซอร์เบต โซเดียมซอร์เบตและโพแทสเซียมซอร์เบต โดยเฉพาะอย่างยิ่งโพแทสเซียมซอร์เบตนิยมใช้มากที่สุด

2.8.2 ประสิทธิภาพของกรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบต ในการยับยั้งจุลินทรีย์ในอาหาร

กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบตสามารถยับยั้งการเจริญเติบโต หรือทำลายยีสต์และราได้ดีกว่าแบคทีเรีย ปริมาณของซอร์เบตที่ใช้เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของยีสต์และราจะน้อยกว่าของแบคทีเรีย การที่กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบตสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์ที่กล่าวได้นั้น เนื่องจากสารดังกล่าวมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์และผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ รวมทั้งยังชะงักการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ (Luck 1972, 1980, 1986) นอกจากนี้ Blocher *et al.* (1982); Blocher and Busta (1985); Smooth and Pierson (1981) Sofos *et al.* (1986) ยังได้กล่าวว่า กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบตจะสามารถยับยั้งการสร้างสปอร์ของ *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus* และ *Bacillus sp.* ได้โดยกรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบตจะมีประสิทธิภาพดีในรูปที่ไม่แตกตัว หรือในสภาวะที่มีความเป็นกรดต่ำ ฉะนั้นจึงไม่เหมาะที่จะใช้กับอาหารที่มีกรดต่ำหรือความเป็นกรดต่ำสูง ประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียชนิดนี้จะสูงสุดในช่วงความเป็นกรดต่ำกว่า 6.5 จนถึงความเป็นกรดต่ำ 6.5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าช่วงความเป็นกรดต่ำที่กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบตมีประสิทธิภาพสูงมีช่วงกว้างกว่าของเกลือเบนโซเอต และเกลือโพธิโอเนต แต่จะมีส่วนคล้ายเกลือเบนโซเอตและเกลือโพธิโอเนต คือเมื่อความเป็นกรดต่ำของอาหารเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียดังกล่าวจะลดลง การเติมเกลือและน้ำตาลลงในอาหารจะช่วยเสริมประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียชนิดนี้เช่นเดียวกับการเติมซิสทีน (cystine) และซิสเทอีน (cystein) แต่ถ้าเป็นเกลือแมกนีเซียมคลอไรด์จะทำให้ประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียชนิดนี้ลดลง (ศิวพร, 2546)

ปฏิกิริยาของกรดซอร์บิกเกิดขึ้นเมื่อกรดซอร์บิกที่ไม่แตกตัวเจาะทะลุผ่านเข้าไปยังเซลล์ของจุลินทรีย์ แล้วเกิดปฏิกิริยาภายในเซลล์ขึ้นที่ค่าความเป็นกรดต่ำ 3.5 ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของกรดซอร์บิกที่มีอยู่จะผ่านทะลุเข้าไปในเซลล์ ในขณะที่ช่วงค่าความเป็นกรดต่ำ เป็นกลาง กรดซอร์บิกประมาณ 97 เปอร์เซ็นต์จะคงอยู่ในอาหาร แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาของกรดซอร์บิกขึ้นกับค่าความเป็นกรดต่ำ และส่วนที่ไม่แตกตัวของกรดเท่านั้นที่จะมีผลต่อจุลินทรีย์ เนื่องจากกรดซอร์บิกมีค่าแตกตัวคงที่ต่ำคือประมาณ 1.73×10^{-5} จึงทำให้กรดซอร์บิกสามารถใช้กับอาหารที่มีค่าความเป็นกรดต่ำสูงได้ (ไพบูลย์, 2544)

ไพบูลย์ (2544) ได้รายงานการศึกษาผลของการใช้กรดซอร์บิคร่วมกับไนไตรต์และ/หรือฟอสเฟตในปริมาณเล็กน้อย พบว่าสามารถทำลายแบคทีเรียพวก *Clostridia* และสารพิษของจุลินทรีย์นี้ได้ ถ้าค่าความเป็นกรดต่างลดลงเล็กน้อย แต่โดยปกติกรดซอร์บิกจะไม่มีประสิทธิภาพที่ค่าความเป็นกรดต่างเป็นกลาง ตารางที่ 2.5 แสดงความเข้มข้นขั้นต่ำของกรดซอร์บิกที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย ยีสต์ และราที่เกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของอาหาร

ตารางที่ 2.5 ประสิทธิภาพของกรดซอร์บิกในการยับยั้งการเจริญของยีสต์ รา และแบคทีเรีย

จุลินทรีย์	ค่าความเป็นกรดต่าง	MIC* (ส่วนในล้านส่วน)
ยีสต์		
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	3.0	25
<i>Saccharomyces ellipsoideus</i>	3.5	50-200
<i>Torula lypolytica</i>	5.0	100-200
<i>Candida krusei</i>	3.4	100
<i>Saccharomyces sp.</i>	3.2 – 5.7	300-100
<i>Hansenula anomala</i>	5.0	500
<i>Brettanomyces versatilis</i>	4.6	200
<i>Byssochlamys fulva</i>	3.5	50-250
<i>Rhodotorula sp.</i>	4.0 – 5.0	100-200
<i>Torulopsis holmii</i>	4.6	400
<i>Loeckera apiculata</i>	3.5-4.0	100-200

*MIC = ความเข้มข้นต่ำสุด

ที่มา : ไพบูลย์ (2544)

ตารางที่ 2.5 (ต่อ) ประสิทธิภาพของกรดซอร์บิกในการยับยั้งการเจริญของยีสต์ รา และแบคทีเรีย

จุลินทรีย์	ค่าความเป็นกรดต่าง	MIC* (ส่วนในล้านส่วน)
รา		
<i>Aspergillus niger</i>	25.-4.0	100-500
<i>Botrytis cinerea</i>	3.6	120-250
<i>Penicillium digitatum</i>	4.0	200
<i>Rhizopus sp.</i>	3.6	120
<i>Mucor sp.</i>	3.0	10-100
<i>Geotrichum candidum</i>	4.8	1,000
<i>Oospora lactis</i>	3.5 – 4.5	25-200
<i>Trichophyton mentagrophytes</i>	-	100
<i>Penicillium sp.</i>	3.5 – 5.7	20-100
<i>Penicillium glaucum</i>	3.0	100-250
<i>Aspergillus flavus</i>	-	100
<i>Asperigillus niger</i>	2.5 – 4.0	100-500
<i>Fusarium sp.</i>	3.0	100
<i>Cladosporium sp.</i>	5.0 – 7.0	100 – 300
แบคทีเรีย		
<i>Escherichia coli</i>	5.2-5.6	50-100
<i>Bacillus sp.</i>	5.5-6.3	50-1000
<i>Clostridium sp.</i>	6.7-6.8	100-1000
<i>Salmonella sp.</i>	5.0-5.3	50-1000
<i>Pseudomonas sp.</i>	6.0	100
<i>Micrococcus sp.</i>	5.0-6.4	50-150
<i>Pediococcus cerevisiae</i>	-	100

*MIC = ความเข้มข้นต่ำสุด,

ที่มา : ไพบูลย์ (2544)

ตารางที่ 2.5 (ต่อ) ประสิทธิภาพของกรดซอร์บิกในการยับยั้งการเจริญของยีสต์ รา และแบคทีเรีย

จุลินทรีย์	ค่าความเป็นกรดต่าง	MIC* (ส่วนในล้านส่วน)
<i>Lactobacillus sp.</i>	4.3-6.0	200-700
<i>Achromoacter sp.</i>	4.3-6.4	10-100
<i>Serratia marcescens</i>	6.4	50

*MIC = ความเข้มข้นต่ำสุด,
ที่มา : ไพนูลย์ (2544)

กรดซอร์บิกไม่เหมาะสมที่จะใช้กับอาหารที่มีปริมาณจุลินทรีย์สูงแต่ใช้ได้กับอาหารที่มีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำและมีมาตรฐานทางสุขาภิบาลอย่างดี แบคทีเรียชนิดผลิตกรดแลคติกบางชนิดสามารถรีดิวซ์กรดซอร์บิกเป็นแอลกอฮอล์และเอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อไปปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นในไวน์ ฉะนั้นถ้าหากไวน์มีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อกำจัดแบคทีเรียชนิดสร้างกรดแลคติกแล้ว ปัญหาดังกล่าวก็จะไม่เกิดขึ้น (ไพนูลย์, 2544)

2.8.3 การใช้ในกรดซอร์บิกหรือเกลือซอร์เบตในผลิตภัณฑ์อาหาร

สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่นิยมใช้กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบตในการช่วยยืดอายุการเก็บ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภทเนยเทียม เนยแข็ง เครื่องดื่มทั้งชนิดที่อัดและไม่อัดคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำหวาน น้ำผลไม้ เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์เป็นส่วนประกอบ เช่น ไวน์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้ในผลิตภัณฑ์แยม เยลลี่ ฟรุตสลัด ฟรุตค็อกเทล น้ำสลัด ผลไม้แห้ง ผักแห้ง ผักดอง ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์ไก่ ผลิตภัณฑ์ปลา รวมถึงยาและเครื่องสำอาง (ศิวาพร, 2546)

ผลิตภัณฑ์ขนมประเภทเค้ก พาย โดนัท หรือประเภทที่มีการทำให้ฟูโดยใช้ผงฟู นิยมใช้กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบตในการยับยั้งการเจริญเติบโตของยีสต์และรา โดยอาจใช้โปแตสเซียมซอร์เบต 0.05-0.1 เปอร์เซ็นต์ ใส่ลงไปโดยตรง หรือพ่นที่ผิวของผลิตภัณฑ์ ส่วนในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มอาจใช้เกลือซอร์เบตเพียงชนิดเดียว หรือผสมรวมกับโซเดียมเบนโซเอตในปริมาณ 0.05-0.1 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลิตภัณฑ์แยมและเยลลี่จะใช้กรดซอร์บิก หรือเกลือซอร์เบต 0.1 เปอร์เซ็นต์ ใส่ลงไปโดยตรง หรืออาจใช้ร่วมกับวัตถุกันเสียชนิดอื่น (ศิวาพร, 2546) ประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศอังกฤษอนุญาตให้ใช้ได้ตามกฎหมายกำหนดและทั่วโลกยังยอมให้ใช้กรดซอร์บิกแทนวัตถุกันเสียอื่น ๆ ที่ยังไม่ผ่านการทดสอบได้โดยปริมาณการใช้กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบตในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ผลผลิตก้นน้ำไขมัน กรดซอร์บิกมีค่าสัมประสิทธิ์การละลายดีเมื่อเทียบกับวัตถุกันเสีย ดังนั้นมีผลชันชนค้ำน้ำมันในน้ำจะมีส่วนของกรดซอร์บิกหรือเกลือซอร์เบตอยู่ในน้ำเป็นจำนวนมาก ปริมาณของกรดซอร์บิกที่ใช้ในเนยเทียมมีค่าระหว่าง 0.05-0.1 เปอร์เซ็นต์ อาจเติมกรดซอร์บิกในส่วนที่เป็นไขมันและ/หรือเติมโพแทสเซียมซอร์เบตในส่วนที่เป็นน้ำในปริมาณที่พอเหมาะ (ไพบูลย์, 2544)

2) ผลผลิตก้นนม กรดซอร์บิกใช้เป็นวัตถุกันเสียในเนยแข็งอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เพราะว่า กรดซอร์บิกมีผลต่อจุลินทรีย์ที่ค่าความเป็นกรดต่ำสูงและยังสามารถทำลายเชื้อราได้ กรดซอร์บิก และเกลือซอร์เบตใช้รักษาเนยแข็งระหว่างการบ่มและระหว่างการขายปลีก (ไพบูลย์, 2544)

3) ผลผลิตก้นเนื้อ สารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 10-20 เปอร์เซ็นต์ สามารถหยุดการเจริญของเชื้อราในไส้กรอกได้ มีการศึกษาการใช้กรดซอร์บิกหรือเกลือซอร์เบต หรือใช้ผสมระหว่างกรดซอร์บิกและไนไตรต์ในปริมาณเล็กน้อย เพื่อควบคุมแบคทีเรียที่สร้างสารพิษและพวก *Clostridia* โดยปกติในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักกรดซอร์บิกจะไม่มีผลต่อแบคทีเรียดังกล่าว แต่จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่า ถ้าใช้ของผสมระหว่างเกลือซอร์เบตและปริมาณเล็กน้อยของไนไตรต์และ/หรือฟอสเฟตกับเนื้อหมักที่มีค่าความเป็นกรดต่ำ 6.0 จะสามารถยับยั้งพวก *Clostridia* และสารพิษของจุลินทรีย์ดังกล่าวและจุลินทรีย์ชนิดอื่นได้ผลดีเท่ากับการใช้ในไนไตรต์ ในปริมาณที่เคยใช้ปกติ นอกจากนี้กรดซอร์บิกยังสามารถระงับการเกิดไนโตรซามีนได้ (Robach, 1978)

ไพบูลย์ (2544) ได้กล่าวว่า มีรายงานการศึกษาการยืดอายุการเก็บของไก่กระตังสดทั้งตัว โดยจุ่มในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต โดยนำไก่กระตังสดทั้งตัวที่เพิ่งผ่านการแช่เย็น จุ่มในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบตเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) 30 วินาที แล้วเก็บรักษา พบว่า อายุการเก็บของไก่กระตังสดจะเป็น 19 วันที่ 3 องศาเซลเซียส ในขณะที่ไก่กระตังที่ไม่ผ่านการจุ่มในสารละลายจะเก็บได้เพียง 10 วัน

4) ผลผลิตก้นปลา การใช้กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบตในผลิตภัณฑ์ปลามีลักษณะเหมือนกับที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อ โพแทสเซียมซอร์เบต 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเจริญของแบคทีเรียในเนื้อปลาเก็บไว้ที่ 1.1 องศาเซลเซียสได้นอกจากนี้จากการศึกษาค้นคว้าเมื่อไม่นานมานี้ พบว่าการเติมโพแทสเซียมซอร์เบตในน้ำแข็งที่ใช้ในการเก็บปลาสดสามารถหยุดการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของปลาได้อย่างชัดเจน จากการเจริญของแบคทีเรียลดลงจะทำให้ อายุการเก็บของปลาแช่เย็นเพิ่มมากขึ้นการใช้กรดซอร์บิกเพื่อรักษาไส้กรอกปลาและผลิตภัณฑ์ปลาชนิดอื่น เป็นที่นิยมและใช้ในทางการค้าอย่างกว้างขวาง โดยทั่วไปการใช้สารผสมของกรดซอร์บิก และวัตถุกันเสียชนิดอื่น จะทำให้ประสิทธิภาพในการต่อต้านแบคทีเรียสูงขึ้น (ไพบูลย์, 2544)

5) ผลិតภัณฑ์ผัก โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ผักดองและผักดองในน้ำส้มสายชูจะใช้กรดซอร์บิก ในรูปของสารละลายซอร์เบตเป็นวัตถุกันเสีย ข้อได้เปรียบของการใช้เกลือซอร์เบตในผักดอง เพราะว่าเกลือซอร์เบตจะไม่มีผลรุนแรงกับแบคทีเรียชนิดสร้างกรดแลกติก ปริมาณโพแทสเซียมซอร์เบตที่ใช้อยู่ระหว่าง 0.05-0.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถยับยั้งเชื้อราที่ไม่ต้องการตลอดจนยีสต์ ชนิดที่ทำให้เกิดฟิล์มได้ ปริมาณเกลือซอร์เบตที่ใช้นั้นกับปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์ด้วย จากการใช้เกลือซอร์เบตในผลิตภัณฑ์ผักดองพบว่าผลผลิตของผักดองดีขึ้นถึง 20 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เกลือโพแทสเซียมซอร์เบตยังใช้กับผักดองของชาวเอเชียและพวกซอสเครื่องเทศ อีกทั้งกรดซอร์บิกยังใช้ร่วมกับน้ำส้มสายชูและ/หรือเกลือในผลิตภัณฑ์มะเขือเทศอีกด้วย (ไพบูลย์, 2544)

6) ผลิตภัณฑ์ผลไม้ ได้มีการศึกษาการใช้ซอร์เบตในการเก็บรักษาผลไม้แห้ง เช่น ลูกพรุนแห้ง ลูกมะเดื่อแห้ง ไพบูลย์ (2544) ได้กล่าวว่าลูกพรุนแห้งแบบพร้อมบริโภคที่ทำจากกระบวนการคั้นตัวของผลไม้ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้โดยใช้กรดซอร์บิกเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากผลไม้ประเภทนี้มีความชื้นสูงกว่าปกติจึงทำให้เชื้อราสามารถเจริญได้ เนื้อผลไม้สามารถป้องกันไม่ให้เกิดการหมักและถูกทำลายจากเชื้อราได้ โดยใช้โพแทสเซียมซอร์เบตในปริมาณ 0.1-0.13 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากกรดซอร์บิกไม่มีผลต่อต้านการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือเอนไซม์ จึงจำเป็นต้องใช้ร่วมกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณเล็กน้อยสำหรับผลิตภัณฑ์แยม มาร์มาเลดและเจลลี่ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลสูงปริมาณ กรดซอร์บิกที่ใช้ประมาณ 0.05 เปอร์เซ็นต์ จึงพอเพียงสำหรับการรักษาผลิตภัณฑ์ดังกล่าว นอกจากนี้อาจใช้กรดซอร์บิกเป็นสารเคลือบผิวของผลิตภัณฑ์ก็ได้

7) เครื่องดื่ม กรดซอร์บิกในรูปของโพแทสเซียมซอร์เบตใช้เป็นสารป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่ต้องการการแปรรูปต่อไป แต่โดยทั่วไปมักจะใช้ร่วมกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณเล็กน้อยเพื่อที่สามารถป้องกันการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เอนไซม์ และแบคทีเรีย ปริมาณโพแทสเซียมซอร์เบตที่ใช้นั้นมีค่าระหว่าง 0.05-0.2 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำผลไม้และระยะเวลาที่ต้องการเก็บ เครื่องดื่มชนิดไม่มีแอลกอฮอล์ต้องใช้ปริมาณโพแทสเซียมซอร์เบตเพิ่มขึ้นอีก 0.02 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากยีสต์ (ไพบูลย์, 2544)

กรดซอร์บิกนับเป็นวัตถุกันเสียที่สำคัญของประเทศที่ผลิตไวน์เป็นอุตสาหกรรม โดยกรดนี้จะช่วยให้ไวน์คงตัวไม่เกิดการหมักขึ้นอีก ทั้งนี้เพราะการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงลำพังไม่สามารถป้องกันยีสต์ไม่ให้เกิดปฏิกิริยาการหมักขึ้นใหม่ในไวน์ได้ กรดซอร์บิกประมาณ 200 มิลลิกรัม หรือเท่ากับโพแทสเซียมซอร์เบต 270 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 20-40 มิลลิกรัมของซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระจะสามารถป้องกันการเสื่อมเสียของไวน์จากปฏิกิริยาของเอนไซม์

แบคทีเรีย และการออกซิเดชันได้ กรดซอร์บิกและซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีปฏิกิริยาต่อต้านจุลินทรีย์ต่างกันและกรดนี้ไม่สามารถใช้แทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้เพราะซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะกำจัดแบคทีเรียชนิดสร้างกรดแลกติกซึ่งมีบางพันธุ์ที่สามารถเปลี่ยนกรดซอร์บิกไปเป็นซอร์ฟินอลได้ ฉะนั้นการใช้กรดซอร์บิกไม่ถูกต้อง อาจจะทำให้เกิดลักษณะที่เรียกว่า geranium off-odour (ไพบูลย์, 2544)

8) ผลผลิตก้นขนมอบ กรดซอร์บิกเหมือนกับกรดโพพออนิกที่สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์ขนมอบอย่างกว้างขวาง กรดซอร์บิกยังคงมีประสิทธิภาพที่ค่าความเป็นกรดต่างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเกลือโพพอเนต กรดซอร์บิกจัดว่าเป็นวัตถุกันเสียที่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ดี โดยเฉพาะ *Trichosporon variable* กรดซอร์บิกประมาณ 0.1-0.2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเติมในขณะที่เตรียมโดของขนมปังจะสามารถป้องกันเชื้อราดังกล่าวได้ อย่างไรก็ตามปริมาณกรดที่ใช้ขึ้นยังกับปริมาณแป้งด้วย (ไพบูลย์, 2544)

การใช้กรดซอร์บิกในผลิตภัณฑ์ขนมอบไม่เพียงแต่จะมีผลในแง่เศรษฐกิจเท่านั้นยังมีผลในแง่ที่กรดซอร์บิกสามารถป้องกันเชื้อราที่สร้างสารอะฟลาทอกซินได้ การใช้กรดซอร์บิกในผลิตภัณฑ์ขนมอบไม่ก่อให้เกิดปัญหาในกระบวนการผลิต ปริมาณที่ใช้ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์และระยะเวลาในการเก็บ ปกติจะอยู่ระหว่าง 0.1-0.2 เปอร์เซ็นต์ บางครั้งอาจพบว่ากรดซอร์บิกจะมีผลต่อการพองตัวของขนมปัง ถ้าเป็นเช่นนี้อาจจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณยีสต์ในกระบวนการผลิต และ/หรือยืดเวลาในช่วงหมักนานขึ้น สารผสมซอร์บอิลพาล์มิเทตซึ่งโดยตัวสารเองจะไม่มีปฏิกิริยาต่อจุลินทรีย์ แต่สารชนิดนี้จะแตกตัวระหว่างกระบวนการทำขนมปังให้กรดซอร์บิก ซึ่งจะมีผลในการป้องกันการเสื่อมเสียของขนมปังอันเนื่องมาจากเชื้อรา แต่อย่างไรก็ตามซอร์บอิลพาล์มิเทตยังไม่นิยมใช้เพราะราคาแพง (ไพบูลย์, 2544)

9) ผลผลิตก้นถูกกวาด เนื่องจากกรดซอร์บิกยังคงมีประสิทธิภาพสูงที่ค่าความเป็นกรดต่างสูงและยังสามารถป้องกันยีสต์ที่ทนต่อน้ำตาลสูงได้ นอกจากนี้กรดซอร์บิกยังไม่มีการสลาย จึงนิยมเติมในซ็อกโกแลตซึ่งปริมาณที่ใช้อยู่ระหว่าง 0.05-0.2 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณน้ำตาลกรดในผลิตภัณฑ์ และปัจจัยอื่นที่จะมีผลต่อปฏิกิริยาการถนอมอาหารของกรด (ไพบูลย์, 2544)

2.8.5 ผลของกรดซอร์บิกที่มีต่อสุขภาพ

นิธิยา (2543) กล่าวว่า กรดซอร์บิกถูกค้นพบในประเทศสหรัฐอเมริกาและเยอรมันมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1939 และนำมาใช้กันมากขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 กรดซอร์บิกสลายตัวได้โดยบีตา-ออกซิเดชัน (β -oxidation) เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบตจัดเป็นวัตถุกันเสียที่มีความปลอดภัยในการใช้ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุกันเสียชนิดอื่น จากการรวบรวมผลศึกษาทดลองของ ไพบูลย์ (2544) ในสัตว์ทดลองโดยทดลองในหนูทดลอง (rat) 100 ตัว เป็นหนูตัวผู้ 50 ตัว และหนูเพศเมีย 50 ตัว ให้หนูทดลองบริโภคอาหารที่มีกรดซอร์บิก ในระดับ 0 เปอร์เซ็นต์และ 5 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาทดลองเป็นเวลา 2 ชั่วโมงของหนูทดลอง ผลการทดลองพบว่า ในชั่วอายุแรกหนูทดลองที่ได้รับกรดซอร์บิกร้อยละ 5 จะมีอายุในชั่วอายุแรกเป็นเวลา 811 วัน สำหรับหนูทดลองตัวผู้ และ 789 วัน สำหรับหนูทดลองตัวเมีย ส่วนหนูทดลองตัวผู้ที่ไม่ได้รับกรดซอร์บิก จะมีอายุในชั่วอายุแรก 709 วัน และ 804 วัน สำหรับหนูทดลองตัวเมีย จากการนำซากของหนูทดลองที่ตายแล้วมาทำการตรวจวิเคราะห์ปรากฏว่า ไม่พบอาการผิดปกติที่อวัยวะ สำหรับอาการเบื้องต้นทั้งในกลุ่มของหนูทดลองที่ได้รับและไม่ได้รับกรดซอร์บิก จะมีเพียงกลุ่มละ 2 ตัวเท่านั้นที่เกิดอาการที่ดังกล่าว ส่วนการทดลองในชั่วอายุที่ 2 นั้น ได้ดำเนินการแบบเดียวกับการทดลองในชั่วอายุแรก เพียงแต่เมื่อหนูมีอายุครบ 250 วัน ได้นำหนูทดลองทั้งหมดมาฆ่าและทำการตรวจวิเคราะห์ซากพบว่า ตับ หัวใจ และอวัยวะของหนูทดลองทั้งหมด ไม่มีอาการผิดปกติ ส่วนการทดลองในหนูและสุนัขโดยให้สัตว์ทดลองที่กล่าวข้างต้นบริโภคอาหารที่มีกรดซอร์บิกระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 9 วัน พบว่าไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์ทดลองมีสภาพปกติแต่ถ้าหากให้สัตว์ทดลองได้รับอาหารที่มีกรดซอร์บิกอยู่ถึงร้อยละ 8 จะทำให้น้ำหนักของตับเพิ่มขึ้น

พิษเรื้อรังของกรดซอร์บิกและเกลือโพแทสเซียมซอร์เบตต่อสัตว์ทดลองชนิดต่าง ๆ พบว่าไม่ทำให้เกิดเนื้องอก เช่น ให้หนูกินอาหารที่มีกรดซอร์บิก 2 ช่วงอายุรวม 1,000 วัน ไม่พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเจริญเติบโต อัตราการสืบพันธุ์และพฤติกรรมอื่น การฉีดกรดซอร์บิก (40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัวต่อวัน) เข้าในกระเพาะอาหารของหนู (mice) ทั้งตัวผู้และตัวเมียนาน 2 เดือน ไม่พบว่ามีผลผิดปกติ แต่ถ้าเพิ่มปริมาณกรดซอร์บิกเป็น 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัวต่อวัน ในช่วง 3 เดือนต่อมา พบว่าหนูมีการเจริญเติบโตช้าลงและเมื่อทดลองเติมโพแทสเซียมซอร์เบตลงในอาหารเลี้ยงสุนัข (1-2 เปอร์เซ็นต์) นาน 3 เดือน ไม่พบว่ามีผลผิดปกติเกิดขึ้น (นิธิยา, 2543)

การฉีดน้ำมันถั่วลิสงที่มีกรดซอร์บิกปนอยู่ด้วย จะทำให้หนูเกิดมะเร็งที่ได้ผิวหนัง (subcutaneous sarcomas) บริเวณที่ฉีด แต่การเลี้ยงหนูโดยให้กินกรดซอร์บิก 10 เปอร์เซ็นต์ในอาหารเป็นระยะเวลาไม่นานไม่พบว่าจะเกิดความผิดปกติใด ๆ จึงนิยมใช้กรดซอร์บิกแทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์และกรดเบนโซอิก องค์การอนามัยโลกกำหนดให้ปริมาณต่ำสุดที่ร่างกายควรได้รับกรดซอร์บิกต่อวันสำหรับคนหนัก 60 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 0-1,500 มิลลิกรัมต่อวัน อาหารที่นิยมใช้

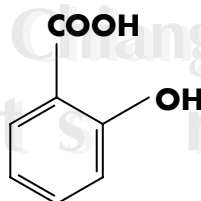
กรดซอร์บิกเป็นสารกันเสีย ได้แก่ เนย เนยแข็ง น้ำผลไม้ อาหารดอง ไวน์ ขนมปิ้ง เค้ก ผลิตภัณฑ์ปลาและเนื้อสัตว์ (นิธิยา, 2543)

การบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ซอร์เบตเป็นวัตถุกันเสียในปริมาณมาก อาจเป็นสาเหตุให้เกิดอาการแพ้หรือระคายเคืองผิวหนังของผู้ที่มีความไวต่อสารนี้ (ศิวาพร, 2546) อย่างไรก็ตาม อาการที่กล่าวจะพบเฉพาะในผู้ที่มีความไวต่อสารนี้เท่านั้น ยังไม่พบอาการแพ้ดังกล่าวกับผู้บริโภคที่บริโภคอาหารที่มีการใช้ซอร์เบตเป็นวัตถุกันเสีย (ไพบูลย์, 2544)

2.9 กรดซาลิไซลิก (Salicylic acid)

2.9.1 คุณสมบัติ

กรดซาลิไซลิก เป็นวัตถุกันเสียอีกชนิดหนึ่ง พบตามธรรมชาติ ในผลไม้ เช่น เชอร์รี่ กัลลวย ในผัก เช่น ถั่วเขียว กระเทียม เป็นต้น มีชื่อทั่วไปคือ 2-ไฮดรอกซี-เบนโซอิกแอซิด (2-hydroxy-benzoic acid) ($C_6H_4(OH)CO_2H$) และ สูตรโครงสร้างแสดงดังภาพที่ 2.3 กรดซาลิไซลิกมีลักษณะเป็นผงสีขาว ไวต่อแสง มีกลิ่นฉุน (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive, 1992) สามารถละลายน้ำได้เล็กน้อย ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์เข้มข้นประมาณ 15.2 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร เมื่อถูกความร้อนสามารถระเหยได้ การใช้ต้องระวังนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ยาและเครื่องสำอางซึ่ง กรดซาลิไซลิกเป็นกรดที่เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดอะซิติกโดยปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันได้อะซิติลซาลิไซเลตซึ่งใช้ในการทำยา (Shakhashiri, 2006) สำหรับบางประเทศใช้กรดซาลิไซลิกในผลิตภัณฑ์อาหาร แต่ยังมีอีกหลายประเทศที่ไม่อนุญาตให้ใช้ ส่วนใหญ่แล้วจะถูกนำมาใช้ในการทำยาฆ่าเชื้อและสารยับยั้งจุลินทรีย์และเป็นสารตั้งต้นในการทำโลชั่น (Antony, 1995) นักเคมีชาวอิตาลีได้ทำการสกัดกรดซาลิไซลิกจากต้นไม้ลักษณะทรงพุ่มเดียวกับพืช 3 ชนิด และถูกนำมาทำเป็นยาโดยเภสัชกรชาวฝรั่งเศส ในแถบยุโรป 19 ประเทศ ได้รับการยอมรับกันอย่างแพร่หลายในการใช้กรดซาลิไซลิกในทางการแพทย์เพื่อใช้เป็นยาลดไข้ ยารักษาโรคหัวใจ บวม และโรคหัวใจ (Ellen และ Kathi, 1999)



ภาพที่ 2.3 สูตรโครงสร้างของกรดซาลิไซลิก

ที่มา : (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive, 1992)

นอกจากนี้กรดซาลิไซลิก หรือ ออร์โท-ไฮดรอกซีเบนโซอิกแอซิด เป็นสารที่มีบทบาทในส่วนของกลุ่มสารฟีนอลิกในพืช ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่สามารถนำมาใช้ทำยา (Lasanka *et al.*, 1997) กรดซาลิไซลิกมีคุณสมบัติแบบคีราทีโนไลติกซึ่งมีบทบาทในการยับยั้งเชื้อโรคผิวหนังหรือเชื้อยีสต์ ผิวแห้งและโรคผิวหนังเรื้อรังแบบซอร์เรียซิส (psoriasis) ทั้งนี้ควรใช้ในปริมาณ 2 – 6 เปอร์เซ็นต์ทั้งในการใช้กรดนี้ร่วมกับสารชนิดอื่นเช่น กรดเบนโซอิก หรือ ซัลเฟอร์ สรรพคุณของกรดนี้ยังช่วยฆ่าพยาธิตัวกลมที่เป็นสาเหตุของโรคผิวหนังแบบที่เนี่ย นอกจากนี้กรดซาลิไซลิกยังสามารถพบได้ในพวกพืช ผักอินทรีย์ และสามารถป้องกันการเกิดโรคได้เมื่อมีการนำมาทำเป็นอาหาร โดยพบว่ากรดซาลิไซลิกจะมีในผักพวกที่มีสารอินทรีย์มากกว่าในผักพวกไม่มีสารอินทรีย์ (Baxter, 2001)

2.9.2 ผลของกรดซาลิไซลิกที่มีต่อจุลินทรีย์

กรดซาลิไซลิกสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์และรา โดยเฉพาะยับยั้งการสร้างสปอร์ของ *S. aureus* การที่กรดซาลิไซลิกสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่กล่าวได้นั้น เนื่องจากสารดังกล่าวมีผลต่อการทำงานของผนังเซลล์ในบริเวณเกล็ดเลือด รวมทั้งยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ (Mathaias, 2003) Iri *et al.* (2003) กล่าวว่ากรดซาลิไซลิกสามารถยับยั้ง *S. aureus* ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการกระทบกระเทือนต่อระบบประสาทส่วนกลาง

2.9.3 การใช้กรดซาลิไซลิกในผลิตภัณฑ์อาหาร

กรดซาลิไซลิกเป็นสารกันรา มักใช้กับอาหารประเภทน้ำผลไม้ อาหารหมักดอง เพราะว่ามีค่าความเป็นกรดต่ำ แต่ปัจจุบันเป็นวัตถุกันเสียที่กระทรวงสาธารณสุขห้ามใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 151 พ.ศ. 2536 (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2536) เนื่องจากถ้ารับประทานอาหารที่มีกรดนี้มากเกินไปจะทำลายเซลล์ให้ตายได้ หากร่างกายของเราได้รับกรดซาลิไซลิกจนมีความเข้มข้นในเลือดถึง 25-35 มิลลิกรัม /เลือด 100 มิลลิตร จะทำให้เกิดอาการอาเจียน หูอื้อ มีไข้ หายใจขัด ประสาทหูเสื่อมและเกิดอาการประสาทหลอนอาจจะมีเลือดไหลออกไม่หยุด ผู้ป่วยจะเสียชีวิตเพราะเสียเลือด และความดันโลหิตต่ำลงจนช็อกได้ในทางเภสัชกรรมจะใช้กรดซาลิไซลิกเป็นยาทาภายนอก คือยาที่ใช้ภายนอกในร่างกาย ไม่ใช่เป็นยารับประทานเนื่องจากอันตรายดังกล่าว โดยจะใช้กรดซาลิไซลิกละลายในแอลกอฮอล์ความเข้มข้นประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นยารักษากลาก เกื้อน ทำให้กลากเกื้อนลอกออกพร้อมเซลล์ผิวหนังที่ถูกทำลาย ดังนั้นการที่ผู้ผลิตอาหารใส่กรดซาลิไซลิกในอาหารแห้งเพื่อป้องกันเชื้อราจึงผิดกฎหมาย (จักรพันธ์, 2542) นอกจากนี้ในปี ค.ศ. 1970 Anner ได้รายงานการตรวจพบกรดซาลิไซลิกในพืชประเภทต่างๆ โดยพบว่าในอาหาร

ปริมาณ 100 กรัมพบกรดซาลิไซลิกในผัก ผลไม้ ถั่ว เมล็ดพืช และเครื่องปรุงแต่งอาหาร ตั้งแต่ปริมาณ 0.1 ถึงมากกว่า 1 มิลลิกรัม ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ปริมาณกรดซาลิไซลิกในอาหาร

กรดซาลิไซลิกในอาหาร/ 100 กรัม				
ปริมาณที่พบ				
น้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัม	0.1-0.25 มิลลิกรัม	0.25 – 0.49 มิลลิกรัม	0.5 – 1 มิลลิกรัม	มากกว่า 1 มิลลิกรัม
ผัก				
ถั่วเขียว (Green peas)	หน่อไม้ฝรั่ง (Asparagus)	หน่อไม้ฝรั่งกระป๋อง (Asparagus canned)	แอลฟาฟ่าร์ (Alfalfa)	เห็ดแชมปิญอง (Champignon)
ถั่วลันเตา (Greenbeans)	ดอกกะหล่ำ (Cauliflower)	ผักกาด (Lactuce)	บร็อคโคลี่ (Broccoli)	พริกไทย (Green peper)
ผักซีฝรั่ง (Celery)	ชงโค (Choko)	แมร์โรว์ (Marrow)	แตงกวา (Cucumber)	มะกอก (Olive)
กะหล่ำปลี (Cabbage)	เห็ดสด (Mushroom fresh)	มะกอก (Olives)	ถั่วฟาวา (Fava beans)	เห็ด (Mushrooms)
ถั่วแดง (Lentils)	หัวหอม (Onion)	ฟักทอง (Pumpkin)	ผักขม (Spinach)	มะเขือเทศ (Tomato)
		สโนว์ ฟินส์ (Snow peas)	มันฝรั่ง (potato)	หัวผักกาด (Radish)
ผลไม้				
กล้วย (Banana)	แอปเปิ้ลสีทอง (Apple golden)	น้ำองุ่น (Grape fruit juice)	แอปเปิ้ลกรีนนี่ (Apple Granny)	ลูกท้อ (Apricot)
สาละ (Pear)	แอปเปิ้ลสีแดง (Apple red)	กีวี (Kiwi)	อะโวคาโด (Avocado)	บลูเบอร์รี่ (Blueberries)
	เชอร์รี่เปรี้ยว (Cherries sour)	ลีนจี (Lychee)	เชอร์รี่ (Cherries)	แบล็คเบอร์รี่ (Blackberries)

ที่มา: Anner (1970)

ตารางที่ 2.6 (ต่อ) แสดงปริมาณกรดซาลิไซลิกในอาหาร

กรดซาลิไซลิกในอาหาร/ 100 กรัม				
ปริมาณที่พบ				
น้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัม	0.1-0.25 มิลลิกรัม	0.25 – 0.49 มิลลิกรัม	0.5 – 1 มิลลิกรัม	มากกว่า 1 มิลลิกรัม
	องุ่นเขียว (Grapes green)	พลัม (Plum)	องุ่นแดง (Grapes red)	แคนตาลูป (Cantaloupe)
	มะนาวสด (Lemon fresh)	แตงโม (Water melon)		ฝรั่ง (Guava)
	มะม่วง (Mango)			ลูกเกด (Raisins)
	เสาวรส (passion fruit)			
ถั่วและเมล็ดพันธุ์				
เม็ดมะม่วง หิมพานต์ (Cashews)	เนยถั่ว (peanut butter)	มะพร้าว (Coconut)	ถั่วไพน์ (Pine nut)	อัลมอนด์ (Almonds)
	เมล็ดดอกทานตะวัน (Sunflower seeds)	ถั่วบราซิล (Brazil nuts)	ถั่วมาคาเดเมีย (Macadamia nuts)	ถั่วลิสง (Peanuts)
			ถั่วพิสตาชิโอ (Pistachio nuts)	
เครื่องปรุงแต่งอาหาร				
กระเทียม (Garlic)	น้ำส้มสายชู (Vinegar)	ยี่หระ (Fennel)	วีจีไมท์ (Vegemite)	แคนเนลารี (Canella)
ผักชี (Parsley)	ซอสถั่วเหลือง (Soy souce)			คัมมิน (Cummin) ผงกะหรี่ (Currypowder)

ที่มา: Anner (1970)

ตารางที่ 2.6 (ต่อ) แสดงปริมาณกรดซาลิไซลิกในอาหาร

กรดซาลิไซลิกในอาหาร/ 100 กรัม				
ปริมาณที่พบ				
น้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัม	0.1-0.25 มิลลิกรัม	0.25 – 0.49 มิลลิกรัม	0.5 – 1 มิลลิกรัม	มากกว่า 1 มิลลิกรัม
หัวหอม (Chives)	ดอกคำฝอย (Saffron)			พริกหยวก (Hot paprika)
				โรสแมรี่ (Rosemary)

ที่มา: Anner (1970)

สถาบันอาหารได้สุ่มเก็บตัวอย่างผักและผลไม้ดองที่วางจำหน่ายตามตลาดสดในเขตกรุงเทพฯ จำนวน 5 ตัวอย่าง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาการปนเปื้อนของกรดซาลิไซลิกผลปรากฏว่าทุกตัวอย่างไม่พบการปนเปื้อนของกรดซาลิไซลิกดังแสดงในตารางที่ 2.7 (สถาบันอาหาร, 2548)

ตารางที่ 2.7 ผลการวิเคราะห์กรดซาลิไซลิก (สารกันรา) ปนเปื้อนในผัก ผลไม้ดอง

ตัวอย่างที่สุ่มตรวจ	ปริมาณกรดซาลิไซลิก
ผักกาดดอง จากตลาดบางขุนศรี	ไม่พบ
ผักกาดดอง จากตลาดสาลาษา	ไม่พบ
ผักกาดดอง จากตลาดบางขุนนนท์	ไม่พบ
หน่อไม้ดอง จากตลาดนครหลวง	ไม่พบ
หน่อไม้ดอง จากตลาดกรุงนนท์	ไม่พบ

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2548)

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมอนามัย สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดรวม 75 จังหวัด ในปีงบประมาณ 2548 (ตุลาคม 2547 - กรกฎาคม 2548) พบว่าผลิตภัณฑ์อาหารในท้องตลาดมีความปลอดภัยเพิ่มขึ้น อาหารสดในท้องตลาดที่ทำการสุ่มตรวจ ได้แก่ พืช ผัก ผลไม้ อาหารหมักดอง เนื้อสัตว์ อาหารทะเล และอาหารแห้ง ปลอดภัยจากสารปนเปื้อน 6 ชนิด คือ บอแรกซ์ ฟอรั่มาริน สารเร่งเนื้อแดง สารฟอกขาว กรดซาลิไซลิกหรือ

สารกันรา และสารฆ่าแมลง ซึ่งในปีงบประมาณ 2547 พบสารปนเปื้อนในอาหาร 3.59 เปอร์เซ็นต์ ขณะนี้คงเหลือเพียง 2.31 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2548)

ตารางที่ 2.8 จำนวนอาหารสดที่ตรวจพบสารปนเปื้อนไม่ผ่านเกณฑ์

ปีงบประมาณ	อาหารที่ตรวจไม่ผ่านเกณฑ์ (เปอร์เซ็นต์)						
	สารเร่งเนื้อแดง	สารฟอกขาว	กรดซาลิไซลิก	บอร์แรกซ์	ฟอร์มัลดีไฮด์	ยาฆ่าแมลง	รวม
2547	8.59	2.00	2.76	0.84	1.92	5.44	3.59
2548	5.94	0.39	1.48	0.59	1.21	4.29	2.31

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2548)

2.9.4 ผลของซาลิไซลิกที่มีต่อสุขภาพ

กรดซาลิไซลิกมีผลต่อสุขภาพดังนี้

1) ผลทางพิษวิทยา (Toxicodynamics) เพราะว่ากรดซาลิไซลิก มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ทำให้เกิดการทำปฏิกิริยาของฟอสเฟต กับแก๊สเช่น เกิดแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นซึ่งสร้างผลเสียต่อระบบการหายใจได้ สำหรับวิธีการบรรเทาผลเสียนี้สามารถใช้ไบคาร์บอเนตร่วมกับโซเดียม โปแทสเซียม และน้ำโดยตรวจดูน้ำและอุณหภูมิของปัสสาวะ (Dehydration and hypokalemia result) นอกจากนี้กรดนี้ยังสามารถทำให้เกิดการสูญเสียไบคาร์บอเนต (bicarbonate) ที่เป็นตัวสร้างความแข็งแรงแก่ร่างกายไม่ให้เกิดพิษจากกรดนี้ได้ และจากกรณีที่กรดนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของฟอสเฟตยังส่งผลต่อการเกิดอุณหภูมิสูงในร่างกาย เช่น เกิดอาการไข้ และระบบประสาทส่วนกลางบกพร่องทำให้เกิดการมองไม่ชัด เวียนหัว หรืออึดอัด

นอกจากนี้ระบบประสาทส่วนกลางบกพร่องจากพิษกรดซาลิไซลิก ที่มีผลต่อประสาทเองและทำให้ระบบการหายใจบกพร่องยังส่งผลกระทบต่อการทำงานของเลือดแบบवासโซมอตร์ ดีเพรสชัน (vasomotor depression) ที่เกิดผลเสียซึ่งทำให้ระบบการเผาผลาญสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีนบกพร่องเพราะผลกรดนี้ และทำให้เนื้อเยื่อมีปริมาณฟอสเฟตเปลี่ยนแปลง ผลเช่นนี้ทำให้กล้ามเนื้อประสาทมีระดับกลูโคสในเลือดผิดปกติซึ่งก่อให้เกิดอาการแบบนิวโรจีโคเพอร์เนีย (neuroglycopenia) และร่างกายมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงแบบไฮเพอร์ทอมบีเนเมีย (hyperthrombinaemia) เพราะผลของกรดซาลิไซลิกทำปฏิกิริยากับวิตามินเค 1 แอพออกไซด์ (vitamin K1 epoxide) (International Programme on Chemical Safety, 2004)

2) ผลในทางคลินิกวิทยาพบว่าในร่างกายที่ได้รับกรดซาลิไซลิก และ กรดซาลิไซเลต มีผลทำให้เกิดการอาเจียน อึดอัดในส่วนบนของอก ฟังเสียงไม่ชัด หายใจเร็วสำหรับอวัยวะที่ได้รับกรดเหล่านี้ เช่น ที่กระเพาะ จะได้รับผลเสียของพิษกรดซาลิไซลิกมากกว่ากรดอะซิติลซาลิไซเลต (acetyl salicylic acid) ในกรณีที่มีผลเสียรุนแรงจะทำให้ประสาทบกพร่อง เช่น ที่ประสาทส่วนกลางก่อให้เกิดอาการตาฝ้าฟางเห็นภาพหลอน เป็นไข้และหัวใจเต้นเร็วผิดปกติ ผลเช่นนี้ยังทำให้สัดส่วนเคมีในร่างกาย (alkalosis) บกพร่องและเกิดการเผาผลาญพลังงานแบบอะซิโดซีสเมตาบอลิก (acidosis metabolic) บกพร่องซึ่งทำให้ระบบการหายใจติดขัดหรือหายใจหอบ กรณีที่กรดซาลิไซเลตเกิดพิษในผู้ใหญ่จะมีผลเสียต่อปอดและหัวใจรวมทั้งระบบประสาทอีกทั้งยังทำให้คีโตนในร่างกายไม่สมดุล (ketosis) ซึ่งทำให้เซลล์เลือดบกพร่อง สำหรับกรดเมทิลซาลิไซเลตเป็นพิษจะตรวจได้จากลักษณะการหายใจที่ผิดปกติ การตรวจปัสสาวะและตรวจอาเจียน ในกรณีที่ระบบประสาทส่วนกลางได้รับพิษจากกรดนี้จะทำให้เส้นเลือดใหญ่บกพร่อง เช่น เกิดอาการไฮเปอร์ไพโรโนรา (hyperpynola) และไฮเปอร์ไพเรเซีย (hyperpyrexia) ทำให้หายใจเร็วผิดปกติ (International Programme on Chemical Safty, 2004)

2.9.5 การใช้ประโยชน์

กรดซาลิไซลิกได้นำมาใช้ในทางการเกษตร เพื่อชะลอการสุกของผลไม้ สิริชัย (2548) ได้ทำการศึกษาผลของกรดซาลิไซลิกต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เนื่องจากในมะม่วงมีกรดซาลิไซลิกเป็นสารประกอบฟีนอลอย่างง่ายที่มีผลต่อกระบวนการเจริญเติบโตของพืช เช่น การเปิด-ปิดของปากใบ การงอกของเมล็ด การดูดซับประจุ การแสดงออกของเพศและการต้านทานการเข้าทำลายของโรค นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์กับกระบวนการสังเคราะห์ และการทำงานของเอธิลีน (biosynthesis and action of ethylene)

ในทางการแพทย์กรดซาลิไซลิกเป็นสารตั้งต้นเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดอะซิติลในการทำยาแอสไพริน และทำปฏิกิริยากับเมทานอลได้เมทิลซาลิไซเลต ซึ่งใช้เป็นยาภายนอก (Scharf และ Malerich, 2005) และใช้เป็นส่วนประกอบของการทำยารักษาวัณโรค สามารถยับยั้งเชื้อ *B. aureus* (Basu, 2001) Danie และ Anne (2003) ได้ศึกษาการใช้กรดซาลิไซลิกทาแผลโดยทดลองกับหนูพบว่าสามารถรักษาแผลที่เป็นเหตุให้หาย แต่สำหรับการใช้กรดซาลิไซลิกในผลิตภัณฑ์อาหารมักใช้กับอาหารประเภทหมักดอง จากการสำรวจของคณะกรรมการอาหารและยา ได้นำรถตรวจสอบอาหารเคลื่อนที่ออกเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ตลาดสด เพื่อตรวจหากรดซาลิไซลิก ในของดอง 10 ตัวอย่าง พบ 3 ตัวอย่าง ในมะกอกแช่อิ่ม ผักดอง ผักเสี้ยนดอง (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2547) นอกจากนี้โครงการวิจัยสถานการณ์ความปลอดภัยด้านผักผลไม้

ได้ตรวจกรดซาลิไซลิก หรือสารกันราในผักและผลไม้ดองจากตลาดสี่มุมเมือง ได้แก่ ตลาดไท ตลาดมหานาค ปากคลองตลาด ตลาดบางกะปิ ตลาดบางบอนและตลาดคลองเตย โดยใช้ชุดทดสอบของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์พบกรดซาลิไซลิกหรือสารกันราปนเปื้อน 277 ตัวอย่าง (87.11 เปอร์เซ็นต์) จากตัวอย่าง 318 ตัวอย่าง (โครงการสถานการณ์และระบบการจัดการความปลอดภัยด้านอาหารของประเทศไทย, 2548) ปัจจุบันกรดซาลิไซลิกจัดเป็นสารอันตรายที่ห้ามใช้ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 151 พ.ศ. 2536 (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2536) เนื่องจากเมื่อบริโภคเข้าไปจะทำลายเซลล์ในร่างกายหากบริโภคในปริมาณมากจะทำลายเยื่อบุกระเพาะอาหารและลำไส้ ทำให้เป็นแผลในกระเพาะอาหารและลำไส้ ความดันโลหิตต่ำจนช็อคได้ หรือในบางรายที่แม้บริโภคในปริมาณเล็กน้อยทำให้เป็นผื่นคันขึ้นตามตัว อาเจียน หูอื้อ มีไข้ (นิธิยา, 2543)

2.10 การวิเคราะห์ปริมาณกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกในอาหาร

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดเบนโซอิกและ กรดซอร์บิก ในผลิตภัณฑ์อาหารโดยวิธีโครมาโตกราฟีแผ่นบาง (Thin layer chromatography) ยูวี สเปกโตรโฟโตเมทรี (UV spectroscopy) โครมาโตกราฟีชนิดของเหลวประสิทธิภาพสูง หรือ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) และแก๊ส โครมาโตกราฟี (Gas chromatography) แต่ในปัจจุบันนี้ HPLC เป็นที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการตรวจหาปริมาณวัตถุเจือปนในเครื่องดื่มและผลิตภัณฑ์อาหาร (Tfouni, 2001)

ขวัญตา (2547) ได้ทำการพัฒนาวิธีวิเคราะห์กรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกในน้ำผลไม้เข้มข้นเนื่องจากมีความเห็นว่าการวิเคราะห์หาปริมาณของวัตถุกันเสียในเครื่องดื่มเพื่อเฝ้าระวังความปลอดภัยของผู้บริโภคมีความสำคัญ ซึ่งแต่เดิมการวิเคราะห์ปริมาณวัตถุกันเสียในเครื่องดื่มจะใช้วิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี ซึ่งวิธีนี้มีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและการทำให้บริสุทธิ์ยุ่งยากและใช้เวลานาน อีกทั้งสารเคมีที่ใช้ในการสกัดคืออีเทอร์อาจจะมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้วิเคราะห์ซึ่งต้องปฏิบัติงานเป็นประจำ จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาวิธีวิเคราะห์วัตถุกันเสีย (กรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิก) โดยใช้วิธีโคอะไลซิสในการวิเคราะห์ปริมาณกรดเบนโซอิกแอสปาเทม และ แคลเฟอีนในน้ำอัดลม น้ำผลไม้ และเครื่องดื่มผัดมาใช้ในการเตรียมตัวอย่างร่วมกับวิธี HPLC ซึ่งใช้ในการตรวจวิเคราะห์วัตถุกันเสียในผลไม้แปรรูปมาศึกษาปรับใช้เข้าด้วยกันและทดสอบความแม่นยำกล่าวเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกในตัวอย่างชนิดเดียวกันได้โดยไม่ถูกรบกวน ทั้งสามารถนำวิธีที่ศึกษานี้มาตรวจวิเคราะห์วัตถุกันเสียในเครื่องดื่มต่างๆ เพื่อขยายขอบข่ายของงาน ในการทดลองใช้เครื่อง UV-VIS detector Model SM

3200 และเครื่อง HPLC โดยใช้คอลัมน์ BDS Hypersil C 18 (4.6×250 mm, 5 µm) สำหรับเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ใช้ 0.01 โมลาร์ แอมโมเนียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ (ammonium acetate buffer) ต่อ เมทานอล (methanol) อัตราส่วน 60 : 40 อัตราการไหล (flow rate) 1.2 มิลลิลิตร/นาที ใช้ดีเทคเตอร์ที่ความยาวคลื่น 235 นาโนเมตร ช่วงการดูดกลืนแสงเต็มสเกล (full range) 0.1 AUFS นิตครั้งละ 20 ไมโครลิตร ความเร็วในการไหล (chart speed) 0.5 เซนติเมตร/นาที สำหรับตัวอย่างที่ใช้ทดสอบคือน้ำผลไม้ โดยจะทดสอบกับน้ำผลไม้เข้มข้นที่ไม่มีวัตถุกันเสีย (กรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิก) เมื่อได้วิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแล้วจึงนำมาทดลองใช้กับตัวอย่างเครื่องดื่มชนิดอื่นๆ 6 ชนิด คือ เครื่องดื่มพืชผัก เครื่องดื่มรสผลไม้ผสมนมเปรี้ยว เครื่องดื่มผสมคาเฟอีน น้ำผลไม้ น้ำหวานเข้มข้น และน้ำอัดลมจากการศึกษาพบว่า ช่วงการวิเคราะห์กรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกมีความเป็นเส้นตรงและพิสัย (linearity and range) ที่ความเข้มข้น 20-300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ($r^2 = 0.9995$ และ 0.9998) ขีดจำกัดของการตรวจพบและขีดจำกัดของการวัดเชิงปริมาณของกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกในน้ำผลไม้เข้มข้นมีค่า 5 และ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การคืนกลับและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (%recovery±SD) กรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกในน้ำผลไม้เข้มข้นที่ระดับความเข้มข้น 100, 200 และ 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าระหว่าง 95 ± 1.0 ถึง 100.3 ± 4.5 และ 93.8 ± 5.1 ถึง 96.8 ± 1.1 เปอร์เซ็นต์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) มีค่า 1.1-4.4 และ 1.5-5.3 ตามลำดับ นอกจากนี้วิธีนี้ยังไม่ถูกรบกวนจากสารอื่น เช่น วิตามินบี 6 วิตามินซี อนุพันธ์ฟอสเฟต ซัลฟอนาไมด์ กรดซิตริก แอสปาร์ทาม และคาเฟอีน เมื่อนำวิธีดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างเครื่องดื่มชนิดอื่นๆ อีก 6 ชนิด พบว่าสามารถตรวจสอบกรดทั้งสองชนิดได้ผลดี ดังนั้นวิธีที่พัฒนาขึ้นนี้จึงเหมาะสมที่จะใช้ในงานบริการวิเคราะห์ได้รวดเร็วส่งผลให้งานคุ้มครองผู้บริโภคมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาปริมาณวัตถุกันเสียในผลิตภัณฑ์อาหาร

Mihyar (1999) ศึกษาการหาปริมาณกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกในผลิตภัณฑ์ Labaneh ด้วยวิธี HPLC โดย Labaneh เป็นอาหารกึ่งแข็งซึ่งทำจากโยเกิร์ตที่แยกในชั้นตอนที่เป็นเวย์ ผลิตภัณฑ์ Labaneh มีไขมัน 23-25 เปอร์เซ็นต์ และของแข็งทั้งหมด 8-11 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรด 1.4-2.8 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรดต่าง 3.6-4.0 ตัวอย่าง Labaneh เก็บมาจาก 14 ท้องที่ ในแอมแมน ประเทศจอร์แดน โดย Labaneh ต้องทำมาจากน้ำนมวัวและแต่ละตัวอย่างมีปริมาณ 500 กรัม ทำการเก็บตัวอย่าง 2 ชุด ซึ่งผลิตในวันเดียวกันจากนั้นนำมาวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง โดยเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนมิถุนายนและสิงหาคม ปี ค.ศ.1995 สำหรับสภาวะ HPLC ทำตามวิธีของ IDF Standard method คือ ใช้ดีเทคเตอร์ที่ 277 นาโนเมตร คอลัมน์เบคแมน

อัลตราแซร์ รุ่น ODS C-18 (Beckman Ultrashere ODS C-18) ขนาด 150 มิลลิเมตร ×4.6 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ไมโครเมตร และใช้เฟสเคลื่อนที่อัตราส่วน 90:10 ส่วนผสมระหว่าง ฟอสเฟต : เมทานอล ซึ่งมีอัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตร/นาที ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวอย่างที่พบ ปริมาณกรดเบนโซอิกมีจำนวน 8 ตัวอย่าง โดยอยู่ในช่วง 33-2000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ปริมาณ กรดซอร์บิกอยู่ในช่วง 87 และ 900 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มี 3 ตัวอย่างที่พบทั้งกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิก และ 6 ตัวอย่างที่พบกรดเบนโซอิก ต่ำกว่า 32 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ในประเทศบราซิลมีการหาปริมาณกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกในอาหารบราซิลเลียน (Brazilian food) วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อหาปริมาณกรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก ที่จะใช้เป็นข้อมูลแก่ผู้บริโภคในเรื่องการใช้วัตถุกันเสีย ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ได้แก่ เครื่องดื่มน้ำผลไม้ เครื่องดื่มอัดลม มาการีน โยเกิร์ตและเนยแข็ง โดยทำการตรวจสอบด้วยเครื่อง HPLC โดยใช้ ปี่มีท่อ Water รุ่น Water 600 พร้อมระบบลดแก๊สและใช้ Water 717 ชนิดฉีดตัวอย่างแบบ อัดโนมัติ ใช้คอลัมน์ C18 ยี่ห้อ Nova-pak มีขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร ความยาว 3.9 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 4 ไมโครเมตร เครื่องแปลผลแบบลำแสงคู่อิทธิพล Water รุ่น Water 996 ส่วนเฟสเคลื่อนที่ในส่วนผสมระหว่างน้ำ 81 เปอร์เซ็นต์กับอะซิโตนไนโตร 17 เปอร์เซ็นต์ และ 0.005 โมลาร์ แอมโมเนียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ ที่ค่าความเป็นกรดต่าง 4.2 โดยใช้ กรดอะซิติกปรับค่าความเป็นกรดต่าง อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตร/นาที แต่ละครั้งฉีดตัวอย่าง 20 ไมโครลิตร ในการวิเคราะห์ได้เปอร์เซ็นต์การคืนกลับของกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิก คือ 94 เปอร์เซ็นต์ ถึง 102.2 เปอร์เซ็นต์ และ 86.1-101.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งในโยเกิร์ตและเนย แข็งจะหาเปอร์เซ็นต์การคืนกลับเฉพาะกรดซอร์บิกเท่านั้นเนื่องไม่มีการใช้กรดเบนโซอิกใน ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ขีดจำกัดของการตรวจพบกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกในเครื่องดื่มอัดลม คือ 0.06 และ 0.05 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร มาการีน 0.1 และ 0.2 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ในโยเกิร์ต 0.1 และ 0.2 ไมโครกรัม/มิลลิลิตรในเนยแข็ง 0.1 และ 0.07 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ผลการศึกษา พบว่าจากตัวอย่างทั้งหมดมีเนยแข็ง 1 ตัวอย่างที่ใส่กรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกเกินมาตรฐาน กฎหมายอาหารของประเทศบราซิลพบกรดซอร์บิกในเครื่องดื่มอัดลม 1 ตัวอย่าง และในเครื่องดื่ม ผลไม้ 2 ตัวอย่าง ซึ่งจำนวน 2 ใน 3 ยี่ห้อของเครื่องดื่มอัดลมไม่พบการใส่วัตถุกันเสีย สำหรับใน มาการีนพบว่ามีการใช้ทั้งกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิก (Tfouni, 2001)

ในประเทศมาเลเซีย มีการศึกษาปริมาณวัตถุกันเสีย ได้แก่ กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก เมทิลพาราเบนและโพพิลพาราเบน ในผลิตภัณฑ์อาหารทั้งหมดที่นำมาศึกษา 67 ตัวอย่าง โดยเก็บมา จากซุเปอร์มาเก็ตในเขตภาคเหนือ (Kedah และ Perlis) ของประเทศมาเลเซีย ซึ่งประกอบด้วย

เครื่องต้มผลไม้ ผักผลไม้กระป๋อง แยมหรือผลไม้ที่เป็นเจลลี่ ซอสผลไม้อบแห้งโดยการตรวจสอบด้วยเครื่อง HPLC ยี่ห้อ Jusco PV 1580 คอลัมน์ C18 ยี่ห้อ Supelo 516 มีความกว้าง 15 เซนติเมตร ความยาว 4.6 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ไมโครเมตร ใช้สภาวะอุณหภูมิห้อง เครื่องแปลผลคือ ยูวีสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ยี่ห้อ Jusco UV-1570 ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร และในแต่ละครั้งฉีดสารปริมาณ 20 ไมโครลิตร สำหรับเฟสเคลื่อนที่ ใช้ แอมโมเนียมอะซิเตต บัฟเฟอร์ ค่าความเป็นกรดต่าง 4.4 ต่อเมทานอล อัตราส่วน 35:65 (ปริมาตร/ปริมาตร) โดยจะใช้ อัตราส่วนนี้ นาน 9 นาที หลังจากนั้นจะเปลี่ยนอัตราส่วนเป็น 50:50 (ปริมาตร/ปริมาตร) ในการวิเคราะห์ค่าขีดจำกัดของการตรวจพบ (limit of detection) ของกรดเบนโซอิก (BA) กรดซอร์บิก (SA), เมทิลพาราเบนส์ (MP), โฟซิลพาราเบน (PP) คือ 0.5, 0.1, 0.3, 0.1 ตามลำดับ ค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการวัดเชิงปริมาณ (limit of quantification) คือ 1.4, 0.3, 0.1, 0.3 ตามลำดับ ค่าความเป็นเชิงเส้น (linear range) คือ 5.0-120, 1.0-75, 3.0-100 และ 1.0-75 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การคืนกลับ คือ 106, 104, 102 และ 102 เปอร์เซ็นต์ สำหรับ BA, SA, MP PP ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์พบว่ามีการใช้วัตถุกันเสียในแยมมากที่สุด(ปริมาณที่พบคือ 162-266 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ยังไม่เกินมาตรฐานตามกฎหมายกำหนดซึ่งในแยมกำหนดให้ใช้กรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกได้ 450 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบกรดเบนโซอิกในซอส 1 ตัวอย่าง (1260 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) พบวัตถุกันเสียในผักผลไม้กระป๋อง 2 ตัวอย่าง คือ กรดซอร์บิก 1390 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และกรดเบนโซอิก 840 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เกินมาตรฐานตามกฎหมายกำหนดพวกผลไม้อบแห้งพบกรดเบนโซอิกอยู่ในช่วง 390-730 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกในผลไม้อบแห้งมาตรฐานจะกำหนดไว้คือ 350 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และตรวจพบการใช้วัตถุกันเสียพวกพาราเบนแต่ไม่เกินมาตรฐานที่กฎหมายอาหารประเทศมาเลเซียกำหนด (Bahruddin, 2004)

ขวัญตา (2547) ได้ทำการสำรวจเครื่องต้มในภาชนะบรรจุปิดที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยจัดทำโครงการสำรวจคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารประเภทเครื่องต้ม เพื่อนำผลการสำรวจมาเป็นประโยชน์ในการกำหนดแผนพัฒนาคุณภาพเครื่องต้มร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยได้ทำการศึกษาเครื่องต้มในภาชนะบรรจุปิดที่มีจำหน่ายในท้องตลาดระหว่างปี พ.ศ. 2540-2543 จากผู้ประกอบการ และส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง 194 ราย โดยตัวอย่างเป็นเครื่องต้ม 4 ชนิด ได้แก่ น้ำผลไม้ เครื่องต้มพืชผัก น้ำหวาน และน้ำอัดลม จำนวน 555 ตัวอย่าง ซึ่งส่งวิเคราะห์เพื่อขึ้นทะเบียนตำรับ หรือควบคุมคุณภาพ (ก่อนจำหน่าย) สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาและสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด ส่งวิเคราะห์เพื่อเฝ้าระวังความปลอดภัยของผู้บริโภค (หลังจำหน่าย) ระหว่าง พ.ศ. 2540 รวม 4 ปี ได้ทำการวิเคราะห์ทางเคมีหาปริมาณวัตถุกันเสีย ได้แก่ กรดเบนโซอิก และซอร์บิกและตรวจสอบทางจุลชีววิทยา ได้แก่ จุลินทรีย์ที่บ่งชี้ถึงสุขลักษณะของอาหาร ยีสต์

เชื้อรา บักเตรียชนิด *Coliforms* และ *E.coli* และจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษ *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* และ *Salmonella* วิธีวิเคราะห์ทางเคมีซึ่งใช้วิเคราะห์กรดเบนโซอิก และซอร์บิต ด้วยการตรวจเอกลักษณ์ เมื่อพบว่ามีการใช้วัตถุกันเสียจึงจะวิเคราะห์หาปริมาณ โดยวิธี Dialysis และ HPLC ตาม SOP No.10 02 101 ของกรดเบนโซอิก และกรดซอร์บิตในเครื่องดื่ม ซึ่งจะมีประสิทธิภาพเมื่อความเข้มข้นของกรดทั้งสองอยู่ที่ระดับ 100, 200 และ 300 ไมโครกรัมต่อกรัม ค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิต เท่ากับ 95.2-98.8 และ 96.9-103.9 ตามลำดับ ค่าความเที่ยงตรงที่ระดับ 763 และ 476 ไมโครกรัมต่อกรัม เปอร์เซ็นต์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ เท่ากับ 1.33 และ 1.23 และค่าขีดจำกัดของการวัดเชิงปริมาณที่ระดับ 20 ไมโครกรัมต่อกรัม ค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ 91.5 และ 85.5 ตามลำดับ ทางจุลชีววิทยาตรวจวิเคราะห์จำนวนยีสต์ และเชื้อรา โดยวิธี Standard Plate Count ตาม SOP DMSc 10 02 007 เรื่อง การตรวจสอบยีสต์และราในอาหารและเครื่องดื่ม ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม โดยวิธี Multiple tube fermentation technique และบักเตรียชนิด *E.coli* ด้วยวิธีตาม SOP DMSc 10 02 013 เรื่องการตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำบริโภค น้ำแข็ง น้ำแร่ และเครื่องดื่ม จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ 3 ชนิด ได้แก่ *S.aureus*, *Salmonellae* และ *C.perfringens* ใช้วิธี ตาม SOP 10 02 136, SOP 10 02 041 และ SOP 10 02 137 จำนวน 3 เรื่อง คือ การตรวจวิเคราะห์ *S.aureus*, *Salmonellae* และเครื่องดื่ม ตามลำดับ โดยเกณฑ์ตัดสินใช้มาตรฐานอ้างอิงของพระราชบัญญัติอาหาร ฉบับที่ 214 (พ.ศ.2543) เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท การวิเคราะห์ใช้หลักการทางสถิติ โดยนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS มาใช้ในการประมวลผลข้อมูลใช้ไควสแควร์ และ F-test เพื่อหาความสัมพันธ์ของการใช้วัตถุกันเสีย และการพบเชื้อจุลินทรีย์ในเครื่องดื่ม ผลการศึกษาพบว่าตัวอย่างที่มีวัตถุกันเสียเกินเกณฑ์กำหนดลดลงอย่างต่อเนื่องชัดเจน โดยเฉพาะปี 2543 ลดลงประมาณ 6 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2540 แต่การศึกษาจุลินทรีย์ปนเปื้อนกลับพบว่า มีแนวโน้มสูงขึ้นประมาณ 1.6 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2540 เครื่องดื่มที่มีคุณภาพที่สุด คือ ไม่พบทั้งการใช้วัตถุกันเสียเกินมาตรฐานและจุลินทรีย์ปนเปื้อน ได้แก่ น้ำอัดลม ส่วนเครื่องดื่มที่มีปัญหามากที่สุด คือพบทั้งการใช้วัตถุกันเสียเกินมาตรฐานและจุลินทรีย์ปนเปื้อน ได้แก่ เครื่องดื่มประเภทพืชผัก รองลงมาได้แก่ น้ำผลไม้ และน้ำหวาน การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มกับจุลินทรีย์บ่งชี้สุขลักษณะอาหาร และที่เป็นสาเหตุของอาหารเป็นพิษ พบว่า เมื่อตรวจพบจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มเกินมาตรฐาน จะพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่ม คือ จุลินทรีย์ที่บ่งชี้ถึงสุขลักษณะของอาหาร (ยีสต์ เชื้อรา บักเตรียชนิด *Coliforms* และ *E.coli*) และจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษ *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* ยกเว้น *Salmonella* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จาก

การศึกษาความสัมพันธ์ของการใช้วัตถุกันเสียต่อการตรวจพบจุลินทรีย์ พบว่า การใช้กรดเบนโซอิก คอยางเดียวหรือใช้ร่วมกับกรดซอร์บิกมีผลต่อการลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ดังกล่าว (ยกเว้น *S.aureus* และ *Salmonella*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะใช้วัตถุกันเสียก็ยังคงตรวจพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของอาหารเป็นพิษ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้

กรดซาลิไซลิกเป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญในการทำยาและใช้กันอย่างกว้างขวาง สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพวกจุลินทรีย์ โดยเฉพาะพวกเชื้อรา และเป็นสารละลายที่เป็นยา รักษาโรค (Keratolytic agent) และเป็นสารตั้งต้นในการทำผลิตภัณฑ์ยาและเครื่องสำอาง (Basu, 2001)

ในประเทศเนเธอร์แลนด์ได้มีการศึกษาถึงการใช้กรดอะซิติลซาลิไซเลตและกรดซาลิไซลิกในอาหาร (Janssen, 1997) เนื่องจากกรดอะซิติลซาลิไซเลตมีความสามารถในการป้องกันการติดเชื้อโรคในระบบหลอดเลือดระบบหัวใจและลดความเสี่ยงที่มีต่อระบบลำไส้ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทดลองหาปริมาณกรดอะซิติลซาลิไซเลตและกรดซาลิไซลิกในอาหารทั้งหมด 30 ตัวอย่าง โดยใช้ HPLC และใช้เครื่องแปลผลแบบ ฟลูออเรสเซนส์ (Fluorescence) มีขีดจำกัดของการตรวจพบในอาหารสด 0.1 ไมโครโมล/กิโลกรัม และอาหารแห้ง 0.4 ไมโครโมล/กิโลกรัม ผู้ศึกษาพบว่าปริมาณกรดซาลิไซลิกอยู่ในระดับ 0-0.7 ไมโครโมล/กิโลกรัม ในผักผลไม้ และในสมุนไพรเครื่องเทศ พบ 2-20 ไมโครโมล/100 กรัม และสำหรับระดับกรดอะซิติลซาลิไซเลต ตรวจวัดได้ต่ำกว่า ขีดจำกัดของการตรวจพบซึ่งปริมาณไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของปริมาณกรดซาลิไซลิก 0-15 ไมโครโมล/วัน จากนั้นได้ทำการศึกษาการขับของกรดซาลิไซลิกเข้าออกของไตโดยใช้อาสาสมัคร 17 คน รับประทานอาหารพบว่าเมื่อไตมีการขับของเหลวเข้าออกพบปริมาณกรดซาลิไซลิก 10 ไมโครโมล (1.4 มิลลิกรัม) ใน 24 ชั่วโมง แต่สามารถสรุปได้ว่าระดับของ กรดอะซิติลซาลิไซเลตและกรดซาลิไซลิกในอาหารมีจำนวนไม่มากพอที่จะทำให้เกิดโรค

สำหรับในประเทศไทยได้มีการสำรวจวัตถุกันเสียในอาหารที่จังหวัดเชียงใหม่โดย ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์เชียงใหม่ ได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารที่จำหน่ายในจังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม 2542 จากตลาดสด 25 แห่ง และซูเปอร์มาเก็ต 8 แห่ง โดยสุ่มเลือกเฉพาะอาหารที่สงสัยว่าจะมีการเจือปนด้วยสารถนอมอาหารต้องห้ามในอาหารคือ สารบอแรกซ์ สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารประเภทผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ทับทิมกรอบ จำนวน 202 ตัวอย่าง กรดซาลิไซลิก จากการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารประเภทผักและผลไม้ดอง จำนวน 252 ตัวอย่าง และ สารฟอกขาวฮัยโดรซัลไฟด์จากการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารประเภทถั่วงอก จิงชอย ยอดมะพร้าวอ่อน จำนวน 194 ตัวอย่างโดยวิธีการศึกษาทำการตรวจสอบตัวอย่างโดยใช้ชุดทดสอบเบื้องต้นของ

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ จากนั้นนำตัวอย่างที่ให้ผลบวกโดยวิธีชุดทดสอบเบื้องต้นมาตรวจวิเคราะห์ยืนยันโดยวิธีมาตรฐาน คือ ใช้วิธีการหาปริมาณแอส (Ash method) สำหรับบอแรกซ์ใช้วิธี HPLC สำหรับกรดซาลิไซลิก และใช้วิธีมาตรฐานของญี่ปุ่น (The Japanese Standard of Food Additive) สำหรับสารฟอกขาวไฮโดรซัลไฟต์ แล้ววิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เปอร์เซ็นต์จากการสำรวจพบว่า พบสารบอแรกซ์ในผลิตภัณฑ์อาหาร 6 ตัวอย่าง จาก 202 ตัวอย่าง คิดเป็น 3.0 เปอร์เซ็นต์โดยพบในเนื้อปลาสด 3 ตัวอย่างจาก 5 ตัวอย่าง ในหมูปด 1.7 เปอร์เซ็นต์ (1 ตัวอย่างจาก 59 ตัวอย่าง) และในทอดมัน 12.5 เปอร์เซ็นต์ (2 ตัวอย่างจาก 16 ตัวอย่าง) ผลการตรวจ กรดซาลิไซลิกในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทผักและผลไม้ดอง 252 ตัวอย่างไม่พบกรดซาลิไซลิก ส่วนสารฟอกขาวไฮโดรซัลไฟต์ในผลิตภัณฑ์อาหาร 5 ตัวอย่างจาก 194 ตัวอย่าง คิดเป็น 2.6 เปอร์เซ็นต์ โดยตรวจพบในถั่วงอก 3.8 เปอร์เซ็นต์ (2 ตัวอย่างจาก 53 ตัวอย่าง) และในหน่อไม้ดอง 1.6 เปอร์เซ็นต์ (1 ตัวอย่างจาก 62 ตัวอย่าง) (นงคราญ, 2543)

2.12 น้ำผลไม้

1) น้ำผลไม้แท้ คือ น้ำผลไม้ที่คั้นจากผลไม้โดยตรง ไม่มีการเจือปนน้ำ น้ำตาล หรือ สิ่งอื่น (ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, 2521) นอกจากนี้ เศรษฐา (2546) ได้แบ่งประเภทน้ำผลไม้แท้ไว้ดังนี้

1.1) น้ำผลไม้แท้พร้อมดื่ม คือ น้ำผลไม้ที่มีส่วนผสมประกอบด้วยน้ำผลไม้ทั้งหมด จะใช้ผลไม้ที่มีน้ำมากบางชนิดเท่านั้น ได้แก่ องุ่น ส้ม สับปะรด มะเขือเทศ มะเฟือง ฯลฯ โดยปริมาณสารละลายทั้งหมด (Total soluble solid) จะเป็นไปตามธรรมชาติของผลไม้แต่ละชนิด

1.2) น้ำผลไม้แท้ชนิดเข้มข้น คือ เครื่องดื่มที่สกัดหรือบีบคั้นจากผลไม้ แล้วผ่านกระบวนการระเหยเพื่อเอาน้ำออก ซึ่งไม่มีการเจือปนน้ำ น้ำตาล หรือสิ่งอื่นใดลงไป ส่วนผสมประกอบด้วย น้ำผลไม้ทั้งหมด ปริมาณสารละลายทั้งหมดอย่างน้อย 32 องศาบริกซ์

2) น้ำผลไม้เทียม

2.1) น้ำผลไม้เทียมพร้อมดื่ม คือ เครื่องดื่มที่ไม่มีส่วนผสมใดที่ได้จากผลไม้โดยตรงมีสารละลายในน้ำทั้งหมดอย่างน้อย 10 องศาบริกซ์ เป็นของเหลวผสมน้ำตาล กรดอินทรีย์ สีเจืออาหาร น้ำมันกลิ่นหอมจากผลไม้ หรือจากส่วนอื่นของพืช เช่น น้ำเขียว น้ำแดง น้ำผลไม้เทียมมี 2 ชนิดคือ ชนิดอัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (น้ำอัดลม) และชนิดไม่อัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2540)

2.2) น้ำผลไม้เทียมชนิดเข้มข้น (น้ำหวานเข้มข้น) คือ น้ำหวานทำจากสารให้กลิ่นผลไม้ เช่น กลิ่นสตอเบอรี่ กลิ่นส้ม กลิ่นสับปะรดเตรียมโดยเติมสารให้กลิ่น กรดอินทรีย์ สีผสมอาหาร ลง

ในน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้น 70-75 องศาบริกซ์ น้ำเชื่อมที่ใช้ต้องมีความเข้มข้นมาก จุดประสงค์เพื่อเก็บรักษา (เชษฐา, 2546)

2.13 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในน้ำผลไม้

วัตถุประสงค์ที่ใช้ในน้ำผลไม้ ได้แก่

1) กรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอต ได้แก่แคลเซียมเบนโซเอต โซเดียมเบนโซเอต และโพแทสเซียมเบนโซเอตเป็นเกลือของกรดเบนโซอิก ในรูปเกลือละลายน้ำได้ดีกว่าในรูปของกรด ปริมาณที่อนุญาตให้ใช้คือ 200 ส่วนในล้านส่วน ประสิทธิภาพการทำลายจุลินทรีย์ในสภาวะเป็นกรดจะสูงกว่าสภาพเป็นกลางนิยมใช้ในน้ำผลไม้หรือน้ำผลไม้ที่มีสีและเข้มข้น เช่น สควอช ไซรัป เป็นต้น (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2540; สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2543)

2) กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบต ได้แก่แคลเซียมซอร์เบต โซเดียมซอร์เบต และโพแทสเซียมซอร์เบต ปริมาณที่อนุญาตให้ใช้คือ 200 ส่วนในล้านส่วน (คำนวณเป็นกรดซอร์บิก) (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2540; สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2543)

3) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) สารนี้มีประสิทธิภาพการทำลายราและแบคทีเรียได้ดีกว่ายีสต์ ปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ 200 ส่วนในล้านส่วนเช่นเดียวกับเบนโซเอต แต่ถ้าใช้ปริมาณมากเกินไปจะทำให้มีกลิ่นในน้ำผลไม้ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลหรือการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำผลไม้ อาจใช้สารนี้ในรูปก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กรดซัลฟูรัส หรือเกลือโซเดียมหรือโพแทสเซียม สารนี้อาจจะทำให้สีแดงหรือม่วงขององุ่นหายไป แต่ถ้านำไปต้มไล่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สีจะกลับคืนมา (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2540)

4) น้ำตาล เป็นสารให้ความหวานและเกลือ ถ้ามีอยู่ในปริมาณความเข้มข้นสูง 65-70 เปอร์เซ็นต์ จะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้โดยไม่ต้องใส่วัตถุกันเสีย (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2540; ไพบูลย์, 2544)