

บทที่ 2

ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของวัตถุเจือปนอาหาร

การใช้สารเคมีบางอย่างผสมในอาหาร มีผลให้ยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้ แต่มักนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์บางประการ เมื่อผลิตภัณฑ์นั้นไม่เหมาะสมกับกระบวนการถนอมอาหารในรูปแบบอื่น ๆ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเรื่องการนำสารเคมีมาใช้ในอาหารให้ถูกต้องและสมควรตามความจำเป็น เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

องค์การอนามัยโลก (WHO) และองค์การอาหารและการเกษตร (FAO) ได้ให้คำจำกัดความของ “วัตถุเจือปนอาหาร” ไว้ว่า เป็นสารที่ไม่มีคุณค่าทางอาหารที่ถูกเติมเข้าไปในอาหารอย่างตั้งใจในปริมาณที่น้อยมากเพื่อปรุงแต่งลักษณะภายนอก กลิ่น สี รส ตลอดจนช่วยยืดอายุการเก็บรักษา

ตามที่คณะกรรมการพิจารณาว่ามาตรฐานอาหารระหว่างประเทศได้กำหนดคำจำกัดความของวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) ไว้ว่า “วัตถุเจือปนอาหาร” หมายถึงสารซึ่งปกติมิได้ใช้บริโภคเป็นอาหารหรือใช้เป็นส่วนประกอบหลักของอาหาร อาจมีคุณค่าทางอาหารหรือไม่มีคุณค่าทางอาหารก็ได้ และวัตถุประสงค์ในการใช้สารนั้นในอาหารก็เพื่อประโยชน์ในด้านเกี่ยวกับเทคนิคในการแปรรูป การเตรียมวัตถุดิบ การบรรจุ การขนส่งและอายุการเก็บของอาหารนั้นและมีผลหรืออาจมีผลทางตรงหรือทางอ้อม ทำให้สารนั้นหรือผลิตภัณฑ์ของสารนั้นกลายเป็นส่วนประกอบของอาหารหรือมีผลต่อคุณลักษณะของอาหารนั้น แต่ไม่ได้รวมถึงสารปนเปื้อนหรือสารที่เติมลงไป เพื่อปรับปรุงคุณค่าของอาหาร”

ความหมายของสารเคมีที่ใช้ในการแปรรูปอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 (พ.ศ. 2527) และประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 119 (พ.ศ. 2532) ได้ให้ความจำกัดความของวัตถุเจือปนอาหารไว้ว่า “ วัตถุเจือปนอาหาร หมายถึง วัตถุที่ตามปกติมิได้ใช้เป็นอาหารหรือเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหารไม่ว่าวัตถุนั้นจะมีคุณค่าทางอาหารหรือไม่ก็ตาม แต่ใช้เจือปนในอาหารเพื่อประโยชน์ทางเทคโนโลยีในการผลิต การบรรจุ การเก็บรักษาหรือการขนส่ง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพหรือมาตรฐานหรือลักษณะของอาหารและให้ความหมายรวมถึงวัตถุที่มิได้ใช้เจือปนอาหารแต่ใช้รวมอยู่กับอาหารเพื่อประโยชน์ดังกล่าวข้างต้นด้วย

สรุปสารเคมีที่ใช้ในอาหารหมายถึง วัตถุเจือปนที่เป็นสารเคมีที่อนุญาตให้ใช้ได้ตามชนิด ปริมาณ และวัตถุประสงค์ เฉพาะกับอาหารที่ได้กำหนด ตามความจำเป็นเพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีและปลอดภัย โดยสารเคมีที่นำมาใช้ต้องผ่านการยอมรับด้านการปลอดภัย

2.2 กลไกของวัตถุกั้นเสียในการชะลอการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์

การที่วัตถุกั้นเสียสามารถชะลอการเจริญเติบโต หรือทำลายจุลินทรีย์ได้นั้น เนื่องจากวัตถุกั้นเสียที่ใช้จะไปมีผลต่อผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ การทำงานของเอนไซม์ และกลไกทางพันธุกรรม ดังนี้

2.2.1 ผลต่อผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ การที่วัตถุกั้นเสียจะมีประสิทธิภาพ ในการชะงักการเจริญเติบโต หรือทำลายจุลินทรีย์ได้นั้น ไม่จำเป็นว่าวัตถุกั้นเสียจะต้องแทรกซึมเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์เสมอไป จึงจะชะงักการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์ได้ เพียงแต่ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นที่ผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ก็เพียงพอแล้ว การทำให้คุณสมบัติของผนังเซลล์เปลี่ยนแปลงไป อันจะเป็นสาเหตุให้ความสามารถในการให้สารต่างๆ แทรกซึมผ่านผนังเซลล์เปลี่ยนแปลงไปนั้น จะเป็นสาเหตุให้เส้นทางของอาหารจากภายนอกเซลล์เข้าสู่ภายในเซลล์ของ จุลินทรีย์เกิดการขัดข้องไปด้วย เป็นสาเหตุให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ชะงักและตายในที่สุด ตัวอย่างเช่น วัตถุกั้นเสียพวกเบนโซเอตหรือซอร์เบตไปเคลือบผนังเซลล์ทำให้อาหารซึมผ่านเข้าสู่เซลล์ของจุลินทรีย์ไม่ได้ นอกจากนี้ยังมีการทดลองที่พบว่า วัตถุกั้นเสียประเภทสารปฏิชีวนะ เช่น ไทโรซิดีน (tyrocidin) หรือ โพลีไมซิน (polymycin) อาจเป็นสาเหตุให้ผนังเซลล์เกิดการฉีกขาดได้ ทำให้ส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์รั่วหรือไหลออกมาจากเซลล์ทำให้จุลินทรีย์ตายได้เช่นกัน

2.2.2 ผลต่อการทำงานของเอนไซม์ โดยทั่วไปการที่เอนไซม์จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเอนไซม์ควรมีอยู่ครบถ้วน และอยู่ในสภาพที่พร้อมจะทำงานได้ เช่นควรมีคุณสมบัติเป็นคอลลอยด์ (colloid) มีหมู่พรอสเทติก (prosthetic group) หรือโคแฟกเตอร์หรือหมู่ฟังก์ชัน (cofactor or functional group) อื่น ๆ เป็นส่วนประกอบ ถ้าหากองค์ประกอบต่าง ๆ หรือคุณสมบัติต่าง ๆ ของเอนไซม์ถูกทำลายไปหรือถูกทำให้ผิดปกติไปความสามารถในการทำงานหรือประสิทธิภาพในการทำงานของเอนไซม์จะเสียไปหรือลดลงด้วย ตัวอย่างเช่น วัตถุกั้นเสียที่มีคุณสมบัติเป็นกรดเมื่อใส่ในอาหาร อาจเป็นสาเหตุให้เอนไซม์เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพ (denaturation) ได้ ซึ่งเป็นการทำให้คุณสมบัติในการเป็นคอลลอยด์ของเอนไซม์เสียไป หรือวัตถุกั้นเสียบางชนิดอาจไปจับกับหมู่ซัลไฮดริล (sulfhydryl group) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์มาก ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ หรือมีประสิทธิภาพลดลง ซึ่งจะมีผลต่อเนื่องทำให้การดำรงชีวิตของจุลินทรีย์หยุดชะงักหรือตายได้

2.2.3 ผลต่อกลไกทางพันธุกรรม การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์นั้น ส่วนใหญ่จะเป็นไปโดยวิธีการแบ่งเซลล์ ในกระบวนการแบ่งเซลล์นั้นจะมีโครโมโซม (chromosome) และยีน (gene) มาเกี่ยวข้องด้วย ในยีนจะมีดีเอ็นเอ (DNA) และอาร์เอ็นเอ (RNA) เป็นส่วนประกอบ ฉะนั้นถ้าหากมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นกับส่วนนี้จะทำให้การแบ่งเซลล์หยุดชะงักลงได้ ตัวอย่างเช่น วัตถุกั้นเสียประเภทที่เป็นสารปฏิชีวนะบางชนิดจะไปมีผลกับไรโบโซม (ribosome) ทำให้เกิดการสะสมของ

อาร์เอนเอ มีผลทำให้การสังเคราะห์โปรตีนหยุดชะงัก และมีผลต่อเนื่องให้กระบวนการแบ่งเซลล์หยุดชะงักไปด้วย เมื่อจุลินทรีย์ไม่มีการแบ่งเซลล์ จำนวนเซลล์ของจุลินทรีย์ก็ไม่เพิ่มขึ้น และเมื่อเซลล์นั้นตายจำนวนจุลินทรีย์ก็จะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งหมดไปในที่สุด

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของวัตถุกันเสีย

วัตถุกันเสียชนิดต่าง ๆ จะมีประสิทธิภาพดีเพียงใด จะขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.3.1 ความเข้มข้นของวัตถุกันเสีย โดยทั่วไปประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของวัตถุกันเสียที่ใช้ คือถ้ามีการเพิ่มปริมาณของวัตถุกันเสียที่ใช้มากขึ้น ประสิทธิภาพในการชะลอการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์จะมีมากขึ้นด้วย แต่สำหรับปริมาณของวัตถุกันเสียที่มีการอนุญาตให้ใช้ได้ตามกฎหมายนั้นจะให้ได้สูงถึงระดับหนึ่งเท่านั้น และเป็นปริมาณพอที่จะชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เพราะถ้าใช้ในระดับที่สูงเกินไป จะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้

2.3.2 ชนิด จำนวน และ อายุ ของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับอาหาร จากการศึกษาทดลอง พบว่า จุลินทรีย์แต่ละชนิด จะมีความสามารถในการทนต่อวัตถุกันเสียได้แตกต่างกันออกไป บางชนิดต้องใช้วัตถุกันเสียปริมาณมากจึงจะยับยั้งหรือทำลายได้ แต่บางชนิดการใช้วัตถุกันเสียในปริมาณเล็กน้อยก็สามารถทำลายได้แล้ว ตัวอย่างความสามารถในการทนต่อวัตถุกันเสีย (กรดเบนโซอิก) ของจุลินทรีย์บางชนิดแสดงไว้ในตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 ประสิทธิภาพของกรดเบนโซอิกในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ยีสต์และรา

Microorganisms	pH	MIC
<i>Bacillus cereus</i>	6.3	500
<i>Listeria monocytogenes</i>	5.6	3000
<i>Hansenula</i> sp.	4.0	180
<i>Saccharomyces bayanus</i>	4.0	330
<i>Aspergillus niger</i>	5.0	2000
<i>Penicillium graucum</i>	5.0	400-500

MIC = Minimal Inhibitory Concentration

ที่มา: (สิวพร สิ่วเวช, 2546)

จากข้อมูลในตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่า ถ้าหากในอาหารที่ต้องการจะเก็บถนอมไว้ บริโภคมีเชื้อจุลินทรีย์หลากหลายชนิดปนเปื้อนมา จะต้องใช้กรดเบนโซอิกในปริมาณที่มากน้อยแตกต่างกันไปในการยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายเชื้อจุลินทรีย์ เป็นการแสดงให้เห็นว่าเชื้อแต่ละชนิดจะทนทานต่อกรดเบนโซอิกได้ในปริมาณที่ไม่เท่ากัน

จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับอาหารก็เป็นปัจจัยสำคัญที่จะกำหนดปริมาณวัตถุกันเสียที่จะใช้ เพราะถ้าหากมีจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมามาก ปริมาณวัตถุกันเสียที่จะใช้เพื่อช่วยชะลอการเจริญเติบโตหรือทำลาย จุลินทรีย์จะต้องมากตามไปด้วย

2.3.3 อุณหภูมิ อุณหภูมิที่ใช้แปรรูปอาหาร จัดเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งอีกปัจจัยหนึ่ง ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของวัตถุกันเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิขณะใส่วัตถุกันเสียลงในอาหาร หรืออุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารระหว่างรอจำหน่าย เนื่องจากวัตถุกันเสียแต่ละชนิดที่ใช้ จะมีคุณสมบัติในการคงตัวต่ออุณหภูมิได้ไม่เท่ากัน ถ้าหากวัตถุกันเสียที่ใช้เป็นประเภทที่ทนความร้อนได้ดี เช่น เอสเทอร์ของกรดพาราไฮดรอกซีเบนโซอิก (ester of p-hydroxybenzoic acid) การใส่วัตถุกันเสียชนิดนี้ในอาหารที่ใช้ความร้อนสูงในการแปรรูปอาหาร ความร้อนที่ใช้จะช่วยเสริมฤทธิ์วัตถุกันเสียที่ใช้ ช่วยให้สามารถยืดอายุการเก็บอาหารได้นานขึ้น แต่ถ้าหากใช้กรดเบนโซอิกเป็นวัตถุกันเสียในอาหารที่ใช้ความร้อนสูงในการแปรรูปจะไม่ได้ประโยชน์อะไรเลย เพราะกรดเบนโซอิกจะถูกทำให้สลายตัวเสียก่อน จึงเท่ากับไม่ได้ใส่วัตถุกันเสีย การเลือกชนิดของวัตถุกันเสียที่จะใช้จึงต้องพิจารณาควบคู่ไปกับอุณหภูมิที่ใช้ในการแปรรูปอาหารด้วย

2.3.4 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของอาหาร เป็นปัจจัยสำคัญที่มีส่วนช่วยในการกำหนดประสิทธิภาพ และปริมาณของวัตถุกันเสียที่จะใช้ ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุกันเสียที่ใส่ลงไปนั้น อาจไปทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบของอาหาร ทำให้ประสิทธิภาพเปลี่ยนไปได้ ตัวอย่างเช่น การใช้กรดเบนโซอิกเป็นวัตถุกันเสียในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรด-ด่างสูง หรือมีความเป็นกรดต่ำจะทำให้กรดเบนโซอิกที่ใส่ลงไปเกิดการแตกตัว ประสิทธิภาพในการเป็นวัตถุกันเสียจะลดลง (วัตถุกันเสียที่เป็นกรด จะมีประสิทธิภาพสูงในรูปที่ไม่แตกตัว) ทำให้ต้องใช้ในปริมาณมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าหากใช้กรดเบนโซอิกเป็นวัตถุกันเสียในผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรดสูง หรือมีความเป็นกรด-ด่างต่ำ ปริมาณที่ต้องใช้จะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากในสภาวะที่เป็นกรดการแตกตัวของกรดเบนโซอิกจะลดลง เป็นต้น หรือในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบนั้น การใช้วัตถุกันเสียในผลิตภัณฑ์ที่กล่าวมาจะต้องใช้ในปริมาณที่มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุกันเสียส่วนใหญ่จะไม่ละลายในน้ำมันหรือไขมัน หรือละลายได้ในปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากนี้แรงตึงผิวของอาหารหรือคุณสมบัติในการเป็นคอลลอยด์ (colloid) ของอาหารก็จะมีผลต่อประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียเช่นกัน

2.4 ชนิดของวัตถุกันเสีย

วัตถุกันเสียจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.4.1 วัตถุกันเสียจากธรรมชาติ

ในสมัยก่อนวิธีการเก็บถนอมอาหารมักใช้วัสดุจากธรรมชาติใส่ในอาหารเพื่อช่วยยืดอายุอาหารไม่ให้บูดเน่าเร็วเกินไป ที่นิยมใช้กันมาก เช่น เกลือแกง น้ำเชื่อม น้ำผึ้ง กระเทียมบด น้ำส้มสายชู แอลกอฮอล์ เป็นต้น

2.4.2 วัตถุกันเสียเป็นสารเคมี

เทคโนโลยีด้านอุตสาหกรรมอาหารมักใช้สารเคมีช่วยถนอมอาหารเพราะใช้ในปริมาณเล็กน้อยก็สามารถป้องกันการบูดเน่าอาหารได้และราคาต้นทุนก็ต่ำกว่าการใช้วัตถุกันเสียจากธรรมชาติมาก ทำให้มีผู้นิยมใช้สารเคมีเป็นวัตถุกันเสียกันอย่างแพร่หลายและสารเคมีเหล่านี้เองก็เป็นตัวการทำให้เกิดปัญหาของอาหารเป็นพิษขึ้นเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคด้วย ฉะนั้นควรจะศึกษาเกี่ยวกับสารแต่ละอย่างก่อนที่ใช้เพื่อความเหมาะสมและปลอดภัยแก่ผู้บริโภค สารเคมีกันเสียแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.4.2.1 วัตถุกันเสียชนิดสารอนินทรีย์ (inorganic preservatives) ได้แก่

ก. ไนเตรตและไนไตรต์ (nitrates and nitrites) หรือชาวบ้านเรียกว่า ดินประสิว ทำให้แบคทีเรียหยุดทำงานมีประโยชน์รักษาเนื้อสัตว์ต่าง ๆ เช่น การทำหมูแฮม เบคอน หมูแฮม เป็นต้น ถ้ารับประทานในปริมาณมากเป็นประจำอาจเป็นพิษต่อร่างกายได้

ข. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือกรดซัลฟิวรัส (sulfur dioxide) ถ้าใช้ในอัตราส่วน 200 ppm จะป้องกันการเจริญของแบคทีเรียและรา นอกจากนั้นสามารถหยุดยั้งการทำงานของเอนไซม์มีประโยชน์ในการบ่มผักผลไม้

ค. กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) ใช้ผสมในเครื่องดื่มช่วยให้เก็บไว้ได้นานขึ้น

ง. ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) ถ้าใช้ในอัตราส่วนร้อยละ 0.1 จะมีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ต่าง ๆ เช่น ใช้ร่วมกับความร้อนในการทำลาย จุลินทรีย์ในนม

จ. แก๊สต่าง ๆ (gases) มีประโยชน์ในการช่วยรักษาอาหารต่าง ๆ ได้ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในการรักษาไข่ให้สดอยู่ได้นานหรือแก๊สเอทิลีนออกไซด์ (ethylene oxides) ใช้บ่มผลไม้ให้สุกเร็ว

2.4.2.2 วัตถุกันเสียชนิดสารอินทรีย์ (organic preservatives)

ก. กรดซอร์บิกและซอร์เบต (sorbic acid and sorbates) ใช้ป้องกันพวกราให้กับอาหารหรือกระดาษ ห่ออาหารเหมาะในการใช้ในอาหารดองหวานเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงภายในอาหาร เช่น เกิดรสเปรี้ยวหรือเกิดแอลกอฮอล์

ข. กรดเบนโซอิก (benzoic acid) และโซเดียมเบนโซเอต (sodium benzoate) มีประสิทธิภาพป้องกันราและยีสต์ในน้ำผลไม้ อาหารอื่น ๆ ถ้าใช้ในอาหารที่มีกรดจะมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและอาจลดส่วนที่จะใช้ลงได้ คือ ตั้งแต่ 0.05–0.1% กรดเบนโซอิกมีผลในการป้องกันแบคทีเรียได้น้อย

ค. กรดซิตริก (citric acid) ใช้ผสมในน้ำเชื่อม เครื่องดื่ม แยม เยลลี่ และอาหารดองต่าง ๆ

ง. กรดแอสिटิก (acetic acid) และโซเดียมโพรพิโอเนต (sodium propionate) หรือแคลเซียมโพรพิโอเนต (calcium propionate) ใช้ป้องกันแบคทีเรียและราในขนมเค้กเนยแข็ง ปลาแห้ง และอาหารอื่น ๆ

2.5 การควบคุมปริมาณและชนิดของวัตถุกันเสียที่อนุญาตให้ใช้ในอาหาร

วัตถุกันเสีย เมื่อใส่ในอาหาร จะช่วยป้องกัน หรือทำลายชนิดอาหารเชื้อจุลินทรีย์ ไม่ให้เจริญเติบโต หรือป้องกันไม่ให้เชื้อจุลินทรีย์แพร่กระจายออกไป จึงไม่เกิดการเน่าเสียและอาหารอยู่ได้นาน แต่วัตถุกันเสีย ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ หากรับสารเหล่านี้ในปริมาณมาก วัตถุกันเสียที่นิยมใช้กันมากได้แก่ เบนโซอิก และ กรดซอร์บิก การใช้วัตถุกันเสีย ต้องใช้ในปริมาณที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) กำหนดตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงชนิดของวัตถุกันเสียและปริมาณตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 119 พ.ศ. 2532

เลขที่	ชื่อวัตถุเจือปนอาหาร	ความมุ่งหมายในการใช้	ชนิดของอาหาร	ปริมาณสูงสุดที่ใช้ได้ (mg/kg)
1	กรดเบนโซอิก (benzoic acid) หรือเมทิลพาราไฮดรอกซีเบนโซเอต (methyl p-hydroxybenzoate) หรือ โพรพิลพาราไฮดรอกซีเบนโซเอต (propyl p-hydroxybenzoate) หรือ โซเดียมเบนโซเอต (sodium benzoate) หรือโพแทสเซียมเบนโซเอต (potassium benzoate)	เพื่อกันเสีย	- อาหารทุกชนิด ยกเว้นเนื้อสัตว์	1,000
2	กรดซอร์บิก (sorbic acid) หรือแคลเซียมซอร์เบต (calcium sorbate) หรือโพแทสเซียมซอร์เบต (potassium sorbate) หรือโซเดียมซอร์เบต (sodium sorbate)	เพื่อกันเสีย	- อาหารทุกชนิด ยกเว้นเนื้อสัตว์	1,000
3	กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) หรือแคลเซียมโพรพิโอเนต (calcium propionate) หรือโซเดียมโพรพิโอเนต (sodium propionate)	เพื่อกันเสีย	- ผลิตภัณฑ์เนยแข็ง - อาหารอื่นๆ ยกเว้นเนื้อสัตว์	3,000 2,000

4	<p>กรดซัลฟูรัส (sulfurous acid) หรือโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (sodium metabisulphite) หรือโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (potassium metabisulphite) หรือโซเดียมไบซัลไฟต์ (sodium bisulphite) โพแทสเซียมไบซัลไฟต์ (potassium bisulphite) หรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide)</p>	เพื่อกันเสีย	<ul style="list-style-type: none"> - ผลไม้แห้ง 1,000 - ผักอาหารชนิดอื่น ๆ 500 ยกเว้นเนื้อ - น้ำตาลทรายดิบ (centrifugal raw sugar) 20 - น้ำตาลทรายชนิดผง หรือป่น (powdered sugar or icing sugar) 20 - เดกซ์โตรสโมโนไฮเดรต (dextrose monohydrate) 20 - เดกซ์โตรสแอนไฮดรัส 40 - น้ำเชื่อมกลูโคสแห้ง (dried glucose syrup) 40 - น้ำเชื่อมกลูโคส (glucose syrup) 70 - น้ำตาลทรายขาว (white sugar) และ น้ำตาลทรายบริสุทธิ์ (refined sugar) 20 	<p>(โดยคำนวณเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์)</p>
5	<p>แคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) หรือแคลเซียมแลคเตต (calcium lactate)</p>	เพื่อทำให้คงรูป หรืออื่น ๆ	<ul style="list-style-type: none"> - ผลิตภัณฑ์เนยแข็ง 200 - อาหารกระป๋องจำพวกมะเขือเทศ เกรทฟรุท ถั่วถัสนดา สตอเบอร์รี่ แยม เยลลี่ 1,000 - ผลไม้ดอง หรือแช่อิ่ม 	

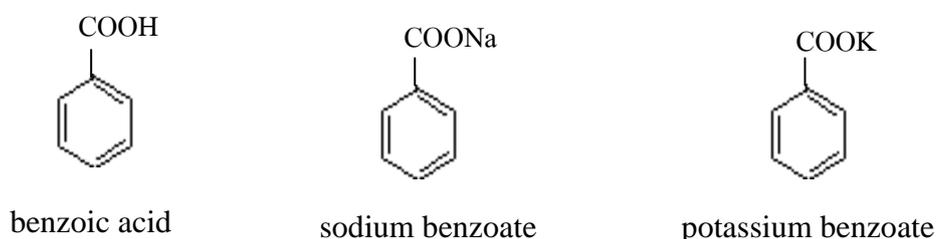
6	<p>กรดแอสคอร์บิก (L-ascorbic acid) หรือ โซเดียมแอสคอร์เบต (sodium ascorbate) หรือแคลเซียมแอสคอร์เบต (calcium ascorbate) หรือกรดซิตริก (citric acid) หรือ โซเดียมซิเตรต (Sodium citrate) หรือไอโซโพรพิลซิเตรต (isopropyl citraet) หรือกรดแอส-ทาร์ตาริก (L- tartaric acid) หรือ กรดอะซิติก (acetic acid)</p>	<p>เพื่อกันหืน และอื่นๆ</p>	<p>- อาหารทุกชนิดตามความจำเป็น</p>	<p>ปริมาณที่เหมาะสม</p>
7	<p>แคลเซียมซิลิเกต (calcium silicate) หรือดีไฮเดรต หรือ ซิลิกอนไดออกไซด์ออมอร์ฟัส (dehydrated or sillicon dioxide amorphous) หรือแมกนีเซียมสเตียเรต (magnesium stearate) หรือ แมกนีเซียมไตรซิลิเกต (magnesium trisilicate) หรือ ไตรแคลเซียมโมโนฟอสเฟต (tricalcium monophosphate) หรือโซเดียมอะลูมิโนซิลิเกต (sodium aluminosilicate) หรือ โซเดียมแคลเซียมอะลูมิโนซิลิเกต</p>	<p>เพื่อกันการรวมตัวเป็นก้อน</p>	<p>- น้ำตาลทุกชนิด - เกลือ - ผงฟู</p>	<p>15,000 20,000 50,000</p>

เลขที่	ชื่อวัตถุเจือปนอาหาร	ความมุ่งหมายในการใช้	ชนิดของอาหาร	ปริมาณสูงสุดที่ใช้ได้ (mg/kg)
8	บิวทิลไฮดรอกซีไอโซนิโซล (butylated hydroxyanisole) หรือบิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน (butylated hydroxytoluene) หรือโพรพิลแกลเลต (propyl gallate) หรือออกทิลแกลเลต (octyl gallate)	เพื่อกันหืน	- อาหารที่ได้จากธัญพืชและมันฝรั่ง หมากรั้ว	50-200 ถ้าใช้ผสมกันเกิน 1 ชนิด ปริมาณของวัตถุกันหืนแต่ละชนิดไม่เกิน ปริมาณที่กำหนดไว้ และปริมาณทั้งหมดต้องไม่เกิน 200
9	โมนและไดกลีเซอไรด์ของกรดไขมันที่รับประทานได้ (mono and diglycerides of edible fatty acid)	เพื่อการรวมตัวหรืออื่นๆ	- ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากซีอิ๊วโกแลตหรือโกโก้ - อาหารอื่นๆตามความจำเป็น	15,000 ปริมาณที่เหมาะสม

ที่มา : (พัฒน์ สุจันงค์ , 2532 : 236 - 239)

2.6 กรดเบนโซอิกและเบนโซเอต

กรดเบนโซอิกและเบนโซเอต เป็นวัตถุกันเสียที่มีการนิยมนำใช้กันในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปแบบโซเดียมเบนโซเอต และนิยมในรูปแบบของเกลือมากกว่ากรด เนื่องจากวัตถุกันเสียชนิดนี้จะละลายได้ง่ายกว่าในรูปแบบของเกลือ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โซเดียมเบนโซเอตละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร ได้สูงถึง 74.2 กรัม และ 66.0 กรัม ตามลำดับ ส่วนในรูปแบบของกรดนั้นจะละลายในน้ำได้น้อยกว่า แต่ละลายได้ดีขึ้นในแอลกอฮอล์ อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม และน้ำมัน กรดเบนโซอิกพบมากตามธรรมชาติในลูกพรุน แครเบอร์รี่ พลับ ออบเชย แอปเปิล และมะกอกสุก กรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอต ที่จำหน่ายในท้องตลาดจะอยู่ในรูปผงผลึกสีขาว หรือเป็นเกล็ด



รูปที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของกรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอต

2.6.1 ข้อมูลทั่วไปของกรดเบนโซอิก

ชื่อเคมี	benzoic Acid
ชื่ออื่น	- benzenecarboxylic acid
	- benzeneformic acid
	- benzenemethonic acid
	- carboxybenzene
	- diacylic acid
	- oracylic acid
	- phenyl carboxylic acid
	- phenylformic acid
	- Retardex
	- Tennplas

สูตรโมเลกุล	$C_7H_6O_2$
น้ำหนักโมเลกุล	122.12

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (physical and chemical properties)

- สถานะ	ผลึกของแข็ง
- สี	ขาว
- กลิ่น	ฉุน
- จุดหลอมเหลว ($^{\circ}C$)	122
- จุดเดือด ($^{\circ}C$)	249
- ความถ่วงจำเพาะ (g/cm^3)	1.32
- จุดวาบไฟ ($^{\circ}C$)	120
- จุดลุกติดไฟได้เอง ($^{\circ}C$)	570
- ความสามารถในการละลายที่ $21^{\circ}C$ (กรัม/100มล.)	0.1–1 ในน้ำ ละลายได้ดีใน คลอโรฟอร์ม
- พีเอช ที่ $20^{\circ}C$	2.5–3.5
- ความคงตัวทางเคมี	เสถียร

ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (standard and toxicity)

- LD_{50} (มก. / กก.)	2,350 (หนู)
- LD_{50} (มก. / m^3)	มากกว่า 26 ต่อ 1 ชม. (หนู)

2.6.2 ประสิทธิภาพของกรดเบนโซอิกและเบนโซเอต

จากการศึกษาทดลองพบว่า วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ ซึ่งมีผลต่อผนังเซลล์และเอนไซม์ของจุลินทรีย์ โดยเบนโซเอตจะไปทำให้กระบวนการแทรกซึมของอาหารเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ผิดปกติไป ในขณะที่เดียวกันจะไปยับยั้งการสร้างเอนไซม์บางชนิดและปฏิกิริยาการทำงานของเอนไซม์ ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไป ประสิทธิภาพของกรดเบนโซอิกและเบนโซเอต ช่วง 2.5 – 4.0 และจะมีประสิทธิภาพสูงในรูปของกรดที่ไม่แตกตัว จึงเหมาะที่จะใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดสูงหรือมีความเป็นกรดต่ำ ดังผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 2.3 กรดเบนโซอิกและเบนโซเอตจะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของยีสต์และราได้ดีกว่าแบคทีเรียตามลำดับ ดังข้อมูลในตารางที่ 2.1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณของกรดเบนโซอิก ที่จะต้องใช้ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะสูงกว่าของยีสต์และรา

ตารางที่ 2.3 ปริมาณของวัตถุดิบเลี้ยงที่ต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของรา 4 ชนิดที่ความเป็นกรด - ต่าง

วัตถุดิบเลี้ยง	<i>Chaetomonium globosum</i> (%)	<i>Alternaria solani</i> (%)	<i>Penicillium citrinum</i> (%)	<i>Aspergillus niger</i> (%)
ที่ pH 3				
benzoic acid	0.08	0.10	0.10	0.04
methyl p-hydroxybenzoate	0.06	0.06	0.05	0.08
propyl p-hydroxybenzoate	0.008	0.015	0.005	0.02
propionic acid	0.04	0.04	0.04	0.08
sorbic acid	0.01	0.005	0.02	0.04
ที่ pH 5				
benzoic acid	0.10	0.15	0.20	0.20
methyl p-hydroxybenzoate	0.06	0.08	0.08	0.10
propyl p-hydroxybenzoate	0.10	0.02	0.01	0.03
propionic acid	0.04	0.06	0.08	0.08
sorbic acid	0.06	0.02	0.08	0.0
ที่ pH 7				
benzoic acid	+	+	+	+
methyl p-hydroxybenzoate	0.10	0.10	0.15	0.15
propyl p-hydroxybenzoate	0.04	0.05	0.06	0.05
propionic acid	+	+	+	+
sorbic acid	+	+	+	+
ที่ pH 9				
benzoic acid	+	+	+	+
methyl p-hydroxybenzoate	0.10	0.10	0.15	0.15
propyl p-hydroxybenzoate	0.04	0.05	0.06	0.05
propionic acid	+	+	+	+
sorbic acid	+	+	+	+

ที่มา: (สิวพร สิวเวชช, 2546)

ตารางที่ 2.4 ประสิทธิภาพของกรดเบนโซอิกในการยับยั้งการเจริญของยีสต์ รา และแบคทีเรีย

Orgaisms	pH	MIC* (ppm)
รา		
<i>Aspergillus</i> sp.	3.0-5.0	20-300
<i>Rhizopus nigricans</i>	5.0	30-120
<i>Mucor racemosus</i>	5.0	30-120
<i>Penicillum glaucum</i>	5.0	400-500
<i>Cladosporium herbarum</i>	5.1	100
<i>Byssochlamys nivia</i>	5.3	500
แบคทีเรีย		
<i>Escherichia coli</i>	5.2-5.6	50-120
<i>Bacillus cerrus</i>	6.3	555
<i>Lactobacillus</i> sp.	4.3-6.0	300-1,800
<i>Micrococcus</i> sp.	5.5-5.6	50-100
<i>Pseudomonas</i> sp.	6.0	200-480
<i>Streptococcus</i> sp.	5.2-5.6	200-400
<i>Listera monocytogenes</i>	5.6	3,000
ยีสต์		
<i>Hansenula</i> sp.	4.0	180
<i>Sporogenic yeasts</i>	2.6-4.5	20-100
<i>Asporoenic yeasts</i>	4.0-5.0	70-150
<i>Saccharomyces</i> sp.	3.0-6.0	100-7,000
<i>Debaryomyces hansenii</i>	4.8	500

*MIC = Minimal inhibition concentration

ที่มา: (สิวพร สิวเวชช, 2546)

2.6.3 การใช้กรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอตในผลิตภัณฑ์อาหาร

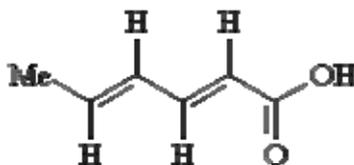
สิ่งที่ทราบกันแล้วว่า กรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอตจะมีประสิทธิภาพสูงในสภาวะกรด – ต่างต่ำกว่า 4.5 ดังนั้นอาหารที่ควรจะใช้วัตถุกันเสียชนิดนี้ เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บจึงควรเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดสูง หรือควรมีความเป็นกรด – ต่างต่ำ ตัวอย่างเช่น เครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ ทั้งชนิดที่อัดคาร์บอนไดออกไซด์ และไม่อัดคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำหวานชนิดต่าง ๆ น้ำผลไม้ เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์เป็นส่วนประกอบ แยม เยลลี่ ผักดอง ผลไม้ดอง น้ำสลัด พุดสตัด และเนยเทียม เป็นต้น โดยอนุญาตให้ใช้ในอาหารได้ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 ได้ในปริมาณสูงสุดได้ไม่เกิน 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของอาหาร ทั้งนี้อาจจะใช้วัตถุกันเสียชนิดนี้เพียงอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับโพแทสเซียมซอร์เบตหรือเอสเทอร์ของกรดพารา-ไฮดรอกซีเบนโซอิกก็ได้ แต่เมื่อรวมกันแล้วปริมาณที่ได้จะต้องไม่เกินปริมาณที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84

2.6.4 ความปลอดภัยในการใช้

สำหรับอันตรายที่จะได้รับจากกรดเบนโซอิกและเบนโซเอตนั้น จากการศึกษาทดลองพบว่า จะไม่ทำให้เกิดการสะสมขึ้นในร่างกาย เนื่องจากกลไกในการขจัดความเป็นพิษของกรดเบนโซอิก โดยกรดเบนโซอิกที่บริโภคเข้าไปจะไปรวมกับโคเอนไซม์เอ (coenzyme A) เกิดเป็นเบนโซอิลโคเอนไซม์เอ (benzoyl coenzyme A) โดยมีเอนไซม์ซิงทีเทส (synthetase) เป็นตัวเร่งจากนั้นเบนโซอิลโคเอนไซม์เอ จะรวมกับกลัยซีน (glycine) เกิดเป็นกรดฮิพพิวริก (hippuric acid) โดยมีเอนไซม์เอซิลทรานสเฟอเรส (acyltransferase) เป็นตัวเร่งและถูกขับถ่ายออกทางปัสสาวะส่วนพวกที่เหลือที่มีได้ถูกร่างกายขับถ่ายออกในรูปของกรดฮิพพิวริกนั้น จะถูกขจัดออกจากร่างกายโดยการรวมตัวกับกรดกลัยคิวโรนิก (Glycuronic acid) แล้วขับออกทางปัสสาวะในรูปของกรดเบนโซอิลกลัยคิวโรนิก (benzoyl glycuronic acid) โดยทั่วไปการขับถ่ายของ กรดฮิพพิวริกทางปัสสาวะในคนจะประมาณ 1.0-2.5 กรัมต่อวัน ซึ่งจะเท่ากับกรดเบนโซอิกที่บริโภคเข้าไป 0.7-1.7 กรัม สำหรับความสามารถในการขจัดกรดเบนโซอิกนั้น จะแปรผันไปตามชนิดสัตว์ด้วย

2.7 กรดซอร์บิกและซอร์เบต

กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบตเป็นวัตถุกันเสียอีกชนิดหนึ่ง ที่มีการนิยมนำใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากเป็นสารประกอบที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีรส ดังนั้นจึงไม่ทำให้กลิ่นรสและสีของอาหารเปลี่ยนแปลง กรดซอร์บิกเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพียงชนิดเดียวเท่านั้นที่มีการนำมาใช้เป็นวัตถุกันเสีย สำหรับเกลือของกรดชนิดนี้ที่นิยมนำใช้เป็นวัตถุกันเสีย ได้แก่ แคลเซียมซอร์เบต โซเดียมซอร์เบต และโพแทสเซียมซอร์เบต โดยเฉพาะอย่างยิ่งโพแทสเซียมซอร์เบตมีความนิยมนำใช้กันมากที่สุด กรดซอร์บิกเป็นสารประกอบวงสี่เหลี่ยมหรือเป็นเกล็ด มีความสามารถในการละลายน้ำได้ร้อยละ 0.16 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ส่วนเกลือโปแตสเซียมซอร์เบต ละลายน้ำได้ร้อยละ 58.2 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิสูงขึ้น การละลายของเกลือชนิดนี้จะเพิ่มขึ้นด้วย



รูปที่ 2.2 สูตรโครงสร้างของกรดซอร์บิก

2.7.1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อเคมี	sorbic acid
ชื่ออื่น	2,4 – hexadienoic acid หรือ 2 – propenylacrylic acid
สูตรโมเลกุล	$C_6H_8O_2$
น้ำหนักโมเลกุล	112.13
คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี	
- สถานะ	ผงผลึก
- สี	ขาว
- กลิ่น	มีกลิ่นเฉพาะตัว
- จุดหลอมเหลว ($^{\circ}C$)	132 - 135
- จุดเดือด($^{\circ}C$)	228
- ความถ่วงจำเพาะ (g/cm^3)	1.2

- จุดวาบไฟ (°C)	127
- ความสามารถในการละลายที่ 20°C (กรัม/100มล.)	0.16–1 ละลายได้ดีในน้ำ แอลกอฮอล์ น้ำมันพืช และ propyleneglycol
- พีเอช	4–5
- ความคงตัวทางเคมี	เสถียร
ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ	
- LD ₅₀ (mg/kg)	4,950 (หนู)

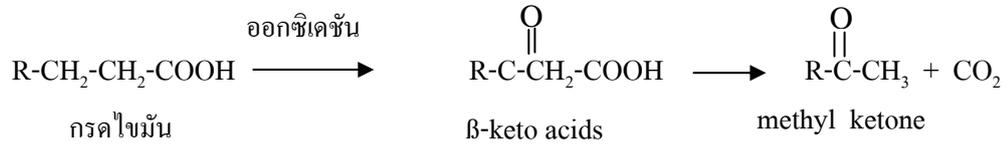
2.7.2 ประสิทธิภาพของกรดซอร์บิกและซอร์เบต

กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบตสามารถยับยั้งการเจริญเติบโต หรือทำลายยีสต์และราได้ดีกว่าแบคทีเรีย ดังรายละเอียดที่แสดงอยู่ในตารางที่ 2.4 โดยจะเห็นได้ว่าปริมาณของซอร์เบตที่ต้องใช้เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของยีสต์และรานั้นน้อยกว่าแบคทีเรีย การที่กรดซอร์บิกและซอร์เบตสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์ที่กล่าว รวมทั้งยังไปชะงักการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ที่กล่าวด้วยนอกจากนั้นจากการศึกษาทดลองยังพบว่า กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบตจะสามารถยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อได้ด้วยกรดซอร์บิกและซอร์เบตจะมี ประสิทธิภาพดีในรูปที่แตกตัว หรือในสถานะที่มีความเป็น กรด - ด่าง ฉะนั้นจึงไม่เหมาะที่จะใช้กับอาหารที่มี กรดต่ำ หรือความเป็นกรด-ด่างสูง ประสิทธิภาพของวัตถุดิบเสียชนิดนี้ เช่นเดียวกับการเติมซิสทีน (cystine) และซิสเตอีน (cysteine) แต่ถ้าเป็นเกลือแมกนีเซียมคลอไรด์ จะทำให้ประสิทธิภาพของวัตถุดิบเสียชนิดนี้ลดลง

ปฏิกิริยาของกรดซอร์บิกในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราเกิดจากราไม่สามารถเมตาโบไลส์ระบบ unsaturated diene ของโซ่อะลิฟาติกของกรดซอร์บิก และยังอาจเป็นไปได้ที่โครงสร้างไดอินของกรดซอร์บิกไป ปรบกวนเอ็นไซม์ดีไฮโดรจีเนส (dehydrogenases) ในเซลล์ของราซึ่งปกติจะมีดีไฮโดรจีเนส (dehydrogenate) กรดไขมันเป็นลำดับแรกในปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมัน แต่ในสัตว์ชั้นสูงจะเกิดปฏิกิริยาต่างกัน จากการพิสูจน์พบว่าคนและสัตว์เมตาโบไลส์กรดซอร์บิกในลักษณะที่คล้ายคลึงกับการเมตาโบไลส์กรดไขมันธรรมชาติอื่น ๆ

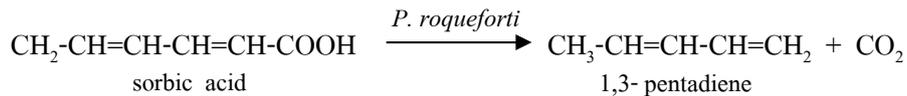
จุลินทรีย์หลายชนิดและราบางชนิดสามารถเมตาโบไลส์กรดซอร์บิกได้ และเมตาโบลิซึมเกิดโดยวิธีบีตา-ออกซิเดชัน (β-oxidation) คล้ายคลึงกับที่เกิดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม กรดไขมันอิ่มตัวโซ่สั้น ๆ (C₂-C₁₂) มีผลยับยั้งปานกลางต่อการเจริญเติบโตของราบางชนิดเช่น *Penicillium roqueforti* อย่างไรก็ตาม ราเหล่านี้บางชนิดยังสามารถทำให้เกิดเบตา-ออกซิเดชันของกรดไขมันอิ่มตัวไปเป็นกรดบีตา-คีโต (β-keto acids) ของมัน โดยเฉพาะเมื่อความเข้มข้นของกรดมี

ผลยับยั้งราเพียงเล็กน้อย (marginally inhibitory) ดีคาร์บอกซิเลชัน (decarboxylation) ของกรดปีตา-ทีโต จะให้เมทิลคีโตน (methyl ketone) ซึ่งจะไม่มีผลในการยับยั้งราต่อไป



รูปที่ 2.3 แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกรดไขมัน

กลไกอันหนึ่งที่แสดงถึงการยับยั้งแอกติวิตีของกรดซอร์บิก โดยรา *Penicillium roqueforti* ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชันของกรดซอร์บิกไปเป็น 1,3- pentadiene ดังสมการต่อไปนี้



รูปที่ 2.4 แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชันของกรดซอร์บิก

เมื่อราเกิดขึ้นที่ผิวของเนยแข็งที่ใส่กรดซอร์บิก จะทำให้เกิด 1,3 – pentadiene ซึ่งมีกลิ่นแรงคล้าย แก๊สโซลีน (รัชนี ตัณชะพานิชกุล, 2536)

ตารางที่ 2.5 ประสิทธิภาพของกรดซอร์บิกในการยับยั้งการเจริญของยีสต์ รา และแบคทีเรีย

Orgaisms	pH	MIC* (ppm)
รา		
<i>Aspergillus niger</i>	2.5-4.0	100-500
<i>Botrytis cinerea</i>	3.6	120-250
<i>Penicillium digitatum</i>	4.0	200
<i>Rhizopus sp.</i>	3.6	120
แบคทีเรีย		
<i>Escherichia coli</i>	5.2-5.6	50-100
<i>Bacillus sp.</i>	5.5-6.3	50-100
<i>Clostridium sp.</i>	6.7-6.8	100-1000
	5.0-5.3	50-1000

<i>Salmonella</i> sp.		
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

MIC = Minimal inhibition concentration

ที่มา: (สิวพร สิ่วเวช, 2546)

2.7.3 การใช้ในกรดซอร์บิกหรือซอร์เบตในผลิตภัณฑ์อาหาร

สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารทั่วไป ที่นิยมใช้กรดซอร์บิกและซอร์เบตในการช่วยยืดอายุการเก็บได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภท เนยเทียม เนยแข็ง และผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดต่าง ๆ เครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ ทั้งชนิดที่อัดและไม่อัดคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำหวานต่าง ๆ น้ำผลไม้เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ เป็นส่วนประกอบ เช่น ไวน์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้ผลิตภัณฑ์แยม เยลลี่ ฟรุตสลัด ฟรุตค็อกเทล น้ำสลัดต่าง ๆ ผลไม้แห้ง ผักแห้ง และผักดอง ต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์ไก่ ผลิตภัณฑ์ปลา รวมถึงยาและเครื่องสำอางชนิดต่าง ๆ ด้วย

ในผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภทเค้ก พาย หรือโดนัท หรือประเภทที่มีการทำให้ฟูโดยใช้ผงฟูนั้น จะนิยมใช้กรดซอร์บิกและซอร์เบตในการยับยั้งการเจริญเติบโต ของยีสต์และรา โดยอาจใช้โพแทสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.05-0.1 ใสลงไปโดยตรง หรือพื้นที่ผิวของผลิตภัณฑ์ ส่วนในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนั้น อาจใช้เกลือซอร์เบตเพียงชนิดเดียวหรือผสมรวมกับโซเดียมเบนโซเอตในปริมาณร้อยละ 0.05-0.1 สำหรับผลิตภัณฑ์แยมและเยลลี่จะใช้ กรดซอร์บิกหรือซอร์เบตร้อยละ 0.1 ใสลงไปโดยตรงหรือจะใช้ร่วมกับวัตถุกันเสียชนิดอื่นก็ได้ สำหรับปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 นั้น ได้อนุญาตให้ใช้กรดซอร์บิกและแคลเซียมซอร์เบต หรือโซเดียมซอร์เบต หรือ โพแทสเซียมซอร์เบต ในเนยแข็งชนิดปรุงแต่งได้สูงสุดไม่เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในเนยแข็ง อนุญาตให้ใช้กรดซอร์บิกได้สูงสุดไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือใช้โซเดียมซอร์เบตหรือโพแทสเซียมซอร์เบต ได้ไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยคำนวณเป็นกรดซอร์บิก ส่วนในผลิตภัณฑ์มะกอกดองอนุญาตให้ใช้กรดซอร์บิกในปริมาณสูงสุดไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมมะกอกดอง โดยอาจใช้กรดซอร์บิกเพียงอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับโซเดียมซอร์เบตที่คำนวณเป็น กรดซอร์บิก แต่เมื่อรวมกันแล้วจะต้องไม่เกินปริมาณดังกล่าวในผลิตภัณฑ์แยมและเยลลี่ ให้ใช้กรดซอร์บิกให้ปริมาณสูงสุดได้

ไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมแยมและเยลลี่ โดยอาจใช้กรดซอร์บิกอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับ โซเดียมเบนโซเอต โพพพิลพาราเบนแต่เมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกินปริมาณดังกล่าว และสำหรับ แอปริคอตแห้งนั้น อนุญาตให้ใช้กรดซอร์บิกได้ในปริมาณสูงสุดได้ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัม แอปริคอตแห้ง ให้ใช้เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับโซเดียมซอร์เบต แต่เมื่อรวมกันแล้ว ต้องไม่เกินปริมาณดังกล่าว ส่วนผลิตภัณฑ์อื่น ๆ นอกเหนือจากที่ได้กล่าวไว้ ถ้าหากต้องการใช้วัตถุ กันเสียชนิดนี้จะต้องขออนุญาตเป็นกรณี ๆ ไป

2.7.4 ความปลอดภัยในการใช้

กรดซอร์บิกหรือซอร์เบตจัดเป็นวัตถุกันเสียที่มีความปลอดภัยในการใช้ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุกันเสียชนิดอื่น ๆ จากการศึกษาทดลองของ Lang (1960) ในสัตว์ทดลอง โดยการทดลองให้หนูทดลอง 100 ตัว เป็นหนูตัวผู้ 50 ตัว และหนูตัวเมีย 50 ตัว ให้หนูทดลองบริโภคอาหารที่มีกรดซอร์บิกผสมอยู่ด้วย ในระดับร้อยละ 0 และ ร้อยละ 5 ในเวลาทดลองเป็นเวลา 2 ชั่วโมงของหนูทดลอง ผลการทดลองพบว่า ในชั่วอายุแรกหนูทดลองที่ได้รับกรดซอร์บิก ร้อยละ 5 จะมีอายุในช่วงอายุแรกเป็นเวลา 811 วัน สำหรับหนูทดลองตัวผู้ และ 789 วัน สำหรับหนูทดลองตัวเมีย ส่วนหนูทดลองตัวผู้ที่ไม่ได้รับกรดซอร์บิกจะมีอายุในช่วงอายุแรก 709 วัน และ 804 วัน สำหรับหนูทดลองตัวเมีย จากการนำซากของหนูทดลองที่ตายแล้วมาทำการตรวจวิเคราะห์ปรากฏว่า ไม่พบอาการผิดปกติที่อวัยวะต่าง ๆ เลย สำหรับอาการเนื้องอกนั้น ทั้งในกลุ่มของหนูทดลองที่ได้รับและไม่ได้รับกรดซอร์บิก จะมีเพียงกลุ่มละ 2 ตัว เท่านั้น ที่เกิดอาการที่กล่าว ส่วนการทดลองในช่วงอายุที่ 2 นั้น ได้ดำเนินการแบบเดียวกับการทดลองในช่วงอายุแรก เพียงแต่เมื่อหนูมีอายุครบ 250 วัน ได้นำหนูทดลองทั้งหมดมาฆ่าและทำการตรวจวิเคราะห์ซากพบว่า ดับ ไต หัวใจ และอวัยวะของหนูทดลองทั้งหมด ไม่มีอาการผิดปกติเกิดขึ้นเลย ส่วนการทดลองในหนูและสุนัขโดย Deuel และคณะ (1954) , Demasee และคณะ (1955) และ Luck (1976) สรุปได้ว่าการให้สัตว์ทดลองที่กล่าวข้างต้นบริโภคอาหารที่มีกรดซอร์บิกร้อยละ 5 เป็นเวลา 9 วัน จะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์ทดลองเลย แต่ถ้าหากให้สัตว์ทดลองได้รับอาหารที่มีกรดซอร์บิกถึงร้อยละ 8 จะทำให้น้ำหนักของตัวเพิ่มขึ้น

การใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ซอร์เบตเป็นวัตถุกันเสียในปริมาณที่มาก อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการแพ้หรือระคายเคืองกับผิวหนังของผู้ที่มีความไวต่อสารนี้ อย่างไรก็ตามการที่กล่าว จะพบเฉพาะผู้ที่มีความไวรับต่อสารนี้ที่ใช่ยาหรือเครื่องสำอางที่มีการใช้ซอร์เบตเป็นวัตถุกันเสียเท่านั้น ยังไม่พบอาการที่กล่าวเกิดกับผู้บริโภคที่บริโภคอาหารที่มีการใช้ซอร์เบตเป็นวัตถุกันเสีย (สิวพร สิ่วเวช, 2546)

2.8 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Association of Official Analytical Chemistry (AOAC), (2000) วิธีมาตรฐาน AOAC Official Method 994.11 Benzoic Acid in Orange Juice เป็นวิธีการวิเคราะห์กรดเบนโซอิกในน้ำส้มด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง โดยนำตัวอย่างที่สกัดได้มาฉีดเข้าเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูงใช้คอลัมน์ชนิด C18 (250 I.D. × 4.1 mm) ตรวจวัดด้วยยูวีเทคเตอร์ ความยาวคลื่น 230 นาโนเมตร อัตราการไหล 0.7 มิลลิลิตรต่อนาที

เครือข่าย ชัยสุวรรณ และจันทิมา สุราเลิศ, 2549 ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกในน้ำพริกโดยการเตรียมเป็นอนุพันธ์เมทิลเอสเทอร์และทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี แก๊สโครมาโทกราฟีโดยใช้คอลัมน์ SE-30 (3.0 mm I.D. × 2 m) แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สพา ตรวจวัดด้วยเฟลมไอออไนเซชันดีเทคเตอร์ ได้ช่วงความเป็นเส้นตรงของกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิก คือ 100-10,000 ppm ค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด คือ 50 ppm ค่าร้อยละการกลับคืนที่ได้จากการสกัดกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิก ที่ความเข้มข้น 600 ppm คือ 97.11 ± 30 และ 77.66 ± 21 ตามลำดับ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวิเคราะห์กรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกที่มีความเข้มข้น 100 ppm มีค่าเท่ากับ 2.80 % และ 1.65 % ตามลำดับ ผลจากการหากรดซอร์บิกและเบนโซอิกในน้ำพริกทั้งหมด 9 ตัวอย่าง จากแหล่งผลิต 3 แห่ง ไม่พบกรดซอร์บิกในตัวอย่างน้ำพริก แต่พบว่ามีกรดเบนโซอิกในตัวอย่างน้ำพริกจำนวน 8 ตัวอย่าง ได้แก่ น้ำพริกปลาย่างนพวง น้ำพริกเผาขนพวง น้ำพริกแมงดาขนพวง น้ำพริกปลาย่างแม่ประยูร น้ำพริกเผาแมงดาแม่ประยูร น้ำพริกตาแดงแม่ประยูร น้ำพริกเผาสมุนไพโร และน้ำพริกแมงดา ในปริมาณ 71.32, 84.10, 68.74, 15.91, 16.30, 35.55, 14.79, 15.31 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งปริมาณกรดเบนโซอิกที่พบไม่เกินมาตรฐาน 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 119 (พ.ศ.2532)

วันทนีย์ ขำเลิศ, 2535 ได้ทำการศึกษาและทดสอบวิธีวิเคราะห์ปริมาณ กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และซัลคารินในผลไม้แปรรูป โดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง ตามวิธีมาตรฐานของประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน โดยวิธีดังกล่าวใช้สกัดตัวอย่างด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ แล้วนำตัวอย่างที่สกัดได้มาวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูงโดยใช้คอลัมน์ C18 ขนาด 0.4×30 cm. ใช้ 0.01 M Ammonium acetate buffer (pH 4.5 - 4.6) และ Methanol เป็น mobile phase ตรวจวัดด้วย LC spectro- photometer ที่ความยาวคลื่น 235 นาโนเมตร อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อนาที จากการทดสอบประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์ โดยการวิเคราะห์ตัวอย่างผลไม้แปรรูปที่เดิมสารมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ความเข้มข้นละ 4 ซ้ำ พบว่าประสิทธิภาพวิธีของสารทั้งสามชนิดอยู่ใน

เกณฑ์ดีโดยค่าต่ำสุดที่ได้ สำหรับ กรดเบนโซอิกเป็นร้อยละ 97 กรดซอร์บิกเป็นร้อยละ 94 และซัคคารินเป็นร้อยละ 100

Bahrudin, fazlul, Muhammad, kamarudzaman & Mohd, 2004 ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณกรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก เมทิลพาราเบนและโพรพิลพาราเบนในอาหารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง โดยใช้เมทานอลและอะซิเตตบัฟเฟอร์ (pH 4.4) ในอัตราส่วน 35:65 เป็นเฟสเคลื่อนที่ สำหรับการวิเคราะห์ กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก และเมทิลพาราเบน จากนั้นเปลี่ยนเฟสเคลื่อนที่ที่เป็นเมทานอลและอะซิเตตบัฟเฟอร์ (pH 4.4) ในอัตราส่วน 50:50 ดีเทคเตอร์ชนิดยูวีวิสิเบิล ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ซึ่งตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ได้แก่ Soft drink แยม ซอส ผัก/ผลไม้แห้ง จำนวน 67 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณกรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก เมทิลพาราเบน และโพรพิลพาราเบนเฉลี่ย เท่ากับ 1260, 1390, 44.8 และ 221 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ค่าร้อยละการกลับคืนเท่ากับ 106, 104, 102 และ 102 ตามลำดับ

Fernando, Isabel, Sara, Beatriz & Oliverira, 2003 ได้ทำการวิเคราะห์กรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกในอาหาร ด้วยวิธี RP-HPLC โดยได้ทำการศึกษาการสักระกกันเสียในแอม เมทานอลและอะซิเตตบัฟเฟอร์ (pH 4.4), อาหารที่มีไขมัน, ซอ, น้ำผลไม้ และไวน์ ซึ่งในอาหารแต่ละ ชนิดก็จะมีส่วนประกอบที่แตกต่างกัน คือ อาหารที่มีน้ำตาลสูง, มีไขมันสูง และเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์และไม่มีแอลกอฮอล์ วิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ โครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง คอลัมน์ชนิด C18 (S₁₀ ODS₂) และใช้ acetate buffer 0.005 M (pH 4.4) กับเมทานอล เป็นเฟสเคลื่อนที่ในอัตราส่วน 65:35 อัตราการไหล 1.4 ml/min เครื่องตรวจวัดชนิดยูวีวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 235 นาโนเมตร จากการวิเคราะห์ค่าร้อยละการกลับคืนของสาร (Recovery) มากกว่า 98 % และกรดเบนโซอิกและ กรดซอร์บิกในแอม เฮลลี่ และ table olives สกัดด้วยเมทานอล หลังจากปั่นด้วย homogenizer พบว่าค่าร้อยละการกลับคืนมากกว่า 97 % และ CV less than 2.6 % ส่วนการสกัดกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกอาหารที่มีไขมันและซอส ด้วย n-hexane และ acetate buffer 0.005 M (pH 4.4) ค่าร้อยละการกลับคืนมากกว่า 98 % และ CV less than 2.9% การสกัดน้ำผลไม้ (น้ำส้ม, น้ำแอปเปิ้ล และน้ำสับปะรด) และไวน์ ซึ่งทำให้บริสุทธิ์ด้วย Sep - Pak C18 cartridge ค่าร้อยละการกลับคืนมากกว่า 94% และ CV less than 4.0%

Isabel, Eulalia, Paula & Margarida, 2000 ได้ทำการวิเคราะห์กรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกในผลไม้กวนด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง โดยทำการสกัดเอาโปรตีนและไขมันออกจากผลไม้กวนด้วยการเติมเมทานอล แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงและกรอง จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง โดยใช้คอลัมน์ C18 อะซิเตตบัฟเฟอร์ (pH 4.4) และเมทานอลเป็นเฟสเคลื่อนที่ในอัตราส่วน 65:35 ดีเทคเตอร์ชนิด Diode array ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 235 นาโนเมตร จากการวิเคราะห์พบว่า ค่าร้อยละการกลับคืนอยู่

ในช่วง 95 – 104 % และ precision less 2.6 % และปริมาณกรดเบนโซอิกในตัวอย่างผลไม้กวน มีปริมาณ 413.9 ± 10.4 ถึง 1501 ± 4.2 มิลลิกรัมต่อผลไม้กวน 1 กิโลกรัม ปริมาณกรดซอร์บิกเท่ากับ 515.0 ± 7.0 และ 908.3 ± 5.3 มิลลิกรัมต่อผลไม้กวน 1 กิโลกรัม