บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เยลลี่

เยลลี่ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำผลไม้ที่ได้จากการคั้นหรือสกัดจากผลไม้ หรือทำจากน้ำผลไม้ที่ผ่านกรรมวิธี หรือทำให้เข้มข้น หรือแช่แข็ง ซึ่งผ่านการกรองและผสมกับน้ำตาลทำให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะ ทั้งนี้ให้รวมถึงเยลลี่ที่อยู่ในลักษณะแห้งด้วย (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) และตามมาตรฐานโคเด็กซ์ หรือ CODEX STAN 296-2009 ได้ให้คำจำกัดความว่า เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเจล กึ่งแข็งกึ่งเหลว ทำจากน้ำผลไม้และ/หรือสกัดจากน้ำผลไม้หนึ่งชนิดหรือมากกว่า แล้วผสมกับสารให้ความหวาน โดยมีการเติมน้ำเพิ่มหรือไม่ก็ได้ (CODEX STAN 296-2009) สำหรับนักวิชาการต่างๆ ได้ให้คำจำกัดความผลิตภัณฑ์เยลลี่ต่างๆ ไว้คล้ายคลึงกัน ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำผลไม้ เคี่ยวกับน้ำตาลจนกระทั่งถึงจุดความเข้มข้นที่ต้องการ อาจผสมเพคตินและกรดอินทรีย์ และเมื่อเย็นจะแข็งตัวมีลักษณะเป็นเจล ซึ่งโครงร่างของเจลจะต้องกระจายในรูปคอลลอยด์ มีความเหนียวหนืดไม่เสียรูปเป็นวุ้น (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2532)

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 100 เรื่อง การแสดงฉลากของวุ้นสำเร็จรูปและขนมเยลลี่ ได้ให้นิยามขนมเยลลี่ว่า "วุ้นสำเร็จรูปที่มีน้ำผลไม้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก และไม่เกินร้อยละ 20 ของน้ำหนัก และให้หมายความรวมถึงขนมเยลลี่ที่เป็นชนิดแห้งด้วย" (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2529)

2.1.1 ประเภทของผลิตภัณฑ์เยลลี่

แบ่งผลิตภัณฑ์เยลลี่ตามที่จำหน่ายในท้องตลาดได้ 2 รูปแบบดังนี้ (สุวรรณา สุภิมารส, 2543)

1) เยลลี่ที่รับประทานเป็นอาหารว่าง (dessert jelly) ส่วนใหญ่ใช้คาราจีแนนในการเกิดเจล มีการเติมน้ำตาล กรดซิตริก สารแต่งสีและสารปรุงแต่งกลิ่นรส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีทั้งรสหวานอมเปรี้ยว ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พบในท้องตลาด ได้แก่ เยลลี่ตราปีโป้ อิมพีเรียล และเจเล่

2) เยลลี่ที่รับประทานเป็นขนมหวาน (confectionery jelly) เยลลี่ชนิดนี้มีรสหวานเพียงอย่างเดียวใช้เจลาติน (gelatin) เป็นสารทำให้เกิดเจล และเติมกลูโคสไซรัป (glucose syrup) ลงไปด้วย ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่พบในท้องตลาด ได้แก่ เยลลี่ยี่ห้อจอลลี่แบร์ และโยโย่ หรือพบในรูปขนมไทยแบบต่าง ๆ เช่น วุ้นไข่ วุ้นกะทิ เป็นต้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ตาม มผช. 518-520/2547 แบ่งผลิตภัณฑ์เยลลี่ออกเป็น 3 ประเภท (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547) ดังนี้

1) เยลลี่เหลว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร มาคั้นหรือสกัด แล้วผสมกับสารให้ความหวาน และสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลลาติน คาราจิแนน หรือวุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะเหลว อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญชาติ และสมุนไพร เคี่ยวให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะที่อุณหภูมิที่เหมาะสม อาจแต่งสีและกลิ่นรสด้วยก็ได้ แล้วบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท

2) เยลลี่อ่อน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร มาคั้นหรือสกัด แล้วผสมกับสารให้ความหวาน และสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลลาติน คาราจิแนน วุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะกึ่งแข็ง อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ผลไม้ ผัก

ธัญชาติ สมุนไพร จากนั้นเคี่ยวให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะที่อุณหภูมิที่เหมาะสม อาจแต่งสีและกลิ่นรสด้วยก็ได้ แล้วบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท

3) เยลลี่แห้ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร มาคั้นหรือสกัด แล้วผสมกับสารให้ความหวาน และสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลลาติน คาราจิแนน วุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะแห้งและเหนียว อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญชาติ สมุนไพร จากนั้นจึงเคี่ยวให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะที่อุณหภูมิที่เหมาะสม อาจแต่งสีและกลิ่นรสด้วยก็ได้ อาจเทใส่พิมพ์หรือตัดเป็นชิ้น ภายหลังจากทิ้งไว้ให้เย็น แล้วจึงอาจคลุกด้วยน้ำตาลหรือแป้งบริโภค

2.1.2 ส่วนประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์เยลลี่

2.1.2.1 สารที่ทำให้เกิดเจล การผลิตเยลลี่สำเร็จรูปในเชิงอุตสาหกรรมมี ส่วนประกอบที่สำคัญ คือ กัม (gums) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล ชนิดของกัมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายได้แก่ คารา-จีแนน เจลาติน และเพกติน (ศรีสุวรรณ อุทธนผล, 2531)

2.1.2.2 น้ำตาล เป็นสารที่ให้ความหวานในผลิตภัณฑ์เยลลี่ ช่วยให้เพกตินฟอร์มโครงสร้างเจล ซึ่งปริมาณน้ำตาลที่ใช้ขึ้นแปรผันตามปริมาณเพกติน และความเป็นกรดด่างของเนื้อหรือน้ำผลไม้ชนิดนั้นๆ ถ้าปริมาณเพกตินมาก ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ต่อน้ำหนักของผลไม้ก็มากด้วย ถ้าผลไม้ มีความเป็นกรดสูง (เปรี้ยว) ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ต่อน้ำหนักผลไม้หรือน้ำผลไม้ต่ำ อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ ไม่ควรสูงกว่า 70 องศาบริกซ์ (วัดโดยเครื่องรีแฟคโตมิเตอร์) โดยสารให้ความหวานที่อนุญาตให้ใช้ในเยลลี่ ตามมอก. 236-2521 มีหลายชนิด ได้แก่ น้ำตาลซูโครส น้ำตาลอินเวิร์ต (invert sugar) อินเวิร์ตไซรัป (invert syrup) เดกซโตรส (dextrose) ฟรุกโตสไซรัป (fructose syrup) กลูโคสไซรัป (glucose syrup) และกลูโคสไซรัปแห้ง (dried glucose syrup) (ชรินรัตน์ อุดเมืองคำ, 2552)

2.1.2.3 สารปรับความเป็นกรด (acidifying agent) และสารควบคุมความเป็นกรดด่าง (pH regulating agents) มีความสำคัญต่อรสของผลิตภัณฑ์และช่วยให้เจลคงตัวมากขึ้น แต่การเติมกรดในปริมาณที่มากเกินไปจะทำลายความคงตัวของเจลได้ โดยปกติเยลลี่มีค่าความเป็นกรดด่าง อยู่ระหว่าง 2.8-3.5 ส่วนค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมที่สุดคือ 3.2 โดยสารที่ใช้เพิ่มและควบคุมความเป็นกรดด่างตามประกาศ มอก. 263-2521 ได้แก่ กรดซิตริก กรดมาลิก กรดแลกติก กรดฟูมาลิก และเกลือโซเดียม โปตัสเซียม และแคลเซียมของกรดเหล่านี้ รวมถึงโซเดียมและโปตัสเซียมไบคาร์บอเนต (ชรินรัตน์ อุดเมืองคำ, 2552)

2.1.2.4 สี กลิ่นรส หรือน้ำผลไม้ จะช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะน่ารับประทาน เพิ่มขึ้น น้ำผลไม้ที่ใช้เป็นส่วนผสมในเยลลี่ต้องเป็นน้ำผลไม้ล้วนที่ได้จากการคั้นหรือสกัดจากผลไม้ หรือทำจากน้ำผลไม้ที่ผ่านกรรมวิธี หรือทำให้เข้มข้นหรือแช่แข็ง ซึ่งผ่านการกรองแล้ว และให้หมายความรวมถึงผักที่เหมาะสมในการทำขนมเยลลี่ด้วย (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2529)

ส่วนประกอบที่สำคัญของเยลลี่ผลไม้ประกอบด้วยน้ำตาล น้ำผลไม้ และสารที่ทำให้เกิดเจล ดังนั้นเยลลี่ จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการด้านพลังงานเป็นส่วนใหญ่ โดย เยลลี่ 100 กรัม ให้พลังงาน 273 กิโลแคลอรี่ มีปริมาณเกลือแร่ และวิตามินเล็กน้อย แต่ถ้าเป็นวุ้นกะทิ มีคุณค่าด้านไขมันเพิ่มขึ้น หรือวุ้นสังขยา มีคุณค่าด้านโปรตีน เพิ่มขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2543)

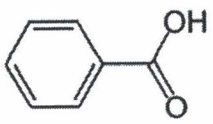
2.2 วัตถุเจือปนและสารให้ความหวานที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เยลลี่

2.2.1 วัตถุเจือปนอาหาร

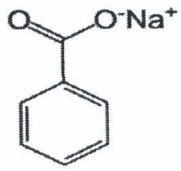
2.2.1.1 กรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอท

- สมบัติของกรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอท

กรดเบนโซอิก เป็นชื่อตาม IUPAC และมีชื่อทั่วไปคือ คาร์บอกซีเบนซีน (caboxybenzene) หรือกรดเบนโซอิก สูตรโมเลกุลคือ $C_2H_6O_2$ และมีสูตรโครงสร้างดังภาพที่ 2.1 กรดเบนโซอิก มีสถานะเป็นผลึกของแข็งสีขาว มีรสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย มีกลิ่นฉุน มีจุดเดือดที่ 249 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลวที่ 122 องศาเซลเซียส น้ำหนักโมเลกุล 122.2 ความถ่วงจำเพาะ 1.32 กรดเบนโซอิก จะละลายในน้ำได้น้อยมาก แต่จะละลายได้ดีขึ้นในแอลกอฮอล์ อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม และน้ำมัน ตามธรรมชาติพบในรูปไกลโคไซด์ในพืชบางชนิด เช่น ผลไม้พวกเชอรี่ และลูกพรุน กรดเบนโซอิกนิยมใช้ในรูปเกลือโซเดียม และนิยมใช้เป็นวัตถุกันเสียมานาน อีกทั้งเกลือโซเดียมของกรดชนิดนี้ละลายน้ำได้ดีกว่าในรูปกรด จึงนิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารมากกว่า (วีรยา การพานิช, 2554)



Benzoic acid



Sodium benzoate

ภาพที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของกรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอต
ที่มา : วีรยา การพานิช ,2554

กรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอตจะให้ผลในการยับยั้งจุลินทรีย์ดีที่สุดที่ความเป็นกรดด่าง ระหว่าง 2.5-4.0 และมีประสิทธิภาพสูง เมื่ออยู่ในรูปของกรดที่ไม่แตกตัว จึงเหมาะที่จะใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดสูงหรือมีความเป็นกรดด่างต่ำ ตัวอย่างเช่น เครื่องดื่มชนิดต่างๆ ทั้งชนิดที่อัดคาร์บอนไดออกไซด์และไม่อัดคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำหวานชนิดต่างๆน้ำผลไม้ เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์เป็นส่วนประกอบ แยม เยลลี่ ผักดอง ผลไม้ดอง น้ำสลัด ฟรุตสลัด และเนยเทียม เป็นต้น (วีรยา การพานิช, 2554)

กรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอตมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ ที่ผนังเซลล์และเอนไซม์ของจุลินทรีย์ โดยเบนโซเอตมีผลต่อผนังเซลล์จุลินทรีย์ ทำให้รบกวนกระบวนการซึมผ่านของอาหารผ่านเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ ในขณะเดียวกัน จะแทรกผ่านเยื่อหุ้มเซลล์แล้วไป แตกตัวภายในเซลล์จุลินทรีย์ ส่งผลให้เกิดยับยั้งการสร้างเอนไซม์บางชนิดและทำลายเอนไซม์ หรือทำให้เอนไซม์เสียสภาพ จึงหยุดการทำงานของเอนไซม์ โดยเฉพาะ เอนไซม์ที่ใช้ควบคุมกระบวนการเมตาบอลิซึมในเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2546) กรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอตสามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์และราได้ดีกว่าแบคทีเรีย จึงใช้ปริมาณของกรดเบนโซอิกในการยับยั้งแบคทีเรียสูงกว่าที่ใช้กับยีสต์และรา (ตารางที่ 2.1) และความสามารถในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของวัตถุกันเสียชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงในช่วงค่าความเป็นกรดด่างที่กว้าง หรือระหว่าง 2.6-6.3 และ

ปฏิกิริยาการยับยั้งจุลินทรีย์ของกรดเบนโซอิกเกิดขึ้นจากการที่กรดไปรบกวนโครงสร้างของเอนไซม์ในเซลล์จุลินทรีย์ (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2544)

ตารางที่ 2.1 ปริมาณการใช้กรดเบนโซอิกในอาหารบางประเภท

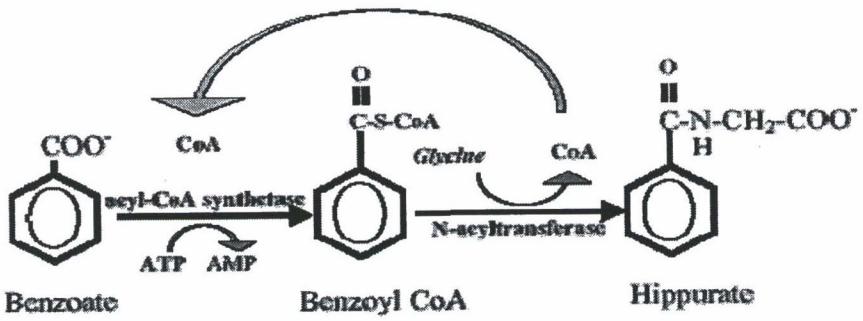
ชนิดอาหาร	กรดเบนโซอิก (เปอร์เซ็นต์)
มาการีน มายองเนส น้ำผลไม้ แยม เยลลี่	0.1-0.15
มาริเนด (ผสมกับพาราไฮดรอกซี เบนโซเอท และหรือกรดซอร์บิก 0.03-0.05 เปอร์เซ็นต์	0.08-0.10
ผักดอง (ผสมกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.03-0.05 เปอร์เซ็นต์)	0.07-0.10
เครื่องดื่ม	0.05-0.10

ที่มา: โครงการตำราวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรมอาหาร (2539)

สำหรับผลิตภัณฑ์เยลลี่ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 281) พ.ศ. 2547 เรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร กำหนดปริมาณสูงสุดที่ให้ใช้ โซเดียมเบนโซเอต (sodium benzoate) ได้ไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัมอาหาร (กระทรวงสาธารณสุข, 2547)

- อันตราย/พิษของกรดเบนโซอิก

ความเป็นพิษของกรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอตจัดอยู่ในประเภทพิษปานกลาง ถ้าได้รับในปริมาณน้อยจะไม่ทำให้เกิดการสะสมขึ้นในร่างกาย เนื่องจากร่างกายมีกลไกในการขจัดความเป็นพิษของกรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอต (วีรยา การพานิช, 2554) ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 กลไกในการขจัดความเป็นพิษของกรดเบนโซอิก
ที่มา: วีรยา การพานิช (2554)

ในตับ กรดเบนโซอิกที่ได้รับจากการบริโภคส่วนใหญ่จะถูก conjugated กับ โคเอนไซม์เอ (coenzyme A) เกิดเป็นเบนโซอิลโคเอนไซม์เอ (bensoyl coenzyme A) โดยมีเอนไซม์ ซินทีเทส (synthetase) เป็นตัวเร่ง จากนั้นเบนโซอิลโคเอนไซม์เอ ทำปฏิกิริยากับไกลซีน (glycine) เกิดเป็นกรดฮิพพิวริก (hippuric acid) โดยมีเอนไซม์เอซิลทรานเฟอร์เรส (acyltransferase) เป็นตัวเร่งและถูกขับถ่ายออกทางปัสสาวะ โดยทั่วไป การขับถ่ายของกรดฮิพพิวริกทางปัสสาวะในคนพบประมาณ 1.0-2.5 กรัมต่อวัน ซึ่งเทียบเท่ากับการบริโภคกรดเบนโซอิก 0.7-1.7 กรัม แต่ถ้าได้รับในปริมาณที่สูงมากอาจทำให้เกิดอาการคลื่นไส้

อาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย เลือดตกใน อัมพาต รวมถึงส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของตับและไตให้ด้อยลง จนอาจส่งผลถึงขั้นพิการได้ และถ้าได้รับเกิน 500 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม อาจเสียชีวิตได้ (วีรยา การพานิช, 2554) พิษของกรดเบนโซอิกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท (วีรยา การพานิช, 2554) คือ

1) พิษเฉียบพลัน (Acute toxicity)

การทดสอบพิษเฉียบพลันของสารเคมีด้วยวิธี LD_{50} (Median lethal dose) ของสารนั้นๆ โดย LD_{50} เป็นค่าปริมาณสารที่ให้แก่สัตว์ทดลอง แล้วทำให้สัตว์ทดลองตายครึ่งหนึ่งของจำนวนสัตว์ทดลองที่ได้รับสารนั้น โดยปกติค่า LD_{50} ไม่ได้เป็นค่าที่แน่นอนในการกำหนดความเป็นพิษของสาร เพราะ ค่า LD_{50} นี้ยังขึ้นอยู่กับสปีชีส์และสายพันธุ์ของสัตว์ทดลองที่เลือกใช้ อายุ เพศ และชนิดของการทดลอง โดยจุดประสงค์ที่สำคัญของการศึกษาค่า LD_{50} คือ ต้องการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นแบบเฉียบพลัน (acute toxicity) ในสัตว์ทดลอง (วีรยา การพานิช, 2554)

2) พิษกึ่งเรื้อรัง (Subchronic toxicity)

เป็นการทดสอบความเป็นพิษต่อสัตว์ที่ได้รับสารเคมีในระยะค่อนข้างนาน ตามชนิดของสัตว์ เช่น สัตว์กัดแทะ อย่างน้อย 90 วัน หรือ สัตว์เลือดอุ่นอื่นๆ เป็นเวลา 6 เดือน สำหรับศึกษาเป็นระยะเวลา 90 วันโดยให้หนูกินอาหารผสมเกลือเบนโซเอตร้อยละ 0, 1, 2 หรือ 8 พบว่า ในกลุ่มที่ได้รับเกลือเบนโซเอตสูงสุด (ประมาณ 6,290 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน) มีการตายเกิดขึ้นประมาณร้อยละ 50 และยังพบว่า มีผลกระทบต่อสัตว์ในกลุ่มนี้ ได้แก่ น้ำหนักตัวลดลง น้ำหนักตับและไตเพิ่มขึ้น และมีความเปลี่ยนแปลงทางพยาธิวิทยาในอวัยวะเหล่านี้

3) พิษเรื้อรัง (Chronic toxicity)

การทดสอบพิษเรื้อรังของสารเคมีเป็นการให้สัตว์ทดลองสัมผัสหรือบริโภคสารในปริมาณน้อยที่ไม่แสดงความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน เป็นเวลานานตลอดชีวิต เพื่อสังเกตความผิดปกติภายในร่างกายสัตว์ทดลองและนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการประเมินความเป็นพิษต่อมนุษย์ ซึ่งในหนูทดลองที่ให้อาหารผสมกรดเบนโซอิกร้อยละ 1.5 (ประมาณ 750 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน) พบว่า สัตว์ทดลองมีน้ำหนักตัวลดลง เนื่องจากการกินอาหารลดลง ภายหลังจากได้รับกรดเบนโซอิกเป็นเวลา 18 เดือน ส่วนในการศึกษาอื่นๆ พบว่า หนูมีจำนวนการตายเพิ่มขึ้นเป็น 15 ตัวจากจำนวนหนูทั้งหมด 50 ตัว แต่ในกลุ่มควบคุมมีการตายเพียง 3 ตัวจากจำนวนทั้งหมด 25 ตัว และในรายงานหลังจากให้สารขนาดร้อยละ 1 ในอาหาร (ประมาณ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน) พบว่า ไม่พบผลกระทบต่ออายุขัย อัตราการเจริญเติบโต หรือน้ำหนักของอวัยวะ ของสัตว์ทดลองจนถึงรุ่นที่ 4

- รายงานการวิจัย/การบริโภคที่เกี่ยวข้องกับกรดเบนโซอิกและเกลือของกรด

การสำรวจในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มด้วย ดังเช่น รายงานของ ขวัญตา กังวานชิรธาดา และ อโนทัย ศรีรัตน์ไชย (2547) ที่สำรวจปริมาณกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิก เครื่องดื่มในภาชนะปิดสนิทที่จำหน่ายในท้องตลาดระหว่างปี พ.ศ. 2540 - 2543 จากผู้ประกอบการและส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง 194 ราย รวมจำนวน 555 ตัวอย่าง พบว่า ตัวอย่างที่มีวัตถุกันเสียเกินปริมาณที่กำหนดลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยปี พ.ศ. 2543 ลดลงประมาณ 6 เท่าเมื่อเทียบกับปี 2540 เครื่องดื่มที่ใช้วัตถุกันเสียเกินมาตรฐานและพบเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนด้วย เป็นเครื่องดื่มที่มีปัญหามากที่สุด ได้แก่ เครื่องดื่มประเภทพืชผัก รองลงมาได้แก่

น้ำผลไม้และน้ำหวาน ต่อมา กรรณิการ์ วิศิษฏ์โชติอังกูร (2549) พบว่า น้ำผลไม้บรรจุปิดสนิทจำนวน 21 ตัวอย่าง ที่ผลิตในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ และนอกเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 10 ตัวอย่าง ตรวจพบกรดเบนโซอิก และ/หรือ กรดซอร์บิก จำนวน 9 ตัวอย่าง เท่ากัน และในจำนวนตัวอย่างน้ำผลไม้ทั้ง18 ตัวอย่าง มีน้ำผลไม้จำนวน 13 ตัวอย่าง ภายใต้กฎหมายกำหนด หรือต่ำกว่า 200 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัมอาหาร และ ตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่าง พบปริมาณวัตถุกันเสียสูงเกินกฎหมายกำหนด ได้แก่ น้ำสตรอ-เบอร์รี่ น้ำมะขาม และน้ำส้ม 3 ตัวอย่าง และเมื่อแบ่งตัวอย่างตามช่วงเวลาการเก็บตลอดปีเป็น 3 ช่วง พบว่า น้ำผลไม้ที่ผลิตในช่วงพฤศจิกายน พ.ศ. 2547 ถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ.2548 มีปริมาณวัตถุกันเสียมากกว่าช่วง มีนาคม ถึง มิถุนายน พ.ศ.2548 และ ช่วงกรกฎาคม ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2548

ในต่างประเทศก็พบรายงานการใช้กรดเบนโซอิกในผลิตภัณฑ์อาหารเช่นกัน ดังรายงานของ Mihyar (1999) ที่ศึกษาปริมาณกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกในผลิตภัณฑ์ Lebaneh ซึ่งเป็นอาหารกึ่งแห้งซึ่งทำจากโยเกิร์ต ที่แยกในขั้นตอนที่เป็นเวย์ จากตัวอย่างใน 14 ท้องที่ของเมืองแอมเมน ประเทศจอร์แดน พบว่า มี 3 ตัวอย่างที่พบทั้งกรดเบนโซอิกและซอร์บิก และมี 6 ตัวอย่างที่พบกรดเบนโซอิกต่ำกว่า 32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วน Tfouni และ Toledo (2002) ศึกษาปริมาณกรด เบนโซอิกและซอร์บิกในอาหารบราซิลเลียน (Bazilian food) ในประเทศบราซิล ได้แก่ เครื่องดื่มน้ำผลไม้ เครื่องดื่มน้ำอัดลม มาการีน โยเกิร์ต และเนยแข็ง วิเคราะห์กรดเบนโซอิก จำนวน 39 ตัวอย่าง พบว่า ทุกตัวอย่าง เครื่องดื่มน้ำอัดลม มาการีน และเครื่องดื่มน้ำผลไม้ ผ่านมาตรฐานกฎหมายอาหาร (500, 1,000 และ 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) และ ในมาการีนมีการใช้ทั้งกรดเบนโซอิกและซอร์บิก ต่อมา Mota และคณะ (2003) ศึกษาปริมาณกรดเบนโซอิกในอาหาร 87 ยี่ห้อในประเทศโปรตุเกส ได้แก่ น้ำมันมะกอก แยม เยลลี่ spreadable fats ซอส น้ำผลไม้ และไวน์ พบว่ากรดเบนโซอิกในอาหารทุกชนิดไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด ตามกฎหมายยุโรป (Directive no. 98/72/CE) ต่อมา Saad และคณะ (2005) ศึกษาวัตถุกันเสียในประเทศมาเลเซีย ได้แก่ กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก เมทิลพาราเบน และโพพิลพาราเบน ในผลิตภัณฑ์อาหาร 67 ตัวอย่าง จากซุปเปอร์มาร์เก็ตในภาคเหนือ ของประเทศมาเลเซีย ซึ่งประกอบด้วย เครื่องดื่มผลไม้ ผักผลไม้กระป๋อง แยม เยลลี่ ซอส ผลไม้แห้ง พบว่า นิยมใช้วัตถุกันเสียในแยมมากที่สุด แต่ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด (450 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) พบกรดเบนโซอิกเกินมาตรฐานในซอส 1 ตัวอย่าง ในผลไม้กระป๋อง 1 ตัวอย่าง และพบกรดเบนโซอิกในผลไม้อบแห้งด้วยแต่ไม่เกินมาตรฐาน (350 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วน Lino และ Pena (2010) ศึกษาปริมาณกรดเบนโซอิกและประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสกรดเบนโซอิกในเครื่องดื่มที่ปราศจากแอลกอฮอล์ในประเทศโปรตุเกส พบกรดเบนโซอิกในเครื่องดื่มจำนวน 19 ตัวอย่างจาก 48 ตัวอย่าง แบ่งเป็นเครื่องดื่มแบบดั้งเดิม 11 ตัวอย่าง และ น้ำแร่ 8 ตัวอย่าง และผลการประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสพบว่า อยู่ในระดับต่ำกว่าค่า ADI คือมีค่า ADI ร้อยละ 4.9 และ 6.4 ตามลำดับ

2.2.1.2 สีผสมอาหาร

ปัจจุบันสีเป็นปัจจัยสำคัญอันดับแรกๆในการดึงดูดผู้บริโภคให้เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ และเป็นปัจจัยหนึ่งในการบ่งบอกคุณภาพของอาหารได้ สีที่พบในผลิตภัณฑ์อาหาร อาจเป็นสีธรรมชาติของอาหาร หรือเป็นสีสังเคราะห์ ซึ่งสีที่ได้จากการสังเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์มีสีสันสดใส สวยงาม และมีความเสถียร ทั้งสามารถกำหนดปริมาณการใช้ได้อย่างแน่นอน และมีชนิดสีให้เลือกใช้ได้หลายเฉดตามความต้องการ จึงทำให้ผู้ผลิตนิยมใช้สีสังเคราะห์มากกว่าสีธรรมชาติ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2530) อย่างไรก็ตาม สีผสม

อาหารต้องใช้ในปริมาณที่กฎหมายอนุญาตเท่านั้น สีผสมอาหารสังเคราะห์ที่อนุญาตให้ใช้ตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 21 (พ.ศ. 2522) มีดังนี้

1) กลุ่มสีแดง ได้แก่ ปองโซ 4 อาร์ (Ponceau 4 R) คาร์โมอีซีน (Carmoisine) และเออริโธซิน (Erythrosine)

2) กลุ่มสีเหลือง ได้แก่ ตาร์ตราซีน (Tartrazine) และซันเซ็ต เย็ลโลว์ เอ็ฟซีเอ็ฟ (Sunset yellow FCF)

3) สีเขียว ได้แก่ ฟาสต์ กรีน เอ็ฟซีเอ็ฟ (Fast green FCF)

4) กลุ่มสีน้ำเงิน ได้แก่ อินดิโกคาร์มีนหรืออินดิโกติน (Indigo carmine or Indigotine) และ บริลเลียนท์บลู เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (Brilliant blue FCF)

กระทรวงสาธารณสุขได้ตระหนักถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค จึงได้ออกประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร (พ.ศ. 2547) มีเนื้อหาสำคัญคือ งดเว้นการใช้สีผสมอาหารในอาหารดังต่อไปนี้ได้แก่ อาหารทารก นมดัดแปลงสำหรับทารก อาหารเสริมสำหรับเด็ก ผลไม้สด ผลไม้ดอง ผักดอง และเนื้อสัตว์สดทุกชนิด ยกเว้นการใช้ผงขมิ้น ผงกะหรี่ สำหรับไก่เท่านั้น เนื้อสัตว์ทุกชนิดที่ปรุงแต่งและทำให้เค็มหรือหวาน เนื้อสัตว์ทุกชนิดที่ปรุงแต่ง รมควัน หรือทำให้แห้ง เนื้อสัตว์ทุกชนิดที่ ย่าง อบ นึ่ง หรือทอด ยกเว้น การใช้สีที่ได้จากธรรมชาติ ในการกำหนดปริมาณของสีผสมอาหารที่อนุญาตให้ใช้ตามประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร ฉบับที่ 281 (พ.ศ. 2547) ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ปริมาณที่กฎหมายอนุญาตให้ใช้สีผสมอาหารสังเคราะห์

ชนิดของสีสังเคราะห์	ปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ (มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม)	
	เครื่องดื่ม ไอศกรีม ลูกกวาด ขนมหวาน	ประเภทอื่นๆ
สีปองโซ 4 อาร์	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม
สีคาร์โมอีซีน	ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม	ไม่เกิน 100 มิลลิกรัม
สีเออริโธรซิน	ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม	ไม่เกิน 100 มิลลิกรัม
สีตาร์ตราซีน	ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม	ไม่เกิน 200 มิลลิกรัม
สีซันเซ็ต เย็ลโลว์ เอ็ฟซีเอ็ฟ	ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม	ไม่เกิน 200 มิลลิกรัม
สีฟาสต์กรีน เอ็ฟ ซี เอ็ฟ	ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม	-
สีอินดิโกติน	ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม	ไม่เกิน 100 มิลลิกรัม
สีบริลเลียนท์บลู เอ็ฟซีเอ็ฟ	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม

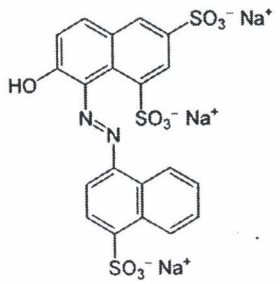
ที่มา : กระทรวงสาธารณสุข (2547)

นอกจากนี้การใช้สีสังเคราะห์ หรือเรียกโดยทั่วไปว่า สีผสมอาหาร ผู้ใช้ต้องอ่านฉลากกำกับวิธีใช้ให้เข้าใจ และถ้าไม่จำเป็นควรหลีกเลี่ยงการใช้สีสังเคราะห์ หรือเลือกใช้สีจากธรรมชาติ หรือสีที่กระทรวงสาธารณสุขรับรองเท่านั้น ถ้าต้องการใช้สีสังเคราะห์ที่กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใส่ในอาหารได้

ต้องใช้ในปริมาณที่ต่ำที่สุดและไม่ควรใช้บ่อย อีกทั้งผู้บริโภคทุกวัยควรคำนึงถึงสีสันและความปลอดภัยควบคู่ไปด้วย (เนตรนภิส ธนเวศน์กุล, 2551) ทั้งนี้เนื่องจาก การใส่สีสังเคราะห์ลงในอาหารปริมาณเพียงเล็กน้อยหรือรับประทานเพียงเล็กน้อยในแต่ละวัน ร่างกายจะสามารถขับออกมาได้ แต่หากรับประทานในปริมาณมากๆ อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ (รัตนา มหาชัย, 2534)

- สีปองโซ 4 อาร์ (Ponceau 4 R)

ปองโซ 4 อาร์ ($C_{20}H_{11}N_2Na_3O_{10}S_3$) มีชื่อทางเคมีว่า ไตรโซเดียม 1-(1'-แนฟทิลอะโซ)-2-แนฟทอล-4',6,8-ไตรซัลโฟเนท (Trisodium1-(1'-naphthylazo)-2-naphtol-4',6,8-trisulfonate) หรือ เกลือไตรโซเดียมของ 7-ไฮดรอกซี-8-[(4-ซัลโฟ-1-แนฟทิล)อะโซ]-1,3-แนฟทาลีนไดซัลโฟนิคแอซิด (7-hydroxy-8-[(4-sulfo-1-naphthyl) azo]-1,3-naphthalene-disulfonic acid trisodium salt มีน้ำหนักโมเลกุล 604.48 เลขดัชนีสี C.I. (1956) No.16255 (กระทรวงสาธารณสุข, 2522) และมีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 สูตรโครงสร้างของสีปองโซ 4 อาร์
ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/Ponceau_4R ,2554

- สมบัติของสีปองโซ 4 อาร์

สีปองโซ 4 อาร์มีลักษณะทางกายภาพ เป็นเม็ดเล็ก ๆ หรือผงสีแดงถึงแดงเข้ม ไม่มีกลิ่น ละลายได้ในน้ำ กลีเซอรีน แต่ละลายได้เล็กน้อยในเอทานอล มีเนื้อสีอยู่ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 82 ของน้ำหนัก น้ำหนักที่หายไปจากวิธีการอบแห้งที่ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง รวมกับจำนวนคลอไรด์และซัลเฟท คิดคำนวณเป็นโซเดียมคลอไรด์ และโซเดียม ซัลเฟท ตามลำดับ ทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 18 ของน้ำหนัก มีสารที่ไม่ละลายน้ำ (water-insoluble matter) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก สารที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ (ether-extractable matter) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก สำหรับสารปนเปื้อน มีข้อกำหนดดังนี้ สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม โครเมียม (คิดเป็น Cr) ไม่เกิน 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สีอื่น (subsidiary dyes) ไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนัก และสารที่เกิดขึ้นในระหว่างการสังเคราะห์ (intermediates) ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก (กระทรวงสาธารณสุข, 2522)

- การใช้สีผสมอาหาร ปองโซ 4 อาร์

โดยปกติสีปองโซร์ 4 อาร์ มักใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกอม ผลไม้แช่อิ่ม เครื่องดื่ม ผลไม้กระป๋อง และผลไม้แช่เยือกแข็ง (Asawatreratanagun, 1994) และกระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ใน ไอศกรีม ลูกกวาด ขนมหวาน เครื่องดื่ม และอาหารอื่นๆ ยกเว้น อาหารสำหรับทารก ผลไม้สด

ผลไม้ดอง ผักดอง อาหารกลุ่มเนื้อสัตว์ ข้าวเกรียบ บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป และพริกแกง (ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2547)

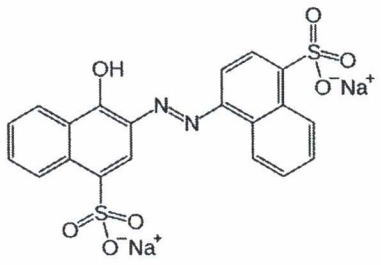
- อันตราย/พิษของสีปองโซ 4 อาร์

คณะกรรมการ JECFA ได้กำหนดค่า ADI แต่เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติมยังไม่เพียงพอ จึงมีมติให้ใช้ค่าเดิม และได้ขอข้อมูลความเป็นพิษเพิ่มเติมในปี ค.ศ. 1983 จากนั้นจึงได้พิจารณาข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติม ได้แก่ ข้อมูลการศึกษาด้านเมตาบอลิซึม อันตรายระยะยาว (long-term toxicity) multigeneration feeding และ การเกิดลูกวิธูป (teratogenicity) ซึ่งไม่พบความผิดปกติใดๆ และจากผลการศึกษาในหนูทดลองประเภท mice ก็ไม่พบอาการผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น (ศิวาพร ศิวเวชช, 2529) สำหรับการทดสอบอันตรายแบบเฉียบพลันและแบบระยะเวลาสั้นๆ พบว่าไม่พบความเป็นพิษแบบเฉียบพลันและแบบระยะเวลาสั้นๆ และในการทดสอบการก่อกลายพันธ์ พบว่าไม่เกิดการก่อกลายพันธุ์ใน *Salmonella* Typhimurium (Hveland-Smith และ Combes, 1980) และ Asawatreratanagun (1994) พบว่าสีธรรมชาติและสีสังเคราะห์ ที่ใช้ในการทดสอบสามารถลดการย่อยของโบโวนซีรัมอัลบูมิน (bovine serum albumin) และแป้งอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการทดสอบที่เติมเกลือไนไตรท์พบว่า การย่อยของโบโวนซีรั่มอัลบูมินและแป้งลดลงกว่าเดิม นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของไนไตรท์กับสีผสมอาหารสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดสอบบางชนิด ได้แก่ ปองโซร์ 4 อาร์ เออริโธรซิน และ ซันเซ็ต เย็ลโลว์ เอฟซีเอฟ มีผลต่อการก่อกลายพันธุ์ต่อเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella* Typhimurium สายพันธุ์ TA 98 นอกจากนี้ ปองโซร์ 4 อาร์ pยังก่อกลายพันธุ์ต่อสายพันธุ์ TA 100 ด้วย

จากการวิเคราะห์โดยคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญว่าด้วยวัตถุเจือปนอาหารขององค์การอาหารและเกษตรและ องค์การอนามัยโลกแห่งสหประชาชาติ (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) ได้มีการกำหนดค่า ADI ของสีปองโซ 4 อาร์ เท่ากับ 0-4.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน

- สีคาร์โมอีซีน (Carmoisine)

คาร์โมอีซีนหรือเอโซรูบีน ($C_{20}H_{12}N_2Na_2C_7S_2$) มีชื่อทางเคมีว่าเกลือไดโซเดียมของ 2-(4-ซัลโฟ-1-แนฟทิลอะโซ)-1-แนฟทอล-4-ซัลโฟนิค แอซิด (Disodium salt of 2-(4-sulfo-1-naphthylazo)-1-naphtol-4-sulfonic acid) หรือ ไดโซเดียม 4-ไฮดรอกซี-3,4'-อะโซได-1-แนฟทาลีน-ซัลโฟเนท (disodium 4-hydroxy-3,4'-azodi-1-naphthalene-sulfonate) มีน้ำหนักโมเลกุล 502.44 เลขดัชนีสี C.I. (1956) No.14720 (กระทรวงสาธารณสุข, 2522) และมีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 สูตรโครงสร้างของสีคาร์โมอีซีน

ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/Azorubine, 2554

- สมบัติของสีคาร์โมอีซีน

คาร์โมอีซีนมีลักษณะเป็นผงสีแดง ละลายได้ในน้ำ ละลายได้เล็กน้อยในเอทานอล มีสีอยู่ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 85 ของน้ำหนัก จำนวนน้ำหนักที่หายไป โดยการอบแห้งที่ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง รวมกับจำนวนคลอไรด์และซัลเฟท คิดคำนวณเป็น โซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมซัลเฟท ตามลำดับ ทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 15 ของน้ำหนัก มีสารที่ไม่ละลายน้ำ ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก สารที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม สังกะสี (คิดเป็น Zn) ไม่เกิน 200 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม โลหะหนักไม่รวมสังกะสี ไม่เกิน 40 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม สีอื่น ๆ ไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนัก และสารที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก (กระทรวงสาธารณสุข, 2522)

- การใช้สีผสมอาหาร คาร์โมอีซีน

โดยปกติมักจะใช้ในผลิตภัณฑ์ ขนมหวาน (เช่น ขนมหวานแบบผง พุดดิ้ง คัดตาร์ด เจลลาติน ไอศกรีม) ลูกอม เครื่องดื่ม (เช่น เครื่องดื่มผง เครื่องดื่มโซดา) ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผักบรรจุกระป๋อง ผักแช่เยือกแข็ง และกระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ใน เครื่องดื่ม ไอศกรีม ลูกกวาด ขนมหวาน และอาหารอื่นๆ ยกเว้น อาหารสำหรับทารก ผลไม้สด ผลไม้ดอง ผักดอง อาหารกลุ่มเนื้อสัตว์ ข้าวเกรียบ บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป และพริกแกง (ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2547)

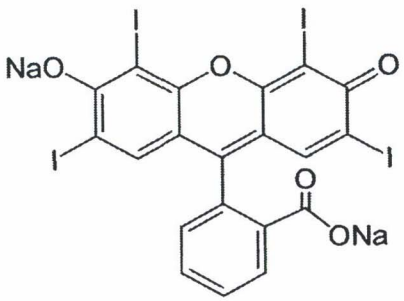
- อันตราย/พิษของสีคาร์โมอีซีน

ในปี ค.ศ. 1983 คณะกรรมการ JECFA ได้มีการประเมินผลทางพิษวิทยาจากข้อมูลที่ได้มาเพิ่มเติมของ สีคาร์โมอิซิน ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่า เป็นสีที่ไม่ทำให้เกิดการก่อกลายพันธุ์ ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง ไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติต่อทารกในครรภ์มารดา และมีอาการผิดปกติทางด้านเนื้อเยื่อบ้าง แต่ไม่รุนแรง และในการศึกษาแบบระยะยาวในหนูทดลอง ไม่พบอาการผิดปกติเกิดขึ้นจากข้อมูลที่กล่าวถึง (ศิวาพร ศิวเวชช, 2529)

จากการวิเคราะห์โดยคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญว่าด้วยวัตถุเจือปนอาหารขององค์การอาหารและเกษตรและ องค์การอนามัยโลกแห่งสหประชาชาติ (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) ได้มีการกำหนดค่า ADI ของสีคาร์โมอิซิน เท่ากับ 0-4.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน

- สีเออริโธซิน (Erythrosine)

เออริโธรซิน ($C_{20}H_6I_4Na_2O_5$ หรือ $C_{20}H_6I_4K_2O_5$) มีชื่อทางเคมีว่าเกลือไดโซเดียมหรือไดโปตัสเซียม 2',4'5',7' เตตราไอโอโดฟูลออเรสซีน (2',4',5',7' tetra-iodofluorescein, disodium or dipotassiumsalt) มีน้ำหนักโมเลกุล 879.87 (เกลือโซเดียม) 912.10 (เกลือโปตัสเซียม) เลขดัชนีสี C.I. (1956) No.45430 (กระทรวงสาธารณสุข, 2522) และมีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังภาพที่ 2.5



สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
กระทรวงสาธารณสุข

ภาพที่ 2.5 สูตรโครงสร้างของสีเออริโธซิน
ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/Erythrosine , 2554

- สมบัติของสีเออริโธซิน

เออริโธซินเป็นผงสีแดง ละลายได้ง่ายในน้ำ และละลายได้ในเอทานอล มีสีอยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของน้ำหนัก จำนวนน้ำหนักที่หายไป โดยการอบแห้งที่ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง รวมกับจำนวนคลอไรด์และซัลเฟท คิดคำนวณ เป็นโซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมซัลเฟท หรือโปตัสเซียมคลอไรด์และโปตัสเซียมซัลเฟท ตามลำดับ ทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 15 ของน้ำหนัก มีสารที่ไม่ละลายน้ำ ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก สารที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์จากสารละลายที่เป็นด่างเท่านั้น ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัมตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม สีอื่น ๆ ไม่เกินร้อยละ 4 ของน้ำหนัก และสารที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก (กระทรวงสาธารณสุข, 2522)

- การใช้สีผสมอาหาร เออริโธซิน

โดยปกติมักจะใช้ในผลิตภัณฑ์ ขนมหวาน (เช่น ขนมหวานแบบผง พุดดิ้ง คัดตาร์ด เจลลาติน ไอศกรีม) ลูกอม เครื่องดื่ม (เช่น เครื่องดื่มผง เครื่องดื่มโซดา) ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผักบรรจุกระป๋อง ผักแช่เยือกแข็ง และใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทยาและเครื่องสำอางด้วย (Asawatreratanagun, 1994) และกระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ใน เครื่องดื่ม ไอศกรีม ลูกกวาด ขนมหวาน และอาหารอื่นๆ ยกเว้นอาหารสำหรับทารก ผลไม้สด ผลไม้ดอง ผักดอง อาหารกลุ่มเนื้อสัตว์ ข้าวเกรียบ บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป และพริกแกง (ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2547)

- อันตราย/พิษของสีเออริโธซิน

จากการศึกษาของ IDRC ในปี ค.ศ. 1982 ก่อนการจัดสีเออริโธซินอยู่ใน permanent list ซึ่งจากการศึกษาพบว่า หนูทดลองตัวที่บริโภคสีชนิดนี้ปริมาณร้อยละ 4 หรือ 2,464 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน จะทำให้มีอาการเนื้องอกที่ต่อมไทรอยด์ เพิ่มขึ้น และยังพบว่า สีชนิดนี้จะชะงักการเปลี่ยนไทโรซีน (thyroxine) ไปเป็นไตรไอโอโดไทโรนิน (triiodothyronine) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ต่อมใต้สมอง (pituitary) ขับไทโรโทรปิน (thyrothropin) ออกมากขึ้น เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเนื้องอกที่ต่อมไทรอยด์ ฉะนั้นสีชนิดนี้อาจไม่ใช่สาเหตุโดยตรงของการเป็นเนื้องอก แต่เกิดเนื่องมาจาก ปฏิกิริยาของ ไทโรโทรปิน ซึ่งปริมาณต่ำสุดของสีชนิดนี้ที่ไม่ทำให้เกิดเนื้องอก คือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการศึกษาในคนปี ค.ศ. 1964 พบว่า ไม่เกิดอาการผิดปกติขึ้นในผู้บริโภคสีชนิดนี้แต่อย่างใด ส่วนการศึกษาโดยมุ่งเน้นในเรื่อง ความเป็นพิษต่อระบบประสาทของสีชนิดนี้ยังไม่สามารถจะสรุปได้ว่าสีชนิดนี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดพิษต่อระบบประสาท และในปี ค.ศ. 1984

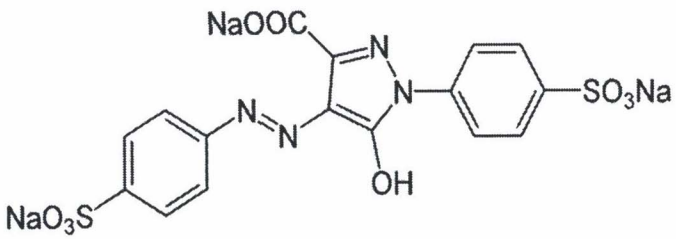
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 7 ธ.ค. 2555
เลขทะเบียน 190934
เลขเรียกหนังสือ

คณะกรรมการได้มีการพิจารณาผลทางด้านพิษวิทยาของสีชนิดนี้ซ้ำ โดยพิจารณาข้อมูลที่ได้รับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1974 ซึ่งรวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของต่อมไทรอยด์ในคนที่ได้รับสีนี้ ข้อมูลทางด้านการก่อกลายพันธุ์ (mutagenicity) multigeneration ระบบสืบพันธุ์ (reproduction) และพิษต่อระบบประสาท (neurotoxicity) จากรายงานการทดสอบความเป็นพิษระยะยาวในหนู rat และหนู mice และรายงานการทดสอบในหนู rat เป็นเวลา 90 วัน และ 6 เดือน พบว่า มีอาการผิดปกติเกิดขึ้นที่ต่อมไทรอยด์ แต่ในรายงานการศึกษาต่อมา แสดงให้เห็นว่า การทำงานที่ผิดปกติของต่อมไทรอยด์ไม่ได้เกิดเนื่องจากโซเดียมไอโอไดด์ ส่วนการเกิดเนื้องอกในต่อมไทรอยด์ อาจเกิดเนื่องมาจากปฏิกิริยาของฮอร์โมนก็ได้ อย่างไรก็ตามยังไม่ทราบกลไกที่แน่ชัด ส่วนการศึกษาเกี่ยวกับการก่อกลายพันธุ์นั้น ปรากฏว่าสีนี้ไม่ทำให้เกิดการก่อกลายพันธุ์ แต่เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับ no-effect level ยังไม่เพียงพอจึงจำเป็นต้องให้มีการประเมินผลใหม่ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2529)

จากการวิเคราะห์โดยคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญว่าด้วยวัตถุเจือปนอาหารขององค์การอาหารและเกษตรและ องค์การอนามัยโลกแห่งสหประชาชาติ (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) ได้มีการกำหนดค่า ADI ของสีเออริโธรซิน เท่ากับ 0-0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน

- สีตาร์ตราซีน (Tartrazine)

ตาร์ตราซีน ($C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$) มีชื่อทางเคมีว่า เกลือไตรโซเดียมของ 5-ไฮดรอกซี-1-พารา-ซัลโฟนีล-4-(พารา-ซัลโฟฟีนีลอะโซ) ไพราโซล-3-คาร์บอกซีลิค แอซิด (trisodium salt of 5-hydroxy-1-p-sulfophenyl-4-(p-sulfophenylazo) pyrazol-3-carboxylic acid) มีน้ำหนักโมเลกุล 534.37 เลขดัชนีสี: C.I. (1956) No.19140 (กระทรวงสาธารณสุข, 2522) และมีสูตรโครงสร้างทางเคมี ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 สูตรโครงสร้างของสีตาร์ตราซีน
ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/Tartrazine, 2554

- สมบัติของสีตาร์ตราซีน

ตาร์ตราซีนมีลักษณะเป็นผงสีเหลืองละลายได้ในน้ำ มีสีอยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของน้ำหนักจำนวนน้ำหนักที่หายไป โดยการอบแห้งที่ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง รวมกับจำนวนคลอไรด์และซัลเฟท คิดคำนวณเป็น โซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมซัลเฟท ตามลำดับ ทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 15 ของน้ำหนัก มีสารที่ไม่ละลายน้ำ ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก สารที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม สีอื่นไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนัก และสารที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก (กระทรวงสาธารณสุข, 2522)

- การใช้สีผสมอาหาร ตาร์ตราซีน

โดยปกติสีตาร์ตราซีน มักใช้กับผลิตภัณฑ์ ขนมหวาน (ขนมหวานแบบผง พุดดิ้ง คัดตาร์ด เจลลาติน ไอศกรีม) ลูกอม ผลไม้แช่อิ่ม เครื่องดื่ม (เครื่องดื่มผง โซดา) ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผักบรรจุกระป๋อง และผักแช่เยือกแข็ง และใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทยาและเครื่องสำอางด้วย (Asawatreratanagun, 1994) และกระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ใน เครื่องดื่ม ไอศกรีม ลูกกวาด ขนมหวาน และอาหารอื่นๆ ยกเว้น อาหารสำหรับทารก ผลไม้สด ผลไม้ดอง ผักดอง อาหารกลุ่มเนื้อสัตว์ ข้าวเกรียบ บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป และพริกแกง (ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2547)

- อันตราย/พิษของสีตาร์ตราซีน

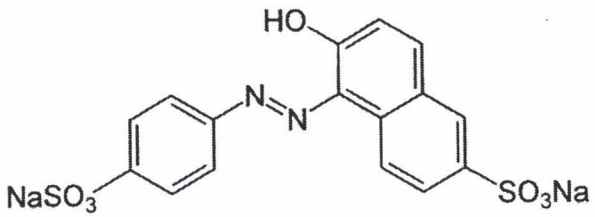
การศึกษาด้านความปลอดภัยในการบริโภคสีชนิดนี้ได้มีการศึกษามานาน จากการศึกษาของ Locky ในปี ค.ศ. 1959 ที่แสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคสีชนิดนี้มักจะมีอาการแพ้ต่างๆเกิดขึ้น ส่วนการศึกษาของ Chaffer และ Settipane ในปี ค.ศ. 1967 และ Weber และในปี ค.ศ. 1979 ได้สรุปไว้ว่า สีชนิดนี้เป็นสาเหตุให้เกิดลมพิษได้ และสำหรับคนไข้ที่เป็นหืด หรือแพ้ยาแอสไพริน หรือเป็นลมพิษเรื้อรังนั้น จะพบอาการ ภาวะหลอดลมหดเกร็ง (bronchospasms) ตามรายงานของ Gerber และคณะ Spector และคณะ และ Weber และคณะ ซึ่งได้ทำการศึกษาในปี ค.ศ. 1979 ส่วนการศึกษาของ Miler ในปี ค.ศ. 1982 รายงานว่า อาการแพ้ที่เกิดจากสีชนิดนี้ ที่แสดงออกในรูปของอาการคัน ลมพิษ บวม หืด และเยื่อบุจมูกอักเสบ มักจะพบในผู้ที่เกิดอาการแพ้ได้ง่าย และรายงานว่า อาการต่างๆที่กล่าว มักพบบ่อยกว่าในคนไข้ที่เป็นโรคหืด ภูมิแพ้ และแพ้ยาแอสไพริน มากกว่าบุคคลทั่วไป และจากการศึกษาของ Milerในปี ค.ศ. 1982 พบว่ามีบุคคลที่ไวต่อยาแอสไพริน 10-40 เปอร์เซ็นต์ ที่จะแสดงอาการผิดปกติเมื่อได้รับสีชนิดนี้ และ Morales และคณะในปี ค.ศ. 1985 รายงานว่า คนไข้ที่ไวต่อยาแอสไพรินเพียง 1 รายจาก 47 รายที่แสดงอาการผิดปกติ และ Lobray และ Swain ในปี ค.ศ. 1985 ได้ศึกษาอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นในผู้บริโภคสีนี้ และพบว่า สีชนิดนี้นอกจากจะทำให้เกิดอาการผิดปกติที่ผิวหนัง เช่น คัน ลมพิษ และบวมแล้ว ยังอาจก่อให้เกิดอาการผิดปกติระบบทางเดินอาหาร ระบบหายใจ และระบบประสาทส่วนกลางด้วย สำหรับการศึกษาเพื่อทดสอบการก่อมะเร็งและการผิดปกติของยีน ของ Haveland-Smith และ Combes ในปี ค.ศ. 1980 พบว่าสีชนิดนี้ไม่เป็นสารก่อมะเร็ง หรือทำให้ยีนผิดปกติ ส่วนรายงานของ Patterson และ Butler, Hengchler และ Wind ในปี ค.ศ. 1985 พบว่า สีชนิดนี้เป็นสาเหตุทำให้โครโมโซมในเซลล์ของคนมีการเปลี่ยนแปลงได้ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2529) นอกจากนั้น พัฒน์ สุจำนง (2526) กล่าวว่า พิษของสีนี้ในระยะยาว ถ้ารับประทานเกิน 7.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม จะทำลายเยื่อบุกระเพาะอาหารทำให้การดูดซึมอาหารบกพร่อง

จากการวิเคราะห์โดยคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญว่าด้วยวัตถุเจือปนอาหารขององค์การอาหารและเกษตรและ องค์การอนามัยโลกแห่งสหประชาชาติ (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) ได้มีการกำหนดค่า ADI ของสีตาร์ตราซีน เท่ากับ 0-7.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน

- สีซันเซ็ต เย็ลโลว์ เอ็ฟซีเอ็ฟ (Sunset yellow FCF)

ซันเซ็ต เย็ลโลว์ เอ็ฟซีเอ็ฟ ($C_{16}H_{10}N_2Na_2O_7S_2$) มีชื่อทางเคมีว่า เกลือโซเดียมของ 1-(4-ซัลโฟฟีนิลอะโซ)-2-แนฟทอล-6-ซัลโฟนิค แอซิด (disodium salt of 1-(4-sulfophenylazo)-2-

naphthol-6-sulfonic acid) มีน้ำหนักโมเลกุล 452.37 เลขดัชนีสี C.I. (1956) No.15985 (กระทรวงสาธารณสุข, 2522) และมีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 สูตรโครงสร้างของสีซันเซ็ต เย็ลโลว์ เอ็ฟซีเอ็ฟ
ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/Sunset_Yellow_FCF, 2554

- สมบัติของสีซันเซ็ต เย็ลโลว์ เอ็ฟซีเอ็ฟ

ซันเซ็ต เย็ลโลว์ เอ็ฟซีเอ็ฟ มีลักษณะเป็นผงสีส้ม ละลายได้ในน้ำ มีสีอยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของน้ำหนัก จำนวนน้ำหนักที่หายไป โดยการอบแห้งที่ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง รวมกับจำนวนคลอไรด์และซัลเฟท คิดคำนวณ เป็นโซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมซัลเฟท ตามลำดับ ทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 15 ของน้ำหนัก มีสารที่ไม่ละลายน้ำ ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก สารที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์จากสารละลายที่เป็นด่างเท่านั้น ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม สีอื่น ๆไม่เกินร้อยละ 4 ของน้ำหนัก และสารที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก (กระทรวงสาธารณสุข, 2522)

- การใช้สีผสมอาหาร ซันเซ็ตเย็ลโลว์ เอ็ฟซีเอ็ฟ

โดยปกติสีซันเซ็ต เย็ลโลว์ เอ็ฟซีเอ็ฟ มักใช้กับผลิตภัณฑ์ ขนมหวาน (ขนมหวานแบบผง พุดดิ้ง คัดตาร์ด เจลลาติน ไอศกรีม) ลูกอม ผลไม้แช่อิ่ม เครื่องดื่ม (เครื่องดื่มผง โซดา) ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผักบรรจุกระป๋อง และผักแช่เยือกแข็ง และใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทยาและเครื่องสำอางด้วย (Asawatreratanagun, 1994) และกระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ใน เครื่องดื่ม ไอศกรีม ลูกกวาด ขนมหวาน และอาหารอื่นๆ ยกเว้น อาหารสำหรับทารก ผลไม้สด ผลไม้ดอง ผักดอง อาหารกลุ่มเนื้อสัตว์ ข้าวเกรียบ บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป และพริกแกง (ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2547)

- อันตราย/พิษของสีซันเซ็ต เย็ลโลว์ เอ็ฟซีเอ็ฟ

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2530) รายงานว่า สีส้ม ซันเซ็ต เย็ลโลว์ เอ็ฟซีเอ็ฟ ถ้าผสมในอาหารให้สัตว์ทดลองกินนาน 2-3 เดือน ทำให้สัตว์ทดลองมีอาการท้องเดิน และน้ำหนักตัวลดลงได้ และ พัฒน์ สุจำนง (2526) กล่าวว่าถ้ารับประทานสีส้ม (Sunset Yellow FCF) เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม จะทำให้ท้องเดินและน้ำหนักตัว

จากการวิเคราะห์โดยคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญว่าด้วยวัตถุเจือปนอาหารขององค์การอาหารและเกษตรและ องค์การอนามัยโลกแห่งสหประชาชาติ (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) ได้มีการกำหนดค่า ADI ของซันเซ็ตเย็ลโลว์ เอ็ฟซีเอ็ฟ เท่ากับ 0-2.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน

- รายงานการวิจัย/การบริโภคสีผสมอาหารที่เกี่ยวข้อง

จงกลนี วิทยารุ่งเรืองศรี (2539) ศึกษาประเภทและปริมาณของสีในขนมเด็ก 3 ประเภท คือ ลูกอม เยลลี่ น้ำหวาน ในเขตกรุงเทพฯ สมุทรสงคราม ราชบุรี ลพบุรี และสิงห์บุรี พบว่า ลูกอมใช้สีสังเคราะห์ที่อนุญาตให้ใช้ตามประกาศกระทรวงสาธารณะสุขสูงสุดถึงร้อยละ 93.9 สีจากธรรมชาติร้อยละ 6.1 และไม่พบผลิตภัณฑ์ใดใช้สีสังเคราะห์ที่ไม่อนุญาตให้ใช้ตามประกาศ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสีสังเคราะห์ที่อนุญาตให้ใช้ พบว่า มีผลิตภัณฑ์ลูกอมใช้สีเกินมาตรฐานที่กำหนดร้อยละ 24.7 น้ำหวานร้อยละ 6.5 ส่วนขนมเยลลี่ไม่ผิดมาตรฐานทั้งหมด ประเภทของสีสังเคราะห์ที่พบว่าเกินมาตรฐานมากที่สุดคือ สีเหลือง (Sunset yellow) สีแดง (Pancceau 4 R) สีเหลือง (Tartrazine) สีแดง (Erythrosine) สีน้ำเงิน (Brilliant blue) และสีแดง (Azorubine) ตามลำดับ ในขณะที่ วิไล เส และคณะ (2546) ได้ทำการสำรวจการปนเปื้อนของสีในขนม โดยตรวจเอกลักษณ์ ชนิดของสี และวิเคราะห์ปริมาณสีในขนมตัวอย่างประเภทต่างๆ ที่สุ่มเก็บในท้องตลาด รวมทั้งสิ้น 7 ประเภท (ลูกอม ลูกกวาด ขนมอบกรอบ ข้าวเกรียบ วุ้น เยลลี่ น้ำหวาน และไอศกรีม) จำนวน 343 ตัวอย่าง พบว่า มีตัวอย่างที่มีปริมาณสีเกินมาตรฐาน 45 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 13.1 โดยเฉพาะขนมอบกรอบ พบปริมาณสี 2,110 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งคิดเป็น 30 เท่า ของปริมาณที่มาตรฐานกำหนดให้ใช้ได้ ซึ่งจากการสำรวจนี้ชี้ให้เห็นอันตรายของขนมใส่สีที่ไม่ได้มาตรฐาน ผู้บริโภคจึงควรเลือกซื้อขนมในการบริโภค โดยผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องพิจารณาแก้ไขปัญหานี้

ส่วน พัตรา สมิตติพัฒน์ (2537) รายงานว่า สัดส่วนของการกระจายขนมผสมสีที่มีจำหน่ายในร้านค้าในหมู่บ้าน จังหวัดนครปฐม ใน 7 ตำบล จำนวน 2,619 ชนิด แบ่งเป็นขนมผสมสี ร้อยละ 33.6 ไม่ผสมสีร้อยละ 66.4 และพบว่า ขนมผสมสีเกินมาตรฐานที่กำหนดตามประกาศกระทรวงวาธารณสุขร้อยละ 0.38 สอดคล้องกับรายงานของ สมศรี ดำรงสวัสดิ์วิทย์ และคณะ (2537) ที่พบว่า ขนมจำนวน 252 ตัวอย่าง จาก 503 ตัวอย่าง ที่มีปริมาณสีไม่ได้มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 66 (พ.ศ.2525) โดยคิดเป็นร้อยละ 50.9 โดยเฉพาะขนมอบกรอบประเภทที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ และปริมาณสีสูงสุดที่พบ คือ 1,921.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานประมาณ 38 เท่า และขนมที่พบเป็นอันดับรองลงมา คือ ขนมประเภท ลูกอม น้ำหวาน เยลลี่ และไอศกรีม ตามลำดับ สำหรับรายงานของ สกาวรัตน์ ชัยสุนทร (2538) พบว่า ลูกอมที่จำหน่ายในจังหวัดนครพนม มีปริมาณสีที่ใช้ผสมตามเกณฑ์มาตรฐานการใช้สีสังเคราะห์ในการผสมร้อยละ 77.8 และใช้สีจากธรรมชาติร้อยละ 22.2 ส่วนลูกอมที่มีปริมาณสีไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน มีสีสังเคราะห์เกินมาตรฐานถึงร้อยละ 84.8 และสีที่ไม่อนุญาตให้ใช้ในอาหารร้อยละ 15.2 นอกจากนี้ยังพบว่า ชนิดของสีสังเคราะห์ที่เกินมาตรฐานมากที่สุด คือ ตาร์ตราซีน (สีเหลือง) บริลเลียนห์บลู เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (สีน้ำเงิน) แอโซรูบิน (สีแดง) ปองโซ 4 อาร์ (สีแดง) เออริโทรซิน (สีแดง) ซันเซ็ตเยลโลว์ เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (สีเหลือง) และฟาสกรีน เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (สีเขียว) ตามลำดับ

ดวงพร เหลี่ยวไชยพันธุ์ และคณะ (2529) ได้ทำการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์สีในขนมเด็กที่จำหน่ายในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ คือ ช็อกโกเลต และขนมที่เคลือบช็อกโกเลต หมากฝรั่ง ขนมเยลลี่ ลูกกวาด ไอศกรีม ข้าวเกรียบ น้ำหวาน และอื่นๆ พบว่า ขนมเด็กใช้สีชนิดที่อนุญาตให้ใช้ผสมอาหารจำนวน 35 ตัวอย่าง และใช้สีชนิดที่ไม่อนุญาตให้ใช้จำนวน 6 ตัวอย่าง นอกจากนี้ ยังมีรายงานการศึกษาในน้ำหวานด้วย โดย รัตนา มหาชัย (2534) ได้ทำการศึกษาน้ำหวานจำนวน 35 ตัวอย่าง ในเขตอำเภอเมืองขอนแก่น พบว่า ทุกตัวอย่างมีการใส่สี และเป็นสีผสมอาหารโดยสีแดงเป็นสีคาร์เมอรีนหรือปองโซร์

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ตารางที่ 2.3 ปริมาณสีผสมอาหาร และกรดเบนโซเอิก ปริมาณสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ในขนมเยลลี่ และค่า Acceptable daily intake (ADI) ของสารแต่ละชนิด

ชนิดสาร	ค่า ADI (มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว/วัน)	อ้างอิง	ปริมาณสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม อาหาร)	อ้างอิง	ปริมาณสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ (CODEX STAN 192-1995) (มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร)
สีปองโซ 4 อาร์	0-4.0	JECFA	50	ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พ.ศ. 2547 เรื่อง ข้อกำหนดการใช้วัตถุกันเสีย	50
สีคาร์โมอีซีน	0-4.0	JECFA	100	ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พ.ศ. 2547 เรื่อง ข้อกำหนดการใช้วัตถุกันเสีย	ไม่มีในรายการ
สีเออริโธรซิน	0-0.1	JECFA	100	ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พ.ศ. 2547 เรื่อง ข้อกำหนดการใช้วัตถุกันเสีย	ไม่อนุญาต
สีตาร์ตราซีน	0-7.5	JECFA	200	ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พ.ศ. 2547 เรื่อง ข้อกำหนดการใช้วัตถุกันเสีย	ไม่มีในรายการ
สีซันเซ็ต เย็ลโลว์ เอ็ฟซีเอ็ฟ	0-2.5	JECFA	200	ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พ.ศ. 2547 เรื่อง ข้อกำหนดการใช้วัตถุกันเสีย	50
กรดเบนโซอิก เบนโซเอต	0-5	JECFA	1,000	ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พ.ศ. 2547 เรื่อง ข้อกำหนดการใช้วัตถุกันเสีย	1,000

ที่มา : JECFA (2554); สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2547)

2.4 ข้อมูลการบริโภคอาหารและการประเมินการได้รับสัมผัส

2.4.1 ข้อมูลการบริโภคอาหาร

ข้อมูลการบริโภคอาหารมีหลายระดับ หลายประเภท โดยแบ่งเป็นในระดับภูมิภาค (regional diet) หรือ ระดับประเทศ (national diet) หรือแบ่งตามแหล่งที่มาของข้อมูล โดยข้อมูลระดับขั้นต้นที่สามารถนำมาใช้ได้ เป็นข้อมูลรายการสมดุลอาหาร (food balance sheet, FBS) ซึ่งรวบรวมข้อมูลอาหารแต่ละชนิดในระดับประเทศ ซึ่งคำนวนอย่างคร่าวๆ ได้รายการสมดุลอาหาร (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549) ที่มีสมการดังนี้

$$\text{รายการสมดุลอาหาร} = \frac{(\text{ปริมาณอาหารที่ผลิตทั้งหมด} - \text{ปริมาณอาหารส่งออก}) + \text{ปริมาณอาหารนำเข้า}}{\text{จำนวนประชากรทั้งประเทศ}}$$

ประเทศต่างๆสามารถใช้ข้อมูลนี้ได้จากฐานข้อมูลที่องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้จัดทำไว้ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลรายการสมดุลอาหาร เป็นข้อมูลขั้นต้นที่ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่มาก FAO และองค์การอนามัยโลก (WHO) จึงแนะนำให้ประเทศที่มีความสามารถเพียงพอควร

จัดทำข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศ ที่ได้จากการสำรวจผู้บริโภคเป็นรายบุคคล (national individual-based survey data) เพื่อให้การประเมินการได้รับสัมผัสมีความถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด (FAO/WHO, 1997)

การสำรวจข้อมูลการบริโภคอาหารเป็นการสำรวจประชากรเป็นรายบุคคล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนการบริโภคอาหาร ซึ่งข้อมูลการสำรวจแบบนี้ จะมีความถูกต้องแม่นยำกว่าการใช้ข้อมูลรายการสมดุลอาหารมาก เนื่องจากข้อมูลรายการสมดุลอาหารถึงแม้จะประหยัดในการได้มาซึ่งข้อมูล แต่จะเป็นข้อมูลขั้นต้นที่ค่อนข้างหยาบ โดยไม่ได้คิดถึงปริมาณอาหารที่สูญเสียไปในการผลิต เก็บรักษา ขนส่ง จำหน่าย หรือในครัวเรือน และไม่ได้คิดถึงปริมาณอาหารเฉพาะส่วนที่บริโภคได้ ทำให้ปริมาณที่รายงานมีแนวโน้มที่จะสูงกว่าความเป็นจริง (over estimate) นอกจากนี้ การที่ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากปริมาณอาหารทั้งหมดหารด้วยประชากรทั้งหมด ข้อมูลจึงไม่สามารถแยกกลุ่มเพศ อายุ หรือกลุ่มประชากรเฉพาะได้แตกต่างจากข้อมูลจากการสำรวจรายบุคคลที่จะมีความถูกต้องใกล้เคียงความจริงมากกว่า และสามารถวิเคราะห์ จัดทำข้อมูลแยกตามกลุ่มประชากรต่างๆได้ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)

วิธีการสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทยและประเทศอื่นๆ มีดังนี้

2.4.1.1 ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)

ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย (Food consumption data of Thailand) จัดทำขึ้นโดย สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) ร่วมมือกับ สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ในระหว่างปี พ.ศ. 2545-2547 เพื่อเป็นฐานข้อมูลการบริโภคอาหาร ทั้งชนิดและปริมาณการบริโภคอาหารที่เป็นตัวแทนของผู้บริโภคในประเทศไทย สำหรับการประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure assessment) ของอันตรายประเภทต่างๆ ในอาหาร เช่น สารพิษตกค้าง สารปนเปื้อน จุลินทรีย์ก่อโรค เป็นต้น และเพื่อให้หน่วยงานภาครัฐสามารถดำเนินการจัดการความเสี่ยงในการกำหนดกฎหมาย กฎระเบียบและมาตรการต่างๆ สำหรับอาหารที่ผลิตในประเทศ อาหารที่นำเข้าและส่งออกได้อย่างเหมาะสม

ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย เป็นการสำรวจการบริโภคอาหารของคนไทยด้วยแบบสัมภาษณ์ความถี่การบริโภคอาหารแต่ละชนิดครอบคลุมอาหารประเภทต่างๆ และชนิดอาหารแต่ละชนิดในแต่ละกลุ่มที่บริโภคในช่วง 1 เดือน โดยแบบสอบถามเป็นการบันทึกและสรุปข้อมูลทั้งความถี่และปริมาณการบริโภคแต่ละครั้ง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ออกมาเป็นปริมาณอาหารแต่ละชนิดที่มีการบริโภคได้โดยครอบคลุมอาหาร 17 กลุ่ม รวมรายการอาหารประมาณ 500 รายการ ทั้งอาหารสดและแปรรูป อาหารกึ่งสำเร็จรูปอาหารสำเร็จรูป อาหารที่มีเฉพาะของแต่ละท้องถิ่น และอาหารตามฤดูกาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลไม้ตามฤดูกาล เครื่องดื่มรวมทั้งน้ำดื่ม และเครื่องปรุงรสต่างๆ

การสุ่มกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของผู้บริโภคในประเทศ ได้สุ่มเลือกพื้นที่การสำรวจและกลุ่มประชากรตัวอย่างโดยวิธี Stratified Three – Stage Sampling ตามภาค ตามจังหวัดโดยใช้การจัดเรียงจังหวัดตามรายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนของแต่ละจังหวัด ยกเว้นกรุงเทพมหานคร และตามเขตการปกครอง สำหรับพื้นที่สำรวจครอบคลุมจังหวัดจำนวนทั้งสิ้น 17 จังหวัด โดยแบ่งการสำรวจให้เป็นตัวแทนของแต่ละภาค จำนวนภาคละ 4 จังหวัด และกรุงเทพมหานคร รวมทั้งสำรวจในประชากรตัวอย่างทั้งในและนอกเขตเทศบาล

รวมจำนวนทั้งสิ้น 18,746 คน แบ่งเป็นเพศชายจำนวน 9,316 คน และเพศหญิงจำนวน 9,430 คน จากผลการสำรวจสามารถจำแนกตามกลุ่มอายุได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 จำนวนตัวอย่างที่สำรวจแยกตามกลุ่มอายุ

กลุ่มประชากร	จำนวนตัวอย่างที่สำรวจ		
	ชาย	หญิง	รวม
กลุ่มที่ 1 : กลุ่มทารก อายุ 0-3 ปี	1184	1179	2363
กลุ่มที่ 2 : กลุ่มเด็กวัยก่อนเรียน อายุ 3-6 ปี	1106	1121	2227
กลุ่มที่ 3 : กลุ่มเด็กวัยเรียน อายุ 6-9 ปี	1165	1170	2335
กลุ่มที่ 4 : กลุ่มเด็กวัยรุ่น อายุ 9-16 ปี	1224	1240	2464
กลุ่มที่ 5 : กลุ่มวัยรุ่น อายุ 16-19 ปี	1132	1154	2286
กลุ่มที่ 6 : กลุ่มวัยหนุ่มสาว อายุ 19-35 ปี	1229	1215	2444
กลุ่มที่ 7 : กลุ่มผู้ใหญ่ อายุ 35-65 ปี	1245	1321	2566
กลุ่มที่ 8 : กลุ่มผู้สูงอายุตั้งแต่ 65 ปีขึ้นไป	1031	1030	2061
รวมทุกกลุ่มอายุ	**9316**	**9430**	**18746**

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2549)

จากผลการสำรวจพบว่าคนไทยบริโภคอาหารค่อนข้างหลากหลาย และเนื่องจากความหลากหลายของชนิดอาหาร ทำให้ปริมาณอาหารที่บริโภคบางรายการ (เฉลี่ยเป็นจำนวนกรัมต่อคนต่อวัน หรือปริมาณเฉลี่ย) จึงมีค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความถี่ของการบริโภคอาหารที่ไม่ได้บริโภคเป็นประจำ

สำหรับผลิตภัณฑ์เยลลี่ พบว่ามีการบริโภคในทุกช่วงอายุ ซึ่งแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ค่าเฉลี่ย และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 97.5 ของปริมาณขนมเยลลี่ที่บริโภคสำหรับประชากรทั้งหมดในทุกช่วงอายุ

หน่วย: กรัม / คน / วัน

กลุ่มอายุ (ปี)	น้ำหนักตัวเฉลี่ย	ร้อยละของผู้บริโภค	ระดับสัมผัส	
			ค่าเฉลี่ย	ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 97.5
0-3	10.05 $\pm$ 4.31	40.8	3.81	29.41
3-6	17.10 $\pm$ 4.76	65.1	4.96	30.00
6-9	22.80 $\pm$ 6.09	63.8	5.12	30.00
9-16	39.73 $\pm$ 12.20	50.9	3.42	24.00

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

หน่วย: กรัม / คน / วัน

กลุ่มอายุ (ปี)	น้ำหนักตัวเฉลี่ย	ร้อยละของผู้บริโภค	ระดับสัมผัส	
			ค่าเฉลี่ย	ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 97.5
16-19	53.23 ± 10.96	29.1	1.45	15.00
19-35	58.28 ± 11.56	14.6	0.66	6.00
35-65	60.37 ± 10.57	4.7	0.21	1.50
65 ขึ้นไป	54.53 ± 11.32	1.7	0.05	0.00

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2549)

2.4.1.2 ข้อมูลการบริโภคอาหารในประเทศอื่นๆ

การสำรวจภาวะการบริโภคอาหารของประชากรในแต่ละประเทศนั้นจำเป็นต้องสำรวจเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับในการเฝ้าระวังภาวะโภชนาการของประชากร ซึ่งข้อมูลเหล่านี้อาจเปลี่ยนแปลงไปตามกระแสนิยม ดังนั้นการสำรวจภาวะการบริโภคอาหารของประชากรจึงต้องวางแผนและดำเนินการตามระยะเวลาที่กำหนด

ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้สำรวจภาวะโภชนาการและสุขภาพครั้งใหญ่ทั่วประเทศอยู่ 3 ครั้ง ทุกระยะ 10 ปี (NCHS, 1993) โดยใช้ข้อมูลการบริโภคอาหารย้อนหลัง 24 ชั่วโมง ซึ่งสามารถบ่งบอกการกระจายของการบริโภคอาหารของกลุ่มประชากรได้ และใช้เป็นแนวทางในการจัดทำข้อกำหนดการได้รับสารอาหารของประชากรในแต่ละเพศ และแต่ละกลุ่มอายุได้ นอกจากนี้ การวิเคราะห์รายงานในพื้นที่ต่างๆ พบความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการบริโภคกับอัตราการเกิดปัญหาสุขภาพเฉพาะทาง ซึ่งข้อมูลการสำรวจภาวะโภชนาการและสุขภาพของประเทศสหรัฐอเมริกานี้ ยังได้วิเคราะห์ซ้ำถึง 3 ครั้ง เพื่อใช้ในการเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของความถี่ในการได้รับและปริมาณของอาหารและสารอาหารอีกด้วย เช่น การบริโภคไขมันและพลังงานของประชากรมีแนวโน้มลดลง แต่อัตราของโรคอ้วนยังคงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจเนื่องมาจากการใช้พลังงานลดลง

สำหรับประเทศญี่ปุ่นมีการสำรวจภาวการณ์บริโภคอาหารแห่งชาติ โดยสุ่มจากครัวเรือนประมาณ 7,000 ครัวเรือน ทุกๆปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2489 ซึ่งข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศญี่ปุ่นนี้สามารถใช้ในการเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภคได้เป็นอย่างดี จากข้อมูลการเฝ้าระวังนี้ พบการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญคือ การดื่มนม การกินเนื้อสัตว์และไข่มากขึ้น ในขณะที่การบริโภคข้าวลดลง ซึ่งคล้ายๆ กับประเทศเกาหลีที่มีการสำรวจภาวะอาหารและโภชนาการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2512 (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)

2.4.2 การใช้ข้อมูลการบริโภคอาหาร

ข้อมูลการบริโภคอาหารสามารถนำไปใช้ประโยชน์ โดยมี วัตถุประสงค์หลัก คือ ด้านโภชนาการและด้านการประเมินความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยอาหาร หรือเรียกว่าการประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure assessment)

2.4.2.1 ด้านโภชนาการ

เป็นการนำข้อมูล ชนิด และปริมาณอาหารที่ผู้บริโภคแต่ละกลุ่มอายุ และเพศบริโภคไปใช้ในการคำนวณพลังงานและสารอาหารที่ผู้บริโภคได้รับต่อวัน ซึ่งโดยปกติมักจะใช้ปริมาณการบริโภคอาหารที่เป็นค่าเฉลี่ยสำหรับประชากรทั้งหมด (per capita) โดยการรายงานข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบและรายละเอียดที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ทางด้านโภชนาการ และผู้ที่จะใช้ข้อมูล ควรศึกษาเพิ่มเติมจากรายงานการสำรวจภาวะอาหารและโภชนาการของประเทศไทยของกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)

2.4.2.2 ด้านการประเมินความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยอาหาร

การนำข้อมูลการบริโภคอาหารไปใช้ในการประเมินความเสี่ยงมีขั้นตอนที่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลการบริโภคอาหาร ได้แก่ การประเมินการได้รับสัมผัส โดยใช้สมการพื้นฐาน (FAO/WHO, 1997) คือ

$$\text{การได้รับสัมผัสทางการบริโภค (Dietary exposure)} = \frac{\text{ระดับการปนเปื้อนสิ่งอันตราย} \times \text{ปริมาณการบริโภค}}{\text{น้ำหนักตัวผู้บริโภค}}$$

สมการการได้รับสัมผัส ซึ่งเป็นสมการพื้นฐานนี้สามารถใช้คำนวณสารเคมีได้ ทุกชนิด รวมถึงสารเคมีใหม่ๆ ไม่จำกัดว่าเป็นสารเคมีสังเคราะห์ แต่สารจากธรรมชาติก็สามารถวิเคราะห์ได้ สารเคมีต่างๆ ได้แก่ สารพิษตกค้าง (pesticide residue) สารปนเปื้อน ยาสัตว์ สารเติมแต่งอาหาร หรือจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (pathogen) เป็น ซึ่งวิธีประเมินและข้อมูลที่ใช้ประเมินจะแตกต่างกันในรายละเอียดขึ้นอยู่กับชนิดสิ่งอันตราย วัตถุประสงค์ และรูปแบบในการประเมิน

การประเมินการได้รับสัมผัสจากสิ่งอันตรายที่สำคัญคือ การประเมินสำหรับอันตราย 2 ประเภท คือ อันตรายทางเคมี (chemical hazard) และอันตรายทางจุลินทรีย์ (microbiological hazard) ในขณะเดียวกัน อาจจำแนกการประเมินเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการเกิดอันตราย คือ การประเมินการได้รับสัมผัสจากอันตรายแบบระยะยาวหรือเรื้อรัง (long term/ chronic dietary exposure assessment) และการประเมินการได้รับสัมผัสจากอันตรายแบบเฉียบพลัน (acute dietary exposure assessment) (FAO/WHO, 1997) ทั้งนี้การนำข้อมูลการบริโภคอาหารไปใช้จะขึ้นอยู่กับลักษณะการเกิดอันตราย และชนิดของอันตรายดังข้างต้น การประเมินการได้รับสัมผัสแบ่งเป็น 2 แบบ คือ การประเมินอันตรายแบบระยะยาว/เรื้อรัง และอันตรายแบบเฉียบพลัน

1) การประเมินการได้รับสัมผัสจากอันตรายแบบระยะยาว/ เรื้อรัง (long term/ chronic dietary exposure assessment)

อันตรายแบบระยะยาว มักเกิดจากการบริโภคสารเคมีที่ทำให้เกิดอันตรายในปริมาณน้อยติดต่อกันเป็นเวลานาน เช่น สารพิษตกค้าง สารปนเปื้อนประเภทโลหะหนัก ไดออกซิน วัตถุเจือปนอาหาร และยาสัตว์ตกค้าง เป็นต้น (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)

ตามปกติข้อมูลการบริโภคอาหารที่ใช้ผู้ประเมิน จะเป็นข้อมูลของค่าเฉลี่ยของปริมาณอาหารที่บริโภคสำหรับประชากรทั้งหมด โดยอาจประเมินสำหรับประชากรอายุ 3 ปีขึ้นไป หรือประเมินแยกแต่ละช่วงอายุ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการประเมิน โดยทั่วไปจะใช้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของผู้บริโภค ซึ่งผลการประเมินการได้รับสัมผัสแบบระยะยาวจะเป็นผลรวมของปริมาณการได้รับสัมผัสจากอาหารแต่ละชนิดที่เกี่ยวข้อง โดยปกติ มักใช้ค่าเฉลี่ยของระดับปริมาณสารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหารแต่ละชนิด

และค่าฉลี่ยน้ำหนักตัวผู้บริโภค ยกเว้น กรณีที่ต้องการประเมินการได้รับสัมผัสในกลุ่มผู้บริโภคที่อาจได้รับสารเคมีในระดับสูงกว่าระดับเฉลี่ยเป็นประจำ โดยมีปัจจัยอื่นๆ เช่น ผู้บริโภคเฉพาะบางกลุ่ม ผู้มีความเสี่ยงสูงเฉพาะ พื้นที่ และอาชีพ เป็นต้น ทำให้อาจต้องใช้ระดับสารเคมีที่เปอร์เซ็นต์ไทล์สูง เช่น 95, 97.5 ได้ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)

ข้อมูลปริมาณการบริโภคอาหารที่ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์สูง (97.5^{th} percentile) สำหรับประชากรทั้งหมด จะใช้ประเมิน เมื่อต้องการประเมินระดับการได้รับสัมผัสของผู้บริโภคที่บริโภคอาหารบางประเภทในระดับสูงกว่าผู้บริโภคทั่วไป ทั้งนี้ต้องมีความชัดเจนทั้งในชนิดอันตรายและกลุ่มอาหารที่ต้องการพิจารณาด้วยการใช้ค่าการบริโภคที่ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ เช่น กรณีของการประเมินการได้รับอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์ อาจใช้ค่าการบริโภคอาหารประเภทถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์ที่เปอร์เซ็นต์ไทล์สูง และใช้ค่าการบริโภคอาหารอื่นที่ระดับเฉลี่ย ทั้งนี้ต้องระวังการใช้ข้อมูลการบริโภคที่ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์สำหรับอาหารหลายๆชนิดพร้อมกัน เพราะอาจจะทำให้เกิดผลการประเมินที่สูงกว่าความเป็นจริง อีกทั้งตามความเป็นจริง บุคคลหนึ่งจะบริโภคอาหารบางชนิดในปริมาณสูง และบริโภคอาหารชนิดอื่นในปริมาณปกติ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)

รูปแบบการประเมินการได้รับสัมผัสสำหรับผู้บริโภคที่บริโภคอาหารในระดับปริมาณสูง ที่แต่ละประเทศนำมาใช้อาจแตกต่างกัน เช่น ประเทศสหราชอาณาจักรได้กำหนดรูปแบบการคำนวณค่าการได้รับสารพิษตกค้างของผู้บริโภค จากการคำนวณโดยใช้ปริมาณการบริโภคอาหารที่ระดับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ สำหรับอาหาร 2 ชนิดที่บริโภคสูงสุด ส่วนอาหารอื่นๆคำนวณมาจากปริมาณการบริโภคที่ระดับเฉลี่ย (pesticide safety directorate) โดยพื้นฐานมาจากผลการสำรวจลักษณะการบริโภคอาหารของประชากรที่แสดงว่า ประชากรส่วนใหญ่ที่บริโภคอาหารสูงกว่าระดับเฉลี่ย จะบริโภคอาหาร 2 ชนิดแรก ในระดับสูง และบริโภคอาหารชนิดอื่นที่เหลือในระดับปกติ แต่สำหรับประชากรไทย ข้อมูลการสำรวจแสดงถึงลักษณะการบริโภคอาหารของคนไทยค่อนข้างหลากหลาย และมีจำนวนชนิดอาหารที่บริโภคมากกว่าประเทศสหราชอาณาจักร จึงไม่สามารถใช้รูปแบบเดียวกันในการคำนวณได้ ซึ่งการจะเลือกใช้รูปแบบที่เหมาะสมจำเป็นต้องศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมต่อไป (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)

อย่างไรก็ตาม จากเอกสารการศึกษาวิจัยในประเทศ ได้เสนอรูปแบบการประเมินสำหรับผู้บริโภคที่บริโภคอาหารในระดับปริมาณสูง โดยตั้งสมมติฐานว่า ผู้บริโภคคนไทยที่บริโภคอาหารในระดับปริมาณสูงกว่าระดับเฉลี่ยจะบริโภคอาหาร 1 ชนิด ในอาหารกลุ่มเดียวกันในปริมาณสูง และบริโภคอาหารชนิดอื่นในกลุ่มนั้นในระดับปริมาณเฉลี่ย เช่น ในกลุ่มแป้ง ข้าว และผลิตภัณฑ์ ซึ่งหากบริโภคข้าวในระดับสูง ไม่น่าจะไม่บริโภคก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน หรือขนมปังในระดับสูงด้วย หรือกลุ่มผัก หากบริโภคผักตระกูลกะหล่ำในปริมาณสูง ก็ไม่น่าจะบริโภคผักอื่นๆในปริมาณสูงด้วย ดังนั้น การเลือกชนิดอาหารในแต่ละกลุ่มที่จะใช้ค่าการบริโภคที่ระดับสูง (ระดับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์) ใช้ชนิดอาหารที่จะทำให้ผลการคำนวณค่าการได้รับสารพิษ (intake) สูงสุด (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2545)

2) การประเมินการได้รับสัมผัสจากอันตรายแบบเฉียบพลัน (acute dietary exposure assessment)

อันตรายแบบเฉียบพลันที่อาจเกิดจากสารเคมีบางชนิดปนเปื้อนในอาหารในปริมาณสูงถึงระดับหนึ่ง และก่อให้เกิดอันตรายแบบเฉียบพลัน จากการบริโภคอาหารนั้นเพียง 1 ครั้ง 1 มื้อ

หรือใน 1 วัน เช่น สารพิษตกค้างจากสารป้องกันกำจัดแมลง กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต หรือคาร์บาเมท หลายชนิด ยาสัตว์บางชนิด เช่น สารเร่งเนื้อแดง (กลุ่ม β-agonists) ยากล่อมประสาท (tranquillizers) สารพิษจากเชื้อรา เช่น อะฟลาทอกซิน สารเหล่านี้จึงต้องประเมินการได้รับสัมผัสทั้งแบบระยะยาวและแบบเฉียบพลัน นอกจากนี้อันตรายแบบเฉียบพลันยังเกิดได้จากจุลินทรีย์ก่อโรค อย่างไรก็ตาม รูปแบบและวิธีการประเมินความเสี่ยงจากจุลินทรีย์จะแตกต่างจากทางเคมีอยู่มาก (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)

คณะผู้เชี่ยวชาญด้านสารพิษตกค้าง (Joint FAO/ WHO Meeting on Pesticide Residues, JMPR) ได้กำหนดวิธีการประเมินการได้รับสัมผัสแบบเฉียบพลันที่เกิดจากสารพิษตกค้าง (FAO/WHO, 2002) และให้นำวิธีนี้นำไปใช้ในการประเมินความเสี่ยงของ Codex ซึ่งภายใต้วิธีการประเมินนี้ได้กำหนดการใช้ข้อมูลปริมาณการบริโภคอาหารในหนึ่งวันเฉพาะผู้บริโภคอาหารนั้น (eater only) โดยกำหนดให้ใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ 97.5 เฉพาะผู้ที่บริโภคอาหารนั้น และเรียกข้อมูลการบริโภคอาหารนั้นว่า large portion consumption ในปัจจุบัน WHO ได้จัดทำฐานข้อมูล large portion consumption ที่รวบรวมจากประเทศต่างๆรวม 7 ประเทศ ได้แก่ ออสเตรเลีย ฝรั่งเศส เนเธอร์แลนด์ สหราชอาณาจักร สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และแอฟริกาใต้ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)

ข้อมูลการบริโภคอาหารที่เป็น large portion consumption เป็นปริมาณอาหารที่บริโภคต่อคนต่อวันรายงานแยกตามกลุ่มอายุ เพศ และรวมสำหรับประชากร 3 ปีขึ้นไป โดยการนำข้อมูลไปใช้ต้องประกอบกับข้อมูลน้ำหนักตัวเฉลี่ย ซึ่งสามารถใช้ได้กับรูปแบบการประเมินความเสี่ยงหลายรูปแบบ อย่างไรก็ตามในบางกรณี ผู้ประเมินความเสี่ยงอาจเห็นว่าการใช้ข้อมูลลักษณะนี้ อาจทำให้เกิดการประเมินปริมาณที่สูงกว่าความเป็นจริง เนื่องจากข้อมูลน้ำหนักตัวที่ใช้เป็นน้ำหนักตัวเฉลี่ย และไม่ได้สัมพันธ์กันโดยตรงกับข้อมูลผู้บริโภคแต่ละคน (individual) ซึ่งถูกนำมาคิดที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 97.5 ดังนั้นจึงอาจเลือกใช้ข้อมูลซึ่งเป็นปริมาณการบริโภคอาหารที่รายงานเป็นกรัมอาหารต่อน้ำหนักตัวผู้บริโภค 1 กิโลกรัมต่อวันแล้วคำนวณเป็นรายบุคคล และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 97.5 ทั้งนี้ฐานข้อมูล LP ที่ WHO รวบรวมไว้ จะรายงานข้อมูลในรูปของกรัมอาหารต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน โดยแบ่งเป็นกลุ่มประชากรทั่วประเทศ (general population) และเด็กอายุไม่เกิน 6 ปี ดังนั้น ข้อมูลจะรายงานในรูปแบบเดียวกับฐานข้อมูลของ WHO เพื่อให้ข้อมูลสามารถนำไปใช้เปรียบเทียบกับประเทศอื่นได้ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)

การประเมินการได้รับสัมผัสแบบเฉียบพลัน ปกติจะพิจารณาอาหารแต่ละชนิดแยกต่างหากจากกัน โดยไม่คำนวนร่วมกับปริมาณการได้รับสัมผัสของอาหารชนิดอื่นๆ ยกเว้นในกรณี ที่อาจพิจารณาอาหารประเภทเดียวกันหรือ เป็นอาหารที่มักบริโภคพร้อมกันไปด้วยในคราวเดียว ทั้งนี้ขึ้นกับกรณี (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)

หรือใน 1 วัน เช่น สารพิษตกค้างจากสารป้องกันกำจัดแมลง กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต หรือคาร์บาเมท หลายชนิด ยาสัตว์บางชนิด เช่น สารเร่งเนื้อแดง (กลุ่ม β-agonists) ยากล่อมประสาท (tranquillizers) สารพิษจากเชื้อรา เช่น อะฟลาทอกซิน สารเหล่านี้จึงต้องประเมินการได้รับสัมผัสทั้งแบบระยะยาวและแบบเฉียบพลัน นอกจากนี้อันตรายแบบเฉียบพลันยังเกิดได้จากจุลินทรีย์ก่อโรค อย่างไรก็ตาม รูปแบบและวิธีการประเมินความเสี่ยงจากจุลินทรีย์จะแตกต่างจากทางเคมีอยู่มาก (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)

คณะผู้เชี่ยวชาญด้านสารพิษตกค้าง (Joint FAO/ WHO Meeting on Pesticide Residues, JMPR) ได้กำหนดวิธีการประเมินการได้รับสัมผัสแบบเฉียบพลันที่เกิดจากสารพิษตกค้าง (FAO/WHO, 2002) และให้นำวิธีนี้นำไปใช้ในการประเมินความเสี่ยงของ Codex ซึ่งภายใต้วิธีการประเมินนี้ได้กำหนดการใช้ข้อมูลปริมาณการบริโภคอาหารในหนึ่งวันเฉพาะผู้บริโภคอาหารนั้น (eater only) โดยกำหนดให้ใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ 97.5 เฉพาะผู้ที่บริโภคอาหารนั้น และเรียกข้อมูลการบริโภคอาหารนั้นว่า large portion consumption ในปัจจุบัน WHO ได้จัดทำฐานข้อมูล large portion consumption ที่รวบรวมจากประเทศต่างๆรวม 7 ประเทศ ได้แก่ ออสเตรเลีย ฝรั่งเศส เนเธอร์แลนด์ สหราชอาณาจักร สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และแอฟริกาใต้ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)

ข้อมูลการบริโภคอาหารที่เป็น large portion consumption เป็นปริมาณอาหารที่บริโภคต่อคนต่อวันรายงานแยกตามกลุ่มอายุ เพศ และรวมสำหรับประชากร 3 ปีขึ้นไป โดยการนำข้อมูลไปใช้ต้องประกอบกับข้อมูลน้ำหนักตัวเฉลี่ย ซึ่งสามารถใช้ได้กับรูปแบบการประเมินความเสี่ยงหลายรูปแบบ อย่างไรก็ตามในบางกรณี ผู้ประเมินความเสี่ยงอาจเห็นว่าการใช้ข้อมูลลักษณะนี้ อาจทำให้เกิดการประเมินปริมาณที่สูงกว่าความเป็นจริง เนื่องจากข้อมูลน้ำหนักตัวที่ใช้เป็นน้ำหนักตัวเฉลี่ย และไม่ได้สัมพันธ์กันโดยตรงกับข้อมูลผู้บริโภคแต่ละคน (individual) ซึ่งถูกนำมาคิดที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 97.5 ดังนั้นจึงอาจเลือกใช้ข้อมูลซึ่งเป็นปริมาณการบริโภคอาหารที่รายงานเป็นกรัมอาหารต่อน้ำหนักตัวผู้บริโภค 1 กิโลกรัมต่อวันแล้วคำนวณเป็นรายบุคคล และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 97.5 ทั้งนี้ฐานข้อมูล LP ที่ WHO รวบรวมไว้ จะรายงานข้อมูลในรูปของกรัมอาหารต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน โดยแบ่งเป็นกลุ่มประชากรทั่วประเทศ (general population) และเด็กอายุไม่เกิน 6 ปี ดังนั้น ข้อมูลจะรายงานในรูปแบบเดียวกับฐานข้อมูลของ WHO เพื่อให้ข้อมูลสามารถนำไปใช้เปรียบเทียบกับประเทศอื่นได้ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)

การประเมินการได้รับสัมผัสแบบเฉียบพลัน ปกติจะพิจารณาอาหารแต่ละชนิดแยกต่างหากจากกัน โดยไม่คำนวนร่วมกับปริมาณการได้รับสัมผัสของอาหารชนิดอื่นๆ ยกเว้นในกรณี ที่อาจพิจารณาอาหารประเภทเดียวกันหรือ เป็นอาหารที่มักบริโภคพร้อมกันไปด้วยในคราวเดียว ทั้งนี้ขึ้นกับกรณี (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549)