ว กรมวิทย พ 2549; 48 (1) : 46-58

ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผักและผลไม้ ระหว่าง พ.ศ. 2542 - 2546

ยุพเรศ เอื้อตรงจิตต์ กิตติมา โสนะมิตร์ และวันทนีย์ ขำเลิศ

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

บทคัดย่อ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และกลุ่มสารประกอบซัลไฟต์ถูกนำมาใช้ในกรรมวิธีการผลิต เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในอาหารระหว่างการแปรรูป โดยเฉพาะผักและผลไม้ เมื่อถูกหั่น ปอกเปลือก หรือผ่านการให้ความร้อนที่มีการเติมน้ำตาลและยังช่วยถนอมอาหารอีกด้วย คณะผู้เชี่ยวชาญด้านวัตถุเจือปนอาหาร Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) ได้กำหนดค่า Acceptable Daily Intake (ADI) ในรูปของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คือ ถ้าน้ำหนักร่างกาย 1 กิโลกรัม บริโภคอาหารที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิน 0.7 มิลลิกรัมต่อวัน อาจทำให้เกิดอันตรายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อผู้ที่แพ้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และสารซัลไฟต์ ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสำรวจปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผักผลไม้ทั้งชนิดสดและแปรรูป จำนวน 366 ตัวอย่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2542 - 2546 จากหน่วยงานราชการและเอกชนผู้ผลิต จากการศึกษาตรวจวิเคราะห์โดยวิธี Modified Rankine's method และ Colorimetric method พบว่าอาหารจำพวกผัก ผลไม้ทั้งชนิดสดและแปรรูปมีการใช้ซัลไฟต์คิดเป็นจำนวนร้อยละ 73.8 ของตัวอย่างทั้งหมด โดยพบปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตั้งแต่น้อยกว่า 5 จนถึง 8006 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตัวอย่างที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงเกิน 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ถ้านำมาคำนวณตามค่า ADI จะได้ว่า ผู้บริโภคที่มีน้ำหนักน้อยกว่าหรือเท่ากับ 60 กิโลกรัม จะได้รับสารนี้เกินค่าความปลอดภัย ก็ต่อเมื่อรับประทานอาหารดังกล่าวข้างต้นนี้เกิน 100 กรัม ผัก ผลไม้ที่พบว่ามีซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกินทั้งหมดเป็นชนิดที่แปรรูปแล้ว ได้แก่ ผักดองเค็ม/เปรี้ยวร้อยละ 53.3 ผลไม้กวนร้อยละ 46.9 ผักอบแห้งร้อยละ 11.1 และผลไม้อบแห้งหรือดองหวานร้อยละ 2.2

บทนำ

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นก๊าซไม่มีสีและมีกลิ่นฉุน เตรียมได้จากการเผาซัลเฟอร์ (S) หรืออบโลหะซัลไฟต์ในอากาศหรือสภาวะออกซิเจนหรือจากปฏิกิริยาของโลหะ เช่น ทองแดงต้มกับกรดซัลฟูริคเข้มข้น หรือจากปฏิกิริยาระหว่างสารซัลไฟต์และกรดซัลฟูริกเข้มข้น[1] เมื่อซัลเฟอร์ไดออกไซด์ละลายน้ำจะได้กรดซัลฟูรัส (H_2SO_3)[2] สารซัลไฟต์ เป็นสารประกอบเกลือของกรดซัลฟูรัส ได้แก่ โซเดียมหรือโพแทสเซียมไบซัลไฟต์($NaHSO_3$ or $KHSO_3$) โซเดียมหรือโพแทสเซียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3 or K_2SO_3) โซเดียมหรือโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$ or $K_2S_2O_5$) และโซเดียมหรือโพแทสเซียมไธโอซัลเฟต($Na_2S_2O_3$ or $K_2S_2O_3$)[3] สารซัลไฟต์เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้ซัลไฟต์อิสระในรูปกรดซัลฟูรัส ไบซัลไฟต์อิออน (HSO_3^-) และซัลไฟต์อิออน (SO_3^-) ทั้งนี้ขึ้นกับค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายนั้น และเมื่อถูกความร้อนจะได้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซัลไฟต์อิสระสามารถยับยั้งแบคทีเรีย ยีสต์ และราได้ นอกจากนี้กรดซัลฟูรัสที่ไม่แตกตัว จะมีฤทธิ์เป็นตัวยับยั้งจุลินทรีย์มากกว่าซัลไฟต์หรือซัลไฟต์อิสระ 100 - 1000 เท่า[2] ซัลไฟต์อิสระเป็นสารที่มีความไวในการทำปฏิกิริยากับสารอื่นในอาหาร เช่น โปรตีน น้ำตาล อัลดีไฮด์ คีโตน และวิตามินบี 1 เกิดเป็น combined sulfite

Accepted for publication, 10 October 2005

ซึ่งทำให้ซัลไฟต์นี้สลายตัวยาก และมีผลยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลทั้งที่ใช้เอนไซม์และไม่ใช้เอนไซม์ในผัก ผลไม้ และผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ถูกหั่นหรือปอกเปลือกแล้ว[4, 5]

การยับยั้งและป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้เอนไซม์ ทำได้โดยซัลไฟต์ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ไม่ให้เปลี่ยน Monophenol เป็น o-Dihydroxy phenol และ o-Quinone ซึ่งถ้า o-Quinone ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนโปรตีน สารประกอบฟีโนลิคหรือสารควิโนนแล้วจะเกิดสารสีน้ำตาล (complex brown polymers) ส่วนการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ โดยสารซัลไฟต์จะทำปฏิกิริยากับสารตัวกลางที่มีกลุ่มคาร์บอนิล (carbonyl intermediate) เช่น น้ำตาล ทำให้สารที่มีกลุ่มคาร์บอนิลไม่สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบอะมิโน ซึ่งถ้าสารทั้งสองนี้ทำปฏิกิริยากันจะเกิดสารสีน้ำตาลที่เรียกว่า Melanoidins ในปฏิกิริยา Maillard สารซัลไฟต์ยังช่วยยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่น (antioxidant) ของวิตามินซี ซึ่งถ้าวิตามินซีถูกออกซิไดซ์แล้วจะได้สารสีน้ำตาลเช่นเดียวกัน[4, 5] ดังนั้น ปฏิกิริยาการยับยั้งดังกล่าวจึงทำให้สีของอาหารไม่ดำคล้ำหรือซีด ช่วยรักษาสีสันให้ดูน่ารับประทานหรือฟอกให้ขาว จึงมักเรียกว่าสารฟอกขาว และมีการใช้สารซัลไฟต์กันอย่างแพร่หลาย แต่อย่างไรก็ตามถ้าได้รับสารนี้เข้าสู่ร่างกายมากเกินค่าความปลอดภัย หรือค่า ADI ซึ่งกำหนดโดย JECFA เมื่อครั้งจัดประชุมครั้งที่ 51 ปี ค.ศ. 1999 มีมติให้ยังคงใช้ค่า ADI เดิมคือ 0 - 0.7 มิลลิกรัมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ต่อน้ำหนักร่างกาย 1 กิโลกรัมของผู้บริโภคต่อวัน สารซัลไฟต์ที่ JECFA พิจารณาความปลอดภัยได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โซเดียมหรือแคลเซียมไบซัลไฟต์ ($NaHSO_3$, $Ca(HSO_3)_2$) และสารอื่นดังกล่าวข้างต้นนี้

สารซัลไฟต์อาจทำให้เกิดพิษต่อร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งจะเกิดพิษเฉียบพลันและรุนแรงในผู้ป่วยโรคหอบหืดหรือผู้ที่แพ้สารนี้ แม้ได้สารซัลไฟต์ปริมาณน้อยจะมีอาการหายใจขัด คลื่นไส้อาเจียน เวียนศีรษะ ปวดศีรษะ อุจจาระร่วง เป็นลมพิษ ความดันโลหิตต่ำ หอบหืด อาจช็อก หมดสติ และเสียชีวิตได้[6]

สารซัลไฟต์เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกเอนไซม์ซัลไฟต์ออกซิเดสซึ่งมีในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและสัตว์ปีก[7] ออกซิไดซ์แล้วได้ซัลเฟตและถูกขับถ่ายออกทางปัสสาวะ[2] แต่ถ้ามีมากเกินจะไม่สามารถขับออกหมด ก่อเกิดพิษได้ จากรายงานมีผู้แพ้สารนี้ในสหรัฐอเมริกา รายงานว่าผู้ใหญ่ที่เป็นโรคหอบหืดจะมีอัตราการแพ้สารซัลไฟต์ร้อยละ 4 ในขณะที่เด็กซึ่งเป็นโรคหอบหืดจะมีอัตราการแพ้สารซัลไฟต์ร้อยละ 20 - 30[8] ดังนั้น องค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (USFDA) จึงประกาศห้ามใช้ซัลไฟต์ในผักผลไม้สด (ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1986 จนถึงปัจจุบัน) และอาหารใดๆ ที่ต้องผ่านกระบวนการผลิตและใช้สารซัลไฟต์ตั้งแต่ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ต้องแสดงฉลาก[9, 10] นอกจากนี้ ยังห้ามใช้ในอาหารที่เป็นแหล่งของวิตามินบี1 ด้วย[10, 11] ส่วนในประเทศไทยได้กำหนดการใช้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และกลุ่มสารประกอบซัลไฟต์ไว้ในตารางการใช้วัตถุเจือปนอาหาร ท้ายประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่องข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 281 (พ.ศ. 2547) เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร มีการห้ามใช้สารซัลไฟต์ในผัก ผลไม้สด ส่วนผลิตภัณฑ์ เช่นแอปริคอตแห้ง และลูกเกด กำหนดปริมาณการใช้สูงสุดของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่เกิน 2,000 (เพื่อกันเสีย) และ 1,500 (เพื่อการผลิต) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ[12] ถึงแม้จะมีข้อห้ามใช้สารนี้ในผักผลไม้สด

แล้ว แต่การกำหนดปริมาณการใช้ไม่ครอบคลุมผัก ผลไม้แปรรูปอื่น เป็นการกำหนดอย่างกว้างๆ ถึงการใช้สารวัตถุเจือปนอาหารในประกาศฯ โดยให้พิจารณาตามมาตรฐานของโคเด็กซ์ (Codex General Standard for Food Additive) หรือตามประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา[13] นอกจากนี้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.919-2532) อนุญาตให้ใช้ซัลไฟต์เป็นวัตถุกันเสียในผลไม้แห้งชนิดต่างๆ ได้แก่ ผลไม้แห้งชนิดไม่ปรุงแต่งรสหวานและชนิดปรุงแต่งรสหวาน กำหนดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (วัตถุกันเสีย) ไม่เกิน 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[14] ซึ่งการตรวจวิเคราะห์สารซัลไฟต์ในอาหารจะถูกตรวจวิเคราะห์ในรูปซัลเฟอร์ไดออกไซด์

จากการศึกษางานวิจัยอื่นที่เผยแพร่มาแล้วในวารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้แก่ เมื่อ พ.ศ. 2531[15] รายงานผลการสำรวจซัลเฟอร์ไดออกไซด์ดังนี้ ถั่วงอกสด 10 ตัวอย่าง พบ 1 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 10 ของตัวอย่างนี้ พบปริมาณ 4.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ขิงหั่นฝอย 14 ตัวอย่าง พบ 5 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 35.7 ของตัวอย่างนี้ พบปริมาณ 5.8 - 180.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ค่ามัธยฐาน 85.1) หน่อไม้ดองจำนวน 14 ตัวอย่าง พบ 13 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 92.9 ของตัวอย่างนี้ พบปริมาณ 2.8 - 288.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ค่ามัธยฐาน 80.4) ผักกาดดองจำนวน 7 ตัวอย่าง พบ 5 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 71.4 ของตัวอย่างนี้ พบปริมาณ 35.6 - 394.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ค่ามัธยฐาน 156.4) สับปะรดอบแห้งจำนวน 12 ตัวอย่าง พบ 10 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 83 ของตัวอย่างนี้ พบปริมาณ 12.3 - 1229.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ค่ามัธยฐาน 267.0) และมะละกออบแห้ง 11 ตัวอย่าง พบทั้งหมด ร้อยละ 100 ของตัวอย่างนี้ พบปริมาณ 2.7 - 227.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ค่ามัธยฐาน 155.0) และเมื่อ พ.ศ. 2536[16] สำรวจขิงซอย 25 ตัวอย่าง พบ 18 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 72 ของตัวอย่างนี้ พบปริมาณ 2.4 - 382.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ค่ามัธยฐาน 245.8) ถั่วงอกสด 24 ตัวอย่าง พบ 18 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 75 ของตัวอย่างนี้ พบปริมาณ 1.3 - 146.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ค่ามัธยฐาน 3.7)

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 เป็นต้นมามีการตรวจวิเคราะห์ซัลไฟต์ในอาหารซึ่งตรวจได้ในรูปซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ยังตรวจพบว่ามีการใช้สารนี้ปริมาณสูงจนถึงปัจจุบัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้สำรวจข้อมูลซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลือตกค้างในอาหารโดยเฉพาะผัก ผลไม้ทั้งสดและแปรรูปซึ่งบริโภคได้ทั้งสดและผ่านการปรุงแล้ว เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคใช้พิจารณาเลือกบริโภค หลีกเลี่ยงและป้องกันการได้รับสารซัลไฟต์เข้าสู่ร่างกายมากเกินค่าความปลอดภัยและเป็นข้อมูลให้ผู้คุ้มครองผู้บริโภคใช้ในการควบคุมหรือกำหนดเกณฑ์การใช้ต่อไป

วัสดุและวิธีการ

สารมาตรฐานและสารเคมี

สารมาตรฐาน : โซเดียมไบซัลไฟต์ ($NaHSO_3$) ของบริษัท BAKER ANALYZER ที่มีปริมาณเทียบเท่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์คิดเป็นร้อยละ 64 - 67.4 โดยน้ำหนัก

สารเคมี (AR grade) : Dimedone (5, 5 dimethyl 1-3, cyclohexanedione), Ethanol, p-Rosaniline hydrochloride, Sodium hydroxide (NaOH), Hydrochloric acid (HCl), Formaldehyde (HCHO), Sodium azide (NaN_3), o-Phosphoric acid (H_3PO_4), Hydrogen peroxide, Sucrose และน้ำกลั่นที่ปราศจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การเตรียมสารละลายมาตรฐานและสารเคมี

สารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร : ชั่งโซเดียมไบซัลไฟต์ 170 มิลลิกรัม (น้ำหนักแน่นอน) ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ละลายและปรับปริมาตรด้วย 0.1 นอร์มัลโซเดียมไฮดรอกไซด์ เก็บในขวดพลาสติก วางในที่มืดและเย็น (อุณหภูมิต่ำกว่า 8 องศาเซลเซียส) และควร standardize ก่อนใช้ทุกครั้ง

สารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (เตรียมใหม่เมื่อจะใช้) : เจือจางสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร 10 เท่าด้วย 0.1 นอร์มัลโซเดียมไฮดรอกไซด์

สารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้มข้น 4 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (เตรียมใหม่เมื่อจะใช้) : เจือจางสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 25 เท่าด้วย 0.1 นอร์มัลโซเดียมไฮดรอกไซด์

Dimedone ethanol solution, 5% w/v: ละลาย 5 กรัม ของ Dimedone ด้วย 95% alcohol ใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วย 95% alcohol

Phosphoric acid, 25% w/v: เจือจาง 29.4 มิลลิลิตรของ 85% o-Phosphoric acid (H_3PO_4) ใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

p-Rosaniline solution, 0.04% w/v : ละลาย 40 มิลลิกรัมของ p-Rosaniline hydrochloride ด้วย 20 มิลลิลิตร ของกรดไฮโดรคลอริกใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Formaldehyde solution, 0.2% w/v: เจือจาง 3 กรัม ของ 40% Formaldehyde ใน volumetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Sodium azide, 1% w/v: ละลาย 1 กรัม ของ Sodium azide ใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Sodium hydroxide; NaOH, 0.1 N: เจือจาง 1 N NaOH 10 เท่า ด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

p-Rosaniline-formaldehyde reagent (freshly prepared): ผสม 0.04% w/v ของ p-Rosaniline solution และ 0.2% w/v ของ formaldehyde solution ในอัตราส่วน 1 : 1

Hydrogen peroxide solution; H_2O_2, 0.3% w/v (freshly prepared): เจือจาง 30% w/v ของ H_2O_2 100 เท่า ด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เครื่องมือและอุปกรณ์

Modified Rankine's apparatus ชนิดระบบปิด (ประกอบด้วย ขวดก้นกลมคอยาว ขนาด 100 มิลลิลิตร หรือ 50 มิลลิลิตร reflux condenser, distilled outlet, ขวดรูป pear ชนิด 2 คอ ขนาด 50 มิลลิลิตร ท่อต่อ 3 ทาง ที่ต่อกับท่อนำก๊าซไนโตรเจน กระบอกแก้วบรรจุกรดฟอสฟอริกซึ่งต่อเข้ากับชุดกลั่น และท่อนำก๊าซที่กลั่นได้ เครื่องวัดการไหลของไนโตรเจนขนาด 0.2 - 2 ลิตร/นาที และตะเกียงก๊าซเชื้อเพลิง) เครื่องชั่งละเอียด 0.0001 กรัม (Sartorious) นาฬิกาจับเวลา เครื่องสเปคโตร-โฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer; Shimudzu UV 1601) เครื่อง cooling circulator และเครื่องแก้วอื่นที่จำเป็น

ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ตรวจวิเคราะห์ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผัก ผลไม้ ทั้งสดและแปรรูป จำนวน 366 ตัวอย่าง แบ่งได้ 7 ประเภท ได้แก่ ผลไม้สด (เชอรี่ ชมพู่ มะม่วง ลิ้นจี่ ลำไย สตรอเบอรี่ และองุ่น) ผลไม้ดองเค็ม/เปรี้ยว (กระท้อน และมะม่วง) ผลไม้อบแห้ง/ดองหวาน (กระท้อน กีวี กล้วย ขนุน แคนตาลูป ฝรั่ง พุทราจีน มะกอก มะพร้าว มะเฟือง มะละกอ ลิ้นจี่ ลูกเกด ลูกท้อ ลูกชิด ลูกพีช บ๊วย ลูกพลับ ลูกพรุน ลำไย สตรอเบอรี่ สับปะรด ส้มแห้ว อินทผลัม แอปริคอต และแอปเปิ้ล) ผลไม้กวน (เชอรี่ กล้วย ทุเรียน มะม่วง มะยม และสับปะรด) ผักสด (ขิงซอย และถั่วงอก) ผักดองเค็ม/เปรี้ยว (ขิง ผักกาด ยอดมะพร้าว หน่อไม้ เห็ดเป๋าฮื้อ และเห็ดแชมปิยอง) และผักอบแห้ง (ขิง แครอท เครื่องปรุงต้มยำ มะเขือเทศ มะนาว เยื่อไผ่ และเห็ดหูหนูขาว) ที่ได้รับในระหว่างปี พ.ศ. 2542 – 2546 จากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด 70 ตัวอย่าง สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา 66 ตัวอย่าง หน่วยราชการอื่น 121 ตัวอย่าง และผู้ประกอบการเอกชน 109 ตัวอย่าง

วิธีเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างโดยแกะเปลือกแข็งและเมล็ดออก หั่นส่วนที่เป็นเนื้อรับประทานได้เป็นชิ้นเล็กๆ หรือปั่นละเอียดขณะที่ตัวอย่างยังคงเย็นอยู่ (ทันทีที่นำออกจากตู้เย็น) เช่น ลำไยแกะเปลือกและเมล็ดออก ส่วนมากเป็นตัวอย่างอาหารที่พร้อมรับประทานได้เลย เช่น มะม่วงที่หั่นเป็นชิ้นแล้ว

วิธีวิเคราะห์

วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างใช้วิธี Modified Rankine's method และ colorimetric method[17] ดังนี้

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง:- ชั่งตัวอย่างที่เตรียมไว้ประมาณ 5 กรัม หรือชั่งตัวอย่างให้มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 0.025 – 5 มิลลิกรัม (น้ำหนักแน่นอน) เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 20 มิลลิลิตร สารละลาย dimedone 1 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมเอไซด์ 1 มิลลิลิตร แกว่งภาชนะและนำเข้าชุดกลั่นทันที ซึ่งชุดกลั่นต้องจัดเตรียมสารละลายตัวดักเก็บไอสารที่กลั่นได้จัดเตรียมไว้แล้ว ทำสารละลายตัวอย่างให้เป็นกรดด้วย 10 มิลลิลิตร ของ 25% กรดฟอสฟอริก กลั่นโดยใช้ความร้อนเปลวไฟสีฟ้าสูงประมาณ 4 เซนติเมตรจากตะเกียงบุนเซน และทดสอบแล้วว่าไม่ทำให้สารละลาย 20 มิลลิลิตร ของ 10% sucrose ไหม้ติดภาชนะ (ทดสอบในอีกภาชนะหนึ่งก่อนเริ่มวิเคราะห์ตัวอย่าง) ขณะเดียวกันต้องผ่านก๊าซไนโตรเจนอัตราการไหล 500 – 600 มิลลิลิตรต่อนาที เพื่อเป็นตัวพาก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่กลั่นได้ไปเก็บใน 20 มิลลิลิตร ของ 0.1 นอร์มัลโซเดียมไฮดรอกไซด์ กลั่นนาน 10 นาที จากนั้นนำสารละลายที่เก็บได้นี้ไปปรับปริมาตรใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ด้วย 0.1 นอร์มัลโซเดียมไฮดรอกไซด์ (เจือจางเมื่อจำเป็นด้วย 0.1 นอร์มัลโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้มีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ประมาณ 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) แล้วปิเปตสารละลายนี้ 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร ที่มีฝาจุกจำนวน 2 หลอด หลอดหนึ่งเติมน้ำที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ 0.1 มิลลิลิตร อีกหลอดเติม 0.1 มิลลิลิตรของ 0.3% ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในแต่ละหลอดเติม 1 มิลลิลิตร p-Rosaniline-formaldehyde reagent ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้นาน 20 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร

การทำกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.48, 0.80 และ 2.40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยปิเปต

สารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 4 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 3.0, 5.0 และ 15.0 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตรแต่ละใบ ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย 0.1 นอร์มัลโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปิเปตสารละลายมาตรฐานนี้แต่ละความเข้มข้นลงในหลอดแก้วที่มีขีดบอกปริมาตรและมีจุกแก้วขนาด 10 มิลลิลิตร หลอดละ 5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์หลอดละ 0.1 มิลลิลิตร เติม 1 มิลลิลิตรของสารละลาย p-Rosaniline-formaldehyde reagent ปิดจุกเขย่าตั้งไว้ 20 นาทีที่อุณหภูมิห้อง เตรียม Reagent blank ด้วยวิธีเดียวกันโดยใช้สารละลาย 0.1 นอร์มัลโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงดังกล่าวข้างต้น ใช้ Reagent blank ปรับ baseline เป็นศูนย์ และสร้างกราฟมาตรฐาน

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)} = \frac{(C_2 - C_1) \times 50 \times \text{dilution factor}}{W}$$

เมื่อ C_1 = ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ในหลอดที่เติมสารละลาย 0.3% w/v ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์

C_2 = ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ในหลอดที่เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

50 = ปริมาตรทั้งหมดของสารละลายตัวอย่างที่กลั่นได้เมื่อปรับปริมาตรแล้ว 50 มิลลิลิตร

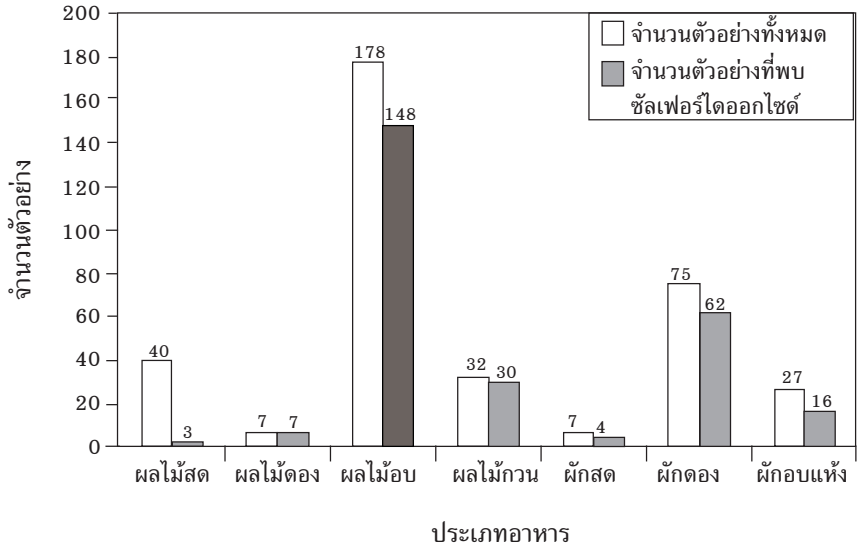
W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

วิธีวิเคราะห์นี้มีค่าปริมาณต่ำสุดที่อ่านได้ (limit of detection) 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าปริมาณต่ำสุดที่วัดได้ (limit of quantitation) 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม linearity and range 5 - 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม Recovery โดยเฉลี่ยร้อยละ 96.7 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ร้อยละ 3.2

ผล

จากการตรวจวิเคราะห์ผักผลไม้ ทั้งชนิดสดและแปรรูป 366 ตัวอย่าง 7 ประเภท ตรวจวิเคราะห์ระหว่างปี พ.ศ. 2542 - 2546 ตรวจพบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 270 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 73.8 ของตัวอย่างทั้งหมด ปริมาณที่พบคือตั้งแต่น้อยกว่า 5 จนถึง 8006 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นมากกว่า 400 มิลลิกรัม จำนวน 62 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 16.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของตัวอย่างทั้งหมด แบ่งตามประเภทตัวอย่างได้ดังนี้ ผลไม้สด ผลไม้ดองเค็ม/เปรี้ยว ผลไม้อบแห้ง/ดองหวาน ผลไม้กวน ผักสด ผักดองเค็ม/เปรี้ยว และผักอบแห้งในแต่ละประเภทมีจำนวนตัวอย่าง 40, 7, 178, 32, 7, 75 และ 27 ตามลำดับ ตรวจพบซัลเฟอร์ไดออกไซด์จำนวน 3, 7, 148, 30, 4, 62 และ 16 ตัวอย่าง ตามลำดับ (ภาพที่ 1) คิดเป็นร้อยละของตัวอย่างแต่ละประเภทเป็น 7.5, 100, 83.1, 93.8, 57.1, 82.7 และ 59.3 ตามลำดับ หรือร้อยละของตัวอย่างทั้งหมดเป็น 0.8, 1.9, 40.4, 8.2, 1.1, 16.9 และ 4.4 ตามลำดับ ตรวจพบปริมาณในช่วงน้อยกว่า 5 - 18, 5 - 168, น้อยกว่า 5 - 1030, 7 - 2335, 29 - 132, น้อยกว่า 5 - 2525 และน้อยกว่า 5 - 8006 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ แต่ละตัวอย่างมีค่ามัธยฐานเท่ากับน้อยกว่า 5, 64.6, 46.8, 379.9, 92, 561.6 และ 113.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ผลการตรวจวิเคราะห์แยกตามชนิดของตัวอย่างที่มีจำนวนมาก ระหว่างปี 2544 - 2546 แยกได้ 2 ชนิด ได้แก่ ผักกาดดองปี๊บ และสับปะรดอบแห้ง ซึ่งเป็นอาหารพื้น ๆ ที่ราคาไม่แพง หาซื้อง่าย รับประทานได้ทั้งที่ปรุงและไม่ปรุง พบว่าจากจำนวนผักกาดดองที่ได้รับปีละ 32, 8 และ 6 ตัวอย่าง ตรวจพบว่ามีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จำนวน 31, 8 และ 6 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละของจำนวนตัวอย่างในแต่ละปีเป็น 97, 100 และ 100 ตามลำดับ พบปริมาณต่ำสุด-สูงสุดเท่ากับ 60.5-1258.8, 79-1311.4 และ 127.4-1426.7 ตามลำดับ ส่วนสับปะรดอบแห้งที่ได้รับจำนวนตัวอย่างปีละ 19, 10 และ 4 ตัวอย่าง พบซัลเฟอร์ไดออกไซด์จำนวน 16, 8 และ 3 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 84, 80 และ 75 ของจำนวนตัวอย่างแต่ละปีตามลำดับพบในปริมาณต่ำสุด-สูงสุดเท่ากับน้อยกว่า 5-793.3, 27.8-253.4 และ 160.6-200.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 1 แผนภูมิการเปรียบเทียบจำนวนตัวอย่างผักและผลไม้ 7 ประเภท ที่ตรวจวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปี พ.ศ. 2542 - 2546

ตารางที่ 1 ผลการตรวจพบปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในผักและผลไม้ ระหว่างปี พ.ศ. 2542 – 2546

ประเภท/ชนิด	จำนวนตัวอย่าง		ปริมาณที่พบ (มก./กก.)		
	ทั้งหมด	พบ SO_2 (ร้อยละ)**	มากกว่า 400 จำนวน ต.ย.	มากกว่า 400 ร้อยละ***	ต่ำสุด–สูงสุด (ค่ามัธยฐาน)
ผลไม้สด : เชอรี่ ชมพู่ มะม่วง ลิ้นจี่ ลำไย สตรอเบอรี่ องุ่น	40	3 (0.8)	–	–	< 5 – 18 (< 5)
ผลไม้ดอง (เค็ม/เปรี้ยว) : กระท้อน มะม่วง	7	7 (1.9)	–	–	< 5 – 168 (64.6)
ผลไม้อบ (แห้ง/ดองหวาน) : กระท้อน กีวี กล้วย ขนุน แคนตาลูป ฝรั่ง* พุทราจีน มะกอก มะพร้าว มะเฟือง มะละกอ ลิ้นจี่ ลูกเกด* ลูกท้อ ลูกชิด ลูกพีช บ๊วย ลูกพลับ ลูกพรุน ลำไย สตรอเบอรี่ สับปะรด* ส้ม แห้ว อินทผลัม แอปริคอต แอปเปิ้ล	178	148 (40.4)	4	2.2	< 5 – 1030 (46.8)
ผลไม้กวน : เชอรี่ กล้วย ทุเรียน* มะม่วง มะยม สับปะรด	32	30 (8.2)	15	46.9	7 – 2335 (379.9)
ผักสด : ขิงซอย ถั่วงอก	7	4 (1.1)	–	–	29 – 132 (92)
ผักดอง (เค็ม/เปรี้ยว) : ขิง* ผักกาด* ยอดมะพร้าว หน่อไม้* เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดแชมปิยอง	75	62 (16.9)	40	53.3	< 5 – 2525 (561.6)
ผักอบแห้ง : ขิง แครอท เครื่องปรุงต้มยำ มะเขือเทศ มะนาว เยื่อไผ่* เห็ดหูหนูขาว*	27	16 (4.4)	3	11.1	< 5 – 8006 (113.7)
รวม	366	270 (73.8)	62	16.9	< 5 – 8006 (117.2)

* = ชนิดอาหารที่พบซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิน 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

** = ร้อยละของตัวอย่างทั้งหมด (366 ตัวอย่าง)

*** = ร้อยละของตัวอย่างแต่ละประเภท

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผักกาดดอง และสับปะรดอบแห้ง เฉพาะปี พ.ศ. 2544 – 2546

ตัวอย่าง/ปี พ.ศ.	จำนวนตัวอย่างทั้งหมด	จำนวนตัวอย่างที่พบ	ร้อยละ	ปริมาณที่พบ (มก./กก.) ต่ำสุด–สูงสุด	ค่ามัธยฐาน
ผักกาดดอง					
2544	32	31	97	60.5 – 1258.8	473.6
2545	8	8	100	79 – 1311.4	585.6
2546	6	6	100	127.4 – 1426.7	859.3
สับปะรดอบแห้ง					
2544	19	16	84	< 5 – 793.3	185.2
2545	10	8	80	27.8 – 253.4	137.7
2546	4	3	75	160.6 – 200.5	183.4

วิจารณ์

จากผลการศึกษา การใช้สารซัลไฟต์ในผักและผลไม้ทั้งชนิดสดและแปรรูปช่วงปี พ.ศ. 2542 – 2546 แสดงว่ายังมีการใช้สารซัลไฟต์อย่างต่อเนื่อง โดยพบในผักสด ผลไม้สดจำนวนและปริมาณน้อย แต่พบจำนวนและปริมาณมากในผัก ผลไม้แปรรูป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผลไม้อบแห้ง ผลไม้กวน และผักดอง (ตารางที่ 1) ส่วนผลไม้สดที่มีเปลือกอย่างลำไยซึ่งมีการรมควันด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อกันเสียและป้องกันผิวเปลือกลำไยไม่ให้เป็นสีดำ ในการตรวจวิเคราะห์จะตรวจเฉพาะส่วนเนื้อที่รับประทานได้เท่านั้น เมื่อทดลองนำเปลือกไปตรวจพบว่ามี 2 ตัวอย่างที่พบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปริมาณ 810 และ 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนเนื้อในของตัวอย่างเดียวกันนี้พบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปริมาณน้อยมาก คือน้อยกว่า 5 และ 18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเปลือกสามารถลดสารซัลไฟต์สะสมที่เนื้อในผู้บริโภคจึงควรล้างน้ำมาก ๆ ก่อนนำมาบริโภคและไม่กัดเปลือกลำไย สำหรับผักสด ได้แก่ ขิงซอยและถั่วงอก เมื่อปี พ.ศ. 2542 ยังคงพบว่ามีการใช้สารซัลไฟต์ในขิงซอย 4 ตัวอย่างจากทั้งหมด 5 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 80 ของตัวอย่างขิงซอยทั้งหมด พบปริมาณ 29 – 132 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ค่ามัธยฐาน 92) และเมื่อ พ.ศ. 2545 และ 2546 ผู้วิจัยได้ทดลองซื้อขิงซอยตามตลาดนัดมาทดสอบด้วยชุดทดสอบซัลไฟต์ พบว่ายังมีการใช้สารนี้อยู่ ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุดที่พบในการตรวจทางห้องปฏิบัติการครั้งนี้มีปริมาณต่ำกว่าที่เคยมีผู้สำรวจไว้ เมื่อ พ.ศ. 2531 ดังกล่าวแล้วในบทนำ ปัจจุบันถั่วงอกตรวจไม่พบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งต่างจากที่เคยรายงานไว้เมื่อ พ.ศ. 2536 อาจเป็นเพราะตั้งแต่มีผู้รายงานเตือนว่ามีการใช้ซัลไฟต์หรือสารฟอกขาวในถั่วงอก มีการรณรงค์เผยแพร่

คำเตือนให้ระวังสารฟอกขาวในถั่วงอก จึงช่วยลดการใช้สารฟอกขาวนี้ได้มาก และปัจจุบันตามประกาศฯ ฉบับที่ 281 (พ.ศ. 2547) ได้กำหนดห้ามใช้สารซัลไฟต์ในผักและผลไม้สด แต่ประกาศฯ เดิมฉบับที่ 84 (พ.ศ. 2527) ซึ่งปัจจุบันยกเลิกแล้วเมื่อ พ.ศ. 2547 ไม่มีข้อกำหนดนี้ ดังนั้นผู้บริโภคที่ซื้อผักและผลไม้สดที่มีการตัด หั่นหรือปอกเปลือก จากตลาดควรนำมาล้างน้ำให้สะอาดก่อนนำไปบริโภค โดยเฉพาะเมื่อจะบริโภคสด ซึ่งไม่มีการปรุงด้วยความร้อนก่อน

ผักอบแห้งบางชนิด มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงมาก พบในเห็ดหูหนูขาวจำนวน 2 ตัวอย่างและเยื่อไผ่ 1 ตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างทั้งสองนี้มีลักษณะสีขาวมาก พบปริมาณ 2299.5, 2642.6 และ 8006 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งเป็นอาหารนำเข้าจากประเทศจีน ผักอบแห้งนี้จะผ่านการปรุงก่อนรับประทาน ดังนั้นสารซัลไฟต์จะถูกกำจัดออกไปได้บ้างเช่นเดียวกับหลักการในการตรวจวิเคราะห์คือ ในสภาวะสารละลายเป็นกรด และเมื่อถูกความร้อน ทำให้สารซัลไฟต์แตกตัวเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระเหยไป แต่มีองค์ประกอบบางชนิดในอาหารที่รวมตัวกับสารซัลไฟต์แล้วได้สารประกอบ Sulphonates ซึ่งมีความคงตัวจึงไม่เป็นอันตราย[18] ส่วนผลไม้กวน ได้แก่ กล้วย เชอรี่ มะม่วงดิบ มะยม สับปะรด และทุเรียนกวน ผู้ผลิตนิยมเติมสารซัลไฟต์กันมากและปริมาณสูง โดยเฉพาะในทุเรียนกวน พบว่าเติมซัลไฟต์ทุกตัวอย่างจาก 26 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 100 ของตัวอย่างทุเรียนกวนทั้งหมด พบปริมาณ 42.1–2334.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ค่ามัธยฐาน 429.2)

ทุเรียนกวนที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงเกินค่า ADI กำหนด (ปริมาณที่ผู้บริโภครับได้คือ 0 – 0.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักร่างกายของผู้บริโภคต่อวัน) หรือมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิน 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของอาหาร[19] พบจำนวน 14 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 53.8 ของตัวอย่างทุเรียนกวน และ 3.8 ของตัวอย่างทั้งหมด จากค่า ADI นี้มีความหมายว่า ในหนึ่งวันคนที่มีน้ำหนัก 50 หรือ 60 กิโลกรัม จะสามารถรับซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าสู่ร่างกายได้ไม่เกิน 35 หรือ 42 มิลลิกรัม ตามลำดับ เพราะฉะนั้นยิ่งถ้าเป็นเด็กหรือผู้ที่มีน้ำหนักตัวน้อยก็จะสามารถรับซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าสู่ร่างกายได้น้อย เช่น ผู้บริโภคที่มีน้ำหนัก 50 กิโลกรัม รับประทานทุเรียนกวนที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง 462.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (จากข้อมูลที่วิเคราะห์ได้เมื่อ พ.ศ. 2546) ปริมาณ 100 กรัม เท่ากับได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าสู่ร่างกาย 46.3 มิลลิกรัม และถ้าในวันเดียวกันไปรับประทานผักกาดดองที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง 127.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (จากข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ค่าต่ำสุดเมื่อ พ.ศ. 2546) ร่วมด้วยอีก 10 กรัม คิดเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้รับจากผักกาดดองเท่ากับ 1.3 มิลลิกรัม ดังนั้นเมื่อนำปริมาณที่ร่างกายจะได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากทุเรียนกวนและผักกาดดองดังกล่าวมาคำนวณรวมแล้วจะได้ปริมาณรวมของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ร่างกายได้รับเท่ากับ 47.6 มิลลิกรัม แต่ถ้ารับประทานผักกาดดองที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างสูงกว่านี้ หรือรับประทานผักผลไม้อื่นที่มีสารนี้ตกค้างร่วมด้วยจะทำให้ได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์รวมเพิ่มขึ้นจนอาจเกิดอาการผิดปกติในร่างกายได้ ทุเรียนกวนที่เติมสารซัลไฟต์จะมีเนื้อสีเหลืองทอง แต่ถ้าไม่เติมสารซัลไฟต์จะมีสีคล้ำเกือบดำ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของทุเรียนและสีของน้ำตาลที่ใช้ด้วย

จากผลการวิเคราะห์ผักกาดดอง และสับปะรดอบแห้ง ช่วงปี พ.ศ. 2544 – 2546 (ตารางที่ 2) พบผักกาดดองมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปริมาณความเข้มข้นสูงกว่าผลไม้อบแห้ง และความ

เข้มข้นสูงกว่าที่เคยมีรายงานไว้เมื่อ พ.ศ. 2531 และสูงเกินค่า ADI ส่วนสับปะรดอบแห้งพบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใกล้เคียงกับที่เคยมีรายงานเมื่อ พ.ศ. 2531 และพบว่าสับปะรดอบแห้งมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกินค่า ADI เฉพาะในปี พ.ศ. 2544 เท่านั้น

ค่า ADI นอกจาก JECFA จะกำหนดแล้ว ยังมีประเทศอื่นได้กำหนดค่าของตนเองด้วย[19] เช่น ประเทศออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ จีน และสหรัฐอเมริกา โดยมีค่าต่างกันขึ้นกับความเข้มงวดและความเหมาะสมของประชากรในแต่ละประเทศ เช่น ประเทศจีน กำหนดค่า ADI เท่ากับ 0.63 (ตามแบบจำลอง diet, mean intake) ใกล้เคียงกับค่าที่ JECFA กำหนดไว้ ส่วนออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ กำหนดค่า ADI เท่ากับ 6 (ตามแบบจำลอง individual records, mean intake) และเท่ากับ 15 (ตามแบบจำลอง individual records 95th percentile consumers) สหรัฐอเมริกา กำหนดค่า ADI เท่ากับ 4.5 (ตามแบบจำลอง diet, mean intake) และเท่ากับ 6.6 (ตามแบบจำลอง diet 90th percentile consumers) มิลลิกรัมต่อน้ำหนักร่างกายของผู้บริโภค 1 กิโลกรัมต่อวัน

สรุป

จากผลการศึกษานี้ แสดงว่ายังมีการใช้สารซัลไฟต์ในตัวอย่างทุกประเภทและใช้ปริมาณสูง ในผลไม้ดอง ผลไม้อบ ผลไม้กวน และผักดอง ส่วนมากผู้บริโภคมีความเสี่ยงในการได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกินค่าความปลอดภัยจากอาหารประเภทผัก ผลไม้ที่แปรรูป ซึ่งมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากกว่า 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ได้แก่ ฝรั่งอบแห้ง ลูกเกด สับปะรดอบแห้ง ทุเรียนกวน ขิงดอง ผักกาดดอง หน่อไม้ดอง เยื่อไผ่แห้ง และเห็ดหูหนูขาวแห้ง ตัวอย่างเหล่านี้ที่มีสีจะสีเข้มสดใสไม่คล้ำ ที่เป็นสีขาวจะขาวมากเป็นพิเศษทั่วทุกส่วน ดังนั้นก่อนรับประทานควรล้างด้วยน้ำมาก ๆ ปอกเปลือกวางให้สัมผัสกับอากาศหรือปรุงด้วยความร้อนก่อนการบริโภค เพื่อช่วยลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลงได้บ้าง ไม่ควรบริโภคอาหารที่อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงเนื่องจากมีปริมาณสารซัลไฟต์ตกค้างมาก สำหรับหน่วยงานที่ดูแลความปลอดภัยของผู้บริโภค ควรเพิ่มมาตรการในการกำกับดูแลทั้งอาหารที่ผลิตในประเทศ และที่นำเข้าจากต่างประเทศ กำหนดค่าความปลอดภัยให้ชัดเจน ค่าตกค้างไม่สูงและมีการให้คำปรึกษาให้ความรู้ในการใช้สารนี้แก่ผู้ประกอบการที่ขาดความรู้ความเข้าใจในการใช้สารซัลไฟต์ โดยเฉพาะควรเฝ้าระวังอาหารที่ยังไม่ได้กำหนดคุณภาพมาตรฐาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวัตถุเจือปนอาหารและผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology., 6th ed New York. McGraw-Hill book company; 1987. Vol. 17 p. 561.
2. Maga JA, Tu AT. Food Additive Toxicology. New York : Front Collins, Colorado Marcel Dekker, Inc.; 1995. p. 514 - 6.
3. Paker SP, editor. McGraw-Hill Dictionary of chemical terms Sybil New York : McGraw-Hill; 1986. p. 411.
4. ประสาร สวัสดิ์ชีตัง. การเกิดสีน้ำตาลของอาหารและการควบคุมป้องกัน. ว.อาหาร 2538; 25(3) : 160 - 9.

5. G.M. Sapers. IFT: Browning of Foods : Control by Sulfites. [Page 3, 5] Available at: URL: http://www.penpages.psu.edu./penpages_reference/12101/121011267.HTML [Accessed 2005 Jan 1].
6. ฉวีวรรณ ศรีโกมล. การลดลงของสารซัลไฟต์ในน้ำพริกกะปิ.[วิทยานิพนธ์]. ภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล; 2536.
7. Eilers T, Schwarz G, Brinkmann H, Witt C, Richter T, Nieder J. *et. al.* Identification and Biochemical Characterization of Arabidopsis thaliana Sulfite Oxidase. [cited 2001 Oct 2]. Available at: URL:http://www.jbc.org/cgi/content/full/276/50/46989. [Accessed 2003 Dec 9].
8. Vavasour EJ. International Programme on Chemical safety, Safety evaluation of Certain food additive. (WHO food additive series 42. Sulfur dioxide and Sulfites (addendum);) Geneva (Switzerland) : WHO; 1999. p. 114.
9. Cable News Network Inc. Regular for common food additives. [p. 5 - 6]. Available at URL:http://cnn.com. [Accessed 2003 Dec 11].
10. TJ Samson Community Hospital. Precautions for Sulfites [cited 2003 Jan 1], Available at : URL:http://www.health/tjsamson.client.web-health.com/web-health/topics/generalhealthgeneral-healthsub/nutrition&food/sulfites.html. [Accessed 2003 Dec 11].
11. Kingkate A, Jaengdawng C, Chakrangkoon P, Halilamian C, Toyoda M. Residual Sulfur Dioxide in some Thai Noodles. J of Food Protec 1981; 44 : 334 - 6.
12. พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 281 (พ.ศ. 2547) เรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร. ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 121 ตอนพิเศษ 97 ง. ลงวันที่ 6 กันยายน 2547.
13. พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 281 (พ.ศ. 2547) เรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร. ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 121 ตอนพิเศษ 97 ง. (ลงวันที่ 6 กันยายน 2547). หน้า 4.
14. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลไม้แห้ง(มอก.919-2532). กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม, 2532.
15. อุดมเกียรติ พรรธนประเทศ รัชนี สวางคพัฒน์. ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผัก ผลไม้สด ดอง และแช่อิ่ม. ว.กรมวิทย. พ 2531: 30(4) : 239-46.
16. วันทนีย์ ขำเลิศ ยุพเรศ เอื้อตรงจิตต์ ทัศนีย์ จุฬามรกต. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผักสดบางชนิดที่เก็บจากตลาดสดในกรุงเทพมหานคร และนนทบุรี. ว.อาหาร 2538; 25(4) : 269 - 75.
17. Department of Medical Sciences (DMSc) and Department of Medical Sciences Foundation National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (ACFS). Sulfur dioxide in Food Modified Rankine Method Compendium of Methods for Food Analysis. Nonthaburi : Department of Medical Sciences. 2003 : p. 1-50 - p. 1-51.
18. Wedzicha BL, McWeeny DJ. Concentrations of some sulphonates derived from sulphite in Certain foods and Preliminary studies on the nature of other sulphite derived products. J Sci Food Agr 1975; 26(3) : 327 - 35.
19. DiNovi M. International Programme on Chemical Safety, Safety evaluation of Certain food additive. (WHO Food Additive series 42 : Evaluation of National Assessments of Intake of Sulfites) Geneva (Switzerland) : WHO; 1999. p. 449 - 50.

Sulfur Dioxide in Fruits and Vegetables, 1999 - 2003

Yuparaid Uetrongchit Kittima Sonamitra and Wanthanee Kamlert

Bureau of Quality and Safety of Food, Department of Medical Science, Tiwanond Road, Nonthaburi 11000, Thailand.

ABSTRACT Sulfur dioxide and sulfites have been used as antibrowning reaction agent and preservative in vegetables, fruits and products, especialy vegetables and fruits which were peeled. If sulfur dioxide and sulfur dioxide equivalents arising from sulfites in food is consumed more than ADI (Acceptable Daily Intake) value of 0.7 mg/kg body weight, as recommended by Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), it may do harm to health, especialy to allergic consumers. During 1999 - 2003, sulfur dioxide content was studied in 366 samples of vegetables, fruits and products, that were submitted by government agencies and private sectors, using modified rankine method and colorimetric method. The result showed that sulfur dioxide was found in 73.8% of all samples in quantities of less than 5 to 8006 mg/kg High levels of sulfur dioxide, over 400 mg/kg, were found in 53.3% of pickle vegetables, 46.9% of fruit pastes, 11.1% of dried vegetables and 2.2% of dried fruits. By consuming 100 g of food containing over 400 mg/kg sulfur dioxide, a consumer with 60 kg body weight or less may risk his health.