ว กรมวิทย พ 2558; 57 (1) : 58-68

การประเมินการได้รับสัมผัสของซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการบริโภคผักและผลไม้แห้งนำเข้าจากต่างประเทศของคนไทย พ.ศ. 2548-2557

จินตนา กิจเจริญวงศ์ และยุพเรศ เอื้อตรงจิตต์

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ อำเภอเมือง นนทบุรี 11000

บทคัดย่อ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และกลุ่มสารประกอบซัลไฟต์ถูกนำมาใช้เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์และป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในกระบวนการผลิตผักและผลไม้แห้งทำให้เก็บรักษาได้นานและน่ารับประทาน ผักและผลไม้แห้งที่จำหน่ายในประเทศไทยส่วนใหญ่ผลิตและนำเข้าจากต่างประเทศ อาหารดังกล่าวอาจมีอันตรายต่อสุขภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภคจากการได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีอยู่ในปริมาณเกินค่าความปลอดภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อผู้ที่แพ้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และกลุ่มสารประกอบซัลไฟต์ ผู้วิจัยและคณะได้ทำการศึกษาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผักและผลไม้แห้งที่นำเข้าจากต่างประเทศ ได้แก่ เห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ พุทราจีน และสมุนไพร จำนวน 621 ตัวอย่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2557 การตรวจวิเคราะห์ใช้ Modified Rankine's method ผลตรวจพบปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในช่วง 10-26,590 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตัวอย่างมีปริมาณเกินข้อกำหนดถึงร้อยละ 34.0 ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กำหนดปริมาณซัลเฟอร์-ไดออกไซด์ในพืชผักผลไม้ชนิดแห้งและแช่อิ่มไม่เกิน 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผู้วิจัยและคณะได้ทำการศึกษาปริมาณการได้รับสัมผัสของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผักและผลไม้แห้งที่นำเข้าจากต่างประเทศโดยใช้ข้อมูลปริมาณการบริโภคเฉลี่ยของคนไทยในกลุ่มที่บริโภคอาหารกลุ่มนี้ (eater only) ร่วมกับข้อมูลปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ percentile ที่ 97.5 ในผักและผลไม้แห้งหลังลวกสุก ผลการศึกษาปริมาณการได้รับสัมผัสของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผักและผลไม้แห้งแต่ละชนิด พบว่า ปริมาณ SO_2 ที่คนไทยได้รับจากการบริโภค แต่ละชนิดไม่ก่อให้เกิดผลที่ไม่พึงประสงค์ต่อร่างกาย นอกจากนี้ผู้วิจัยและคณะเสนอวิธีการลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผักและผลไม้แห้งระหว่างการปรุงอาหาร และดูแลความปลอดภัยของผู้บริโภค

Accepted for publication, 23 December 2014

บทนำ

การถนอมอาหารโดยใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide, SO_2) จะเกิดปฏิกิริยาที่สมดุลระหว่าง SO_2 กับสารประกอบอื่น ๆ ในอาหาร ได้แก่ อัลดีไฮด์ คีโตน และน้ำตาล ได้สารประกอบซัลไฟต์ ปฏิกิริยานี้ สามารถย้อนกลับได้ ทำให้เกิด SO_2 และสารประกอบซัลไฟต์ ซึ่งสารชนิดใดจะเป็นหลักในอาหารจะขึ้นกับอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของอาหารนั้น โดยส่วนใหญ่จะให้สารประกอบซัลไฟต์[1] โดยสารกลุ่มนี้มีคุณสมบัติเป็น reducing agent สามารถช่วยลด redox potential ได้โดยตรง เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมสภาพ[2] และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เช่น *Clostridium botulinum* ได้[3] นอกจากนี้มีผลป้องกันไม่ให้ผักและผลไม้แห้งที่มีสีอ่อนกลายเป็นสีน้ำตาล[4] โดย SO_2 หรือสารประกอบซัลไฟต์ปริมาณเล็กน้อยก็สามารถหยุดการทำงานของเอนไซม์ peroxidase ไม่ให้ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ เนื่องจากเอนไซม์ peroxidase ในผักและผลไม้สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนทำให้เกิดสีน้ำตาล หรือเรียกปฏิกิริยานี้ว่า browning reaction สารประกอบกลุ่มซัลไฟต์ที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารมี 2 ชนิด คือ ชนิดที่เป็นสารเคมีที่อยู่ในรูปของแข็ง ได้แก่ โซเดียมหรือโพแทสเซียมซัลไฟต์ โซเดียมหรือโพแทสเซียมไบซัลไฟต์ โซเดียมหรือ โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ และก๊าซ SO_2[5] ซึ่งใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร และในเครื่องดื่ม[6] และยังพบว่ามีการใช้สารประกอบกลุ่มซัลไฟต์ในผักและผลไม้แห้ง เช่น เห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ พุทราจีน และสมุนไพรจีน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) ได้กำหนดค่าความปลอดภัยหรือค่า Acceptable Daily Intake (ADI) ที่ 0.7 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของผู้บริโภคต่อวัน[1] ของการได้รับสาร SO_2 เข้าสู่ร่างกาย ซึ่งแม้ว่าสารกลุ่มซัลไฟต์จะถูกเอนไซม์ซัลไฟต์ออกซิเดส[7] (ซึ่งมีอยู่ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมและสัตว์ปีก) ออกซิไดส์และขับออกทางปัสสาวะ ถ้าได้รับในปริมาณมากร่างกายไม่สามารถขับออกหมด อาจทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยโรคหอบหืดหรือผู้ที่แพ้สารนี้ แม้ได้รับสารซัลไฟต์ปริมาณน้อย อาจก่อให้เกิดพิษแบบเฉียบพลันจะมีอาการหายใจขัด คลื่นไส้ อาเจียน เวียนหรือปวดศีรษะ อุจจาระร่วง เป็นลมพิษ ความดันโลหิตต่ำ หอบหืด อาจช็อกหมดสติ และเสียชีวิตได้[8] จากรายงานในสหรัฐอเมริกาผู้ที่เป็นโรคหอบหืดจะมีอาการแพ้สารซัลไฟต์ร้อยละ 5 และในผู้ที่ปกติจะมีอาการแพ้สารซัลไฟต์ร้อยละ 1[9] ดังนั้นองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (U.S.FDA) จึงประกาศห้ามใช้ซัลไฟต์ในผักและผลไม้สดตั้งแต่ปี ค.ศ. 1986 และอาหารใด ๆ ที่ผ่านกระบวนการผลิตพบสารซัลไฟต์ตั้งแต่ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต้องแสดงฉลาก[8] นอกจากนี้ยังห้ามใช้ในอาหารที่เป็นแหล่งของวิตามินบี 1 ด้วย เนื่องจากสาร SO_2 จะทำลายวิตามินบี 1[10]

ส่วนในประเทศไทย ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 281) พ.ศ. 2547 เรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร มีการกำหนดปริมาณสูงสุดที่ให้ใช้ได้ดังนี้ ปริมาณ SO_2 ในพืชผักผลไม้ชนิดแห้งและแช่อิ่มไม่เกิน 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[11] จากข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์ SO_2 ในผักและผลไม้แห้งนำเข้าของสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร ในปี พ.ศ. 2547 มีตัวอย่างที่ตรวจพบ SO_2 ตกค้างเกินข้อกำหนดร้อยละ 18 โดยเฉพาะดอกไม้จีนพบเกินข้อกำหนดถึงร้อยละ 60 ของผักและผลไม้แห้งนำเข้าที่ตรวจพบ SO_2 เกินข้อกำหนดทั้งหมด ผู้วิจัยและคณะจึงได้ทำการศึกษาปริมาณ SO_2 ตกค้างในผักและผลไม้แห้งนำเข้าระหว่างปี พ.ศ. 2548-2557 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงสถานการณ์การตกค้างของ SO_2 และประเมินความเสี่ยงของการได้รับสัมผัสสาร SO_2 ในอาหารของคนไทย

การดำเนินการหาปริมาณการตกค้างของ SO_2 ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้วิธี Modified Rankine's method เนื่องจากเป็นวิธีง่าย ประหยัดเวลา และให้ค่า reproducibility และ recovery สูง หาปริมาณ combined sulphite compound ได้มากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ขณะตัวอย่างร้อน ใช้หลักการแทนที่อากาศโดยใช้ก๊าซเฉื่อยหรืออากาศเข้าไปแทนที่แล้วไตเตรทหาปริมาณ[12] มีผลการตรวจสอบความถูกต้องของวิธี ดังนี้ ขีดจำกัดของการตรวจพบ (limit of detection)

และขีดจำกัดของการวัดเชิงปริมาณ (limit of quantitation) เท่ากับ 6 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ การควบคุมคุณภาพผลการวิเคราะห์ พบว่า % การคืนกลับ (recovery) มีค่าระหว่าง 80-110 %[13], % RPD ของการทำซ้ำ (duplicate) ไม่เกิน 10% นอกจากนี้มีการเข้าร่วมทดสอบความชำนาญ (Proficiency Testing) กับหน่วยงาน Food Analysis Performance Assessment Scheme (FAPAS) ต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี มีผลน่าพอใจ ($z < 2$) และได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2005

วัสดุและวิธีการ

สารมาตรฐานและสารเคมี

สารมาตรฐาน : โซเดียมไบซัลไฟต์ ($NaHSO_3$) ของบริษัท WAKO ที่มีปริมาณ SO_2 คิดเป็นร้อยละ 64.0-67.4 โดยน้ำหนัก

สารเคมี (AR grade): Absolute ethanol, Sodium hydroxide (NaOH), Hydrochloric acid (HCl), o-Phosphoric acid (H_3PO_4), Hydrogen peroxide (H_2O_2), Methyl red-methylene blue indicator และน้ำกรองเกรด HPLC

การเตรียมสารละลายมาตรฐานและสารเคมี

เตรียมสารละลายมาตรฐาน SO_2 เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร : จากการชั่ง $NaHSO_3$170 มิลลิกรัม ละลายและปรับปริมาตรใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ด้วย 0.1 N NaOH, เตรียม 25% (v/v) H_3PO_4:

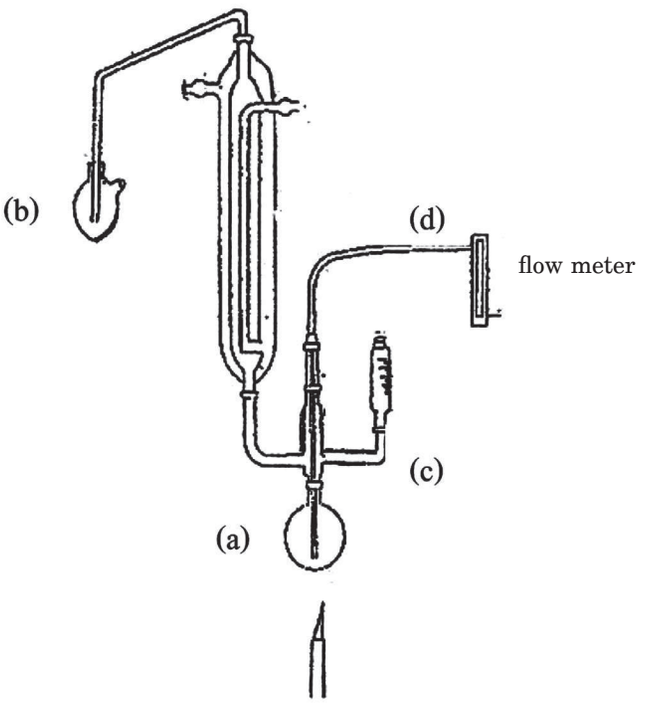
จากการเจือจาง 29.4 มิลลิลิตร ของ 85% H_3PO_4 ใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกรองเกรด HPLC, เตรียม 0.1 N และ 0.01 N NaOH: จากการเจือจาง 1 N และ 0.1 N NaOH 10 เท่าด้วย น้ำกรองเกรด HPLC, เตรียม 0.3% H_2O_2 (เตรียมใหม่ก่อนใช้งานทุกครั้ง) : จากการเจือจาง 30% w/v ของ H_2O_2 100 เท่าด้วยน้ำกรองเกรด HPLC และเตรียม Methyl red-methylene blue indicator: จากการชั่ง 100 มิลลิกรัม ของ methyl red และ 50 มิลลิกรัม ของ methylene blue ละลายและปรับปริมาตรใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ด้วย absolute ethanol

เครื่องมือและอุปกรณ์

Modified Rankine'sapparatus[14] ชนิดระบบปิด ประกอบด้วย ขวดก้นกลมคอยาว ขนาด 100 มิลลิลิตร (a), reflux condenser, distilled outlet, ขวดรูปลูกแพร์ชนิด 2 คอ ขนาด 50 มิลลิลิตร (b), ท่อต่อ 3 ทาง (c) และท่อนำก๊าซไนโตรเจน (d) ดังภาพที่ 1

โดยท่อต่อ 3 ทาง (c) เป็นจุดเชื่อมต่อจากขวดก้นกลมคอยาว (a) เข้ากับ 1) ท่อนำก๊าซไนโตรเจน (d) (ซึ่งต่อกับเครื่องวัดการไหลของไนโตรเจนขนาด 0.2-1.0 ลิตรต่อนาที), 2) กระบอกแก้วที่บรรจุ 25% H_3PO_4 10 มิลลิลิตร และ 3) reflux condenser ซึ่งต่อเข้ากับชุดกลั่นที่มี distilled outlet นำก๊าซที่กลั่นได้ไปสู่ขวดรูปลูกแพร์ (b)

การกลั่นใช้ตะเกียงเชื้อเพลิง และเครื่อง cooling circulator



ภาพที่ 1 Modified Rankine'sapparatus

ตัวอย่างอาหาร

ตัวอย่างผักแห้งและผลไม้แห้งที่ตรวจวิเคราะห์ในการวิจัยครั้งนี้ รวม 621 ตัวอย่าง ได้แก่ เห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ พุทราจีน และสมุนไพรจีน (พ.ศ. 2548-2557) เก็บตัวอย่างโดยสำนักด้านอาหารและยา

การเตรียมตัวอย่าง

1. การศึกษาปริมาณ SO_2 ตกค้าง เตรียมตัวอย่างโดยหั่นและนำไปปั่นอย่างรวดเร็วทันทีหลังแกะจากซองบรรจุจากนั้นนำไปชั่ง ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Modified Rankine's method

2. การศึกษาหาสัดส่วนของน้ำหนักตัวอย่างหลังลวกสุกต่อตัวอย่างแห้ง เตรียมตัวอย่างเห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ โดยหั่นตัวอย่างชนิดละ 100 กรัม แช่น้ำ 2 นาที นำไปลวกในน้ำเดือดประมาณ 2-3 นาที เมื่อสะเด็ดน้ำ รอจนเย็นประมาณ 15 นาทีนำไปชั่ง คำนวณสัดส่วนน้ำหนักตัวอย่างที่ลวกแล้วต่อตัวอย่างแห้ง สำหรับพุทราจีนชั่งตัวอย่าง 100 กรัม แช่น้ำ 30 นาที แล้วนำไปลวกในน้ำเดือดนาน 30 นาที รอจนเย็นประมาณ 30 นาที นำไปชั่ง คำนวณสัดส่วนน้ำหนักตัวอย่างหลังลวกสุกต่อตัวอย่างแห้ง พบว่าสัดส่วนโดยน้ำหนักของตัวอย่างผักและผลไม้แห้งลวกสุกต่อน้ำหนักแห้งของเห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ และพุทราจีน 100 กรัม เมื่อลวกสุกน้ำหนักเพิ่มขึ้นเป็น 720, 240, 730 และ 270 กรัมตามลำดับ คิดเป็นอัตราส่วน 7.2:1 2.4:1 7.3:1 และ 2.7:1 ตามลำดับ

การหา food processing factor

เนื่องจากข้อมูลปริมาณการบริโภคอาหารที่สำรวจโดย สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) เป็นข้อมูลน้ำหนักอาหารสุก ส่วนข้อมูลการตกค้างตรวจวิเคราะห์ในอาหารดิบ ซึ่งในกระบวนการปรุงอาหารที่ใช้ความร้อนทำให้ปริมาณ SO_2 ลดลง

ดังนั้นจึงทำการทดลองเพื่อหา food processing factor โดยใช้ เห็ดหูหนูขาว และพุทราจีน เป็นตัวแทน นำตัวอย่างแห้ง และตัวอย่างหลังลวกด้วยน้ำร้อน มาวิเคราะห์หาปริมาณ SO_2 โดยวิธี Modified Rankine's method

วิธีการลวกตัวอย่าง โดยการชั่งเห็ดหูหนูขาวประมาณ 3 กรัม แช่น้ำ 2 นาที แล้วนำไปลวกในน้ำเดือดนาน 2-3 นาที รอจนสะเด็ดน้ำประมาณ 2 นาที และพุทราจีนประมาณ 1 กรัม แช่น้ำ 30 นาที แล้วนำไปลวกในน้ำเดือด นาน 2 นาที ผึ่งให้แห้งประมาณ 2 นาที ทำการวิเคราะห์หาปริมาณ SO_2 นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์การลดปริมาณ SO_2 ของเห็ดหูหนูขาว และพุทราจีนที่ลวกสุกเปรียบเทียบกับปริมาณ SO_2 ในตัวอย่างดิบ พบว่าเห็ดหูหนูขาว มีปริมาณ SO_2 ลดลงร้อยละ 90 มีปริมาณ SO_2 ตกค้างร้อยละ 10 และพุทราจีน ปริมาณ SO_2 ลดลงร้อยละ 80 มีปริมาณ SO_2 ตกค้างร้อยละ 20 เมื่อนำร้อยละของปริมาณ SO_2 ตกค้าง มาคำนวณโดยหารด้วย 100 จะได้ food processing factor ของเห็ดหูหนูขาว ประมาณ 0.1 และพุทราจีน ประมาณ 0.2 ดอกไม้จีน และเยื่อไผ่ ใช้ food processing factor ค่าเดียวกับเห็ดหูหนูขาว

วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างที่เตรียมไว้ประมาณ 1-3 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ในขวดก้นกลม (a) เติมน้ำกรอง 30 มิลลิลิตร เติม absolute ethanol 1 มิลลิลิตร แกว่งและนำต่อเข้าชุดกลั่นทันที ซึ่งชุดกลั่นต้องเตรียมขวดรูปลูกแพร์ (b) ที่มีสารละลาย 0.3 % H_2O_2 10 มิลลิลิตร และเติม Methyl red-methylene blue indicator 1 หยด ได้สารละลายสีเขียวสำหรับดักเก็บไอสาร SO_2 ที่กลั่นได้ทำตัวอย่างให้เป็นกรดด้วย 10 มิลลิลิตรของ 25% H_3PO_4 กลั่นโดยใช้ความร้อนจากตะเกียงเป็นเวลา 30 นาที ขณะเดียวกันผ่านก๊าซไนโตรเจนปรับอัตราการไหล 500-600 มิลลิลิตรต่อนาที จากนั้นนำสารละลายที่เก็บได้ที่มีการเปลี่ยนเป็นสีม่วงไปไตเตรทกับ 0.01 หรือ 0.1 N NaOH ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน แล้วจึงนำปริมาตรของ 0.01 หรือ 0.1 N NaOH ไปคำนวณหาปริมาณ SO_2 ในตัวอย่าง

การคำนวณ

1) การคำนวณปริมาณ SO_2 :

$$\text{ปริมาณ } SO_2 \text{ (mg/kg)} = \frac{(\text{V NaOH} \times \text{N NaOH} \times 32.03 \times 1000)}{\text{W sample}}$$ [14]

เมื่อ V NaOH = ปริมาตรของสารละลาย 0.01 หรือ 0.1 NNaOH (ml)

N NaOH = ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย NaOH (Normal)

W sample = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

32.03 = Factor จากการที่ 1 ml ของ 1 N NaOH ทำปฏิกิริยาสมมูลกับ 32.03 mg ของ SO_2 (1 ml ของ 0.01 N NaOH ทำปฏิกิริยาสมมูลกับ 0.3203 mg ของ SO_2)

1000 = Factor ของการเปลี่ยนหน่วยจาก g เป็น kg ของตัวอย่าง

2) การคำนวณปริมาณ SO_2 หลังจากปรุงสุกโดยใช้ food processing factor

: ปริมาณ SO_2 (mg/kg หลังปรุงสุก) = ปริมาณ SO_2 (mg/kg ตัวอย่างแห้ง) × food processing factor

food processing factor = 0.1 (เห็ดหูหนูขาว, ดอกไม้จีน, เยื่อไผ่)

food processing factor = 0.2 (พุทราจีน)

3) การคำนวณปริมาณ SO_2 ต่อน้ำหนักหลังปรุงสุก

$$\text{: ปริมาณ } SO_2 \text{ (mg/kg ต่อน้ำหนักหลังปรุงสุก)} = \frac{\text{ปริมาณ } SO_2 \text{ (mg/kg หลังปรุงสุก)}}{\text{สัดส่วนน้ำหนักหลังปรุงสุก}}$$

สัดส่วนน้ำหนักหลังปรุงสุกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัม ของเห็ดหูหนูขาว, ดอกไม้จีน, เยื่อไผ่ และพุทราจีน คือ 7.2, 2.4, 7.3 และ 2.7

4) การประเมินการได้รับสัมผัสสารเข้าสู่ร่างกาย (exposure assessment): การประเมินการได้รับสัมผัสเป็นการประเมินเชิงปริมาณถึงความเป็นไปได้ที่ผู้บริโภคหนึ่งคนจะได้รับสาร SO_2 เข้าไปในร่างกายซึ่งต้องใช้ข้อมูลสำคัญ 2 ส่วน คือ 1) ข้อมูลการบริโภคอาหารประจำวันของคนไทยและน้ำหนักตัวเฉลี่ยของคนไทย ซึ่งได้จากข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทยของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.)[15] 2) ข้อมูลปริมาณ SO_2 ตกค้างได้จากการตรวจวิเคราะห์ผักและผลไม้แห้งแล้วนำมาคำนวณปริมาณการได้รับสัมผัสของสาร SO_2 ที่บริโภคต่อวัน โดยใช้สมการ[15] ดังนี้

$$\frac{\text{การได้รับสัมผัสทางการบริโภค}}{\text{(mg/kg b.w./วัน)}} = \frac{\text{ปริมาณ } SO_2 \text{ ตกค้าง (mg/kg อาหาร)} \times \text{ปริมาณการบริโภค (g อาหาร/คน/วัน)}}{\text{น้ำหนักเฉลี่ยของคนไทย (b.w.)} \times 1000}$$

น้ำหนัก เฉลี่ยของคนไทย = 54.53 kg[15]

ขั้นตอนการอธิบายลักษณะความเสี่ยง (riskcharacterization) เพื่ออธิบายความเสี่ยงว่าอยู่ที่ระดับใด โดยใช้ค่า margin of safety (MOS) ในการอธิบายคำนวณจาก[16]

$$\text{MOS} = \frac{\text{Exposure}}{\text{ADI}}$$

ADI สำหรับ SO_2 คือ 0.7 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักร่างกาย 1 กิโลกรัมของผู้บริโภคต่อวัน

โดย MOS น้อยกว่า 1 แสดงว่าปริมาณสารโดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับไม่ก่อให้เกิดผลที่ไม่พึงประสงค์, MOS มากกว่า 1 แสดงว่าปริมาณสารโดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับเกินค่าความปลอดภัย[16]

ผล

ตัวอย่างผักและผลไม้แห้งนำเข้าจากต่างประเทศทั้งหมดผลิตและนำเข้าจากประเทศจีน ผลการวิเคราะห์ปริมาณ SO_2 ตกค้างในตัวอย่างที่เก็บในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2557 จำนวน 621 ตัวอย่าง จำแนกได้เป็น เห็ดหูหนูขาว 293 ตัวอย่าง ตรวจพบเท่ากับหรือมากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 168 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 57.3 (ตารางที่ 1) โดยพบปริมาณสูงสุดถึง 5,381 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และค่าที่ percentile ที่ 97.5 เท่ากับ 1,449, 1,069 และ 4,767 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ดอกไม้จีน 131 ตัวอย่าง พบตัวอย่างที่ตรวจพบเท่ากับหรือมากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 123 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 93.9 (ตารางที่ 1) โดยพบปริมาณสูงสุดถึง 26,590 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และค่าที่ percentile ที่ 97.5 เท่ากับ 3,814, 2,214 และ 15,133 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2) เยื่อไผ่ 71 ตัวอย่าง พบตัวอย่างที่ตรวจพบเท่ากับหรือมากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 37 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 52.1 (ตารางที่ 1) โดยพบปริมาณสูงสุดถึง 18,664 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และค่าที่ percentile ที่ 97.5 เท่ากับ 6,140, 5,722 และ 15,846 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2) พุทราจีน 33 ตัวอย่าง พบตัวอย่างที่ตรวจ พบเท่ากับหรือมากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 24 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 72.7 (ตารางที่ 1) โดยพบปริมาณสูงสุดถึง 3,130 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และค่าที่ percentile ที่ 97.5 เท่ากับ 1,285, 983 และ 3,103 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2) สมุนไพรจีน ประกอบด้วยสมุนไพรจีนหลายชนิดรวมกัน ได้แก่ เกากี้ ตังเซียม ตังกุย ฮ่วยซัว แปะเจียก เง็กเต็ก จำนวน 93 ตัวอย่าง พบตัวอย่างที่ตรวจพบเท่ากับหรือมากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 92 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 98.9 (ตารางที่ 1) โดยพบปริมาณสูงสุดถึง 18,358 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และค่าที่ percentile ที่ 97.5 เท่ากับ 2,149, 518 และ 11,291 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณที่ตรวจพบกับข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ที่กำหนดให้มีได้ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า ตัวอย่างเห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ พุทราจีน และสมุนไพรจีนที่มี SO_2 เกินค่าความปลอดภัยถึงร้อยละ 25.6, 55.7, 38.0, 27.3 และ 30.1 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผักและผลไม้แห้ง พ.ศ. 2548 – 2557 ชนิด

ชนิดตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	ไม่พบและพบน้อยกว่า 10 mg/kg		พบเท่ากับหรือมากกว่า 10 mg/kg		พบเกินมาตรฐาน (มากกว่า 1,500 mg/kg)	
		ตัวอย่าง	ร้อยละ	ตัวอย่าง	ร้อยละ	ตัวอย่าง	ร้อยละ
เห็ดหูหนูขาว	293	125	42.7	168	57.3	75	25.6
ดอกไม้จีน	131	8	6.1	123	93.9	73	55.7
เยื่อไผ่	71	34	47.9	37	52.1	27	38.0
พุทราจีน	33	9	27.3	24	72.7	9	27.3
สมุนไพรจีน	93	1	1.1	92	98.9	28	30.1

ตารางที่ 2 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตรวจพบในผักและผลไม้แห้ง พ.ศ. 2548 – 2557

ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณ SO_2 (mg/kg)*				
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่ามัธยฐาน	ค่าที่ percentile ที่ 97.5
เห็ดหูหนูขาว	10	5,381	1,449	1,069	4,767
ดอกไม้จีน	18	26,590	3,814	2,214	15,133
เยื่อไผ่	12	18,664	6,140	5,722	15,846
พุทราจีน	90	3,130	1,285	983	3,103
สมุนไพรจีน	93	18,358	2,149	518	11,291

* ไม่รวมตัวอย่างที่ตรวจไม่พบและพบน้อยกว่า 10 mg/kg

เมื่อนำข้อมูลปริมาณ SO_2 ที่ percentile ที่ 97.5 (ตารางที่ 3) คือ เห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน และเยื่อไผ่ เท่ากับ 4,767, 15,133 และ 15,846 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และพุทราจีน เท่ากับ 3,103 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มาคำนวณปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างหลังจากการปรุงสุก โดยใช้ food processing factor ที่ได้จากการทดลอง (เห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ เท่ากับ 0.1 และพุทราจีน เท่ากับ 0.2) จะได้ปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างในเห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ และพุทราจีน เท่ากับ 477, 1,513, 1,584 และ 621 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 3) และคำนวณปริมาณ SO_2 หลังจากการปรุงสุกโดยใช้สัดส่วนของน้ำหนักตัวอย่างหลังลวกสุกต่อตัวอย่างแห้ง (เห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ และพุทราจีน เท่ากับ 7.2:1, 2.4:1, 7.3:1 และ 2.7:1 ตามลำดับ) จะได้ปริมาณ SO_2 ในเห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ และพุทราจีน ที่เท่ากับ 66, 630, 217 และ 230 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ *(ตารางที่ 3)* อย่างไรก็ตาม ในการศึกษานี้ไม่ได้นำสมุนไพรจีนมาคำนวณปริมาณการได้รับสัมผัส เนื่องจากใช้ปรุงอาหารในปริมาณน้อยและไม่นิยมรับประทานเนื้อ จึงมีความเสี่ยงต่อสุขภาพน้อย

ผลการคำนวณปริมาณการได้รับสัมผัส SO_2 จากการบริโภคอาหารได้จากการนำข้อมูลการบริโภคเฉลี่ยเฉพาะกลุ่มที่บริโภค (eater only) ของเห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ และพุทราจีน เท่ากับ 43.76, 14.27, 56.03 และ 55.73 กรัมต่อคนต่อวัน[15] คูณกับปริมาณ SO_2 ตกค้างในอาหารปรุงสุก หารด้วยค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของคนไทยพบว่าปริมาณการได้รับสัมผัส SO_2 จากการบริโภคเห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ และพุทราจีน มีค่าเท่ากับ 0.05, 0.16, 0.22 และ 0.23 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 3) เมื่ออธิบายลักษณะความเสี่ยงด้วยค่า margin of safety (MOS) โดยนำปริมาณการได้รับสัมผัส SO_2 จากการบริโภคเห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ และพุทราจีน มาเปรียบเทียบกับค่า ADI (เท่ากับ 0.7 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว

1 กิโลกรัมต่อวัน) พบว่า มีค่าน้อยกว่า 1 (ตารางที่ 3) หากบริโภคอาหารที่มี SO_2 ตกค้าง พร้อมกันทั้งหมดในวันเดียว ปริมาณการได้รับสัมผัส SO_2 รวม เท่ากับ 0.68 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน (ตารางที่ 3) เมื่ออธิบายลักษณะความเสี่ยงด้วยค่า margin of safety (MOS) โดยนำปริมาณการได้รับสัมผัส SO_2 รวม มาเปรียบเทียบกับค่า ADI (เท่ากับ 0.7 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน) พบว่ามีค่าใกล้เคียง 1 มาก (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การประเมินการได้รับสัมผัสของ SO_2 จากการบริโภคผักและผลไม้แห้งนำเข้าของคนไทย

ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณ SO_2 ที่พบ[a] (mg/kg)	ปริมาณ SO_2 หลังปรุงสุก (mg/kg)	ปริมาณ SO_2 ต่อน้ำหนักหลังปรุงสุก (mg/kg)	ปริมาณอาหารที่บริโภค[b] (g/person/day)	ปริมาณ การได้รับสัมผัส (mg/kg b.w./day)	MOS
เห็ดหูหนูขาว	4,767	477	66	43.76	0.05	0.07
ดอกไม้จีน	15,133	1,513	630	14.27	0.16	0.23
เยื่อไผ่	15,846	1,584	217	56.03	0.22	0.31
พุทราจีน	3,103	621	230	55.73	0.23	0.33
รวม					0.68	0.97

[a] ปริมาณการตกค้างของ SO_2 ในอาหารที่ percentile ที่ 97.5

[b] ปริมาณการบริโภคเฉลี่ยของกลุ่ม eater only

วิจารณ์

การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินการได้รับสัมผัสของ SO_2 จากการบริโภคผักและผลไม้แห้งนำเข้าประกอบด้วย 3 ปัจจัย ได้แก่ ข้อมูลการบริโภคอาหารประจำวันของคนไทย น้ำหนักตัวเฉลี่ยของคนไทยและข้อมูลปริมาณ SO_2 ตกค้าง ผลการศึกษาการตกค้างของ SO_2 ในผักและผลไม้แห้ง เริ่มดำเนินการปี พ.ศ. 2548 และสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา โดยสำนักด้านอาหารและยา ได้เก็บตัวอย่างผักและผลไม้แห้งนำเข้า ส่งตรวจวิเคราะห์ที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ตลอดมา พบว่า ปริมาณ SO_2 ที่พบเกินข้อกำหนดในเห็ดหนูขาว ดอกไม้จีน มีปริมาณสูง กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้ดำเนินการแจ้งเตือนภัยถึงผลกระทบที่เป็นโทษต่อการบริโภคผักและผลไม้แห้งนำเข้าที่มี SO_2 ตกค้าง ในปี พ.ศ. 2549 และจากการสำรวจทัศนคติของผู้ซื้อในลาดขนาดใหญ่หลายแห่งผู้บริโภคนิยมซื้อผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แห้งที่มีสีขาวและสีสันสดใส ซึ่งมีโอกาสที่จะได้รับ SO_2 ในปริมาณสูง จึงทำการศึกษาการได้รับสัมผัสของ SO_2 ในเห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ และพุทราจีน เพื่อเป็นการสื่อสารให้ผู้บริโภคทราบถึงความเสี่ยงที่อาจได้รับ

ผู้วิจัยและคณะจึงได้ทำการศึกษาการได้รับสัมผัสของ SO_2 ที่เข้าสู่ร่างกายโดยการรับประทานอาหารของเห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ และพุทราจีน หลังปรุงสุก เนื่องจากการตรวจวิเคราะห์ SO_2 จะตรวจวิเคราะห์ ตัวอย่างตามสภาพที่ได้รับคือ อาหารแห้ง เมื่อคำนวณสัดส่วนน้ำหนักตัวอย่างที่ลวกแล้วต่อตัวอย่างแห้ง ของเห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ และพุทราจีน คิดเป็นอัตราส่วน 7.2:1, 2.4:1, 7.3:1 และ 2.7:1 ตามลำดับ การศึกษาการได้รับสัมผัสของ SO_2 ต้องใช้ข้อมูลปริมาณการบริโภคที่เป็นข้อมูลอาหารที่มีลักษณะสุกแล้ว แต่ข้อมูลปริมาณ SO_2 ที่ตรวจพบได้จากตัวอย่างที่จำหน่ายเป็นอาหารแห้ง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาปริมาณ SO_2 ก่อนและหลังการปรุงสุก ทำให้ทราบถึงปริมาณ SO_2 ที่ลดลง โดยปริมาณ SO_2 ในเห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน และเยื่อไผ่ หลังลวกสุก พบว่าลดลงร้อยละ 90 และปริมาณ SO_2 ในพุทราจีน หลังลวกสุก พบว่าลดลงร้อยละ 80 food processing factor ของเห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ประมาณ 0.1 และพุทราจีน ประมาณ 0.2 และสามารถกำหนดวิธีการที่เหมาะสมในการลดปริมาณ SO_2 เพื่อให้คำแนะนำวิธีการปรุงอาหารให้ปลอดภัย ตัวอย่างผักและผลไม้แห้งที่นำมาศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน

เยื่อไผ่ พุทราจีน และสมุนไพรจีนที่นิยมนำมาปรุงอาหาร ศึกษาระหว่าง ปี พ.ศ. 2548-2557 ซึ่งเป็นช่วงที่เริ่มมีการค้าเสรีและกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ได้มีการแจ้งเตือนภัยและแนวโน้มความเสี่ยงจากการบริโภคผักและผลไม้แห้ง เมื่อนำข้อมูลค่าปริมาณการบริโภคของคนไทยเฉลี่ยของกลุ่ม eater only แต่ละชนิดต่อคนต่อวันในเห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เห็ดอื่น ๆ (แทนเยื่อไผ่ เนื่องจากเยื่อไผ่ คือเห็ดชนิดหนึ่ง) ที่ลวกสุก และฟักทองเชื่อม (เนื่องจากพฤติกรรมการบริโภคเหมือนกับพุทราจีน) นำมาใช้คำนวณหาปริมาณที่ได้รับสัมผัสจากการบริโภค ร่วมกับปริมาณ SO_2 ในอาหารค่าที่ percentile ที่ 97.5 ที่ลดลงหลังลวกสุก และใช้น้ำหนักคนไทยเฉลี่ย 54.53 กิโลกรัม พบว่าปริมาณการได้รับสัมผัสสาร SO_2 ในผักและผลไม้แห้งนำเข้าแต่ละชนิด ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า ADI กล่าวคือ ปริมาณ SO_2 ที่คนไทยได้รับจากการบริโภค แต่ละชนิดไม่ก่อให้เกิดผลที่ไม่พึงประสงค์ต่อร่างกาย อย่างไรก็ตาม สำหรับผู้บริโภคบางกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้รับประทานอาหารเจหรือมังสะวิรัต มีการบริโภคอาหารที่ปรุงจากผักและผลไม้แห้งดังกล่าว ก็อาจเกิดผลที่ไม่พึงประสงค์ต่อร่างกายจาก SO_2 ได้ เนื่องจากปริมาณการได้รับสัมผัสจากการบริโภครวมต่อวัน มีค่าใกล้ค่า ADI กล่าวคือ MOS เข้าใกล้ 1 และจากการศึกษาขั้นตอนการลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในผักและผลไม้แห้งนำเข้าก่อนปรุงอาหาร เป็นที่น่าสังเกตว่าการล้างและลวกน้ำเดือดเป็นเวลา 2-3 นาที จะช่วยให้ปริมาณ SO_2 ตกค้างลดลงได้ถึงร้อยละ 80-90 หากผู้บริโภคใช้เวลาการลวกในน้ำเดือดให้นานขึ้น ก็น่าจะทำให้ SO_2 ตกค้างลดลงอีกด้วย

ในการปรุงอาหารของคนไทยที่นิยมนำ สมุนไพรจีน ได้แก่ เกากี้ ตังเซียม ตังกุย ฮ่วยซัว แปะเจียก เง็กเต็ก และพุทราจีน ซึ่งใช้เป็นสมุนไพรบำรุงร่างกายและรักษาโรคตามตำรับยาจีน โดยนำไปปรุงอาหารร่วมกับเห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ จากการศึกษาพบว่า เกากี้ ตังเซียม ตังกุย ฮ่วยซัว แปะเจียก เง็กเต็ก มี SO_2 ตกค้างสูง แต่เนื่องจากใช้ปรุงอาหารในปริมาณน้อย และไม่นิยมรับประทานเนื้อ จึงมีความเสี่ยงต่อสุขภาพน้อย ยกเว้นพุทราจีนที่นิยมรับประทานเนื้อ จึงควรล้างน้ำเพื่อลดปริมาณก่อนปรุง และควรมีการบริโภคที่หลากหลาย

สรุป

จากผลการศึกษานี้ พบว่า เห็ดหูหนูขาว ดอกไม้จีน เยื่อไผ่ พุทราจีน และสมุนไพรจีน มีตกค้าง SO_2 ในปริมาณสูง ควรได้มีการแจ้งเตือนภัยให้ประชาชนทราบอย่างต่อเนื่องทุกปีโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรมีการดูแลโดยทั่วถึงทั้งก่อนจำหน่ายและหลังจำหน่ายภายในประเทศ การนำเสนอการผลการวิจัยปริมาณได้รับสัมผัสของ SO_2 จากการบริโภคผักและผลไม้แห้งนำเข้า เพื่อเป็นการสื่อสารให้ผู้บริโภคทราบถึงความปลอดภัย ในการบริโภคผักและผลไม้แห้งเมื่อปรุงสุก แม้ว่าปริมาณ SO_2 ที่ร่างกายได้รับสัมผัสในผักและผลไม้แห้งนำเข้าแต่ละชนิดไม่ก่อให้เกิดผลไม่พึงประสงค์ต่อร่างกาย แต่ควรระมัดระวังโดยเฉพาะกลุ่มเด็ก ผู้สูงอายุและกลุ่มผู้ป่วยโรคหอบหืดหรือแพ้สารนี้ การปรุงอาหารรับประทานเองจะช่วยให้ผู้บริโภคสามารถลดปริมาณ SO_2 ลงได้โดยการลวกผักและผลไม้แห้งก่อนการปรุงอาหาร และการเลือกซื้อวัตถุดิบที่น่าเชื่อถือ เช่น มีสีไม่ขาวมากหรือสีสดจนเกินไป อ่านฉลากเพื่อดูข้อมูลการใช้วัตถุกันเสีย และวันหมดอายุ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณลัดดาวัลย์ โรจนพรรณทิพย์ อดีตผู้อำนวยการสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และคุณจันทร์ฉาย แจ้งสว่าง อดีตนักวิทยาศาสตร์การแพทย์ทรงคุณวุฒิด้านเคมีที่ช่วยแนะนำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. International Programme on Chemical Safety. Sulfur dioxide and sulfites. Seventeenth report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives; 1973 Jun. 25 – Jul. 4; Geneva, Switzerland: World Health Organization Technology; 1974.
2. Luck E, Jager M. Antimicrobial food additives: characteristics, users, effects. 2nd ed. New York: Springer Verlag; 1997.
3. ศุภชัย เนื้อนวลสุวรรณ. ความปลอดภัยของอาหาร Food safety. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2552.
4. Lee CY, Whitaker JR. Enzymatic browning and its prevention (ACS symposium series 600). Washington, DC: American Chemical Society; 1995. p. 55-56, 315.
5. Chapter 1 – Food and drug administration, Department of Health and Human Services (continued). In: National Archives and Record & Adminstration. CFR - Code of federal regulations title 21: food and drugs. Washington, DC: US Government Printing Office; 2012. p. 333.
6. Lester MR. Sulfite sensitivity: significance in human health. J Am Coll Nutr 1995; 14(3): 229-32.
7. Kisker C. Sulfite oxidase. In: Messerschmidt A, Huber R, Poulos T, Wieghardt K, editors. Handbook of metalloproteins. New York: John Wiley & Sons; 2001. p.1121-35.
8. Grotheer P, Marshall M, Simonne A. Sulfites: separating fact from fiction. University of Florida IFAS Extension [online]. 2011 Mar [cited 2014 May 6]; [5 screens]. Available from: URL: http://edis.ifas.ufl.edu/fy731
9. Knodel LC. Current issues in drug toxicity: potential health hazards of sulfites. Toxic Subst Mech 1997; 16(3): 309-11.
10. Sulfites-USA. Food Allergy Research and Resource Program, University of Nebraska-Lincoln [online]. 2014 [cited 2014 May 21]; [4 screens]. Available from: URL: http://farrp.unl.edu/sulfites-usa
11. พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่องข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2549) ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 123 ตอนพิเศษ 105 ง (วันที่ 6 ตุลาคม 2549).
12. Fujita K, et al. Establishment of a modified rankine method for the separate determination of free and combined sulphites in Foods. Z. Lebensm Unters Forsch 1979; 168: 206-11.
13. ทิพวรรณ นิ่งน้อย. แนวปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดยห้องปฏิบัติการเดียว. นนทบุรี : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์; 2549.
14. Yoshio I. Analytical methods of food additives from various food . In: Food sanitation in Japan. Tokyo, Japan: Japan International Cooperation Agency (JICA); 1981. p17-A-24.
15. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2549.
16. International Council on Mining & Metals. HERAG 08, Health risk assessment guidance for metals [online]. 2007 [cited 2014 May 27]; [15 screens]. Available from: URL: http://www.icmm.com/document/268

The Exposure Assessment of Sulfur Dioxide Intake from Imported Dried Vegetable and Fruit in Thai Populations 2005 – 2014

Jintana Kitcharoenwong and Yuparaid Uetrongchit

Bureau of Quality and Safety of Food, Department of Medical Sciences, Nonthaburi 11000, Thailand.

ABSTRACT Sulfur dioxide and sulfite are frequently used for reducing microorganisms and preventing browning reaction in food processing. Dried vegetable and fruit, which are the favorite food for Thai consumers, are mostly produced and imported from abroad. Due to residue of sulfur dioxide, intake of these vegetables may be harmful for consumers. In this study, 621 samples of dried vegetable and fruit were collected from 2005 to 2014 and sulfur dioxide was determined by using Modified Rankine's method. Sulfur dioxide was found in the range of 10 to 26,590 mg/kg. While Thai FDA regulation for sulfur dioxide was not more than 1,500 mg/kg, 34.0% of the samples did not conformed to the regulation. The exposure assessment of sulfur dioxide intake in Thai population was also studied. The result showed that sulfur dioxide intake using concentrations of sulfur dioxide at 97.5 percentile and average weight of food consumed in eater only group were lower than ADI. Moreover, cooking method for reducing sulfur dioxide has been proposed, in this paper, in order to promote consumer's food safety in Thailand.

Key words: exposure assessment, sulfur dioxide, dried vegetable and fruit.