การตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในน้ำตาลปี๊บและน้ำตาลปึกที่ผลิตจากน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในตลาดของกรุงเทพมหานครและสมุทรสงคราม

เวณิกา เบ็ญจพงษ์[1] *อรอนงค์ มหัคฆพงศ์*[2] *ทรงศักดิ์ ศรีอนุชาต*[1]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการสำรวจการตกค้างของสารฟอกขาวกลุ่มของสารซัลไฟต์ในรูปของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในน้ำตาลปี๊บและน้ำตาลปึกที่ผลิตจากน้ำตาลมะพร้าวจากตลาดของกรุงเทพมหานครและสมุทรสงคราม โดยเก็บตัวอย่างน้ำตาลมะพร้าวที่วางจำหน่ายในตลาดกรุงเทพมหานครและสมุทรสงคราม มาวิเคราะห์โดยวิธี Optimized Monier-Williams พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณ SO_2 ในน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในตลาดของกรุงเทพมหานคร (367.76 มก./กก.) มีค่าสูงกว่าน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในตลาดของสมุทรสงคราม (105.00 มก./กก.) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ และ ปริมาณ SO_2 ในน้ำตาลปึกที่เก็บจากตลาดในกรุงเทพมหานคร (463.83 มก./กก.) มีค่าสูงกว่าน้ำตาลปึกที่เก็บจากตลาดในสมุทรสงคราม (56.26 มก./กก.) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ เช่นกัน แต่ปริมาณ SO_2 ในน้ำตาลปี๊บที่เก็บจากตลาดในกรุงเทพมหานคร (271.69 มก./กก.) ไม่แตกต่างจากน้ำตาลปี๊บที่เก็บจากตลาดในสมุทรสงคราม (348.71 มก./กก.) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าร้อยละ 56 ของน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในกรุงเทพมหานคร มี SO_2 ตกค้างสูงกว่าที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด แต่น้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในสมุทรสงครามพบเกินมาตรฐานเพียงร้อยละ 31 ดังนั้นน้ำตาลมะพร้าวที่วางจำหน่ายในตลาดกรุงเทพมหานครในขณะนั้น มีการใช้สารฟอกขาวกลุ่มสารซัลไฟต์ทั้งจำนวนตัวอย่างและปริมาณที่ใช้สูงกว่าในแหล่งผลิต คือ สมุทรสงคราม สาเหตุอาจเกิดเนื่องจากความจำเป็นในการชะลอการเปลี่ยนสีระหว่างการขนส่งและเก็บรักษา ขณะที่ในแหล่งผลิตสามารถผลิตและจำหน่ายได้เร็วความจำเป็นในการใช้สารฟอกขาวจึงน้อยกว่า ดังจะเห็นได้จากความสัมพันธ์ของความเข้มของสีกับปริมาณการตกค้างของ SO_2 ในน้ำตาล การซื้อน้ำตาลมะพร้าวจากตลาดของกรุงเทพมหานครผู้บริโภคจะมีความเสี่ยงต่อการได้รับ SO_2 จากการบริโภคน้ำตาลมะพร้าว (1.52% ของค่า ADI) สูงกว่าการซื้อน้ำตาลมะพร้าวจากตลาดในสมุทรสงคราม (0.46% ของค่า ADI) อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาการได้รับ SO_2 จากอาหารทั้งหมดที่คนไทยบริโภคด้วย **วารสารโภชนาการ 2547;39(3):45-56**

คำสำคัญ: *น้ำตาลมะพร้าว, สารฟอกขาว, สารซัลไฟต์*

---

[1] สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล [2] สถาบันอาหาร

คำนำ

การผลิตน้ำตาลมะพร้าวเป็นอุตสาหกรรมพื้นบ้านที่มีการผลิตในหลายจังหวัดโดยนำน้ำตาลสดจากจั่นมะพร้าวมาเคี่ยวจนได้น้ำตาลแห้ง เทใส่ปี๊บเรียก น้ำตาลปี๊บ หยอดใส่พิมพ์ เรียก น้ำตาลปึก แต่ปัจจุบันการผลิตมีการเปลี่ยนรูปแบบไป มีการใช้สารฟอกขาวในการผลิตเพื่อชะลอการเปลี่ยนสีของน้ำตาล ที่พบส่วนใหญ่เป็นกลุ่มของสารซัลไฟต์ มีการผสมน้ำตาลทรายเพื่อคงรูปน้ำตาลไม่ให้เยิ้มเหลว และมีการผลิตน้ำตาลหลอมขึ้น โดยนำน้ำตาลสด ผสมน้ำตาลทราย แบะแซ กากน้ำตาล สารฟอกขาว และสี มาแข่งขัน ทำให้ผู้ผลิตน้ำตาลมะพร้าวแท้หลายรายเลิกอาชีพไป การใช้สารฟอกขาวในการผลิตน้ำตาลนั้นกระทรวงสาธารณสุขมีการอนุญาตให้ใช้ คือ กลุ่มของสารซัลไฟต์ที่อนุญาตให้ใส่ในอาหาร[1] ได้แก่ ซัลเฟอร์-ไดออกไซด์ (SO_2) โซเดียม-โปแทสเซียมซัลไฟต์ โซเดียม-โปแทสเซียมไบซัลไฟต์ และโซเดียม-โปแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ โดยอนุญาตให้ใช้สารฟอกขาวกลุ่มนี้ในการผลิตน้ำตาลมะพร้าวในระดับที่มีปริมาณการตกค้างของ SO_2 ไม่เกิน 40 มก./กก. อาหาร[2] แต่จากการสำรวจของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ใน พ.ศ.2528 ที่จังหวัดสมุทรสงคราม[3] พบว่า 92% ของสารฟอกขาวที่ใช้ผลิตน้ำตาลมะพร้าว คือ "โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์" ซึ่งเป็นสารที่ไม่อนุญาตให้ใส่ในอาหาร เนื่องจากมีความเป็นพิษสูง ถ้าบริโภคในปริมาณมากจะทำให้เกิดการอักเสบที่ลำคอและระบบทางเดินอาหาร ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน การไหลเวียนโลหิตล้มเหลว ระบบหายใจล้มเหลว หมดสติ และอาจเสียชีวิตได้ นอกจากทำให้เกิดความระคายเคืองต่อระบบทางเดินอาหารเมื่อได้รับในปริมาณมากแล้ว สารซัลไฟต์ยังสามารถก่อให้เกิดอาการแพ้อย่างรุนแรงในกลุ่มคนที่ไวต่อการแพ้ โดยเฉพาะผู้ที่เป็นโรคภูมิแพ้หรือโรคหอบหืด จะทำให้เกิดอาการเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ (การอุดตันของหลอดลมและหลอดลมอักเสบ) อาจทำให้ช็อก หมดสติ และเสียชีวิตได้ แม้ได้รับในปริมาณน้อย โดยมีรายงานการเกิดภาวะการแพ้ในผู้บริโภคสลัดที่พ่นด้วยโซเดียมไบซัลไฟต์ 10 มก. และพบว่ากลุ่มเด็กที่เป็นโรคหอบหืดจะมีความไวต่อการแพ้สารซัลไฟต์สูงกว่าผู้ใหญ่[4-7] หลายประเทศจึงมีการกำหนดให้มีการแสดงฉลากในอาหารที่มีการใช้สารซัลไฟต์เป็นวัตถุเจือปนอาหาร ในประเทศไทยมีการกำหนดปริมาณการใช้สารกลุ่มนี้ในอาหารหลายประเภท แต่ยังพบว่ามีการนำสารซัลไฟต์ไปใช้ในอาหารอย่างไม่เหมาะสมทั้งชนิดและปริมาณ ดังมีรายงานการพบผู้ป่วยจากการบริโภคอาหารซึ่งมีการใช้เครื่องปรุงรสจากน้ำตาลและกะปิที่ใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์เป็นสารฟอกขาว โดย พ.ศ.2528 มีรายงานว่ากลุ่มครูและนักเรียนที่บริโภคข้าวคลุกกะปิซึ่งมีโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์เจือปนอยู่ มีอาการ คลื่นไส้ อาเจียน และปวดท้อง กลุ่มผู้รับการฝึกหลักสูตรจู่โจมเกิดอาการเจ็บป่วยและมีผู้เสียชีวิต จากการรับประทานอาหารที่มีโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ผสมในน้ำตาลปึกและเครื่องปรุงรสอื่น ๆ[8] นอกจากพบการใช้สารฟอกขาวผิดชนิดแล้วยังพบการใช้ในปริมาณสูงเกินมาตรฐาน ดังการศึกษาของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ใน พ.ศ.2544 ที่สมุทรสงคราม[9] พบว่า 50% ของน้ำตาลมะพร้าวที่ผลิต มีปริมาณ SO_2 เกินมาตรฐานตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อทราบถึงสถานการณ์การใช้สารฟอกขาวกลุ่มของสารซัลไฟต์ในน้ำตาลมะพร้าว และนำข้อมูลมาใช้ในการประเมิน

ความเสี่ยงต่อการได้รับ SO_2 จากการบริโภคน้ำตาลมะพร้าว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาปริมาณการตกค้างของ SO_2 ในน้ำตาลปี๊บและน้ำตาลปึกซึ่งผลิตจากน้ำตาลมะพร้าวที่วางจำหน่ายในตลาดใหญ่ของผู้บริโภค คือ กรุงเทพมหานคร และในแหล่งผลิตสำคัญ คือ จังหวัดสมุทรสงคราม และประเมินการได้รับ SO_2 จากการบริโภคน้ำตาลมะพร้าวในชุมชนเหล่านี้ เพื่อก่อให้เกิดความตระหนักถึงความจำเป็นในการปรับปรุงการผลิตน้ำตาลมะพร้าวให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและปลอดภัยต่อการบริโภค

วิธีการวิจัย

1. การวิเคราะห์ปริมาณสารซัลไฟต์ในน้ำตาลปี๊บและน้ำตาลปึก

เก็บตัวอย่างน้ำตาลปี๊บและน้ำตาลปึกซึ่งผลิตจากน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในกรุงเทพมหานคร 6 ตลาด จาก 6 เขต ได้แก่ เทเวศร์ บางแค ราษฎร์บูรณะ คลองเตย ลาดพร้าว และหลักสี่ ตลาดละ 12 ตัวอย่าง และน้ำตาลที่วางจำหน่ายในตลาดสมุทรสงคราม 3 ตลาด จาก 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภออัมพวา และอำเภอบางคนที ตลาดละ 12 ตัวอย่าง วิเคราะห์หาปริมาณสารซัลไฟต์ในรูปของ SO_2 โดยวิธี Optimized Monier-Williams[10]

2. การประเมินการได้รับ SO_2 จากการบริโภคน้ำตาลมะพร้าว

นำข้อมูลปริมาณ SO_2 ที่พบในน้ำตาลมะพร้าวจากการวิจัยนี้ และข้อมูลการสำรวจการบริโภคอาหารของกรมอนามัย[11] ซึ่งพบว่า ค่าเฉลี่ยการบริโภคน้ำตาลมะพร้าวของคนไทยคือ 1.81±6.38 กรัม/คน/วัน โดยพบว่าเขตเมืองมีการบริโภคเฉลี่ย 1.74±5.62 กรัม/คน/วัน มาใช้เป็นค่าเฉลี่ยปริมาณการบริโภคน้ำตาลมะพร้าวของคนกรุงเทพฯ และพบว่าเขตชนบทมีการบริโภคเฉลี่ย 1.83±6.58 กรัม/คน/วัน มาใช้เป็นค่าเฉลี่ยปริมาณการบริโภคน้ำตาลมะพร้าวของคนสมุทรสงคราม ในสูตรการคำนวณดังนี้

$$I = \frac{S \times C}{bw}$$

I = ค่าเฉลี่ยปริมาณ SO_2 ที่ได้รับจากการบริโภคน้ำตาลมะพร้าว (มก./กก.น้ำหนักตัว/วัน)

S = ค่าเฉลี่ยปริมาณ SO_2 ที่พบในน้ำตาลมะพร้าว (มก./กก.)

C = ค่าเฉลี่ยปริมาณการบริโภคน้ำตาลมะพร้าวของคนไทย (กก./คน/วัน)

bw = ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของคนไทย (60 กก.)

3. การศึกษาความเข้มของสีกับปริมาณ SO_2 ที่พบในน้ำตาลมะพร้าว

นำตัวอย่างน้ำตาลมะพร้าวมาทดสอบความเข้มของสีโดยเปรียบเทียบกับสีใน Munsell book of color เมื่อเปรียบเทียบกับสีใน Munsell book of color แล้ว ทำการบันทึกความเข้มของสี โดยแบ่งกลุ่มสีเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 = กลุ่มสีเหลืองอ่อน ประกอบด้วยสี

2.5Y9/4, 2.5Y8.5/6, 2.5Y8/6, 2.5Y8/4, 2.5Y7/6 และ 2.5Y7/4

กลุ่มที่ 2 = กลุ่มสีน้ำตาลเหลือง (สีเหลืองจนถึงสีเหลืองน้ำตาล) ประกอบด้วยสี

2.5Y6/8-2.5Y5/8 และ 10YR6/6-10YR5/6

กลุ่มที่ 3 = กลุ่มสีน้ำตาลเข้ม (สีน้ำตาลจนถึงสีน้ำตาลเข้ม) ประกอบด้วยสี

7.5YR4/6, 10YR4/6-10YR4/4 และ 2.5Y4/6-2.5Y4/4

ผลการศึกษา

1. การวิเคราะห์ปริมาณสารซัลไฟต์ในน้ำตาลปี๊บและน้ำตาลปึก

การวิเคราะห์ปริมาณสารซัลไฟต์ในรูปของ SO_2 ในน้ำตาลมะพร้าวที่วางจำหน่ายในตลาดกรุงเทพมหานคร 12 ตลาด (72 ตัวอย่าง) พบว่าค่าเฉลี่ยของ SO_2 ในน้ำตาลมะพร้าวมีค่าเท่ากับ 367.76±506.58 มก./กก. (ND-1,837.60 มก./กก.) และร้อยละ 55.6 ของน้ำตาลมะพร้าว มีปริมาณ SO_2 ตกค้างเกินมาตรฐาน (51.96-1,837.60 มก./กก.) ดังแสดงใน**ตารางที่ 1** โดยน้ำตาลมะพร้าวจากตลาดหลักสี่มีจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานสูงสุด คือร้อยละ 75.0 ขณะที่น้ำตาลมะพร้าวจากตลาดบางแคมีจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด คือร้อยละ 33.3 และพบว่าค่าเฉลี่ยของ SO_2 ในน้ำตาลมะพร้าวที่เก็บจากตลาด ราษฎร์บูรณะ หลักสี่ ลาดพร้าว บางแค คลองเตย และ เทเวศร์ มีค่าสูงเกินมาตรฐาน

การวิเคราะห์ปริมาณสารซัลไฟต์ในรูปของ SO_2 ในน้ำตาลมะพร้าวที่วางจำหน่ายในตลาดสมุทรสงคราม 3 ตลาด (36 ตัวอย่าง) พบว่าค่าเฉลี่ยของ SO_2 ในน้ำตาลมะพร้าวมีค่าเท่ากับ 105.00±209.15 มก./กก. (ND-870.45 มก./กก.) และร้อยละ 30.6 ของน้ำตาลมะพร้าว มีปริมาณ SO_2 ตกค้างเกินมาตรฐาน (43.95-870.45 มก./กก.) ดังแสดงใน**ตารางที่ 1** โดยน้ำตาลมะพร้าวจากตลาดอำเภอเมืองมีจำนวนตัวอย่างไม่ผ่าน

ตารางที่ 1 *ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่พบในน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในตลาดของกรุงเทพมหานครและสมุทรสงคราม*

ปริมาณซัลเฟอร์-ไดออกไซด์	น้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในกรุงเทพมหานคร			น้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในสมุทรสงคราม		
	จำนวนตัวอย่าง	ร้อยละ	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (มก./กก.) Mean±SD (Range)	จำนวนตัวอย่าง	ร้อยละ	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (มก./กก.) Mean±SD (Range)
ไม่พบ (Not detected)	19	26.4	ND*	21	58.3	ND*
พบในมาตรฐาน (≤40 มก./กก.)	13	18.1	10.05±10.25 (1.74-38.59)	4	11.1	27.16±8.32 (14.93-33.58)
สูงกว่ามาตรฐาน (>40 มก./กก.)	40	55.6	678.71±573.35 (51.96-1,837.60)	11	30.6	333.78±216.86 (43.95-870.45)
ค่าเฉลี่ย	72		367.76±506.58 (ND*-1,837.60)	36		105.00±209.15 (ND*-870.45)

หมายเหตุ : * ND = Not detectedหมายถึง มีค่าน้อยจนไม่สามารถวิเคราะห์ได้

เกณฑ์มาตรฐานสูงสุด คือ ร้อยละ 41.7 ขณะที่น้ำตาลมะพร้าวจากตลาดอำเภออัมพวามีจำนวนตัวอย่างไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด คือ ร้อยละ 16.7 และพบว่าค่าเฉลี่ยของ SO_2 ในน้ำตาลมะพร้าวที่เก็บจากตลาดอำเภอเมือง อำเภอบางคนที และอำเภออัมพวา มีค่าสูงเกินมาตรฐาน

เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 จังหวัด **(ตารางที่ 2)** พบว่าปริมาณการตกค้างของ SO_2 ในน้ำตาลมะพร้าวที่เก็บจากตลาดกรุงเทพมหานครมีค่าสูงกว่าน้ำตาลมะพร้าวที่เก็บจากตลาดสมุทรสงคราม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ โดยพบว่าปริมาณ SO_2 ในน้ำตาลปี๊บที่เก็บจากตลาดในกรุงเทพมหานคร (271.69 มก./กก.) ไม่มีความแตกต่างจากน้ำตาลปี๊บที่เก็บจากตลาดในสมุทรสงคราม (348.71 มก./กก.) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณ SO_2 ในน้ำตาลปึกที่เก็บจากตลาดในกรุงเทพมหานคร (463.83 มก./กก.) มีค่าสูงกว่าน้ำตาลปึกที่เก็บจากตลาดในสมุทรสงคราม (56.26 มก./กก.) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ และน้ำตาลปี๊บที่เก็บจากตลาดในกรุงเทพมหานครและสมุทรสงคราม 42 ตัวอย่าง พบร้อยละ 61.9 มี SO_2 ตกค้างสูงกว่ามาตรฐาน ขณะที่น้ำตาลปึกที่เก็บจากตลาดในกรุงเทพมหานครและสมุทรสงคราม 66 ตัวอย่าง พบร้อยละ 30.4 มี SO_2 ตกค้างสูงกว่ามาตรฐาน

2. การประเมินการได้รับ SO_2 จากการบริโภคน้ำตาลมะพร้าว

การคำนวณการได้รับ SO_2 จากการบริโภคน้ำตาลมะพร้าวของคนกรุงเทพมหานคร และคนสมุทรสงคราม **(ตารางที่ 3)** พบว่า ปริมาณการได้รับ SO_2 จากการบริโภคน้ำตาลมะพร้าวของคนกรุงเทพมหานคร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0107 มก./กก. น้ำหนักตัว/วัน ซึ่งต่ำกว่าค่า ADI (Acceptable

ตารางที่ 2 *ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่พบในน้ำตาลปี๊บและน้ำตาลปึกที่ผลิตจากน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในตลาดของกรุงเทพมหานครและสมุทรสงคราม*

ชนิดน้ำตาล	น้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในกรุงเทพมหานคร			น้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในสมุทรสงคราม		
	จำนวนตัวอย่าง	ร้อยละที่เกินมาตรฐาน	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (มก./กก.) Mean±SD (Range)	จำนวนตัวอย่าง	ร้อยละที่เกินมาตรฐาน	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (มก./กก.) Mean±SD (Range)
น้ำตาลปี๊บ	36	58.3	271.69±296.27[a] (ND*-1,224.63)	6	83.3	348.71±330.98[a] (30.06-870.45)
น้ำตาลปึก	36	52.8	463.83±643.28[a] (ND*-1,837.60)	30	16.7	56.26±138.41[b] (ND*-593.78)
น้ำตาลมะพร้าว	72	55.6	367.76±506.58[a] (ND*-1,837.60)	36	30.6	105.00±209.15[b] (ND*-870.45)

หมายเหตุ : * ND = Not detected หมายถึง มีค่าน้อยจนไม่สามารถวิเคราะห์ได้

a, b หมายถึง ค่า Mean ในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $p<0.05$

Daily Intake) ของ SO_2 คือ 0.7 มก./กก.น้ำหนักตัว/วัน ค่า ADI เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณเฉลี่ยที่คนได้รับสารชนิดนั้นต่อวัน แล้วไม่ก่อให้เกิดอันตราย หรือผลกระทบต่อสุขภาพ ในการได้รับสารนั้นตลอดชั่วชีวิต โดยปริมาณการได้รับ SO_2 จากการบริโภคน้ำตาลมะพร้าวของคนกรุงเทพมหานครมีค่าเพียงร้อยละ 1.52 ของ ADI แต่มีค่าสูงกว่าที่คนสมุทรสงครามได้รับ และพบว่า ปริมาณการได้รับ SO_2 จากการบริโภคน้ำตาลมะพร้าวของคนสมุทรสงคราม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0032 มก./กก. น้ำหนักตัว/วัน ซึ่งต่ำกว่าค่า ADI มาก โดยมีค่าเพียงร้อยละ 0.46 ของ ADI

3. การศึกษาความเข้มของสีกับปริมาณ SO_2 ที่พบในน้ำตาลมะพร้าว

พบว่าปริมาณการตกค้างของ SO_2 ในน้ำตาลมะพร้าวที่เก็บจากตลาดในกรุงเทพมหานคร มีความสัมพันธ์กับความเข้มของสีของน้ำตาลมะพร้าว **(ตารางที่ 4)** โดยน้ำตาลมะพร้าวที่เก็บจากตลาดในกรุงเทพมหานคร ที่มี SO_2 ระหว่าง มีค่าน้อยจนไม่สามารถวิเคราะห์ได้ (ND) ถึง 40 มก./กก. มีสีอยู่ในกลุ่มสีน้ำตาลเข้มเป็นส่วนใหญ่ (56.3%) น้ำตาลมะพร้าวที่มี SO_2 ระหว่าง 101-1,000 มก./กก. มีสีอยู่ในกลุ่มสีน้ำตาลเหลืองเป็นส่วนใหญ่ (73.1%) และน้ำตาลมะพร้าวที่มี SO_2 ระหว่าง 1,001-

ตารางที่ 3 *ประมาณการได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการบริโภคน้ำตาลมะพร้าว*

ค่าเฉลี่ยปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในน้ำตาลมะพร้าว (มก./กก.)	การได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2 intake) มก./คน/วัน	มก./กก./วัน	% intake/ADI
ตลาดในกรุงเทพมหานคร			
เทเวศร์	191.94	0.33	0.0056	0.80
บางแค	230.49	0.40	0.0067	0.95
ราษฎร์บูรณะ	772.44	1.34	0.0224	3.20
คลองเตย	227.85	0.40	0.0066	0.94
ลาดพร้าว	378.37	0.66	0.0110	1.57
หลักสี่	405.48	0.71	0.0118	1.68
ค่าเฉลี่ย	**367.76**	**0.64**	**0.0107**	**1.52**
ตลาดในสมุทรสงคราม			
อำเภอเมือง	226.45	0.41	0.0069	0.99
อำเภออัมพวา	17.37	0.03	0.0005	0.08
อำเภอบางคนที	71.19	0.13	0.0022	0.31
ค่าเฉลี่ย	**105.00**	**0.19**	**0.0032**	**0.46**

ตารางที่ 4 *ความเข้มของสีและปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในน้ำตาลมะพร้าวที่เก็บจากตลาดในกรุงเทพมหานครและสมุทรสงคราม*

ปริมาณ SO_2 (มก./กก.)	กรุงเทพมหานคร				สมุทรสงคราม			
	จำนวนตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง (ร้อยละ)			จำนวนตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง (ร้อยละ)		
		เหลืองอ่อน	น้ำตาลเหลือง	น้ำตาลเข้ม		เหลืองอ่อน	น้ำตาลเหลือง	น้ำตาลเข้ม
ND-40	32	4 (12.5)	10 (31.3)	18 (56.3)	25	7 (28.0)	7 (28.0)	11 (44.0)
41-100	3	0 (0)	3 (100.0)	0 (0)	2	1 (50.0)	0 (0)	(50.0)
101-1000	26	5 (19.2)	19 (73.1)	2 (7.7)	9	1 (11.1)	7 (77.8)	1 (11.1)
1001-2000	11	7 (63.6)	3 (27.3)	1 (9.1)	0	0 (0)	0 (0)	0 (0)
รวม	**72**	**16 (22.2)**	**35 (48.6)**	**21(29.2)**	**36**	**9 (25.0)**	**14 (38.9)**	**13 (36.1)**

2,000 มก./กก. มีสีอยู่ในกลุ่มสีเหลืองอ่อนเป็นส่วนใหญ่ (63.6%) ส่วนน้ำตาลมะพร้าวที่เก็บจากตลาดในสมุทรสงคราม **(ตารางที่ 4)** พบว่า น้ำตาลมะพร้าวที่มี SO_2 ระหว่าง ND ถึง 40 มก./กก. มีสีอยู่ในกลุ่มสีน้ำตาลเข้มเป็นส่วนใหญ่ (44.0%) และน้ำตาลมะพร้าวที่มี SO_2 ระหว่าง 101-1,000 มก./กก. มีสีอยู่ในกลุ่มสีน้ำตาลเหลืองเป็นส่วนใหญ่ (77.8%) ไม่พบตัวอย่างน้ำตาลมะพร้าวที่มี SO_2 >1,000 มก./กก.

การอภิปรายผล

การศึกษานี้พบว่าปริมาณ SO_2 ในน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในตลาดกรุงเทพมหานครและสมุทรสงคราม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 367.76 และ 105.00 มก./กก. ตามลำดับ โดยน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในตลาดกรุงเทพมหานคร มีปริมาณ SO_2 สูงกว่าน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในตลาดสมุทรสงคราม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในตลาดกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่ (55.6%) มี SO_2 ตกค้างสูงกว่าที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด แต่น้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในตลาดสมุทรสงครามพบเกินมาตรฐานเพียงร้อยละ 30.6 อย่างไรก็ตามมีการศึกษาก่อนหน้านี้ในน้ำตาลมะพร้าวที่เก็บจากเตาเคี่ยวน้ำตาลในสมุทรสงคราม พบว่าร้อยละ 50.2 ของน้ำตาลมะพร้าวมีปริมาณ SO_2 เกินมาตรฐาน[9] แสดงว่าในแหล่งผลิตน้ำตาลมะพร้าวยังมีการใช้สารฟอกขาวกลุ่มซัลไฟต์ และในการศึกษานี้ยังพบว่าน้ำตาลมะพร้าวที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในแหล่งผลิต คือ สมุทรสงคราม มีการใช้สารซัลไฟต์น้อยกว่าน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในตลาดกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นตลาดที่รับน้ำตาลมะพร้าวมาจากแหล่งผลิตที่ห่างไกลหลายจังหวัด ดังนั้นการควบคุมความปลอดภัยด้านอาหารของประเทศอาจยังไม่เหมาะสมพอ ทำให้เกิดการผลิตน้ำตาลมะพร้าวที่มีการใช้สารฟอกขาวเกินมาตรฐาน อาจเกิดจากผู้ผลิตขาดความรู้ในการผลิตน้ำตาลมะพร้าวที่มีคุณภาพดี ทั้งการเลือกชนิดของสารฟอกขาวที่ถูกต้อง ดังมีการสำรวจพบการใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์เป็นสารฟอกขาวในการผลิตน้ำตาล[3] และการขาดความรู้ในการใช้สารฟอกขาวในปริมาณที่สามารถรักษาคุณภาพน้ำตาลไว้ได้ในระยะเวลาที่เหมาะสม

โดยไม่ก่อให้เกิดการตกค้างเกินมาตรฐาน จึงเกิดการใช้สารฟอกขาวปริมาณสูงเมื่อต้องการส่งไปจำหน่ายในที่ห่างไกล เพื่อสามารถเก็บน้ำตาลให้มีสีเหลืองขาวได้นาน เนื่องจากสารฟอกขาวกลุ่มของสารซัลไฟต์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning Reaction) ของอาหารได้ทั้งแบบที่เกิดจากการกระตุ้นโดยเอ็นไซม์และไม่ใช่เอ็นไซม์[16] จึงนิยมนำมาใช้ป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของน้ำตาลมะพร้าวที่เกิดจากความร้อน (Caramelization) ที่ใช้ในการเคี่ยวน้ำตาล และระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ทำให้สามารถเก็บน้ำตาลได้นานขึ้นโดยยังคงสีเหลืองอ่อนเหมือนเดิม ซึ่งจะเห็นได้จากการที่สีของน้ำตาลมะพร้าวมีความสัมพันธ์กับปริมาณการตกค้างของ SO_2 โดยพบปริมาณ SO_2 สูง ในน้ำตาลมะพร้าวสีเหลืองอ่อนมากกว่าสีน้ำตาลเข้ม **(ตารางที่ 4)** และน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในตลาดของกรุงเทพมหานครนั้น พบว่าน้ำตาลมะพร้าวกลุ่มที่มีสีเหลืองอ่อนส่วนใหญ่ (75.0%) มี SO_2 ตกค้างเกินมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด และร้อยละ 43.8 ของน้ำตาลกลุ่มนี้มี SO_2 อยู่ระหว่าง 1,001-2,000 มก./กก. ซึ่งสูงกว่าปริมาณที่อนุญาตให้มีในน้ำตาลมะพร้าวมาก ขณะที่น้ำตาลมะพร้าวกลุ่มที่มีสีน้ำตาลเข้มส่วนใหญ่ (85.7%) มี SO_2 อยู่ระหว่าง ND ถึง 40 มก./กก. ซึ่งอยู่ในระดับมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด แสดงว่าในกลุ่มของน้ำตาลมะพร้าวสีเหลืองอ่อนส่วนใหญ่มีการใส่สารซัลไฟต์ในปริมาณมาก เพื่อช่วยชะลอปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล สำหรับการจำหน่ายในแหล่งผลิตคือสมุทรสงครามนั้น ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์พบว่าน้ำตาลมะพร้าวสามารถจำหน่ายได้หมดในเวลาอันสั้น และคนท้องถิ่นทราบถึงความไม่ปลอดภัยในการใช้สารฟอกขาวในการผลิต จึงเลือกซื้อน้ำตาลที่ผลิตโดยไม่ใส่สารฟอกขาว ทำให้น้ำตาลมะพร้าวส่วนใหญ่ที่ผลิตเพื่อวางจำหน่ายในตลาดของสมุทรสงครามมีการใช้สารฟอกขาวน้อย ดังที่พบว่าส่วนใหญ่ (58.3%) ของน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในตลาดสมุทรสงครามมี SO_2 ในปริมาณน้อยจนไม่สามารถวิเคราะห์ได้ ขณะที่ส่วนใหญ่ (55.6%) ของน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในตลาดกรุงเทพมหานครมี SO_2 ในปริมาณที่สูงกว่ามาตรฐาน เนื่องจากโดยธรรมชาติของน้ำตาลมะพร้าว เมื่อเก็บไว้นานจะเกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้นจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล โดยเฉพาะเมื่อเก็บที่อุณหภูมิสูงดังเช่นในอุณหภูมิห้อง จะเห็นได้ว่าน้ำตาลที่เพิ่งผลิตใหม่ เช่นที่พบในตลาดของสมุทรสงคราม จะมีสีเหลืองอ่อนแม้ไม่ใส่สารฟอกขาว แต่เมื่อผ่านไป 1 อาทิตย์ จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเหลือง และน้ำตาลเข้มในเวลาต่อมา ดังนั้นน้ำตาลที่ถูกส่งมาจำหน่ายที่กรุงเทพมหานคร ถ้าใส่สารฟอกขาวน้อยหรือไม่ใส่มักจะมีสีน้ำตาลเหลืองจนถึงน้ำตาลเข้ม ดังข้อมูลใน **ตารางที่ 4** และจากการที่ผู้บริโภคนิยมเลือกซื้อน้ำตาลมะพร้าวที่มีสีเหลืองอ่อน ผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องใส่สารฟอกขาวในปริมาณสูงเพื่อชะลอปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างขั้นตอนการผลิตและการเก็บรักษา

นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำตาลปี๊บเป็นน้ำตาลที่มีการใช้สารฟอกขาวในการผลิตสูงกว่าน้ำตาลปึก เนื่องจากการผลิตน้ำตาลปึกนั้นผู้ผลิตนิยมใช้น้ำตาลสดคุณภาพดีที่รองได้ในวันนั้นมาเคี่ยว เพราะขายได้ราคาดีกว่า สีของน้ำตาลที่เคี่ยวได้จึงเป็นสีเหลืองขาว ไม่จำเป็นต้องใส่สารฟอกขาวมากนัก จากการสัมภาษณ์ข้อมูลการผลิตพบว่าในการผลิตน้ำตาลปี๊บนั้น ผู้ผลิตบางรายนิยมใช้น้ำตาลค้างคืนที่อุ่นไว้มาผลิต บางครั้งเป็นน้ำตาลเก่าที่ผ่านการเคี่ยวมาแล้วมาผลิต น้ำตาลที่เคี่ยว

ตารางที่ 5 *ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้รับจากการบริโภคอาหารชนิดต่างๆ*

อาหาร	ปริมาณบริโภค[a] ก./คน/วัน	อาหารดิบ		อาหารสุก			% intake/ ADI
		ปริมาณ SO_2 (มก./กก.)	การได้รับ SO_2 (มก./กก./วัน)	ปัจจัยของการปรุง	ปริมาณ SO_2 (มก./กก.)	การได้รับ SO_2 (มก./กก./วัน)	
น้ำตาลมะพร้าว	1.81	236.4	0.00713	-	-	-	1.02
น้ำตาลทราย	11.42	70.0[b]	0.01332	-	-	-	1.90
กะปิ	1.18	540.0[12]	0.01062	-	-	-	1.52
เส้นหมี่	0.56	105.2[13]	0.00098	0.23[13]	24.2	0.00023	0.03
ก๋วยเตี๋ยว	2.72	69.4[13]	0.00315	0.29[13]	20.0[13]	0.00091	0.13
วุ้นเส้น	1.59	64.7[13]	0.00171	0.32[13]	20.7	0.00055	0.08
กุ้งแช่แข็ง	0.33	100.0[b]	0.00055	0.75	75.0	0.00041	0.06
เนื้อปูสด	0.85	2.2[14]	0.00003	0.75	1.7[14]	0.00002	0.003
ปูกระป๋อง	0.85	44.8[14]	0.00063	0.45	20.0[14]	0.00028	0.04
ผักกาดดอง	0.96	156.4[15]	0.00250	-	-	-	0.36
หน่อไม้ดอง	1.47	80.4[15]	0.00197	-	-	-	0.28
ขิงหั่นฝอย	0.10	85.1[15]	0.00014	-	-	-	0.02
ถั่วงอก	3.56	4.5[15]	0.00027	-	-	-	0.04
มะม่วงดอง	-	55.1[15]	-	-	-	-	-
กระท้องดอง	-	99.8[15]	-	-	-	-	-
มะละกอเชื่อมแห้ง	-	155.0[15]	-	-	-	-	-
สับปะรดเชื่อมแห้ง	-	267.0[15]	-	-	-	-	-
ลูกเกดแห้ง	-	1500.0[b]	-	-	-	-	-
กลูโคสไซรัป	-	400.0[b]	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : ปริมาณ SO_2 ในอาหาร ได้จากการรวบรวมเอกสารงานวิจัย 12-15

a = ปริมาณอาหารที่บริโภค จากข้อมูลกรมอนามัย พ.ศ.2538

b = ปริมาณ SO_2 สูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ในอาหาร จากข้อมูลตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข

- = ไม่มีข้อมูลที่นำมาคำนวณได้

ได้จึงมีสีน้ำตาลเข้มดูไม่น่ารับประทาน เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากความร้อนและระหว่างการเก็บรักษา เมื่อนำมาเคี่ยวอีกครั้ง จึงจำเป็นต้องใส่สารฟอกขาวในปริมาณมากเพื่อทำให้น้ำตาลที่เคี่ยวได้มีสีน้ำตาลอ่อนลง

การคำนวณปริมาณการได้รับ SO_2 จากการบริโภคน้ำตาลมะพร้าว พบว่าผู้บริโภคจะมีความเสี่ยงต่อการได้รับ SO_2 จากการบริโภคน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในตลาดกรุงเทพมหานครสูงกว่าการบริโภคน้ำตาลมะพร้าวในตลาด

สมุทรสงคราม แต่ปริมาณ SO_2 ที่ได้รับจากการบริโภคน้ำตาลมะพร้าวของคนกรุงเทพมหานครและคนสมุทรสงคราม มีค่าเพียงร้อยละ 1.52 และ 0.46 ของค่า ADI ตามลำดับ แสดงว่าการบริโภคน้ำตาลมะพร้าวของคนกรุงเทพมหานครและคนสมุทรสงคราม ไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการได้รับ SO_2 เกินค่าที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ แต่ผู้บริโภคมีโอกาสได้รับ SO_2 จากแหล่งอาหารอื่นอีก ดังแสดงใน**ตารางที่ 5** จะเห็นว่ามีอาหารหลายชนิดที่มีการบริโภคในชีวิตประจำวันของคนไทยมีการใช้สารฟอกขาวกลุ่มของสารซัลไฟต์เจือปนลงในอาหาร ทั้งในอาหารกลุ่มที่กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตและไม่อนุญาตให้ใส่สารฟอกขาวกลุ่มนี้[12-15] ดังนั้นควรมีการศึกษารวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการตกค้างของ SO_2 ในอาหารที่คนไทยบริโภคเพื่อใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อการได้รับ SO_2 จากการบริโภคอาหารของคนไทย ซึ่งหลายประเทศได้มีการศึกษารวบรวมข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงต่อการได้รับสารซัลไฟต์จากการบริโภคอาหารในชีวิตประจำวัน[17]

สรุปผลการวิจัย

การพบการตกค้างของ SO_2 ในน้ำตาลปี๊บและน้ำตาลปึกที่ผลิตจากน้ำตาลมะพร้าวซึ่งจำหน่ายในตลาดกรุงเทพมหานครและสมุทรสงคราม โดยมีค่าเฉลี่ยในระดับสูงกว่าที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด แสดงให้เห็นว่ายังมีการใช้สารฟอกขาวกลุ่มของสารซัลไฟต์ในการผลิตน้ำตาลมะพร้าวอยู่ โดยไม่มีการควบคุมปริมาณการใช้ที่เหมาะสม เมื่อประเมินการได้รับ SO_2 จากการบริโภคน้ำตาลมะพร้าว พบว่าผู้บริโภคจะมีโอกาสได้รับ SO_2 จากการบริโภคน้ำตาลมะพร้าวที่จำหน่ายในทั้ง 2 จังหวัดต่ำกว่าค่า ADI มาก อย่างไรก็ตามผู้บริโภคมีโอกาสได้รับ SO_2 จากการบริโภคอาหารอื่นอีก จากการรวบรวมข้อมูลการตกค้างของ SO_2 ในอาหาร พบว่าอาหารหลายประเภทที่จำหน่ายในท้องตลาด บางตัวอย่างพบ SO_2 ปริมาณสูง และมีการลักลอบใส่สารซัลไฟต์ในอาหารหลายชนิด โดยไม่มีการแสดงฉลาก ดังนั้นผู้บริโภคควรมีความใส่ใจในการเลือกซื้ออาหาร หลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารที่มีการใช้สารฟอกขาวปริมาณสูง โดยสังเกตจากลักษณะอาหารที่ผิดจากสภาพตามธรรมชาติของอาหารนั้น การซื้อน้ำตาลมะพร้าวควรสังเกตการเปลี่ยนสีของน้ำตาล โดยธรรมชาติของน้ำตาลมะพร้าวเมื่อเก็บไว้ 1-2 อาทิตย์ที่อุณหภูมิห้องจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลเข้มและเยิ้มเหลว การเก็บให้คงสภาพเดิมควรเก็บในอุณหภูมิต่ำ เช่น ตู้เย็น ถ้าเก็บน้ำตาลมะพร้าวหรือกะปิที่อุณหภูมิห้องโดยไม่เปลี่ยนสีนานหลายเดือน ถั่วงอกที่เด็ดหางบริเวณรอยเด็ดสียังขาว หน่อไม้หรือขิงหั่นแล้วยังขาวอยู่นาน หัวไชเท้าที่ขัดถูผิวแล้วยังขาวนวลหลายวัน แสดงว่าอาหารเหล่านี้อาจมีการใส่สารฟอกขาวเพื่อช่วยในการรักษาคุณภาพของสีและป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลอันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีในอาหารหลายประเภท

เอกสารอ้างอิง

1. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 พ.ศ.2522. เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร. พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522; ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 96, 2522.
2. ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พ.ศ.2532. เรื่องมาตรฐานน้ำตาลมะพร้าวที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปนเปื้อน. 26 พฤษภาคม 2532.
3. ญานี วรรณสถิตย์. การศึกษาวิจัยการใช้สารฟอกสีในน้ำตาลมะพร้าว. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข 2538.
4. World Health Organization. Safety evaluation of certain food additives: Sulfur dioxide and sulfites. 51th meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Geneva 1999.
5. Maga, JA. Tu AT. Food additive toxicology. New York: Marcel Dekker, Inc, 1995.
6. Papazian R. Sulfites: Safe for most, Dangerous for some. The FDA Consumer, 1996.
7. Prenner BM, Stevens JJ. Anaphylaxis after ingestion of sodium bisulfite. Ann Allergy 1976;37:180-2
8. สมพูล กฤตลักษณ์. รายงานการประชุมวิชาการของสมาคมพิษวิทยาแห่งประเทศไทย เรื่อง การควบคุมสารพิษในอาหารส่งออก. 2532:138-44.
9. ปกรณ์ น้อยประเสริฐ นันทนา กลิ่นสุนทร ภานุโชติ ทองยัง. การตรวจซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในน้ำตาลมะพร้าวที่จังหวัดสมุทรสงครามโดยวิธี Modified Rankine. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2544;2:166-70.
10. Warner CR, et al. Reevaluation of Monier-Williams method for determining sulfite in food. J Assoc Off Anal Chem 1986;69(1):3-5.
11. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข รายงานการสำรวจภาวะอาหารและโภชนาการของประเทศไทย 2538.
12. ฉวีวรรณ ศรีโกมล การลดลงของสารซัลไฟต์ในน้ำพริกกะปิ วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2537.
13. Kingkate A, et al. Residual sulphur dioxide in some Thai noodles. J Food Protect 1981;44(5):334-6.
14. ศรายุทธ ศิวสิริการุณย์ การศึกษาระดับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อีดีทีเอ และโพลีฟอตเฟตในเนื้อปูดิบ เนื้อปูแกะ และเนื้อปูกระป๋อง วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาพิษวิทยาทางอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล 2546.
15. อุดมเกียรติ พรรธนประเทศ. ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผัก ผลไม้สด ดองและแช่อิ่ม. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2531;30(1):239-45.
16. Sapers GM. Browning of foods: Control by sulfites, antioxidants, and other means (Scientific Status Summary edited by Mermelstein NH). Food Technol 1993;47(10):75-84.
17. World Health Organization. Safety evaluation of certain food additives: Evaluation of national assessments of intake of sulfites. 51th meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Geneva 1999. The Residual of Sulphur Dioxide in Namtanpeep and Namtanpuk Produced from Coconut Sugars Vending in Bangkok and Samut Songkhram Markets.