

บทที่ 4

ผลของปริมาณสารฟอสเฟตไปซัลไฟด์และไฮโดรซัลไฟด์ ต่อคุณภาพของน้ำตาลมะพร้าว

4.1 ระเบียบวิธีวิจัย

4.1.1 วัตถุประสงค์

4.1.1.1 น้ำตาลมะพร้าวสด (coconut sap) จากจังหวัดราชบุรี น้ำหนักประมาณ 200 กิโลกรัม นำมาต้มจนมีอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์ แล้วทำให้เย็นลงทันที บรรจุในถุงพลาสติก 2 ชั้น แล้วเคลื่อนย้ายมาเก็บไว้ในตู้เย็นแช่แข็งที่อุณหภูมิประมาณ -10 องศาเซลเซียส ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร

4.1.1.2 น้ำที่ผ่านการกำจัดอิออน (deionized water)

4.1.2 อุปกรณ์

4.1.2.1 กระทะไฟฟ้า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร (Emma, EMP-1200, Thailand)

4.1.2.2 เครื่องแก้ว

4.1.2.3 เครื่องวัดพีเอช (pH meter)

4.1.2.4 โถดูดความชื้น (desiccator)

4.1.2.5 แแฮนด์รีแฟรคโตมิเตอร์ (hand refractometer)

4.1.2.6 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (Sartorius, BP3100, Germany)

4.1.2.7 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Sartorius, BP3100, Germany)

4.1.2.8 ตู้อบลมร้อน (hot air oven) (WTB Binder, Germany)

4.1.2.9 เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Miniscan XE Plus, USA)

4.1.2.10 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) (Spectronic Unicam, Genesys 10UV, USA)

4.1.2.11 เครื่องผสม (Kitchen Aid, Kitchen Aid Inc., USA)

4.1.2.12 ตู้เย็นแช่แข็ง (Sanyo, SF-C 1492 W)

4.1.2.13 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analyzer) (TA-Xt2i, England) และหัววัดชนิด P6

4.1.2.14 Heating mantle

4.1.2.15 Short-neck round bottom flask

4.1.2.16 Modified Rankine apparatus

4.1.3 สารเคมี

4.1.3.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide)

4.1.3.2 ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein)

4.1.3.3 เอทานอล 95% (ethanol 95%)

4.1.3.4 กรดฟอสฟอริก 25% (phosphoric acid 25%)

4.1.3.5 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 0.3% (hydrogen peroxide 0.3%)

4.1.3.6 Mixed indicator (0.1% methyl red และ methylene blue in 95% ethanol)

4.1.3.7 โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (sodium metabisulfite; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)

4.1.3.8 โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ (sodium hydrosulfite; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)

4.1.3.9 silicone antifoam

4.1.3.10 ก๊าซไนโตรเจน

4.1.4 วิธีการทดลอง

4.1.4.1 นำน้ำตาลมะพร้าวสดที่แช่แข็งเก็บไว้มาละลาย ณ อุณหภูมิห้องจนเป็นของเหลวหมด ตวงปริมาตร 2,500 มิลลิลิตร (2,685 กรัม) (น้ำตาลสดที่ได้มีพีเอชประมาณ 7.0 และความเข้มข้นประมาณ 17°Brix

4.1.4.2 ปรับปริมาตรเป็น 2,560 มิลลิลิตร (2,722 กรัม) ด้วยน้ำที่ผ่านการกำจัดอ็อกซิเจน

4.1.4.3 ให้ความร้อนด้วยกระทะไฟฟ้าที่ระดับความร้อนเบอร์ 3 เนื่องจากการให้ความร้อนแบบเร็วให้ผลดีกว่าการให้ความร้อนแบบช้าดังแสดงในบทที่ 3 ในบทนี้จึงทำการผลิตน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยววิธีนี้อย่างเดียว เคี้ยวจนน้ำตาลมีความเข้มข้นประมาณ 85°Brix เทใส่หม้อปั่นแล้วเติมน้ำตาลละลายไซเดียมเมตาไบซัลไฟต์หรือไซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ให้มีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 50, 100, 150 และ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ดูตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ก)

4.1.4.4 ตีปั่นด้วยเครื่องผสม Kitchen Aid โดยใช้หัวตีรูปใบไม้ ตีที่ความเร็วระดับ 1 เป็นระยะเวลา 30 วินาที แล้วเพิ่มความเร็วที่ระดับ 2 เป็นระยะเวลา 2 นาที

4.1.4.5 เทใส่พิมพ์จิบกลม เบอร์ 2616 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ฐานพิมพ์คือ 3.81 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านบนคือ 5.76 เซนติเมตร ความสูงของพิมพ์คือ 2.48 เซนติเมตร

4.1.4.6 ปลอ่ยให้น้ำตาลเย็นตัวลง แล้วเก็บใส่โหลแก้วที่มีฝาปิดสนิทเก็บในตู้เย็นแช่แข็ง อุณหภูมิประมาณ -10 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างน้ำตาลออกจากตู้เย็นแช่แข็งไปตรวจสอบคุณภาพดังต่อไปนี้

(1) ปริมาณความชื้น (moisture content) และปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) (AOAC, 1984)

(2) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) ด้วย hand refractometer

- (3) ความเป็นกรด-ด่าง หรือ ค่าพีเอช ด้วยเครื่องวัดพีเอช (pH meter)
- (4) ปริมาณกรดทั้งหมด (total acidity) โดยการไตเตรต (AOAC, 1984)
- (5) สี โดยใช้เครื่อง (Hunter Lab, Miniscan XE Plus, USA)
- (6) การดูดกลืนแสง โดยใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) (Spectronic Unicam, Genesys 10UV, USA)
- (7) ความแข็ง (hardness) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analyzer) (TA-Xt2i, England) และหัววัดชนิด P6
- (8) ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมด (total sulfur dioxide) (modified rankine method) (ดูภาคผนวก ข)
- (9) คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยการวิเคราะห์เชิงบรรยายปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis, QDA)

4.1.5- การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ใช้แผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบแฟคทอเรียลในการศึกษาชนิดของสารฟอกสี 2 ระดับ คือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีในสารฟอกสี 5 ระดับ คือ 0, 50, 100, 150 และ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในการเคี้ยวน้ำตาลมะพร้าวต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำตาลมะพร้าว โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลอง (treatment) ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 5% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS Version 8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยว ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) โดยให้ผู้ชิมเป็น Block และวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 5% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS Version 8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

4.2 ผลและการวิจารณ์

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่มีการเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์

ค่าที่วิเคราะห์	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เติม (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)								
	0 (control)	โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์				โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์			
		50	100	150	200	50	100	150	200
ความชื้น (% wet basis)	11.34±1.03 ^{A,a}	11.66±0.78 ^A	11.13±1.16 ^A	11.56±0.90 ^A	11.08±1.09 ^A	11.86±0.9 ^a	10.96±0.88 ^a	11.33±0.34 ^a	11.23±0.23 ^a
ความชื้น (% dry basis)	12.80±1.32 ^{A,a}	13.21±1.00 ^A	12.33±1.46 ^A	13.08±1.15 ^A	12.41±1.31 ^A	12.79±0.15 ^a	12.14±0.96 ^a	13.45±1.17 ^a	12.77±0.15 ^a
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (% wet basis)	88.66±1.03 ^{A,a}	88.34±0.78 ^A	88.88±1.16 ^A	88.45±0.90 ^A	88.92±1.09 ^A	88.66±0.12 ^a	89.04±0.88 ^a	88.67±0.34 ^a	88.77±0.23 ^a
ค่าความแข็ง (N)	36.44±13.77 ^{AB,b}	41.19±7.03 ^A	30.28±15.22 ^B	41.05±8.04 ^A	36.93±6.58 ^{AB}	49.62±8.00 ^a	52.95±10.22 ^a	42.24±15.88 ^{ab}	33.86±4.97 ^b
พีเอช	5.91±0.02 ^{A,a}	5.88±0.02 ^{AB}	5.88±0.01 ^{AB}	5.85±0.01 ^B	5.87±0.01 ^B	5.89±0.01 ^a	5.88±0.00 ^a	5.88±0.02 ^a	5.88±0.02 ^a
ปริมาณกรดทั้งหมด (% dry basis)	0.11±0.01 ^{B,b}	0.13±0.01 ^A	0.14±0.01 ^A	0.13±0.01 ^A	0.14±0.02 ^A	0.03±0.00 ^a	0.03±0.01 ^a	0.03±0.01 ^a	0.03±0.00 ^a
ปริมาณของแข็งที่ ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) (สารละลาย 50% w/w)	50.90±0.71 ^{A,a}	50.87±0.38 ^A	51.10±0.14 ^A	51.40±0.85 ^A	51.30±0.14 ^A	51.20±0.28 ^a	51.80±0.28 ^a	52.10±0.14 ^a	51.90±0.14 ^a

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

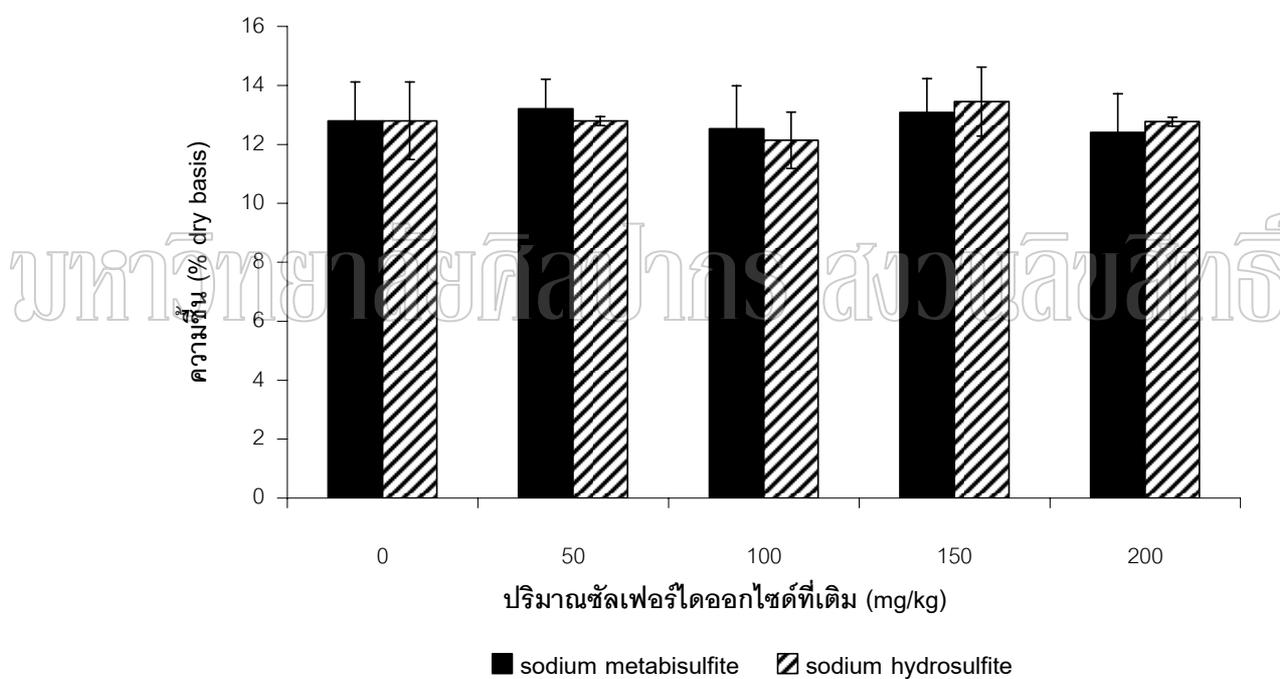
ค่าที่วิเคราะห์	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เติม (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)								
	0 (control)	โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์				โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์			
		50	100	150	200	50	100	150	200
ค่าสี L* (สารละลาย 50% w/w)	3.99±0.02 ^{D,cd}	4.23±0.09 ^C	4.33±0.11 ^C	4.81±0.15 ^B	6.15±0.20 ^A	4.05±0.09 ^d	4.31±0.18 ^c	5.08±0.08 ^b	6.16±0.23 ^a
a* (สารละลาย 50% w/w)	0.55±0.13 ^{B,a}	0.19±0.11 ^C	0.96±0.17 ^A	0.03±0.18 ^C	0.02±0.14 ^C	0.58±0.16 ^a	0.23±0.10 ^b	0.04±0.14 ^b	0.03±0.13 ^b
b* (สารละลาย 50% w/w)	1.39±0.15 ^{D,c}	2.39±0.10 ^F	2.02±0.09 ^C	3.90±0.11 ^C	5.19±0.49 ^A	1.22±0.11 ^c	2.39±0.16 ^b	4.20±0.28 ^a	4.12±0.14 ^a
ค่าการดูดกลืนแสง (420 nm) (สารละลาย 50% w/w)	1.55±0.13 ^{A,ab}	1.59±0.05 ^A	1.55±0.21 ^A	1.54±0.02 ^A	1.34±0.09 ^B	1.67±0.01 ^a	1.58±0.00 ^{ab}	1.48±0.02 ^b	1.34±0.03 ^c
ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตกค้าง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	0 ^{E,e}	9.11±1.95 ^D	24.25±0.82 ^C	47.18±0.45 ^B	106.18±3.92 ^A	2.76±0.21 ^d	13.71±1.03 ^c	30.73±1.87 ^b	83.14±1.69 ^a

หมายเหตุ แบบอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

แบบอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.2.1 ปริมาณความชื้น

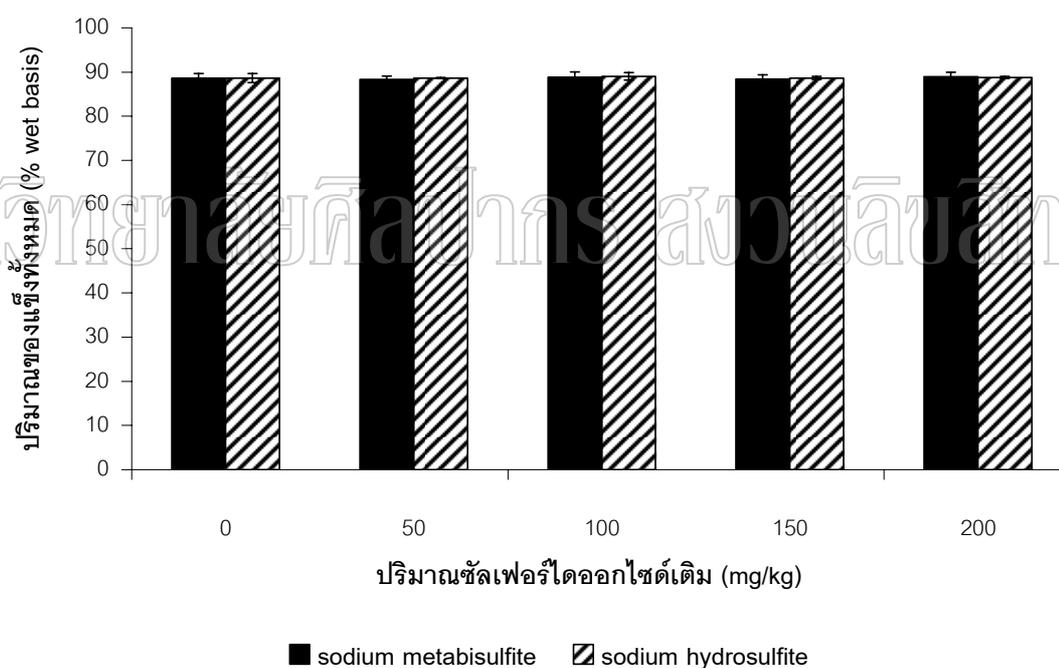
ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่ผลิตโดยมีการเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระดับที่แตกต่างกัน แสดงในรูปภาพที่ 4.1 ปริมาณความชื้นของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แสดงว่าชนิดและปริมาณของสารฟอกสีที่ใช้ไม่มีผลต่อความชื้นของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยว



รูปที่ 4.1 ปริมาณความชื้นของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่มีการเติมสารฟอกสีแตกต่างกัน

4.2.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมด

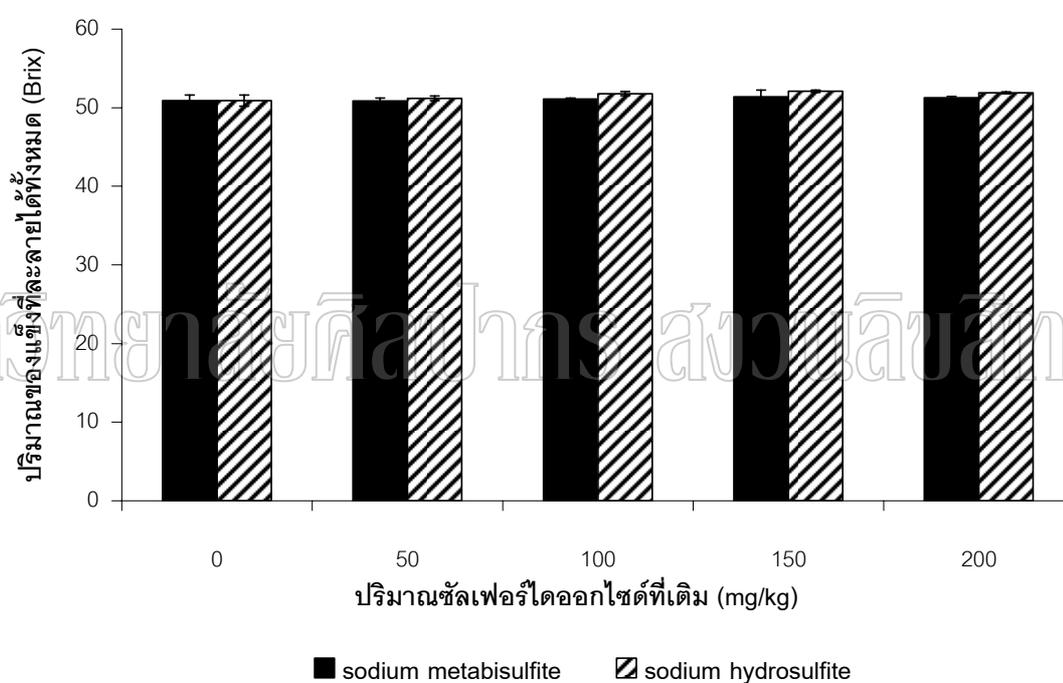
ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณที่แตกต่างกัน แสดงไว้ในรูปที่ 4.2 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความชื้น เพราะปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นส่วนหนึ่งของแข็งแห้งที่เหลืออยู่หลังจากการระเหยน้ำออกไปหมดแล้ว โดยในตัวอย่างที่มีความชื้นน้อยจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดมาก



รูปที่ 4.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่มีการเติมสารฟอกสีที่แตกต่างกัน

4.2.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

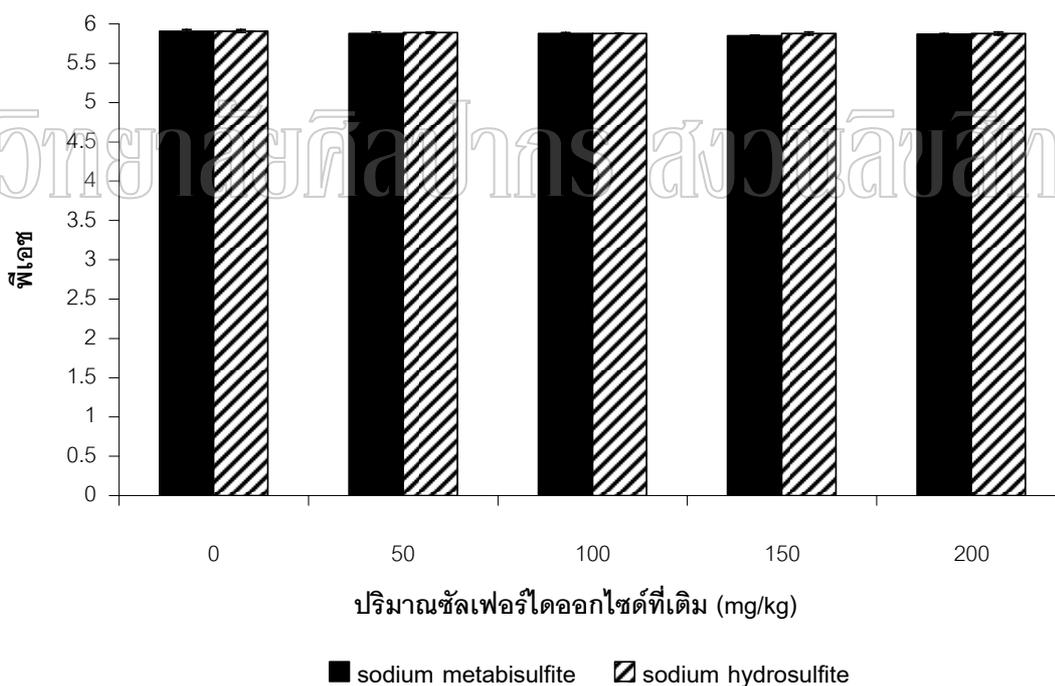
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่มีการเติมสารฟอกสีแตกต่างกันแสดงไว้ในรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำตาลมีความแตกต่างเล็กน้อยและมีค่าใกล้เคียง 50°Brix ทุกตัวอย่างแสดงว่าปริมาณสารฟอกสีและชนิดของสารฟอกสี ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ของแข็งในน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวเป็นของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ทั้งหมดหรือเกือบหมด



รูปที่ 4.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่เติมสารฟอกสีที่แตกต่างกัน

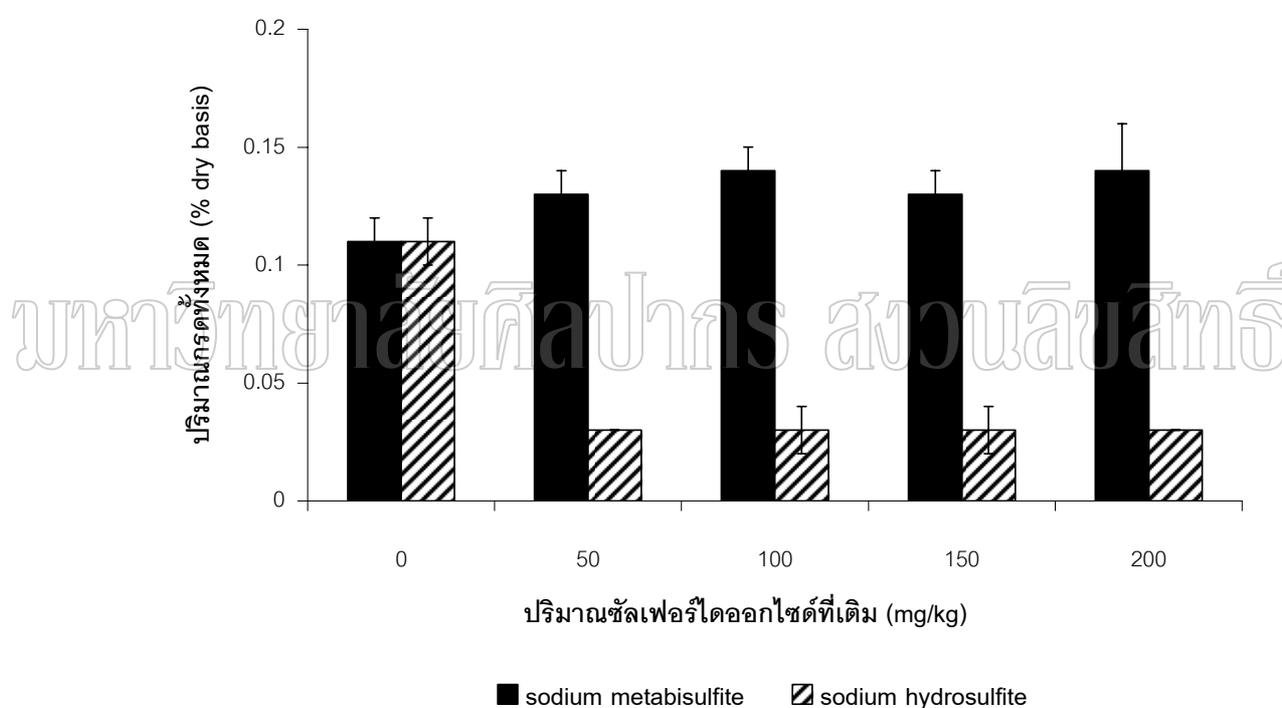
4.2.4 ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมด

จากการวัดค่าพีเอชของสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่มีการเติมสารฟอกสีแตกต่างกัน ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.4 ก่อนการเคี้ยวน้ำตาลสดมีค่าพีเอช 7.04 หลังจากการเคี้ยวและเติมสารฟอกสีแล้วเตรียมเป็นสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยว พบว่าสารละลายน้ำตาลทุกตัวอย่างมีค่าพีเอชลดลงโดยมีค่าประมาณ 5.9 เพราะเกิดผลิตภัณฑ์ของกรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก กรดแลคติก เป็นต้น จากปฏิกิริยาการสลายตัวของน้ำตาลที่อุณหภูมิสูงในระหว่างการเคี้ยว (Martinsและคณะ, 2003) ในระหว่างการเคี้ยวสารละลายน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวทุกตัวอย่างมีค่าพีเอชไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าชนิดและปริมาณสารฟอกสีที่เติมไม่มีผลต่อพีเอชของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวเมื่อถูกเตรียมเป็นสารละลายเข้มข้น 50% (w/w)



รูปที่ 4.4 ค่าพีเอชของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่มีการเติมสารฟอกสีที่แตกต่างกัน

ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด โดยการไตเตรทกับสารละลายต่าง แสดงไว้ในรูปที่ 4.5 การเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ทำให้น้ำตาลมีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น แต่การเติมโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดลดลง ซึ่งอาจเป็นเพราะโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์สามารถแตกตัวให้ซัลไฟต์อิสระ เช่น กรดซัลฟิวรัส ไบซัลไฟต์ไอออน และซัลไฟต์ไอออน ส่วนโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์อาจเข้าทำปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำตาลเคี้ยว อย่างไรก็ตามพีเอชมีค่าใกล้เคียงกันทุกตัวอย่าง โดยไม่สอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมด ที่เป็นเช่นนั้น อาจเนื่องมาจากการมีสภาวะบัฟเฟอร์เกิดขึ้นในสารละลายน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่พีเอชประมาณ 5.9

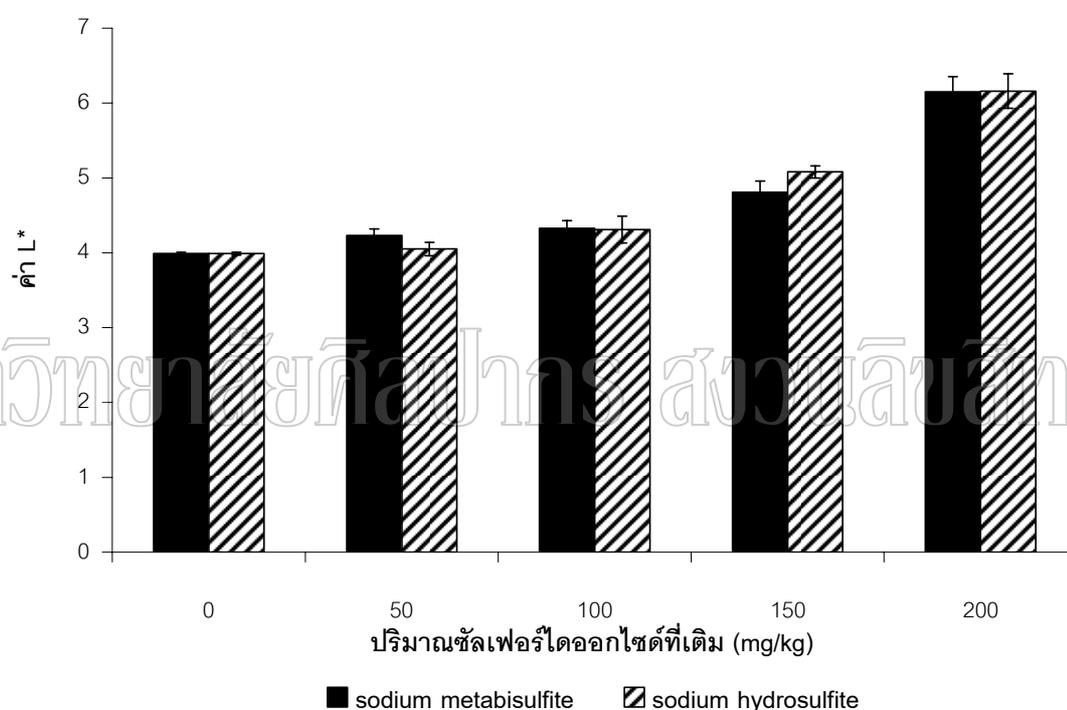


รูปที่ 4.5 ปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่มีการเติมสารฟอกสีที่แตกต่างกัน

4.2.5 สี

ค่าสีของสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณที่แตกต่างกัน แสดงในรูปที่

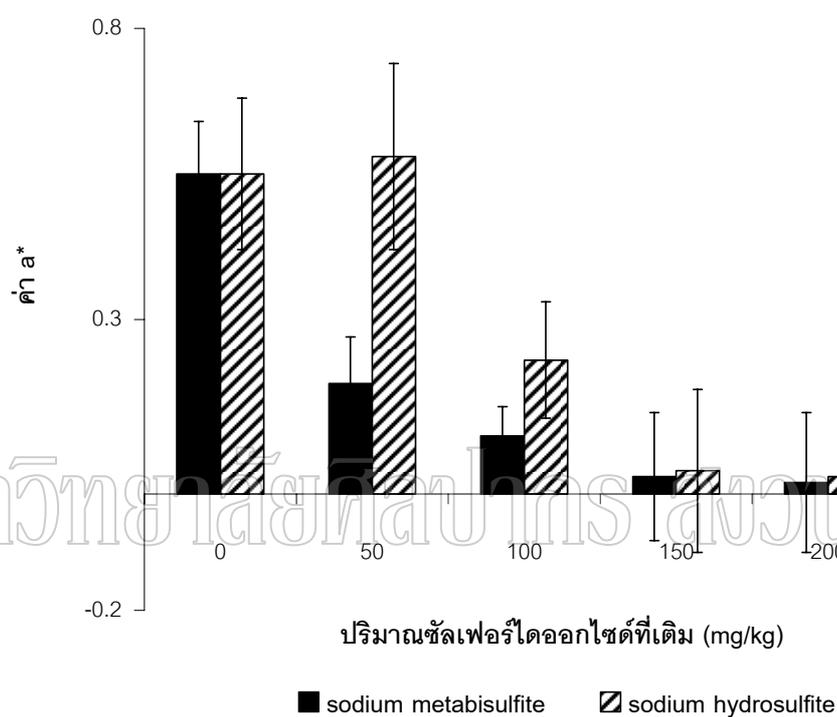
4.6, 4.7 และ 4.8 จากการตรวจวัดได้แสดงค่าสีในรูปแบบ L^* , a^* และ b^* โดยค่า L^* แสดงถึงความสว่าง (L^* เท่ากับ 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำอย่างสมบูรณ์ และ L^* เท่ากับ 100 แสดงว่าตัวอย่างมีสีขาวอย่างสมบูรณ์) จากรูปที่ 4.6 น้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่เติมสารฟอกสีในปริมาณมากขึ้นมีความสว่างมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบชนิดของสารฟอกสี พบว่าโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีประสิทธิภาพในการฟอกสีไม่แตกต่างจากโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ ($p > 0.05$) ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันเนื่องจากมีค่า L^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



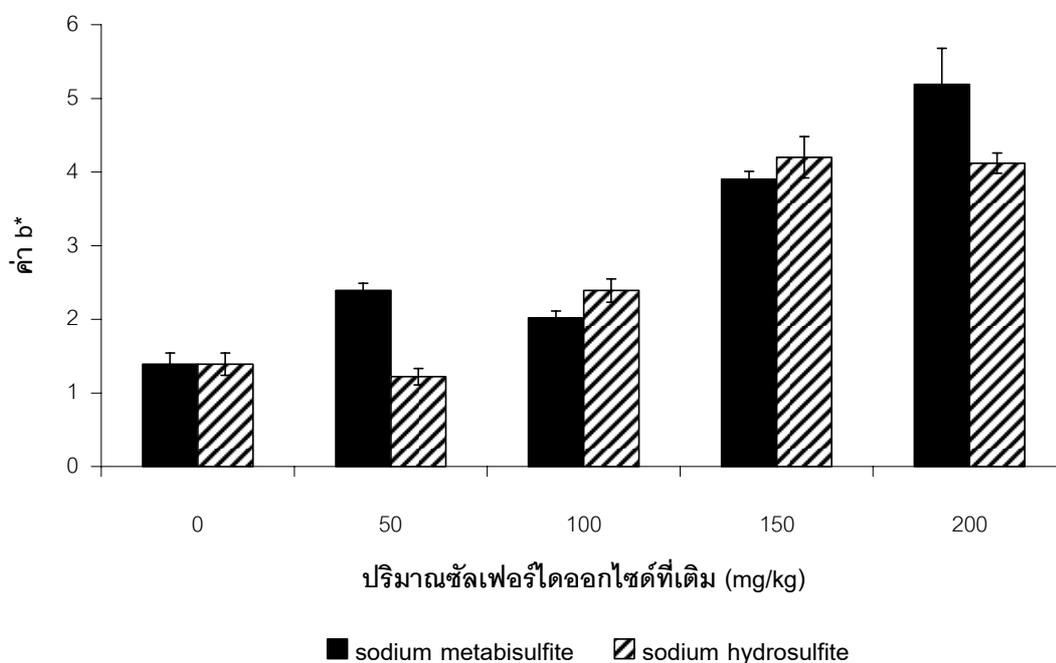
รูปที่ 4.6 ค่า L^* ของสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่เติมสารฟอกสีที่แตกต่างกัน

ค่า a^* แสดงถึงสีแดงหรือสีเขียว (a^* เป็นค่าบวก แสดงว่ามีสีไปในทิศทางของสีแดง a^* เป็นค่าลบ แสดงว่ามีสีไปในทิศทางของสีเขียว) จากผลการตรวจวัดพบว่าสารละลายน้ำตาลมะพร้าวทุกตัวอย่างมีสีไปในทิศทางของสีแดง ส่วนตัวอย่างที่เติมสารฟอกสี 150 และ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มี

ความเป็นสีแดงลดลงอย่างเห็นได้ชัด ส่วนค่า b^* แสดงถึงสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (b^* เป็นค่าบวก แสดงว่ามีค่าสีไปในทิศทางของสีเหลือง b^* เป็นค่าลบแสดงว่ามีสีไปในทิศทางของสีน้ำเงิน) จากผลการตรวจวัด พบว่าน้ำตาลทุกตัวมีสีไปในทิศทางของสีเหลือง การเติมสารฟอกสี 150 และ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทำให้น้ำตาลมะพร้าวมีความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน



รูปที่ 4.7 ค่า a^* ของสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่มีการเติมสารฟอกสีแตกต่างกัน



รูปที่ 4.8 ค่า b* ของสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่มีการเติมสารฟอกสีแตกต่างกัน

น้ำตาลมีความเข้มของสีที่ลดลงเนื่องจากสารซัลไฟต์ที่เติมลงไปเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวอยู่ในรูปของซัลไฟต์อิสระ ซัลไฟต์อิสระทำปฏิกิริยากับโปรตีนตรงพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bond) ทำให้โปรตีนแตกออกได้ thiol และ thiosulfonate protein สารซัลไฟต์ทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซิงตรงหมู่คาร์บอนิล (carbonyl group) ได้สาร hydroxysulfonate ส่งผลให้โปรตีนกับน้ำตาลไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาต่อกันได้ (อุดมเกียรติ และคณะ, 2532) จึงทำให้น้ำตาลมะพร้าวมีความเข้มของสีลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.9

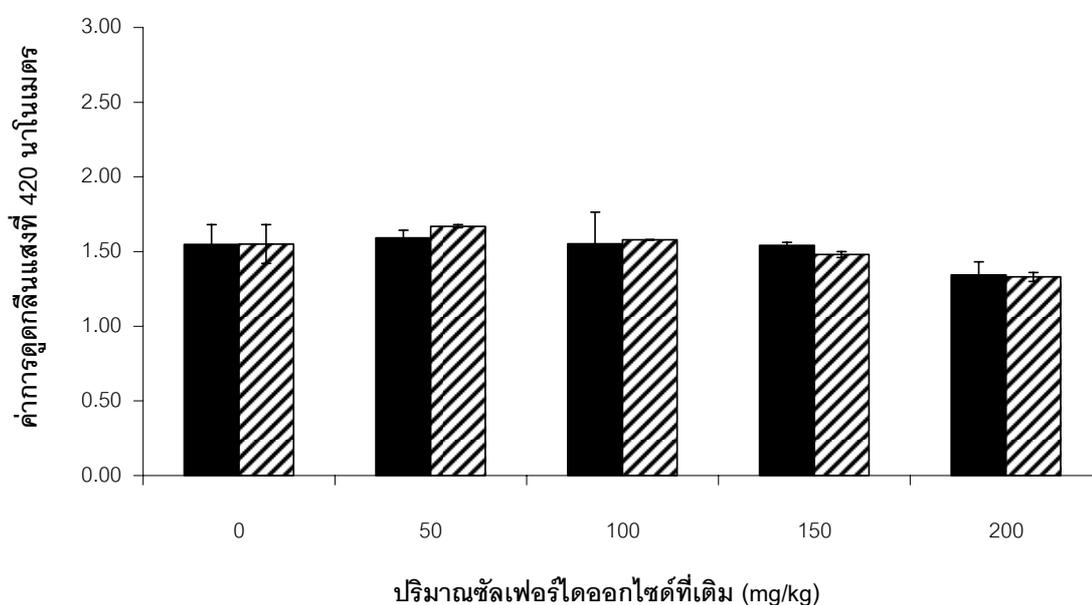


รูปที่ 4.9 น้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่มีการเติมสารฟอกสีแตกต่างกัน

บททวิษณด้วยคิลปากกร สงวนลิขสิทธิ์

4.2.6 การดูดกลืนแสง

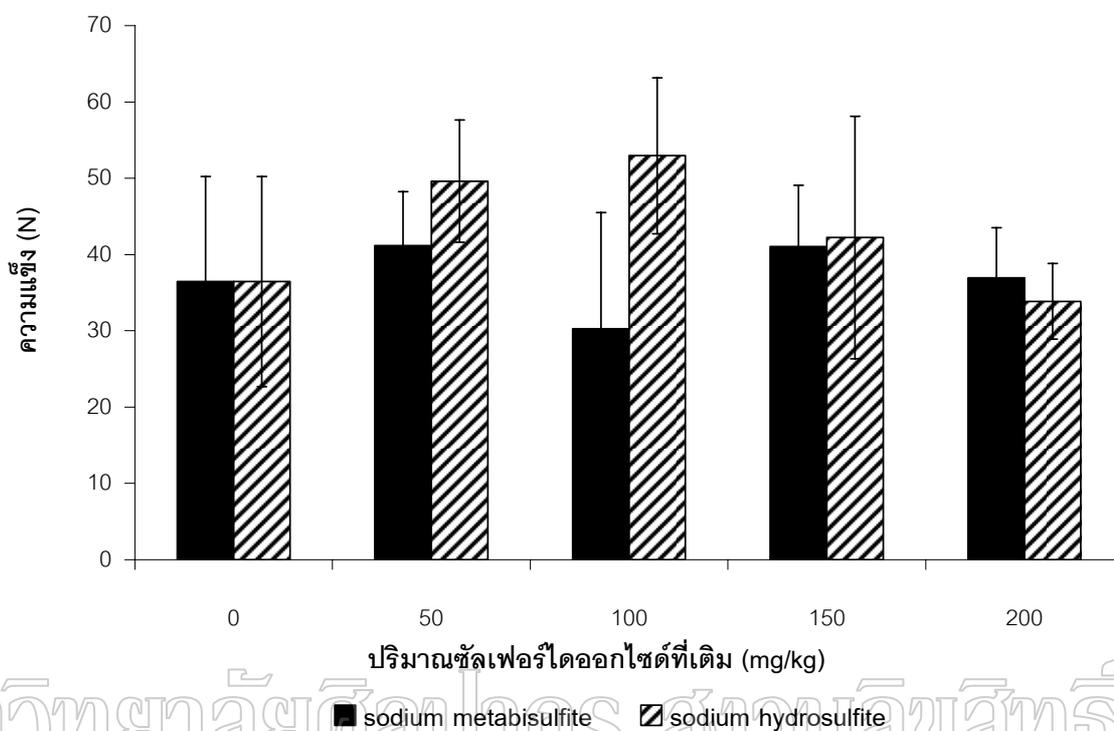
จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวที่มีการเติมสารฟอกสีแตกต่างกันตามวิธีของ ICUMSA ที่ระดับความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ได้ผลดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.10 การที่เติมสารฟอกสีในปริมาณที่มากขึ้นทำให้ค่าการดูดกลืนแสงซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีน้ำตาลมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ น้ำตาลที่เติมสารฟอกสีปริมาณ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีความเข้มของสีน้อยที่สุด และน้ำตาลที่ไม่เติมสารฟอกสีมีความเข้มของสีมากที่สุด ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับค่าสีแสดงว่าสารฟอกสีสามารถลดอัตราการเกิดสีน้ำตาลได้



รูปที่ 4.10 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตรของสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าว เคี้ยวที่มีการเติมสารฟอกสีแตกต่างกัน

4.2.7 ความแข็ง (Hardness)

ผลการวัดค่าความแข็งของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่มีการเติมสารฟอกสีแตกต่างกันแสดงไว้ในรูปที่ 4.11 น้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแข็งไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ส่วนน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่เติมโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณ 150 และ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีความแข็งไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม แต่ที่ปริมาณ 150 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ของตัวอย่างที่เติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปของโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ ไม่มีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับ 50 และ 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จากการทดลองสังเกตได้ว่าค่าความแข็งไม่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่เติมสารฟอกสีต่างชนิดกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันที่ปริมาณ 50, 150 และ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

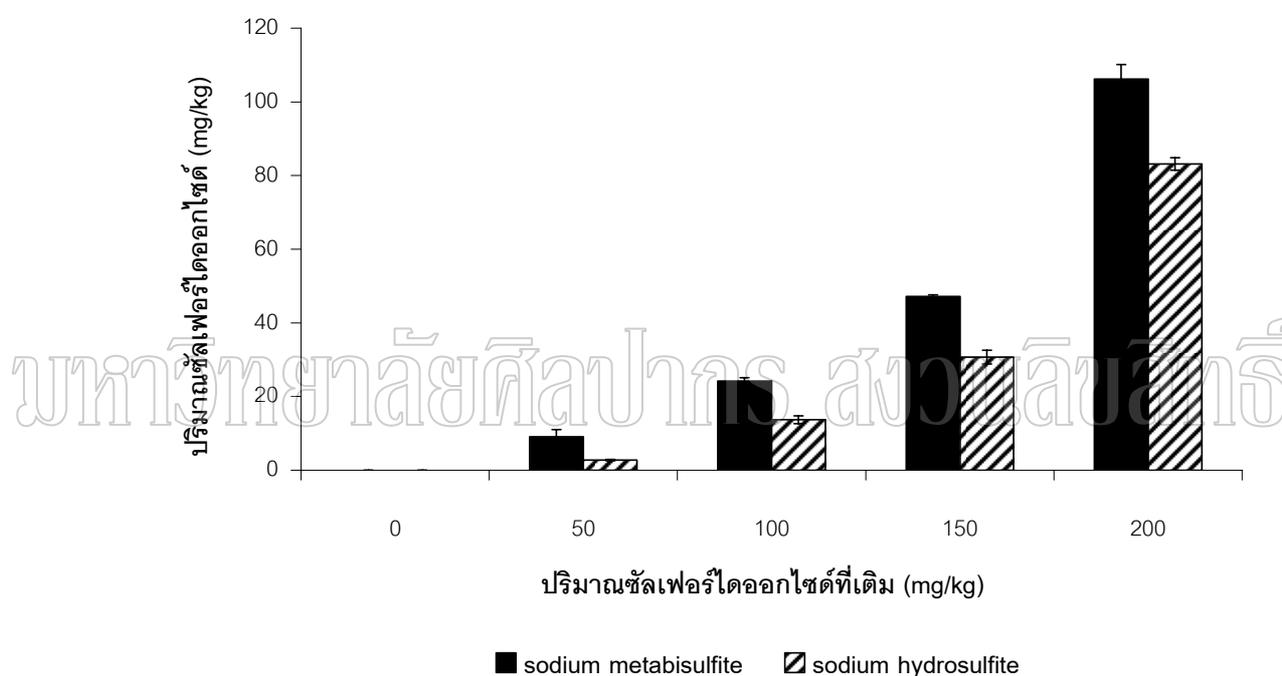


รูปที่ 4.11 ค่าความแข็งแรงของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่มีการเติมสารฟอกสีแตกต่างกัน

4.2.8 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างโดยวิธี Modified Rankine ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่มีการเติมสารฟอกสีแตกต่างกัน แสดงไว้ในรูปที่ 4.12 โดยพบว่าน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวมีการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากขึ้นเมื่อเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปของสารฟอกสีในปริมาณที่เพิ่มขึ้น น้ำตาลที่เติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ในรูปของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์) 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จะมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง 106.18 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หรือ 53.09% เมื่อเทียบกับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เติม น้ำตาลที่เติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ในรูปของโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์) 200 mg/kg มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง 83.14 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หรือ 41.57% เมื่อเทียบกับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เติม จากผลการวิเคราะห์พบว่าน้ำตาลที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มี

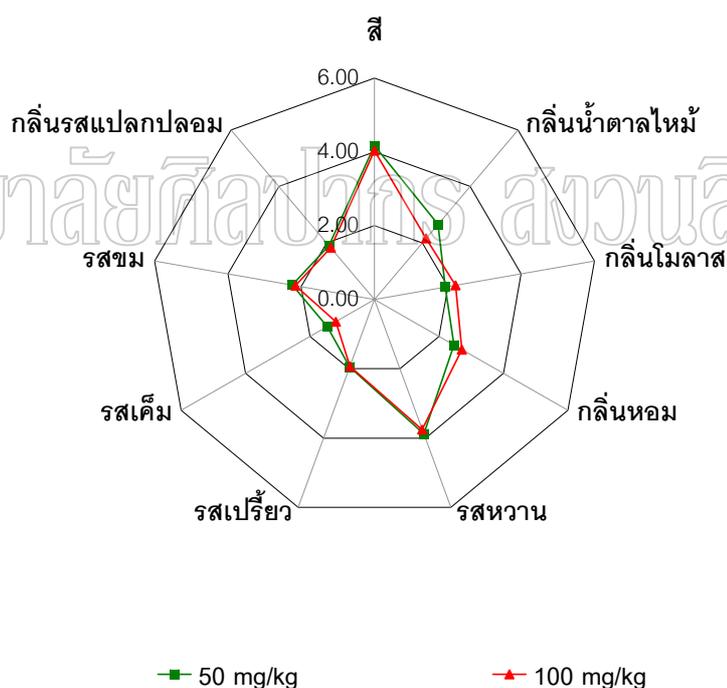
ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างมากกว่าน้ำตาลที่เติมโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เท่ากัน ซึ่งอาจเป็นเพราะโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เกิดการแตกตัวให้ซัลไฟต์อิสระจำนวนมากที่มากกว่าโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ โดยซัลไฟต์อิสระจะเป็นตัวกำหนดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหาร (อุดมเกียรติ, 2532) นอกจากนี้กรรมวิธีการผลิตที่ต้องใช้ความร้อนสูงได้ทำให้ซัลไฟต์บางส่วนสลายตัวเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระเหยไป จึงทำให้น้ำตาลมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในปริมาณลดลงจากปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์เริ่มต้นที่เติมลงไป



รูปที่ 4.12 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่มีการเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์

4.2.9 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

เนื่องจากโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์เป็นสารฟอกสีที่ไม่อนุญาตให้ใช้ในอาหารจึงไม่ทำการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำตาลมะพร้าวที่เติมโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ การวิเคราะห์เชิงบรรยายปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis, QDA) จะทำเฉพาะกับน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 50 และ 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เนื่องจากมีสีอ่อนกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติมสารฟอกสีและมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างไม่เกิน 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 (พ.ศ. 2527) ผลการวิเคราะห์เชิงบรรยายปริมาณได้แสดงในรูปที่ 4.13 และตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.13 ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์โดยมีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 50 และ 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จากผลการวิเคราะห์พบว่า คุณลักษณะทางด้านสี กลิ่นน้ำตาล กลิ่นโมลาส กลิ่นหอม รสหวาน รสเปรี้ยว รสเค็ม รสขม และกลิ่นรสแปลกปลอม ของตัวอย่างน้ำตาลทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยการวิเคราะห์เชิงบรรยายปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis, QDA) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่มีการเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์โดยมีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 50 และ 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

คุณลักษณะ	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เติม (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	
	50	100
สี	4.17±1.88 ^a	4.03±2.21 ^a
กลิ่นน้ำตาล	2.66±1.60 ^a	2.16±1.65 ^a
กลิ่นโมลาส	1.93±1.45 ^a	2.21±1.90 ^a
กลิ่นหอม	2.46±1.40 ^a	2.71±1.81 ^a
รสหวาน	3.87±1.29 ^a	3.75±1.42 ^a
รสเปรี้ยว	1.95±1.66 ^a	1.92±1.76 ^a
รสเค็ม	1.47±1.71 ^a	1.20±1.51 ^a
รสขม	2.25±2.59 ^a	2.16±2.18 ^a
กลิ่นรสแปลกปลอม	1.90±2.45 ^a	1.83±2.09 ^a

หมายเหตุ แบบอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

4.3 สรุปผล

4.3.1 คุณลักษณะทางกายภาพ จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงของน้ำตาลมะพร้าวพบว่าการเติมสารฟอกสีในปริมาณมากทำให้ค่าการดูดกลืนแสงลดลง ซึ่งสอดคล้องกับค่าสีเมื่อเติมสารฟอกสีในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ค่าสีของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าความแข็งของน้ำตาลเคี้ยวที่มีการเติมสารฟอกสีพบว่าไม่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

4.3.2 คุณลักษณะทางด้านเคมี น้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่เติมสารฟอกสีแตกต่างกันมีคุณลักษณะทางเคมีที่แตกต่างกันคือ น้ำตาลที่เติมสารฟอกสีในปริมาณที่มากจะมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างมาก น้ำตาลที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีปริมาณกรดทั้งหมดมากกว่าน้ำตาลที่เติมโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ ค่าพีเอช ความชื้นและปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำตาลมะพร้าวที่เติมสารฟอกสี 2 ชนิดดังกล่าวมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม ($p > 0.05$)

4.3.3 จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำตาลที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 50 และ 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่าคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่นน้ำตาล กลิ่นโมลาส กลิ่นหอม รสหวาน รสเปรี้ยว รสเค็ม รสขม และกลิ่นรสแปลกปลอม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.4 การนำไปประยุกต์ใช้

การเติมสารฟอกสีที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์น้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวก็คือ การเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ เพราะเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่อนุญาตให้ใช้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำตาลตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 (พ.ศ. 2527)

การใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ในการฟอกสีน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวมีผลในการฟอกสีมากขึ้นเมื่อเติมลงไปปริมาณที่มากขึ้น แต่ต้องมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างไม่เกิน 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม