

บทที่ 3

ผลของพีเอชและวิธีการให้ความร้อนในการเคี้ยวต่อคุณภาพของน้ำตาลมะพร้าว

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

3.1.1 วัตถุประสงค์

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

3.1.1.2 น้ำที่ผ่านการกำจัดอิออน (deionized water)

3.1.2 อุปกรณ์

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

3.1.2.2 เครื่องแก้ว

3.1.2.3 เครื่องวัดพีเอช (pH meter)

3.1.2.4 โถดูดความชื้น (desiccator)

3.1.2.5 แแฮนด์รีแฟรคโตมิเตอร์ (hand refractometer)

3.1.2.6 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (Sartorius, BP3100, Germany)

3.1.2.7 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Sartorius, BP3100, Germany)

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

3.1.2.9 เครื่องวัดสีของเหลว (tintometer) (Lovibond, PFX 190, England)

3.1.2.10 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) (Spectronic Unicam,

Genesys 10UV, USA)

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

3.1.2.12 หม้อเคียวไฟฟ้าแบบสองชั้น (double jacket cooker)

3.1.2.13 ตู้เย็นแช่แข็ง (Sanyo, SF-C 1492W)

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

3.1.3 สารเคมี

3.1.3.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide)

3.1.3.2 ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein)

3.1.3.3 กรดซิตริก (citric acid)

3.1.4 วิธีการทดลอง

3.1.4.1 นำน้ำตาลมะพร้าวสดที่แช่แข็งเก็บไว้มาละลาย ณ อุณหภูมิห้องจนเป็นของเหลวหมด ตวงปริมาตร 2,500 มิลลิลิตร (2,685 กรัม) (น้ำตาลสดที่ได้นี้มีพีเอช 4.8 และความเข้มข้นประมาณ 17 °Brix)

3.1.4.2 ปรับพีเอชน้ำตาลมะพร้าวสด (ที่พีเอช 4.0 ด้วยสารละลายกรดซิตริก ที่พีเอช 5.5, 7.0 และ 8.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์) แล้วปรับปริมาตรเป็น 2,560 มิลลิลิตร (2,722 กรัม) ด้วยน้ำกลั่น

3.1.4.3 ให้ความร้อนแบบเร็วซึ่งเป็นวิธีการให้ความร้อนโดยตรง (direct heat) ด้วยกระทะไฟฟ้าที่ระดับความร้อนเบอร์ 3 หรือให้ความร้อนแบบช้าซึ่งเป็นวิธีการให้ความร้อนโดยอ้อม (indirect heat) ด้วยหม้อเคียวไฟฟ้าแบบสองชั้นโดยมีโพรไฟล์นิกโครลเป็น heating medium ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส จนน้ำตาลมีความเข้มข้นประมาณ 85 °Brix ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง 55 นาที และประมาณ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ

3.1.4.4 ตีปั่นด้วยเครื่องผสม Kitchen Aid โดยใช้หัวตีรูปใบไม้ ที่ที่ความเร็วระดับ 1 เป็นระยะเวลา 30 วินาที แล้วเพิ่มความเร็วที่ระดับ 2 เป็นระยะเวลา 2 นาที

3.1.4.5 เทใส่พิมพ์จีบกลมเบอร์ 2616 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ฐานพิมพ์คือ 3.81 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านบนคือ 5.76 เซนติเมตร ความสูงของพิมพ์คือ 2.48 เซนติเมตร และบรรจุน้ำตาลพิมพ์ละ 22 กรัม

3.1.4.6 ปล่อยให้น้ำตาลเย็นตัวลง แล้วเก็บใส่โหลแก้วที่มีฝาปิดสนิท

3.1.4.7 เก็บในตู้เย็นแช่แข็งที่อุณหภูมิประมาณ -10 องศาเซลเซียส

3.1.4.8 นำตัวอย่างน้ำตาลออกจากตู้เย็นไปตรวจสอบคุณภาพ ดังต่อไปนี้

(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 tintometer (Lovibond, PFX 190, England)

(6) การดูดกลืนแสง โดยใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) (Spectronic Unicam, Genesys 10UV, USA)

(7) ความแข็ง (hardness) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analyzer) (TA-Xt2i, England) และหัววัดชนิด P6

(8) ปริมาณฟรุคโตส กลูโคส ซูโครส และน้ำตาลทั้งหมดด้วยเครื่อง HPLC

(9) คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยการวิเคราะห์เชิงบรรยายปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis, QDA)

3.1.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ใช้แผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบแฟคทอเรียลในการศึกษาผลของพีเอช 5 ระดับ คือ 4.0, 4.8, 5.5, 7.0 และ 8.5 วิธีการให้ความร้อน 2 ระดับ คือ การให้ความร้อนแบบเร็ว และการให้ความร้อนแบบช้า 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.

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

3.2 ผลและการวิจารณ์

จากการตรวจสอบคุณภาพของน้ำตาลมะพร้าวที่ผ่านการเคี้ยวโดยวิธีการให้ความร้อนแบบเร็วในกระทะไฟฟ้า และวิธีการให้ความร้อนแบบช้าในหม้อเคี้ยวไฟฟ้าแบบสองชั้น ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดที่มีฟิโชนต่างกันด้วยการให้ความร้อนแบบเร็ว

ค่าที่วิเคราะห์	ฟิโชนของน้ำตาลสด				
	4.0	4.8 (control)	5.5	7.0	8.5
ความชื้น (% wet basis)	12.75±1.54 ^a	9.76±0.33 ^b	11.30±1.10 ^b	11.61±1.06 ^{ab}	10.10±0.27 ^b
ความชื้น (% dry basis)	13.30±3.38 ^a	9.85±1.08 ^b	11.28±1.00 ^b	11.64±0.60 ^{ab}	11.23±0.33 ^b
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (% wet basis)	87.26±1.54 ^c	90.18±0.27 ^a	88.70±1.10 ^b	89.23±0.26 ^{ab}	89.90±0.27 ^a
ความแข็ง (N)	0.11±0.00 ^d	64.97±0.32 ^c	60.97±4.09 ^c	80.43±7.82 ^a	72.08±4.30 ^b
ฟิโชน	4.23±0.06 ^d	5.19±0.15 ^c	5.67±0.10 ^b	5.95±0.09 ^a	6.00±0.11 ^a
ปริมาณกรดทั้งหมด (% dry basis)	0.62±0.05 ^a	0.21±0.01 ^b	0.15±0.01 ^c	0.12±0.01 ^c	0.12±0.00 ^c
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (*Brix) (สารละลาย 50% w/w)	51.10±0.14 ^a	52.00±0.00 ^a	51.80±0.85 ^a	50.75±1.63 ^a	51.10±1.56 ^a
สี L* (สารละลาย 50% w/w)	48.80±0.27 ^a	18.47±0.40 ^c	29.29±0.25 ^b	18.33±0.54 ^c	16.13±0.34 ^d
a* (สารละลาย 50% w/w)	5.92±0.18 ^d	10.00±0.59 ^b	8.31±0.20 ^c	12.28±0.84 ^a	4.98±1.68 ^d
b* (สารละลาย 50% w/w)	24.08±0.70 ^a	8.65±1.90 ^c	15.26±0.31 ^b	8.95±2.38 ^c	-6.14±4.71 ^d
ค่าการดูดกลืนแสง (420nm) (สารละลาย 50%)	1.41±0.09 ^e	2.03±0.69 ^c	1.87±0.01 ^d	2.55±0.18 ^b	>3.00 ^a
ค่าการดูดกลืนแสง (420nm) (สารละลาย 5%)	0.22±0.00 ^e	0.44±0.01 ^c	0.30±0.00 ^d	0.46±0.00 ^b	0.52±0.01 ^a
ปริมาณน้ำตาลฟรุคโตส (%dry basis)	17.64±0.30 ^a	6.21±0.27 ^b	4.17±0.03 ^c	3.56±0.00 ^c	3.92±0.62 ^c
ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (%dry basis)	17.70±0.48 ^a	6.05±0.48 ^b	4.52±1.00 ^c	3.29±0.28 ^c	3.49±0.08 ^c
ปริมาณน้ำตาลซูโครส (% dry basis)	56.16±1.24 ^b	80.81±0.03 ^a	83.68±1.51 ^a	83.31±4.72 ^a	86.36±0.22 ^a
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (% dry basis)	91.49±0.45 ^a	93.07±0.72 ^a	92.37±2.55 ^a	90.15±5.01 ^a	93.37±0.93 ^a

ตารางที่ 3.2 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดที่มีพีเอชต่างกันด้วยการให้ความร้อนแบบซ้ำ

ค่าที่วิเคราะห์	พีเอชของน้ำตาลสด				
	4.0	4.8 (control)	5.5	7.0	8.5
ความชื้น (% wet basis)	7.64±0.50 ^a	9.70±9.70 ^a	7.74±1.12 ^a	8.54±1.02 ^a	8.04±0.48 ^a
ความชื้น (% dry basis)	8.27±0.59 ^b	10.74±0.91 ^a	8.41±1.33 ^b	9.35±1.22 ^b	9.09±0.95 ^b
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (% wet basis)	92.37±0.50 ^a	90.31±0.75 ^b	92.26±1.12 ^a	91.46±1.02 ^a	91.96±0.48 ^a
ความแข็ง (N)	1.67±2.45 ^d	58.67±0.76 ^c	63.04±2.09 ^b	62.61±1.95 ^b	69.35±0.71 ^a
พีเอช	4.09±0.01 ^d	5.02±0.04 ^c	5.31±0.18 ^b	5.79±0.02 ^a	6.00±0.04 ^a
ปริมาณกรดทั้งหมด (% dry basis)	0.55±0.04 ^a	0.23±0.03 ^b	0.16±0.04 ^{bc}	0.14±0.01 ^c	0.10±0.02 ^a
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix) (สารละลาย 50% w/w)	51.10±0.71 ^a	51.40±0.85 ^a	52.20±0.28 ^a	50.90±0.71 ^a	52.30±0.14 ^a
สี L* (สารละลาย 50% w/w)	8.47±0.08 ^b	11.08±0.10 ^a	8.21±0.17 ^b	8.55±0.44 ^b	6.43±0.56 ^c
a* (สารละลาย 50% w/w)	9.12±0.35 ^{ab}	9.80±0.04 ^a	7.97±0.54 ^{bc}	7.54±0.72 ^c	7.18±0.76 ^c
b* (สารละลาย 50% w/w)	12.17±0.09 ^b	14.88±1.84 ^a	10.25±0.15 ^b	10.12±0.44 ^b	7.48±0.79 ^c
ค่าการดูดกลืนแสง (420 nm) (สารละลาย 50%)	>3.00 ^a	>3.00 ^a	>3.00 ^a	>3.00 ^a	>3.00 ^a
ค่าการดูดกลืนแสง (420 nm) (สารละลาย 5%)	1.36±0.18 ^a	0.77±0.11 ^b	1.02±0.25 ^{ab}	0.71±0.14 ^b	0.92±0.12 ^b
ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส (% dry basis)	27.23±3.57 ^a	7.92±0.31 ^b	5.06±0.18 ^{bc}	3.99±0.06 ^{bc}	3.54±0.07 ^c
ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (% dry basis)	30.02±4.30 ^a	8.47±0.45 ^b	5.43±0.13 ^b	4.42±0.16 ^b	4.20±0.23 ^b
ปริมาณน้ำตาลซูโครส (% dry basis)	32.20±8.87 ^b	85.02±2.15 ^a	82.59±2.43 ^a	95.27±3.52 ^a	95.93±0.28 ^a
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (% dry basis)	89.44±1.00 ^b	101.41±1.39 ^a	103.08±2.12 ^a	103.68±3.30 ^a	103.67±0.50 ^a

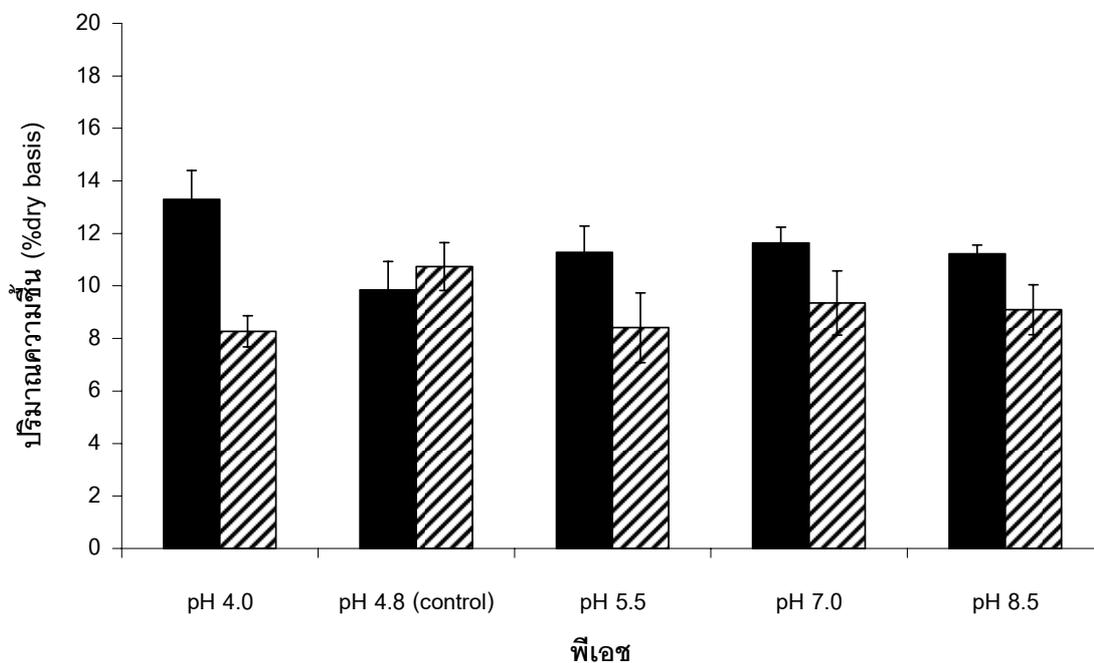
หมายเหตุ ตารางที่ 3.1 และ 3.2 แบบอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

3.2.1 ปริมาณความชื้น

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่ผลิตจากน้ำตาลมะพร้าวสดที่มีพีเอชแตกต่างกันด้วยวิธีการให้ความร้อนแบบเร็วและการให้ความร้อนแบบช้า แสดงไว้ในรูปที่ 3.1 ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่ผลิตได้จะอยู่ในช่วงประมาณ 8 ถึง 13% เนื่องจากได้กำหนดความเข้มข้นสุดท้ายในการเคี้ยวน้ำตาลมะพร้าวไว้ที่ประมาณ 90°Brix (ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 90% w/w และ น้ำ 10% w/w) ทั้งการเคี้ยวด้วยวิธีให้ความร้อนแบบเร็วและการให้ความร้อนแบบช้า น้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่วางขายในทางการค้าพบว่ามีปริมาณความชื้นประมาณ 11% (ศิริพร, 2519)

น้ำตาลมะพร้าวที่เคี้ยวด้วยวิธีการให้ความร้อนแบบเร็วจะต้องใช้ระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าการให้ความร้อนแบบช้าโดยต้องใช้เวลาในการเคี้ยวประมาณ 3 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ความเข้มข้น 90°Brix เนื่องจากการให้ความร้อนแบบช้าจะใช้หม้อเคี้ยวไฟฟ้าสองชั้นโดยมีโพโรไลนไกลคอลเป็นตัวกลางในการพาความร้อน

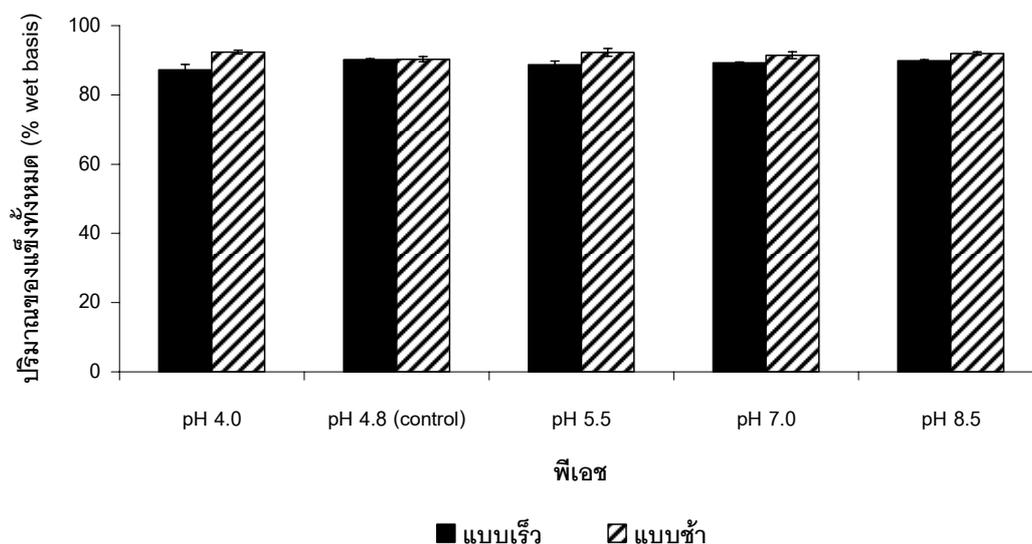
มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนวนิลักษณ์
รูปที่ 3.1 ปริมาณความชื้นของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดที่มีพีเอชต่างกันด้วยการให้ความร้อนแบบเร็ว และการให้ความร้อนแบบช้า

3.2.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมด

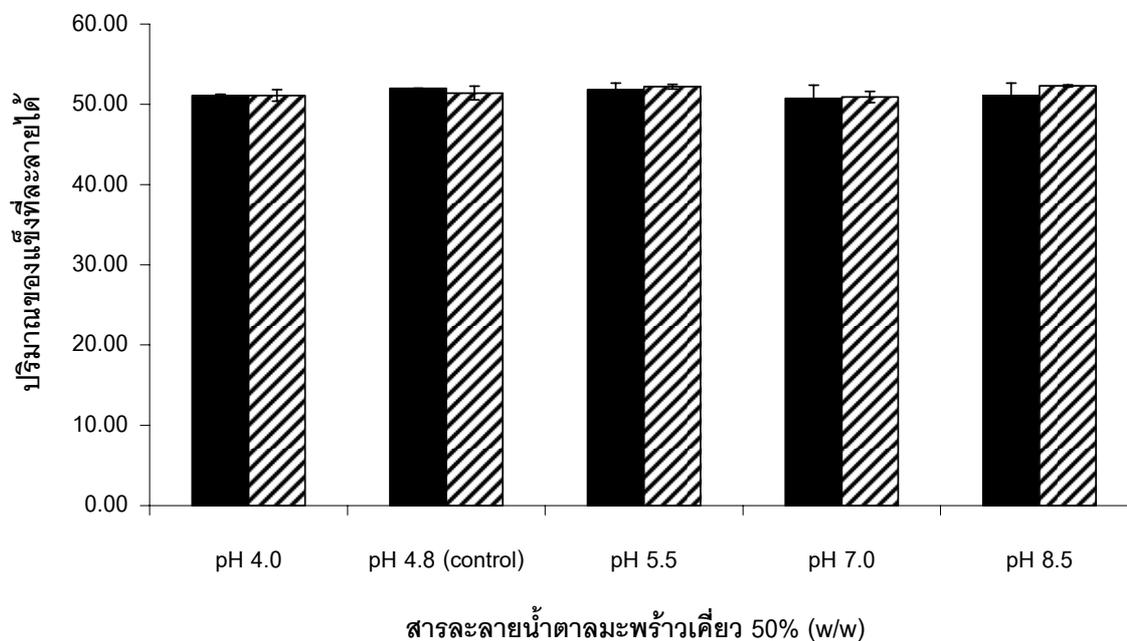
ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่ผลิตโดยใช้น้ำตาลสดที่ปรับพีเอชและวิธีการให้ความร้อนแตกต่างกัน แสดงในรูปที่ 3.2 จะเห็นได้ว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดโดยเฉลี่ยของน้ำตาลเคี้ยวมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยโดยอยู่ในช่วงประมาณ 87 ถึง 92% ซึ่งผลการวิเคราะห์นี้สอดคล้องกับปริมาณความชื้น เพราะปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นส่วนของแข็งแห้งที่เหลืออยู่หลังจากระเหยน้ำออกไปหมดแล้ว โดยในตัวอย่างที่มีความชื้นสูงจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดน้อย ส่วนตัวอย่างที่มีความชื้นน้อยจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดมาก



รูปที่ 3.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากน้ำตาลที่มีพีเอชต่างกันด้วยการให้ความร้อนแบบเร็ว การและให้ความร้อนแบบช้า

3.2.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่ผลิตโดยใช้น้ำตาลสดที่มีพีเอชและวิธีการให้ความร้อนแตกต่างกัน แสดงไว้ในรูปที่ 3.3 จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำตาลเคี้ยวมีความแตกต่างเล็กน้อย และมีค่าใกล้เคียง 50 °Brix ทุกตัวอย่าง แสดงว่าของแข็งในน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวเป็นของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมด



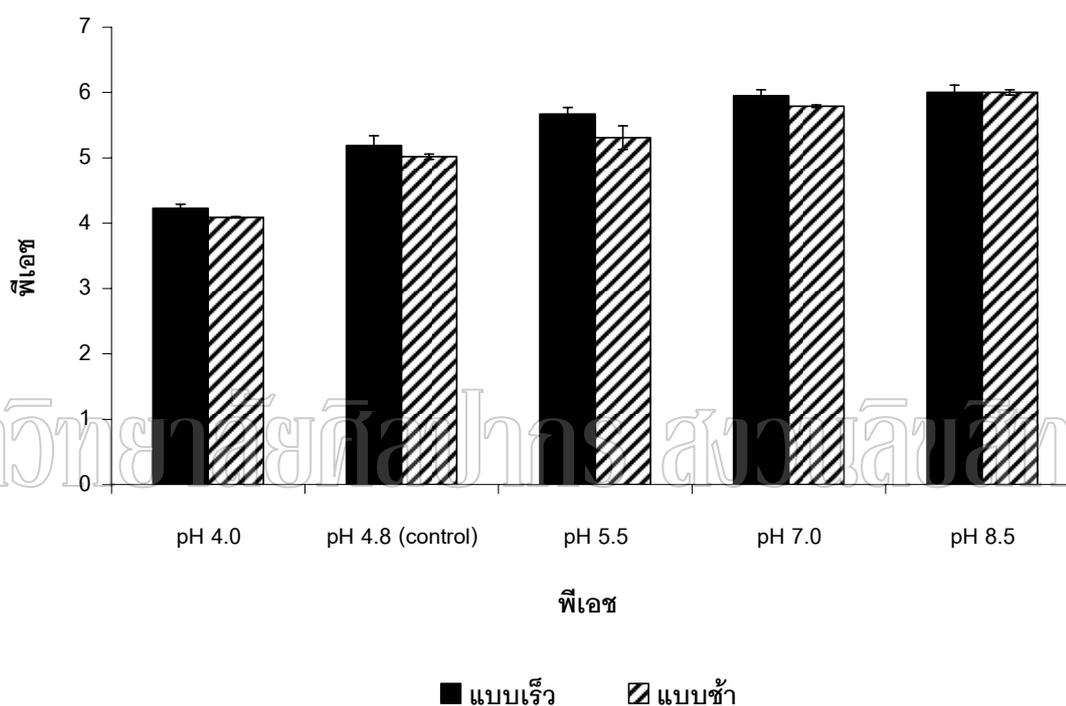
มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนวนลิขสิทธิ์

รูปที่ 3.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดที่มีพีเอชต่างกันด้วยการให้ความร้อนแบบเร็ว และการให้ความร้อนแบบช้า

3.2.4 ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมด

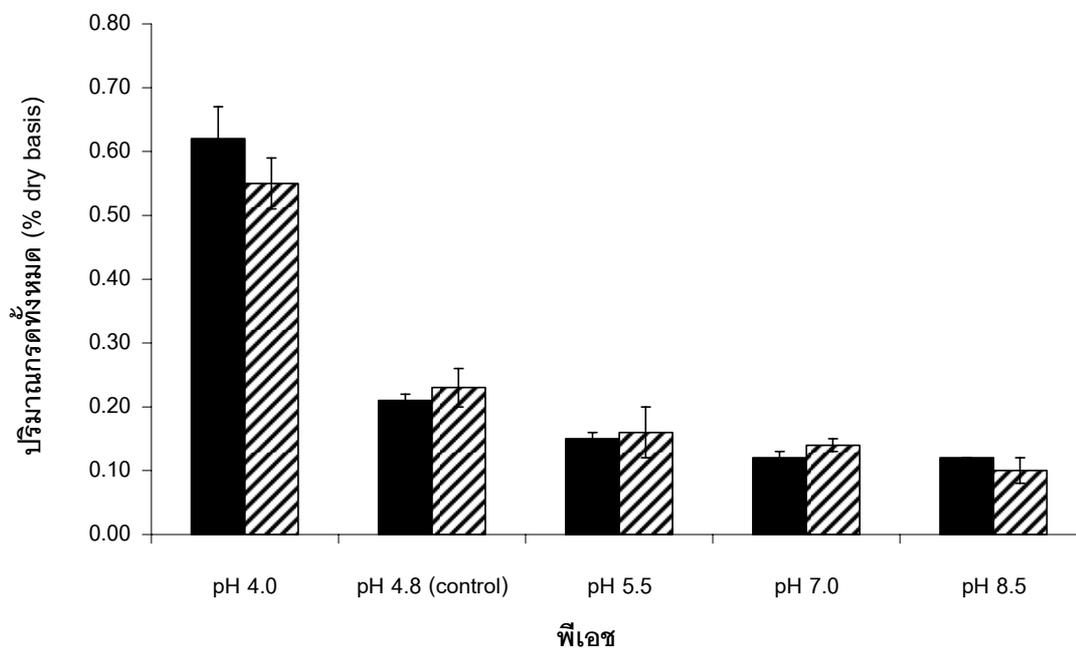
จากการวัดค่าพีเอชของสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดที่มีพีเอชต่างกันด้วยวิธีการให้ความร้อนแบบเร็วและการให้ความร้อนแบบช้า ได้ผลดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.4 พบว่าน้ำตาลเคี้ยวที่ผลิตจากน้ำตาลสดที่ผ่านการปรับพีเอชให้เป็นกรดรวมทั้งตัวอย่างควบคุมมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำตาลสดวัตถุดิบ เพราะการวัดค่าพีเอชของน้ำตาลเคี้ยว (AOAC, 1984)

ต้องนำของแข็งมาละลายในน้ำกลั่นซึ่งมีพีเอชประมาณ 7 จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าพีเอชเพิ่มขึ้นจากพีเอช 4.0 ส่วนน้ำตาลเคี้ยวที่ผลิตจากน้ำตาลสดที่ผ่านการปรับพีเอช 7.0 และ 8.5 ได้ค่าพีเอชลดลงเมื่อเทียบกับน้ำตาลสดวัตถุดิบ เนื่องจากเกิดผลิตภัณฑ์ของกรดอินทรีย์จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด และคาราเมลไลเซชันในระหว่างกระบวนการเคี้ยว เช่น กรดแลคติก กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก เป็นต้น (Martins และคณะ, 2003) จึงทำให้น้ำตาลหลังการเคี้ยวมีค่าพีเอชลดลง



รูปที่ 3.4 ค่าพีเอชของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดที่มีพีเอชต่างกันด้วยการให้ความร้อนแบบเร็วและการให้ความร้อนแบบช้า

ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำตาลด้วยวิธีการไตเตรท แสดงไว้ในรูปที่ 3.5 น้ำตาลที่ปรับพีเอช 4.0 มีปริมาณกรดทั้งหมดมากที่สุด ส่วนน้ำตาลที่ปรับพีเอช 5.5, 7.0, 8.5 และ 4.8 ซึ่งเป็นตัวอย่างควบคุม มีปริมาณกรดทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณกรดทั้งหมดที่ตรวจวัดได้มีค่าสอดคล้องกับค่าพีเอช

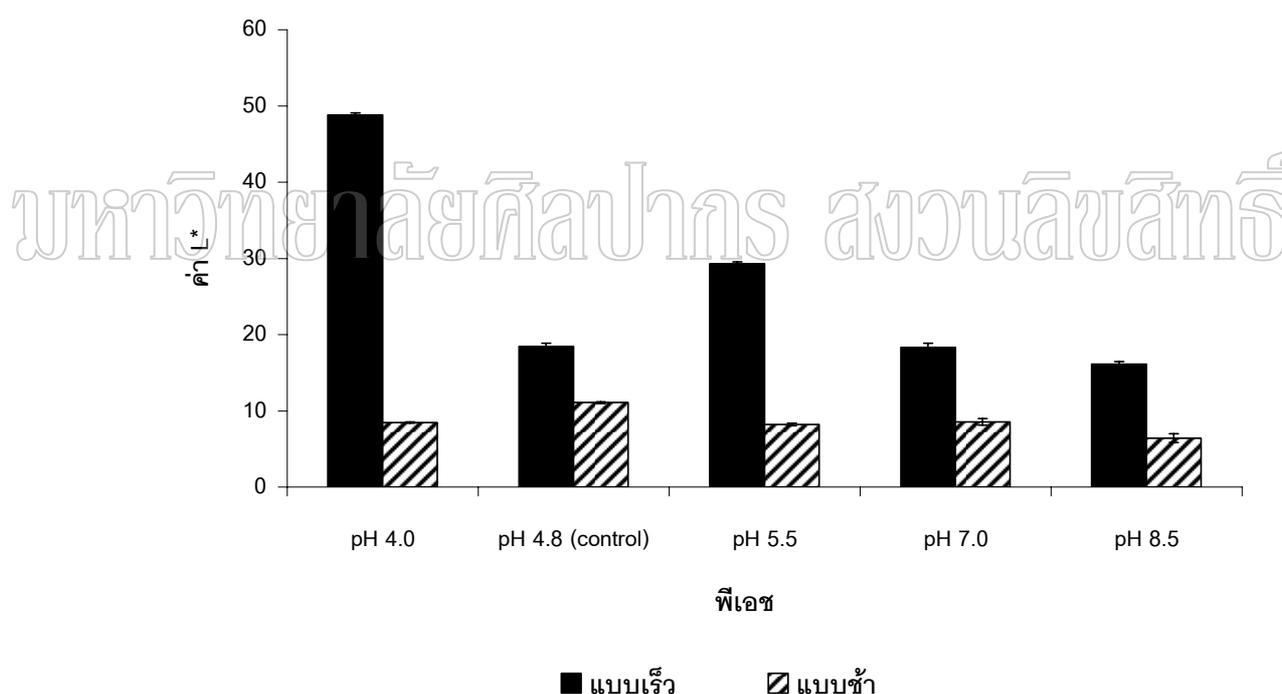


รูปที่ 3.5 ปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่ให้ความร้อนแบบเร็วและให้ความร้อนแบบช้าที่ได้จากน้ำตาลสดที่มีพีเอชแตกต่างกัน

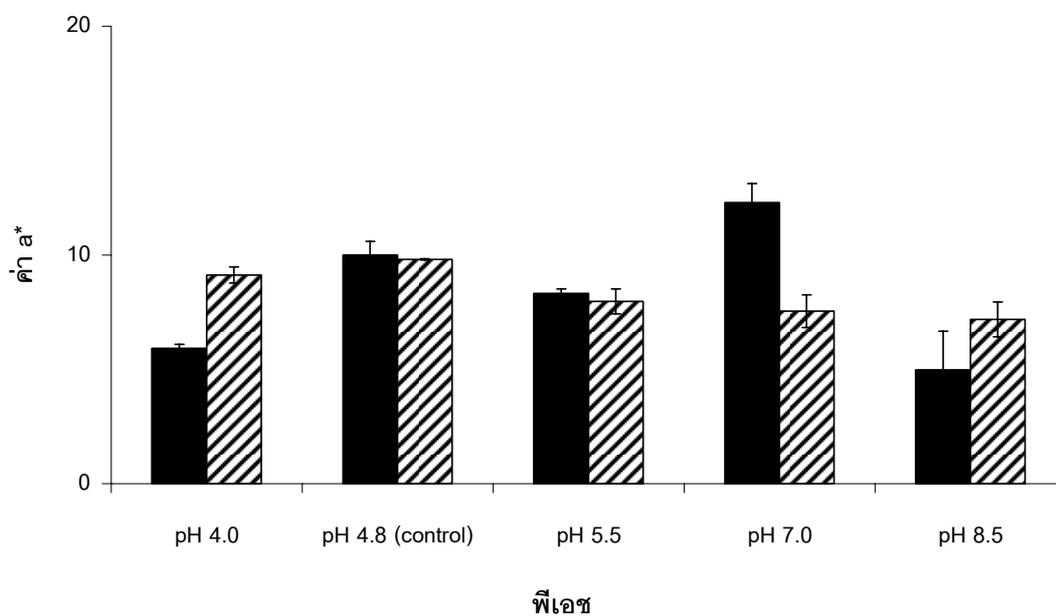
3.2.5 สี

การตรวจวัดสีของสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยว ด้วยเครื่องวัดสี (tintometer) แสดงค่าสี L^* , a^* และ b^* โดยค่า L^* แสดงถึงความสว่าง (L^* เท่ากับ 0 แสดงว่าตัวอย่างมีสีดำอย่างสมบูรณ์ และ L^* เท่ากับ 100 แสดงว่า ตัวอย่างมีสีขาวอย่างสมบูรณ์) จากรูปที่ 3.6 น้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 4.0 มีความสว่างมากที่สุด และน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 8.5 มีความสว่างน้อยที่สุด ส่วนค่า a^* แสดงถึงสีแดงหรือสีเขียว (a^* เป็นค่าบวก แสดงว่ามีสีไปในทิศทางของสีแดง a^* เป็นค่าลบ แสดงว่ามีสีไปในทิศทางของสีเขียว) จากรูปที่ 3.7 พบว่า สารละลายน้ำตาลทุกตัวอย่างมีสีไปในทิศทางของสีแดง น้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 8.5 ให้ความเข้มสีแดงน้อยที่สุด ซึ่งอาจเป็นเพราะมีความคล้ำของสีมาก ส่วนค่า b^* แสดงถึงสี

เหลืองหรือสีน้ำเงิน (b^* เป็นค่าบวกแสดงว่ามีค่าสีไปในทิศทางของสีเหลือง b^* เป็นค่าลบ แสดงว่ามีสีไปในทิศทางของสีน้ำเงิน) จากรูปที่ 3.8 พบว่าน้ำตาลเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 8.5 มีสีไปในทิศทางของสีน้ำเงิน ส่วนน้ำตาลเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 4.0, 4.8, 5.5, และ 7.0 มีสีไปในทิศทางของสีเหลือง จะเห็นได้ว่า น้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวจากน้ำตาลสดที่มีพีเอชเป็นต่างมากขึ้นจะมีสีคล้ำมากขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดขึ้นได้ดีในสภาวะที่เป็นต่าง (Martin, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Andrews และคณะ (2002) พบว่าเมื่อให้ความร้อน 85 องศาเซลเซียสแก่สารละลายซูโครสความเข้มข้น 15 °Brix ผลมน้ำตาลอินเวอร์ท 1% ตัวอย่างที่พีเอช 9 มีความเข้มของสีมากที่สุด เนื่องจากภายใต้สภาวะความเป็นต่าง น้ำตาลอินเวอร์ทเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันของสารประกอบ 3-carbon ทำให้ได้สารสีที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (high-molecular weight colorants)



รูปที่ 3.6 ค่า L^* ของสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดที่มีพีเอชต่างกันด้วยการให้ความร้อนแบบเร็วและการให้ความร้อนแบบช้า

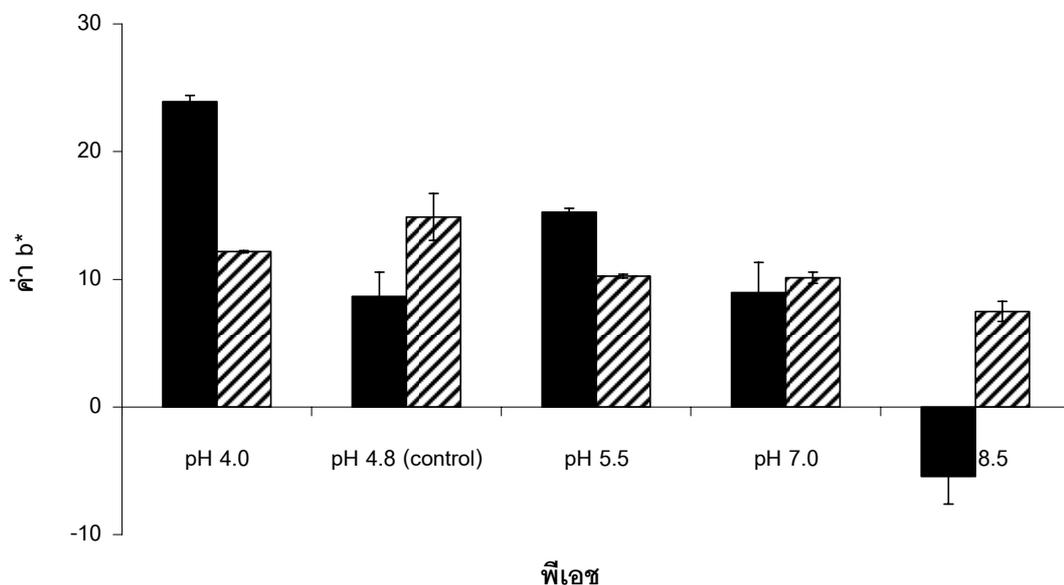


มหาวิทยาลัยศิลปากร สาขาวิทยาศาสตร์

รูปที่ 3.7 ค่า a^* ของสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดที่มีพีเอชต่างกันด้วยการให้ความร้อนแบบเร็วและการให้ความร้อนแบบช้า

น้ำตาลสดที่ปรับพีเอชเป็นกรด จะเกิดการอินเวอร์ชันได้น้ำตาลอินเวอร์ท์ คือ กลูโคสและฟรุคโตส โดยเฉพาะฟรุคโตสจะเกิดการหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่ากลูโคสที่จะเกิดการหลอมเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 160 องศาเซลเซียส (พิสมัย, 2547) กระบวนการเคี้ยวน้ำตาลมะพร้าวจึงเกิดการเมลไลเซชันได้

นอกจากนี้ในระหว่างการเคี้ยว กลูโคสและฟรุคโตสจะสลายตัว (degrade) ไปเป็นกรดอินทรีย์ ทำให้พีเอชลดลง (Andrews, 2002) มีผลทำให้น้ำตาลซูโครสสลายตัวเป็นน้ำตาลรีดิวิง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวิง จะส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้อย่างรวดเร็ว (นิธิยา, 2545)



■ แบบเร็ว ▨ แบบช้า

รูปที่ 3.8 ค่า b* ของสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดที่มีพีเอชต่างกันด้วยการให้ความร้อนแบบเร็วและการให้ความร้อนแบบช้า

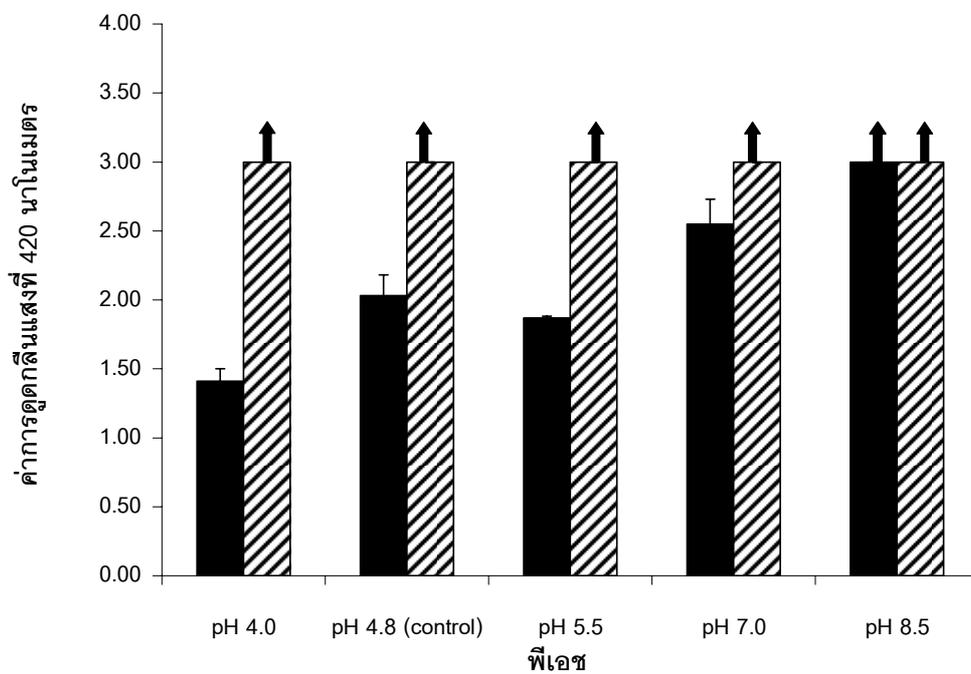
จากการวิเคราะห์ พบว่าวิธีการให้ความร้อนน้ำตาลสดมีผลต่อค่าสี โดยน้ำตาลสดที่ผ่านการให้ความร้อนแบบเร็วมีสีอ่อนกว่าน้ำตาลที่ผ่านการให้ความร้อนแบบช้า เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนนานมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Apriyantono และคณะ (2002) นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสีของน้ำตาลมะพร้าวสามารถเกิดจากคาราเมลไลเซชัน ซึ่งการเกิดคาราเมลไลเซชันเกิดจากการสลายตัวของน้ำตาลเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง โดยน้ำตาลแต่ละชนิดมีจุดหลอมเหลวที่แตกต่างกัน

3.2.6 การดูดกลืนแสง

จากผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยว ที่ระดับความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร แสดงไว้ในรูปที่ 3.9 น้ำตาลเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 8.5 มีความเข้มข้นของสีน้ำตาลมากที่สุด และน้ำตาลเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 4.0 มีความเข้มข้นของสีน้ำตาลน้อยที่สุด ในสภาวะต่างปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดขึ้นได้ดีกว่าในสภาวะที่เป็นกรด เนื่องจากน้ำตาลเฮกโซสถูกรีดิวซ์อยู่ในรูปโซ่เปิดหรืออยู่ในรูปรีดิวซ์ (reducing form) นอกจากนี้ยังเป็นผลมาจากการแตกสลายของน้ำตาล (sugar fragmentation) ได้สารประกอบพวกไกลคอลอัลดีไฮด์ ซึ่งมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลสูงมากถึง 2,000 และ 650 เท่า เมื่อเทียบกับกลูโคส ฟรุคโตส (Weenen, 1998)

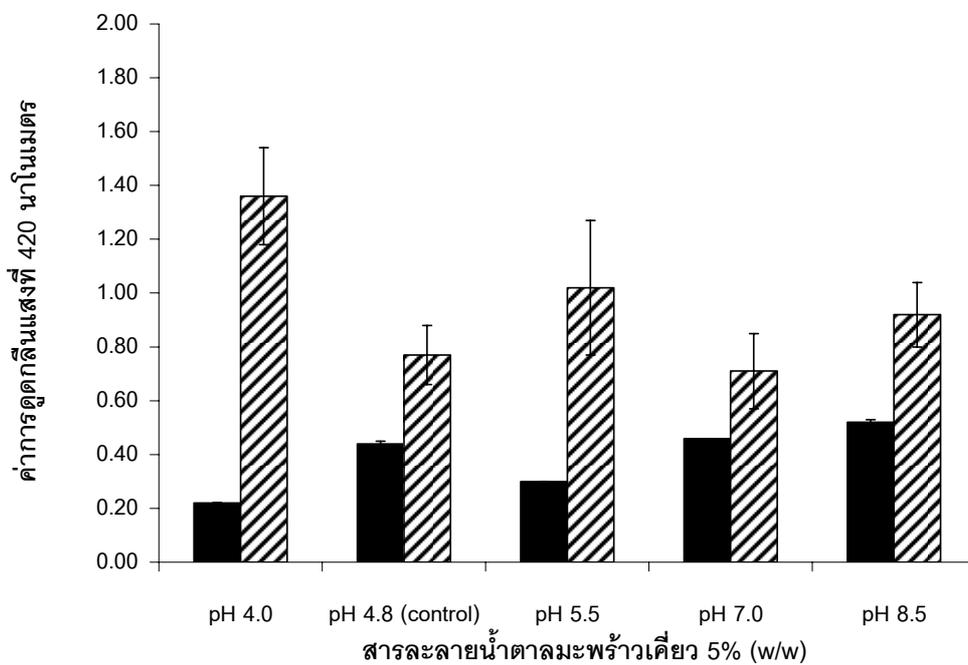
ค่าการดูดกลืนแสงมีค่าสอดคล้องกับค่าสี โดยถ้าค่าการดูดกลืนแสงมีค่าน้อย ค่า L^* จะมีค่ามาก จากผลการทดลองพบว่าสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าว ที่ผ่านการเคี้ยวด้วยวิธีการให้ความร้อนแบบช้ามีค่าการดูดกลืนแสงมากกว่า 3 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่นอกช่วงที่เครื่อง spectrophotometer จะสามารถวัดได้ จึงต้องเจือจางเป็นสารละลาย 5% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยว แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ผลดังรูปที่ 3.10 พบว่าน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่ผ่านความร้อนแบบช้าซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการเคี้ยวมากกว่าน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่ผ่านความร้อนแบบเร็ว มีค่าการดูดกลืนแสงมากกว่าและมีความเข้มของสีมากกว่า โดยเมลานอยดินเป็นโพลีเมอร์ที่มีสารประกอบไนโตรเจนและให้สีน้ำตาล เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด โดยความเข้มข้นของเมลานอยดินเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนนานขึ้น (Martins และคณะ, 2003)

จากการทดลองพบว่า น้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 4.0 ที่ผ่านการให้ความร้อนแบบเร็ว มีค่าการดูดกลืนแสงมากกว่าน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 5.5 เนื่องจากปัจจัยที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดจากหลาย ๆ ปัจจัยร่วมกัน โดยในสภาวะที่เป็นต่างปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะเกิดได้ดี แต่ในสภาวะที่เป็นกรดจะเกิดการไฮโดรไลซิสน้ำตาลซูโครสได้น้ำตาลอินเวอร์ท ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ทำให้มีปริมาณของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อัตราส่วนของสารตั้งต้นยังมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Martins และคณะ, 2004) ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่น้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 4.8 มีค่าการดูดกลืนแสงมากกว่าน้ำตาลสดพีเอช 5.5



มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนวิจัย

รูปที่ 3.9 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตรของสารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยว ซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดที่มีพีเอชต่างกันด้วยการให้ความร้อนแบบเร็วและการให้ความร้อนแบบช้า (แท่งกราฟที่มีลูกศรด้านบน แสดงถึงค่าการดูดกลืนแสงที่มากกว่า 3.00)

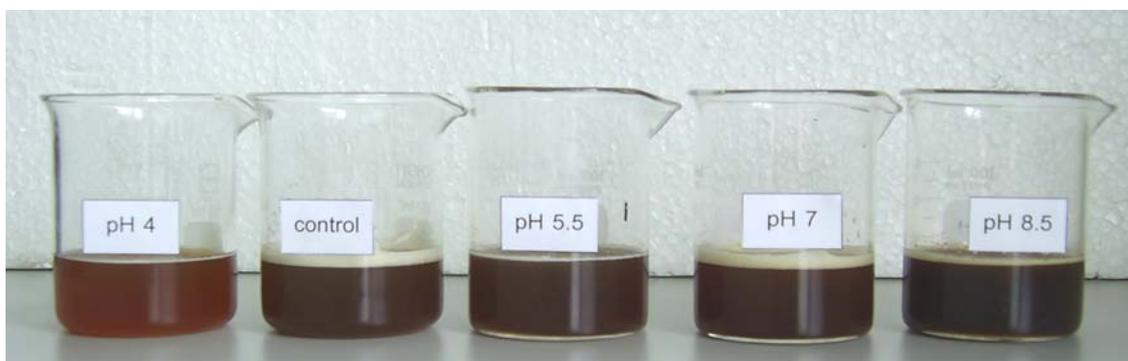


มหาวิทยาลัยศรีปทุมฯ สงวนลิขสิทธิ์

รูปที่ 3.10 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตรของสารละลาย 5% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยว ซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดที่มีพีเอชต่างกันด้วยการให้ความร้อนแบบเร็วและการให้ความร้อนแบบช้า



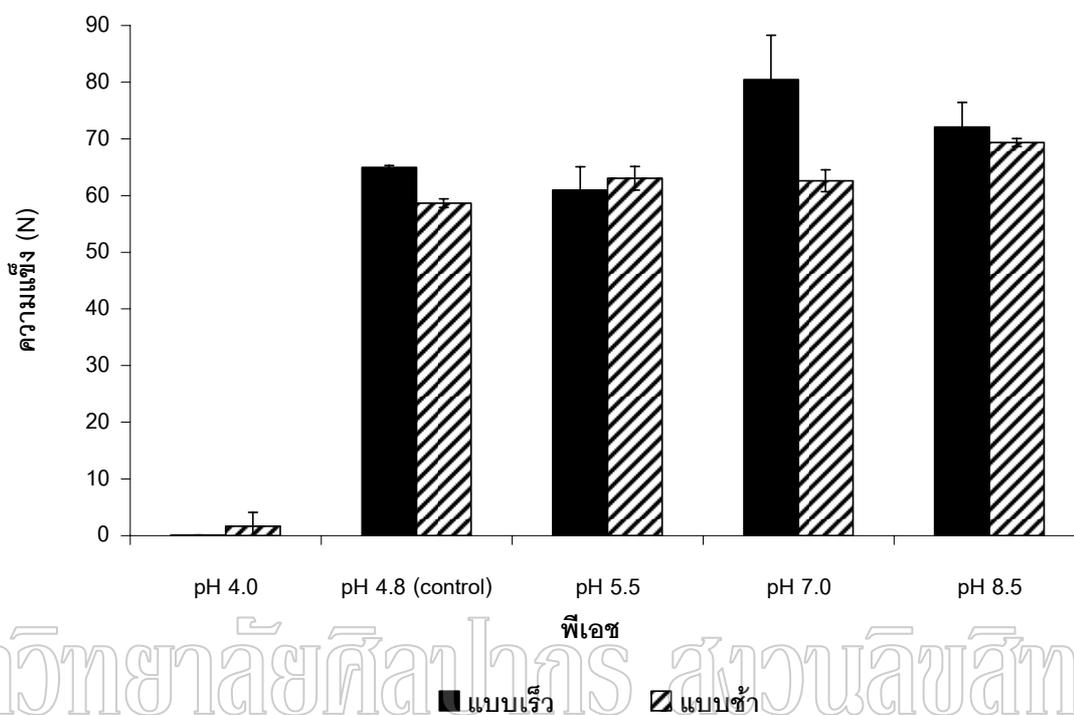
รูปที่ 3.11 สารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากการให้ความร้อนแบบเร็ว



รูปที่ 3.12 สารละลาย 50% (w/w) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากการให้ความร้อนแบบช้า

3.2.7 ค่าความแข็ง (hardness)

จากผลการวัดค่าความแข็งของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวดังแสดงในรูปที่ 3.13 พบว่าน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 4.0 มีค่าความแข็งน้อยที่สุด เนื่องจากการเคี้ยวในสภาวะที่เป็นกรดทำให้เกิดกระบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ของน้ำตาลซูโครสไปเป็นน้ำตาลอินเวอร์ทคือฟรุคโตสและกลูโคส ในระหว่างการเคี้ยว น้ำตาลอินเวอร์ทมีความสามารถในการตกผลึกได้น้อยกว่าน้ำตาลซูโครส จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้น้ำตาลเคี้ยวที่ได้ทั้งจากวิธีให้ความร้อนแบบเร็วและให้ความร้อนแบบช้ามีผลึกน้ำตาลอยู่น้อย มีลักษณะเหลว ไม่เป็นก้อนแข็ง จึงวัดค่าความแข็งได้น้อยมาก โดยสอดคล้องกับผลการทดลองของ Bhandari และคณะ (2002) พบว่าน้ำตาลซูโครสตกผลึกได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากมีปริมาณสัดส่วนของของแข็งพื้นฐานต่อผลึกน้ำตาลซูโครสบริสุทธิ์ต่ำ ความชื้นระเหยออกไปได้ง่าย ในทางตรงกันข้ามการตกผลึกของน้ำตาลซูโครสที่มีน้ำฟรุคโตสและน้ำตาลกลูโคสร่วมอยู่ในระบบ การตกผลึกจะเกิดขึ้นได้ยากกว่า และมีปริมาณความชื้นเหลืออยู่ในน้ำตาลสูงส่งผลให้น้ำตาลเกิดการละลายขึ้น ส่วนน้ำตาลเคี้ยวตัวอย่างอื่น ๆ มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพบว่าน้ำตาลเคี้ยวมีเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.3



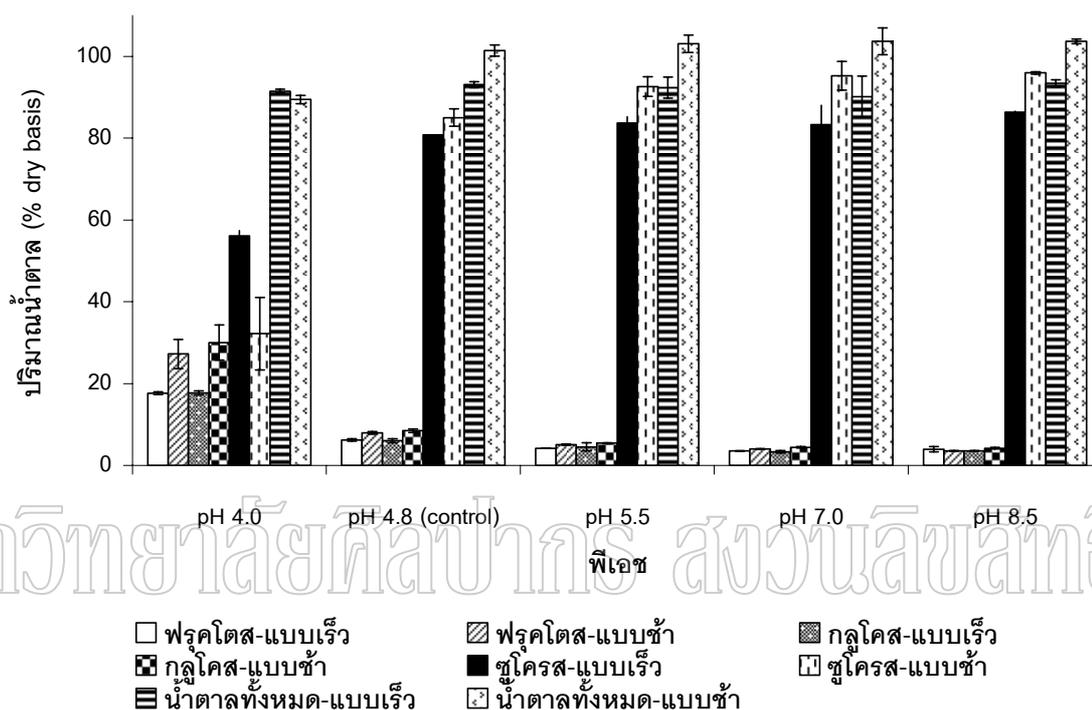
มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนวนลิขสิทธิ์

รูปที่ 3.13 ค่าความแข็งแรงของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดที่มีพีเอชต่างกันด้วยวิธีการให้ความร้อนแบบเร็วและการให้ความร้อนแบบช้า

3.2.8 ปริมาณน้ำตาล

จากการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณน้ำตาลในน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวด้วยเครื่องโครมาโตกราฟฟีของเหลวความดันสูง (HPLC) ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 3.14 พบว่าน้ำตาลเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 4.0 มีปริมาณของน้ำตาลอินเวอร์ตคือฟรุคโตสและกลูโคสสูงกว่าที่พีเอชอื่น ๆ เนื่องจากการเคี้ยวในสภาวะที่เป็นกรดจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของน้ำตาลซูโครสไปเป็นน้ำตาลฟรุคโตสและน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลซูโครสจึงมีปริมาณน้อยกว่าในตัวอย่างน้ำตาลเคี้ยวจากน้ำตาลสดที่พีเอชอื่น ๆ ทำให้น้ำตาลเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 4.0 มีลักษณะเหลวหนืดไม่แข็งตัวทั้งในกรณีที่ทำการเคี้ยวด้วยการให้ความร้อนแบบเร็วและการให้ความร้อนแบบช้า ดังแสดงในรูปที่ 3.15 และ 3.16

นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่าน้ำตาลอินเวอร์ทในน้ำตาลมะพร้าวที่ผ่านการให้ความร้อนแบบช้ามีปริมาณสูงกว่าน้ำตาลที่ผ่านการให้ความร้อนแบบเร็ว เนื่องจากการให้ความร้อนแบบช้าใช้ระยะเวลาในการเคี่ยวนานกว่ามากทำให้เกิดการสลายตัวของน้ำตาลซูโครสไปเป็นน้ำตาลอินเวอร์ทได้มากกว่า



รูปที่ 3.14 ปริมาณน้ำตาลของน้ำตาลมะพร้าวเคี่ยวซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดที่มีพีเอชต่างกันด้วยการให้ความร้อนแบบเร็วและการให้ความร้อนแบบช้า

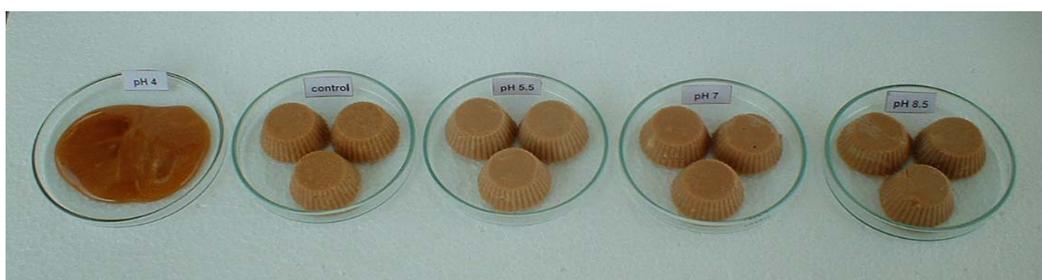
ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทที่มีผลต่อปริมาณความชื้นและความแข็งของน้ำตาลมะพร้าวเคี่ยว โดยสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ของ Bhandari และคณะ (2002) พบว่าเมื่อปริมาณน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตสเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งอัดพื้นฐาน และน้ำตาลฟรุคโตสสามารถดูดความชื้นได้ดีกว่าน้ำตาลกลูโคสในปริมาณที่เท่ากัน

ตารางที่ 3.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสที่สังเกตได้ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดที่มีพีเอชต่างกันด้วยการให้ความร้อนแบบเร็วและการให้ความร้อนแบบช้า

พีเอช ของน้ำตาลสด	ลักษณะเนื้อสัมผัสที่สังเกตของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยว	
	การให้ความร้อนแบบเร็ว	การให้ความร้อนแบบช้า
4.0	เหลว	เหลว
4.8 (control)	แข็งตัว	แข็งตัว
5.5	แข็งตัว	แข็งตัว
7.0	แข็งตัวมาก	แข็งตัวมาก
8.5	แข็งตัวมาก	แข็งตัวมาก

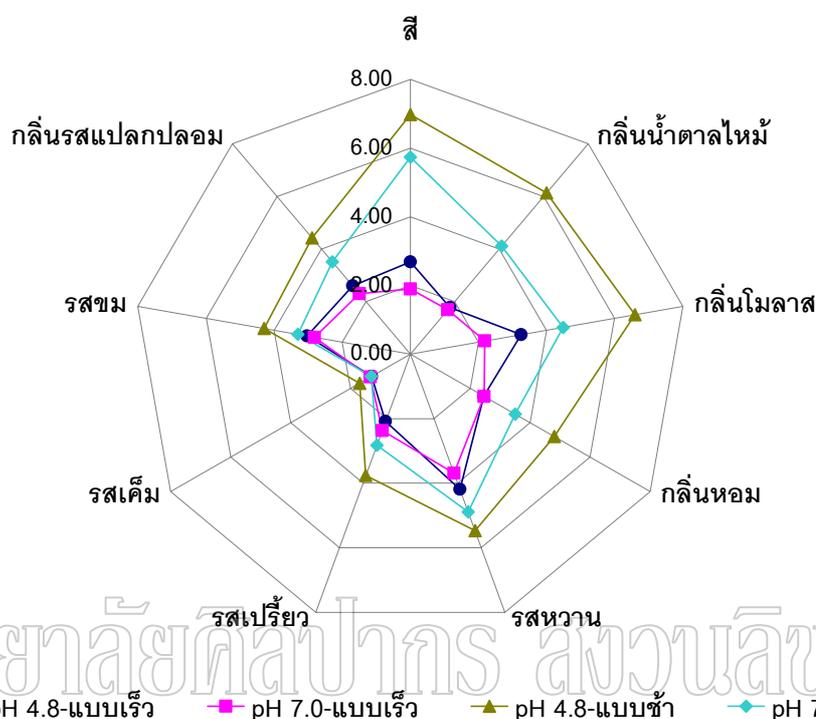


รูปที่ 3.15 น้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากการให้ความร้อนแบบเร็ว



รูปที่ 3.16 น้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากการให้ความร้อนแบบช้า

3.2.9 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส



รูปที่ 3.17 ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดที่มีพีเอช 4.8 (control) และ 7.0 ด้วยการให้ความร้อนแบบเร็ว และการให้ความร้อนแบบช้า

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ได้ทำการเลือกน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 4.8 และ 7.0 ซึ่งเกิดสีคล้ำและน้ำตาลอินเวอร์ทน้อย การให้ความร้อนแบบเร็ว และการให้ความร้อนแบบช้ามาทดสอบคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส โดยเตรียมเป็นสารละลายน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่ความเข้มข้น 12°Brix แล้วทำการวิเคราะห์เชิงบรรยายปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis, QDA) ด้วยจำนวนผู้ชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 3.17 และตารางที่ 3.4 พบว่าน้ำตาลแต่ละตัวอย่างมีคุณสมบัติด้านสี กลิ่นน้ำตาลไหม้ กลิ่นโมลาส กลิ่นหอม รสหวาน รสเปรี้ยว รสเค็ม รสขม และกลิ่นรสแปลกปลอมแตกต่างกัน ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3.4 ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยการวิเคราะห์เชิงบรรยายปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis, QDA) ของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดที่มีพีเอช 4.8 (control) และ 7.0 ด้วยการให้ความร้อนแบบเร็วและการให้ความร้อนแบบช้า

คุณลักษณะที่ทดสอบ	แบบเร็ว		แบบช้า	
	pH 4.8	pH 7	pH 4.8	pH 7
สี	2.69±0.78 ^c	1.89±0.81 ^d	6.98±0.81 ^a	5.74±0.92 ^b
กลิ่นน้ำตาลไหม้	2.71±1.78 ^c	1.68±1.00 ^c	6.12±1.96 ^a	4.11±1.60 ^b
กลิ่นโมลาส	3.25±1.73 ^c	2.18±1.22 ^d	6.58±1.33 ^a	4.48±1.32 ^b
กลิ่นหอม	2.44±1.42 ^b	2.46±1.71 ^b	4.80±2.63 ^a	3.50±1.87 ^{ab}
รสหวาน	4.19±1.60 ^b	3.69±2.00 ^b	5.48±2.02 ^a	4.90±1.31 ^{ab}
รสเปรี้ยว	2.08±1.48 ^b	2.37±1.79 ^{ab}	3.76±2.44 ^a	2.83±1.98 ^{ab}
รสเค็ม	1.29±1.69 ^a	1.34±1.43 ^a	1.69±1.69 ^a	1.30±1.01 ^a
รสขม	3.03±2.63 ^a	2.81±2.67 ^a	4.29±2.48 ^a	3.29±2.49 ^a
กลิ่นรสแปลกปลอม	2.59±2.30 ^b	2.29±2.44 ^b	4.41±2.64 ^a	3.51±2.31 ^{ab}

หมายเหตุ แบบอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

น้ำตาลที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีที่แตกต่างกันมีคุณสมบัติทางด้านสี กลิ่นน้ำตาลไหม้ กลิ่นโมลาสแตกต่างกัน โดยน้ำตาลที่ผ่านการให้ความร้อนแบบเร็วมีสี กลิ่นน้ำตาลไหม้ และกลิ่นโมลาสอ่อนกว่าน้ำตาลที่ผ่านการให้ความร้อนแบบช้า น้ำตาลเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 4.8 และ 7.0 ด้วยการให้ความร้อนแบบเร็ว และน้ำตาลเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 7.0 ด้วยความร้อนแบบช้ามีคุณสมบัติทางด้าน กลิ่นหอม รสหวาน รสเปรี้ยวและกลิ่นรสแปลกปลอม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านการรับรู้รสเค็มและรสขมพบว่า น้ำตาลทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นได้ว่าน้ำตาลที่ผ่านการให้ความร้อนแบบช้ามีคุณลักษณะทางด้านสี

กลิ่นรสเข้มข้นกว่าน้ำตาลที่ผ่านการให้ความร้อนแบบเร็ว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการให้ความร้อนแบบช้าต้องใช้เวลาในการเคี่ยวนานกว่าน้ำตาลที่ผ่านการให้ความร้อนแบบเร็ว วิธีการให้ความร้อนที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อการเกิดสารให้กลิ่น (Weenen, 1998) เนื่องจากผลการศึกษาสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

3.3 สรุปผล

3.3.1 คุณลักษณะทางกายภาพด้านสีของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวซึ่งผลิตจากน้ำตาลสดพีเอช 4.0 มีความสว่างมากที่สุดและจากน้ำตาลสดพีเอช 8.5 มีความสว่างน้อยที่สุด น้ำตาลเคี้ยวมีสีไปในทิศทางสีเหลืองและสีแดง โดยน้ำตาลเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 8.5 ให้ความสว่างของสีเหลืองและสีแดงน้อยที่สุด ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงน้ำตาลเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 8.5 มีค่าการดูดกลืนแสงมากที่สุด โดยน้ำตาลเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 4.0 มีค่าการดูดกลืนแสงน้อยที่สุด เมื่อพีเอชเป็นค่ามากขึ้น น้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวมีแนวโน้มให้สีเข้มขึ้น และการให้ความร้อนแบบช้าทำให้น้ำตาลเคี้ยวมีความเข้มของสีมากกว่าน้ำตาลที่ผ่านการให้ความร้อนแบบเร็ว เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเกิดได้ดีที่พีเอชเป็นค่าและระยะเวลาการให้ความร้อนนานขึ้น น้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 4.0 มีค่าความแข็งน้อยที่สุด และมีลักษณะเหลวหนืด ทั้งในตัวอย่างที่ผ่านการให้ความร้อนแบบเร็วและการให้ความร้อนแบบช้า ส่วนตัวอย่างน้ำตาลเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอชอื่น ๆ มีลักษณะแข็งไม่เหลวตัว

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

3.3.2 คุณลักษณะทางด้านเคมีของน้ำตาลมะพร้าวเคี้ยว มีความชื้นประมาณ 8 ถึง 13% และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณ 87 ถึง 92% ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ของน้ำตาลทุกตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน น้ำตาลเคี้ยวจากน้ำตาลสดพีเอช 4.0 มีปริมาณกรดทั้งหมดมากที่สุด ซึ่งมีสาเหตุจากการไฮโดรไลซ์ซูโครสในน้ำตาลมะพร้าวทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทคือฟรุคโตสและกลูโคสมาก

3.3.3 คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส น้ำตาลที่เคี้ยวด้วยการให้ความร้อนแบบช้ามีคุณลักษณะทางด้านสีและกลิ่น เข้มกว่าน้ำตาลที่เคี้ยวด้วยการให้ความร้อนแบบเร็ว เนื่องจากการให้ความร้อนแบบช้าต้องใช้ระยะเวลาในการเคี้ยวเวลานานกว่ามาก เป็นผลให้เกิดสารประกอบที่ให้สีและกลิ่นจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้มากกว่า

3.4 การนำไปประยุกต์ใช้

การปรับพีเอชน้ำตาลมะพร้าวสดที่พีเอช 4.0 ก่อนการเคี้ยวทำให้ได้น้ำตาลมะพร้าวเคี้ยวที่มีสีอ่อน แต่ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทามากทำให้น้ำตาลมะพร้าวไม่ตกผลึกแข็งตัวและมีรสเปรี้ยว ไม่เหมาะต่อการจำหน่ายและการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำอาหาร ส่วนการปรับค่าพีเอชน้ำตาลสดที่ 8.5 ทำให้น้ำตาลเคี้ยวที่ได้มีสีคล้ำมาก ส่วนน้ำตาลสดตัวอย่างควบคุม (พีเอช 4.8) และน้ำตาลสดที่ปรับพีเอช 5.5 และ 7.0 ทำให้น้ำตาลเคี้ยวที่มีลักษณะดีใกล้เคียงกัน ดังนั้นควรปรับค่าพีเอชของน้ำตาลมะพร้าวสดวัตถุดิบ ให้อยู่ในช่วงพีเอชประมาณ 5-7 เพื่อให้ได้น้ำตาลเคี้ยวคุณภาพดี

จากการเปรียบเทียบวิธีการให้ความร้อนในการเคี้ยวน้ำตาลมะพร้าวพบว่า น้ำตาลมะพร้าวที่เคี้ยวด้วยการให้ความร้อนแบบเร็วมีสีอ่อนกว่าการให้ความร้อนแบบช้า และยังใช้ระยะเวลาในการเคี้ยวน้อยกว่าด้วย

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์