รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง การปฏิบัติระหว่างการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยว และผลการแปรรูปน้ำตาลโตนดสด ที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นในจังหวัดสงขลา

(Harvesting and postharvesting and processing conditions of palm sap (*Borassus flabellifer* Linn.) as affected the quality of palm sugar concentrate in Songkhla province)

โดย

ดร. มุทิตา มีนุ่น และคณะ
ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2555

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การปฏิบัติระหว่างการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยว และผลการแปรรูปน้ำตาลโตนดสด ที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นในจังหวัดสงขลา เป็นโครงการที่ได้รับอุดหนุนเงินวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ.ที่นี้ด้วย งานวิจัยที่ผ่านมาสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีด้วยความอนุเคราะห์จาก บุคลากรหลายฝ่ายทั้งภายในคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และภายนอกอันได้แก่ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น รวมทั้งเกษตรกรผู้ปลูกตาลโตนดในจังหวัดสงขลา สุดท้ายขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัยที่ช่วยเหลือดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

พฤษภาคม 2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นและคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า รวมทั้งศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดสดที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม และวิธีควบคุมปัจจัยทั้งทางด้านเคมี กายภาพ จุลชีววิทยา และด้านประสาทสัมผัส ซึ่งจากการสัมภาษณ์ และใช้แบบสอบถามเกษตรกรผู้ผลิตจำนวน 30 ราย ในเขต จ. สงขลา พบว่าเกษตรกรผู้ผลิตประมาณร้อยละ 57 ใช้กระบอกไม้ไผ่เป็นภาชนะในการรองรับ และมีการเติมเศษไม้เคี่ยมลงในกระบอกประมาณ 3-5 กรัม เพื่อป้องกันการเน่าเสียของน้ำตาลโตนดสด ระหว่างรองรับนานประมาณ 8-10 ชั่วโมง น้ำตาลโตนดสดส่วนมากจะถูกรวบรวมไว้เพื่อผลิตเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นต่อไป เกษตรกรผู้ผลิตส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 90 ไม่ได้ให้ความสำคัญกับคุณภาพของวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดเริ่มต้น ขาดการเอาใจใส่เกี่ยวกับสุขอนามัยส่วนบุคคลที่ดี อย่างไรก็ตาม เกษตรกรผู้ผลิตถึงร้อยละ 93 มีความตั้งใจที่จะพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นให้ดีขึ้น เพื่อให้สามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ และจากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีวิทยาของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้าจำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่าแต่ละตัวอย่างมีคุณภาพแตกต่างกัน ($p<0.05$) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์ และรา เกินค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลโตนดเข้มข้น และ 7 ใน 30 ตัวอย่าง โดยคิดเป็นร้อยละ 23 ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ส่วนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีวิทยาของน้ำตาลโตนดสด จากเกษตรกรผู้ผลิต 5 ราย เมื่อมีการใช้กระบอกไม้ไผ่ที่ลวกในน้ำตาลโตนดต้มเดือด หลังการใช้งานตามวิธีดั้งเดิม และการใช้กระบอกไม้ไผ่ที่ลวกด้วยน้ำเดือดทั้งก่อน และหลังใช้งาน มารองรับวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดนาน 9 ชั่วโมง แล้วนำน้ำตาลโตนดสดมาเก็บรักษาระหว่างรอเวลาก่อนการแปรรูปนาน 0, 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าตัวอย่างน้ำตาลโตนดสดที่ผลิตตามวิธีดั้งเดิมจากเกษตรกรรายเดียวกัน ระหว่างการสุ่มเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง มีคุณภาพแตกต่างกัน ขาดความสม่ำเสมอ ($p<0.05$) โดยค่า L* ค่าการทะลุผ่านของแสง ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลง ในขณะที่ค่า a*, b* ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา และปริมาณแลกติกแบคทีเรียเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลานานขึ้น ส่วนตัวอย่างน้ำตาลโตนดสดที่ผ่านการรองรับด้วยกระบอกไม้ไผ่ที่ผ่านการลวกด้วยน้ำเดือด ทั้งก่อนและหลังใช้งานก็ให้ผลเช่นเดียวกันกับตัวอย่างน้ำตาลโตนดสดที่ผ่านการรองรับด้วยกระบอกไม้ไผ่ที่ผ่านการลวกในน้ำตาลโตนดต้มเดือดหลังการใช้งาน อย่างไรก็ตาม พบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณแลกติกแบคทีเรีย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นช้ากว่า ขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด มีแนวโน้มลดลงน้อยกว่า และเมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตาลโตนดระหว่างการให้ความร้อนทุก 30 นาที จนกระทั่งเคี่ยวเสร็จได้เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้น พบว่า เมื่อระยะเวลาเคี่ยวนานขึ้น ค่า L* ค่าการทะลุผ่านของแสง และปริมาณน้ำมีค่าลดลงในทุกตัวอย่าง ($p<0.05$) ในขณะที่ดัชนีการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่า L* ของน้ำตาลโตนดเข้มข้นทุกตัวอย่างที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิมมีค่าต่ำกว่าในตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นทุกตัวอย่างที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัย ในขณะที่น้ำตาลโตนดเข้มข้นทุกตัวอย่างที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลสูงกว่าน้ำตาลโตนดเข้มข้นทุกตัวอย่างที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัย

จากการศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีวิธีการลวกกระบอกไม้ไผ่ที่ใช้รองรับน้ำตาลโตนดสดต่างกันของเกษตรกรผู้ผลิต 5 ราย พบว่า คุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม และตัวอย่างที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัยของเกษตรกรผู้ผลิตทุกรายมีความสัมพันธ์กับวิธีการทำความสะอาดกระบอกรองรับน้ำตาลโตนดสด วิธีการผลิตที่มีการควบคุมปัจจัย โดยการลวกกระบอกไม้ไผ่ด้วยน้ำต้มเดือด ทั้งก่อนและหลังใช้งาน จะส่งผลให้คุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกรผู้ผลิตทุกราย มีคุณภาพดีกว่าวิธีการผลิตที่ใช้การลวกกระบอกไม้ไผ่ หลังการใช้งานด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือด เมื่อพิจารณาจากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา ทุกตัวอย่างที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัยมีค่าคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ในขณะที่ทุกตัวอย่างที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิมมีค่าคุณภาพไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ที่พบว่าผู้ทดสอบยอมรับ และให้คะแนนความชอบสูงสุดในตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัย

Abstract

The purpose of this research was to study the production of palm sugar concentrate. The commercial palm sugar concentrates including physical, chemical, microbiological qualities and sensory evaluation are evaluated. In addition, the production by traditional method and an improved method of palm sugar concentrate as affecting on the quality are also investigated. According to the data collection from 30 farmers, who produced palm sugar concentrate in Songkhla province, it was found that bamboo tube was mainly used (approximately 57%) to collect palm sap. Kiam wood was added in a bamboo tube 3-5 grams retard the microbial growth during collecting time for 8-10 h. In general, the data show that 90% of the farmers were not realized on how important of producing and maintaining good quality of fresh palm sap before processing, as well as personal hygiene concern. However, the 93% of farmers are willing to improve the production of palm sugar concentrate in order to get high quality and price. The 30 commercial palm sugar concentrate samples were investigated in their physical, chemical and microbiological qualities. It was found that the qualities of palm sugar concentrate differed among samples ($p<0.05$). The microbiological qualities of all 30 samples were not fit with Thai legislation for palm sugar concentrate. Moreover, the total soluble solid of 7 in 30 samples (23%) were not fit with Thai legislation for sugar concentrate.

Fresh palm sap samples from 5 farmers who produced fresh palm sap are analysed for physical, chemical and microbiological qualities. Palm sap sample from each farmer was randomly collected twice. Each farmer used a bamboo tube which was cleaned using 2 methods (1) dipped in boiling palm sap after use according to a traditional method and (2) dipped in boiling water before and after use according to an improved method. Two sampling times were done in each farmers in a different day. All palm sap samples were kept at room temperature for 0, 3, 6, 9 and 12 hr. The results showed that qualities of each sample were significantly among samples ($p<0.05$). A decrease in L* value, transmittance value, pH, total soluble solid content and total sugar content increase in a* value, b* value, reducing sugar content, total microbial count, yeast and mold and lactic acid bacteria during handling before heating was found. Collected palm sap using an improved method showed similar results to collected palm sap using a traditional method. However, the amounts of reducing sugar content, total acidity, total microbial count and lactic acid were slowly increased, and via the amounts of total soluble solid content, total sugar content were slowly decreased compared to collected palm sap with a traditional method.

The changes quality during the production of palm sugar concentrate was monitored. Sample was collected at 30 minutes interval until the end of process. During heating process, the decreasing in L* value, transmittance value and moisture content was detected. On the other hand, an increasing in browning index value, total acidity, total soluble solid content, total sugar content and reducing sugar content was detected. Lower in L* value of palm sugar concentrate and higher in browning index value of palm sugar

concentrate produced by a traditional method than the palm sugar concentrate produced by an improved method were shown.

The relationship between the palm sugar concentrate qualities which were produced from 5 farmers with 2 different production methods a traditional and an improved method was analysed. Qualities of all samples are highly related to the way of cleaning method of a bamboo tube. Hence, the quality of palm sugar concentrate produced by an improved method showed higher quality than those produced by a traditional method as regarding to total soluble solid content and microbiological qualities. Total soluble solid content and the microbiological qualities of palm sugar concentrate samples produced by an improved method fit with Thai legislation standard for palm sugar concentrate while palm sugar concentrate samples produced by a traditional method were not fit with the requirements. In addition, sensory evaluation data showed that the highest score of consumers acceptable were found in a sample produced by an improved method.

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อ	ii
Abstract	iv
สารบัญเรื่อง	vi
สารบัญตาราง	vii
สารบัญตารางภาคผนวก	x
สารบัญภาพ	xi
บทนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์	19
วัสดุ อุปกรณ์ และตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	20
วิธีดำเนินงานวิจัย	21
ผลและวิจารณ์การทดลอง	27
สรุปผลการทดลอง	114
เอกสารอ้างอิง	117
ภาคผนวก	121

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำตาลสด	5
2 วิธีทำความสะอาดกระบอกไม้ไผ่ที่ใช้รองรับน้ำตาลโตนดสดและปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบ	7
3 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำตาลสดที่มีการเติมไม้เคี่ยมและสารกันสารกันบูดระหว่างการเก็บเกี่ยว	8
4 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำตาลโตนดเข้มข้น	12
5 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้น	13
6 คุณสมบัติจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดเข้มข้น	18
7 การสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสด และการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น	30
8 ค่าเฉลี่ยและช่วงคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง	34
9 ลักษณะภาชนะบรรจุและระยะเวลาการเก็บน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง	35
10 คุณภาพทางกายภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง	36
11 คุณภาพทางเคมีของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง	39
12 ตัวอย่างกลุ่มสารและชนิดสารให้กลิ่นรสในน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า	41
13 ชนิดและปริมาณสารให้กลิ่นรสในน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง	42
14 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง	43
15 ความสัมพันธ์ระหว่างเมทริกซ์ระหว่างคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า	46
16 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย A (A_p) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง	51
17 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย A (A_p) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง	53
18 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย B (B_p) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง	55
19 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย B (B_p) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง	56
20 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย C (C_p) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง	58
21 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย C (C_p) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง	60
22 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย D (D_p) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง	61
23 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย D (D_p) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง	62

ตารางที่ หน้า

24 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย E (E_p) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง 64

25 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย E (E_p) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง 65

26 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย A_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง 68

27 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย A_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง 69

28 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย B_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง 72

29 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย B_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง 73

30 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย C_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง 74

31 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย C_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง 75

32 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย D_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง 77

33 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย D_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง 78

34 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย E_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง 80

35 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย E_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง 81

36 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} ระหว่างการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง 84

37 กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่นของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} ระหว่างการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง 85

38 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} ระหว่างการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง 87

39 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} ระหว่างการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง 96

ตารางที่ หน้า

40 กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่นของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} ระหว่างการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง 97

41 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} ระหว่างการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง 98

42 คะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสน้ำตาลโตนดเข้มข้นโดยวิธี Ranking test 108

43 คะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสน้ำตาลโตนดเข้มข้นโดยวิธี 9-Point hedonic scale 108

44 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นจาก 5 รายเกษตรกรผู้ผลิตที่มาจาก 2 วิธีการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน 110

45 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นจาก 5 รายเกษตรกรผู้ผลิตที่มาจาก 2 วิธีการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน 111

46 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างน้ำตาลโตนดสดจาก 5 รายเกษตรกรผู้ผลิตที่มาจาก 2 วิธีการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน 112

47 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของตัวอย่างน้ำตาลโตนดสดจาก 5 รายเกษตรกรผู้ผลิตที่มาจาก 2 วิธีการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน 113

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส การเรียงลำดับ (Ranking test)	121
2 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส การเรียงลำดับ (Ranking test)	123
3 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบแบบ 9-Point hedonic scale	124

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 กระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น	11
2 Biplot PC1-PC2 ของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง	47
3 Biplot PC1-PC3 ของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง	48
4 ค่า L*, a*, b* และค่า transmittance ระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC}	89
5 ค่า Browning index ระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC}	90
6 ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC}	91
7 ปริมาณน้ำและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC}	92
8 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC}	93
9 ค่า L*, a*, b* และค่า transmittance ระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC}	101
10 ค่า Browning index ระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC}	102
11 ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และE_{WC}	103
12 ปริมาณน้ำและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC}	104
13 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC}	105

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

น้ำตาลโตนดเป็นน้ำหวานที่ได้จากช่อดอกของต้นตาลโตนด มีชื่อสามัญเป็นภาษาอังกฤษว่า Palmyra palm ต้นตาลโตนดเป็นพืชในตระกูลปาล์มมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Borassus flabellifer* Linn. สามารถขึ้นได้ในเขตร้อน พบโดยทั่วไปในประเทศอินเดีย ไทย พม่า ศรีลังกา และกัมพูชา สำหรับประเทศไทย ต้นตาลโตนดขึ้นหนาแน่นในแถบภาคใต้ของประเทศนับตั้งแต่จังหวัดเพชรบุรีถึงจังหวัดสงขลา (กีย์ เทรบุยล์, 2527) นอกจากนี้ยังพบในจังหวัดอื่นๆ เช่น พิษณุโลก บุรีรัมย์ สิงห์บุรี ชัยนาถ สุพรรณบุรี นครปฐม และนครศรีธรรมราช เป็นต้น โดยจังหวัดสงขลาเป็นจังหวัดที่มีจำนวนต้นตาลโตนดมากที่สุด 1,262,771 ต้น (สำนักงานเกษตรจังหวัดสงขลา, 2549) และจากรายงานของ สุวรรณา ศรีสวัสดิ์ (2545) พบว่าเกษตรกรประกอบอาชีพปลูกต้นตาลโตนดในจังหวัดสงขลา มีประมาณ 2,950 ราย อย่างไรก็ตาม แม้ว่าแหล่งในการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นจะมีปริมาณมาก แต่พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นยังมีคุณภาพต่ำ ส่งผลให้มีรายได้เฉลี่ยต่อปีอยู่ในเกณฑ์ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับรายได้ต่อหัวทั้งประเทศ (บรรเทา จันทร์พุ่ม, 2548)

โดยปกติน้ำตาลโตนดสด หากเก็บอย่างระมัดระวังในภาชนะที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว สามารถเก็บไว้โดยไม่เน่าเสียในชั่วระยะเวลาหนึ่ง แต่ถ้าเก็บโดยปราศจากความระมัดระวังน้ำตาลโตนดสด จะเน่าเสียอย่างรวดเร็ว โดยมีจุลินทรีย์จากสภาพแวดล้อมเข้าไปเจริญเติบโต ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวซึ่งใช้ระยะเวลานานในการรองรับจากต้นที่อุณหภูมิห้องในสภาพบรรยากาศปกติ จึงทำให้เกิดการหมักขึ้นระหว่างการรองรับ ซึ่งจุลินทรีย์ที่เป็นปัญหาสำคัญในการทำให้เกิดการหมักในน้ำตาลสดนั้นมีทั้งพวกแบคทีเรีย ยีสต์และรา (Faparsui and Barsir, 1971) โดยเฉพาะจุลินทรีย์พวกแลกติกแอซิดแบคทีเรีย ซึ่งจะใช้น้ำตาลเป็นอาหาร และผลิตกรดแลกติกเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดต่ำลง มีความเป็นกรดสูงขึ้น ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้ง่าย (เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล, 2532; เรณุกา แจ่มฟ้า, 2545; สุภารัตน์ เตี่ยไพบูลย์, 2547) จึงทำให้เกิดปัญหาในด้านคุณภาพของวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสด ซึ่งไม่เหมาะสำหรับการนำมาใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น และนอกจากนี้ยังพบว่า การปฏิบัติในกระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นโดยใช้ความร้อนเพื่อทำลายจุลินทรีย์นั้น ยังส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ได้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอกัน เนื่องจากการควบคุมคุณภาพของเกษตรกรผู้ผลิต

ปัจจุบันประชากรโลกให้ความสำคัญต่อคุณภาพ และความปลอดภัยของอาหารมากขึ้นและใช้เป็นเกณฑ์กำหนดคุณภาพในการผลิต และการซื้อขายผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศอาหารจะมีความปลอดภัยได้ จะต้องตระหนักถึงความปลอดภัยอย่างครบวงจร โดยเริ่มตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงผู้บริโภค ดังนั้นลักษณะการจัดการสิ่งต่างๆ เพื่อให้อาหารสะอาดปลอดภัย และเหมาะสมสำหรับผู้บริโภคจึงมีความสำคัญ นอกจากนี้ยังเกิดจากผลของกระบวนการปฏิบัติระหว่างการเก็บเกี่ยว และหลังการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสดต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น

ในส่วนของรัฐบาลได้ตระหนักถึงความสำคัญ ในเรื่องผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้ม ข้นที่ปลอดภัยนี้ จึงได้มีหน่วยงาน เช่น สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมซึ่งกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลโตนดเข้มข้น (มผช.113/2546) เพื่อเป็นแนวทางรองรับการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นซึ่งเป็น

ผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชุมชนให้ได้รับการรับรอง และแสดงเครื่องหมายการรับรองเพื่อส่งเสริมด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ ให้เป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลาย และสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ชุมชน ทั้งในประเทศ และต่างประเทศเน้นให้มีการพัฒนาแบบยั่งยืน อีกทั้งสนับสนุนนโยบายสำคัญของรัฐบาลในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ เพื่อการแก้ไขปัญหาความยากจนของชุมชน โดยมุ่งให้ประชาชนใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่น มาพัฒนาและสร้างมูลค่าของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น มีคุณภาพ มีจุดเด่น มีเอกลักษณ์ เพื่อสร้างชุมชนให้เข้มแข็งสามารถสร้างรายได้ และพึ่งตนเองได้

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการปฏิบัติระหว่างการเก็บเกี่ยว และหลังการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสด ที่มีต่อคุณภาพของน้ำตาลโตนดสด และน้ำตาลโตนดเข้มข้นโดยใช้แบบสำรวจ การสอบถาม รวมทั้งข้อมูลงานวิจัย เอกสารที่มีมาก่อนหน้า เพื่อศึกษารูปแบบ ขั้นตอน และรายละเอียด ในกระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น และศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า รวมทั้งน้ำตาลโตนดสดที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม และวิธีควบคุมปัจจัยในกระบวนการผลิต ที่จะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น และศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม และน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัย วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพทั้งทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยแบบวิธีดั้งเดิม กับน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัยระหว่างกระบวนการผลิต

การตรวจเอกสาร

1. น้ำตาลโตนดสด

น้ำตาลโตนด เป็นน้ำหวานที่ได้จากช่อดอกของต้นตาลโตนด (*Borassus flabellifer* Linn.) เป็นพืชตระกูลปาล์ม ที่สามารถขึ้นได้ในเขตร้อน พบโดยทั่วไปในประเทศอินเดีย ไทย พม่า ศรีลังกา และเขมร (กีย์ ทรีบุลย์, 2527) ต้นตาลโตนดสามารถพบได้หลายพื้นที่ในประเทศไทย จังหวัดที่มีต้นตาลโตนดมาก เช่น จังหวัดสงขลา นครศรีธรรมราช เพชรบุรี นครปฐม สุพรรณบุรี ชัยนาท พิษณุโลก บุรีรัมย์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544) โดยจังหวัดที่มีต้นตาลโตนดมากที่สุด คือ จังหวัดสงขลา มีต้นตาลโตนดประมาณ 1,262,771 ต้น (สำนักงานเกษตรจังหวัดสงขลา, 2549) ครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดสงขลา จำนวน 6 อำเภอ ได้แก่ อำเภอสทิงพระ อำเภอสิงหนคร อำเภอกระแสสินธุ์ อำเภอระโนด อำเภอควนเนียง และอำเภอรัตภูมิ น้ำตาลโตนดสดสามารถนำมาแปรรูปผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น น้ำตาลโตนดเข้มข้น น้ำส้มสายชูหมัก น้ำตาลโตนดพาสเจอร์ไรซ์ และน้ำตาลโตนดสเตอริไลซ์ เป็นต้น (สุรพล จันทร์เรือง, 2545; สุภารัตน์ เตี่ยไพบูลย์, 2547)

1.1 ลักษณะทางสรีรวิทยาและนิเวศวิทยาของตาลโตนดสด

ตาลโตนด เป็นไม้วงศ์ปาล์มเช่นเดียวกับมะพร้าว แต่ตาลโตนดมีความแข็งแรง ทนทาน และอายุยืนยาวกว่ามะพร้าวมาก โดยมีอายุยืนยาวประมาณ 80-100 ปี โตเต็มที่จะสูงประมาณ 2,700 ซม. (90 ฟุต) หรือมากกว่า มีเส้นรอบวงโคนต้นอยู่ระหว่าง 60-120 ซม. (2-4 ฟุต) และมีใบเป็นรูปพัด (Fan leaf) ขนาดใหญ่แข็ง และหนา โดยจะให้ผลผลิตหลังจากปลูกแล้วประมาณ 10-15 ปี ตาลโตนดขึ้นได้บนดินทุกชนิดทนทั้งความแห้งแล้ง และน้ำท่วม มีรากลึกมากโดยรากของตาลโตนดไม่แผ่ออกด้านข้าง จึงสามารถปลูกร่วมกับพืชอื่นได้ดี ตาลโตนดที่

ขึ้นอยู่ในบริเวณนาข้าวก็ไม่ทำให้ผลผลิตของข้าวลดลง นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันลมพายุ เป็นที่อยู่อาศัยของนกและค้างคาวซึ่งช่วยควบคุมแมลง และให้ปุ๋ยแก่ชาวนาอีกด้วย ตาลโตนดที่ขึ้นอยู่โดยทั่วไปมีลักษณะและส่วนประกอบดังนี้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544)

(ก) ราก รากเป็นเส้นกลมยาว เป็นกระจุกคล้ายมะพร้าว แต่หยั่งลึกลงไปในดินได้ลึกมาก ไม่แผ่ไปตามผิวดินเหมือนรากมะพร้าว จึงยึดกับดินได้ดี โอกาสที่จะโค่นล้มหรือถอนรากเป็นไปได้ยาก จึงใช้ปลูกเพื่อเป็นหลักในการแบ่งเขตของคันนาหรือเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับดินในบริเวณที่ทำการทดน้ำเข้านา

(ข) ลำต้น ตาลโตนดเป็นพืชลำต้นเดี่ยวที่มีลักษณะสูงชะลูด ความสูงโดยทั่วไปประมาณ 18-20 เมตร โตเต็มที่จะสูงประมาณ 25-27 เมตร (บางต้นอาจสูงถึง 30 เมตร) ลำต้นตรงหรือโค้งเล็กน้อย โคนต้นอวบใหญ่วัดโดยรอบได้ประมาณ 1 เมตร เมื่อมีความสูงประมาณ 4 เมตร ลำต้นจะเริ่มเรียวลง วัดโดยรอบได้ประมาณ 40 ซม. ระยะความสูง 10 เมตร นับจากพื้นดิน ลำต้นจะเริ่มขยายออกใหม่ วัดโดยรอบได้ประมาณ 50 ซม. และคงขนาดนี้ไปจนถึงยอด เปลือกลำต้นขรุขระ และมีสีขี้เถ้าเป็นวงซ้อนๆ กัน เป็นเสี้ยนแข็ง เหนียว ไม่หักง่าย ส่วนเนื้อไม้ภายนอกแข็งแรง และค่อยๆ อ่อนเข้าไปสู่ภายในลำต้น

(ค) ใบ มีลักษณะเป็นรูปพัด (Fan leaf หรือ Palmate) ขนาดใหญ่แข็งและหนา โดยแต่ละใบจะมีใบย่อยเรียกว่า Segment ซึ่งจะแตกออกจากจุดๆ เดียวกันที่ปลายก้านใบ ยอดตาลแต่ละต้นประกอบด้วยใบตาลประมาณ 25-40 ใบ (แล้วแต่อายุตาล) ใบมีสีเขียวเข้มเป็นรูปพัด ถ้าตาลต้นใดไม่ได้ใช้ประโยชน์ ใบแก่จะมีสีน้ำตาลอ่อนห้อยแนบลำต้น ความกว้างของใบวัดได้ประมาณ 50-70 ซม. ใบแต่ละใบอายุไม่เกิน 3 ปี ตาลโตนดต้นหนึ่งๆ สามารถให้ใบตาลได้ 12-15 ใบต่อปี ส่วนที่เป็นก้านใบหรือทางตาลยาวประมาณ 1-2 เมตร ทางตาลนี้จะหนาโค้งตามความยาว รอบขอบทางตาลทั้งสองข้างมีหนามแหลมสั้น ขนาดไม่สม่ำเสมอกัน

(ง) ดอก ออกดอกเป็นช่อ โดยดอกตัวผู้และตัวเมียจะอยู่แยกต้นกัน ช่อดอกของต้นผู้เรียก "งวงตาล" แตกแขนงออกเป็น 2-4 งวงต่อข้อ ยาวงวงละประมาณ 30-40 ซม. ในแต่ละงวงมีดอกเล็กๆ ต้นตัวผู้ต้นหนึ่งจะมีช่อดอก 3-9 ช่อ ส่วนช่อดอกของต้นตัวเมียเรียก "ปลีตาล" ต้นตัวเมียจะออกช่อหลังต้นตัวผู้เล็กน้อยมีประมาณ 10 ช่อ ขนาดใหญ่และชุ่มน้ำหวานมากกว่า ในแต่ละช่อจะมีดอกน้อยกว่าดอกตัวผู้ โดยทั้งต้นตัวผู้และต้นตัวเมียจะทยอยออกช่อเรื่อยๆ สามารถเก็บรองน้ำตาลได้ตลอดปี

(จ) ผล จะออกกับต้นตัวเมียเท่านั้น ระยะเวลาตั้งแต่ออกดอกจนถึงเก็บผลอ่อนใช้เวลาประมาณ 75-80 วัน โดยผลจะออกเวียนรอบต้นตามก้านใบ โดยในแต่ละก้านใบจะออกหนึ่งปลี โดยแต่ละปลีจะให้ช่อดอกประมาณสามช่อ ในหนึ่งช่อดอกให้ผลหนึ่งทะลาย โดยในแต่ละทะลายมี 10-20 ผล ผลอ่อนมีสีเขียว ผลแก่จัดมีสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำเป็นมัน เนื้อภายในเป็นเส้นใยละเอียด เมื่อสุกเต็มที่จะประกอบด้วยแป้งและน้ำตาล มีสีเหลืองแก่และมีกลิ่นหอม นิยมนำไปใช้ทำขนมตาล และใช้แต่งสีขนมต่างๆ โดยทั่วไปในแต่ละผลจะประกอบด้วยเมล็ดตาลสามเมล็ดอยู่ภายในผลเมล็ดมีลักษณะแบนๆ ยาวประมาณ 4 นิ้ว และหนาประมาณ 1.5 นิ้ว

1.2 การเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสด

น้ำตาลสดจะได้จากช่อดอกส่วนที่เรียกว่า "งวงตาล" และ "ปลีตาล" ซึ่งให้น้ำหวานได้ทั้งสองชนิด โดยมีวิธีการในการเก็บเกี่ยวที่คล้ายกัน แตกต่างกันบ้างเฉพาะไม้ที่ใช้นวดงวงและปลี ซึ่งของต้นตัวผู้จะใช้ไม้นวดที่แบนกว่าของต้นตัวเมีย โดยไม้ที่ใช้นวดเรียกว่า "ไม้คาบตาล" (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544)

1.2.1 วิธีการเก็บน้ำตาลสดจากต้นตาลตัวผู้

ขนาดของต้นตาลที่เหมาะในการเก็บน้ำหวาน คือ หลังจากที่ออกงวงยาวประมาณ 50 ซม. ดอกบานพอประมาณ ให้รวบงวงตาลเข้าด้วยกัน ใช้ไม้คาบตาล บีบงวงตาลเบาๆ วันละครั้ง ทำติดต่อกันประมาณ 3-4 วัน หักปลายงวงทิ้งประมาณ 1 นิ้ว ใส่กระบอกแช่น้ำทิ้งไว้ประมาณ 3 คืน วันรุ่งขึ้นเทน้ำในกระบอกออกทิ้งไว้ 1 คืน ทดลองปาดตาลโดยทำในตอนเช้า ถ้ามีน้ำไหลซึมออกมาไม่หยุดถือว่าใช้ได้ โดยใช้กระบอกน้ำตาลสด ซึ่งทำจากกระบอกไม้ไผ่ใส่ไม้พยอม (*Shorea floribunda* Kurz.) หรือไม้เคี่ยม (*Cotylelobiu lanceolatum* Craib.) ที่ตัดเป็นชิ้นๆ ขนาด 3-5 กรัม แขวนรองรับน้ำตาลที่ไหลซึมออกมาจากงวงตาลนั้น แต่ถ้าปาดแล้วรอยแผลไม่มีน้ำไหลก็ใช้ไม่ได้ โดยไม้เคี่ยมหรือไม้พยอมจะช่วยป้องกันและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ไม่ให้น้ำตาลสดบูด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544; เรณุกา แจ่มฟ้า, 2545; สุภารัตน์ เตี่ยไพบูลย์, 2547)

1.2.2 วิธีการเก็บน้ำตาลสดจากต้นตัวเมีย

ช่วงเวลาที่เหมาะในการเก็บน้ำหวานคือ หลังจากช่อดอกบานเป็นจั่นแล้ว ขนาดเท่าลูกละมุดหรือใหญ่กว่า ให้นวดตาลระหว่างจั่นโดยใช้ไม้คาบตาลนวดติดต่อกันประมาณ 3 วัน หักปลายจั่นทิ้งประมาณ 1 นิ้ว ทดลองปาดจั่นดู ถ้ามีน้ำไหลออกมาไม่หยุดแสดงว่าใช้ได้ หลังจากนั้นใช้กระบอกไม้ไผ่ที่มีการเติมไม้เคี่ยมหรือไม้พยอมประมาณ 3-5 กรัม แขวนรองรับน้ำตาลสดที่ซึมออกมา แต่ถ้าปาดแล้วไม่มีน้ำออกมาให้นำจั่นแช่น้ำในกระบอกทิ้งไว้ 1 คืน วันรุ่งขึ้นเทน้ำในกระบอกทิ้ง ทดลองปาดหน้าตาลใหม่ ถ้าไม่มีน้ำไหลออกมาก็เปลี่ยนต้นใหม่ โดยทั่วไปเกษตรกรไม่นิยมเก็บน้ำหวานจากต้นตัวเมีย ส่วนใหญ่จะปล่อยให้ออกจั่นติดผลเพื่อเก็บผลตาลเป็นทะลายมากกว่า (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544) ช่วงเวลาในการเก็บน้ำตาลโตนดอยู่ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงปลายเดือนพฤษภาคม โดยจะเก็บได้วันละ 2 ครั้ง คือในช่วงเช้ามืดและช่วงบ่าย หลังจากนั้นเกษตรกรจะหยุดเนื่องจากเป็นช่วงหน้าฝนมีฝนตกชุก และเป็นช่วงที่ต้นตาลให้ผลผลิตน้อยลง โดยเฉลี่ยต้นตาลตัวเมียจะให้น้ำตาลสดวันละ 4-5 ลิตรต่อต้น ส่วนต้นตาลตัวผู้จะให้น้ำตาลสดวันละ 3 ลิตรต่อต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544) น้ำตาลโตนดที่เก็บในตอนเช้าจะมีคุณภาพดีกว่าน้ำตาลโตนดที่เก็บในตอนเย็นเพราะอากาศในตอนกลางคืนเย็นกว่าตอนกลางวัน ทำให้อัตราการเสื่อมคุณภาพของน้ำตาลโตนดในตอนกลางคืนเป็นไปได้ช้า นอกจากนี้พบว่าการเก็บน้ำตาลโตนดในตอนเช้าให้ปริมาณมากและมีความหวานสูงกว่ากว่าการเก็บน้ำตาลโตนดในช่วงบ่ายอีกด้วย (กีย์ ทรีบุลย์, 2527)

1.3 องค์ประกอบของน้ำตาลโตนดสด

กรมส่งเสริมการเกษตร (2544) รายงานว่า น้ำตาลโตนดสดจะประกอบด้วยปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (น้ำตาลอินเวอร์ท) ร้อยละ 11.54 น้ำตาลซูโครสร้อยละ 13-17 น้ำตาลกลูโคสร้อยละ 0.78 โปรตีน ร้อยละ 0.02-0.03 ค่าพีเอชประมาณ 4.69 ปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ ร้อยละ 0.098 และค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เท่ากับ 13.93°บริกซ์ จากตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตาลโตนดสดจากนักวิจัยหลายท่านเปรียบเทียบกันพบว่าระยะเวลาระหว่างรองรับน้ำตาลโตนดที่ต้น จะส่งผลถึงคุณภาพน้ำตาลโตนดสด โดยเมื่อใช้ระยะเวลารองรับจนถึงระยะเวลา ก่อนถึงการวิเคราะห์นาน จะมีผลให้ค่าพีเอชของน้ำตาลโตนดสดเริ่มลดลง และสอดคล้องกับค่าปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์พวกแลกติกแอซิดแบคทีเรียที่มีปริมาณมากขึ้น และใช้น้ำตาลเป็นอาหารผลิตกรดแลกติกเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง (เรณุกา แจ่มฟ้า, 2545; สุภารัตน์ เตี่ยไพบูลย์, 2547)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำตาลสด

Composition	fresh palm sap*	fresh palm sap**
pH	5.09	5.76
Total soluble solid (°Brix)	13.80	11.20
Total sugar (%)	12.34	10.91
Total acidity (% as lactic acid)	0.036	0.032

ที่มา : * เรณุกา แจ่มฟ้า (2545)

** สุภารัตน์ เตี่ยไพบูลย์ (2547)

Note : * Payom wood was added in a container which was collected palm sap, chemical analysis was done after 12 hours of collecting palm sap.

** Kiam wood was added in a container which was collected palm sap, chemical analysis was done after 15 hours of collecting palm sap.

1.4 จุลินทรีย์ในน้ำตาลโตนดสด

Faparsui และ Barsir (1971) ศึกษาการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำตาลสดที่ปล่อยให้เกิดการหมักเป็นเวลา 7 วัน พบว่าภายใน 24 ชั่วโมงแรกของการหมักจุลินทรีย์ที่มีบทบาทมาก คือ *Lactobacillus* sp., *Leuconostoc* sp. และ *Saccharomyces cerevisiae* หลังจาก 48 ชั่วโมงจะตรวจพบ Acetobacter sp. และหลังจาก 72 ชั่วโมงหลังการหมักจะเริ่มตรวจพบเชื้อยีสต์อีกกลุ่มหนึ่งซึ่งประกอบด้วย *Pichia* sp., *Schizosaccharomyces pombe* และ *Candida mycoderma* นอกจากนี้ยังพบเชื้อราพวก Aspergillus *flavus, Mucor* sp. และ *Rhizopus* sp.

Faparsui และ Barsir (1971) รายงานว่าน้ำตาลสดมีพีเอชอยู่ในช่วง 7.0-7.2 ซึ่งเป็นพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของ *Lactobacillus* sp. และ *Leuconostoc* sp. โดยตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดในน้ำตาลสดภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พีเอชจะลดลงเหลือ 4.5 ซึ่งภายใต้สภาวะนี้ *Saccharomyces cerevisiae* จะเจริญได้ดีที่สุด แต่หลังจากการหมักได้ 3 วัน แอลกอฮอล์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยยีสต์จะมีมากเพียงพอมีผลทำให้ *Acetobacter* sp. เจริญ และเมื่อแบคทีเรียชนิดนี้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น น้ำตาลสดนั้นก็จะมีรสเปรี้ยวไม่เหมาะสำหรับใช้ดื่มอีกต่อไป ส่วน Okafor (1975) รายงานว่าในน้ำตาลเมาที่ได้จากต้นปาล์มจากประเทศไนจีเรียมีแบคทีเรียที่พบบ่อย 5 จีนัส (genus) ได้แก่ *Micrococcus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus*, *Lactobacillus* และ *Acetobacter* ส่วนแบคทีเรียชนิดอื่นๆ ที่พบ ได้แก่ *Serratia* และ *Aerobacter* จะสร้างกรดทำให้ พีเอชของน้ำตาลสดลดลงจาก 7.0 เหลือประมาณ 4.5 นอกจากนี้ Shamala และ Sreekantiah (1988) ศึกษาจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักน้ำตาลสดจากอินทผลัมป่า (*Phoenix sylvestris*) เป็นไวน์ โดยแยกเชื้อจุลินทรีย์จากน้ำตาลสดจากอินทผลัมป่า พบว่า จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae, Schizosaccharomyces pomb, Acetobacter aceti, Acetobacter rancens, Acetobacter suboxydans, Leuconostoc dextranicum, Micrococcus* sp., *Pediococcus* sp., *Bacillus* sp. และ *Sarcina* sp. จากกการศึกษาของ Okafor (1972) แยกยีสต์จากน้ำหมักที่ได้จากการหมักน้ำตาลสดของปาล์มในสกุล *Elaeis* และ *Raphia* ซึ่งเก็บจากสถานที่ต่างกัน พบยีสต์ทั้งหมด 17 สายพันธุ์ โดยที่เป็นยีสต์ในสกุลของ *Saccharomyces* 12 สายพันธุ์ *Candida* 4 สายพันธุ์ และ *Endomycopsis* 1

สายพันธุ์ นอกจากนี้ยังพบว่า ชนิดของยีสต์ในไวน์ไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของปาล์ม และสถานที่เก็บน้ำตาลสด ยีสต์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำตาลโตนด โดยจะทำให้เกิดกลิ่นรสของน้ำตาลสด ซึ่งเกิดการหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งมีประโยชน์ในการทำน้ำตาลเมา แต่มีผลเสียต่อคุณภาพน้ำตาลสดโดยจะเกิดฟอง มีกลิ่นเหม็น และสูญเสียปริมาณน้ำตาล (Faparusi, 1973)

วราวุฒิ โกยสมบัติ (2536) ศึกษาชนิดของจุลินทรีย์ในน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวโดยวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร จากอำเภอสทิงพระ และอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา พบว่าตัวอย่างน้ำตาลโตนดสดที่ใช้ไม้เคี่ยมและไม่ใช้ไม้เคี่ยมเป็นวัตถุกันเสียมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งหมดเท่ากับ 10^8 และ 10^9 cfu/ml ตามลำดับ สำหรับปริมาณโคลิฟอร์มพบว่า ทั้งในตัวอย่างที่ใช้ไม้เคี่ยมและไม่ใช้ไม้เคี่ยมมีปริมาณสูงถึง 10^3cfu/ml และเมื่อแยกกลุ่มจุลินทรีย์ที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยา สามารถแยกกลุ่มจุลินทรีย์ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแบคทีเรีย มี 8 ลักษณะ กลุ่มยีสต์ มี 5 ลักษณะ และกลุ่มรา มี 2 ลักษณะ

1.5 การป้องกันการเสื่อมคุณภาพของน้ำตาลโตนดสด

เนื่องจากการรองรับน้ำตาลโตนดสดจากต้น จะต้องใช้เวลานานกว่า 8-10 ชั่วโมง ดังนั้น จุลินทรีย์หลายชนิด เช่น ยีสต์ แบคทีเรีย และราที่ปนเปื้อนอยู่ในสภาพแวดล้อมมีโอกาสเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาที่รองรับน้ำตาลโตนดสดทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพ มีรสเปรี้ยว เป็นเมือก มีฟองและมีปริมาณน้ำตาลลดลง วิธีที่ง่ายที่สุดในการป้องกันการเสื่อมคุณภาพของน้ำตาล คือ การทำความสะอาดภาชนะที่จะนำไปรองน้ำตาลโตนดสดก่อนโดยการรมควันหรือลวกน้ำร้อนการลวกอาจจะใช้น้ำตาลโตนดสดที่กำลังเดือดลวกภาชนะก็ได้ แต่ต้องมีที่คว่ำที่เหมาะสมเพื่อป้องกันแมลง หรือมดรบกวน (ปราโมทย์ ธรรมรัตน์, 2521)

มาลี สัณฑกุล และ พูนสุข อัตถะสัมปุณณะ (2517) รายงานว่าความสะอาดของกระบอกรองรับ มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของน้ำตาลโตนดสดมาก จากการใช้กระบอกที่ทำความโดย การล้างด้วยน้ำเปล่า และการนึ่งด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน ไปรองรับน้ำตาลโตนดสดโดยไม่มีการเติมสารอื่นๆ ลงในกระบอกรองรับเลย พบว่าน้ำตาลโตนดสดที่รองรับโดยกระบอกที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน ไม่เกิดกลิ่นบูดเปรี้ยวหลังการเก็บเกี่ยว ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลานานประมาณ 9 ชั่วโมงในขณะที่น้ำตาลโตนดสดที่รองรับได้จากกระบอกที่ล้างด้วยน้ำเปล่า มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวเกิดขึ้นตั้งแต่นำลงมาจากต้นตาลโตนด และนอกจากนี้ในการชะลอความเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากจุลินทรีย์ในน้ำตาลโตนดสด ยังสามารถทำได้โดยการใช้เปลือกไม้บางชนิด เช่น ไม้เคี่ยม (*Cotylebium lanceolatum*) สับเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ไว้ในกระบอกรองรับน้ำตาลโตนดสดประมาณ 4-5 กรัมต่อน้ำตาลโตนดสด 1 ลิตร เนื่องจากสารประกอบพวกโพลีฟีนอลในไม้เคี่ยมจะช่วยป้องกันและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล, 2532 ; เรณุกา แจ่มฟ้า, 2545 ; สุภารัตน์ เตี่ยไพบูลย์, 2547) และในประเทศต่างๆ ยังมีการใช้เศษของไม้ชนิดต่างๆ เพื่อป้องกันหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งพบว่าในประเทศศรีลังกามีการใช้ Hal bark (*Vateria acuminata* Hayne.) ในประเทศฟิลิปปินส์ใช้ผงของเปลือกไม้โกงกาง เช่น *Rhizophora mucronata* Lam. หรือ *Ceriops tagal* (Child, 1974) ในประเทศไนจีเรียใช้เปลือกของต้น *Saccoglottis gabonensis* ซึ่งเป็นพืชอยู่ในวงศ์ Humiriaceae เปลือกไม้ชนิดนี้มีขายตามท้องตลาดในลักษณะเป็นแผ่นแห้ง (Faparsui and Barsir, 1972) สำหรับในประเทศไทยนอกจากใช้ไม้เคี่ยมแล้วยังนิยมใช้ไม้พยอม (*Shorea floribunda* Kurz.) ไม้ตะเคียน (*Hopea odorata* Roxb.) และไม้มะเกลือ (*Diospyros mollis* Griff.) (ปราโมทย์ ธรรมรัตน์, 2521)

สุกัญญา จันทะชุม (2547) ศึกษาการทำความสะอาดกระบอกไม้ไผ่ ที่ใช้รองรับน้ำตาลโตนดสดจากต้นด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 5 วิธี ได้แก่ วิธีการรมควัน วิธีการลวกด้วยน้ำเดือด วิธีการล้างด้วยน้ำบ่อ วิธีการแช่น้ำคลอรีนความเข้มข้น 40 ppm และวิธีการล้างด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือด (คือ วิธีทำความสะอาดของเกษตรกรโดยทั่วไป) พบว่า น้ำตาลโตนดสดที่ผ่านการรองรับด้วยกระบอกไม้ไผ่ที่ทำความสะอาดโดยวิธีการลวกด้วยน้ำเดือดมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเหลืออยู่น้อยที่สุดเท่ากับ 2.5 log cfu/ml และมีปริมาณโคลิฟอร์มเหลืออยู่น้อยที่สุดเท่ากับ 15 MPN/100 ml และเมื่อพิจารณาคุณภาพของน้ำตาลโตนดสดที่ผ่านการรองรับด้วยกระบอกไม้ไผ่ที่ทำความสะอาดด้วยวิธีการล้างด้วยน้ำบ่อ พบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเหลืออยู่มากที่สุดเท่ากับ 7.3 log cfu/ml และปริมาณโคลิฟอร์มเหลืออยู่มากที่สุดเท่ากับ 240 MPN/100 ml และสำหรับวิธีการทำความสะอาดกระบอกไม้ไผ่โดยการใช้ความร้อน ได้แก่ การรมควัน การลวกด้วยน้ำเดือด และการล้างด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือด พบว่าให้ผลในการลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณโคลิฟอร์มได้ดีกว่าการล้างด้วยน้ำบ่อ และการแช่ด้วยน้ำคลอรีนความเข้มข้น 40 ppm เป็นเวลา 15 นาที จึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำความสะอาดกระบอกไม้ไผ่ที่ใช้ในการรองรับน้ำตาลโตนดสดจากต้น คือ วิธีการลวกกระบอกไม้ไผ่ด้วยน้ำเดือด ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิธีทำความสะอาดกระบอกไม้ไผ่ที่ใช้รองรับน้ำตาลโตนดสดและปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบ

Treatment	Total microbial count (log cfu/ml)	Coliform (MPN/100 ml)
Well-water	7.3	240
Chlorine-water 40 ppm	7.0	210
Smoking	3.6	26
Boiling sap	3.5	20
Blanching	2.5	15

ที่มา : สุกัญญา จันทะชุม (2547)

Faparsui และBarsir (1972) ศึกษาผลของสารที่สกัดจากเปลือกไม้ *Saccoglottis gabonensis* ต่อชนิดของจุลินทรีย์ในน้ำตาลสด พบว่าสารที่สกัดจากเปลือกไม้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ดี เนื่องจากมีสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรด แต่ไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของยีสต์ ($p \geq 0.05$) นอกจากนี้พบว่า การใช้สารเคมีในการป้องกันการเสื่อมคุณภาพของน้ำตาลสด เช่น การใช้กรดเบนโซอิกเข้มข้นร้อยละ 0.2 จะสามารถยับยั้งการหมักแอลกอฮอล์และการเกิดกรดอะซิติกได้อย่างสมบูรณ์ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณสารเคมีในระดับนี้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในเรื่องรสชาติ (Child, 1974) นอกจากนี้มีการใช้ซัลฟานิลาไมด์ 10 ถึง 60 ส่วนในล้านส่วนระหว่างการเก็บรักษาน้ำตาลสด แต่การใช้สารเคมีชนิดนี้ในเครื่องดื่มทำให้เกิดรสขม ดังนั้นจึงไม่เป็นที่นิยมเช่นกัน (Woodroof, 1979)

Tirawat และคณะ (1986) ศึกษาผลของการใช้สารผสมระหว่างโซเดียมเบนโซเอทกับโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ และปูนขาวเปรียบเทียบกับการใช้ไม้เคี่ยม ในการถนอมรักษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดสด โดยวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และจุลินทรีย์ของน้ำตาลโตนดสด พบว่าคุณภาพทางเคมีไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่ปูนขาวและสารผสมระหว่างโซเดียมเบนโซเอทกับโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีกว่า

การใช้ไม้เคี่ยม แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าการใช้สารผสมระหว่างโซเดียมเบนโซเอทกับโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์จะทำให้น้ำตาลโตนดสดมีคุณภาพดีกว่าการใช้ปูนขาว เนื่องจากการใช้ปูนขาวจะทำให้น้ำตาลโตนดสดที่ได้มีคุณภาพด้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล (2532) พบว่าจากการศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดสด โดยเปรียบเทียบระหว่างคุณภาพของน้ำตาลโตนดสดที่ไม่ใช้สารกันบูด กับน้ำตาลโตนดสดที่ใช้ไม้เคี่ยมเป็นสารกันบูด และน้ำตาลโตนดสดที่ใช้สารเคมี (โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.45 กรัม/ลิตร และโซเดียมเบนโซเอท 0.2 กรัม/ลิตร) เป็นสารกันบูด พบว่าน้ำตาลโตนดสดที่รองรับจากต้นตาลโตนดเป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง มีค่าพีเอชเท่ากับ 7.55 ปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 0.068 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าน้อยมาก ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าเท่ากับร้อยละ 13.48 และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เท่ากับ 13.70°บริกซ์ น้ำตาลโตนดสดที่รองรับจากต้นตาลโตนดโดยใช้ไม้เคี่ยมเป็นสารกันบูด และใช้ระยะเวลาการรองรับบนต้นนาน 14 ชั่วโมง มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.69 ปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 0.098 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับร้อยละ 0.78 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าเท่ากับร้อยละ 11.54 อัตราส่วนของน้ำตาลรีดิวซ์ต่อน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 0.067 และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เท่ากับ 13.93°บริกซ์ ส่วนน้ำตาลโตนดสดที่รองรับจากต้นตาลโตนดโดยใช้สารเคมีเป็นสารกันบูด (โพแทสเซียมเมตาซัลไฟต์ 0.45 กรัม/ลิตร และโซเดียมเบนโซเอท 0.2 กรัม/ลิตร) และใช้ระยะเวลาการรองรับบนต้นนาน 14 ชั่วโมง มีค่าพีเอชเท่ากับ 5.10 ปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 0.074 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับร้อยละ 0.67 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าเท่ากับร้อยละ 12.95 อัตราส่วนของน้ำตาลรีดิวซ์ต่อน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 0.053 และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เท่ากับ 13.48°บริกซ์ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำตาลสดที่มีการเติมไม้เคี่ยมและสารกันสารกันบูดระหว่างการเก็บเกี่ยว

Chemical properties	Fresh palm sap*	Kiam wood**	Preservative***
pH	7.55±0.35	4.69±0.27	5.10±0.11
Total acidity (% as lactic acid)	0.068±0.003	0.098±0.013	0.074±0.005
Reducing sugar (%)	-	0.78±0.04	0.67±0.05
Total sugar (%)	13.48±1.31	11.54±0.45	12.95±0.19
Reducing sugar/Total sugar ratio	-	0.067±0.013	0.053±0.010
Total soluble solid (°Brix)	13.70±0.99	13.93±1.48	13.48±0.93

ที่มา : เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล (2532)

Note : * Chemical analysis was done after 2 hours of collecting palm sap.

** Kiam wood was added in a container which was collected palm sap, chemical analysis was done after 14 hours of collecting palm sap.

*** Chemical preservative was added in a container which was collected palm sap, chemical analysis was done after 12 hours of collecting palm sap.

2. กระบวนการทำเข้มข้นน้ำตาลโตนด

การแปรรูปน้ำตาลโตนด มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะให้ได้ผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถเก็บถนอมรักษาได้นาน เป็นการทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน และได้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่น้ำตาลโตนด กรรมวิธีในการแปรรูปมีหลากหลายวิธีด้วยกัน เช่น การพาสเจอร์ไรซ์ และการสเตอริไรซ์ การทำแห้ง และการทำให้เข้มข้น เป็นต้น (ชลลดา ปรีดา, 2539; เรณุกา แจ่มฟ้า, 2545; วิไล รังสาดทอง, 2547) เนื่องจากการผลิตไซรัป หรือน้ำผลไม้เข้มข้นต้องมีการระเหยน้ำออกจนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อย่างน้อยเท่ากับ 65°บริกซ์ (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527; มอก, 155/2532; มผช, 113/2546) และเพื่อทำให้น้ำผลไม้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ การระเหยน้ำออกจากน้ำผลไม้สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

2.1 กระบวนการใช้ความร้อน

การผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น ต้องมีการระเหยน้ำออกจนมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ไม่น้อยกว่า 65 °บริกซ์ ตามข้อกำหนดของสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, มอก. 155/2532 ซึ่งการระเหยน้ำออกส่วนมากนิยมใช้ความร้อน ซึ่งอาจมีผลให้คุณสมบัติทั้งทางเคมี และกายภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายแตกต่างจากวัตถุดิบเริ่มต้น การใช้ความร้อนเพื่อระเหยน้ำออกจากน้ำผลไม้แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ การใช้ความร้อนภายใต้สภาวะความดันปกติในภาชนะเปิด (Opened pan) ซึ่งเป็นการใช้กระทะเปิดในการระเหยน้ำทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำ ส่วนการใช้ความร้อนอีกแบบ คือ การระเหยภายใต้สภาวะสุญญากาศในภาชนะปิด (Vacuum evaporator) วิธีการนี้เป็นวิธีที่ใช้กันมากในระดับอุตสาหกรรมในการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น เนื่องจากทำให้จุดเดือดของน้ำผลไม้ลดลง ทำให้สามารถใช้อุณหภูมิต่ำในการระเหยได้ ส่งผลให้ สี กลิ่นรส และวิตามิน เกิดการสูญเสียน้อยกว่าการใช้ความร้อนภายใต้สภาวะความดันปกติ (วิไล รังสาดทอง, 2547)

2.2 กระบวนการใช้ความเย็น

การทำน้ำผลไม้ให้เข้มข้นโดยวิธีนี้เป็นการทำให้น้ำบางส่วนในน้ำผลไม้กลายเป็นผลึกน้ำแข็ง ทำให้ปฏิกิริยาทางเคมี ชีวเคมี และปฏิกิริยาของเอนไซม์ลดลง จากนั้นแยกผลึกน้ำแข็งออกมาด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง เพื่อให้ของแข็งแยกตัว ติดกับผนังเครื่องปั่นเหวี่ยง ส่วนน้ำผลไม้ที่อยู่ตรงกลางจะมีความเข้มข้นมากขึ้น ซึ่งปกติในทางการค้าสามารถทำให้ได้น้ำผลไม้เข้มข้นที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดประมาณ 50°บริกซ์ น้ำผลไม้ที่ได้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี สารให้กลิ่นรสในปริมาณน้อย และมีคุณค่าทางอาหารสูง เนื่องจากไม่มีการสูญเสียของของแข็งในน้ำผลไม้ แต่ข้อเสียของวิธีนี้ คือ ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527)

2.3 กระบวนการเมมเบรน

การทำน้ำผลไม้ให้เข้มข้นโดยวิธีนี้ เป็นกระบวนการทางกายภาพ และทางเคมีที่ใช้ในการแยกเอามวลสารขนาดเล็กมากขนาดนาโนเมตร ที่มีอยู่ในสารละลาย หรือเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารที่ต้องการให้มีค่ามากขึ้น โดยไหลผ่านเยื่อแผ่นหรือเยื่อเมมเบรน ซึ่งมีคุณสมบัติยอมให้สารบางอย่างไหลผ่านได้ และสารบางอย่างไม่สามารถไหลผ่านไปได้ด้วยปัจจัยหลายประการ เช่น ขนาด ประจุไฟฟ้า ความเข้มข้น ความดัน เป็นต้น ในหลายทศวรรษที่ผ่านมาเทคโนโลยีเมมเบรนได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาทั้งทางด้านกระบวนการผลิตและในตัวผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท โดยในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้นั้นได้มีการนำเทคโนโลยีเมมเบรนมาใช้ในกระบวนการผลิตต่างๆ เช่น การนำออสโมซิสผันกลับ มาใช้ในการทำน้ำผลไม้เข้มข้น สำหรับกระบวนการไม

โครฟิลเตรชันนิยมใช้ในการทำน้ำผลไม้ให้ใส และลดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้โดยใช้ทดแทนการใช้ความร้อน หรือลดการใช้ความร้อนในการแปรรูปน้ำผลไม้ การทำให้เข้มข้นด้วยกระบวนการใช้เมมเบรน เป็นเทคโนโลยีที่ใช้คุณลักษณะแบบการแยกสสาร (ตัวถูกละลาย หรือ ของแข็ง) ออกโดยการไหลผ่านของน้ำ โดยมีแรงดันผ่านเมมเบรน (Trans-membrane pressure) เป็นแรงขับเคลื่อนซึ่งแบ่งออกเป็น ไมโครฟิลเตรชั่น (Micro-Filtration : MF) อัลตราฟิลเตรชั่น (Ultra-Filtration : UF) นาโนฟิลเตรชั่น (Nano-Filtration : NF) และออสโมซิสผันกลับ (Reverse Osmosis : RO) (Girard and Fukumoto, 2000)

2.3.1 ไมโครฟิลเตรชั่น

เป็นกระบวนการที่อาศัยแรงขับดัน เพื่อแยกอนุภาคขนาดไมครอน หรือเล็กกว่าไมครอน เมมเบรนแบบนี้ สามารถกักอนุภาคแขวนลอยและจุลชีพได้ แต่ยอมให้สารละลายและน้ำผ่านกระบวนการตกตะกอนผ่านได้ มีขนาดช่องว่าง (Pore size) ประมาณ 0.03-10 ไมครอน ค่า MWCO มากกว่า 100,000 ดาลตัน ใช้ความดันต่ำประมาณ 100-400 KPa (15- 60 psi) (Carol, 2005)

2.3.2 อัลตราฟิลเตรชั่น

อัลตราฟิลเตรชั่น โดยทั่วไปใช้ในการแยกของแข็งแขวนลอยในระดับไมครอน และสารอนุภาคละเอียด เช่น แบคทีเรีย และคอลลอยด์ ซึ่งแสดงตามน้ำหนักโมเลกุล ในระดับต่ำกว่าไมครอน ตัวถูกละลายที่มีโมเลกุลสูง และ ไวรัส ตามลำดับ ในกรณีอื่นๆ สสารที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดของรูพรุนบนผิวหน้าของเมมเบรน จะถูกกำจัดได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งเรียกว่า ผลการเลือกเฟ้น (Sieving effect) และปัจจัยเชิงกลของการแยกสารด้วยอัลตราฟิลเตรชั่น (Carol, 2005)

2.3.3 นาโนฟิลเตรชั่น

นาโนฟิลเตรชั่นจะอยู่ในช่วงระหว่าง อัลตราฟิลเตรชั่น และออสโมซิสผันกลับ นาโนฟิลเตรชั่นเมมเบรนแต่เดิมถูกเรียกว่า ออสโมซิสผันกลับแบบหลวม หรือออสโมซิสผันกลับความดันต่ำ นาโนฟิลเตรชั่นได้พัฒนาขึ้นเพื่อแยกสารในช่วงมวลโมเลกุลต่ำกว่า 300 ถึง สารที่ใช้แรงดันในการแยกต่ำกว่าแรงดันของออสโมซิสผันกลับทั่วไปด้วยเหตุนี้อัตราในการกำจัดสารจึงต่ำกว่าระบบออสโมซิสผันกลับ (Carol, 2005)

2.3.4 ออสโมซิสผันกลับ

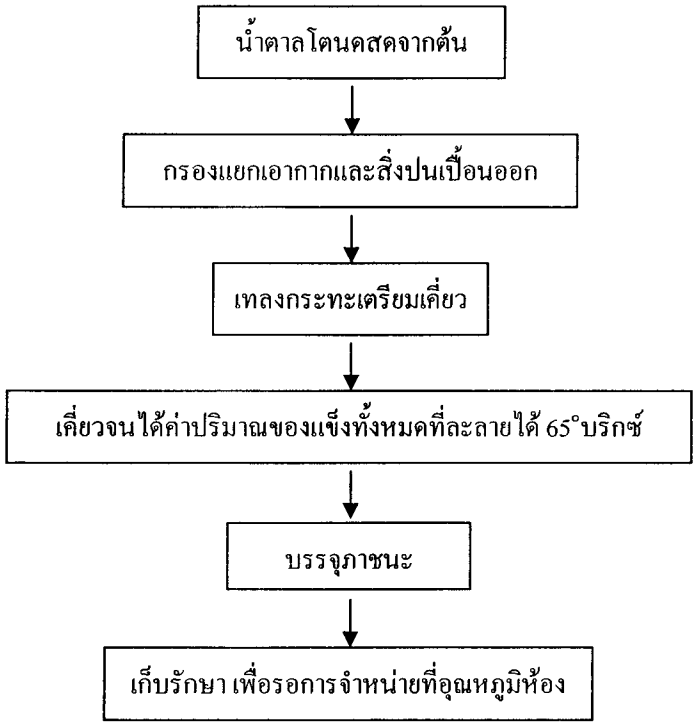
ออสโมซิสผันกลับ เป็นการทำให้เข้มข้นด้วยกระบวนการใช้เมมเบรนที่ไม่มีรูพรุนเป็นตัวกรองแยกน้ำออกจากสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลไม่เกิน 500 กิโลดาลตัน เช่น เกลือ น้ำตาล และเนื่องจากกระบวนการออสโมซิสผันกลับเป็นกระบวนการที่ใช้อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นการทำน้ำผลไม้ให้เข้มข้นโดยกระบวนการออสโมซิสผันกลับ จึงสามารถรักษาสารให้กลิ่นรสในน้ำผลไม้ไว้ได้สูงและพบว่าในน้ำผลไม้ที่ได้มีความเข้มข้นของสารให้กลิ่นรสเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย อีกทั้งยังสามารถประหยัดพลังงานได้กว่าการทำให้เข้มข้นโดยการใช้ความร้อนอีกด้วย ข้อจำกัดของกระบวนการออสโมซิสผันกลับ คือ สามารถทำให้น้ำผลไม้มีความเข้มข้นสูงสุดได้เพียง 30-35°บริกซ์ เท่านั้น (วิไล รังสาดทอง, 2547)

3. น้ำตาลโตนดเข้มข้น (น้ำผึ้งเหลว)

น้ำตาลโตนดเข้มข้น เป็นผลิตภัณฑ์ทำจากน้ำตาลโตนดสด มีปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์มีสูงถึง 65-68 °บริกซ์ (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527; มอก, 155/2532; เรณุกา แจ่มฟ้า, 2545; มผช, 113/2546)

3.1 กระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น

น้ำตาลโตนดเข้มข้น ได้จากการนำน้ำตาลโตนดสดมาเคี่ยวให้มีความเข้มข้น ตามความต้องการ คือ อัตราส่วน 8:1 หมายถึง น้ำตาลโตนดสด 8 ส่วน เคี่ยวให้เหลือ น้ำตาลโตนดเข้มข้น 1 ส่วน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544) จะได้น้ำตาลโตนดเข้มข้น มีรสชาติหวานหอมและความเข้มข้นเหมาะสมพอดี ใช้เวลาในการเคี่ยวประมาณ 5-8 ชั่วโมง ขณะที่เคี่ยวต้องระวังไม่ให้ติดกระทะ และเดือดจนล้นขอบของออกมา โดยการใช้กระบวยไม้ไผ่คน หรือกวนเป็นระยะๆ ต้นตาลโตนด 1 ต้น สามารถให้น้ำตาลโตนดเข้มข้นได้ 5 ปี๊บต่อปี (100 ลิตรต่อปี) จะต้องมีลักษณะข้นเป็นน้ำเชื่อม หรือน้ำตาลโตนดเข้มข้นสีเหลืองอ่อนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของน้ำตาลโตนดเข้มข้น 155/2532 กำหนดค่าความหวานหรือปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ว่าต้องไม่น้อยกว่า 65°บริกซ์ โดยน้ำหนัก และปริมาณของโคลิฟอร์มโดยวิธี MPN ต้องมีค่าน้อยกว่า 3 cfu/ml ส่วนมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของน้ำตาลโตนดเข้มข้น 113/2546 กำหนดดังนี้ คือ น้ำตาลโตนดเข้มข้นจะต้องมีลักษณะข้นเหนียว กลิ่นรสหอมหวานตามธรรมชาติ ไม่พบสิ่งแปลกปลอม มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ไม่น้อยกว่า 65°บริกซ์ และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจะต้องไม่เกิน 500 cfu/g ส่วนปริมาณยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 cfu/g โดยมีกระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น

ที่มา : ดัดแปลงจากกรมส่งเสริมการเกษตร (2544)

3.2 องค์ประกอบของน้ำตาลโตนดเข้มข้น

เรณุกา แจ่มฟ้า (2545) ศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลโตนดเข้มข้น ที่ได้จากวิธีการทำให้ใสโดยใช้ผงถ่านกัมมันต์ และให้ความร้อนโดยใช้กระทะเปิดที่อุณหภูมิ 70°ซ คุณภาพทางเคมีได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ พบว่า ในตัวอย่างมีค่าพีเอช อยู่ในช่วงความเป็นกรดต่ำ (pH≥4.5) มีค่าปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (ตารางที่ 4) และสุกัญญา จันทะชุม (2547) ศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลโตนดเข้มข้น โดยผลิตจากน้ำตาลโตนดสดที่รองรับโดยชิ้นไม้เคี่ยม 3-5 กรัมต่อกระบอก และน้ำตาลโตนดสดที่รองรับด้วยปูนขาว 0.3 กรัม ร่วมกับการใช้ไม้เคี่ยม 3 กรัมต่อกระบอก นำมากรองด้วยผ้าขาวบาง ควบคุมค่าพีเอชให้อยู่ในช่วง 6.5-8.0 แล้วนำไปต้มเคี่ยวที่อุณหภูมิ 100°ซ เพื่อระเหยน้ำให้ได้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มีค่าประมาณ 60-67°บริกซ์ แล้วบรรจุในขวดแก้วปากกว้างขณะร้อนที่อุณหภูมิ 80°ซ แล้วตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำตาลโตนดเข้มข้น

Composition	Palm sugar concentrate[(1)*]	Palm sugar concentrate[(2)**]	Palm sugar concentrate[(2)***]
pH	5.83	5.17	5.02
Total soluble solid (°Brix)	68.72	65.40	66.60
Reducing sugar (%)	-	11.07	6.12
Total sugar (%)	68.0	48.56	61.37

ที่มา : (1) เรณุกา แจ่มฟ้า (2545)

(2) สุกัญญา จันทะชุม (2547)

Note : (1)* Palm sugar syrup was produced with heating process in opened pan at 70°C, fining with activated carbon

(2)** Palm sugar concentrate was produced from palm sap, kiam wood (3-5 g) was added in a container which was collected palm sap.

(2)*** Palm sugar concentrate was produced from palm sap, kiam wood (3-5 g) and sodium benzoates (0.3 g) were added in a container which was collected palm sap.

3.3 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น

3.3.1 คุณภาพทางกายภาพ

เรณุกา แจ่มฟ้า (2545) ศึกษาการผลิตไซรัปจากน้ำตาลโตนดสด โดยใช้กรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ การให้ความร้อนโดยใช้กระทะเปิด และการใช้เครื่องระเหยสุญญากาศ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ (60 70 และ 80°ซ) และการทำให้ใส 3 วิธี คือ การกรองด้วยกระดาษกรอง การใช้ เบนโตไนท์ และการใช้ผงถ่านกัมมันต์ และนำมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L, a, b) และ ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 270 นาโนเมตร พบว่า ไซรัปน้ำตาลโตนด ทั้ง 3 ตัวอย่าง ได้แก่ (1) ไซรัปน้ำตาลโตนด A ทำใสโดย

ใช้ เบนโตไนท์ และให้ความร้อนโดยใช้เครื่องระเหยสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 80°ซ (2) ไซรัปน้ำตาลโตนด B ทำใสโดยใช้ผงถ่านกัมมันต์ และให้ความร้อนโดยใช้กระทะเปิด ที่อุณหภูมิ 70°ซ (3) ไซรัปน้ำตาลโตนด C ทำใสโดยใช้เบนโตไนท์ และให้ความร้อนโดยใช้กระทะเปิด ที่อุณหภูมิ 80°ซ มีสีเหลืองปนสีน้ำตาล และไซรัปน้ำตาลโตนด A มีสีเหลืองเข้มกว่า ไซรัปน้ำตาลโตนด B และ C ตามลำดับ ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าสีที่วัดได้ คือ ค่า b ของทั้ง 3 ตัวอย่าง เป็นบวก แสดงให้เห็นว่าสีของไซรัปน้ำตาลโตนดมีสีค่อนข้างเหลือง และไซรัปน้ำตาลโตนด A มีค่าสี L สูงสุด แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างไซรัปน้ำตาลโตนดสด A มีค่าความสว่างมากที่สุด รองลงมา คือ ไซรัปน้ำตาลโตนด B และ C ตามลำดับ มีความสัมพันธ์กันกับค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 270 นาโนเมตร ของไซรัปทั้ง 3 ตัวอย่าง ซึ่งไซรัปน้ำตาลโตนด A มีค่าการดูดกลืนแสงมากกว่า ไซรัปน้ำตาลโตนด B และC ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าไซรัปน้ำตาลโตนด ที่ทำใสโดยใช้เบนโตไนท์ และให้ความร้อนโดยใช้กระทะเปิดที่อุณหภูมิ 80°ซ มีความเข้มของสีมากกว่าไซรัปที่ทำใสโดยใช้ผงถ่านกัมมันต์ และให้ความร้อนโดยใช้กระทะเปิดที่อุณหภูมิ 70°ซ และไซรัปน้ำตาลโตนดที่ได้จากการทำใสโดยใช้เบนโตไนท์ และให้ความร้อนโดยใช้เครื่องระเหยที่อุณหภูมิ 80°ซ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้น

Sample	Absorbance (wavelength at 270 nm)	Colour		
		L	a	b
A	0.5680	13.63	-1.64	2.13
B	0.5390	10.66	-1.76	1.81
C	0.5384	8.48	-1.89	1.71

ที่มา : เรณุกา แจ่มฟ้า (2545)

Note : A = Palm sugar syrup was produced with heating process in an opened pan at 80°C and clarified by bentonite.

B = Palm sugar syrup was produced with heating process in an opened pan at 70°C and clarified by activated carbon.

C = Palm sugar syrup was produced with heating process by a vacuum evaporator at 80°C and clarified by bentonite.

3.3.2 คุณภาพทางเคมี

3.3.2.1 การสลายตัวของน้ำตาลซูโครส

องค์ประกอบของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่สำคัญ คือ น้ำตาลซูโครส โดยพบว่ากระบวนการระเหยน้ำ ถ้าหากสามารถรักษาปริมาณน้ำตาลซูโครสที่มีอยู่เริ่มต้นในวัตถุดิบ ไม่ให้เกิดการสลายตัวได้มากเท่าไร ก็จะได้น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่คุณภาพดีเท่านั้น ทั้งนี้เพราะปริมาณน้ำตาลซูโครส จะเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้น(นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544) นอกจากนี้พบว่าหากน้ำตาลโตนดสดมีการปนเปื้อนของเศษผง และซากแมลงในระหว่างการเคี่ยวเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้น ก็จะมีการสลายตัวเป็นตะกอนแขวนลอย

ทำให้น้ำตาลโตนดเข้มข้นมีลักษณะข้น ซึ่งโดยทั่วไปการเคี่ยวน้ำตาลโตนดของชาวบ้านอาศัยประสบการณ์ และความชำนาญเพื่อพิจารณาดูว่าน้ำตาลโตนดเข้มข้นได้ที่แล้วหรือไม่ อย่างไรก็ตามพบว่าหากน้ำตาลโตนดเข้มข้นยังมีความชื้นสูง ก็จะเก็บรักษาได้ไม่นาน (รัตนชัย กั้นเกตุ, 2535; นิสา อินทอง, 2539) น้ำตาลซูโครสซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของน้ำตาลโตนดเข้มข้นอาจสลายตัวหรือเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารอื่นได้โดยขึ้นกับปัจจัยที่สำคัญดังต่อไปนี้ คือ

1. ความเป็นกรด

ถ้าน้ำตาลซูโครสอยู่ในสภาพที่เป็นกรด น้ำตาลซูโครสจะเกิดสลายตัว เป็นน้ำตาลกลูโคส และ ฟรุกโตส ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ และในสภาวะที่มีความร้อนสูง และความเป็นกรดมาก น้ำตาลซูโครสก็สลายตัวเร็วขึ้น (Mathur, 1975) ดังแสดงในสมการที่ 1 เรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกิริยาอินเวอร์ชั่น (Inversion) มีผลทำให้ค่าออปติคอลโรเทชั่น (Optical rotation) ของน้ำตาลเปลี่ยนจากค่าบวกเป็นค่าลบ และเนื่องจากปฏิกิริยานี้มีน้ำมาเกี่ยวข้องจึงอาจเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (Hydrolysis) (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544)

$$\underset{\text{(ซูโครส)}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + \underset{\text{(น้ำ)}}{H_2O} \longrightarrow \underset{\text{(กลูโคส)}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{(ฟรุกโตส)}}{C_6H_{12}O_6} \quad \text{.....สมการที่ 1}$$

2. ความเป็นด่าง

ถ้าให้ความร้อนแก่สารละลายซูโครสในสภาวะที่ค่อนข้างเป็นด่าง ซูโครสจะสลายตัวเกิดเป็นสารตัวใหม่ ได้แก่ Furfural, 5-Hydroxyl-methyl-2-furfural, Methyl-glyoxy glyceraldehyde, Dioxyacetate, acetone, Lactic acid, Trioxyglutaric acid, Trioxybutyric acid, Acetic acid และ Formic acid (Fennema, 1996)

3. เอนไซม์

เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมเสีย และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในน้ำผลไม้ที่สำคัญ ได้แก่ อินเวอร์เทส เปอร์ออกซิเดส และโพลีฟีนอลออกซิเดส (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2533) โดยเอนไซม์อินเวอร์เทส เป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นสาเหตุให้เกิดปฏิกิริยาอินเวอร์ชั่น (Inversion) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาอินเวอร์ชั่น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544)

$$\underset{\text{(ซูโครส)}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + \underset{\text{(น้ำ)}}{H_2O} \xrightarrow[\text{Invertase}]{} \underset{\text{(กลูโคส)}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{(ฟรุกโตส)}}{C_6H_{12}O_6} \quad \text{.....สมการที่ 2}$$

3.3.2.2 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

ความร้อนที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Nonenzymatic browning reaction) ได้แก่ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) และปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชั่น (Caramelization reaction) โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชั่น

ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นเมื่อน้ำตาลถูกให้ความร้อนโดยการให้ความร้อนโดยตรงแก่น้ำตาลปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นได้ง่ายเมื่อมีกรดและเกลืออยู่ ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นสารประกอบที่ไม่อิ่มตัวขึ้น เช่น ฟูราน (Furans) สารที่เกิดขึ้นสามารถดูดกลืนแสง และทำให้เกิดสีขึ้นมาได้ ดังนั้นการที่น้ำตาลโตนดสดมีกรดในปริมาณมากขึ้นจะมีผลต่อสีน้ำตาลที่จะเกิดเข้มขึ้นภายหลังการให้ความร้อน (Fennema, 1996)

- ปฏิกิริยาเมลลาร์ด

ปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) กับกลุ่มปฐมภูมิหรือทุติยภูมิของเอมีนหรือกรดแอลฟาอะมิโน (α–Amino acid) ภายใต้สภาวะที่มีความร้อน ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาควบแน่น (Condensation) ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ และเอมีนยังสามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้อีก จนในที่สุดจะได้ผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลคล้ำเรียกว่า เมลานอยดิน (Melanoidin) ซึ่งเป็นโคพอลิเมอร์ ที่ประกอบด้วยไนโตรเจน (Fennema, 1996) น้ำตาลโตนดที่มีปริมาณกรดสูงอาจมีผลให้น้ำตาลซูโครสที่มีอยู่ในองค์ประกอบทางเคมีเกิดปฏิกิริยาอินเวอร์ชั่นและเปลี่ยนไปอยู่ในรูปน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตสได้ ซึ่งน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาล ฟรุกโตสมีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ต่อไป ปฏิกิริยาเมลลาร์ด แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นแรก เป็นขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลแอลโดส (Aldose) หรือคีโตส (Ketose) กับสารประกอบเอมีนในสารละลายที่อุณหภูมิสูง น้ำตาลรีดิวซ์จะทำปฏิกิริยาควบแน่นกับเอมีนได้ผลิตภัณฑ์ คือ ไกลโคซิลลามิน (Glycosylamine) ปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ ถ้าน้ำตาลรีดิวซ์เป็นน้ำตาลกลูโคสผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาข้างต้น จะมีการจัดเรียงตัวใหม่แบบ อะมาโดริ (Amadori rearrangement) ไปเป็น 1-Amino-1-deoxy–α–D–fructopyranose ส่วนการจัดเรียงตัวใหม่ของ α–D–Fructopyransylamine (เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลฟรุคโตส กับแอมโมเนีย) จะให้ 2–Amino–2deoxy-α–D–glucopyranose ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาข้างต้นจะมีการจัดเรียงตัวใหม่แบบไฮน์ (Heyns rearrangement) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นนี้ไม่มีสี และไม่ดูดกลืนรังสีอุลตร้าไวโอเลต (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544)

ขั้นที่สอง ผลิตภัณฑ์จากการจัดเรียงตัวใหม่แบบอะมาโดริ จะเกิดปฏิกิริยาต่อไปโดยเฉพาะที่พีเอช เท่ากับ 5 หรือต่ำกว่า 5 เกิดสารผลิตภัณฑ์เป็นอนุพันธ์ของสารพวกฟูราน (Furan derivatives) ซึ่งเกิดจากการสูญเสียน้ำออกจากน้ำตาลเฮกโซส ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ได้แก่ 5-Hydroxymethyl-2-furfural (HMF) ภายใต้สภาวะความเป็นกรดต่ำ (พีเอชสูงกว่า 5) HMF จะเกิดโพลีเมอไรเซชัน (Polymerlization) อย่างรวดเร็วไปเป็นสารสีน้ำตาลคล้ำที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งประกอบด้วยไนโตรเจน เรียกว่าเมลานอยดิน ส่วนปฏิกิริยาอื่นๆ ที่เกิดขึ้น ได้แก่ การแตกหักของน้ำตาล เกิดโครงสร้างวงแหวนที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated ring) ที่มีกลิ่นรสเฉพาะตัว ได้แก่ มอลทอล และไอโซมอลทอล นอกจากนี้สารเหล่านี้ยังเกิดจากปฏิกิริยาการกำจัดน้ำ (Dehydration) ออกจากน้ำตาลอีกด้วย อนุพันธ์ของสารประกอบคาร์บอนิลในขั้นตอนการเกิดสีน้ำตาล ได้แก่ สารประกอบแอลฟาไดคาร์บอนิล เช่น 3-Deoxyglucosone หรือ Dehydroascorbic acid glyoxal และ Pyruvaldehyde เป็นต้น สามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนอิสระ เปลี่ยนไปเป็นสารประกอบแอลดีไฮด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Strecker degradation และในที่สุดจะเปลี่ยนเป็นสารในกลุ่มไพราซีน (Pyrazines) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้มีสีเหลืองอ่อนถึงปานกลาง และดูดกลืนแสงในช่วงรังสีอุลตร้าไวโอเลต (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544) ซึ่งจากการศึกษาของ Akochi-K และคณะ (1997) ได้ติดตามการเกิดของไพราซีน (pyrazines) ระหว่างการผลิตเมเปิลไซรัป ในขั้นตอนการระเหยน้ำใช้อุณหภูมิ 105°ซ พบว่า ภายใน 60 นาทีแรก หลังการให้ความร้อน ไม่ตรวจพบไพราซีน อย่างไรก็ตาม ตรวจพบ 2,5-ไดเมทิลพารา-ซีน (2,5-Dimethyl pyrazine) และไตรเมทธิลพาราซีน (Trimethyl pyrazine) ภายหลังการให้ความร้อนนานมากกว่า 60 นาที และเมื่อผ่านการให้ความร้อนนาน 120 นาที จะตรวจพบเมทธิลไพราซีน (Methyl pyrazine) 2,6-ไดเมทิลพาราซีน (2,6-Dimethyl pyrazine) เอทธิลพาราซีน (Ethyl pyrazines) 2,3-ไดเมทิล พาราซีน (2,3-Dimethyl pyrazine) และ2-เอทธิล3-ไดเมทิลพาราซีน (2-Ethyl-3-methyl pyrazine) ซึ่งปริมาณของสารไพราซีนจะเพิ่มขึ้นภายหลังการให้ความร้อนนาน 60 นาที

ขั้นที่สาม เกิดปฏิกิริยาแอลดอลคอนเดนเซชันเป็นปฏิกิริยาส่งเสริมการเกิดเมลานอยดินแอลดอน ซึ่งปราศจากไนโตรเจน โดยทั่วไปอาจทำปฏิกิริยาได้สารประกอบกรด อะมิโน ได้แก่ แอลดิมีน (Aldimine) และ คีติมีน (Ketimines) เกิดเมลานอยดินซึ่งเป็นสารประกอบด้วยไนโตรเจน (Fennema, 1996)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง ได้แก่

1. อุณหภูมิ พีเอช และ ความชื้น ในระหว่างกระบวนการผลิต และในช่วงการเก็บรักษาล้วนมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังนั้นภาวะที่สารมีความเข้มข้นสูง และอุณหภูมิสูงจะเกิดปฏิกิริยาได้เร็วที่สุด เนื่องจากอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด จะเพิ่มขึ้นเป็น 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 10°ซ และถ้าในอาหารที่มีน้ำตาลฟรุกโตสสูง ก็จะทำให้อัตราเร็ว เพิ่มขึ้นเป็น 5-10 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 10°ซ และจะเพิ่มเร็วมากขึ้นเมื่อมีปริมาณน้ำตาลมากขึ้น ความเข้มของสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลให้ช้าลงได้ และนอกจากนี้การที่พีเอชลดลงทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาช้าลง ดังนั้นการที่สูญเสียกรดอะมิโนซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างในปฏิกิริยาจะเป็นการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ด้วยตัวเอง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544)

2. น้ำ หรือ a_w ก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด เช่น ในภาวะที่แห้ง น้ำตาลกลูโคสกับกรดอะมิโนไกลซีนจะคงตัว และไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดถึงแม้จะมีอุณหภูมิสูงถึง 50°ซ ก็ตาม แต่เมื่อมีน้ำเพียงเล็กน้อยปฏิกิริยาเมลลาร์ดก็จะสามารถเกิดขึ้นได้ทันที ดังนั้น ที่อุณหภูมิต่ำการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดจึงขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนรูปของน้ำตาลเป็นรูป Reactive aldehydro แต่ที่อุณหภูมิสูงการสูญเสียน้ำออกจากโมเลกุลของน้ำตาลจะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด เพราะทำให้มีน้ำเกิดขึ้น และอัตราเร็วของปฏิกิริยาจะช้าลงอีกครั้ง เมื่อมีปริมาณน้ำมากจนทำให้สารตั้งต้นจืดจางลง ซึ่งปริมาณน้ำ หรือ a_w สูงสุดสำหรับการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล คือ ประมาณร้อยละ 30 (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544)

3. น้ำตาลรีดิวซ์ อาจเกิดการแตกหักไปเป็นเฟอร์ฟิวรัล (Furfurals) ถ้ามีแร่ธาตุ หรือ กรดอินทรีย์อยู่ น้ำตาลเพนโตสจะให้ 2-Furfuralaldehyde ส่วนน้ำตาลเฮกโซสจะให้ 5-Hydroymethyl-2-furfuraldehyde เฟอร์ฟิวรัลสามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน หรือสารประกอบเอมีน ซึ่งนำไปสู่การเกิดรงควัตถุสีน้ำตาล (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544)

Apriyantono และคณะ (2002) ศึกษาอัตราการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการให้ความร้อนแก่น้ำตาลโตนดสดตามธรรมชาติ น้ำตาลโตนดสด Model 1 (ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส และน้ำตาลซูโครสเท่ากับร้อยละ 3.42, 1.56 และ 7.22 ตามลำดับ) และน้ำตาลโตนดสด Model 2 (ปริมาณน้ำตาลเหมือน Model 1 แต่มีการเติมไลซีนเข้มข้นร้อยละ 0.01 ด้วย) จากนั้นนำตัวอย่างแต่ละชนิดมาปริมาณเท่ากับ 10 มิลลิลิตร แล้วปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 8 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121°ซ นาน 300 นาที โดยนำแต่ละตัวอย่างไปวัดอัตราการเกิดสีน้ำตาล ที่ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเท่ากับ 420 นาโนเมตร ทุก 30 นาที จนครบ 300 นาที พบว่าอัตราการเกิดสีน้ำตาลมีความแตกต่างกัน คือ เมื่อระยะเวลาการให้ความร้อนนานขึ้น อัตราการเกิดสีน้ำตาลในตัวอย่างน้ำตาลโตนด Model 2 มีค่าใกล้เคียงกับในน้ำตาลโตนดสดตามธรรมชาติ มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ Model 1 ทั้งนี้เนื่องมาจากใน Model 2 มีส่วนประกอบของไลซีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่ง เป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด แต่อย่างไรก็ตามในตัวอย่าง Model 1 มีส่วนประกอบเฉพาะน้ำตาลเท่านั้น จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชัน ซึ่งในผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อนกว่า

3.3.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

เนื่องจากน้ำตาลโตนดเข้มข้นประกอบด้วยน้ำตาลในปริมาณสูง และมีค่าพีเอชต่ำ ทำให้เกิดการเสื่อมเสียได้ยาก แต่ก็มีจุลินทรีย์บางชนิดที่สามารถเจริญเติบโตได้ และจุลินทรีย์พวกนี้จะถูกทำลายได้ยากกว่าปกติเพราะมีน้ำตาลป้องกันตัวเซลล์ของจุลินทรีย์อยู่ตัวอย่างจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในน้ำตาลโตนดเข้มข้น เช่น พวก Osmophillic yeast และ Asporogenous yeast และสามารถทนต่อความร้อนจากการเคี่ยว ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.113/2546) กำหนดคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นว่ายีสต์จะต้องไม่เกิน 100 cfu/g และจากการศึกษาของ นิสา อินทอง (2539) พบว่ายีสต์ที่พบเป็นส่วนมากในน้ำตาลโตนดเข้มข้น คือ osmophilic yeast มีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ $4.23x10^6$ cfu/ml ส่วนราที่อยู่ในอากาศปนเปื้อนเข้าไปในน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่บรรจุในภาชนะปิดฝาไม่สนิท สามารถเจริญเติบโตได้ที่ผิวหน้าของน้ำตาลโตนดเข้มข้น เช่น สายพันธุ์ *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. และ *Mucor* sp. ซึ่งราส่วนใหญ่เจริญได้ไม่ดีในน้ำตาลโตนดเข้มข้น แต่จะสามารถเจริญได้อย่างช้าๆ (Frazier, 1988) และสำหรับแบคทีเรียที่พบในน้ำตาลโตนดเข้มข้น ได้แก่ *Gluconobacter* และ *Lactobacillus* ส่วนพวก *Staphylococcus* พบน้อย (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2537) จากการทดลองของ รัตนชัย กั้นเกตุ (2535) พบว่าน้ำตาลโตนดเข้มข้นภายหลังการผลิตในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาตรวจไม่พบจุลินทรีย์ อาจเนื่องจากน้ำตาลโตนดเข้มข้นผ่านการเคี่ยวน้ำตาลโตนดจนน้ำระเหยไปประมาณ 6 เท่า จึงมีผลทำให้จุลินทรีย์ที่ไม่ทนร้อนตาย สำหรับจุลินทรีย์ที่ทนร้อนบางส่วน แม้จะไม่ตายเพราะมีน้ำตาลป้องกันอยู่ แต่ก็ได้รับบาดเจ็บบริเวณเซลล์ ดังนั้นจึงไม่สามารถแบ่งเซลล์ และเพิ่มปริมาณได้ในสัปดาห์แรกๆ ของการเก็บรักษา และเมื่อเก็บน้ำตาลโตนดเข้มข้นไว้นาน 2 สัปดาห์ พบว่าน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ต่ำกว่า 65.5 °บริกซ์ มีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น จึงมีผลทำให้น้ำตาลโตนดเข้มข้นเน่าเสีย และพบว่าในน้ำตาลโตนดที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 61.5°บริกซ์ ตรวจพบจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดโดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 2 เท่ากับ $1.3x10^3$ cfu/ml มีปริมาณยีสต์และราเท่ากับ $3.7x10^3$ cfu/ml ขณะที่น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้อยู่ในช่วง 65.5-70°บริกซ์ มีคุณภาพโดยรวมดี มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดปริมาณยีสต์และราเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังเก็บรักษาไว้นาน 8 สัปดาห์

เรณุกา แจ่มฟ้า (2545) ศึกษาคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาในผลิตไซรัปจากน้ำตาลโตนดสด รายงานว่า น้ำตาลโตนดสดเสื่อมเสียได้ง่ายภายใน 1 วัน ถ้ารับประทานไม่หมดหรือเก็บรักษาไม่ดี เนื่องจากถูกปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ ตั้งแต่เริ่มเก็บเกี่ยว อีกทั้งคุณสมบัติของน้ำตาลโตนดสดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยเฉพาะแบคทีเรีย และยีสต์รา จึงทำให้เกิดการเสื่อมเสียขึ้นอย่างรวดเร็ว และไม่สามารถนำมาบริโภคได้ต่อไป การแปรรูปน้ำตาลโตนดสดไปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาจึงเป็นทางเลือกหนึ่ง ที่สามารถรักษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดสดไว้ได้ รวมทั้งทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ เป็นการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค ตลอดจนเป็นการเพิ่มมูลค่าของน้ำตาลโตนดสด ดังนั้นจึงศึกษาการแปรรูปน้ำตาลโตนดสด เป็นไซรัปด้วยวิธีการแตกต่างกัน 3 วิธี วิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลชีววิทยาของไซรัปน้ำตาลโตนด พบว่า ไซรัปน้ำตาลโตนดตัวอย่าง A, B และ C มีปริมาณยีสต์และรา และปริมาณแบคทีเรียแลกติกน้อยกว่า 10 cfu/ml และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 30 cfu/ml ซึ่งจะเห็นได้ว่า จุลินทรีย์ในไซรัปน้ำตาลโตนดมีปริมาณลดลงจากน้ำตาลโตนดสดเริ่มต้นอย่างมาก เนื่องจากน้ำตาลโตนดสดผ่านการให้ความร้อนซึ่งเป็นการทำลายจุลินทรีย์โดยส่วนใหญ่และการทำให้เข้มข้นเป็นผลให้น้ำตาลโตนดสดมีความชื้น และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ลดลง และมีความเข้มข้นของน้ำตาล

สูงขึ้น ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จึงทำให้ตรวจพบจุลินทรีย์ในปริมาณน้อย (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 คุณสมบัติจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดเข้มข้น

Sample	Yeast and mold (cfu/ml)	Lactic acid bacteria (cfu/ml)	Total microbial count (cfu/ml)
A	<10	<10	<10
B	<10	<10	<30
C	<10	<10	<30

ที่มา : เรณุกา แจ่มฟ้า (2545)

Note : A = Palm sugar syrup was produced with heating process in an opened pan at 80°C and clarified by bentonite.

B = Palm sugar syrup was produced with heating process in opened pan at 70°C and clarified by activated carbon.

C = Palm sugar syrup was produced with heating process by vacuum evaporator at 80°C and clarified by bentonite.

3.4 การเปลี่ยนแปลงระหว่าง การเก็บรักษาน้ำตาลโตนดเข้มข้น

นิสา อินทอง (2539) ตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี ของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นใหม่ 3 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีอายุการเก็บหลังการเคี่ยว 3-7 วัน และน้ำตาลโตนดเข้มข้นเก่า (น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีอายุการเก็บหลังการเคี่ยวตั้งแต่ 2 เดือน-1 ปี)โดยตรวจสอบ 7 ตัวอย่าง พบว่า ตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นใหม่ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ค่อนข้างสูง คือ อยู่ในช่วง 63.0-70.5°บริกซ์ ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.70-4.94 ความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 28.0-37.5 ค่าความเป็นกรดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.17-0.33 ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 8.75-10.36 น้ำตาลซูโครสอยู่ในช่วงร้อยละ 30.45-46.14 และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 39.2-56.5 ส่วนตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นเก่า พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันมากทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการผลิตและสภาพการเก็บของเกษตรกร ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้อยู่ในช่วง 57.5-65.0°บริกซ์ ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.56-5.29 ความชื้นอยู่ในช่วง ร้อยละ 38.1-43.6 ค่าความเป็นกรดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.15-0.39 ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 6.22-9.82 น้ำตาลซูโครสอยู่ในช่วงร้อยละ 31.76-40.67 และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 40.7-50.7

รัตนชัย กั้นเกตุ (2535) ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้นในวันเริ่มต้น จำนวน 4 ตัวอย่าง ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ต่างๆ กัน (61.50, 63.0, 65.50 และ 70.0°บริกซ์) เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 8 สัปดาห์ และสุ่มตัวอย่างทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ นำมาตรวจคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ พีเอช ค่าความเป็นกรด ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ท ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณความชื้น ตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์

ทั้งหมด ปริมาณเชื้อราและยีสต์ พบว่าน้ำตาลโตนดเข้มข้นทุกความเข้มข้นเริ่มต้น ตรวจไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ และเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 2 สัปดาห์ น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า 65.50°บริกซ์ จะมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นมาก ซึ่งมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของน้ำตาลโตนดเข้มข้น 113/2546 ที่ได้กำหนดไว้ เนื่องจากน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ความเข้มข้นต่ำๆ เมื่อเก็บรักษาไว้นานๆ จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโต และใช้น้ำตาลในน้ำตาลโตนดเข้มข้นได้ ส่วนน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ความเข้มข้นสูงกว่า 65.50°บริกซ์ จะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา เพิ่มขึ้นเล็กน้อย หลังเก็บรักษาไว้นาน 8 สัปดาห์ และพบว่าในสัปดาห์ที่ 8 ซึ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ พีเอช ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ท ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดจะลดลง แต่ค่าความเป็นกรด และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น และพบว่าน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีความเข้มข้นสูงตั้งแต่ 65.50-70.00 °บริกซ์ เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ซึ่งระยะเวลาในการเก็บรักษา และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของน้ำตาลโตนดเข้มข้น มีผลต่อการเสื่อมเสีย โดยน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้สูง เกิดการเสื่อมเสียช้ากว่าน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำ เนื่องจากน้ำตาลโตนดเข้มข้น ประกอบด้วยน้ำตาลในปริมาณสูง และมีค่าพีเอชต่ำทำให้เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ยาก

วัตถุประสงค์

1. ศึกษารูปแบบ ขั้นตอน และรายละเอียด ในกระบวนการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสด และกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นโดยการใช้แบบสำรวจ การสอบถาม และเอกสาร ข้อมูลการวิจัยที่มีมาก่อนหน้า
2. ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า
3. ศึกษา และเปรียบเทียบความสม่ำเสมอของ คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ของน้ำตาลโตนดสด และน้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกรผู้ผลิตรายเดียวกัน เมื่อผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม และวิธีควบคุมปัจจัย
4. ศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม และวิธีควบคุมปัจจัย
5. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม และน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัย

สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร

วัสดุ อุปกรณ์ และตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการสำรวจ และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติระหว่างการเก็บเกี่ยว หลังการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสด และการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น ในเขตพื้นที่จังหวัดสงขลา โดยศึกษารูปแบบ ขั้นตอน และรายละเอียดในกระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น โดยใช้แบบสำรวจ (Check list) การสอบถาม รวมทั้งข้อมูลงานวิจัย เอกสารที่มีมาก่อนหน้า โดยนำตัวอย่างน้ำตาลโตนดสด และน้ำตาลโตนดเข้มข้นมาเป็นตัวแทนในการศึกษาด้านต่างๆ โดยตัวอย่างน้ำตาลโตนดสดที่ได้จากการรองรับกำหนดให้มีการเติมไม้เคี่ยมประมาณ 3-5 ชิ้นต่อ 1 กระบอก มีระยะเวลานับจากเริ่มรองรับน้ำตาลโตนดสดประมาณ 9 ชั่วโมง บรรจุในขวดพลาสติกมีฝาปิดสนิท เก็บไว้ในลังโฟมเติมน้ำแข็งจนเต็ม ส่วนตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นจะสุ่มเลือกน้ำตาลโตนดเข้มข้นทางการค้า และน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเสร็จใหม่ๆ จากเกษตรโดยลดอุณหภูมิให้ต่ำลงโดยการแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องโดยให้อุณหภูมิตัวอย่างลดลงเหลือประมาณ 40-50°ซ ก่อนบรรจุในขวดพลาสติก ซึ่งมีฝาปิดสนิท และขนส่งจากสวนถึงคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง

สารเคมี

1. เคมีภัณฑ์สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี
2. เคมีภัณฑ์สำหรับการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ขวดพลาสติกขนาด 500 มิลลิลิตรพร้อมฝาปิด
2. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี
    - ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
    - ปิเปต ขนาด 10 และ 50 มิลลิลิตร
    - บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร
    - เตาให้ความร้อน
    - กระดาษกรองเบอร์ 1 และ เบอร์ 4
3. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา
    - จานเพาะเชื้อ
    - ขวดดูแลน (Duran) ขนาด 50, 250 และ 1000 มิลลิลิตร
    - ปิเปต ขนาด 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร
    - แท่งแก้ว
4. เครื่องวัดค่าพีเอช ยี่ห้อ Sartorius รุ่น PB-20
5. เครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ยี่ห้อ ATAGO รุ่น 1E ประเทศญี่ปุ่น
6. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BP310S ประเทศเยอรมันนี

7. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BP210S ประเทศเยอรมันนี
8. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Memmert รุ่น WB10B7-45 ประเทศเยอรมันนี
9. เครื่องกวนสารละลายพร้อมให้ความร้อน ยี่ห้อ Bibby รุ่น SB 162-3 ประเทศอังกฤษ
10. เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter lab รุ่น Color Quest XT ประเทศสหรัฐอเมริกา
11. เครื่องหาค่า Water Activity ยี่ห้อ Novasina รุ่น Thermoconstanter
12. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ยี่ห้อ Tommy รุ่น SS-320 ประเทศญี่ปุ่น
13. ตู้บ่มเชื้อ ยี่ห้อ Memmert รุ่น BE 500 ประเทศเยอรมันนี
14. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV-16001 ประเทศญี่ปุ่น
15. เครื่อง Gas chromatography-Mass spectroscopy ยี่ห้อAgilent รุ่น 6890 Plus/HP 5973 MSD ประเทศสหรัฐอเมริกา
16. เครื่อง High performance liquid chromatography ยี่ห้อAgilent รุ่น 1200 ประเทศสหรัฐอเมริกา
17. ตู้อบสุญญากาศ
18. โถดูดความชื้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 การศึกษาสำรวจ และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น

ทำการสำรวจ และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น ในเขตพื้นที่จังหวัดสงขลา เนื่องจากเป็นเขตที่มีต้นตาลโตนดจำนวนมาก และเกษตรกรในพื้นที่มีการแปรรูปน้ำตาลโตนดสดเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นมากที่สุด โดยใช้การเก็บข้อมูลจากเกษตรกร 40 ราย โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 แบบ คือ

- ศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) โดยศึกษารูปแบบ ขั้นตอน และรายละเอียด ในกระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น โดยการใช้แบบสำรวจ (Check list) และการสอบถามเรื่องเกี่ยวกับการผลิต และคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้น
- ศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) คือ การศึกษาค้นคว้า รวบรวมข้อมูลพื้นฐานทั่วไป จากหนังสือ เอกสารสิ่งพิมพ์ และงานวิจัยต่างๆ เป็นต้น

ตอนที่ 2 การศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า

สุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้าจำนวน 30 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา โดยแต่ละตัวอย่างจะวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ดังนี้

2.1 คุณภาพทางเคมี

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่อง pH meter
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ โดยใช้ Refractometer (A.O.A.C., 2000)
- ปริมาณกรดทั้งหมด (A.O.A.C., 2000)
- ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2000)
- น้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธีของ Lane and Eynon volumetric method (A.O.A.C., 2000)

- น้ำตาลทั้งหมด ตามวิธีของ Lane and Eynon volumetric method (A.O.A.C., 2000)
- สารให้กลิ่นรส โดยใช้ GC-MS (Ho *et al.*, 2006)
- กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น ได้แก่
    - DPPH scavenging activity ตามวิธีของ Binsan และคณะ (2008)
    - Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ตามวิธีของ Benzie และ Strain (1996)
    - Reducing power ตามวิธีของ Matmaroh และคณะ (2006)

2.2 คุณภาพทางกายภาพ

- วัดค่าสีโดยใช้ Hunter Lab ระบบ CIE วัดค่าในรูป L*, a*, b* (Palou *et al.*, 1999)
- วัดค่าการส่องผ่านของแสงที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร (Palou *et al.*, 1999)

2.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยใช้วิธี Pour plate ใช้อาหารพีซีเอ (Plate Count Agar) (Kiss, 1984)
- ปริมาณยีสต์และราทั้งหมดโดยใช้วิธี Pour plate ใช้อาหารพีดีเอ (Potato Dextrose Agar) (Kiss, 1984)
- ปริมาณ Osmophillic yeast (Sanz *et al.*,1995)

2.4 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้าจำนวน 30 ตัวอย่าง วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window (Steel and Torrie, 1980) ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95

ตอนที่ 3 การศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดสดที่ใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น

เลือกเกษตรกรจำนวน 5 รายที่มีอาชีพประจำในการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น เพื่อเป็นตัวแทนในการสุ่มตัวอย่าง ในการติดตามกระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น โดยในขั้นแรกจะติดตามคุณภาพของน้ำตาลโตนดสดที่ใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น ซึ่งในการทดลองจะกำหนดลักษณะบางประการที่สำคัญที่อาจส่งผลถึงคุณภาพของวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสด โดยกำหนดชุดการทดลองเท่ากับ 2 ชุดการทดลอง คือ (3.1) น้ำตาลโตนดสดที่เกษตรกรผลิตตามวิธีดั้งเดิมที่ใช้กันอยู่ทั่วไป และ (3.2) น้ำตาลโตนดสดที่ผู้วิจัยกำหนดปัจจัยในการศึกษาในเรื่องการลวกกระบอก โดยมีการวางแผนการทดลองดังรายละเอียด ดังนี้

3.1 กรณีที่ใช้น้ำตาลโตนดสดที่เกษตรกรผลิตน้ำตาลโตนดสดตามวิธีดั้งเดิมที่ใช้กันอยู่ทั่วไป จะสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำตาลโตนดสดจากเกษตรกรผู้ผลิตจำนวน 5 ราย ที่มีอาชีพประจำในการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น โดยสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำตาลโตนดสดที่เกษตรกรผู้ผลิตเก็บเกี่ยวได้ ที่กำหนดให้มีการเติมไม้เคี่ยม 5 กรัมต่อน้ำตาลโตนดสด 1 ลิตร และระยะเวลานับจากเริ่มรองรับน้ำตาลโตนดสดประมาณ 9 ชั่วโมง กำหนดระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปน้ำตาลโตนดสดเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้น ที่อุณหภูมิห้อง โดยบรรจุน้ำตาลโตนดสดในภาชนะเปิด กำหนดระยะเวลาการติดตามการวิเคราะห์เป็น 5 ระดับ คือ 0, 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

กายภาพ และจุลชีววิทยา โดยในแต่ละรายของเกษตรกรจะสุ่มเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในช่วงฤดูร้อน ซึ่งแต่ละครั้งจะวิเคราะห์ 3 ซ้ำ (พร้อมทั้งสังเกต และบันทึกข้อมูลการปฏิบัติระหว่างการเก็บเกี่ยว และหลังการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกร ก่อนนำมาเตรียมเพื่อการแปรรูปเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้น ดังนี้

3.1.1 คุณภาพทางกายภาพ

- วัดค่าสีโดยใช้ Hunter lab ระบบ CIE วัดค่าในรูป L*, a*, b* (Palou *et al.*, 1999)
- วัดค่าการทะลุผ่านของแสงที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร (Palou *et al.*, 1999)

3.1.2 คุณภาพทางเคมี

- ความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่อง pH meter
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ โดยใช้ Refractometer (A.O.A.C., 2000)
- ปริมาณกรดทั้งหมด (A.O.A.C., 2000)
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธีของ Lane and Eynon volumetric method (A.O.A.C.,2000)
- ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธีของ Lane and Eynon volumetric method (A.O.A.C.,2000)
- ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (A.O.A.C., 2000)

3.1.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยใช้วิธี Pour plate ใช้อาหารพีซีเอ (Plate Count Agar) (Kiss, 1984)
- ปริมาณยีสต์และราทั้งหมดโดยใช้วิธี Pour plate ใช้อาหารพีดีเอ (Potato Dextrose Agar) (Kiss, 1984)
- ปริมาณแลกติกแบคทีเรีย (Kiss, 1984)

3.2 กรณีที่ใช้น้ำตาลโตนดสดที่ผู้วิจัยกำหนดปัจจัยในการศึกษาในเรื่องการลวกกระบอก จะกำหนดให้มีการลวกกระบอกรองรับน้ำตาลโตนดสดก่อน และหลังการใช้งาน ในน้ำเดือดนาน 5 นาที หลังจากนั้นกระบอกรองรับน้ำตาลโตนดภายหลังการลวกและสะเด็ดน้ำจะมีการเติมไม้เคี่ยม (เติมไม้เคี่ยม 5 กรัมต่อน้ำตาลโตนดสด 1 ลิตร) และนำไปรองรับน้ำตาลและทำการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองข้อ 3.1

3.3 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำตาลโตนดสดที่ได้จากการทดลองข้อ 3.1–3.2 โดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (2x5) ในการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window (Steel and Torrie, 1980) ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95

ตอนที่ 4 การศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้น ณ จุดผลิต

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำตาลโตนด จากเกษตรกรผู้ผลิตจำนวน 5 ราย ที่มีอาชีพประจำในการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสด และผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นในเขตจังหวัดสงขลา โดยศึกษาคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้นในแต่ละรายของเกษตรกร เพื่อติดตามความสม่ำเสมอของเกษตรกรผู้ผลิตแต่ละรายในกระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น และศึกษาคุณภาพของตัวอย่างที่สุ่มเก็บระหว่างกระบวนการแปรรูปน้ำตาลโตนดเข้มข้น ทุก 30 นาที จนกระทั่ง

ได้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น โดยกำหนดการศึกษาเป็น 2 ตอน คือ (4.1) การศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่เก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสดด้วยวิธีปฏิบัติดั้งเดิม และ (4.2) การศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่เก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสดด้วยวิธีที่ควบคุมปัจจัยการศึกษา

4.1 การศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่เก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสดด้วยวิธีปฏิบัติดั้งเดิม

4.1.1 คุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้น

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำตาลโตนดสดจากเกษตรกรผู้ผลิตจำนวน 5 ราย ที่มีอาชีพประจำในการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น ในจังหวัดสงขลา โดยเกษตรกรผู้ผลิตลวกกระบอกไม้ไผ่รองรับน้ำตาลโตนดสด ด้วยน้ำโตนดต้มเดือดหลังใช้งาน และขั้นตอนการรองรับน้ำตาลโตนดสดจะเริ่มจากการเติมไม้เคี่ยมประมาณ 3-5 ชิ้น ต่อ 1 กระบอกก่อนการรองรับน้ำตาลโตนดสด (ซึ่ง 1 กระบอกจะมีความจุน้ำตาลโตนด 1 ลิตร) มีระยะเวลานับจากเริ่มรองรับน้ำตาลโตนดสดประมาณ 9 ชั่วโมง และระยะเวลาที่เกษตรขนส่งจากสวน มาถึงโรงเรือนใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที หลังจากนั้นเกษตรกรผู้ผลิตนำวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดดังกล่าว มาเคี่ยวบนกระทะแบบเปิด โดยสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกร โดยในแต่ละรายจะถูกสุ่มเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในช่วงฤดูร้อน และนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา โดยแต่ละครั้งวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ดังนี้

4.1.1.1 คุณภาพทางกายภาพ (ตามวิธีวิเคราะห์ในข้อ 3.1.1)

4.1.1.2 คุณภาพทางเคมี (ตามวิธีวิเคราะห์ในข้อ 3.1.2) และกิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น (ตามวิธีวิเคราะห์ในข้อ 2.1)

4.1.1.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา (ตามวิธีวิเคราะห์ในข้อ 3.1.3)

4.1.2 คุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นระหว่างการเคี่ยวทุกๆ 30 นาที

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำตาลโตนดใน 1 ครั้งของการสุ่ม ทุก 30 นาที ตั้งแต่เริ่มเคี่ยว จนกระทั่งได้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นวัดอุณหภูมิบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการเคี่ยว (พร้อมทั้งสังเกต และบันทึกข้อมูลระหว่างการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น) และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และ เคมี จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

4.1.2.1 คุณภาพทางกายภาพ

- วัดค่าสีโดยใช้ Hunter lab ระบบ CIE วัดค่าในรูป L*,a*,b* (Palou *et al.*,1999)
- วัดค่าการทะลุผ่านของแสงที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร (Palou *et al.*,1999)
- ค่าดัชนีการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning index) โดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร (Meydav, Saguy and Kopelman, 1977)

4.1.2.2 คุณภาพทางเคมี

- ความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่อง pH meter
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ โดยใช้ Refractometer (A.O.A.C.,2000)
- ปริมาณกรดทั้งหมด (A.O.A.C., 2000)
- ปริมาณน้ำ (A.O.A.C., 2000)
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธีของ Lane and Eynon volumetric method (A.O.A.C., 2000)
- ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธีของ Lane and Eynon volumetric method (A.O.A.C., 2000)

4.2 การศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่เก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสดด้วยวิธีที่ควบคุมปัจจัยการศึกษา

4.2.1 คุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้น

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำตาลโตนดสด จากเกษตรกรผู้ผลิตจำนวน 5 ราย ที่มีอาชีพประจำในการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น ในจังหวัดสงขลา โดยเกษตรกรผู้ผลิตลวกกระบอกไม้ไผ่ด้วยน้ำต้มเดือดทั้งก่อนและหลังใช้งาน และขั้นตอนการรองรับน้ำตาลโตนดสดจะเริ่มจากการเติมไม้เคี่ยมประมาณ 3-5 ชิ้น ต่อ 1 กระบอก ก่อนการรองรับน้ำตาลโตนดสด (ซึ่ง 1 กระบอกจะมีความจุน้ำตาลโตนด 1 ลิตร) มีระยะเวลานับจากเริ่มรองรับน้ำตาลโตนดสดประมาณ 9 ชั่วโมง และระยะเวลาที่เกษตรขนส่งจากสวน มาถึงโรงเรือนใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที หลังจากนั้นเกษตรกรผู้ผลิตนำวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดดังกล่าว มาเคี่ยวบนกระทะแบบเปิด โดยสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นใหม่ซึ่งผลิตเสร็จในวันนั้นๆ โดยในแต่ละรายของเกษตรกรผู้ผลิตจะถูกสุ่มเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในช่วงฤดูร้อน และนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา โดยแต่ละครั้งวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ดังนี้

4.2.1.1 คุณภาพทางกายภาพ (ตามวิธีวิเคราะห์ในข้อ 3.1.1)

4.2.1.2 คุณภาพทางเคมี (ตามวิธีวิเคราะห์ในข้อ 3.1.2) และกิจกรรมการต้านออกซิเดชั่น (ตามวิธีวิเคราะห์ในข้อ 2.1)

4.2.1.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา (ตามวิธีวิเคราะห์ในข้อ 3.1.3)

4.2.2 คุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นระหว่างการเคี่ยวทุกๆ 30 นาที

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำตาลโตนดใน 1 ครั้งของการสุ่มจากข้อ 4.2.1 ทุก 30 นาที ตั้งแต่เริ่มเคี่ยว จนได้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น วัดอุณหภูมิ บันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการเคี่ยว (พร้อมทั้งสังเกต และบันทึกข้อมูลระหว่างการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น) และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

4.2.2.1 คุณภาพทางกายภาพ (ตามวิธีวิเคราะห์ในข้อ 4.1.2.1)

4.2.2.2 คุณภาพทางเคมี (ตามวิธีวิเคราะห์ในข้อ 4.1.2.2)

4.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองตอนที่ 4.1.1 และ 4.2.1 มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้น 5 ตัวอย่าง ที่มีการสุ่มเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง โดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (5x2) ในการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ส่วนข้อมูลที่ได้จากการทดลองในตอนที่ 4.1.2 และ 4.2.2 นำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำตาลโตนดระหว่างให้ความร้อนเพื่อผลิตเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้น ในแต่ละตัวอย่าง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window (Steel and Torrie, 1980) ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95

ตอนที่ 5 การทดสอบผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นทางด้านประสาทสัมผัส

5.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในเรื่องลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส และความชอบโดยรวมของน้ำตาลโตนดเข้มข้น โดยเลือกน้ำตาลโตนดเข้มข้นจำนวน 6 ตัวอย่างซึ่งประกอบด้วยตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น

ที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิมจากการทดลองตอนที่ 4.1.1 (ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตจากวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดที่รองรับด้วยภาชนะที่ผ่านการลวกด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือด) จำนวน 3 ตัวอย่าง และน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีที่ควบคุมปัจจัยในการศึกษา จากการทดลองข้อ 4.2.1 (ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตจากวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดที่รองรับด้วยภาชนะที่ผ่านการลวกด้วยน้ำต้มเดือด) จำนวน 3 ตัวอย่างโดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาจากปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 500 cfu/ml ปริมาณยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 cfu/ml (มผช. 113/2546) หรือมีค่าดังกล่าวต่ำสุดใน 3 อันดับแรกจากตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมดนอกจากนี้พิจารณาจากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 65°บริกซ์ (มอก. 155/2532) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นบุคคลทั่วไปที่รู้จักและไม่ปฏิเสธผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดสด และน้ำตาลโตนดเข้มข้น โดยทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในตัวอย่างทั้งหมดด้วยวิธีเรียงลำดับ (Ranking test) (ตารางภาคผนวกที่ 1 และ 2) และวิธี Hedonic scale แบบ 9 ระดับคะแนน (9-Point hedonic scale) (ตารางภาคผนวกที่ 3)

5.2 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window (Steel and Torrie, 1980) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากนั้นวิเคราะห์ความแตกต่างของคุณลักษณะปรากฏ กลิ่น สี และกลิ่นรส โดยการให้เรียงลำดับความเข้มของตัวอย่างทั้ง 6 ตัวอย่าง (2 กลุ่มผลิตภัณฑ์) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ Nonparametric tests (Friedman Rank Test) (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545)

ตอนที่ 6 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้น

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม และน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีที่ควบคุมปัจจัยในการศึกษา โดยวิเคราะห์ข้อมูลของการทดลองในเชิงเปรียบเทียบกันระหว่างคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ใช้น้ำตาลโตนดสดที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวด้วยวิธีดั้งเดิมเป็นวัตถุดิบ (จากการทดลองตอนที่ 4.1.1) และน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ใช้น้ำตาลโตนดสดที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวด้วยวิธีที่ควบคุมปัจจัยใช้เป็นวัตถุดิบ (จากการทดลองตอนที่ 4.2.1) โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของน้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกรทั้ง 5 ราย มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (2x5) ในการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นระหว่างที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม และน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีที่ควบคุมปัจจัยในการศึกษา โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ในผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น แล้ววิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window (Steel and Torrie, 1980) ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์การทดลอง

ตอนที่ 1 การศึกษาสำรวจ และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น

จากการสำรวจ และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสด และการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น โดยการใช้แบบสำรวจ จากเกษตรกรผู้ผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นจำนวน 30 ราย ในเขตจังหวัดสงขลา ซึ่งส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา (คิดเป็นร้อยละ 83) และมีรายได้เฉลี่ยอยู่ในช่วง 5,001-10,000 บาทต่อเดือน พบว่า เกษตรกรผู้ผลิตมีการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสดจากต้นตลอดปี โดยปกติจะเริ่มประมาณปลายเดือนธันวาคมของทุกปี เนื่องจากปริมาณฝนเริ่มลดน้อยลง และงวงตาล หรือช่อดอกของต้นตาลโตนดจะเจริญเติบโตเต็มที่ในช่วงนี้ กระบวนการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสด เริ่มต้นจากการเลือกงวงตาลที่มีความยาวเหมาะสม (ประมาณ 30-40 เซนติเมตร) มัดรวบงวงตาลเข้าไว้ด้วยกันประมาณ 4-5 งวง และใช้ไม้คาบตาล แล้วบีบงวงตาลเบาๆ ทุกวัน วันละครั้ง ทำติดต่อกันนาน 3 วัน เพื่อทำให้ส่วนของช่อดอก หรืองวงตาล อ่อนช้ำ (โดยต้นตาลโตนดจะส่งน้ำตาลโตนดสดมาตามท่อน้ำเพื่อรักษาอาการบอบช้ำ) จากนั้นหักปลายงวงทิ้งประมาณ 1 นิ้ว ทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นปาดส่วนของปลายช่อดอก หรืองวงตาล ก็จะมีน้ำหวานไหลออกมา และนำปลายงวงตาลดังกล่าว ใส่ไว้ในภาชนะรองรับน้ำตาลโตนด ซึ่งจากผลการสำรวจ พบว่าเกษตรกรผู้ผลิตส่วนมากใช้ภาชนะในการรองรับน้ำตาลโตนดสดเป็นกระบอกไม้ไผ่ หรือกระบอกไม้ไผ่ร่วมกับกระบอกพลาสติก โดยคิดเป็นร้อยละ 56.67 และ 43.33 ตามลำดับ (ตารางที่ 7) โดยในหนึ่งกระบอกจะจุได้ประมาณ 1 ลิตร ซึ่งกระบอกไม้ไผ่ และกระบอกพลาสติก มีอายุการใช้งานประมาณ 5-6 เดือน นอกจากนี้เกษตรกรผู้ผลิตมีการเติมเศษไม้เคี่ยมลงในกระบอกที่ใช้รองรับวัตถุดิบน้ำโตนดสดประมาณ 3-5 ชิ้น ต่อ 1 กระบอก ก่อนนำขึ้นไปแขวนไว้บนต้นตาลโตนด (เกษตรกรผู้ผลิตจะซื้อไม้เคี่ยมเป็นท่อน ราคาท่อนละประมาณ 70-80 บาทต่อท่อน จากจังหวัดพัทลุง) ซึ่งเกษตรกรผู้ผลิตให้เหตุผลว่าการใส่ไม้เคี่ยมจะลดการเน่าเสียถึงร้อยละ 83

นอกจากนี้การใส่ไม้เคี่ยมยังมีผลช่วยให้น้ำตาลโตนดสดมีรสชาติดีขึ้น (ตารางที่ 7) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของเสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล (2532) สุกัญญา จันทะชุม (2547) และสุภารัตน์ เตี่ยไพบูลย์ (2547) ที่รายงานว่า การรองรับวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดให้ได้คุณภาพดี และมีการเสื่อมเสียที่ช้าลงนั้น เกษตรกรผู้ผลิตนิยมใส่ไม้เคี่ยมลงในกระบอกไม้ไผ่ เนื่องจากในไม้เคี่ยมมีสารแทนนิน ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยชะลอการเสื่อมเสียของน้ำตาลโตนดได้ และสอดคล้องกับการทดลองของเรณุกา แจ่มฟ้า (2545) ที่พบว่าน้ำตาลโตนดสดที่ใส่ไม้เคี่ยม มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $1.2x10^{11}$, $4.8x10^{6}$ และ $3.5x10^{8}$ โคโลนีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าน้ำตาลโตนดสดที่ไม่ใส่ไม้เคี่ยม คือ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $1.9x10^{15}$, $6.8x10^{8}$ และ $8.1x10^{11}$ โคโลนีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ในปัจจุบันเกษตรกรผู้ผลิตมีวิธีการรักษาคุณภาพน้ำตาลโตนดสด ไม่ให้เน่าเสีย ในขั้นตอนระหว่างการรองรับน้ำตาลโตนดจากต้น เช่น ทำความสะอาดกระบอกที่ใช้ในการรองรับน้ำตาลโตนดสด ด้วยวิธีการลวกกระบอกด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือด หรือการรมควัน โดยคิดเป็นร้อยละ 93.33 และ 3.33 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม พบว่ามีเกษตรกรผู้ผลิตส่วนน้อย (ร้อยละ 3.33) ที่ไม่ทำความสะอาดกระบอกรองรับทั้งก่อน และหลังใช้งาน (ตารางที่ 7) และรวมไปถึง การทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนด โดยพบว่ามีเกษตรกรผู้ผลิตประมาณร้อยละ 93 ที่ทำความสะอาดมีดปาดตาล และไม่ทำความสะอาดมีดปาดตาล คิดเป็นร้อยละ 6.67 (ตารางที่ 7)

เมื่อเกษตรกรผู้ผลิตนำกระบอกไม้ไผ่ไปแขวนไว้บนต้นตาลโตนด จะใช้ระยะเวลานาน ประมาณ 8-10 ชั่วโมง เพื่อรอการไหลของน้ำตาลโตนด เกษตรกรผู้ผลิตคิดเป็นร้อยละ 67 สามารถรองรับน้ำตาลโตนดมากสุดไม่เกิน 1-2 ลิตรต่อกระบอก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการไหลของน้ำตาลโตนดในแต่ละต้น พื้นที่ปลูก และเวลาเก็บเกี่ยว เป็นต้น การรองรับน้ำตาลโตนดสดจะทำสองช่วงเวลา คือ ช่วงเช้าตรู่ (04.00-05.00 น.) และช่วงบ่าย (14.00-15.00 น.) เกษตรกรผู้ผลิตส่วนมาก ประมาณร้อยละ 53 รายงานว่า สามารถเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดได้ประมาณ 50-80 ลิตรต่อวัน ขณะที่เกษตรกรผู้ผลิตประมาณร้อยละ 40 รายงานว่า สามารถเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดได้น้อยกว่า 50 ลิตรต่อวัน และเกษตรกรผู้ผลิตส่วนน้อยประมาณร้อยละ 7 สามารถเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดได้มากกว่า 80 ลิตรต่อวัน เกษตรกรผู้ผลิตจะรวบรวมน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวได้มาจากสวนถึงโรงเรือน เพื่อรอเคี่ยวเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้น (น้ำผึ้งเหลว) โดยระหว่างขั้นตอนนี้ เกษตรกรผู้ผลิตถึงร้อยละ 83 จะใช้เวลานานมากกว่า 3 ชั่วโมง ขณะที่เกษตรกรผู้ผลิตจำนวนน้อยมาก คิดเป็นร้อยละ 6 และ 10 เท่านั้น ที่ใช้เวลาน้อยกว่า 1 ชั่วโมง และอยู่ระหว่าง 1-2 ชั่วโมง ตามลำดับ น้ำตาลโตนดสดจะถูกรวบรวมไว้ในปี๊บ ฝาเปิด ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อรอเทลงเคี่ยวในกระทะ ซึ่งขั้นตอนนี้อาจส่งผลให้น้ำตาลโตนดสดเกิดการเสื่อมเสีย เปรี้ยว เป็นเมือก มีฟอง และมีปริมาณน้ำตาลลดลง เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำตาลโตนดสดประกอบด้วย สารอาหารต่างๆ และเซลลูโลสภายในกระบอกไม้ไผ่ มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ และน้ำตาลโตนดได้ดี ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จากการสอบถามข้อมูลจากเกษตรกรผู้ผลิต พบว่าในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น เกษตรกรผู้ผลิตส่วนมากประมาณร้อยละ 90 ไม่ได้ให้ความสำคัญกับคุณภาพน้ำตาลโตนดสดเริ่มต้น เกษตรกรผู้ผลิตจะรวบรวมน้ำตาลโตนด มาเข้าสู่ขั้นตอนการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นโดยการเคี่ยวให้ความร้อนในกระทะเปิด (ความจุกระทะประมาณ 40-60 ลิตร) และใช้ฟืนจากเศษไม้ต่างๆ เช่น เปลือกไม้ยางพารา ก้านใบจากต้นตาลโตนด และเศษไม้สน เป็นต้น เป็นเชื้อเพลิงโดยที่เกษตรกรผู้ผลิตคิดเป็นร้อยละ 63 รายงานว่า ฟืนมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น ขณะที่เกษตรกรผู้ผลิตร้อยละ 36 คิดว่าฟืนไม่ได้มีผลใดๆ ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามเกษตรกรผู้ผลิตส่วนมาก คิดเป็นร้อยละ 93 คิดว่าระดับความร้อน และระยะเวลาที่ใช้ในการเคี่ยวมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น (ตารางที่ 7)

ในขั้นตอนของการเคี่ยวน้ำตาลโตนดเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น เกษตรกรผู้ผลิตมีวัตถุประสงค์ ในการแปรรูปเพื่อจะให้ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่น้ำตาลโตนด โดยทั่วไปเกษตรกรผู้ผลิตมีขั้นตอนในการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่คล้ายคลึงกัน แต่อาจจะมีในบางขั้นตอน ที่ปฏิบัติไม่เหมือนกัน ซึ่งสามารถแบ่งรูปแบบการเคี่ยวน้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกรผู้ผลิตออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตที่มีการเคี่ยวน้ำตาลโตนดเข้มข้นให้เสร็จในรอบเดียว ใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง (คิดเป็นร้อยละ 27) และกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตที่มีการเคี่ยวน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีการเติมน้ำตาลโตนดสดในกระทะ 2 รอบ ใช้เวลาประมาณ 5-6 ชั่วโมง (คิดเป็นร้อยละ 73) (ตารางที่ 7) จึงส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นมีคุณภาพแตกต่างกัน โดยพบว่าวิธีการเคี่ยวน้ำตาลโตนดแบบรอบเดียว จะได้น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีคุณภาพดีกว่า คือ มีสีเหลือง และใส กว่า การใช้วิธีการเคี่ยวแบบ 2 รอบ ซึ่งจะทำให้ได้น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีสีดำคล้ำ และขุ่นกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะการให้ความร้อนแตกต่างกัน ในขณะที่เคี่ยวนั้น เกษตรกรผู้ผลิตจะระวังไม่ให้น้ำตาลติดกระทะและเดือดจนล้นขอบของกระทะออกมา โดยจะใช้กระบวยไม้ไผ่ในการคน หรือกวนเป็นระยะๆ ตลอดช่วงเวลาในการเคี่ยว และจะใช้ประสบการณ์การสังเกต

ลักษณะผลิตภัณฑ์ โดยการใช้กระบวยตักน้ำตาลโตนดขณะเคี่ยวมาทดลองเทให้ไหลลงมาจากกระบวย โดยจะต้องไหลลงมาเป็นสายจากกระบวยอย่างช้าๆ แบบไม่ขาดตอนจึงจะถือได้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีคุณภาพดี ในการเคี่ยวแต่ละครั้งของเกษตรกรผู้ผลิต จะได้น้ำตาลโตนดเข้มข้นประมาณ 2 ปี๊บ ซึ่งน้ำตาลโตนดเข้มข้น ที่ได้จะมีรสชาติหวาน กลิ่นหอม และมีความเข้มข้น ซึ่งเกษตรกรผู้ผลิตจะใช้ความเชี่ยวชาญ ความชำนาญและประสบการณ์ส่วนตัวที่แตกต่างกันไปในแต่ละราย มาใช้ในการควบคุมคุณภาพระหว่างขั้นตอนการผลิต จากการสำรวจพบว่า เกษตรกรผู้ผลิตมีความมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นของตนเองนั้นมีคุณภาพสูงมาก (คิดเป็นร้อยละ 93) (ตารางที่ 7) โดยจะพิจารณาจาก สี และความหวานเป็นเกณฑ์โดยเกษตรกรผู้ผลิตทุกราย (คิดเป็นร้อยละ 100) คิดว่าหากผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นมีคุณภาพดีขึ้น ย่อมมีผลให้ราคาผลิตภัณฑ์สูงขึ้นด้วย และเช่นเดียวกันกับการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้บริโภคที่เกษตรกรผู้ผลิตถึงร้อยละ 96 คิดว่าผู้บริโภคจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น เมื่อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นมีคุณภาพดีขึ้น (ตารางที่ 7) จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายขึ้น

ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่เกษตรกรผลิตได้มีคุณลักษณะโดยรวม คือ มีฟองบนผิวหน้า สีเหลืองปนน้ำตาลอ่อน ไปจนถึงสีน้ำตาลเข้ม และมีลักษณะข้น นอกจากนี้เกษตรกรผู้ผลิตส่วนมากมีความคิดว่า ภาชนะที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นหลังการแปรรูปนั้น เป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำตาลโตนดเข้มข้นเสื่อมเสีย มีระยะเวลาในการเก็บรักษาสั้น ภายหลังการเคี่ยวได้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น เกษตรกรผู้ผลิตคิดเป็นร้อยละ 93 จะเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นไว้ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะปิด เช่น ปี๊บอะลูมิเนียม โอ่งดินเผา ซึ่งพบว่าเกษตรกรผู้ผลิตส่วนมาก (คิดเป็นร้อยละ 60) เก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นในโอ่งโดยปิดฝาไว้เฉยๆ และเกษตรกรผู้ผลิตคิดเป็นร้อยละ 33 ปิดฝาโอ่งสนิทโดยการโบกปูน ระหว่างรอการจำหน่าย ขณะที่เกษตรกรผู้ผลิตจำนวนน้อยมาก คิดเป็นร้อยละ 3 เท่านั้น ที่เลือกทำทั้ง 3 อย่างในเวลาเดียวกัน คือ เปิดฝาภาชนะบรรจุ และมีทั้งปิดไว้เฉยๆ และปิดฝาสนิทโดยการโบกปูน (ตารางที่ 7) ระยะเวลานานประมาณ 3-6 เดือนก่อนจำหน่าย เนื่องจากเพื่อต้องการรอให้ได้ราคาที่สูงขึ้น คุณลักษณะที่ต่างกันของน้ำตาลโตนดเข้มข้นทำให้ มีวัตถุประสงค์ของการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์ต่างกัน เช่น ผู้บริโภคที่มีความต้องการ นำน้ำตาลโตนดเข้มข้นไปใช้เพื่อการแปรรูป และประกอบอาหาร ผู้บริโภคจะนิยมเลือกน้ำตาลโตนดเข้มข้น ที่มีสีเหลือง ใส รสหวานหอม ส่วนผู้บริโภคที่ต้องการนำน้ำตาลโตนดเข้มข้นไปผลิตเป็นเหล้า จะนิยมเลือกใช้น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีสีดำเข้มๆ และมีรสฝาด ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ปลอดภัย และมีคุณภาพที่ดีนั้น จะต้องสอดคล้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของน้ำตาลโตนดเข้มข้น 155/2532 ซึ่งได้มีการกำหนดไว้ว่า จะต้องมีค่าความหวาน หรือปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่น้อยกว่า 65°บริกซ์ มีสีเหลืองอ่อน และปริมาณของโคลิฟอร์มโดยวิธี MPN ต้องมีค่าน้อยกว่า 3 cfu/ml และตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของน้ำตาลโตนดเข้มข้น 113/2546 กำหนดว่าน้ำตาลโตนดเข้มข้นจะต้องมีลักษณะข้นเหนียว มีกลิ่นรสหอมหวานตามธรรมชาติ ไม่พบสิ่งแปลกปลอมใดๆ และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจะต้องมีได้ไม่เกิน 500 cfu/g ส่วนปริมาณยีสต์และราก็กำหนดไว้ว่าจะต้องมีได้ไม่เกิน 100 cfu/g

จากการศึกษาข้อมูลและรายละเอียดของกระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น ตั้งแต่ขั้นตอนแรก คือ การเก็บเกี่ยววัตถุดิบน้ำตาลโตนด จนถึงขั้นตอนสุดท้ายเพื่อผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น พบว่าเกษตรกรผู้ผลิตส่วนมากยังยึดติด และปฏิบัติตนในระหว่างกระบวนการผลิตที่ไม่ถูกต้อง และเหมาะสมตามหลักสุขอนามัยที่ดี เนื่องจาก

กระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นมีหลายตัวแปร เป็นปัจจัยที่อาจจะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ได้มีคุณภาพต่ำ ไม่มีความสม่ำเสมอกัน ซึ่งกระบวนการผลิตที่มีหลายขั้นตอน จึงมีโอกาสเสี่ยง และอาจจะเกิดการปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้สูง อีกทั้งเกษตรผู้ผลิตยังขาดความรู้ และความเข้าใจที่ถูกต้องในการปฏิบัติในกระบวนการผลิต ไม่ทราบข้อมูลมาตรฐานต่างๆ ที่ทางภาครัฐได้กำหนดไว้ เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า เกษตรกรผู้ผลิตส่วนมาก คิดเป็นร้อยละ 93 ของเกษตรกรผู้ผลิตจำนวนทั้งหมด (ตารางที่ 7) มีแนวโน้ม หรือมีความสนใจที่จะพัฒนาในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น เนื่องจากมีแรงกระตุ้น จากปัญหา และอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระบบการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น คือ ประเด็นปัญหาในเรื่องราคาที่ต่ำ เกษตรกรผู้ผลิตส่วนมากซึ่งคิดเป็นร้อยละ 73 (ตารางที่ 7) ให้ความสำคัญกับเรื่องราคาของผลิตภัณฑ์ โดยมีความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นให้มีคุณภาพดีขึ้น และเพื่อราคาที่สูงขึ้น เพื่อสามารถขยายตลาดออกไป ดังนั้นทางราชการควรส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ผลิตมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับมาตรฐานต่างๆ เห็นความสำคัญต่อคุณภาพ และความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์กำหนดคุณภาพในการผลิต และซื้อขายผลิตภัณฑ์ พัฒนาคุณภาพ ให้เป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลาย และสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นได้มากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 7 การสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสด และการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น

รายการที่สำรวจ และสอบถาม	ความถี่ (ร้อยละ)
ภาชนะที่ใช้ในการรองรับน้ำตาลโตนดสด	
- กระบอกไม้ไผ่อย่างเดียว	56.67
- กระบอกพลาสติกอย่างเดียว	0.00
- กระบอกไม้ไผ่ ร่วมกับกระบอกพลาสติก	43.33
วิธีการทำความสะอาดภาชนะรองรับน้ำตาลโตนดก่อนและหลังใช้งาน	
- ลวกด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือด	93.33
- ลวกด้วยน้ำต้มเดือด	0.00
- ล้างด้วยน้ำบ่อ	0.00
- รมควัน	3.33
- ไม่ทำความสะอาด	3.33
ท่านมีการทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้เก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนด หรือไม่	
- มี	93.33
- ไม่	6.67
ข้อดีของไม้เคี่ยม คือ อะไร	
- ป้องกันการบูด เปรี้ยวของน้ำตาลโตนดสด	83.33
- ทำให้รสชาตินำ้ตาลโตนดสดดี	16.67
น้ำตาลโตนดสดที่รองรับได้ต่อหนึ่งกระบอก มีปริมาตรประมาณกี่ลิตร	

- น้อยกว่า 1 ลิตร	33.33
- 1-2 ลิตร	66.67
น้ำตาลโตนดสดที่รองรับได้ในแต่ละวัน มีปริมาตรกี่ลิตร(1 ปี๊บจุประมาณ 20 ลิตร)	
- น้อยกว่า 50 ลิตร	40.00
- มากกว่า 80 ลิตร	6.67
- 50-80 ลิตร	53.33
ระยะเวลาก่อนนำวัตถุดิบน้ำตาลโตนดลงเคี่ยวในกระทะนานกี่ชั่วโมง	
- ต่ำกว่า 1 ชั่วโมง	6.67
- 1-2 ชั่วโมง	10.00
- มากกว่า 3 ชั่วโมง	83.33
น้ำตาลโตนดสด นิยมนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใดมากที่สุด (ตอบได้ 1 ข้อ)	
- น้ำตาลโตนดสดพร้อมดื่ม	10.00
- น้ำส้มสายชู	23.33
- น้ำตาลโตนดเข้มข้น	66.67
- น้ำตาลแว่น	0.00
- น้ำตาลปึก	0.00
- น้ำตาลผง	0.00
ขั้นตอนในการนำวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น ท่านมีวิธีการในการคัดเลือกวัตถุดิบ หรือไม่	
- มี	10.00
- ไม่มี	90.00
ท่านคิดว่า ฟืนที่ใช้ มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นหรือไม่	
- มี	63.33
- ไม่มี	36.67
ในการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นของท่าน เป็นแบบวิธีใด	
- เคี่ยวรอบเดียว	26.63
(เทน้ำตาลโตนดสดลงในกระทะรอบเดียว ระหว่างการเคี่ยว)	
- เคี่ยวสองรอบ	73.33
(เทน้ำตาลโตนดสดลงในกระทะสองรอบ ระหว่างการเคี่ยว)	

ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นทั้งหมด ที่ได้จากการเคี่ยว 1 ครั้ง มีปริมาณประมาณเท่าไหร่ (กระทะมีปริมาตรจุ 40-60 ลิตร)	
- 1 ปี๊บ	40.00
- ½ ปี๊บ	30.00
- 2 ปี๊บ	30.00
ท่านคิดว่า ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นของท่าน มีคุณภาพมากน้อยแค่ไหน	
- มากที่สุด	50.00
- มาก	43.33
- ปานกลาง	6.67
ถ้าหากผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นมีคุณภาพดีขึ้นท่านคิดว่าจะมีจำนวนผู้บริโภค หรือผู้ซื้อเพิ่มมากขึ้น หรือไม่	
- เพิ่มขึ้น	96.67
- ไม่เพิ่มขึ้น	3.33
ถ้าหากผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นมีคุณภาพดีขึ้นท่านคิดว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายมากขึ้น หรือไม่ (เช่น เป็นส่วนประกอบของอาหาร แทนการทำเหล้าเพียงอย่างเดียว)	
- หลากหลายขึ้น	100
- ไม่	-
น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ท่านคิดว่ามีคุณภาพดี และเหมาะสมสำหรับใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตขนม ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร	
- มีสีเหลืองใส (สีไม่เข้ม)	100
- มีสีน้ำตาล หรือดำเข้ม	-
น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ท่านคิดว่ามีคุณภาพดี และเหมาะสมสำหรับใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตเหล้า ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร	
- มีสีเหลืองใส (สีไม่เข้ม)	-
- มีสีน้ำตาล หรือดำเข้ม	100
ท่านเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นไว้ก่อนการขายหรือไม่	
- มี	93.33
- ไม่มี	6.67
ท่านมีวิธีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นก่อนการจำหน่ายอย่างไร	
- ใส่ปี๊บ เก็บที่อุณหภูมิห้อง	16.67
- ใส่โอ่ง เก็บที่อุณหภูมิห้อง	76.67

- ทั้งสองชนิด คือ ปี๊บ และโอ่ง	3.33
- ถังน้ำมัน	3.33
น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่เพิ่งเคี่ยวเสร็จใหม่ๆ และที่เก็บรักษาไว้ในโอ่ง หรือปี๊บ เป็นระยะเวลาหนึ่งๆ ท่านคิดว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่	
- แตกต่าง	63.33
- ไม่แตกต่าง	36.67
ท่านมีวิธีปิดฝาภาชนะที่ใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นก่อนการจำหน่ายอย่างไร	
- ปิดฝาเฉยๆ	60.00
- ปิดสนิท (โบกปูน)	33.33
- เปิดฝา	3.33
- มีทั้งปิดเฉย และปิดสนิท (โบกปูน)	3.33
ท่านมีความรู้ เกี่ยวกับข้อกำหนด มผช. น้ำตาลโตนดเข้มข้นหรือไม่	
- มี	-
- ไม่มี	100
ท่านมีความรู้เกี่ยวกับระบบการผลิตที่ถูกสุขลักษณะ (GMP) บ้างหรือไม่	
- มี	46.67
- ไม่มี	53.33
ผู้ผลิต มีแนวโน้ม หรือมีความสนใจที่จะพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นบ้างหรือไม่	
- มี	93.33
- ไม่มี	6.67
ในการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นของท่าน ตั้งแต่การเก็บเกี่ยวจนถึงการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น มีปัญหาหรืออุปสรรคในด้านใดบ้าง	
- ราคาต่ำ	73.33
- เกิดการปนเปื้อน	0.00
- ราคาต่ำ และเกิดการปนเปื้อน	26.67
- อายุการเก็บรักษาสั้น	0.00
- วัตถุดิบมีน้อย, ฝนตกบ่อย	0.00
- ไม่มีปัญหา	0.00

ตอนที่ 2 การศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า

จากการศึกษาในตอนที่ 1 ทำให้ทราบว่ามีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้คุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้นมีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องตัววัตถุดิบ กระบวนการผลิต และสภาวะการเก็บรักษา และการกำหนดคุณภาพมาตรฐานยังไม่ละเอียดมากนัก แม้จะมีมาตรฐานอุตสาหกรรมของน้ำหวานเข้มข้น (มอก. 155/2532) หรือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของน้ำตาลโตนดเข้มข้น (มผช.113/2546) เกษตรกรผู้ผลิตส่วนมากจะใช้ประสบการณ์และความชำนาญเฉพาะบุคคล ดังนั้นการศึกษาในตอนที่ 2 จะสุ่มตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้าจำนวน 30 ตัวอย่าง ในเขตพื้นที่จังหวัดสงขลา เพื่อมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ดังต่อไปนี้

คุณภาพทางกายภาพ

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นจำนวน 30 ตัวอย่าง ได้ แก่ ค่าสี และค่าการทะลุผ่านของแสง ซึ่งค่าสีวัดโดยใช้ Hunter lab ระบบ CIE (L*, a*, b*) ในทางทฤษฎีกำหนดไว้ว่า ค่า L* ที่มีค่าเข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีความสว่าง ค่า a* มีค่าเป็นบวก แสดงว่าวัตถุมีเฉดสีแดง ค่า a* มีค่าเป็นลบ แสดงว่าวัตถุมีเฉดสีเขียว ค่า b* เป็นบวก แสดงว่าวัตถุมีเฉดสีเหลือง และค่า b* เป็นลบ แสดงว่าวัตถุมีเฉดสีน้ำเงิน พบว่าค่าสีของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น ทั้ง 30 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยมีค่า L* อยู่ในช่วง 1.78-53.93 ค่า a* อยู่ในช่วง 9.87-34.75 และค่า b* อยู่ในช่วง 3.09-78.94 (ตารางที่ 8) การที่สีของน้ำตาลโตนดเข้มข้นมีความแตกต่างกันมาก อาจเนื่องจากภาชนะที่ใช้ในการบรรจุก่อนการจำหน่าย และระยะเวลาเก็บรักษาก่อนการจำหน่ายที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 9) และความร้อนที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์ ซึ่งได้แก่ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด และปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชั่น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544) นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลในน้ำตาลโตนด อาจเกิดเนื่องจากคุณภาพของวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดเริ่มต้น เช่น น้ำตาลโตนดสดที่มีปริมาณกรดอยู่มาก จะมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลที่เข้มขึ้นภายหลังการให้ความร้อน เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชั่น และปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเกิดเมื่อน้ำตาลถูกให้ความร้อนโดยตรง และอยู่ในสภาวะที่มีความเป็นด่าง (Fennema, 1996)

ความขุ่นของน้ำตาลโตนดเข้มข้น จะวัดในรูปการทะลุผ่านของแสงที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ซึ่งทางทฤษฎีกำหนดว่า เมื่อค่าการทะลุผ่านของแสงมีค่าเข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีความใส และพบว่าค่าความขุ่นของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นทั้งหมด มีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.34-50.45 (ตารางที่ 10) และค่าความขุ่นมีค่าสอดคล้องในทิศทางเดียวกับค่า L* (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยและช่วงคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง

	Qualities	Means	Range
Color	L*	16.18±12.12	1.78-53.93
	a*	23.65±5.90	9.87-34.75
	b*	26.95±19.00	3.09-78.94
Transmittance (%) at 650 nm		12.28±10.00	1.34-50.45

pH	4.93±0.22	4.50-5.37
Total acidity (%w/v as lactic acid)	0.40±0.16	0.24-0.86
Total soluble solid (°Brix)	67.58±3.66	59.01-73.05
Total sugar (%w/w of a sample)	55.93±10.48	23.77-71.89
Reducing sugar (%w/w of a sample)	11.51±5.06	3.54-23.94
Sucrose (%w/w of a total sugar content)	80.23±15.81	59.15-84.37
Glucose (%w/w of a total sugar content)	8.45±2.23	4.01-24.13
Fructose (%w/w of a total sugar content)	5.55±1.45	4.44-23.55
Water activity	0.80±0.02	0.75-0.87
DPPH scavenging activity (umol TE/g sample)	15.78±3.22	13.27-18.49
Ferric reducing antioxidant power (umol TE/g sample)	24.35±45	21.33-30.62
Reducing power	1.37±0.67	0.85-1.45
Total microbial count (cfu/g)	$2.96x10^5$	$1.20x10^3 - 4.80x10^6$
Yeast and mold count (cfu/g)	$2.01x10^4$	$1.30x10^2 - 5.30x10^4$
Osmophillic yeast count (cfu/g)	$3.34x10^5$	$2.00x10^2 - 1.46x10^5$

Note : Each value is the mean of 30 samples with triplicate determinations.

ตารางที่ 9 ลักษณะภาชนะบรรจุและระยะเวลาการเก็บน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง

Sample	Packaging	Storage time
1	Tin box	2 weeks
2	Tin box	10 days
3	Traditional ceramic jar	2 months
4	Traditional ceramic jar	2 weeks
5	Traditional ceramic jar	2 weeks
6	Traditional ceramic jar	2 weeks
7	Tin box	1 month
8	Tin box	2 months

9	Tin box	2 months
10	Tin box	5 days
11	Tin box	1 month
12	Traditional ceramic jar	2 months
13	Tin box	2 months
14	Tin box	2 months
15	Plastic box	2 months
16	Tin box	2 months
17	Tin box	2 weeks
18	Tin box	2 months
19	Plastic box	1 month
20	Plastic box	1 month
21	Traditional ceramic jar	2 months
22	Tin box	2 months
23	Tin box	2 months
24	Plastic box	2 months
25	Tin box	5 days
26	Tin box	5 days
27	Tin box	5 days
28	Tin box	3 days
29	Tin box	1 week
30	Tin box	1 weeks

ตารางที่ 10 คุณภาพทางกายภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง

Sample	Color			Transmittance
	L*	a*	b*	(%) at 650 nm
1	12.33^{l}	27.00^{q}	20.17^{j}	9.23^{l}
2	37.82^{x}	26.75^{p}	62.04^{x}	29.63^{x}

3	5.19^{d}	22.06^{h}	8.69^{d}	5.11^{d}
4	5.53^{c}	23.03^{i}	9.53^{e}	5.52^{e}
5	8.07^{i}	26.03^{n}	13.99^{h}	6.56^{g}
6	3.14^{c}	14.16^{d}	5.34^{c}	3.80^{c}
7	1.89^{a}	9.87^{a}	3.34^{a}	2.80^{b}
8	6.41^{f}	22.16^{h}	11.19^{f}	5.91^{f}
9	2.50^{b}	12.54^{c}	4.24^{b}	1.34^{a}
10	1.78^{a}	10.24^{b}	3.09^{a}	2.81^{b}
11	7.24^{h}	25.52^{m}	12.46^{g}	6.70^{h}
12	20.97^{s}	34.75^{v}	36.23^{r}	19.71^{u}
13	17.74^{o}	26.25^{o}	30.32^{n}	11.87^{o}
14	8.42^{j}	26.41^{o}	14.38^{h}	7.32^{i}
15	15.63^{n}	24.88^{l}	26.87^{m}	10.50^{m}
16	15.61^{n}	24.54^{k}	26.80^{m}	10.62^{m}
17	32.93^{v}	23.86^{j}	54.34^{v}	22.02^{v}
18	22.96^{t}	21.13^{f}	38.47^{s}	12.92^{p}
19	13.96^{m}	15.82^{e}	23.22^{l}	5.92^{f}
20	19.31^{q}	26.71^{p}	33.17^{p}	13.07^{q}
21	18.07^{p}	29.86^{s}	31.10^{o}	13.70^{r}
22	20.18^{r}	30.55^{u}	34.67^{q}	15.67^{s}
23	23.08^{t}	30.33^{t}	39.60^{t}	17.54^{t}
24	53.93^{y}	23.67^{j}	78.94^{y}	50.45^{y}
25	28.93^{u}	21.68^{g}	47.20^{u}	17.66^{t}
26	10.67^{k}	26.02^{n}	18.30^{i}	8.12^{j}
27	18.13^{p}	24.51^{k}	31.00^{o}	11.13^{n}
28	12.23^{l}	25.58^{m}	20.95^{k}	8.44^{k}
29	6.76^{g}	24.48^{k}	11.61^{f}	6.00^{f}
30	33.86^{w}	29.17^{r}	57.13^{w}	26.31^{w}

Note : Each value is the mean of triplicate determinations.

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

คุณภาพทางเคมี

ผลการวิเคราะห์หาค่าพีเอชของน้ำตาลโตนดเข้มข้นจำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าพีเอชใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) ซึ่งน้ำตาลโตนดเข้มข้นทั้งหมดมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.50-5.37 (ตารางที่ 8) อยู่ในช่วงความเป็นกรดต่ำ ($pH \geq 4.50$) (วิไล รังสาดทอง, 2547) ความแตกต่างของค่าพีเอช อาจเกิดเนื่องจากคุณภาพวัตถุดิบเริ่มต้น การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2537) และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทำเข้มข้น อีกทั้งรวมไปถึงแหล่งผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งจากการทดลองพบว่าในตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์สูง ก็จะส่งผลให้มีค่าพีเอชต่ำ โดยสอดคล้องกับการที่มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในปริมาณสูง (ตารางที่ 14)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำตาลโตนดเข้มข้นจำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าปริมาณกรดทั้งหมดแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยปริมาณกรดทั้งหมด มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.24-0.86 (ตารางที่ 8) โดยปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำตาลโตนดเข้มข้นมีความแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากผู้ผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นแต่ละรายมีระยะเวลา และสภาวะในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นก่อนการจำหน่ายที่แตกต่างกัน ซึ่งหากผู้ผลิตมีการเก็บรักษาก่อนการจำหน่ายเป็นระยะเวลานาน และอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก็อาจส่งผลให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตใช้น้ำตาลในน้ำตาลโตนดเข้มข้น และเปลี่ยนเป็นกรดได้ (รัตนชัย กั้นเกตุ, 2535) และสอดคล้องกับการศึกษาของนิสา อินทอง (2539) ที่วิเคราะห์คุณภาพน้ำตาลโตนดจำนวน 30 ตัวอย่าง โดยเมื่อค่าพีเอชลดลง ปริมาณกรดทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นโดยปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.15-0.39 และค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.56-5.29

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำตาลโตนดเข้มข้นจำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำตาลโตนดเข้มข้นมีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 59-73°บริกซ์ (ตารางที่ 8) ทั้งนี้ความแตกต่างกันอาจเกิดเนื่องจากผู้ผลิต ซึ่งโดยทั่วไปการเคี่ยวน้ำตาลโตนดของเกษตรกรผู้ผลิตจะอาศัยประสบการณ์ และความชำนาญส่วนบุคคล ในการพิจารณาดูว่าน้ำตาลโตนดเข้มข้นได้ที่แล้วหรือไม่ และไม่ได้ใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบคุณภาพ จากผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำตาลโตนดเข้มข้นจำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่ามีตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นจำนวน 23 ตัวอย่าง ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยคิดเป็นร้อยละ 76 ขณะที่มี 7 ตัวอย่าง ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโดยคิดเป็นร้อยละ 23 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของน้ำหวานเข้มข้น (มอก. 155/2532) ได้กำหนดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดว่าต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 65°บริกซ์ นอกจากนี้พบว่าปริมาณน้ำตาลกูลโคสอยู่ในช่วงร้อยละ 4.01-24.13 ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลซูโครสอยู่ในช่วงร้อยละ 59.15-84.37 ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสอยู่ในช่วงร้อยละ 4.44-23.55 ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ส่วนกิจกรรมการต้านออกซิเดชั่นของน้ำตาลโตนดเข้มข้น พบว่ามีค่า DPPH อยู่ในช่วง 13.27-18.49 umol TE/g ตัวอย่าง ค่า FRAP อยู่ในช่วง 21.33-30.62 umol TE/g ตัวอย่าง และค่า Reducing power อยู่ในช่วง 0.85-1.45 (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 11 คุณภาพทางเคมีของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง

Sample	pH	Total acidity (%w/v as lactic acid)	Total soluble solid (°Brix)	Total sugar (%w/w)	Reducing sugar (%w/w)	Water activity
1	4.79^{g}	0.59^{o}	59.01^{a}	57.94^{q}	7.89^{p}	0.87^{j}
2	5.17^{r}	0.47^{n}	71.00^{n}	60.62^{r}	3.52^{i}	0.83^{i}
3	5.15^{p}	0.86^{b}	68.04^{j}	23.77^{de}	10.27^{m}	0.77^{b}
4	5.18^{r}	0.69^{a}	68.07^{j}	39.61^{n}	10.27^{m}	0.77^{bc}
5	5.09^{o}	0.63^{a}	68.17^{j}	41.73^{o}	10.66^{n}	0.75^{a}
6	5.00^{m}	0.71^{a}	70.20^{m}	55.54^{p}	11.01^{o}	0.79^{defg}
7	4.52^{b}	0.44^{l}	67.20^{i}	54.06^{de}	19.92^{l}	0.79^{def}
8	4.69^{d}	0.46^{m}	64.10^{de}	52.43^{c}	16.75^{j}	0.79^{efgh}
9	4.60^{c}	0.35^{i}	63.67^{d}	55.33^{e}	18.03^{k}	0.83^{i}
10	4.50^{a}	0.41^{k}	62.03^{c}	56.68^{f}	23.94^{mn}	0.80^{gh}
11	4.77^{f}	0.45^{lm}	61.07^{b}	42.00^{a}	9.96^{d}	0.84^{i}
12	4.89^{j}	0.41^{k}	67.07^{hi}	59.09^{g}	13.72^{h}	0.80^{gh}
13	5.37^{t}	0.36^{j}	68.17^{j}	65.17^{jk}	6.97^{b}	0.80^{fgh}
14	5.16^{q}	0.34^{i}	71.23^{n}	62.26^{hi}	11.46^{ef}	0.78^{bcd}
15	4.92^{k}	0.26^{cde}	69.27^{k}	64.55^{j}	12.31^{g}	0.78^{cde}
16	4.94^{l}	0.27^{def}	69.10^{k}	61.16^{h}	11.96^{fg}	0.81^{h}
17	5.05^{n}	0.32^{h}	73.05^{p}	71.89^{m}	8.45^{c}	0.79^{efgh}
18	4.78^{f}	0.26^{def}	66.20^{g}	53.23^{cd}	10.21^{d}	0.80^{gh}
19	4.88^{i}	0.25^{cd}	62.07^{c}	47.44^{b}	8.63^{c}	0.81^{h}
20	5.05^{n}	0.31^{gh}	72.55^{p}	66.43^{kl}	11.01^{e}	0.81^{h}
21	5.00^{m}	0.34^{i}	72.57^{p}	64.55^{j}	$1\ 05^{d}$	0.79^{defg}
22	5.09^{o}	0.32^{gh}	71.84^{o}	67.70^{l}	10.21^{d}	0.80^{fgh}
23	4.85^{h}	0.24^{c}	69.90^{lm}	61.71^{hi}	9.62^{a}	0.80^{gh}
24	5.06^{n}	0.25^{c}	66.62^{gh}	62.81^{i}	8.13^{c}	0.80^{fgh}

25	5.25^{s}	0.31^{g}	69.23^{k}	59.59^{g}	13.94^{h}	0.83^{i}
26	4.88^{i}	0.28^{f}	65.33^{f}	66.40^{kl}	13.50^{h}	0.81^{h}
27	5.00^{m}	0.32^{gh}	64.17^{e}	65.78^{jk}	12.12^{fg}	0.81^{h}
28	4.59^{c}	0.40^{k}	70.17^{m}	59.09^{g}	19.48^{l}	0.79^{defg}
29	4.71^{e}	0.40^{k}	70.27^{m}	59.61^{g}	19.92^{l}	0.83^{i}
30	4.88^{i}	0.27^{ef}	69.43^{kl}	47.12^{b}	11.62^{efg}	0.81^{h}

Note : Each value is the mean of triplicate determinations.

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในน้ำตาลโตนดเข้มข้น จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 23.77-71.89 และมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ในช่วง ร้อยละ 3.54-23.94 (ตารางที่ 11) การที่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์แตกต่างกันในแต่ละตัวอย่าง อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างการให้ความร้อนระหว่างเคี่ยวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน ได้แก่ ปฏิกิริยาอินเวอร์ชั่น ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อน้ำตาลซูโครสอยู่ในสภาพที่เป็นกรด และมีความร้อนเป็นตัวช่วยทำให้น้ำตาลซูโครสเกิดสลายตัวเป็นน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส กลายเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ ได้เร็วยิ่งขึ้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544) ผลการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในน้ำตาลโตนดเข้มข้น จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในช่วง 0.75-0.87 (ตารางที่ 11) การที่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้แตกต่างกันในแต่ละตัวอย่าง อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการให้ความร้อนระหว่างเคี่ยวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

จากตารางที่ 12 และ 13 แสดงผลการติดตามวิเคราะห์กลุ่มสาร ชนิดและปริมาณสารให้กลิ่นรสในน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง พบว่าประกอบด้วยกลุ่มสารระเหย 7 กลุ่มได้แก่ ไพราซีน ฟิวแรน แอลกอฮอล์ กรด คีโทน เอสเทอร์ และไพรอล โดยในแต่ละตัวอย่างจะมีปริมาณแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นกับระยะเวลาก่อนการแปรรูปและปริมาณการหมักน้ำตาลเปลี่ยนเป็นกรดและแอลกอฮอล์ในน้ำตาลโตนดสด นอกจากนี้พบว่าระหว่างผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยการเคี่ยวน้ำตาลโตนดสดให้ได้น้ำตาลโตนดเข้มข้นจะมีสารประกอบกลุ่มไพราซีนและฟิวแรน มากทั้งนี้เนื่องมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด และคาราเมลไรเซชั่น โดยจะให้ลักษณะกลิ่นหอมหวาน กลิ่นคล้ายคาราเมล และกลิ่นน้ำตาลไหม้ นอกจากนี้มีสารกลุ่มไพรอลที่สามารถพบได้แก่ acetylpyrrole สารตัวนี้สามารถเกิดได้จาก 2 pathways หลัก ได้แก่ (1) การเกิดอันตรกิริยาระหว่างกรดอะมิโนกับ 3-dexoyhezosone ผ่าน Strecker degradation และ (2) การเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนและฟิวแรน ส่วนสารกลุ่มคีโตนที่เด่นได้แก่ 3-hydroxy-2- butanone ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นรสในน้ำตาลโตนดสดก็ยังพบในน้ำตาลเข้มข้นเช่นเดิม

ตารางที่ 12 ตัวอย่างกลุ่มสารและชนิดสารให้กลิ่นรสในน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า

RT [A]	RI [B]	Volatile flavour compounds	Attribute [C]
		Pyrazines	
5.81	1292	methyl pyrazine	nutty, roasty
6.84	1314	2,3-dimethylpyrazine	roasted nut, sweet
6.50	1309	2,5-dimethylpyrazine	sweet, roasty
6.57	1310	2,6-dimethylpyrazine	sweet, roasty
7.82	1470	2-ethyl-3,5-dimethylpyrazine	roasty
10.69	2043	2-methoxy-6-methylpyrazine	sweet, roasty
		Furans	
9.21	1683	2-furanmethanol	cooked sugar, burnt sugar
8.05	1496	2-furancarboxaldehyde	cooked sugar, burnt sugar
8.14	1507	3-furancarboxaldehyde	cooked sugar, burnt sugar
8.35	1537	2-acetylfuran	sweet, caramel
10.79	2071	4-hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanone	caramel, sweet, burnt sugar
5.75	1286	2-methyl dihydro-3(2H)-furanone	caramel, sweet, burnt sugar
9.18	1677	2-methyl dihydro-2(3H)-furanone	caramel, sweet, burnt sugar
11.72	2577	2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6M-pyran-4-one	caramel, sweet, burnt sugar
		Alcohols	
2.18	1002	ethanol	alcoholic
4.98	1218	isoamyl alcohol	alcoholic
10.36	1951	phenethyl alcohol	sweet
8.71	1587	2,3-butanediol	fruity
		Acid	
7.84	1473	acetic acid	sour
		Ketone	
6.00	1307	3-hydroxy-2- butanone	sweet
		Ester	
1.86	997	ethyl acetate	fruity, sweet
		Pyrrole	
10.62	2023	acetylpyrrole	sweet, burnt sugar

Note: [A] RT refers to retention time (min); [B] RI refers to retention index that was based on a series of alkane (C_{10}-C_{24})

[C] Reference:http://www.thegoodscentscompany.com/rawmatex.html,

http://www.flavornet.org/flavornet.html

ตารางที่ 13 ชนิดและปริมาณสารให้กลิ่นรสในน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง

Group of volatile flavour compounds	Concentration range (ppb)
Pyrazines	
methyl pyrazine	174-666
2,3-dimethylpyrazine	101-646
2,5-dimethylpyrazine	103-164
2,6-dimethylpyrazine	1096-2358
2-ethyl-3,5-dimethylpyrazine	90-645
2-methoxy-6-methylpyrazine	147-619
Furans	
2-furanmethanol	634-3135
2-furancarboxaldehyde	97-290
3-furancarboxaldehyde	128-238
2-acetylfuran	90-719
4-hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanone	142-435
2-methyl dihydro-3(2H)-furanone	123-1168
2-methyl dihydro-2(3H)-furanone	130-288
2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6M-pyran-4-one	89-228
Alcohols	
ethanol	11316-146889
isoamyl alcohol	1651-70218
phenethyl alcohol	495-8701
2,3-butanediol	1727-6134
Acid	
acetic acid	11394-34008
Ketone	
3-hydroxy-2- butanone	1168-1829
Ester	
ethyl acetate	5311-10489
Pyrrole	
acetylpyrrole	99-236

คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำตาลโตนดเข้มข้นจำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่าในน้ำตาลโตนดเข้มข้นมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด มีค่าอยู่ในช่วง $1.20x10^3$-$4.80\ x10^6$ cfu/g (ตารางที่ 14) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุกัญญา จันทะชุม (2547) ที่พบว่าในผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ $2.20x10^3$ cfu/g อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าเกินค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลโตนดเข้มข้น (มผช. 113/2546) ที่อนุญาตให้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 500 cfu/g

ผลการวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราในน้ำตาลโตนดเข้มข้นจำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่าในน้ำตาลโตนดเข้มข้น มีปริมาณยีสต์และรา มีค่าอยู่ในช่วง $1.30x10^2$-$5.30x10^4$ cfu/g (ตารางที่ 14) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุกัญญา จันทะชุม (2547) ที่พบว่าในผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น มีปริมาณยีสต์และราเฉลี่ยเท่ากับ $3.60x10^3$ cfu/g และปริมาณยีสต์และรามีค่าเกินค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลโตนดเข้มข้น (มผช. 113/2546) ที่อนุญาตให้มีปริมาณยีสต์ และราไม่เกิน 100 cfu/g

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณออสโมฟิลิกยีสต์ ซึ่งเป็นยีสต์ที่ทำให้น้ำตาลโตนดเข้มข้นเสื่อมเสีย โดยในน้ำตาลโตนดเข้มข้นจำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า มีปริมาณออสโมฟิลิกยีสต์ อยู่ในช่วง $2.00x10^2$-$1.46\ x10^5$ cfu/g (ตารางที่ 14) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของนิสา อินทอง (2539) ที่รายงานว่าในน้ำตาลโตนดเข้มข้นมีปริมาณออสโมฟิลิกยีสต์อยู่ในช่วง $7.00x10^1$-$2.2x10^7$ cfu/g ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลโตนดมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของออสโมฟิลิกยีสต์ คือ ประกอบด้วยน้ำตาลในปริมาณสูง และมีค่าพีเอชต่ำ นอกจากนี้ ออสโมฟิลิกยีสต์จะถูกทำลายได้ยากเพราะมีน้ำตาลป้องกันตัวสปอร์อยู่ จึงสามารถทนต่อความร้อนระหว่างการเคี่ยวได้ (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2537) นอกจากนี้อาจเกิดจากการที่เกษตรกรผู้ผลิตลวกกระบอกไม้ไผ่ด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือดในกระทะระหว่างที่มีการเคี่ยวน้ำตาลโตนด ซึ่งน้ำตาลที่เคลือบบริเวณภายในกระบอก อาจเป็นแหล่งอาหารที่ดีต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ตารางที่ 14 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง

Sample	Total microbial count (cfu/g)	Yeast and mold count (cfu/g)	Osmophillic yeast count (cfu/g)
1	$3.2x10^4$	$1.0x10^4$	$3.4x10^5$
2	$4.0x10^4$	$1.5x10^4$	$1.6x10^5$
3	$4.8x10^5$	$3.0x10^4$	$1.8x10^5$
4	$7.0x10^4$	$3.0x10^4$	$6.0x10^5$
5	$5.0x10^4$	$1.3x10^4$	$6.2x10^5$
6	$2.0x10^4$	$1.5x10^4$	$9.3x10^5$
7	$3.0x10^4$	$2.0x10^4$	$1.1x10^5$

8	$6.0x10^4$	$4.0x10^4$	$2.2x10^5$
9	$3.2x10^5$	$2.2x10^4$	$2.3x10^5$
10	$2.0x10^5$	$1.0x10^4$	$1.5x10^5$
11	$2.3x10^4$	$1.8x10^4$	$2.7x10^5$
12	$8.2x10^4$	$3.0x10^4$	$1.4x10^6$
13	$9.5x10^5$	$1.1x10^5$	$4.0x10^5$
14	$9.0x10^4$	$3.7x10^4$	$2.5x10^5$
15	$7.0x10^4$	$1.6x10^4$	$6.2x10^5$
16	$4.6x10^5$	$5.3x10^4$	$2.1x10^5$
17	$9.0x10^4$	$2.4x10^4$	$4.6x10^5$
18	$7.8x10^4$	$2.0x10^4$	$4.0x10^5$
19	$5.2x10^4$	$1.4x10^4$	$2.1x10^5$
20	$5.0x10^4$	$1.0x10^4$	$1.2x10^5$
21	$3.0x10^4$	$1.1x10^4$	$1.4x10^6$
22	$4.7x10^5$	$2.2x10^4$	$4.1x10^5$
23	3.2x105	2.0x104	2.2x105
24	4.8x106	1.1x104	1.1x105
25	2.6x103	6.3x102	4.2x102
26	4.9x103	1.3x102	1.5x103
27	2.2x103	2.7x102	8.3x102
28	8.3x103	2.0x102	1.2x103
29	5.6x103	8.0x102	1.5x103
30	1.2x103	4.0x102	2.0x102

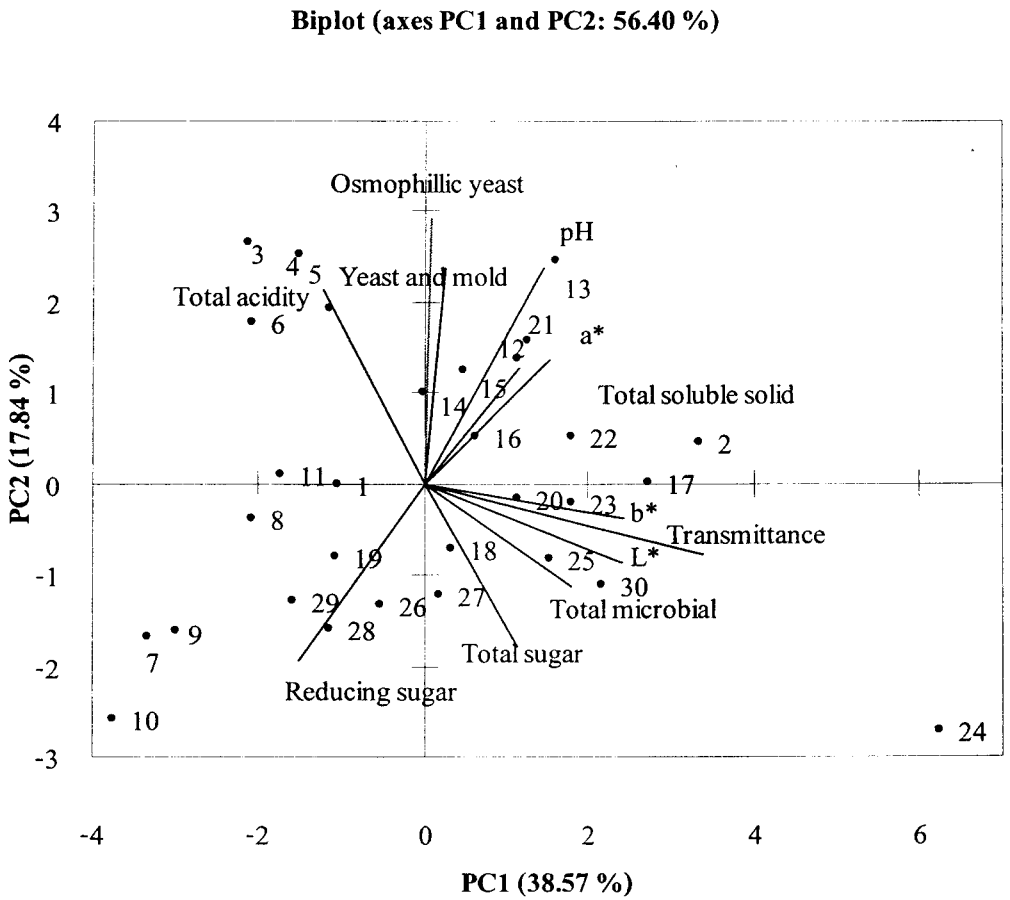
โดยทั่วไปจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดจะลดจำนวน หรือถูกทำลายไประหว่างกระบวนการเคี่ยวเพื่อผลิตเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้น ดังนั้นปริมาณจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตเหลืออยู่เล็กน้อย อาจไม่สามารถทำให้น้ำตาลโตนดเข้มข้นเกิดการเสื่อมคุณภาพได้ในระยะเริ่มต้นหลังการเคี่ยวเสร็จใหม่ๆ แต่อาจเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีระยะเวลาการเก็บรักษายาวนานขึ้น ซึ่งทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการปฏิบัติของเกษตรกรผู้ผลิตที่แตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นก่อนการจำหน่าย

การจัดกลุ่มตัวอย่าง แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นทั้งหมด

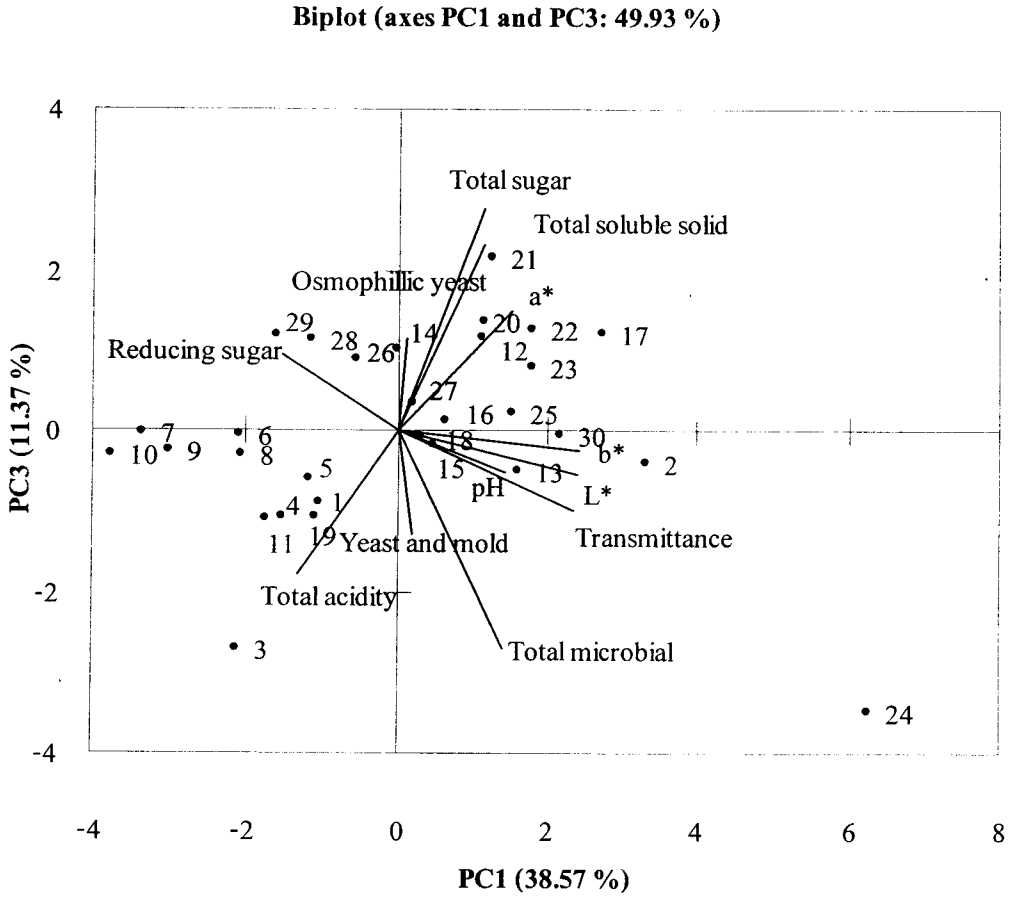
จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่ามีน้ำตาลโตนดเข้มข้นจำนวน 7 ตัวอย่างจากตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นทั้งหมดจำนวน 30 ตัวอย่างมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดน้อยกว่า 65°บริกซ์ ซึ่งไม่เข้าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของน้ำหวานเข้มข้น (มอก.155/2532) และพบว่าน้ำตาลโตนดเข้มข้นทั้งหมดจำนวน 30 ตัวอย่าง มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ $2.96x10^5$ และปริมาณยีสต์และรา เท่ากับ $2.01x10^4$ ซึ่งไม่เข้าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลโตนดเข้มข้น (มผช. 113/2546) ที่อนุญาตให้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา ไม่เกิน 500 cfu/g และ 100 cfu/g ตามลำดับซึ่งความแปรปรวนของค่าคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้นทั้งหมด สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้น สามารถบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของอาหาร ที่อาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น ซึ่งขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยพบว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์มีมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ถึง 100 เท่า ค่าคุณภาพทั้งทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นทั้งหมดมีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) ในแต่ละตัวอย่าง และข้อมูลทั้งหมดที่ตรวจวิเคราะห์จำนวน 12 รายการ สามารถนำมาจัดกลุ่มข้อมูลได้โดย Multivariate Technique-Principle Component Analysis (PCA) ซึ่งข้อมูลจะถูกจัดกลุ่ม สร้างเมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรทุกตัว (Correlation matrix) ที่วิเคราะห์จากค่าคุณภาพทั้งหมด (ตารางที่ 15) ความสัมพันธ์ของค่าคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้นถูกจัดกลุ่ม และแสดงดังภาพที่ 2 และ 3 ประกอบด้วย PC1-PC2 (ร้อยละ 56.40) และ PC1-PC3 (ร้อยละ 49.93) จากภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ กับค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าการทะลุผ่านของแสง มีความสัมพันธ์ที่เหมือนกันระหว่างข้อมูลของปริมาณกรดทั้งหมด กับปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ค่าการทะลุผ่านของแสง ค่า L*, b* และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด มีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกัน (Negative relationship) และจากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่าในกลุ่มของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นจำนวน 7 ตัวอย่าง ได้แก่ 1, 8, 9, 10, 11, 19 และ 27 มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดน้อยกว่า 65°บริกซ์ และจากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดกับปริมาณน้ำตาลทั้งหมด พบว่าเป็นความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน (Positive relationship) ขณะที่เมื่อค่ากรดทั้งหมดสูง จะมีค่าพีเอช ค่าการทะลุผ่านของแสง และค่า a* ต่ำ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่เป็นไปในทิศทางตรงข้าม

ตารางที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างเมทริกซ์ระหว่างคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า

Variables	L*	a*	b*	Transmittance (%) at 650 nm	pH	Total acidity	Total soluble solid	Reducing sugar	Total sugar	Total microbial count	Yeast and mold	Osmophillic yeast
L*	1	0.435	0.996	0.965	0.406	-0.477	0.302	-0.478	0.375	0.564	-0.100	-0.075
a*	0.435	1	0.475	0.428	0.439	-0.178	0.374	-0.475	0.213	0.014	0.066	0.268
b*	0.996	0.475	1	0.946	0.417	-0.495	0.332	-0.495	0.387	0.496	-0.092	-0.057
Transmittance (%) at 650 nm	0.965	0.428	0.946	1	0.358	-0.376	0.268	-0.413	0.328	0.692	-0.099	-0.030
pH	0.406	0.439	0.417	0.358	1	0.137	0.454	-0.638	0.055	0.186	0.363	0.186
Total acidity	-0.477	-0.178	-0.495	-0.376	0.137	1	-0.105	0.086	-0.578	-0.173	0.069	0.220
Total soluble solid	0.302	0.374	0.332	0.268	0.454	-0.105	1	-0.223	0.274	-0.033	0.055	0.224
Reducing sugar	-0.478	-0.475	-0.495	-0.413	-0.638	0.086	-0.223	1	0.074	-0.175	-0.263	-0.229
Total sugar	0.375	0.213	0.387	0.328	0.055	-0.578	0.274	0.074	1	0.127	0.014	-0.027
Total microbial count	0.564	0.014	0.496	0.692	0.186	-0.173	-0.033	-0.175	0.127	1	0.116	-0.115
Yeast and mold	-0.100	0.066	-0.092	-0.099	0.363	0.069	0.055	-0.263	0.014	0.116	1	0.184
Osmophillic yeast	-0.075	0.268	-0.057	-0.030	0.186	0.220	0.224	-0.229	-0.027	-0.115	0.184	1



ภาพที่ 2 Biplot PC1-PC2 ของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง



ภาพที่ 3 Biplot PC1-PC3 ของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้า 30 ตัวอย่าง

ตอนที่ 3 การศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดสดที่ใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำตาลโตนดสด จากเกษตรกรผู้ผลิตจำนวน 5 ราย ที่มีอาชีพประจำในการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสด และผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นในเขตจังหวัดสงขลา โดยศึกษาเปรียบเทียบความสม่ำเสมอของคุณภาพน้ำตาลโตนดสดในแต่ละรายของเกษตรกรผู้ผลิตที่เก็บเกี่ยว ในวันแตกต่างกัน ในช่วงฤดูร้อน โดยสุ่มเก็บตัวอย่าง 2 ครั้งต่อรายเกษตรกรผู้ผลิต เพื่อติดตามความสม่ำเสมอของเกษตรกรผู้ผลิตแต่ละรายในกระบวนการเก็บเกี่ยวและระหว่างรวบรวมน้ำตาลโตนดเพื่อรอแปรรูป โดยกำหนดการศึกษาเป็น 2 ตอน คือ (3.1) ศึกษาคุณภาพน้ำตาลโตนดสดที่เกษตรกรผู้ผลิตเก็บเกี่ยวด้วยวิธีปฏิบัติดั้งเดิม (ลวกกระบอกไม้ไผ่ด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือด หลังการใช้งาน) และ (3.2) ศึกษาคุณภาพน้ำตาลโตนดสดที่เกษตรกรผู้ผลิตเก็บเกี่ยวด้วยวิธีที่กำหนดปัจจัยในการศึกษา (ลวกกระบอกไม้ไผ่ด้วยน้ำต้มเดือด ทั้งก่อนและหลังใช้งาน) และได้ผลการทดลองดังรายละเอียดดังนี้

3.1 การศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวด้วยวิธีปฏิบัติดั้งเดิม

น้ำตาลโตนดสดที่เกษตรกรผู้ผลิตเก็บเกี่ยวด้วยวิธีปฏิบัติดั้งเดิม เป็นวิธีที่ผู้ผลิตปฏิบัติสืบต่อกันมา ซึ่งอาจมีรายละเอียดแตกต่างกันไปในแต่ละรายของผู้ผลิต อย่างไรก็ตาม การเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดด้วยวิธีปฏิบัติดั้งเดิมของเกษตรกรผู้ผลิตในแต่ละรายนั้น มีขั้นตอนหลักๆ ที่คล้ายคลึงกัน เช่น รวบรวมงวงตาล บีบนวดงวงตาล และแขวนภาชนะรองรับน้ำตาลโตนดสด ในการทดลองนี้ศึกษาคุณภาพน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรผู้ผลิตจำนวน 5 ราย ซึ่งจะแทนด้วยสัญลักษณ์ A, B, C, D และ E ตามลำดับ ที่มีการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีปฏิบัติดั้งเดิม (ลวกกระบอกไม้ไผ่ด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือด หลังการใช้งาน) แทนด้วยสัญลักษณ์ A_P, B_P, C_P, D_P และ E_P ตามลำดับ ตัวอย่างน้ำตาลโตนดในแต่ละรายของเกษตรกรผู้ผลิตจะถูกสุ่มเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในช่วงฤดูร้อน โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 แทนด้วยสัญลักษณ์ A_P1, B_P1, C_P1, D_P1 และ E_P1 ตามลำดับ และการสุ่มเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 แทนด้วยสัญลักษณ์ A_P2, B_P2, C_P2, D_P2 และ E_P2 ตามลำดับ ในขั้นตอนการรองรับน้ำตาลโตนดสดจะเริ่มจากการเติมไม้เคี่ยมประมาณ 3-5 ชิ้น ต่อ 1 กระบอกก่อนการรองรับน้ำตาลโตนดสด (ซึ่ง 1 กระบอกมีความจุน้ำตาลโตนด 1 ลิตร) มีระยะเวลานับจากเริ่มรองรับน้ำตาลโตนดสดประมาณ 9 ชั่วโมง และระยะเวลาที่เกษตรกรผู้ผลิตขนส่งจากสวนมาถึงโรงเรือนใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที หลังจากนั้นใช้ระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ขนส่งจากโรงเรือนถึงคณะอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งจะเริ่มนับเป็นเวลาชั่วโมงที่ 0 โดยกำหนดระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปน้ำตาลโตนดสดเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้น เป็นระยะเวลา 5 ระดับ คือ 0, 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง โดยบรรจุน้ำตาลโตนดสดในภาชนะเปิด วางที่อุณหภูมิห้อง ในแต่ละครั้งของการสุ่มตัวอย่างจะวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา 3 ซ้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

น้ำตาลโตนด A_P ได้จากเกษตรกรผู้ผลิต ซึ่งอยู่ในเขตอำเภอสะทิงพระ จังหวัดสงขลา จากการสังเกตพบว่าเกษตรกรผู้ผลิตตัวอย่าง A_P ใช้ระยะเวลาในการขนส่งน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวได้ จากสวนถึงโรงเรือนเป็นเวลาประมาณ 15 นาที และมีการรวบรวมน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยว โดยมีการกรองเอาไม้เคี่ยม และสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ เช่น แมลง มด และผีเสื้อออก ก่อนจะเก็บ ไว้ในปี๊บ ฝาเปิด โดยวางไว้บนพื้นดิน ที่อุณหภูมิห้อง ขณะรอก่อนเคี่ยวในกระทะแบบเปิด และจากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปน้ำตาลโตนดสด A_P เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น ค่า L* และค่าการทะลุผ่านของแสงมีแนวโน้ม

ลดลง ($p<0.05$) ส่วนค่า a* และ b* มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) ตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 1 (A_p1) ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงเท่ากับ 83.82, 1.61, 11.82 และร้อยละ 72.18 ตามลำดับ และในตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 2 (A_p2) มีค่าเท่ากับ 74.29, 2.51, 13.15 และร้อยละ 56.18 ตามลำดับ และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง A_p1 มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงเท่ากับ 69.87, 2.08, 12.30 และร้อยละ 47.99 ตามลำดับ และในตัวอย่าง A_p2 มีค่าเท่ากับ 60.10, 2.90, 13.54 และร้อยละ 39.29 ตามลำดับ (ตารางที่ 16) จะเห็นได้ว่าเมื่อวางน้ำตาลโตนดสดไว้ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะเปิด ระยะเวลานานขึ้น น้ำตาลโตนดสดมีสีเข้มขึ้น อาจเกิดจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่มีอยู่ในน้ำตาลโตนดสด และ O_2 ในอากาศเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (สุภารัตน์ เตี่ยไพบูลย์, 2547) และนอกจากนี้ พบว่าน้ำตาลโตนดมีความข่นเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากการเกิดอันตรกิริยาระหว่างโปรตีนในน้ำตาลโตนดและสารประกอบโพลีฟีนอลจากไม้เคี่ยม เกิดเป็นสารแขวนลอย จึงทำให้มีความข่นเพิ่มขึ้น (Siebert *et al.*, 1996) โดยทั่วไปน้ำตาลโตนดสดมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 0.32 โดยน้ำหนัก (เรณุกา แจ่มฟ้า, 2545) นอกจากนี้ความข่นที่มากขึ้น อาจเกิดเนื่องจากจุลินทรีย์มีปริมาณมากขึ้น และแขวนลอยกระจายอยู่ในตัวอย่างน้ำตาลโตนด ซึ่งจะเห็นได้ว่าคุณภาพทางกายภาพของตัวอย่างน้ำตาลโตนด A_p ที่สุ่มเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง ในวันที่แตกต่างของฤดูกาลเดียวกัน ทุกระดับเวลามีค่าแตกต่างกัน ซึ่งคุณภาพน้ำตาลโตนด A_p ขาดความสม่ำเสมอ แม้ว่าจะเป็นน้ำตาลโตนดสดที่มาจากเกษตรกรผู้ผลิตรายเดียวกัน ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากสภาพแวดล้อมระหว่างการรองรับน้ำตาลโตนด สุขอนามัยส่วนบุคคล และความสะอาดของภาชนะบรรจุที่ใช้

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ของตัวอย่างน้ำตาลโตนด A_p ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยในตัวอย่างน้ำตาลโตนดสด A_p1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เฉลี่ยเท่ากับ 4.20, ร้อยละ 0.11, 10.93°บริกซ์, ร้อยละ 9.59 และร้อยละ 2.31 ตามลำดับ และในตัวอย่าง A_p2 มีค่าเท่ากับร้อยละ 4.19, 0.11°บริกซ์, 11.40°บริกซ์, ร้อยละ 9.67 และร้อยละ 1.97 ตามลำดับ และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง A_p1 มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เฉลี่ยเท่ากับ 3.73, ร้อยละ 0.23, 10°บริกซ์, ร้อยละ 7.73 และร้อยละ 5.08 ตามลำดับ และในตัวอย่าง A_p2 มีค่าเท่ากับ 3.65, ร้อยละ 0.24, 11°บริกซ์, ร้อยละ 7.99 และร้อยละ 5.17 ตามลำดับ (ตารางที่ 16) เมื่อพิจารณาตัวอย่าง น้ำตาลโตนด A_pในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าค่าคุณภาพทางเคมีค่อนข้างมีความใกล้เคียงกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าพีเอช และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในชั่วโมงที่ 0 ปริมาณกรดทั้งหมดในชั่วโมงที่ 0-3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ในชั่วโมงที่ 3-6 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในชั่วโมงที่ 3-12 มีค่าใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในขั้นตอนการรองรับน้ำตาลโตนดที่มีการใส่ไม้เคี่ยมผสมเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียนั้น มีสารประกอบฟีนอลิกละลายออกมา ทำให้ค่าคุณภาพทางเคมีเกิดการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าคุณภาพทางกายภาพ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อตั้งตัวอย่างน้ำตาลโตนด A_p ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในชั่วโมงที่ 3-12 ค่าพีเอช และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่มีค่าพีเอชต่ำลง ปริมาณกรดสูงขึ้น และเอนไซม์

ตารางที่ 16 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย A (A_p) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Qualities								
			Color			Transmittance	pH	Total acidity (%w/v	Total soluble	Total sugar	Reducing sugar
			L*	a*	b*	(%) at 650 nm		as lactic acid)	solid (°Brix)	(%w/w)	(%w/w)
A_p	1	0	83.82^{j}	1.61^{a}	11.82^{b}	72.18^{i}	4.20^{f}	0.11^{a}	10.93^{d}	9.59^{g}	2.31^{b}
		3	83.05^{i}	1.76^{b}	11.55^{a}	70.41^{h}	4.12^{e}	0.13^{b}	10.60^{c}	9.13^{e}	2.56^{c}
		6	81.69^{h}	1.85^{c}	12.05^{c}	68.10^{g}	4.02^{d}	0.17^{c}	10.60^{c}	8.93^{d}	3.27^{d}
		9	75.05^{g}	1.97^{d}	12.36^{c}	55.95^{f}	3.87^{c}	0.21^{e}	10.20^{b}	8.44^{c}	4.33^{e}
		12	69.87^{d}	2.08^{e}	12.30^{d}	47.99^{d}	3.73^{b}	0.23^{g}	10.00^{a}	7.73^{a}	5.08^{f}
	2	0	74.29^{f}	2.51^{f}	13.15^{i}	56.18^{f}	4.19^{f}	0.11^{a}	11.40^{g}	9.67^{g}	1.97^{a}
		3	71.23^{e}	2.64^{g}	13.29^{h}	51.17^{e}	4.03^{d}	0.13^{b}	11.20^{f}	9.41^{f}	2.66^{c}
		6	67.97^{c}	2.77^{h}	13.33^{gh}	45.99^{c}	3.90^{c}	0.18^{d}	11.20^{f}	9.17^{e}	3.44^{d}
		9	63.05^{b}	2.83^{i}	13.37^{g}	43.72^{b}	3.76^{b}	0.22^{f}	11.00^{e}	8.86^{d}	4.45^{e}
		12	60.10^{a}	2.90^{j}	13.54^{f}	39.29^{a}	3.65^{a}	0.24^{h}	11.00^{e}	7.99^{b}	5.17^{f}

Note : Physical and chemical analysis of zero time (hr.) were done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations. The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

The first and second sampling times were done in a different day.

A_p = Sample A_p was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling palm sap after use according to a traditional method.

อินเวอร์เทสที่มีอยู่ตามธรรมชาติในน้ำตาลโตนดสด (สุภารัตน์ เตี่ยไพบูลย์, 2547) ทำงานได้ดีในช่วงพีเอช 3.5-5.5 และอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 50-55°ซ (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2539)ทำให้เกิดปฏิกิริยาอินเวอร์ชั่นเพิ่มสูงขึ้น ในน้ำตาลโตนดสดโดยน้ำตาลซูโครสจะเกิดการสลายตัวเป็นน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณกรดสูงขึ้น น้ำตาลซูโครสก็จะสลายตัวเร็วขึ้น (Mathur, 1975) และนอกจากนี้อาจเนื่องจากจุลินทรีย์จากสภาพแวดล้อมปนเปื้อนเข้าไปและเจริญเติบโต โดยจุลินทรีย์ที่เป็นปัญหาสำคัญในการทำให้เกิดการหมักในน้ำตาลโตนดสด มีทั้งพวกแบคทีเรีย ยีสต์และรา โดยเฉพาะจุลินทรีย์พวกแลกติกแบคทีเรีย ซึ่งจะใช้น้ำตาลเป็นอาหาร และผลิตกรดแลกติกเพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และค่าพีเอชในตัวอย่างน้ำตาลโตนดสดต่ำลง ในขณะที่ปริมาณกรดสูงขึ้น จึงก่อให้เกิดการเน่าเสีย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย ที่เพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนด A_p เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น (ตารางที่ 17)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรียของตัวอย่างน้ำตาลโตนด A_p ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนดสด A_p เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรียเพิ่มขึ้น โดยพบว่าในตัวอย่างน้ำตาลโตนดสด A_p1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $1.19x10^7$, $7.40x10^5$ และ $4.70x10^7$ cfu/ml ตามลำดับ และในตัวอย่าง A_p2 เฉลี่ยเท่ากับ $1.02x10^7$, $6.80x10^5$ และ $3.20x10^7$ cfu/ml ตามลำดับ และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง A_p1 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $6.40x10^8$, $1.77x10^8$ และ $1.72x10^9$ cfu/ml ตามลำดับ และในตัวอย่าง A_p2 เฉลี่ยเท่ากับ $5.40x10^8$, $1.37x10^8$ และ $1.58x10^9$ cfu/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 17) และเมื่อพิจารณาตัวอย่าง A_p1 และ A_p2 ในชั่วโมงที่ 0 พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่สูง ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นตอนการรองรับน้ำตาลโตนดสดจากต้น ซึ่งจะต้องใช้ระยะเวลานานและอยู่ในสภาพบรรยากาศแบบเปิด จึงทำให้จุลินทรีย์มีโอกาสเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้น้ำตาลโตนดสดเริ่มต้นมีปริมาณจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่สูง และในชั่วโมงที่ 12 พบว่าตัวอย่าง A_p1 และ A_p2 ซึ่งบรรจุในภาชนะเปิด ที่อุณหภูมิห้อง ในระหว่างรอการแปรรูป มีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมมีโอกาสปนเปื้อนลงในน้ำตาลโตนดสด มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น เมื่อตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนานขึ้น นอกจากนี้อาจเนื่องด้วยคุณสมบัติของน้ำตาลโตนดสดที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์ จึงทำให้ปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น เกิดการเสื่อมคุณภาพ โดยน้ำตาลโตนดสดมีรสเปรี้ยว และมีปริมาณน้ำตาลลดลง

ตารางที่ 17 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย A (A_P) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Total microbial count (cfu/ml)	Yeast and mold (cfu/ml)	Lactic acid bacteria (cfu/ml)
A_P	1	0	$1.19x10^7$	$7.40x10^5$	$4.70x10^7$
		3	$2.03x10^8$	$1.06x10^6$	$5.70x10^7$
		6	$2.33x10^8$	$8.80x10^7$	$7.90x10^8$
		9	$3.80x10^8$	$1.06x10^7$	$1.04x10^9$
		12	$6.40x10^8$	$1.77x10^8$	$1.72x10^9$
	2	0	$1.02x10^7$	$6.80x10^5$	$3.20x10^7$
		3	$1.92x10^8$	$8.60x10^6$	$3.70x10^7$
		6	$1.87x10^8$	$9.20x10^7$	$8.10x10^8$
		9	$4.60x10^8$	$9.80x10^7$	$1.12x10^9$
		12	$5.40x10^8$	$1.37x10^8$	$1.58x10^9$

Note: Microbiological analysis of zero time (hr.) was done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations.

The first and second sampling times were done in a different day.

A_P = Sample A_P was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling palm sap after use according to a traditional method.

น้ำตาลโตนด B_P ได้จากเกษตรกรผู้ผลิต ซึ่งอยู่ในเขตอำเภอสะทิงพระ จังหวัดสงขลา จากการสังเกตพบว่าเกษตรกรผู้ผลิตตัวอย่าง B_P ใช้ระยะเวลาในการขนส่งน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวได้จากสวนถึงโรงเรือนเป็นเวลาประมาณ 10 นาที น้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวได้จะถูกแขวนไว้ในไว้ในกระบอกไม้ไผ่ที่ใช้รองรับ บริเวณเสาของโรงเรือนที่มีเตาเคี่ยว ในขณะรอก่อนเคี่ยวในกระทะแบบเปิด โดยมีการกรองเอาไม้เคี่ยม และสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ เช่น ดอกตาล และผึ้งออก ก่อนจะเทลงในกระทะเคี่ยว และจากผลการวิเคราะห์ค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงของตัวอย่างน้ำตาลโตนด B_P ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่างเวลา 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนดสด B_P เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น ในตัวอย่าง B_P1 และ B_P2 มีค่า L*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงลดลง ($p<0.05$) ส่วนค่า a* ตัวอย่าง B_P1 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ค่า a* ในตัวอย่าง B_P2 มีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) และสอดคล้องกับการสังเกตเห็นตัวอย่างน้ำตาลโตนด B_P ที่มีความข่นเพิ่มขึ้นระหว่างเวลารอการแปรรูปน้ำตาลโตนดสดเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้น ตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 1 (B_P1) ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่าน

ของแสง เท่ากับ 78.56, 2.13, 12.50 และร้อยละ 63.38 ตามลำดับ และในตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 2 (B_p2) มีค่าเท่ากับ 79.91, 2.61, 15.34 และร้อยละ 67.50 ตามลำดับ และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง B_p1 มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง เท่ากับ 66.82, 2.21, 11.55 และร้อยละ 43.35 ตามลำดับ และในตัวอย่าง B_p2 มีค่าเท่ากับ 75.32, 2.41, 12.98 และร้อยละ 56.26 ตามลำดับ (ตารางที่ 18) จะเห็นได้ว่าคุณภาพน้ำตาลโตนด B_p ขาดความสม่ำเสมอ แม้ว่าจะเป็นน้ำตาลโตนดสดที่มาจากเกษตรกรผู้ผลิตรายเดียวกันในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม ($p<0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ของตัวอย่างน้ำตาลโตนด B_p ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) น้ำตาลโตนดสดตัวอย่าง B_p1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.70, ร้อยละ 0.08, 14.13°บริกซ์, ร้อยละ 13.26 และร้อยละ 1.06 ตามลำดับ และในตัวอย่าง B_p2 มีค่าเท่ากับ 4.42, ร้อยละ 0.09, 14.23°บริกซ์, ร้อยละ 14.53 และร้อยละ 0.99 ตามลำดับ และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง B_p1 มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับ 3.82, ร้อยละ 0.27, 13.40°บริกซ์, ร้อยละ 11.27 และร้อยละ 4.81 ตามลำดับ และในตัวอย่าง B_p2 มีค่าเท่ากับ 3.52, ร้อยละ 0.29, 13.60°บริกซ์, ร้อยละ 9.56 และร้อยละ 2.69 ตามลำดับ (ตารางที่ 18) เมื่อพิจารณาตัวอย่างน้ำตาลโตนด B_p พบว่าคุณภาพทางเคมีค่อนข้างมีความสม่ำเสมอกันทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรียของตัวอย่างน้ำตาลโตนด B_p ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนด B_p เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เพิ่มขึ้นโดยในน้ำตาลโตนดสดตัวอย่าง B_p1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $9.93x10^6$, $5.83x10^5$ และ $4.40x10^7$cfu/ml ตามลำดับ และในตัวอย่าง B_p2 เฉลี่ยเท่ากับ $8.40x10^6$, $5.90x10^5$ และ $4.40x10^7$ cfu/ml ตามลำดับ และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง B_p1 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $5.30x10^8$ $7.07x10^7$ และ $1.52x10^9$ cfu/ml ตามลำดับ และในตัวอย่าง B_p2 เฉลี่ยเท่ากับ $6.70x10^8$, $8.10x10^7$ และ $1.49x10^9$ cfu/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 19) ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรียของตัวอย่างน้ำตาลโตนด B_p มีปริมาณใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 18 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย B (B_P) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Qualities								
			Color			Transmittance	pH	Total acidity (%w/v	Total soluble	Total sugar	Reducing sugar
			L*	a*	b*	(%) at 650 nm		as lactic acid)	solid (°Brix)	(%w/w)	(%w/w)
B_P	1	0	78.56^{i}	2.13^{a}	12.50^{d}	63.38^{i}	4.70^{j}	0.08^{a}	14.13^{d}	13.26^{g}	1.06^{a}
		3	73.51^{d}	2.29^{c}	12.18^{e}	54.44^{d}	4.36^{h}	0.15^{d}	13.60^{b}	12.72^{f}	2.62^{e}
		6	72.19^{c}	2.14^{a}	12.05^{c}	51.58^{c}	4.09^{g}	0.22^{e}	13.60^{b}	12.21^{e}	3.13^{f}
		9	68.74^{b}	2.21^{b}	11.73^{b}	46.20^{b}	3.90^{e}	0.25^{f}	13.60^{b}	11.76^{d}	4.45^{g}
		12	66.82^{a}	2.21^{b}	11.55^{a}	43.35^{a}	3.82^{c}	0.27^{h}	13.40^{a}	11.27^{c}	4.81^{h}
	2	0	79.91^{j}	2.61^{g}	15.34^{g}	67.50^{j}	4.42^{i}	0.09^{b}	14.23^{e}	14.53^{f}	0.99^{a}
		3	78.42^{h}	2.41^{d}	13.38^{f}	63.14^{h}	4.02^{f}	0.11^{c}	14.07^{d}	12.86^{e}	1.26^{b}
		6	77.17^{g}	2.52^{f}	13.35^{f}	61.37^{g}	3.87^{d}	0.23^{e}	14.03^{d}	11.54^{cd}	1.70^{c}
		9	76.32^{f}	2.49^{e}	13.11^{e}	58.91^{f}	3.63^{b}	0.26^{g}	13.80^{c}	10.44^{b}	2.20^{d}
		12	75.32^{e}	2.41^{d}	12.98^{e}	56.26^{e}	3.52^{a}	0.29^{i}	13.60^{b}	9.56^{a}	2.69^{e}

Note: Physical and chemical analysis of zero time (hr.) were done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations. The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

The first and second sampling times were done in a different day.

B_P = Sample B_P was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling palm sap after use according to a traditional method.

ตารางที่ 19 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย B (B_P) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Total microbial count (cfu/ml)	Yeast and mold (cfu/ml)	Lactic acid bacteria (cfu/ml)
B_P	1	0	$9.93x10^6$	$5.83x10^5$	$4.40x10^7$
		3	$1.64x10^8$	$7.47x10^6$	$5.47x10^7$
		6	$2.28x10^8$	$8.27x10^6$	$7.23x10^8$
		9	$3.83x10^8$	$3.87x10^7$	$10.00x10^8$
		12	$5.30x10^8$	$7.07x10^7$	$1.52x10^9$
	2	0	$8.40x10^6$	$5.90x10^5$	$4.40x10^7$
		3	$1.58x10^8$	$7.20x10^6$	$5.60x10^7$
		6	$1.95x10^8$	$7.30x10^6$	$6.10x10^8$
		9	$4.80x10^8$	$3.90x10^7$	$1.02x10^9$
		12	$6.70x10^8$	$8.10x10^7$	$1.49x10^9$

Note : Microbiological analysis of zero time (hr.) was done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations.

The first and second sampling times were done in a different day.

B_P = Sample B_P was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling palm sap after use according to a traditional method.

น้ำตาลโตนด C_P ได้จากเกษตรกรผู้ผลิตในเขตอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา พบว่าเกษตรกรผู้ผลิตตัวอย่าง C_P ใช้ระยะเวลาในการขนส่งน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวได้จากสวนถึงโรงเรือนเป็นเวลาประมาณ 10 นาที และมีการรวบรวมน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวโดยมีการกรองเอาไม้เคี่ยม และสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ เช่น มด และผึ้งออก ก่อนจะเก็บไว้ในปี๊บ ฝาเปิด โดยวางไว้บนพื้นดิน ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อรอเทลงเคี่ยวในกระทะแบบเปิด และจากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงของตัวอย่างน้ำตาลโตนด C_P ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนดสด C_P เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น ในตัวอย่าง C_P1 และ C_P2 มีค่า L* และค่าการทะลุผ่านของแสงมีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) ส่วนค่า a* และ b* ในตัวอย่าง C_P1 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ค่า a* และ b* ในตัวอย่าง C_P2 มีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) ตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 1 (C_P1) ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงเท่ากับ 95.43, 0.86, 8.88 และร้อยละ 92.33 ตามลำดับ และในตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 2 (C_P2) มีค่าเท่ากับ 78.16, 3.13, 18.74 และร้อยละ 66.03

ตามลำดับ และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง C_p1 มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง เท่ากับ 75.74, 1.91, 10.84 และร้อยละ 56.35 ตามลำดับ และในตัวอย่าง C_p2 มีค่าเท่ากับ 76.91, 2.49, 13.60 และร้อยละ 58.11 ตามลำดับ (ตารางที่ 20) จะเห็นได้ว่าคุณภาพน้ำตาลโตนด C_p ขาดความสม่ำเสมอ แม้ว่าจะเป็นน้ำตาลโตนดสดที่มาจากเกษตรกรผู้ผลิตรายเดียวกันในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม ($p<0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ของตัวอย่างน้ำตาลโตนด C_p ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยในตัวอย่างน้ำตาลโตนด C_p1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.97, ร้อยละ 0.05, 11.40°บริกซ์, ร้อยละ 11.72 และร้อยละ 0.81 ตามลำดับ และในตัวอย่าง C_p2 มีค่าเท่ากับ 5.48, ร้อยละ 0.05, 15.13°บริกซ์, ร้อยละ 12.97 และร้อยละ 1.95 ตามลำดับ และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง C_p1 มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับ 3.78, ร้อยละ 0.20, 10.97°บริกซ์, ร้อยละ 9.33 และร้อยละ 4.19 ตามลำดับ และในตัวอย่าง C_p2 มีค่าเท่ากับ 4.28, ร้อยละ 0.20, 14.40°บริกซ์, ร้อยละ 10.48 และร้อยละ 2.86 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตัวอย่างน้ำตาลโตนด C_p ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าคุณภาพทางเคมีค่อนข้างมีความสม่ำเสมอ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณกรดทั้งหมด มีค่าใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) (ตารางที่ 20)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรียของตัวอย่างน้ำตาลโตนด C_p ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนด C_p เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรียเพิ่มขึ้นโดยในตัวอย่างน้ำตาลโตนดสด C_p1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $9.90x10^6$, $6.63x10^5$ และ $4.67x10^7$ cfu/ml ตามลำดับ และในตัวอย่าง C_p2 เฉลี่ยเท่ากับ $7.60x10^6$, $5.40x10^5$ และ $3.50x10^7$ cfu/ml ตามลำดับ และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง C_p1 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $6.03x10^8$, $8.07x10^6$ และ $1.88x10^9$ cfu/ml ตามลำดับ และในตัวอย่าง C_p2 เฉลี่ยเท่ากับ $7.50x10^8$, $9.20x10^6$ และ $1.94x10^9$ cfu/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 20 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย C (C_P) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Qualities								
			Color			Transmittance	pH	Total acidity (%w/v	Total soluble	Total sugar	Reducing sugar
			L*	a*	b*	(%) at 650 nm		as lactic acid)	solid (°Brix)	(%w/w)	(%w/w)
C_P	1	0	95.43^{j}	0.86^{a}	8.88^{a}	92.33^{j}	4.97^{g}	0.05^{a}	11.40^{b}	11.72^{f}	0.81^{a}
		3	90.32^{i}	0.91^{b}	8.98^{b}	83.50^{i}	4.70^{f}	0.07^{b}	11.40^{b}	10.84^{d}	0.88^{b}
		6	86.52^{h}	1.21^{c}	9.58^{c}	76.12^{h}	4.41^{d}	0.10^{d}	11.40^{b}	10.49^{c}	1.39^{c}
		9	82.80^{g}	1.50^{d}	9.91^{d}	69.19^{g}	4.12^{b}	0.16^{f}	11.40^{b}	9.64^{b}	2.82^{h}
		12	75.74^{a}	1.91^{e}	10.84^{e}	56.35^{a}	3.78^{a}	0.20^{g}	10.97^{a}	9.33^{a}	4.19^{j}
	2	0	78.16^{f}	3.13^{j}	18.74^{j}	66.03^{f}	5.48^{h}	0.05^{a}	15.13^{f}	12.97^{g}	1.95^{d}
		3	77.73^{e}	2.75^{i}	16.58^{i}	64.04^{e}	4.73^{f}	0.06^{b}	14.97^{e}	11.70^{f}	2.07^{e}
		6	77.49^{d}	2.65^{h}	15.92^{h}	63.19^{d}	4.65^{e}	0.09^{c}	14.97^{e}	11.29^{e}	2.19^{f}
		9	77.21^{c}	2.60^{g}	14.84^{g}	60.22^{c}	4.42^{d}	0.15^{e}	14.73^{d}	10.95^{d}	2.70^{g}
		12	76.91^{b}	2.49^{f}	13.60^{f}	58.11^{b}	4.28^{c}	0.20^{g}	14.40^{c}	10.48^{c}	2.86^{i}

Note : Physical and chemical analysis of zero time (hr.) were done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations. The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

The first and second sampling times were done in a different day.

C_P = Sample C_P was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling palm sap after use according to a traditional method.

น้ำตาลโตนด D_p ได้จากเกษตรกรผู้ผลิตในเขตอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา พบว่าเกษตรกรผู้ผลิตตัวอย่าง D_p ใช้ระยะเวลาในการขนส่งน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวได้จากสวนถึงโรงเรือนเป็นเวลาประมาณ 10 นาที และมีการรวบรวมน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยว โดยมีการกรองเอาไม้เคี่ยม และสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ เช่น เศษของงวงตาล มด และผึ้งออก ก่อนจะเก็บไว้ในปี๊บ ฝาเปิด โดยวางไว้บนพื้นดิน ที่อุณหภูมิห้อง ขณะรอก่อนเคี่ยวในกระทะแบบเปิด และจากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงของตัวอย่างน้ำตาลโตนด D_p ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนด D_p เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้นในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม ค่า L*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงมีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) ส่วนค่า a* ในตัวอย่าง D_p1 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในชั่วโมงที่ 0-9 และมีค่าลดลงในชั่วโมงที่ 12 ในขณะที่ตัวอย่าง D_p2 มีแนวโน้มลดลงในชั่วโมงที่ 0-12 ($p<0.05$) และสอดคล้องกับการสังเกตเห็นตัวอย่างน้ำตาลโตนด D_p ที่มีความข่นเพิ่มขึ้นระหว่างเวลารอการแปรรูปน้ำตาลโตนดสดเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้น โดยตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 1 (D_p1) ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง เท่ากับ 83.34, 2.12, 8.19 และร้อยละ 76.19 ตามลำดับ และในตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 2 (D_p2) มีค่าเท่ากับ 87.42, 1.14, 12.44 และ ร้อยละ 79.46 ตามลำดับ และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง D_p1 มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง เท่ากับ 62.20, 2.29, 6.54 และ ร้อยละ 37.20 ตามลำดับ และในตัวอย่าง D_p2 มีค่าเท่ากับ 83.06, 1.14, 10.05 และร้อยละ 75.45 ตามลำดับ (ตารางที่ 22) ซึ่งจะเห็นได้ว่าคุณภาพน้ำตาลโตนด D_p ขาดความสม่ำเสมอ แม้ว่าจะเป็นน้ำตาลโตนดสดที่มาจากเกษตรกรผู้ผลิตรายเดียวกันในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม ($p<0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ของตัวอย่างน้ำตาลโตนด D_p ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) ตัวอย่างน้ำตาลโตนดสด D_p1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.71, ร้อยละ 0.08, 11.97°บริกซ์, ร้อยละ 10.79 และ ร้อยละ 1.65 ตามลำดับ และในตัวอย่าง D_p2 มีค่าเท่ากับ 5.35, ร้อยละ 0.07, 12.83°บริกซ์, ร้อยละ 10.77 และร้อยละ 1.70 ตามลำดับ และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง D_p1 มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับ 3.71, ร้อยละ 0.34, 10.80°บริกซ์, ร้อยละ 8.99 และ ร้อยละ 5.04 ตามลำดับ และในตัวอย่าง D_p2 มีค่าเท่ากับ 4.13, ร้อยละ 0.32, 12°บริกซ์, ร้อยละ 9.38 และร้อยละ 3.52 ตามลำดับ (ตารางที่ 22) เมื่อพิจารณาตัวอย่างน้ำตาลโตนด D_p พบว่าค่าคุณภาพทางเคมีค่อนข้างมีความสม่ำเสมอกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในชั่วโมงที่ 0-3 ไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรียของตัวอย่างน้ำตาลโตนด D_p ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนด D_p เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เพิ่มขึ้นโดยในน้ำตาลโตนดสดตัวอย่าง D_p1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $1.09x10^7$, $7.47x10^5$ และ

$6.53x10^7$cfu/ml ตามลำดับ และในตัวอย่าง D_p2 เฉลี่ยเท่ากับ $2.10x10^7$, $1.25x10^5$ และ $8.5x10^7$cfu/ml ตามลำดับ และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง D_p1 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $7.77x10^8$, $8.20x10^6$ และ $2.03x10^9$ cfu/ml ตามลำดับ และในตัวอย่าง D_p2 เฉลี่ยเท่ากับ $1.23x10^9$, $2.12x10^6$ และ $1.98x10^9$ cfu/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 21 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย C (C_p) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Total microbial count (cfu/ml)	Yeast and mold (cfu/ml)	Lactic acid bacteria (cfu/ml)
C_p	1	0	$9.90x10^6$	$6.63x10^5$	$4.67x10^7$
		3	$1.76x10^8$	$4.90x10^6$	$7.40x10^8$
		6	$2.22x10^8$	$5.97x10^6$	$1.36x10^9$
		9	$4.67x10^8$	$6.37x10^6$	$1.61x10^9$
		12	$6.03x10^8$	$8.07x10^6$	$1.88x10^9$
	2	0	$7.60x10^6$	$5.40x10^5$	$3.50x10^7$
		3	$1.67x10^8$	$4.40x10^6$	$6.80x10^8$
		6	$2.20x10^8$	$6.20x10^6$	$1.39x10^9$
		9	$4.80x10^8$	$7.30x10^6$	$1.76x10^9$
		12	$7.50x10^8$	$9.20x10^6$	$1.94x10^9$

Note : Microbiological analysis of zero time (hr.) was done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations.

The first and second sampling times were done in a different day.

C_p = Sample C_p was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling palm sap after use according to a traditional method.

ตารางที่ 22 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย D (D_p) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Qualities								
			Color			Transmittance	pH	Total acidity (%w/v	Total soluble	Total sugar	Reducing sugar
			L*	a*	b*	(%) at 650 nm		as lactic acid)	solid (°Brix)	(%w/w)	(%w/w)
D_P	1	0	83.34^{f}	2.12^{e}	8.19^{e}	76.19^{f}	4.71^{g}	0.08^{b}	11.97^{d}	10.79^{g}	1.65^{a}
		3	79.66^{d}	2.25^{f}	7.75^{d}	65.97^{d}	4.42^{e}	0.10^{d}	11.83^{c}	10.52^{f}	1.85^{b}
		6	76.84^{c}	2.34^{g}	7.08^{c}	60.42^{c}	4.15^{c}	0.15^{f}	11.80^{c}	10.13^{e}	3.12^{d}
		9	71.59^{b}	2.47^{h}	6.74^{b}	51.45^{b}	3.85^{b}	0.17^{h}	11.40^{b}	9.87^{cd}	3.86^{g}
		12	62.20^{a}	2.29^{fg}	6.54^{a}	37.20^{a}	3.71^{a}	0.34^{j}	10.80^{a}	8.99^{a}	5.04^{h}
	2	0	87.42^{i}	1.53^{d}	12.44^{j}	79.46^{i}	5.35^{i}	0.07^{a}	12.83^{g}	10.77^{g}	1.70^{a}
		3	87.23^{hi}	1.27^{c}	10.61^{h}	78.47^{h}	4.86^{h}	0.09^{c}	12.37^{f}	10.51^{f}	1.92^{b}
		6	87.00^{h}	1.23^{bc}	10.28^{g}	77.97^{g}	4.63^{f}	0.14^{e}	12.37^{f}	10.07^{de}	2.53^{c}
		9	85.87^{g}	1.20^{b}	10.13^{f}	77.96^{g}	4.26^{d}	0.16^{g}	12.20^{e}	9.77^{c}	3.27^{e}
		12	83.06^{e}	1.14^{a}	10.05^{f}	75.45^{e}	4.13^{c}	0.32^{i}	12.00^{d}	9.38^{b}	3.52^{f}

Note : Physical and chemical analysis of zero time (hr.) were done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations. The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

The first and second sampling times were done in a different day.

D_p = Sample D_p was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling palm sap after use according to a traditional method.

ตารางที่ 23 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย D (D_p) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Total microbial count (cfu/ml)	Yeast and mold (cfu/ml)	Lactic acid bacteria (cfu/ml)
D_P	1	0	$1.09x10^7$	$7.47x10^5$	$6.53x10^7$
		3	$1.81x10^8$	$5.00x10^6$	$1.08x10^9$
		6	$2.33x10^8$	$6.23x10^6$	$1.43x10^9$
		9	$5.97x10^8$	$7.03x10^6$	$1.70x10^9$
		12	$7.77x10^8$	$8.20x10^6$	$2.03x10^9$
	2	0	$2.10x10^7$	$1.25x10^5$	$8.5x10^7$
		3	$2.02x10^8$	$2.76x10^5$	$9.2x10^8$
		6	$2.93x10^8$	$4.90x10^5$	$1.33x10^9$
		9	$9.20x10^8$	$1.05x10^6$	$1.70x10^9$
		12	$1.23x10^9$	$2.12x10^6$	$1.98x10^9$

Note : Microbiological analysis of zero time (hr.) was done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations.

The first and second sampling times were done in a different day.

D_P = Sample D_P was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling palm sap after use according to a traditional method.

น้ำตาลโตนด E_P ได้จากเกษตรกรผู้ผลิตในเขตอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา พบว่าเกษตรกรผู้ผลิตตัวอย่าง E_P ใช้ระยะเวลาในการขนส่งน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวได้จากสวนถึงโรงเรือนเป็นเวลาประมาณ 10 นาที และมีการรวบรวมน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวโดยมีการกรองเอาไม้เคี่ยม และสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ เช่น เศษของงวงตาล มด และผึ้งออก ก่อนจะเก็บไว้ในปี๊บ ฝาเปิด โดยวางไว้บนพื้นดิน ที่อุณหภูมิห้อง ขณะรอก่อนเคี่ยวในกระทะแบบเปิด และจากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงของตัวอย่าง น้ำตาลโตนด E_P ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนด E_P เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น ค่า L*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงมีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) ส่วนค่า a* ในตัวอย่าง E_P1 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ค่า a* ในตัวอย่าง E_P2 มีแนวโน้มเพิ่มลดลง ($p<0.05$) และสอดคล้องกับการสังเกตเห็นตัวอย่างน้ำตาลโตนด E_P ที่มีความข่นเพิ่มขึ้นระหว่างเวลารอการแปรรูปน้ำตาลโตนดสดเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้น โดยในตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 1 (E_P1) ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง เท่ากับ 94.57, 1.71, 12.23

และร้อยละ 79.41 ตามลำดับ และในตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 2 (E_p2) มีค่าเท่ากับ 80.39, 2.59, 16.89 และร้อยละ 69.04 ตามลำดับ และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง E_p1 มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง เท่ากับ 71.42, 2.37, 9.79 และ ร้อยละ 50.79 ตามลำดับ และในตัวอย่าง E_p2 มีค่าเท่ากับ 70.26, 2.15, 12.25 และ ร้อยละ 53.45 ตามลำดับ (ตารางที่ 24) ซึ่งจะเห็นได้ว่าคุณภาพน้ำตาลโตนด E_p ขาดความสม่ำเสมอ แม้ว่าจะเป็นน้ำตาลโตนดสดที่มาจากเกษตรกรผู้ผลิตรายเดียวกันในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม ($p<0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ของตัวอย่างน้ำตาลโตนด E_p ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่ามีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยในน้ำตาลโตนดสดตัวอย่าง E_p1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.69, ร้อยละ 0.53, 11.93°บริกซ์, ร้อยละ 11.62 และร้อยละ 0.79 ตามลำดับ และในตัวอย่าง E_p2 มีค่าเท่ากับ 5.12, ร้อยละ 0.06, 14.93°บริกซ์, ร้อยละ 12.38 และร้อยละ 2.40 ตามลำดับ และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง E_p1 มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.03, ร้อยละ 1.76, 11.60°บริกซ์, ร้อยละ 8.71 และร้อยละ 2.30 ตามลำดับ และในตัวอย่าง E_p2 มีค่าเท่ากับ 3.99, ร้อยละ 0.21, 14.03°บริกซ์, ร้อยละ 9.53 และ ร้อยละ 5.14 ตามลำดับ (ตารางที่ 24) เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในตัวอย่างน้ำตาลโตนด E_p1 ชั่วโมงที่ 0-9 พบว่าไม่เปลี่ยนแปลง แต่ลดลงในชั่วโมงที่ 12 และในตัวอย่าง E_p2 ชั่วโมงที่ 3-6 ไม่เปลี่ยนแปลง แต่จะลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บต่อไปนาน 12 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย ของตัวอย่างน้ำตาลโตนด E_p ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูป ตัวอย่างน้ำตาลโตนด E_p เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรียเพิ่มขึ้น โดยในตัวอย่างน้ำตาลโตนดสด E_p1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ 7.80×10^{6}, 5.07×10^{5} และ 1.04×10^{7} cfu/ml ตามลำดับ และในตัวอย่าง E_p2 เฉลี่ยเท่ากับ 6.20×10^{6}, 4.70×10^{5} และ 9.80×10^{6} cfu/ml ตามลำดับ และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง E_p1 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ 4.83×10^{8}, 7.93×10^{6} และ 1.28×10^{9} cfu/ml ตามลำดับ และในตัวอย่าง E_p2 เฉลี่ยเท่ากับ 5.20×10^{8}, 8.50×10^{6} และ 1.22×10^{9} cfu/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 25)

ตารางที่ 24 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย E (E_p) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Qualities								
			Color			Transmittance	pH	Total acidity (%w/v	Total soluble	Total sugar	Reducing sugar
			L*	a*	b*	(%) at 650 nm		as lactic acid)	solid (°Brix)	(%w/w)	(%w/w)
E_P	1	0	94.57^{j}	1.71^{a}	12.23^{e}	79.41^{i}	4.69^{i}	0.53^{d}	11.93^{b}	11.62^{g}	0.79^{a}
		3	81.21^{i}	1.98^{c}	10.62^{d}	68.14^{h}	4.50^{g}	0.70^{e}	11.90^{b}	10.83^{e}	0.84^{ab}
		6	79.57^{g}	1.90^{b}	10.28^{c}	64.60^{g}	4.26^{e}	0.87^{f}	11.90^{b}	10.39^{d}	0.92^{b}
		9	74.33^{d}	2.23^{e}	10.08^{b}	55.52^{c}	4.08^{c}	1.37^{g}	11.90^{b}	9.81^{c}	1.08^{c}
		12	71.42^{b}	2.37^{g}	9.79^{a}	50.79^{a}	4.03^{b}	1.76^{h}	11.60^{a}	8.71^{a}	2.30^{d}
	2	0	80.39^{h}	2.59^{i}	16.89^{i}	69.04^{j}	5.12^{j}	0.06^{a}	14.93^{f}	12.38^{h}	2.40^{d}
		3	78.01^{f}	2.45^{g}	14.78^{h}	63.09^{f}	4.52^{h}	0.07^{a}	14.60^{e}	11.44^{f}	2.99^{e}
		6	75.12^{e}	2.38^{h}	14.05^{g}	57.69^{e}	4.35^{f}	0.10^{ab}	14.60^{e}	10.88^{e}	3.54^{f}
		9	72.46^{c}	2.28^{f}	12.54^{f}	55.85^{d}	4.11^{d}	0.15^{bc}	14.37^{d}	10.25^{d}	4.43^{g}
		12	70.26^{a}	2.15^{d}	12.25^{e}	53.45^{b}	3.99^{a}	0.21^{c}	14.03^{c}	9.53^{b}	5.14^{h}

Note : Physical and chemical analysis of zero time (hr.) were done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations. The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

The first and second sampling times were done in a different day.

E_p = Sample E_p was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling palm sap after use according to a traditional method.

ตารางที่ 25 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย E (E_p) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Total microbial count (cfu/ml)	Yeast and mold (cfu/ml)	Lactic acid bacteria (cfu/ml)
E_P	1	0	$7.80x10^6$	$5.07x10^5$	$1.04x10^7$
		3	$1.16x10^8$	$4.10x10^6$	$1.51x10^7$
		6	$1.83x10^8$	$5.30x10^6$	$4.53x10^8$
		9	$3.50x10^8$	$6.20x10^6$	$7.43x10^8$
		12	$4.83x10^8$	$7.93x10^6$	$1.28x10^9$
	2	0	$6.20x10^6$	$4.70x10^5$	$9.80x10^6$
		3	$1.02x10^8$	$3.90x10^6$	$1.23x10^7$
		6	$1.53x10^8$	$4.90x10^6$	$3.70x10^8$
		9	$4.30x10^8$	$6.80x10^6$	$8.20x10^8$
		12	$5.20x10^8$	$8.50x10^6$	$1.22x10^9$

Note : Microbiological analysis of zero time (hr.) was done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations.

The first and second sampling times were done in a different day.

E_P = Sample E_P was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling palm sap after use according to a traditional method.

3.2 การศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวด้วยวิธีที่ควบคุมปัจจัยในการศึกษา

การทดลองในขั้นตอนนี้ศึกษาคุณภาพน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรผู้ผลิตจำนวน 5 ราย เดิม ตามข้อ 3.1 ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ A, B, C, D และ E ตามลำดับ และมีการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีปฏิบัติที่ควบคุมปัจจัย (ลวกกระบอกไม้ไผ่ด้วยน้ำต้มเดือด ทั้งก่อน และหลังการใช้งาน) แทนด้วยสัญลักษณ์ A_W, B_W, C_W, D_W และ E_W ตามลำดับ ในแต่ละรายของเกษตรกรผู้ผลิตจะถูกสุ่มเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในช่วงฤดู โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 แทนด้วยสัญลักษณ์ A_W1, B_W1, C_W1, D_W1 และ E_W1 ตามลำดับ และการสุ่มเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 แทนด้วยสัญลักษณ์ A_W2, B_W2, C_W2, D_W2 และ E_W2 ตามลำดับ และในขั้นตอนการรองรับน้ำตาลโตนดสดจะเริ่มจากการเติมไม้เคี่ยมประมาณ 3-5 ชิ้น ต่อ 1 กระบอกก่อนการรองรับน้ำตาลโตนดสด (ซึ่ง 1 กระบอกมีความจุน้ำตาลโตนด 1 ลิตร) มีระยะเวลานับจากเริ่มรองรับน้ำตาลโตนดสดประมาณ 9 ชั่วโมง และระยะเวลาที่เกษตรกรผู้ผลิตขนส่งจากสวนมาถึงโรงเรือนใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที หลังจากนั้นใช้ระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ขนส่งจากโรงเรือนถึงคณะอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งจะเริ่มนับเป็นเวลาชั่วโมงที่ 0 โดยกำหนดระยะเวลาระหว่างรอการแปร

รูปน้ำตาลโตนดสดเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้น เป็นระยะเวลา 5 ระดับ คือ 0, 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง โดยบรรจุน้ำตาลโตนดสดในภาชนะเปิด วางที่อุณหภูมิห้อง ในแต่ละครั้งของการสุ่มจะวิเคราะห์ 3 ซ้ำ เพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา โดยมีรายละเอียดดังนี้

น้ำตาลโตนด A_w ได้จากเกษตรกรผู้ผลิตรายเดียวกับที่ผลิตน้ำตาลโตนด A_p ซึ่งอยู่ในเขตอำเภอสะทิงพระ จังหวัดสงขลา จากการสังเกตพบว่าเกษตรกรผู้ผลิต ใช้ระยะเวลาในการขนส่งน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวได้จากสวนถึงโรงเรือนเป็นเวลาประมาณ 15 นาที และมีการรวบรวมน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวโดยมีการกรองเอาไม้เคี่ยม และสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ เช่น แมลง มด และผีเสื้อออก ก่อนจะเก็บไว้ในปี๊บ ฝาเปิด โดยวางไว้บนพื้นดิน ที่อุณหภูมิห้อง ขณะรอก่อนเคี่ยวในกระทะแบบเปิด และจากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปน้ำตาลโตนดสด A_w เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น ค่า L*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงมีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) ขณะที่ค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) ตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 1 (A_w1) ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง เท่ากับ 89.53, 1.51, 12.17 และร้อยละ 83.19 ตามลำดับ และในตัวอย่าง A_w2 มีค่าเท่ากับ 90.21, 1.24, 12.26 และร้อยละ 89.32 ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง A_w1 มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง เท่ากับ 76.18, 2.04, 11.51 และร้อยละ 70.11 ตามลำดับ และในตัวอย่าง A_w2 มีค่าเท่ากับ 73.76, 1.94, 11.44 และร้อยละ 72.72 ตามลำดับ (ตารางที่ 26) เมื่อพิจารณาตัวอย่างน้ำตาลโตนด A_w พบว่าค่าคุณภาพทางกายภาพค่อนข้างมีความสม่ำเสมอกัน ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม โดยมีค่า a* ในชั่วโมงที่ 3-6 และค่า b* ในชั่วโมงที่ 12 มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพทางกายภาพจากผลการทดลองตอน 3.1 ของตัวอย่าง A จะเห็นได้ว่าคุณภาพทางกายภาพของตัวอย่าง A_w ดีกว่าในตัวอย่าง A_p ทั้งนี้อาจเนื่องจากความสะอาดของกระบอกไม้ไผ่ที่ใช้สำหรับรองรับน้ำตาลโตนดจะช่วยลดความสกปรกที่ปนเปื้อนในน้ำตาลโตนดสดระหว่างรองรับได้ดี

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่างน้ำตาลโตนด A_w ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนด A_w เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) ส่วนปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) โดยในน้ำตาลโตนดสดตัวอย่าง A_w1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 4.54, ร้อยละ 0.09, 13.47°บริกซ์, ร้อยละ 12.19 และร้อยละ 1.82 ตามลำดับ และในตัวอย่าง A_w2 เท่ากับ 4.88, ร้อยละ 0.10, 13.14°บริกซ์, ร้อยละ 10.91 และร้อยละ 2.23 ตามลำดับ และในชั่วโมงที่ 12 ตัวอย่าง A_w1 มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 3.87, ร้อยละ 0.16, 11.57°บริกซ์, ร้อยละ 8.91 และร้อยละ 3.93 ตามลำดับ และในตัวอย่าง A_w2 เท่ากับ 3.90, ร้อยละ 0.21, 11.93°บริกซ์, ร้อยละ 8.72 และร้อยละ 4.60 ตามลำดับ (ตารางที่ 26) นอกจากนี้พบว่าค่า พีเอชในตัวอย่าง A_w ชั่วโมงที่ 9-12 มีค่าไม่แตกต่างกันในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม ($p\geq0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรียของตัวอย่างน้ำตาลโตนด A_w ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนด A_w เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เพิ่มขึ้นโดยในตัวอย่างน้ำตาลโตนดสด A_w1 (ชั่วโมงที่ 0) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $1.60x10^6$, $7.80x10^3$ และ $2.97x10^6$ cfu/ml ตามลำดับ และในตัวอย่าง A_w2 เฉลี่ยเท่ากับ $3.50x10^6$, $3.20x10^3$ และ $4.80x10^6$ cfu/ml ตามลำดับ และในชั่วโมงที่ 12 ตัวอย่าง A_w1 มีปริมาณ จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $1.70x10^8$, $5.30x10^6$ และ $2.13x10^8$ และในตัวอย่าง A_w2 เฉลี่ยเท่ากับ $1.23x10^8$, $2.25x10^6$ และ $2.76x10^8$ ตามลำดับ (ตารางที่ 27) นอกจากนี้พบว่าในตัวอย่าง A_w มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรียต่ำกว่าตัวอย่าง A_p ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุกัญญา จันทะชุม (2547) ที่พบว่าน้ำตาลโตนดสด ที่ผ่านการรองรับด้วยกระบอกไม้ไผ่ที่ลวกด้วยน้ำต้มเดือด มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ $3.16x10^2$ cfu/ml ซึ่งปนเปื้อนอยู่น้อยกว่าน้ำตาลโตนดสดที่ผ่านการรองรับด้วยกระบอกไม้ไผ่ที่ลวกด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือด ซึ่งปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ $3.16x10^3$ cfu/ml

ตารางที่ 26 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย A_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Qualities								
			Color			Transmittance	pH	Total acidity (%w/v	Total soluble	Total sugar	Reducing sugar
			L*	a*	b*	(%) at 650 nm		as lactic acid)	solid (°Brix)	(%w/w)	(%w/w)
A_w	1	0	89.53^{i}	1.51^{b}	12.17^{cd}	83.19^{g}	4.54^{e}	0.09^{a}	13.47^{j}	12.19^{g}	1.82^{a}
		3	87.55^{h}	1.48^{b}	12.29^{f}	79.80^{f}	4.40^{d}	0.10^{b}	12.73^{g}	10.86^{f}	2.42^{c}
		6	84.82^{g}	1.64^{c}	12.08^{c}	77.14^{e}	4.26^{c}	0.11^{c}	12.42^{de}	10.25^{e}	2.68^{e}
		9	80.30^{d}	1.92^{e}	11.79^{b}	73.12^{c}	4.12^{b}	0.13^{d}	12.10^{c}	9.35^{c}	3.36^{g}
		12	76.18^{b}	2.04^{f}	11.51^{a}	70.11^{a}	3.87^{a}	0.16^{f}	11.57^{a}	8.91^{ab}	3.93^{h}
	2	0	90.21^{j}	1.27^{a}	12.26^{df}	89.32^{i}	4.88^{g}	0.10^{b}	13.14^{h}	10.91^{f}	2.23^{b}
		3	83.05^{f}	1.45^{b}	12.05^{c}	85.35^{h}	4.70^{f}	0.11^{bc}	12.62^{fg}	9.96^{de}	2.52^{d}
		6	81.43^{e}	1.65^{c}	11.81^{b}	80.11^{f}	4.45^{d}	0.15^{e}	12.52^{ef}	9.67^{d}	2.98^{f}
		9	77.82^{c}	1.79^{d}	11.55^{a}	76.30^{d}	4.06^{b}	0.18^{g}	12.38^{d}	9.13^{bc}	4.18^{i}
		12	73.76^{a}	1.94^{e}	11.44^{a}	72.72^{b}	3.90^{a}	0.21^{h}	11.93^{b}	8.72^{a}	4.60^{j}

Note : Physical and chemical analysis of zero time (hr.) were done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations. The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

The first and second sampling times were done in a different day.

A_w = Sample A_w was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling water before and after use according to an improval method.

ตารางที่ 27 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย A_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Total microbial count (cfu/ml)	Yeast and mold (cfu/ml)	Lactic acid bacteria (cfu/ml)
A_w	1	0	$1.60x10^6$	$7.80x10^3$	$2.97x10^6$
		3	$7.90x10^6$	$1.68x10^5$	$5.90x10^6$
		6	$9.70x10^6$	$7.40x10^5$	$1.91x10^7$
		9	$3.90x10^7$	$1.88x10^6$	$1.79x10^8$
		12	$1.70x10^8$	$5.30x10^6$	$2.13x10^8$
	2	0	$3.50x10^6$	$3.20x10^3$	$4.80x10^6$
		3	$1.23x10^7$	$5.70x10^4$	$6.80x10^7$
		6	$5.60x10^7$	$6.40x10^5$	$8.40x10^7$
		9	$7.90x10^7$	$7.30x10^5$	$2.37x10^8$
		12	$1.23x10^8$	$2.25x10^6$	$2.76x10^8$

Note : Microbiological analysis of zero time (hr.) was done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations.

The first and second sampling times were done in a different day.

A_W = Sample A_W was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling water before and after use according to an improval method.

ตัวอย่างน้ำตาลโตนด B_W ได้จากเกษตรกรผู้ผลิตรายเดียวกับที่ผลิตน้ำตาลโตนด B_P ซึ่งอยู่ในเขตอำเภอสะทิงพระ จังหวัดสงขลา จากการสังเกตพบว่าเกษตรกรผู้ผลิตตัวอย่าง B_W ใช้ระยะเวลาในการขนส่งน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวได้ จากสวนถึงโรงเรือนเป็นเวลาประมาณ 10 นาที น้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวได้จะถูกแขวนไว้ในไว้ในกระบอกไม้ไผ่ที่ใช้รองรับ บริเวณเสาของโรงเตา โดยมีการกรองเอาไม้เคี่ยม และสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ เช่น ดอกตาล และผึ้งออก ก่อนจะเทลงในกระทะเคี่ยวเพื่อรอเทลงเคี่ยวในกระทะแบบเปิด ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่างระยะเวลา 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนด B_W เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น พบว่า ค่า L*, b* และค่าการทะลุผ่านมีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) ส่วนค่า a* เพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) โดยในตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 1 (B_W1) ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง เท่ากับ 81.34, 1.42, 13.77 และร้อยละ 79.45 ตามลำดับ และในตัวอย่าง B_W2 มีค่าเท่ากับ 79.61, 1.66, 12.22 และร้อยละ 73.89 ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง B_W1 มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง เท่ากับ 68.51, 1.89, 11.82 และร้อยละ 69.38 ตามลำดับ และในตัวอย่าง

B_w2 มีค่าเท่ากับ 68.83, 2.10, 11.24 และร้อยละ 65.86 ตามลำดับ (ตารางที่ 28) ซึ่งจะเห็นได้ว่าคุณภาพทางกายภาพของตัวอย่างน้ำตาลโตนด B_w ที่สุ่มเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในวันแตกต่างของฤดูกาลเดียวกัน ทุกระดับเวลามีค่าแตกต่างกัน ขาดความสม่ำเสมอ แม้ว่าจะเป็นน้ำตาลโตนดสดที่มาจากเกษตรกรผู้ผลิตรายเดียวกันในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม ($p<0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่างน้ำตาลโตนด B_w ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปน้ำตาลโตนดสดเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น ค่าคุณภาพทางเคมีมีความแตกต่างกันในทุกระดับเวลาระหว่างรอการแปรรูปน้ำตาลโตนดสดเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้น (0, 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง) ($p<0.05$) โดยในน้ำตาลโตนดสดตัวอย่าง B_w1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีค่าเท่ากับ 5.09, ร้อยละ 0.07, 14.52°บริกซ์, ร้อยละ 14.53 และร้อยละ 0.99 ตามลำดับ และในตัวอย่าง B_w2 มีค่าเท่ากับ 5.12, ร้อยละ 0.08, 14.13°บริกซ์, ร้อยละ 12.96 และ ร้อยละ 1.10 ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง B_w1 มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.02, ร้อยละ 0.26, 13.83°บริกซ์, ร้อยละ 10.31 และร้อยละ 1.74 ตามลำดับ และในตัวอย่าง B_w2 มีค่าเท่ากับ 4.23, ร้อยละ 0.25, 12.60°บริกซ์, ร้อยละ 9.81 และร้อยละ 2.17 ตามลำดับ (ตารางที่ 28)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรียของตัวอย่างน้ำตาลโตนด B_w ที่อุณหภูมิห้องระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนด B_w เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เพิ่มขึ้นโดยในน้ำตาลโตนดสดตัวอย่าง B_w1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $1.48x10^6$, $6.50x10^3$ และ $4.97x10^6$ cfu/ml ตามลำดับ และในตัวอย่าง B_w2 เฉลี่ยเท่ากับ $1.56x10^6$, $3.40x10^4$ และ $4.30x10^6$ cfu/ml ตามลำดับ และในชั่วโมงที่ 12 ตัวอย่าง B_w1 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $1.86x10^8$, $6.32x10^6$ และ $2.86x10^8$ และในตัวอย่าง B_w2 เฉลี่ยเท่ากับ $1.12x10^8$, $5.70x10^6$ และ $7.50x10^8$ ตามลำดับ (ตารางที่ 29) นอกจากนี้พบว่าในตัวอย่าง B_w มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรียต่ำกว่าในตัวอย่าง B_p (จากการทดลองตอนที่ 3.1)

น้ำตาลโตนด C_w ได้จากเกษตรกรผู้ผลิตรายเดียวกับที่ผลิตน้ำตาลโตนด C_p ในเขตอำเภอ สิงหนคร จังหวัดสงขลา พบว่าเกษตรกรผู้ผลิตตัวอย่าง C_w ใช้ระยะเวลาในการขนส่งน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวได้จากสวนถึงโรงเรือนเป็นเวลาประมาณ 10 นาที และมีการรวบรวมน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวโดยมีการกรองเอาไม้เคี่ยมและสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ เช่น มด และผึ้งออก ก่อนจะเก็บไว้ไว้ในปี๊บ ฝาเปิด โดยวางไว้บนพื้นดิน ที่อุณหภูมิห้องขณะรอก่อนเคี่ยวในกระทะแบบเปิด และจากผลการวิเคราะห์ค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงของตัวอย่างน้ำตาลโตนด C_w ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่างเวลา 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนดสด C_w เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น มีค่า L*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง มีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) ส่วนค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) โดยในตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่

สุ่มเก็บในครั้งที่ 1 (C_w1) ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงเท่ากับ 96.68, 0.72, 9.57 และร้อยละ 95.04 ตามลำดับ และในตัวอย่าง C_w2 มีค่าเท่ากับ 87.67, 2.01, 15.68 และร้อยละ 83 12 ตามลำดับ (ตารางที่ 30) และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง C_w1 มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงเท่ากับ 81.11, 1.61, 6.62 และร้อยละ 72.75 ตามลำดับ และในตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 2 (C_w2) มีค่าเท่ากับ 78.96, 3.05, 12.58 และร้อยละ 65.60 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าคุณภาพทางกายภาพของตัวอย่างน้ำตาลโตนด C_w ที่สุ่มเก็บทั้ง 2 ครั้ง ในวันแตกต่างของฤดูกาลเดียวกัน ทุกระดับเวลามีค่าแตกต่างกัน ขาดความสม่ำเสมอ แม้ว่าจะเป็นน้ำตาลโตนดสดที่มาจากเกษตรกรผู้ผลิตรายเดียวกันในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม ($p<0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่างน้ำตาลโตนด C_w ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยในตัวอย่าง น้ำตาลโตนด C_w1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เฉลี่ยเท่ากับ 4.55, ร้อยละ 0.66, 13.20°บริกซ์, ร้อยละ 13.29 และร้อยละ0.61 ตามลำดับ และในตัวอย่าง C_w2 มีค่าเท่ากับ 4.50, ร้อยละ 0.62, 12.73°บริกซ์, ร้อยละ 13.64 และ ร้อยละ 0.71 ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 12ชั่วโมง ตัวอย่าง C_w1 มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับ 3.98, ร้อยละ 1.80, 13.00°บริกซ์, ร้อยละ 6.61 และร้อยละ 2.30 ตามลำดับ และในตัวอย่าง C_w2 มีค่าเท่ากับ 3.99, ร้อยละ 1.62, 12.07°บริกซ์, ร้อยละ 7.03 และร้อยละ 2.36 ตามลำดับ (ตารางที่ 30) เมื่อพิจารณาตัวอย่างน้ำตาลโตนด C_w พบว่าค่าคุณภาพทางเคมีค่อนข้างมีความสม่ำเสมอ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่มมีค่าพีเอช ในชั่วโมงที่ 3-12 ปริมาณกรดทั้งหมด ในชั่วโมงที่ 0-3 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ในชั่วโมงที่ 0 และ 12 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในชั่วโมงที่ 0-12 มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$)

ตารางที่ 28 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย B_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Qualities								
			Color			Transmittance	pH	Total acidity (%w/v	Total soluble	Total sugar	Reducing sugar
			L*	a*	b*	(%) at 650 nm		as lactic acid)	solid (°Brix)	(%w/w)	(%w/w)
B_W	1	0	81.34^{i}	1.42^{a}	13.77^{h}	79.45^{j}	5.09^{e}	0.07^{a}	14.52^{h}	14.53^{g}	0.99^{a}
		3	72.55^{e}	1.53^{b}	13.09^{g}	76.30^{i}	4.79^{d}	0.13^{c}	14.22^{g}	12.86^{f}	1.26^{c}
		6	73.76^{f}	1.64^{c}	11.96^{d}	72.72^{g}	4.53^{c}	0.16^{d}	14.08^{fg}	11.75^{d}	1.36^{e}
		9	70.65^{c}	1.78^{d}	11.95^{d}	70.89^{f}	4.25^{b}	0.22^{g}	13.98^{ef}	11.07^{c}	1.48^{g}
		12	68.51^{a}	1.89^{ef}	11.82^{c}	69.38^{d}	4.02^{a}	0.26^{h}	13.83^{e}	10.31^{b}	1.74^{i}
	2	0	79.61^{h}	1.66^{c}	12.22^{f}	73.89^{h}	5.12^{e}	0.08^{a}	14.13^{fg}	12.96^{f}	1.10^{b}
		3	76.50^{g}	1.85^{e}	12.08^{e}	70.45^{e}	4.89^{d}	0.11^{b}	13.55^{d}	12.43^{e}	1.34^{d}
		6	71.96^{d}	1.92^{f}	11.82^{c}	67.82^{c}	4.48^{c}	0.18^{e}	13.33^{c}	11.58^{d}	1.43^{f}
		9	70.06^{b}	2.06^{g}	11.62^{b}	66.36^{b}	4.33^{b}	0.21^{f}	13.03^{b}	11.14^{c}	1.61^{h}
		12	68.83^{c}	2.10^{h}	11.24^{a}	65.86^{a}	4.23^{b}	0.25^{h}	12.60^{a}	9.81^{a}	2.17^{j}

Note : Physical and chemical analysis of zero time (hr.) were done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations. The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

The first and second sampling times were done in a different day.

B_W = Sample B_W was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling water before and after use according to an improval method.

ตารางที่ 29 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย B_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Total microbial count (cfu/ml)	Yeast and mold (cfu/ml)	Lactic acid bacteria (cfu/ml)
B_W	1	0	$1.48x10^6$	$6.50x10^3$	$4.97x10^6$
		3	$5.80x10^6$	$1.35x10^5$	$7.10x10^6$
		6	$8.65x10^6$	$6.90x10^5$	$1.58x10^7$
		9	$2.92x10^7$	$1.75x10^6$	$2.01x10^8$
		12	$1.86x10^8$	$6.32x10^6$	$2.86x10^8$
	2	0	$1.56x10^6$	$3.40x10^4$	$4.30x10^6$
		3	$5.70x10^6$	$6.80x10^4$	$8.20x10^6$
		6	$1.65x10^7$	$2.53x10^6$	$2.31x10^8$
		9	$5.70x10^7$	$3.50x10^6$	$5.20x10^8$
		12	$1.12x10^8$	$5.70x10^6$	$7.50x10^8$

Note : Microbiological analysis of zero time (hr.) was done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations.

The first and second sampling times were done in a different day.

B_W = Sample B_W was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling water before and after use according to an improval method.

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรียของตัวอย่างน้ำตาลโตนด C_W ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนด C_W เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เพิ่มขึ้นโดยในตัวอย่างน้ำตาลโตนด C_W1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $9.10x10^5$, $6.30x10^3$ และ $3.90x10^6$ cfu/ml ตามลำดับ และในตัวอย่าง C_W2 เฉลี่ยเท่ากับ $7.80x10^5$, $5.20x10^3$ และ $2.80x10^6$ cfu/ml ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง C_W1 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $2.40x10^8$, $5.70x10^6$ และ $5.20x10^8$ cfu/ml และในตัวอย่าง C_W2 เฉลี่ยเท่ากับ $1.86x10^8$, $4.30x10^6$ และ $3.14x10^8$ cfu/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 31) และนอกจากนี้พบว่าในตัวอย่าง C_W มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย ต่ำกว่าตัวอย่าง C_P (จากการทดลองตอนที่ 3.1)

ตารางที่ 30 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย C_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Qualities								
			Color			Transmittance	pH	Total acidity (%w/v	Total soluble	Total sugar	Reducing sugar
			L*	a*	b*	(%) at 650 nm		as lactic acid)	solid (°Brix)	(%w/w)	(%w/w)
C_w	1	0	96.68^{i}	0.72^{a}	9.57^{e}	95.04^{i}	4.55^{g}	0.66^{a}	13.20^{e}	13.29^{h}	0.61^{a}
		3	92.09^{h}	0.85^{b}	8.99^{d}	90.33^{h}	4.25^{d}	0.68^{a}	13.20^{e}	12.03^{f}	0.89^{b}
		6	89.07^{g}	1.13^{c}	8.36^{c}	86.05^{g}	4.20^{c}	0.92^{b}	13.13^{e}	9.23^{d}	1.39^{c}
		9	85.89^{e}	1.33^{d}	7.99^{b}	80.96^{e}	4.09^{b}	1.22^{c}	13.13^{e}	7.93^{c}	1.92^{d}
		12	81.11^{cd}	1.61^{e}	6.62^{a}	72.75^{c}	3.98^{a}	1.80^{e}	13.00^{de}	6.61^{a}	2.30^{e}
	2	0	87.67^{f}	2.01^{f}	15.68^{i}	83.12^{f}	4.50^{f}	0.62^{a}	12.73^{cd}	13.64^{h}	0.71^{a}
		3	81.96^{d}	2.61^{g}	13.81^{h}	76.70^{d}	4.31^{e}	0.66^{a}	12.47^{bc}	12.57^{g}	0.89^{b}
		6	80.51^{bc}	2.75^{h}	13.65^{h}	72.41^{c}	4.22^{cd}	0.76^{a}	12.33^{ab}	9.87^{e}	1.42^{c}
		9	79.60^{ab}	2.91^{i}	13.21^{g}	69.31^{b}	4.11^{h}	1.32^{c}	12.33^{ab}	7.83^{c}	2.01^{d}
		12	78.96^{a}	3.05^{j}	12.58^{f}	65.60^{a}	3.99^{a}	1.62^{d}	12.07^{a}	7.03^{b}	2.36^{e}

Note: Physical and chemical analysis of zero time (hr.) were done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations. The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

The first and second sampling times were done in a different day.

C_w = Sample C_w was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling water before and after use according to an improval method.

ตารางที่ 31 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย C_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Total microbial count (cfu/ml)	Yeast and mold (cfu/ml)	Lactic acid bacteria (cfu/ml)
C_w	1	0	$9.10x10^5$	$6.30x10^3$	$3.90x10^6$
		3	$5.80x10^6$	$8.50x10^4$	$2.30x10^7$
		6	$7.40x10^7$	$1.43x10^6$	$8.90x10^7$
		9	$1.14x10^8$	$2.50x10^6$	$1.54x10^8$
		12	$2.40x10^8$	$5.70x10^6$	$5.20x10^8$
	2	0	$7.80x10^5$	$5.20x10^3$	$2.80x10^6$
		3	$4.40x10^6$	$4.11x10^4$	$2.70x10^7$
		6	$6.40x10^7$	$1.10x10^6$	$6.54x10^7$
		9	$1.02x10^8$	$2.64x10^6$	$1.22x10^8$
		12	$1.86x10^8$	$4.30x10^6$	$3.14x10^8$

Note : Microbiological analysis of zero time (hr.) were done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations.

The first and second sampling times were done in a different day.

C_w = Sample C_w was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling water before and after use according to an improval method.

น้ำตาลโตนด D_w จากเกษตรกรผู้ผลิตรายเดียวกับที่ผลิตน้ำตาลโตนด D_P ในเขตอำเภอ สิงหนคร จังหวัดสงขลา พบว่าเกษตรกรผู้ผลิตตัวอย่าง D_w ใช้ระยะเวลาในการขนส่งน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวได้จากสวนถึงโรงเรือนเป็นเวลาประมาณ 10 นาที และมีการรวบรวมน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวโดยมีการกรองเอาไม้เคี่ยมและสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ เช่น เศษของงวงตาล มด และผึ้งออก ก่อนจะเก็บไว้ไว้ในปี๊บ ฝาเปิด โดยวางไว้บนพื้นดิน ที่อุณหภูมิห้อง ขณะรอก่อนเคี่ยวในกระทะแบบเปิด จากผลการวิเคราะห์ค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงของตัวอย่างน้ำตาลโตนด D_w ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่างเวลา 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนดสด D_w เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น ในตัวอย่าง D_w1 และ D_w2 มีค่า L*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง มีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) ขณะที่ค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) โดยในตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 1 (D_w1) ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง เท่ากับ 84.23, 1.25, 14.62 และร้อยละ 82.30 ตามลำดับ และในตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 2 (D_w2) มีค่าเท่ากับ 82.29, 1.73, 13.48 และร้อยละ 80.70 ตามลำดับและเมื่อเวลาผ่านไป 12

ชั่วโมง ตัวอย่าง D_w1 มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง เท่ากับ 73.20, 2.56, 11.32 และร้อยละ 74.49 ตามลำดับ และในตัวอย่าง D_w2 มีค่าเท่ากับ 72.44, 2.17, 10.87 และร้อยละ 68.11 ตามลำดับ (ตารางที่ 32) ซึ่งจะเห็นได้ว่าคุณภาพน้ำตาลโตนด D_w ขาดความสม่ำเสมอ แม้ว่าจะเป็นน้ำตาลโตนดสดที่มาจากเกษตรกรผู้ผลิตรายเดียวกันในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม ($p<0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่างน้ำตาลโตนด D_w ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยน้ำตาลโตนดตัวอย่าง D_w1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เฉลี่ยเท่ากับ 4.98, ร้อยละ 0.07, 12.43°บริกซ์, ร้อยละ 12.22 และร้อยละ 0.81 ตามลำดับ และในตัวอย่าง D_w2 มีค่าเท่ากับ 5.09, ร้อยละ 0.08, 12.67°บริกซ์, ร้อยละ 12.02 และร้อยละ 0.93 ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง D_w1 มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.13, ร้อยละ 0.21, 11.47°บริกซ์, ร้อยละ 6.44 และร้อยละ 1.58 ตามลำดับ และในน้ำตาลโตนดตัวอย่าง D_w2 มีค่าเท่ากับ 4.26, ร้อยละ 0.24, 10.37°บริกซ์, ร้อยละ 6.53 และ ร้อยละ 1.73 ตามลำดับ (ตารางที่ 32)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรียของตัวอย่างน้ำตาลโตนด D_w ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนด D_w เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เพิ่มขึ้นโดยในน้ำตาลโตนดสดตัวอย่าง D_w1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $1.63x10^6$, $7.80x10^3$ และ $2.20x10^6$cfu/ml ตามลำดับ และในตัวอย่าง D_w2 เฉลี่ยเท่ากับ $4.5x10^4$, $3.70x10^4$ และ $7.30x10^5$ cfu/ml ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง D_w1 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ $1.10x10^8$, $4.10x10^6$ และ $4.90x10^8$ และในตัวอย่าง D_w2 เฉลี่ยเท่ากับ $2.42x10^5$, $2.68x10^6$ และ $1.26x10^7$ ตามลำดับ (ตารางที่ 33) และนอกจากนี้พบว่าในตัวอย่าง D_w มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย ต่ำกว่าตัวอย่าง D_p (จากการทดลองตอนที่ 3.1)

ตารางที่ 32 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย D_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Qualities								
			Color			Transmittance	pH	Total acidity (%w/v	Total soluble	Total sugar	Reducing sugar
			L*	a*	b*	(%) at 650 nm		as lactic acid)	solid (°Brix)	(%w/w)	(%w/w)
D_w	1	0	84.23^{j}	1.25^{a}	14.62^{i}	82.30^{i}	4.98^{f}	0.07^{a}	12.43^{f}	12.22^{g}	0.81^{a}
		3	81.81^{h}	1.57^{b}	13.70^{h}	80.16^{g}	4.78^{e}	0.08^{b}	12.17^{e}	9.79^{f}	0.93^{b}
		6	79.78^{f}	2.28^{g}	12.86^{f}	78.33^{e}	4.66^{d}	0.12^{c}	11.93^{e}	7.81^{d}	1.07^{d}
		9	76.61^{d}	2.48^{h}	12.49^{e}	76.53^{d}	4.26^{b}	0.15^{d}	11.62^{d}	6.92^{b}	1.38^{e}
		12	73.20^{b}	2.56^{i}	11.32^{bc}	74.49^{c}	4.13^{a}	0.21^{f}	11.47^{cd}	6.44^{a}	1.58^{g}
	2	0	82.29^{i}	1.73^{d}	13.48^{g}	80.70^{h}	5.09^{g}	0.08^{ab}	12.67^{f}	12.02^{g}	0.93^{b}
		3	80.16^{g}	1.66^{c}	11.56^{d}	79.78^{f}	4.84^{e}	0.09^{b}	11.93^{e}	9.01^{e}	1.00^{c}
		6	78.09^{e}	1.75^{d}	11.39^{c}	76.70^{d}	4.68^{d}	0.14^{d}	11.30^{c}	7.74^{d}	1.02^{c}
		9	75.18^{c}	1.92^{e}	11.18^{b}	72.83^{b}	4.43^{c}	0.16^{e}	10.80^{b}	7.23^{c}	1.42^{f}
		12	72.44^{a}	2.17^{f}	10.87^{a}	68.11^{a}	4.26^{b}	0.24^{g}	10.37^{a}	6.53^{a}	1.73^{h}

Note : Physical and chemical analysis of zero time (hr.) were done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry,PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations. The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

The first and second sampling times were done in a different day.

D_W = Sample D_W was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling water before and after use according to an improval method.

ตารางที่ 33 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย D_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Total microbial count (cfu/ml)	Yeast and mold (cfu/ml)	Lactic acid bacteria (cfu/ml)
D_W	1	0	$1.63x10^6$	$7.80x10^3$	$2.20x10^6$
		3	$6.20x10^7$	$5.30x10^5$	$1.85x10^7$
		6	$7.40x10^7$	$2.90x10^6$	$6.40x10^7$
		9	$1.91x10^8$	$7.00x10^6$	$7.20x10^8$
		12	$1.10x10^8$	$4.10x10^6$	$4.90x10^8$
	2	0	$4.50x10^4$	$3.70x10^4$	$7.30x10^5$
		3	$1.24x10^7$	$6.80x10^4$	$2.45x10^6$
		6	$2.34x10^7$	$1.56x10^5$	$5.40x10^6$
		9	$3.00x10^7$	$2.53x10^6$	$6.80x10^6$
		12	$2.42x10^8$	$2.68x10^6$	$1.26x10^7$

Note : Microbiological analysis of zero time (hr.) was done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations.

The first and second sampling times were done in a different day.

D_W = Sample D_W was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling water before and after use according to an improval method.

น้ำตาลโตนด E_W จากเกษตรกรผู้ผลิตรายเดียวกับที่ผลิตน้ำตาลโตนด E_P ในเขตอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา พบว่าเกษตรกรผู้ผลิตตัวอย่าง E_W ใช้ระยะเวลาในการขนส่งน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวได้จากสวนถึงโรงเรือนเป็นเวลาประมาณ 10 นาที และรวบรวมน้ำตาลโตนดที่เก็บเกี่ยวโดยมีการกรองเอาไม้เคี่ยม และสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ เช่น เศษของงวงตาล มด และผึ้งออกก่อนจะเก็บไว้ไว้ในปี๊บ ฝาเปิด วางไว้บนพื้นดิน ที่อุณหภูมิห้อง ขณะรอก่อนเคี่ยวในกระทะแบบเปิด จากผลการวิเคราะห์ค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงของตัวอย่าง E_W ที่อุณหภูมิห้องระหว่างเวลา 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปตัวอย่างน้ำตาลโตนดสด E_W เป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น ในตัวอย่าง E_W มีค่า L*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง มีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) ขณะที่ค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) โดยในตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 1 (E_W1) ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง เท่ากับ 96.80, 1.37, 14.41และร้อยละ 97.67 ตามลำดับ และในตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่สุ่มเก็บในครั้งที่ 2 (E_W2) มีค่าเท่ากับ 96.13, 1.41, 13.45 และร้อยละ 95.63 ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง E_W1 มีค่า L*, a*, b*และ

ค่าการทะลุผ่านของแสง เท่ากับ 78.04, 2.63, 12.52 และร้อยละ 81.04 ตามลำดับ และในตัวอย่าง E_w2 มีค่าเท่ากับ 74.40, 2.23, 10.48 และร้อยละ 78.11 ตามลำดับ (ตารางที่ 34) เมื่อพิจารณาคุณภาพทางกายภาพของตัวอย่างน้ำตาลโตนด E_w พบว่าค่อนข้างมีความสม่ำเสมอกัน ซึ่งจะเห็นได้จาก ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่มมีค่า L* และ a* ในชั่วโมงที่ 0-3 และค่า b*ในชั่วโมงที่ 6 มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) และนอกจากนี้พบว่าในตัวอย่าง E_w1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่า L*, b*และค่าการทะลุผ่านของแสงสูงกว่าในตัวอย่าง E_p1 และมีค่า a* ต่ำกว่าในตัวอย่าง E_p1 ส่วนในตัวอย่าง E_w2 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่า L* และค่าการทะลุผ่านของแสง สูงกว่าในตัวอย่าง E_p2 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) ส่วนค่า a* และ b* มีค่าต่ำกว่าในตัวอย่าง E_p2 (จากการทดลองตอนที่ 3.1)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่าง E_w ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)โดยในตัวอย่าง E_w1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เฉลี่ยเท่ากับ 4.93 , ร้อยละ 0.07, 11.93°บริกซ์, ร้อยละ 12.03 และร้อยละ 0.76 ตามลำดับ และในตัวอย่าง E_w2 มีค่าเท่ากับ 4.73, ร้อยละ 0.74, 11.95°บริกซ์, ร้อยละ 10.93 และ ร้อยละ 0.93 ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง E_w1 มีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.16, ร้อยละ 0.22, 11.27°บริกซ์, ร้อยละ 7.79 และ ร้อยละ 2.46 ตามลำดับ และในตัวอย่าง E_w2 มีค่าเท่ากับ 4.10, ร้อยละ 2.38, 11.07°บริกซ์, ร้อยละ 7.22 และร้อยละ 2.46 ตามลำดับ (ตารางที่ 34) เมื่อพิจารณาตัวอย่าง E_w พบว่าค่าคุณภาพทางเคมีค่อนข้างมีความสม่ำเสมอกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่มมีค่าพีเอชในชั่วโมงที่ 9 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ในชั่วโมงที่ 0-12 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในชั่วโมงที่ 3-12 มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย ของตัวอย่างน้ำตาลโตนด E_w ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่าง 0-12 ชั่วโมง ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปน้ำตาลโตนดสดเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้นนานขึ้น มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เพิ่มขึ้นโดยในน้ำตาลโตนดสดตัวอย่าง E_w1 และ E_w2 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ 8.80×10^5, 5.90×10^3 และ 1.29×10^6 cfu/ml ตามลำดับ และในตัวอย่าง E_w2 เฉลี่ยเท่ากับ 1.60×10^6, 7.80×10^3 และ 2.97×10^6 cfu/ml ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง ตัวอย่าง E_w1 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย เฉลี่ยเท่ากับ 1.73×10^8, 2.35×10^6 และ 2.44×10^8 และในตัวอย่าง E_w2 เฉลี่ยเท่ากับ 1.70×10^8, 5.30×10^6 และ 2.13×10^8 ตามลำดับ (ตารางที่ 35) และนอกจากนี้พบว่าในตัวอย่าง E_w มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย ต่ำกว่าตัวอย่าง E_p (จากการทดลองตอนที่ 3.1)

ตารางที่ 34 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย E_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Qualities								
			Color			Transmittance	pH	Total acidity (%w/v	Total soluble	Total sugar	Reducing sugar
			L*	a*	b*	(%) at 650 nm		as lactic acid)	solid (°Brix)	(%w/w)	(%w/w)
E_w	1	0	96.80^{g}	1.37^{a}	14.41^{g}	97.67^{h}	4.93^{h}	0.07^{a}	11.93^{c}	12.03^{g}	0.76^{a}
		3	91.84^{f}	1.74^{bc}	13.48^{f}	94.08^{f}	4.62^{f}	0.08^{a}	11.53^{b}	10.73^{f}	1.08^{c}
		6	84.83^{d}	1.87^{cd}	12.12^{c}	90.73^{e}	4.50^{e}	0.11^{a}	11.53^{b}	9.12^{d}	1.50^{d}
		9	80.17^{c}	2.44^{f}	12.36^{cd}	87.67^{d}	4.32^{c}	0.16^{ab}	11.33^{ab}	8.83^{cd}	1.95^{e}
		12	78.04^{b}	2.63^{g}	12.52^{d}	81.04^{b}	4.16^{b}	0.22^{b}	11.27^{ab}	7.79^{b}	2.46^{f}
	2	0	96.13^{g}	1.41^{a}	13.45^{f}	95.63^{g}	4.73^{g}	0.74^{c}	11.95^{c}	10.93^{f}	0.93^{b}
		3	90.11^{f}	1.60^{b}	13.11^{e}	90.11^{e}	4.52^{e}	0.97^{d}	11.33^{ab}	9.58^{e}	1.08^{c}
		6	87.58^{e}	1.74^{bc}	12.13^{c}	85.06^{c}	4.45^{d}	1.55^{e}	11.33^{ab}	8.68^{c}	1.50^{d}
		9	77.79^{b}	1.95^{d}	10.78^{b}	80.54^{b}	4.29^{c}	1.86^{f}	11.27^{ab}	7.95^{b}	1.95^{e}
		12	74.40^{a}	2.23^{e}	10.48^{a}	78.11^{a}	4.10^{a}	2.38^{g}	11.07^{a}	7.22^{a}	2.46^{f}

Note : Physical and chemical analysis of zero time (hr.) were done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations. The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

The first and second sampling times were done in a different day.

E_w = Sample E_w was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling water before and after use according to an improval method.

ตารางที่ 35 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำตาลโตนดสดของเกษตรกรราย E_w ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°ซ นาน 12 ชั่วโมง

Sample	Sampling	Time (hr.)	Total microbial count (cfu/ml)	Yeast and mold (cfu/ml)	Lactic acid bacteria (cfu/ml)
E_w	1	0	$8.80x10^5$	$5.90x10^3$	$1.29x10^6$
		3	$1.19x10^7$	$1.32x10^5$	$4.40x10^6$
		6	$1.74x10^7$	$5.20x10^5$	$2.27x10^7$
		9	$7.10x10^7$	$1.48x10^6$	$1.58x10^8$
		12	$1.73x10^8$	$2.35x10^6$	$2.44x10^8$
	2	0	$1.60x10^6$	$7.80x10^3$	$2.97x10^6$
		3	$7.90x10^6$	$1.68x10^5$	$5.90x10^6$
		6	$9.70x10^6$	$7.40x10^5$	$1.91x10^7$
		9	$3.90x10^7$	$1.88x10^6$	$1.79x10^8$
		12	$1.70x10^8$	$5.30x10^6$	$2.13x10^8$

Note : Microbiological analysis of zero time (hr.) was done after 11 hours of palm sap arrival to the Faculty of Agro-Industry, PSU.

Each value is the mean of triplicate determinations.

The first and second sampling times were done in a different day.

E_w = Sample E_w was collected by bamboo tube, which was dipped in boiling water before and after use according to an improval method.

ตอนที่ 4 การศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้น ณ จุดผลิต

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำตาลโตนด จากเกษตรกรผู้ผลิตจำนวน 5 ราย ที่มีอาชีพประจำในการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสด และผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นในเขตจังหวัดสงขลา โดยศึกษาคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้น เพื่อติดตามความสม่ำเสมอของเกษตรกรผู้ผลิตแต่ละรายในกระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น และสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำตาลโตนดระหว่างการเคี่ยว ทุก 30 นาที จนกระทั่งได้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น ที่ผลิตได้จากการใช้วัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดที่กำหนดให้ลวกกระบอกไม้ไผ่ด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือด และน้ำต้มเดือด โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ตอน คือ (4.1) การศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตจากน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวด้วยวิธีปฏิบัติดั้งเดิม และ (4.2) การศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตจากน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวด้วยวิธีที่ควบคุมปัจจัย

4.1 การศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่เก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสดด้วยวิธีปฏิบัติดั้งเดิม

4.1.1 คุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้น

คุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้น ที่ผลิตจากน้ำตาลโตนดสด ที่เกษตรกรผู้ผลิตเก็บเกี่ยวด้วยวิธีดั้งเดิม คือ น้ำตาลโตนดสดผ่านการรองรับด้วยกระบอกไม้ไผ่ที่ลวกด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือดหลังการใช้งานของเกษตรกรผู้ผลิตจำนวน 5 ราย แทนด้วยสัญลักษณ์ A, B, C, D และ E ตามลำดับ การเก็บเกี่ยวด้วยวิธีปฏิบัติดั้งเดิม แทนด้วยสัญลักษณ์ A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} ตามลำดับ พบว่าเกษตรกรผู้ผลิตแต่ละรายมีขั้นตอนในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่คล้ายคลึงกัน แต่อาจจะมีในบางขั้นตอน ที่ปฏิบัติไม่เหมือนกัน ซึ่งสามารถแบ่งรูปแบบการเคี่ยวน้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกรผู้ผลิต ออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตที่มีการเคี่ยวน้ำตาลโตนดเข้มข้นเสร็จในรอบเดียว ใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง ได้แก่ เกษตรกรผู้ผลิตราย C_P, D_P และ E_P และกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตที่มีการเคี่ยวน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีการเติมน้ำตาลโตนดสดในกระทะ 2 รอบ ใช้เวลาประมาณ 5-6 ชั่วโมง ได้แก่ เกษตรกรผู้ผลิตราย A_P และ B_P ในแต่ละรายของเกษตรกรผู้ผลิตจะถูกสุ่มเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในช่วงฤดูร้อน การสุ่มเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 แทนด้วยสัญลักษณ์ $A_{PC}1$, $B_{PC}1$, $C_{PC}1$, $D_{PC}1$ และ $E_{PC}1$ ตามลำดับ และการสุ่มเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 แทนด้วยสัญลักษณ์ $A_{PC}2$, $B_{PC}2$, $C_{PC}2$, $D_{PC}2$ และ $E_{PC}2$ ตามลำดับ และแต่ละครั้งของการสุ่มจะวิเคราะห์ 3 ซ้ำ เพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา มีรายละเอียดดังนี้

4.1.1.1 คุณภาพทางกายภาพ

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้น พบว่าค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกรผู้ผลิตทั้ง 5 ราย ได้แก่ A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} ระหว่างการสุ่มทั้ง 2 ครั้ง มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยตัวอย่าง $A_{PC}1$, $B_{PC}1$, $C_{PC}1$, $D_{PC}1$ และ $E_{PC}1$ มีค่า L* เฉลี่ยเท่ากับ 1.89, 6.41, 32.93, 22.96 และ13.96 ตามลำดับ มีค่า a* เฉลี่ยเท่ากับ 9.87, 22.16, 23.86, 21.13 และ 15.82 ตามลำดับ ค่า b* มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.34, 11.19, 54.34, 38.47 และ 23.22 ตามลำดับ และค่าการทะลุผ่านของแสงมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.80, 5.91, 22.02, 12.92 และ 5.92 ตามลำดับ ส่วนน้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง $A_{PC}2$, $B_{PC}2$, $C_{PC}2$, $D_{PC}2$ และ $E_{PC}2$ มีค่า L* เฉลี่ยเท่ากับ 7.24, 2.50, 19.31, 23.08 และ 33.86 ตามลำดับ มีค่า a* เฉลี่ยเท่ากับ 25.52, 12.54, 26.71, 30.33 และ 29.17 ตามลำดับ ค่า b* มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.46, 4.24, 33.17, 39.60 และ 57.13 ตามลำดับ และค่าการทะลุผ่านของแสงมีค่าเท่ากับร้อยละ 6.70, 1.34, 13.07, 17.54 และ 26.31 ตามลำดับ (ตารางที่ 36) ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกรผู้ผลิตทั้ง 5 ราย ในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่ม มีสีเหลืองปนน้ำตาล ไปจนถึงสีน้ำตาลเข้ม โดยที่ตัวอย่าง A_{PC} และ B_{PC} มีสีน้ำตาลเข้มมาก ทั้งนี้อาจเนื่องจากเกษตรกรผู้ผลิตราย A และ B มีวิธีการเคี่ยวน้ำตาลโตนดเข้มข้นแบบเติมน้ำตาลโตนดสดลงในกระทะ 2 รอบ โดยในรอบที่ 2 ของการเติมน้ำตาลโตนดสดลงไป จะเติมเมื่อมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ประมาณ 30°บริกซ์ และใช้ระยะเวลาตลอดการเคี่ยวนานถึง 6 ชั่วโมง อุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ในการเคี่ยวของเกษตรกรผู้ผลิตตัวอย่าง A และ B เท่ากับ 120°ซ และ 110°ซ ตามลำดับ ขณะที่เกษตรกรผู้ผลิตราย B, C และ D ใช้เวลา 2.30-5 ชั่วโมง และอุณหภูมิสูงสุดประมาณในช่วง 27-108°ซ ดังนั้นอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเคี่ยวน้ำตาลโตนดส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี ทั้งนี้เนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด และปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชั่น และนอกจากนี้การที่วัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดเริ่มต้นของตัวอย่าง A มีค่าพีเอชต่ำที่สุด (ค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 4.20) และมีปริมาณกรดสูงสุด (ปริมาณกรดทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.11) (ข้อมูลจากการทดลองตอนที่ 3) จึงส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นได้ดี เมื่อน้ำตาลถูกให้ความร้อนโดยตรง และอยู่ในสภาวะที่มีความเป็นด่าง (Fennema, 1996)

4.1.1.2 คุณภาพทางเคมี

จากการศึกษา พบว่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และกิจกรรมการต้านออกซิเดชั่นในตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกรผู้ผลิตทั้ง 5 ราย ที่ผลิตตามวิธีดั้งเดิม ระหว่างการสุ่มเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) น้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง $A_{PC}1$, $B_{PC}1$, $C_{PC}1$, $D_{PC}1$ และ $E_{PC}1$ มีค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 4.52, 4.68, 5.05, 4.78 และ 4.88 ตามลำดับ และมีปริมาณกรดทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.44, 0.46, 0.32, 0.26 และ 0.25 ตามลำดับ ส่วนน้ำตาลโตนดเข้มข้นในตัวอย่าง $A_{PC}2$, $B_{PC}2$, $C_{PC}2$, $D_{PC}2$ และ $E_{PC}2$ มีค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 4.77, 4.60, 5.05, 4.85 และ 4.88 ตามลำดับ ค่าพีเอช ของตัวอย่าง C_{PC} และ E_{PC} ระหว่างการสุ่มทั้ง 2 ครั้ง มีความสม่ำเสมอและมีค่าใกล้เคียงกัน ปริมาณกรดทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.31, 0.48, 0.26, 0.28 และ 0.29 ตามลำดับ (ตารางที่ 36) ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ในน้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกรผู้ผลิตทั้ง 5 ราย พบว่าในตัวอย่าง A, B, C, D และ E ระหว่างการสุ่มทั้ง 2 ครั้ง มีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามในตัวอย่าง B และ C มีค่าใกล้เคียงกันระหว่างการสุ่มทั้ง 2 ครั้ง โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง $A_{PC}1$, $B_{PC}1$, $C_{PC}1$, $D_{PC}1$ และ $E_{PC}1$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 67, 64, 73, 66 และ 62 °บริกซ์ ตามลำดับ และในน้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง $A_{PC}2$, $B_{PC}2$, $C_{PC}2$, $D_{PC}2$ และ $E_{PC}2$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 61, 63, 72, 70 และ 69°บริกซ์ ตามลำดับ (ตารางที่ 36) น้ำตาลโตนดเข้มข้นจำนวน 4 ตัวอย่าง ได้แก่ $B_{PC}1$, $E_{PC}1$, $A_{PC}2$ และ $B_{PC}2$ มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มอก.155/2532) โดยมีค่าน้อยกว่า 65 °บริกซ์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในน้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกรผู้ผลิตทั้ง 5 ราย พบว่าในตัวอย่าง A, B, C, D และ E ระหว่างการสุ่มทั้ง 2 ครั้ง มีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามในตัวอย่าง E มีค่าใกล้เคียงกันระหว่างการสุ่มทั้ง 2 ครั้ง น้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง $A_{PC}1$, $B_{PC}1$, $C_{PC}1$, $D_{PC}1$ และ $E_{PC}1$ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 54.06, 52.43, 71.89, 53.23 และ 47.44 ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 19.92, 16.75, 8.45, 10.21 และ 8.63 ตามลำดับ (ตารางที่ 34) ส่วนในน้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง $A_{PC}2$, $B_{PC}2$, $C_{PC}2$, $D_{PC}2$ และ $E_{PC}2$ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 42.00, 55.33, 66.43, 61.71 และ 47.12 ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 9.96, 18.03, 11.01, 6.20 และ 11.62 ตามลำดับ (ตารางที่ 36) คุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มระหว่างการสุ่มเก็บทั้ง 2 ครั้ง มีความไม่สม่ำเสมอ ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรผู้ผลิตอาศัยประสบการณ์ส่วนบุคคลในการผลิตโดยไม่ได้มีการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการตรวจควบคุมคุณภาพ ขณะที่ปริมาณกิจกรรมการต้านออกซิเดชั่นระหว่างการสุ่มทั้ง 2 ครั้งมีค่าใกล้เคียงกันระหว่างการสุ่มทั้ง 2 ครั้ง (ตารางที่ 37)

ตารางที่ 36 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} ระหว่างการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง

Sampling	Sample	Qualities								
		Color			Transmittance	pH	Total acidity (%w/v	Total soluble	Total sugar	Reducing sugar
		L*	a*	b*	(%) at 650 nm		as lactic acid)	solid (°Brix)	(%w/w)	(%w/w)
1	$A_{PC}1$	1.89^{a}	9.87^{a}	3.34^{a}	2.80^{b}	4.52^{a}	0.44^{d}	67.07^{e}	54.06^{cd}	19.92^{g}
	$B_{PC}1$	6.41^{c}	22.16^{e}	11.19^{c}	5.91^{c}	4.68^{c}	0.46^{e}	64.07^{c}	52.43^{c}	16.75^{e}
	$C_{PC}1$	32.93^{h}	23.86^{f}	54.34^{i}	22.02^{g}	5.05^{g}	0.32^{c}	73.03^{h}	71.89^{g}	8.45^{b}
	$D_{PC}1$	22.96^{g}	21.13^{d}	38.47^{g}	12.92^{e}	4.78^{d}	0.26^{a}	66.07^{d}	53.23^{c}	10.21^{c}
	$E_{PC}1$	13.96^{e}	15.82^{c}	23.22^{e}	5.92^{c}	4.88^{f}	0.25^{a}	62.03^{b}	47.44^{b}	8.63^{b}
2	$A_{PC}2$	7.24^{d}	25.52^{g}	12.46^{d}	6.70^{d}	4.77^{d}	0.31^{c}	61.33^{a}	42.00^{a}	9.96^{c}
	$B_{PC}2$	2.50^{b}	12.54^{b}	4.24^{b}	1.34^{a}	4.60^{b}	0.48^{f}	63.67^{c}	55.33^{d}	18.03^{f}
	$C_{PC}2$	19.31^{f}	26.71^{h}	33.17^{f}	13.07^{e}	5.05^{g}	0.26^{a}	72.67^{h}	66.43^{f}	11.01^{d}
	$D_{PC}2$	23.08^{g}	30.33^{j}	39.60^{h}	17.54^{f}	4.85^{e}	0.28^{b}	70.33^{g}	61.71^{e}	6.20^{a}
	$E_{PC}2$	33.86^{i}	29.17^{i}	57.13^{j}	26.31^{h}	4.88^{f}	0.29^{b}	69.67^{f}	47.12^{b}	11.62^{d}

Note : Each value is the mean of triplicate determinations.

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

The first and second sampling times were done in a different day.

A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} and E_{PC} = Each sample was produced from palm sap that collected by bamboo tube, which was dipped in boiling palm sap after use according to a traditional method.

ตารางที่ 37 กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่นของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} ระหว่างการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง

Sampling	Sample	Antioxidant activity		
		DPPH scavenging activity (umol TE/g sample)	Ferric reducing antioxidant power (umol TE/g sample)	Reducing power
1	$A_{PC}1$	22.87^{d}	25.02^{e}	1.45^{b}
	$B_{PC}1$	20.66^{c}	23.45^{c}	1.36^{a}
	$C_{PC}1$	14.85^{a}	20.34^{b}	1.10^{a}
	$D_{PC}1$	15.48^{a}	21.02^{b}	1.22^{a}
	$E_{PC}1$	19.88^{b}	23.98^{d}	1.63^{c}
2	$A_{PC}2$	23.72^{d}	24.91^{e}	1.50^{b}
	$B_{PC}2$	21.73^{c}	19.78^{b}	1.34^{a}
	$C_{PC}2$	15.01^{a}	18.99^{a}	1.21^{a}
	$D_{PC}2$	16.02^{a}	20.76^{b}	1.12^{a}
	$E_{PC}2$	20.05^{b}	24.58^{d}	1.57^{c}

Note : Each value is the mean of triplicate determinations.

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

The first and second sampling times were done in a different day.

A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} and E_{PC} = Each sample was produced from palm sap that collected by bamboo tube, which was dipped in boiling palm sap after use according to a traditional method.

4.1.1.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ผลการวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา และปริมาณออสโมฟิลิกยีสต์ ในน้ำตาลโตนดเข้มข้นจากเกษตรกรผู้ผลิต จำนวน 5 ราย พบว่าน้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง $A_{PC}1$, $B_{PC}1$, $C_{PC}1$, $D_{PC}1$ และ $E_{PC}1$ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ $3.0x10^4$, $6.0x10^4$, $9.0x10^4$, $7.8x10^4$ และ $5.2x10^4$ cfu/g ตามลำดับ และในน้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง $A_{PC}2$, $B_{PC}2$, $C_{PC}2$, $D_{PC}2$ และ $E_{PC}2$ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ $4.0x10^4$, $5.6x10^4$, $9.8x10^4$, $1.21x10^5$ และ $1.48x10^5$ cfu/g ตามลำดับ (ตารางที่ 38) โดยน้ำตาลโตนดเข้มข้นทั้งหมดจำนวน10 ตัวอย่าง มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.113/2546) ซึ่งได้กำหนดไว้ว่าจะต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 500 cfu/g ส่วนผลการวิเคราะห์หาปริมาณยีสต์และรา ในน้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง $A_{PC}1$, $B_{PC}1$, $C_{PC}1$, $D_{PC}1$ และ $E_{PC}1$ พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2.0x10^4$, $4.0x10^4$, $2.4x10^4$, $2.0x10^4$ และ $1.4x10^4$ cfu/g ตามลำดับ และในตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น $A_{PC}2$, $B_{PC}2$, $C_{PC}2$, $D_{PC}2$ และ $E_{PC}2$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2.2x10^4$, $4.7x10^4$, $2.2x10^4$, $1.8x10^4$ และ $1.3x10^4$ cfu/g ตามลำดับ (ตารางที่ 38) โดยน้ำตาลโตนดเข้มข้นทั้งหมดจำนวน 10 ตัวอย่างมีปริมาณยีสต์และราเกินเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.113/2546) ซึ่งกำหนดไว้จะต้องมีปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 100 cfu/g ส่วนผลการวิเคราะห์หาปริมาณออสโมฟิลิกยีสต์ ในน้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง $A_{PC}1$, $B_{PC}1$, $C_{PC}1$, $D_{PC}1$ และ $E_{PC}1$ พบว่ามีปริมาณออสโมฟิลิกยีสต์เฉลี่ยเท่ากับ $1.1x10^5$, $2.2x10^5$, $4.6x10^5$, $4.0x10^5$ และ $2.1x10^5$ cfu/g ตามลำดับ และในน้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง $A_{PC}2$, $B_{PC}2$, $C_{PC}2$, $D_{PC}2$ และ $E_{PC}2$ มีปริมาณออสโมฟิลิกยีสต์เฉลี่ยเท่ากับ $1.5x10^5$, $2.5x10^5$, $5.2x10^5$, $5.0x10^5$ และ $1.9x10^5$ cfu/g ตามลำดับ (ตารางที่ 38) ซึ่งโดยทั่วไปออสโมฟิลิกยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีปริมาณน้ำตาลสูง และถูกทำลายได้ยาก เนื่องจากมีน้ำตาลป้องกันส่วนของสปอร์อยู่ จึงทำให้จุลินทรีย์สามารถทนต่อความร้อนจากการเคี่ยวได้ (ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์, 2524) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของนิสา อินทอง (2539) ที่พบว่ายีสต์ที่พบเป็นส่วนมากในน้ำตาลโตนดเข้มข้น คือ osmophilic yeast มีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ $4.23x10^6$ cfu/g

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์สามารถเกิดขึ้นทั้งระหว่างการเก็บเกี่ยว ภายหลังการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสด หรือ ระหว่างการแปรรูป และระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ การปนเปื้อนจากช่อดอก อากาศ และแมลง การแขวนกระบอกไม้ไผ่หงายทิ้งไว้ ขณะระหว่างรอการเคี่ยว และการลวกกระบอกไม้ไผ่ด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือด น้ำตาลที่เคลือบอยู่บริเวณภายในกระบอกไม้ไผ่ และการบรรจุในภาชนะที่ไม่สะอาด ที่อุณหภูมิห้องอาจมีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์สูงขึ้นได้ ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์จะสามารถใช้น้ำตาลเป็นอาหารในการเจริญเติบโต (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2537; เรณุกา แจ่มฟ้า, 2545) แต่อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดจะถูกทำลายไปบางส่วน ระหว่างกระบวนการเคี่ยวน้ำตาลโตนดเข้มข้น เนื่องจากใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลานาน และเมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษายาวนานขึ้น จุลินทรีย์อาจเกิดการปนเปื้อนในน้ำตาลโตนดเข้มข้น และนอกจากนี้อาจขึ้นอยู่กับการปฏิบัติของเกษตรกรผู้ผลิตระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นก่อนการจำหน่าย ที่อาจส่งเสริมให้ปริมาณจุลินทรีย์มีโอกาสเจริญเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นเสื่อมเสีย

ตารางที่ 38 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} ระหว่างการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง

Sampling	Sample	Total microbial count (cfu/g)	Yeast and mold (cfu/g)	Osmophillic yeast (cfu/g)
1	$A_{PC}1$	$3.0x10^4$	$2.0x10^4$	$1.1x10^5$
	$B_{PC}1$	$6.0x10^4$	$4.0x10^4$	$2.2x10^5$
	$C_{PC}1$	$9.0x10^4$	$2.4x10^4$	$4.6x10^5$
	$D_{PC}1$	$7.8x10^4$	$2.0x10^4$	$4.0x10^5$
	$E_{PC}1$	$5.2x10^4$	$1.4x10^4$	$2.1x10^5$
2	$A_{PC}2$	$4.0x10^4$	$2.2x10^4$	$1.5x10^5$
	$B_{PC}2$	$5.6x10^4$	$4.7x10^4$	$2.5x10^5$
	$C_{PC}2$	$9.8x10^4$	$2.2x10^4$	$5.2x10^5$
	$D_{PC}2$	$1.21x10^5$	$1.8x10^4$	$5.0x10^5$
	$E_{PC}2$	$1.48x10^5$	$1.3x10^4$	$1.9x10^5$

Note : Each value is the mean of triplicate determinations.

The first and second sampling times were done in a different day.

A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} and E_{PC} = Each sample was produced from palm sap that collected by bamboo tube, which was dipped in boiling palm sap after use according to a traditional method.

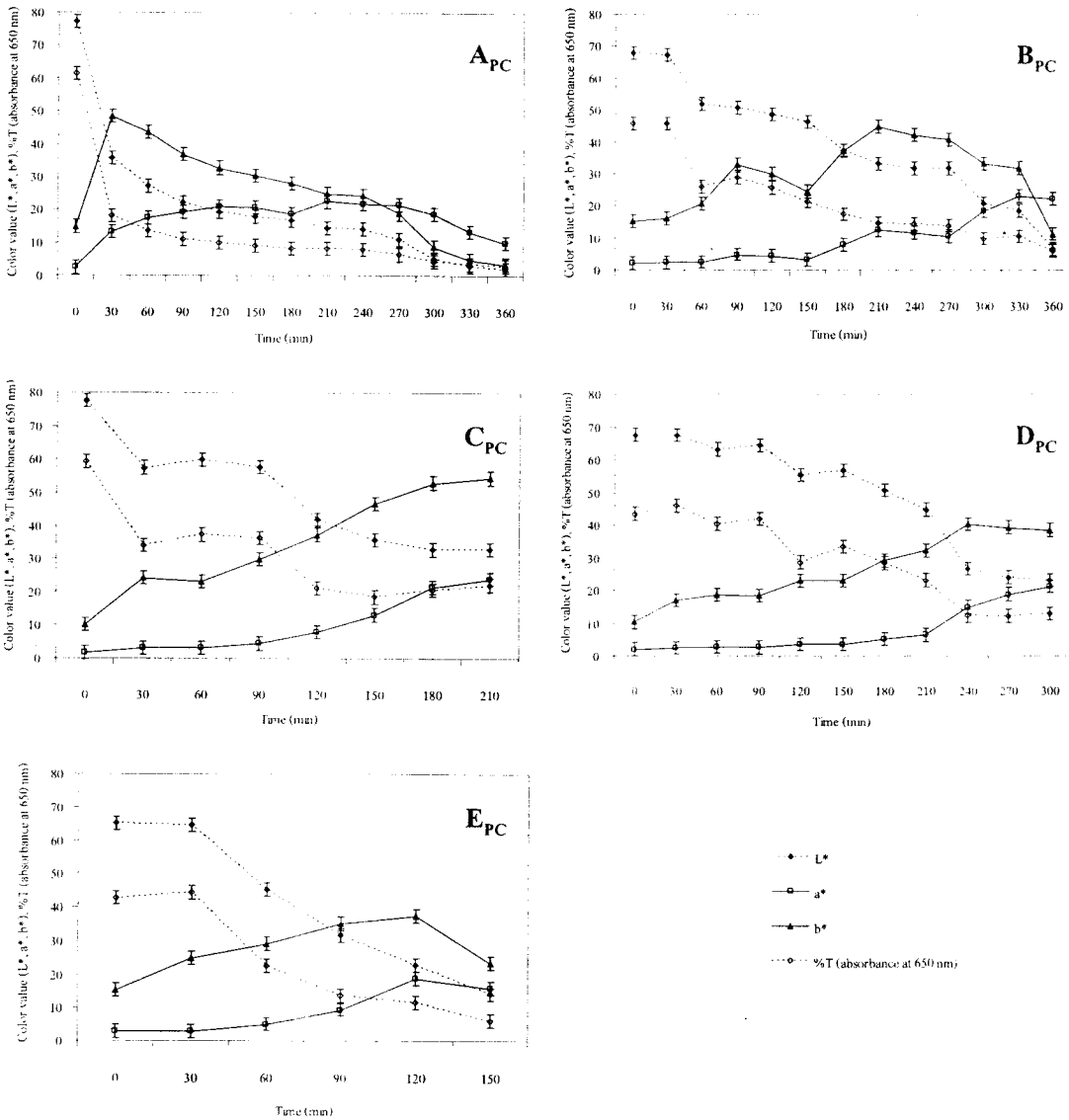
4.1.2 คุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นระหว่างการเคี่ยวทุก 30 นาที

จากการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น ซึ่งได้จากการเคี่ยวของเกษตรกรผู้ผลิต 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตที่เคี่ยวน้ำตาลโตนดเข้มข้นโดยเติมน้ำตาลโตนดสดในกระทะรอบเดียว ซึ่งจะใช้วัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดเริ่มต้นประมาณ 50 ลิตร ได้แก่ เกษตรกรผู้ผลิตตัวอย่าง C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} โดยตัวอย่าง C_{PC} ใช้ระยะเวลา 3.30 ชั่วโมง และอุณหภูมิระหว่างเคี่ยวระหว่าง 27-104°ซ, ตัวอย่าง D_{PC}ใช้ระยะเวลา 5 ชั่วโมง และอุณหภูมิระหว่างเคี่ยวระหว่าง 28-108°ซ และตัวอย่าง E_{PC} ใช้ระยะเวลา 2.30 ชั่วโมง และอุณหภูมิระหว่างเคี่ยวระหว่าง 28-108°ซ ตามลำดับ และกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตที่เคี่ยวน้ำตาลโตนดเข้มข้นโดยเติมน้ำตาลโตนดสดในกระทะ 2 รอบ ใช้วัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดเริ่มต้นประมาณ 80 ลิตร โดยในรอบแรกของการเติมน้ำตาลโตนดลงในกระทะประมาณ 50 ลิตร และในรอบที่สองของการเติมน้ำตาลโตนดลงในกระทะจะเติมลงไปเมื่อน้ำตาลโตนดมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดประมาณ 30°บริกซ์ แล้ว และจากนั้นเกษตรกรผู้ผลิตเคี่ยวจนกระทั่งได้เป็น

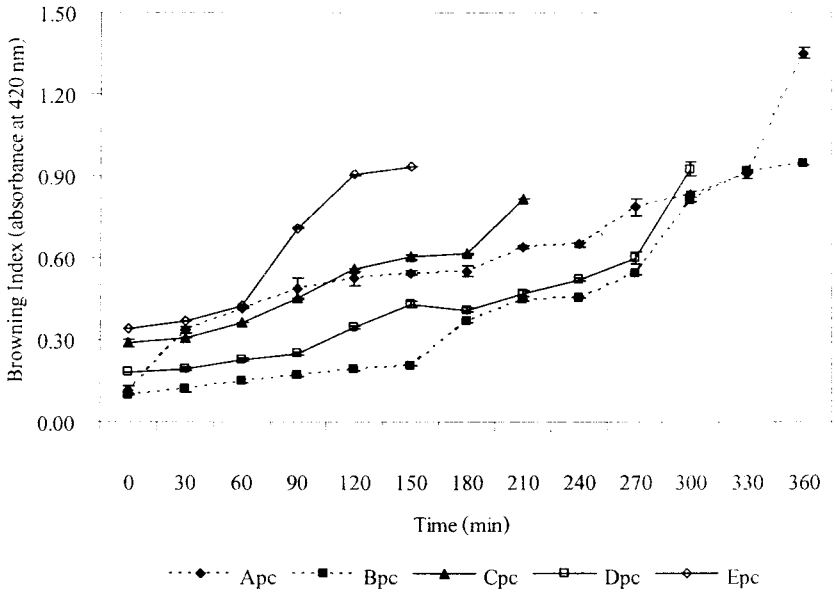
น้ำตาลโตนดเข้มข้น ได้แก่ เกษตรกรผู้ผลิตตัวอย่าง A_{PC} และ B_{PC} ตัวอย่าง A_{PC}ใช้ระยะเวลา 6 ชั่วโมง โดยสุ่มเก็บตัวอย่างระหว่างการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น ทุก 30 นาที ตั้งแต่เริ่มเคี่ยวจนกระทั่งได้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น อุณหภูมิระหว่างเคี่ยว 35-110°ซ วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมี จำนวน 3 ซ้ำ มีรายละเอียดดังนี้

4.1.2.1 คุณภาพทางกายภาพ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า L*, a*, b* ค่าการทะลุผ่านของแสง และค่าดัชนีการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของตัวอย่าง A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} พบว่า มีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยในตัวอย่างเริ่มต้นของ A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} มีค่า L* เท่ากับ 77.14, 67.76, 77.53, 67.47 และ 65.16 ตามลำดับ ค่า a* เท่ากับ 2.42, 2.13, 1.74, 2.02 และ 2.86 ตามลำดับ ค่า b* เท่ากับ 14.83, 15.11, 10.01, 10.29 และ 15.28 ตามลำดับ ค่าการทะลุผ่านของแสงมีค่าเท่ากับร้อยละ 61.29, 45.66, 59.23, 43.34 และ 42.73 ตามลำดับ และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล เท่ากับ 0.12, 0.10, 0.29, 0.16 และ 0.34 ตามลำดับ และตัวอย่าง ณ เวลาสุดท้าย เมื่อสิ้นสุดการเคี่ยว A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} มีค่า L* เท่ากับ 1.89, 6.41, 32.93, 22.96 และ 13.96 ตามลำดับ ค่า a* เท่ากับ 9.87, 22.16, 23.86, 21.13 และ 15.82 ตามลำดับ ค่า b* เท่ากับ 3.34, 11.19, 54.34, 38.47 และ 23.22 ตามลำดับ ค่าการทะลุผ่านของแสงมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.80, 5.91, 22.02, 12.92 และ 5.92 ตามลำดับ และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 1.35, 0.94, 0.82, 0.81 และ 0.93 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อให้ความร้อนแก่ตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่อุณหภูมิสูงขึ้น อยู่ในช่วงประมาณ 28-120°ซ และใช้ระยะเวลานาน 150-360 นาที ส่งผลให้ค่า L* และค่าการทะลุผ่านของแสงมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 4) ในขณะที่ดัชนีการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 5) เนื่องจากระหว่างการให้ความร้อนแก่วัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดที่ระยะเวลานานขึ้นในกระทะแบบเปิด ทำให้น้ำระเหยออกไป และเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลขึ้น จึงส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดที่มีความเข้มข้น และสีเข้มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Rao และคณะ (2009) ที่รายงานว่าระหว่างการให้ความร้อนแก่ตัวอย่างน้ำตาลโตนดสด ที่อุณหภูมิประมาณ 30-120°ซ เป็นระยะเวลานาน 140 นาที ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้นประมาณร้อยละ 16.8 เคี่ยวจนกระทั่งได้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดประมาณร้อยละ 80 ส่งผลให้ L* มีค่าลดลงจาก 65 ไปจนถึงประมาณ 35 ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นได้ว่าการให้ความร้อนแก่ตัวอย่างน้ำตาลโตนดสดที่ระยะเวลานานขึ้นส่งผลให้น้ำตาลโตนดมีสีเข้มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด และปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชั่น (Fennema, 1996)



ภาพที่ 4 ค่า L*, a*, b* และค่า transmittance ระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC}

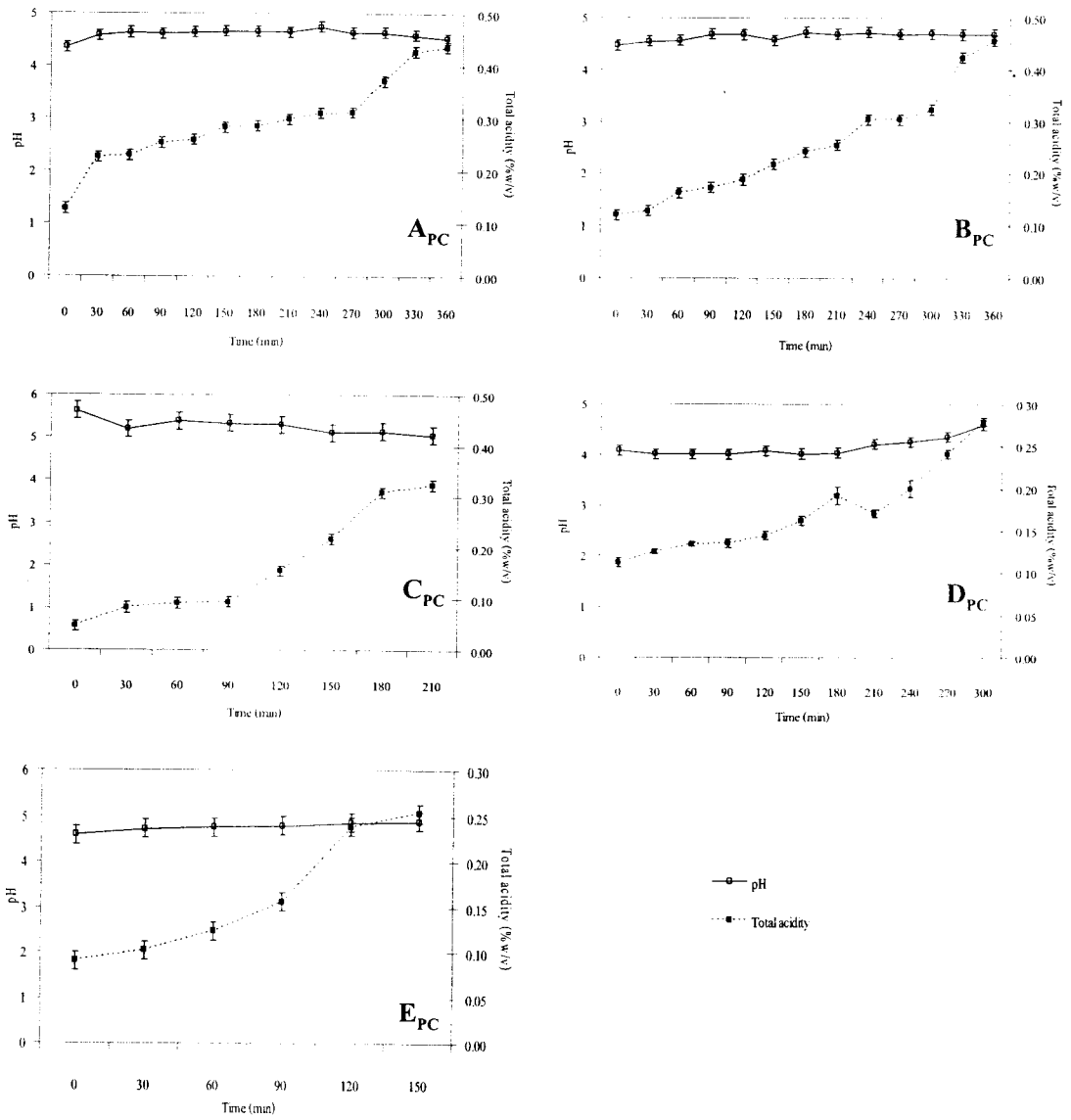


ภาพที่ 5 ค่า Browning index ระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC}

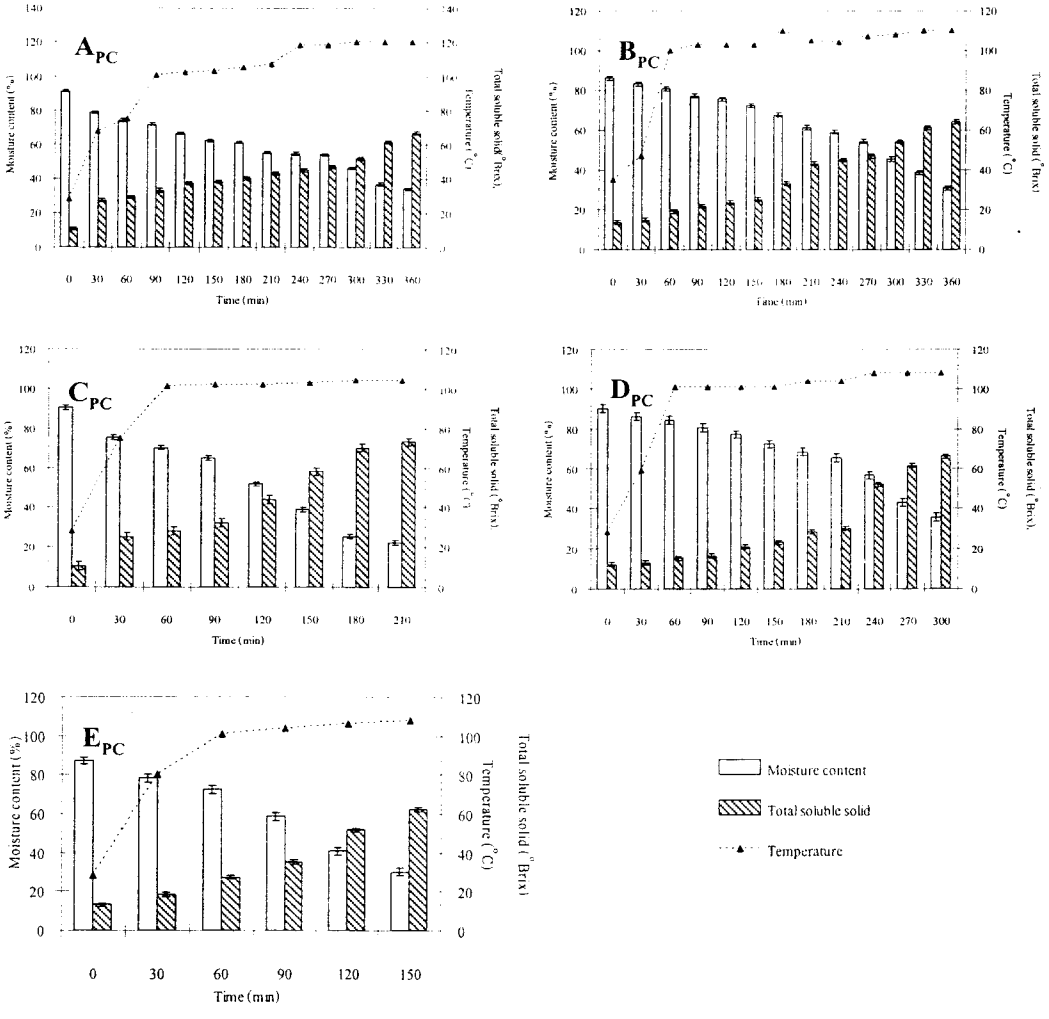
4.1.2.2 คุณภาพทางเคมี

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในตัวอย่าง A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} ที่สุ่มเก็บระหว่างการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น ทุก 30 นาที ของแต่ละตัวอย่าง พบว่ามีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยในตัวอย่างเริ่มต้นของ A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.34, 4.46, 5.63, 4.13 และ 4 58 ตามลำดับ ปริมาณกรดทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.13, 0.12, 0.05, 0.08 และ 0.09 ตามลำดับ ปริมาณน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 91.26, 86.14, 90.24, 89.88 และ 87.11 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 10.61, 13.40, 10.42, 12.07 และ 13.07 ตามลำดับ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 7.48, 8.61, 12.87, 11.31 และ 11.17 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 1.96, 0.88, 1.13, 0.84 และ 1.20 ตามลำดับ และตัวอย่าง ณ เวลาสุดท้าย เมื่อสิ้นสุดการเคี่ยว A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.52, 4.68, 5.05, 4.78 และ 4.87 ตามลำดับ ปริมาณกรดทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.44, 0.46, 0.32, 0.26 และ 0.25 ตามลำดับ ปริมาณน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 34.27, 30.66, 22.09, 28.97 และ 30.09 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 67.03, 64.00, 73.00, 66.17 และ 62.33 ตามลำดับ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 54.06, 52.43, 71.89, 62.95 และ 52.12 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 19.92, 16.75, 8.45, 10.21 และ 8.63 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนนานขึ้น ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณน้ำมีค่าลดลง (ภาพที่ 6-8) เนื่องจากน้ำซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในน้ำตาลโตนดสดระเหยออกไปในปริมาณมาก ปริมาณน้ำจึงมีค่าลดลง และปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ระหว่างกระบวนการเคี่ยว เพื่อผลิตเป็นน้ำตาลโตนดเข้มข้น น้ำตาลซูโครสจะเปลี่ยนไปอยู่

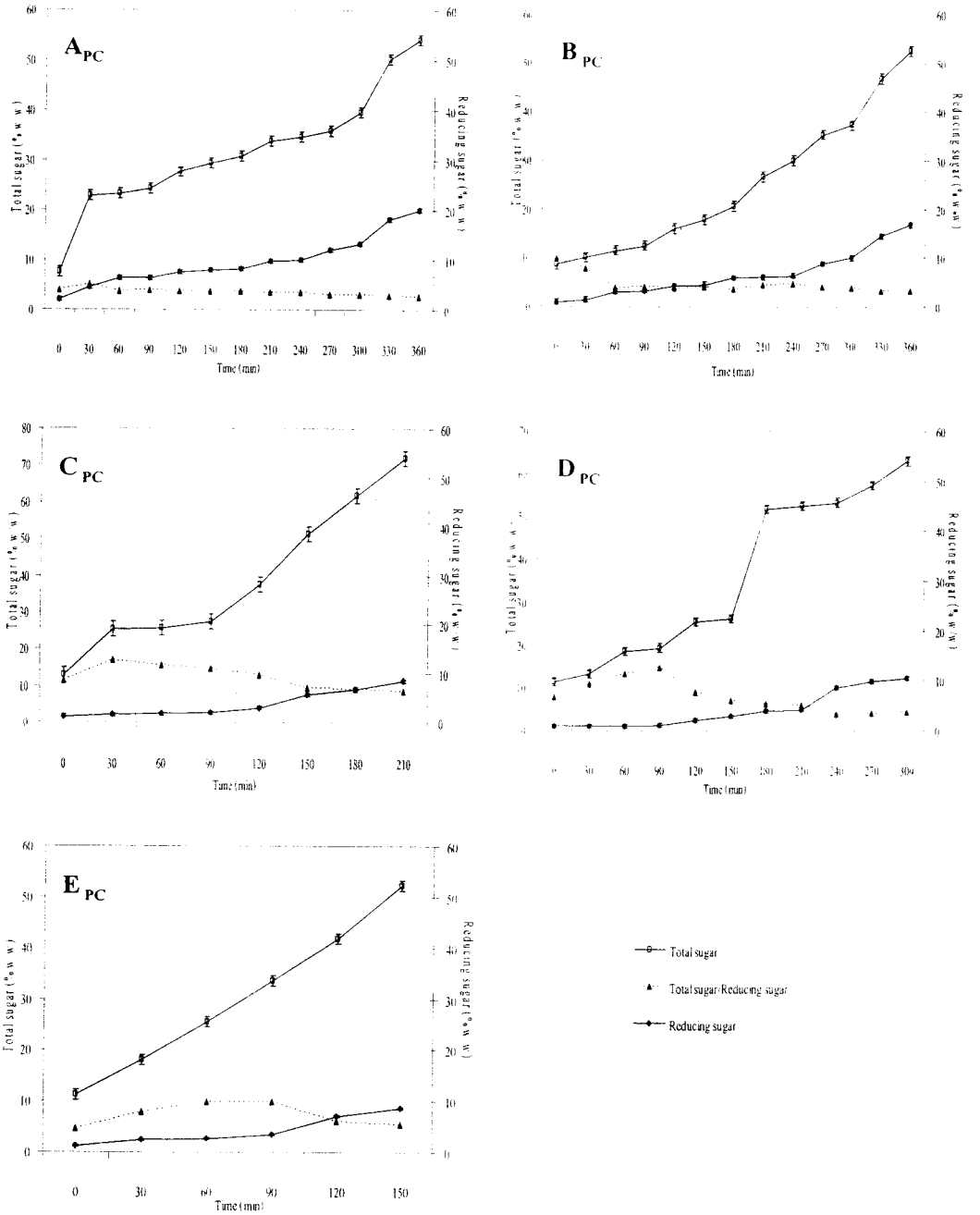
ในรูปน้ำตาลกลูโคส และ ฟรุกโตสซึ่งมีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ ผ่านปฏิกิริยาอินเวอร์ชั่นได้ จึงทำให้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มสูงขึ้น (Fennema, 1996)



ภาพที่ 6 ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC}



ภาพที่ 7 ปริมาณน้ำและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC}



ภาพที่ 8 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC}

4.2 การศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่เก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสดด้วยวิธีควบคุมปัจจัย

4.2.1 คุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้น

คุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้น ที่ผลิตจากน้ำตาลโตนดสดซึ่งเกษตรกรผู้ผลิตเก็บเกี่ยวด้วยวิธีที่ควบคุมปัจจัย คือ น้ำตาลโตนดสดที่ผ่านการรองรับด้วยกระบอกไม้ไผ่ที่ลวกด้วยน้ำต้มเดือด ก่อน และหลังการใช้

งานของเกษตรกรผู้ผลิต จำนวน 5 ราย ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} ตามลำดับ ในแต่ละรายของเกษตรกรผู้ผลิตจะถูกสุ่มเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในช่วงฤดูร้อน การสุ่มเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 แทนด้วยสัญลักษณ์ $A_{WC}1$, $B_{WC}1$, $C_{WC}1$, $D_{WC}1$ และ $E_{WC}1$ ตามลำดับ และการสุ่มเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 แทนด้วยสัญลักษณ์ $A_{WC}2$, $B_{WC}2$, $C_{WC}2$, $D_{WC}2$ และ $E_{WC}2$ ตามลำดับ ในแต่ละครั้งของการสุ่มจะวิเคราะห์ 3 ซ้ำ วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1.1 คุณภาพทางกายภาพ

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้น พบว่าค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสงของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกรผู้ผลิตทั้ง 5 ราย ได้แก่ A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} ระหว่าง 2 ครั้งของการสุ่มเก็บตัวอย่าง มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยตัวอย่าง $A_{WC}1$, $B_{WC}1$, $C_{WC}1$, $D_{WC}1$ และ $E_{WC}1$ มีค่า L* เฉลี่ยเท่ากับ 22.76, 35.78, 63.90, 62.83 และ 39.02 ตามลำดับ มีค่า a* เฉลี่ยเท่ากับ 9.87, 11.88, 5.93, 9.72 และ 11.59 ตามลำดับ มีค่า b* เฉลี่ยเท่ากับ 23.34, 31.25, 45.81, 57.45, 43.61 ตามลำดับ และค่าการทะลุผ่านของแสงมีค่าเท่ากับร้อยละ 32.97, 35.81, 44.52, 50.66 และ 21.16 ตามลำดับ (ตารางที่ 39) ส่วนน้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง $A_{WC}2$, $B_{WC}2$, $C_{WC}2$, $D_{WC}2$ และ $E_{WC}2$ มีค่า L* เฉลี่ยเท่ากับ 38.62, 45.35, 68.13, 60.23 และ 45.94 ตามลำดับ มีค่า a* เฉลี่ยเท่ากับ 4.58, 6.37, 4.68, 5.43 และ 9.66 ตามลำดับ มีค่า b* เฉลี่ยเท่ากับ 32.37, 44.06, 55.35, 52.16 และ 49.54 ตามลำดับ และค่าการทะลุผ่านของแสงมีค่าเท่ากับร้อยละ 39.98, 52.44, 63.55, 59.29 และ 39.61 ตามลำดับ (ตารางที่ 39) โดยที่ตัวอย่าง $A_{WC}1$ มีสีเข้มที่สุด และตัวอย่าง $E_{WC}1$ มีความข่นมากที่สุด

4.2.1.2 คุณภาพทางเคมี

จากการศึกษา พบว่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกรผู้ผลิตทั้ง 5 ราย ที่ผลิตตามวิธีควบคุมปัจจัย ระหว่างการสุ่มเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยในน้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง $A_{WC}1$, $B_{WC}1$, $C_{WC}1$, $D_{WC}1$ และ $E_{WC}1$ มีค่าพีเอช เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 5.13, 5.22, 5.36, 5.43 และ 5.66 ตามลำดับ และมีปริมาณกรดทั้งหมด เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.28, 0.20, 0.13, 0.12 และ 0.10 ตามลำดับ ส่วนน้ำตาลโตนดเข้มข้นในตัวอย่าง $A_{WC}2$, $B_{WC}2$, $C_{WC}2$, $D_{WC}2$ และ $E_{WC}2$ มีค่าพีเอช เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 5.07, 5.29, 5.50, 5.34 และ 5.76 ตามลำดับ และมีค่าปริมาณกรดทั้งหมด เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.33, 0.19, 0.10, 0.14 และ 0.08 ตามลำดับ (ตารางที่ 39)

ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกรผู้ผลิตทั้ง 5 ราย ระหว่างการสุ่มเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง พบว่ามีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น $A_{WC}1$, $B_{WC}1$, $C_{WC}1$, $D_{WC}1$ และ $E_{WC}1$ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 68.02, 66.52, 71.89, 70.34 และ 69.83°บริกซ์ ตามลำดับ ขณะที่ตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น $A_{WC}2$, $B_{WC}2$, $C_{WC}2$, $D_{WC}2$ และ $E_{WC}2$ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 67.00, 70.00, 71.17, 68.17 และ 70.33°บริกซ์ ตามลำดับ และทุกตัวอย่างมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มอก.155/2532) ที่กำหนดไว้ว่า ผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจะต้องมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่น้อยกว่า 65°บริกซ์ ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในน้ำตาลโตนดเข้มข้น พบว่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยในน้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง $A_{WC}1$, $B_{WC}1$, $C_{WC}1$, $D_{WC}1$ และ $E_{WC}1$ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 42.29, 42.63, 54.26, 49.72 และ 44.00 ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 5.22, 4.86, 3.49, 3.61 และ 1.97 ตามลำดับ (ตารางที่ 39) ส่วนในน้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง $A_{WC}2$, $B_{WC}2$, $C_{WC}2$, $D_{WC}2$ และ $E_{WC}2$ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 61.12, 64.90, 67.25, 61.32 และ 67.63 ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 5.47, 3.79, 2.86, 3.44 และ 2.83 ตามลำดับ (ตารางที่ 39) ความแตกต่างของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในน้ำตาลโตนดเข้มข้นระหว่างการสุ่มเก็บทั้ง 2 ครั้ง มีความไม่สม่ำเสมอ ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรผู้ผลิตอาศัยประสบการณ์ส่วนบุคคลในการผลิต โดยไม่ได้มีการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการตรวจควบคุมคุณภาพ ส่วนขณะที่ปริมาณกิจกรรมการต้านออกซิเดชั่นระหว่างการสุ่มทั้ง 2 ครั้งมีค่าใกล้เคียงกันระหว่างการสุ่มทั้ง 2 ครั้ง (ตารางที่ 40)

ตารางที่ 39 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} ระหว่างการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง

Sampling	Sample	Qualities								
		Color			Transmittance	pH	Total acidity (%w/v	Total soluble	Total sugar	Reducing sugar
		L*	a*	b*	(%) at 650 nm		as lactic acid)	solid (°Brix)	(%w/w)	(%w/w)
1	$A_{WC}1$	22.76^{a}	9.87^{c}	23.34^{a}	32.97^{b}	5.13^{b}	0.28^{f}	68.02^{b}	42.29^{a}	5.22^{f}
	$B_{WC}1$	35.78^{b}	11.88^{f}	31.25^{b}	35.81^{c}	5.22^{c}	0.20^{e}	66.52^{a}	42.63^{a}	4.86^{e}
	$C_{WC}1$	63.90^{f}	5.93^{c}	45.81^{d}	44.52^{e}	5.36^{f}	0.13^{cd}	71.89^{e}	54.26^{c}	3.49^{c}
	$D_{WC}1$	62.83^{f}	9.72^{e}	57.45^{h}	50.66^{f}	5.43^{g}	0.12^{bc}	70.34^{cd}	49.72^{b}	3.61^{cd}
	$E_{WC}1$	39.02^{c}	11.59^{f}	43.61^{c}	21.16^{a}	5.66^{i}	0.10^{b}	69.83^{c}	44.00^{a}	1.97^{a}
2	$A_{WC}2$	38.62^{c}	4.58^{a}	32.37^{b}	39.98^{d}	5.07^{a}	0.33^{g}	67.00^{a}	61.12^{d}	5.47^{g}
	$B_{WC}2$	45.35^{d}	6.37^{d}	44.06^{c}	52.44^{f}	5.29^{d}	0.19^{e}	70.00^{c}	64.90^{e}	3.79^{d}
	$C_{WC}2$	68.13^{g}	4.68^{a}	55.35^{g}	63.55^{h}	5.50^{h}	0.10^{b}	71.17^{de}	67.25^{f}	2.86^{b}
	$D_{WC}2$	60.23^{e}	5.43^{b}	52.16^{f}	59.29^{g}	5.34^{e}	0.14^{d}	68.17^{b}	61.32^{d}	3.44^{c}
	$E_{WC}2$	45.94^{d}	9.66^{e}	49.54^{e}	39.61^{d}	5.76^{j}	0.08^{a}	70.33^{cd}	67.63^{f}	2.83^{b}

Note : Each value is the mean of triplicate determinations.

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

The first and second sampling times were done in a different day.

A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} and E_{WC} = Each sample was produced from palm sap that collected by bamboo tube, which was dipped in boiling water after use according to an improval method.

ตารางที่ 40 กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่นของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} ระหว่างการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง

Sampling	Sample	Antioxidant activity		
		DPPH scavenging activity (umol TE/g sample)	Ferric reducing antioxidant power (umol TE/g sample)	Reducing power
1	$A_{WC}1$	23.87^{d}	26.98^{e}	1.55^{b}
	$B_{WC}1$	22.37^{c}	24.01^{c}	1.26^{a}
	$C_{WC}1$	15.14^{a}	19.89^{b}	1.18^{a}
	$D_{WC}1$	14.65^{a}	20.23^{b}	1.11^{a}
	$E_{WC}1$	20.57^{b}	25.78^{d}	1.68^{c}
2	$A_{WC}2$	24.01^{d}	26.72^{e}	1.58^{b}
	$B_{WC}2$	22.04^{c}	20.55^{b}	1.22^{a}
	$C_{WC}2$	14.98^{a}	17.98^{a}	1.10^{a}
	$D_{WC}2$	15.89^{a}	19.97^{b}	1.19^{a}
	$E_{WC}2$	20.22^{b}	25.79^{d}	1.71^{c}

Note : Each value is the mean of triplicate determinations.

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

The first and second sampling times were done in a different day.

A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} and E_{WC} = Each sample was produced from palm sap that collected by bamboo tube, which was dipped in boiling water after use according to an improval method.

4.2.1.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกรผู้ผลิตทั้ง 5 ราย ได้แก่ ตัวอย่าง A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} ระหว่างการสุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 2 ครั้ง พบว่า ตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง $A_{WC}1$, $B_{WC}1$, $C_{WC}1$, $D_{WC}1$ และ $E_{WC}1$ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ $2.34x10^3$, $1.72x10^3$, $2.85x10^2$, $4.60x10^2$ และ $2.62x10^2$ cfu/g ตามลำดับ และตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น $A_{WC}2$, $B_{WC}2$, $C_{WC}2$, $D_{WC}2$ และ $E_{WC}2$ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ $3.45x10^3$, $4.12x10^2$, $1.83x10^2$, $2.71x10^2$ และ $2.46x10^2$ cfu/g ตามลำดับ (ตารางที่ 37) และเมื่อพิจารณาตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นทั้งหมด พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลโตนดเข้มข้น (มผช.113/2546) ซึ่งกำหนดคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นไว้ว่าจะต้องปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 500 cfu/g และจากการศึกษาคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกรในเขต จ. สงขลาของ สุกัญญา จันทะชุม (2547) และรัตนชัย กั้นเกตุ (2535) พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินค่ามาตรฐานโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $1.3x10^3$-$2.20x10^3$ cfu/g ส่วนผลการวิเคราะห์หาปริมาณยีสต์ และราในตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} ระหว่างการสุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 2 ครั้ง พบว่าตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น $A_{WC}1$, $B_{WC}1$, $C_{WC}1$, $D_{WC}1$ และ $E_{WC}1$ มีปริมาณยีสต์และราเฉลี่ยเท่ากับ $2.43x10^2$, $1.64x10^2$,$1.58x10^2$,$1.86x10^2$ และ $1.28x10^2$ cfu/g ตามลำดับ และตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น $A_{WC}2$, $B_{WC}2$, $C_{WC}2$, $D_{WC}2$ และ $E_{WC}2$ มีปริมาณยีสต์และราเฉลี่ยเท่ากับ $2.62x10^2$, $1.03x10^2$, $1.22x10^2$, $1.54x10^2$ และ $1.10x10^2$ cfu/g ตามลำดับ (ตารางที่ 41) และเมื่อพิจารณาตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นทั้งหมด พบว่ามีปริมาณยีสต์ และราไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลโตนดเข้มข้น (มผช.113/2546) ซึ่งกำหนดคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นไว้ว่าจะต้องปริมาณยีสต์ และราไม่เกิน 100 cfu/g และจากการศึกษาคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้นของเกษตรกร ในเขตจังหวัดสงขลา ของสุกัญญา จันทะชุม (2547) และรัตนชัย กั้นเกตุ (2535) พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นมีปริมาณยีสต์ และราเกินค่ามาตรฐานโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $3.60x10^3$-$3.70x10^3$ cfu/g

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณออสโมฟิลิกยีสต์ในตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น $A_{WC}1$, $B_{WC}1$, $C_{WC}1$, $D_{WC}1$ และ $E_{WC}1$ พบว่าปริมาณออสโมฟิลิกยีสต์เฉลี่ยเท่ากับ $2.00x10^4$, $3.20x10^4$, $2.30x10^4$, $3.00x10^4$ และ $2.87x10^4$ cfu/g ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น $A_{WC}2$, $B_{WC}2$, $C_{WC}2$, $D_{WC}2$ และ $E_{WC}2$ มีปริมาณออสโมฟิลิกยีสต์เฉลี่ยเท่ากับ $2.5x10^4$, $2.80x10^4$, $2.50x10^4$, $2.68x10^4$ และ $2.15x10^4$ cfu/g ตามลำดับ (ตารางที่ 41) ซึ่งจะเห็นได้ในตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นในทั้ง 2 ครั้งของการสุ่มมีปริมาณออสโมฟิลิกยีสต์อยู่สูง ทั้งนี้เนื่องจากออสโมฟิลิกยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดี ในสภาวะที่มีปริมาณน้ำตาลสูง ค่าพีเอชต่ำ และออสโมฟิลิกยีสต์ยังถูกทำลายได้ยาก เพราะมีน้ำตาลป้องกันสปอร์อยู่ จึงทำให้สามารถทนต่อความร้อนจากการเคี่ยวได้ (ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์, 2524) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของนิสา อินทอง (2539) ที่พบว่ายีสต์ส่วนมากในน้ำตาลโตนดเข้มข้น คือ osmophilic yeast โดยมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ $4.23x10^6$ cfu/g

ตารางที่ 41 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} ระหว่างการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง

Sampling	Sample	Total microbial count (cfu/g)	Yeast and mold (cfu/g)	Osmophillic yeast (cfu/g)
1	$A_{WC}1$	$2.34x10^3$	$2.43x10^2$	$2.00x10^4$
	$B_{WC}1$	$1.72x10^3$	$1.64x10^2$	$3.20x10^4$
	$C_{WC}1$	$2.85x10^2$	$1.58x10^2$	$2.30x10^4$
	$D_{WC}1$	$4.60x10^2$	$1.86x10^2$	$3.00x10^4$
	$E_{WC}1$	$2.62x10^2$	$1.28x10^2$	$2.87x10^4$
2	$A_{WC}2$	$3.45x10^3$	$2.62x10^2$	$2.5x10^4$
	$B_{WC}2$	$4.12x10^2$	$1.03x10^2$	$2.80x10^4$
	$C_{WC}2$	$1.83x10^2$	$1.22x10^2$	$2.50x10^4$
	$D_{WC}2$	$2.71x10^2$	$1.54x10^2$	$2.68x10^4$
	$E_{WC}2$	$2.46x10^2$	$1.10x10^2$	$2.15x10^4$

Note : Each value is the mean of triplicate determinations.

The first and second sampling times were done in a different day.

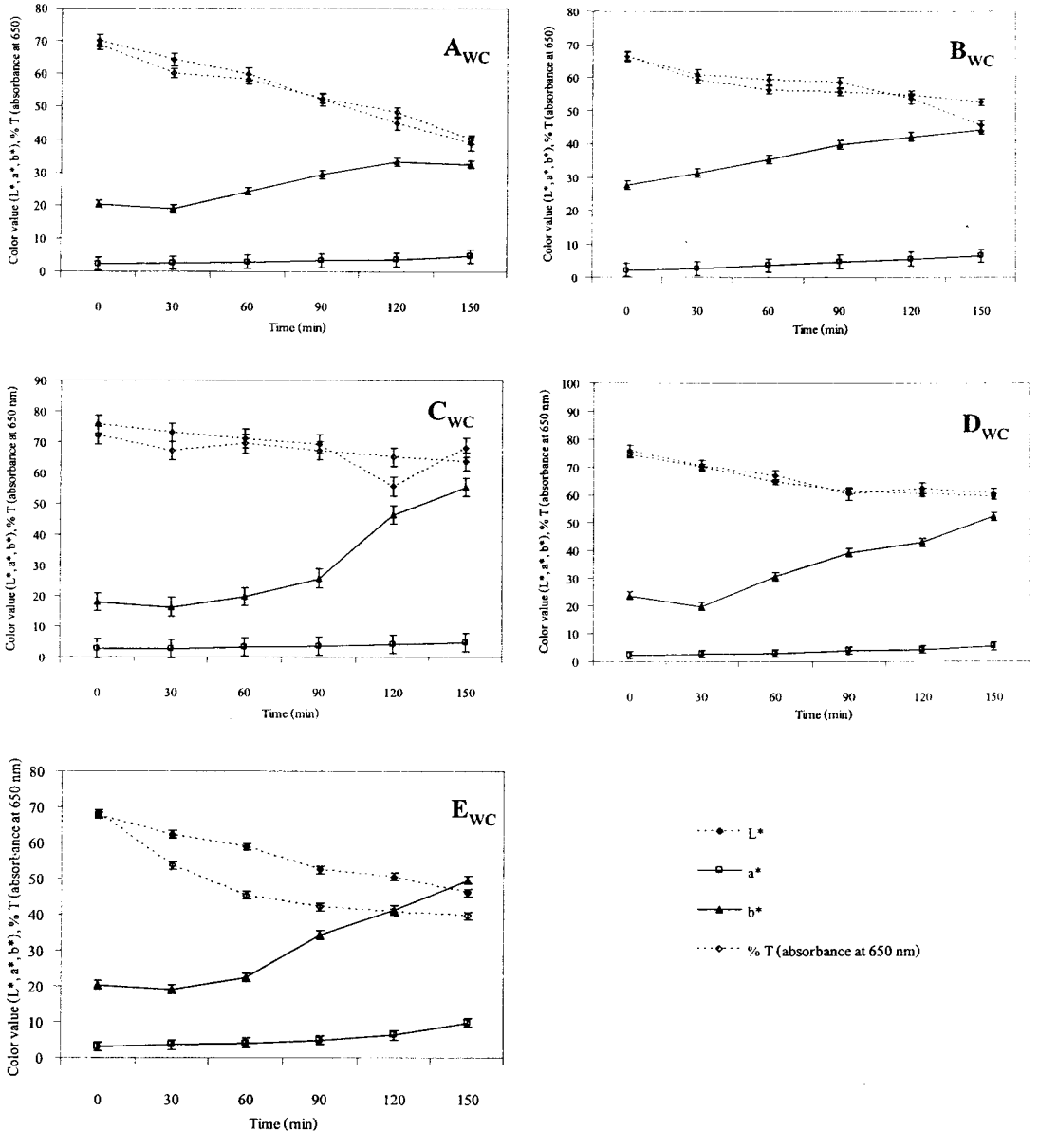
A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} and E_{WC} = Each sample was produced from palm sap that collected by bamboo tube, which was dipped in boiling water after use according to improval method.

4.2.2 คุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นระหว่างการเคี่ยวทุก 30 นาที

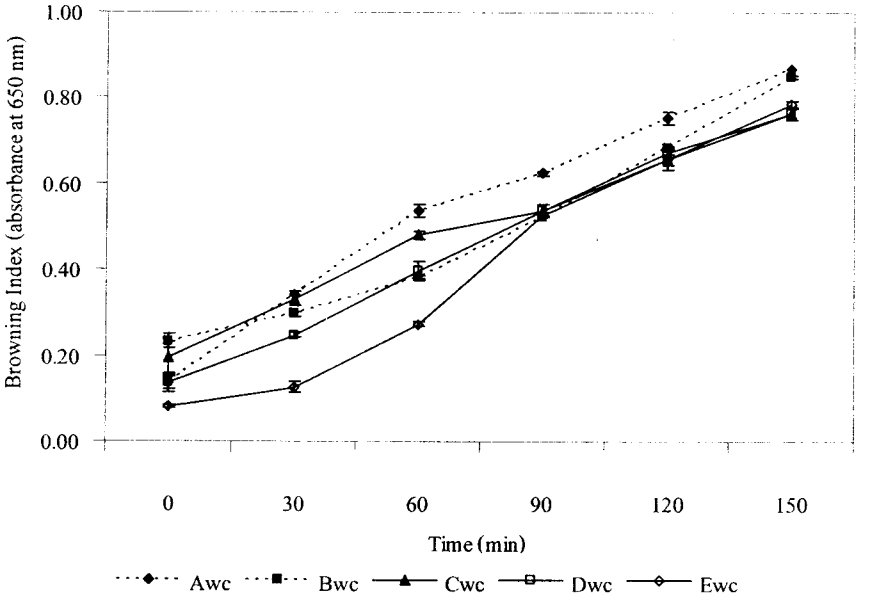
จากการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำตาลโตนดระหว่างการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น ทุก 30 นาที ของเกษตรกรผู้ผลิตทั้ง 5 ราย ได้แก่ A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} ตั้งแต่เริ่มเคี่ยวจนกระทั่งได้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น ตามประสบการณ์ของเกษตรกรผู้ผลิตซึ่งจะต้องมีลักษณะข้นเหนียว กลิ่นรสหอมหวานตามธรรมชาติ โดยทั่วไปเกษตรกรผู้ผลิตมีขั้นตอนในการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่คล้ายคลึงกัน โดยเกษตรกรผู้ผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง A_{WC}, B_{WC}, C_W, D_W และ E_W ใช้ระยะเวลาที่ให้ความร้อน ณ อุณหภูมิ 28-102°ซ เป็นระยะเวลานาน 2 ชั่วโมง 30 นาที นำตัวอย่างน้ำตาลโตนดมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และ เคมี จำนวน 3 ซ้ำ มีรายละเอียดดังนี้

4.2.2.1 คุณภาพทางกายภาพ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า L*, a*, b* ค่าการทะลุผ่านของแสง และค่าดัชนีการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของตัวอย่าง A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_w ที่สุ่มเก็บระหว่างการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น ทุก 30 นาที พบว่ามีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) (ภาพที่ 9-10) โดยในตัวอย่างเริ่มต้นของ A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} มีค่า L* เท่ากับ 60.53, 62.55, 73.56, 73.67 และ 76.09 ตามลำดับ ค่า a* เท่ากับ 3.87, 3.50, 3.13, 3.24 และ 2.72 ตามลำดับ ค่า b* เท่ากับ 16.22, 20.17, 18.70, 18.85 และ 18.66 ตามลำดับ ค่าการทะลุผ่านของแสงมีค่าเท่ากับร้อยละ 57.85, 57.65, 57.94 และ 61.59 ตามลำดับ และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล เท่ากับ 0.41, 0.25, 0.08, 0.09 และ 0.08 ตามลำดับ และในตัวอย่าง ณ เวลาสุดท้าย เมื่อสิ้นสุดการเคี่ยว A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} มีค่า L* เท่ากับ 20.38, 35.78, 63.90, 62.83 และ 39.02 ตามลำดับ ตามลำดับ ค่า a* เท่ากับ 12.11, 11.88, 5.93, 9.72 และ 11.59 ตามลำดับ ค่า b* เท่ากับ 23.34, 32.25, 45.81, 57.45 และ 43.61 ตามลำดับ ค่าการทะลุผ่านของแสงมีค่าเท่ากับร้อยละ 32.97, 36.16, 44.52, 50.66 และ 21.16 ตามลำดับ และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล เท่ากับ 0.98, 0.83, 0.41, 0.67 และ 0.76 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อให้ความร้อนแก่ตัวอย่างน้ำตาลโตนด ในทุกตัวอย่างที่อุณหภูมิสูงขึ้น และใช้ระยะเวลานานขึ้น ส่งผลให้ค่า L* และค่าการทะลุผ่านของแสงมีแนวโน้มลดลงในขณะที่ค่าดัชนีการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 9-10) และเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในตอน 4.1.2.1 พบว่าการลดลงของค่า L* ของน้ำตาลโตนดเข้มข้นภายหลังการเคี่ยว ในตอนนี้มีค่าน้อยกว่า และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลมีค่าต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่าน้ำตาลโตนดเข้มข้นทุกตัวอย่างมีสีจางกว่าตัวอย่างในตอน 4.1.2.1



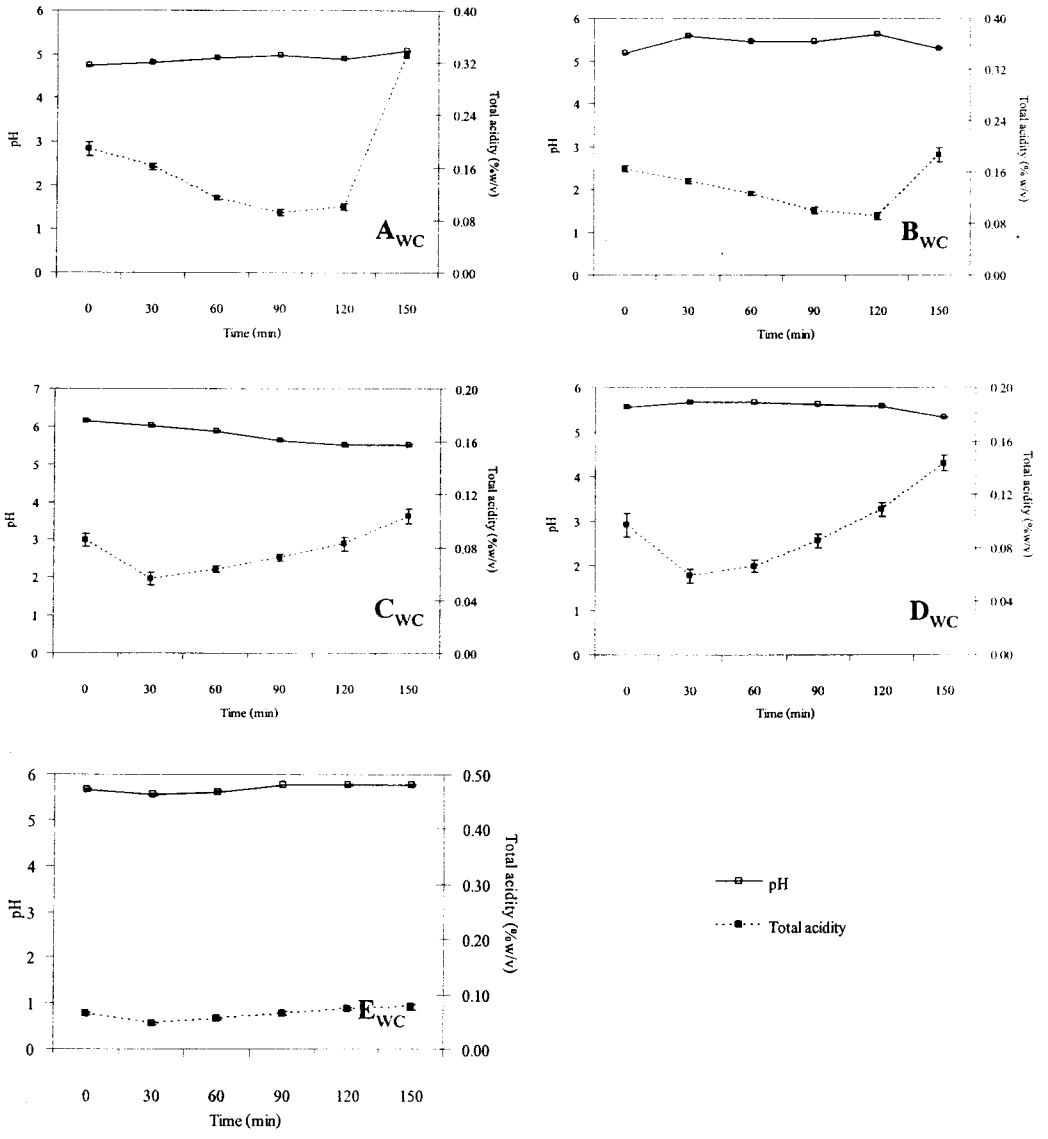
ภาพที่ 9 ค่า L*, a*, b* และค่า transmittance ระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC}



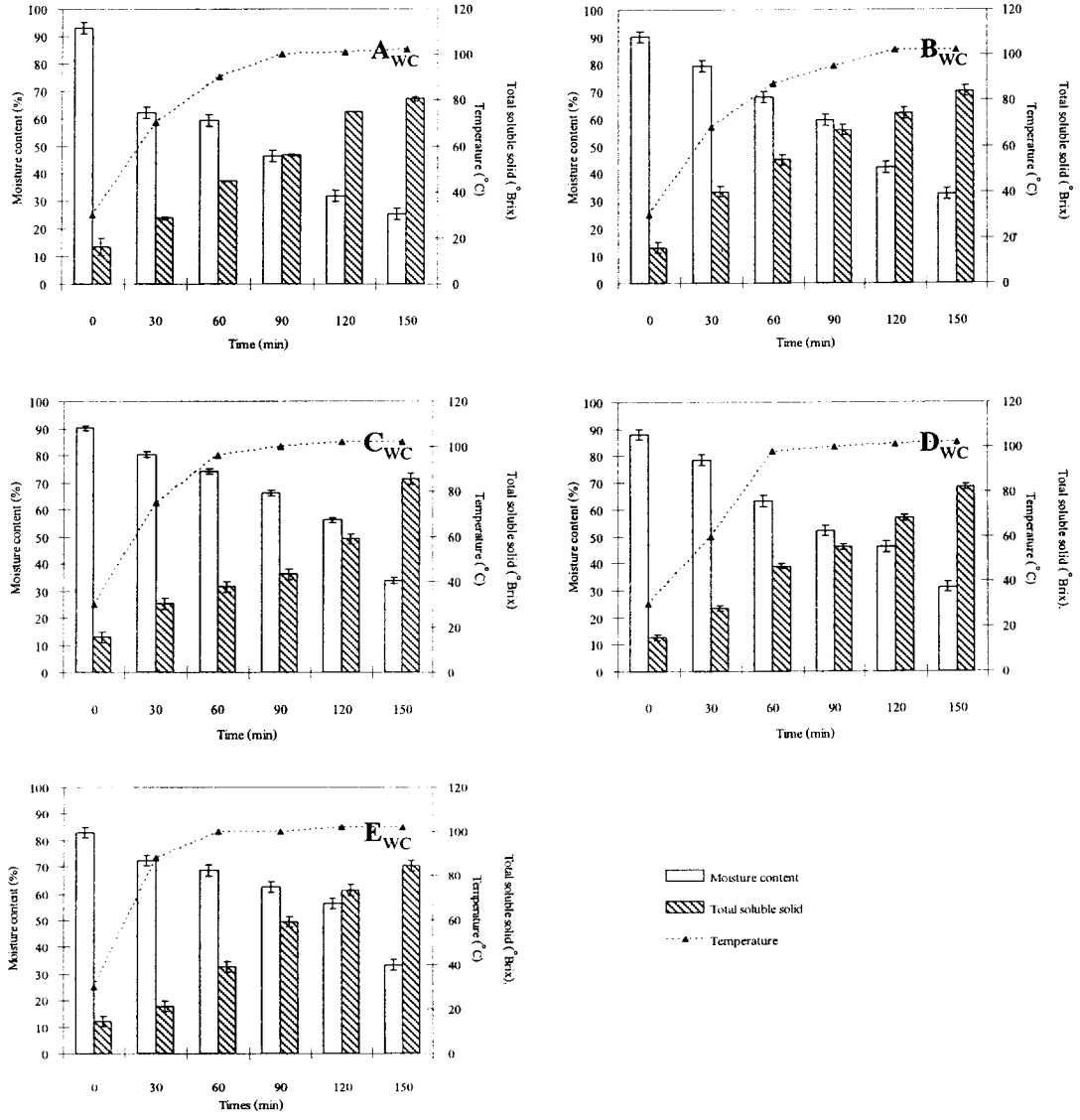
ภาพที่ 10 ค่า Browning index ระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{wc}, B_{wc}, C_{wc}, D_{wc} และ E_{wc}

4.2.2.2 คุณภาพทางเคมี

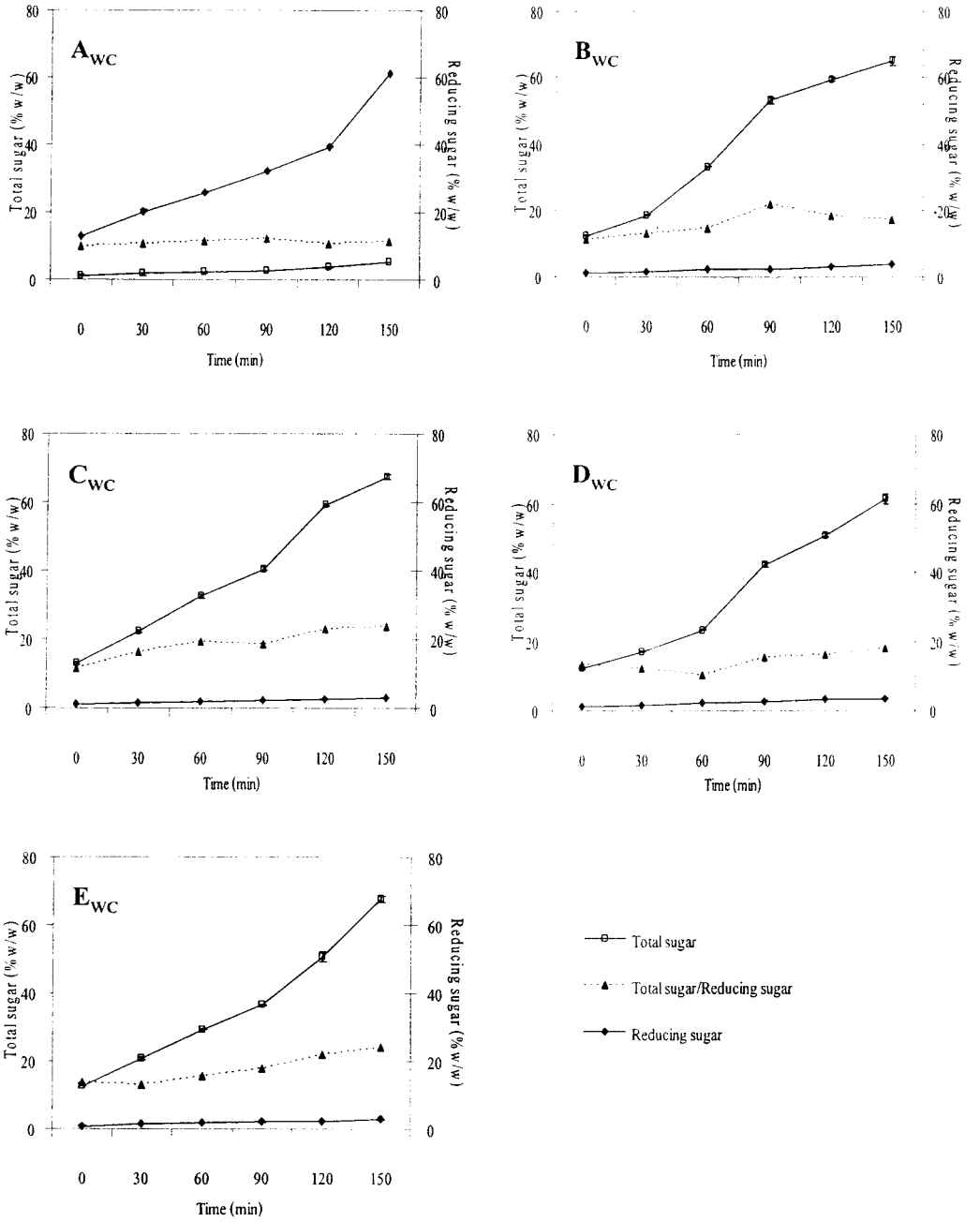
จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในตัวอย่าง A_{wc}, B_{wc}, C_{wc}, D_{wc} และ E_{wc} ที่สุ่มเก็บระหว่างการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น ทุก 30 นาที ของแต่ละตัวอย่าง พบว่ามีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยในตัวอย่างเริ่มต้นของ A_{wc}, B_{wc}, C_{wc}, D_{wc} และ E_{wc} มีค่าพีเอชเท่ากับ 5.62, 5.33, 6.05, 5.80 และ 6.10 ตามลำดับ ปริมาณกรดทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.18, 0.16, 0.12, 0.11 และ 0.09 ตามลำดับ ปริมาณน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 88.66, 86.70, 84.94, 86.38 และ 86.20 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 12.07, 12.57, 13.47, 12.10 และ 12.83 ตามลำดับ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 11.21, 12.65, 12.35, 12.97 และ 13.23 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 1.86, 0.97, 0.92, 0.91 และ 0.98 ตามลำดับ และตัวอย่าง ณ เวลาสุดท้าย เมื่อสิ้นสุดการเคี่ยว A_{wc}, B_{wc}, C_{wc}, D_{wc} และ E_{wc} มีค่าพีเอชเท่ากับ 5.66 , 5.22, 5.36, 5.43, และ 5.66 ตามลำดับ ปริมาณกรดทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.28, 0.20, 0.13, 0.12 และ 0.10 ตามลำดับ ปริมาณน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 27.92, 29.79, 31.86, 33.29 และ 32.44 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 68.02, 66.52, 71.89, 70.34 และ 69.83 ตามลำดับ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 42 29, 42.63, 54.26, 49.72 และ 44.00 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 5.22, 4.86, 3.49, 3.61 และ 1.97 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนนานขึ้น ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณน้ำมีค่าลดลง (ภาพที่ 11-13)



ภาพที่ 11 ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และE_{WC}



ภาพที่ 12 ปริมาณน้ำและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC}



ภาพที่ 13 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์และอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ระหว่างการการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC}

ตอนที่ 5 การทดสอบผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นทางด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเป็นกฎเกณฑ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อวัดค่า วิเคราะห์ผล และสรุปผลที่ได้จากการทดสอบโดยผ่านทางระบบรับสัมผัส ได้แก่ การมองเห็น การดมกลิ่น การสัมผัส การชิม และการได้ยิน ของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อการยอมรับในผลิตภัณฑ์ (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545) การทดลองในตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ระหว่างผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม (คือ ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตจากวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยว และรองรับด้วยกระบอกไม้ไผ่ที่ผ่านการลวกด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือด) กับผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัย (คือ ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตจากวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยว และรองรับด้วยกระบอกไม้ไผ่ที่ผ่านการลวกด้วยน้ำต้มเดือดทั้งก่อน และหลังใช้งาน) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นบุคคลทั่วไปที่รู้จักและไม่ปฏิเสธผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดสด และน้ำตาลโตนดเข้มข้น การทดสอบผลิตภัณฑ์จะทำในผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น จำนวน 6 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม จำนวน 3 ตัวอย่าง ได้แก่ C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} และตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัย จำนวน 3 ตัวอย่าง ได้แก่ตัวอย่าง C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} ซึ่งได้คัดเลือกจากตัวอย่างที่สอดคล้องตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำหวานเข้มข้นของ มอก. 155/2532 และเกณฑ์มาตรฐานน้ำตาลโตนดเข้มข้นของ มผช.113/2546 ซึ่งกำหนดไว้ว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 65°บริกซ์ และจะต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน 500 cfu/g ส่วนปริมาณยีสต์และรา ไม่เกิน 100 cfu/g ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากในผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นมีการเปื้อนของจุลินทรีย์อยู่ในปริมาณสูง และเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นจึงเลือกตัวอย่างที่มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราน้อยที่สุด 3 อันดับแรก มาทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยในตัวอย่าง C_{PC}, D_{PC}, E_{PC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ $9.8x10^4$, $1.21x10^5$, $1.48x10^5$, $1.83x10^2$, $2.71x10^2$ และ $2.46x10^2$ cfu/g ตามลำดับ มีปริมาณยีสต์และรา เท่ากับ $2.2x10^4$, $1.8x10^4$, $1.3x10^4$, $1.22x10^2$, $1.54x10^2$ และ $1.10x10^2$ cfu/g ตามลำดับ และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 72.5, 70, 69.5, 71.5, 68.5 และ 70°บริกซ์ ตามลำดับ ตัวอย่างทั้งหมดจะถูกนำมาทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธีเรียงลำดับ (Ranking test) โดยใช้แบบทดสอบ Ranking test ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 1 และ 2 และวิธี Hedonic scale แบบ 9 ระดับคะแนน (9-Point hedonic scale)โดยใช้แบบทดสอบ 9-Point hedonic scale ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 3 ซึ่งในการทดสอบด้วยวิธีเรียงลำดับตามความเข้ม และความชอบผู้ทดสอบจะได้รับตัวอย่างพร้อมกันทั้งหมด 6 ตัวอย่างต่อครั้งของการทดสอบ (ไม่เจือจางตัวอย่างก่อนการทดสอบ) โดยกำหนดให้ผู้ทดสอบเรียงลำดับตามระดับความเข้มของคุณภาพด้านต่างๆ จากน้อยไปมาก ได้แก่ สี (สีเหลือง และสีน้ำตาล) ความใส รส (หวาน และเปรี้ยว) กลิ่น (กลิ่นน้ำตาลโตนด) และ กลิ่นรส (กลิ่นรสน้ำตาลโตนด) โดยเมื่อเรียงลำดับในเรื่องของ รส กลิ่น และ กลิ่นรส จะปรับสภาพไฟเป็นสีแดงภายในบู๊ท เพื่ออำพรางตัวอย่าง และลดความลำเอียงที่อาจเกิดขึ้นจากตัวผู้ทดสอบ ในการทดสอบความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นจะพิจารณาจากคุณลักษณะโดยรวมของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น โดยให้เรียงลำดับความชอบจากน้อยไปมาก สำหรับการทดสอบความชอบในผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นด้วยวิธี 9-Point hedonic scale ผู้ทดสอบจะได้รับ 1 ตัวอย่างต่อการทดสอบ 1 ครั้ง (ไม่เจือจางตัวอย่างก่อนการทดสอบ)โดยผู้ทดสอบจะพิจารณาจากรายละเอียดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ในด้าน สี กลิ่น ความใส ความหวาน กลิ่นรส และความชอบโดยรวม ซึ่งกำหนดให้คะแนน 1

หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ไปจนถึง ระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

จากผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยประเมินความเข้ม ด้วย ด้วยวิธีเรียงลำดับ (Ranking test) พบว่าผลของการเรียงลำดับความเข้ม และความชอบในคุณลักษณะด้านต่างๆ ระหว่างตัวอย่างทั้งหมด ได้แก่ ค่าสีเหลือง สีน้ำตาล ความใส ความเปรี้ยว กลิ่น และคุณลักษณะโดยรวม มีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) ยกเว้นคุณลักษณะในเรื่องของความหวานที่พบว่าผู้ทดสอบชิมไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ ($p\geq0.05$) (ตารางที่ 42) และนอกจากนี้ พบว่า น้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง C_{WC} และ D_{WC} ได้รับความชอบมากที่สุด เนื่องจากมีความเข้มของสีเหลือง สีน้ำตาล และมีความเปรี้ยวน้อยที่สุด ในขณะที่มีความใส และมีกลิ่นรสของน้ำตาลโตนดมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ (ตารางที่ 42) โดยมีความสัมพันธ์กับค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา จากการทดลองในตอนที่ 4.1.1 และตอนที่ 4.2.1 สำหรับการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic scale แบบ 9 ระดับคะแนน พบว่าคะแนนทดสอบความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น มีค่าแตกต่างกันในทุกตัวอย่าง ($p<0.05$) (ตารางที่ 43) โดยตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัยทั้ง 3 ตัวอย่างได้แก่ C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} มีคะแนนความชอบสูงกว่าในตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิมทั้ง 3 ตัวอย่างได้แก่ C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} (ตารางที่ 43) โดย D_{WC} ได้รับคะแนนความชอบในเรื่องของสี กลิ่นรส และความชอบโดยรวมมากที่สุด ในตัวอย่าง C_{WC} ได้รับคะแนนความชอบในเรื่องของกลิ่น ความใส และความหวานมากที่สุด (ตารางที่ 43) ซึ่งเมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น C_{WC} , D_{WC} และ E_{WC} พบว่ามีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาระหว่างตัวอย่าง C_{PC} , D_{PC} และ E_{PC} พบว่ามีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) จะเห็นได้ว่าในตัวอย่าง C_{PC} , D_{PC} และ E_{PC} ซึ่งได้รับความร้อน ณ อุณหภูมิสูงและใช้ระยะเวลานานในการเคี่ยว มีสีเข้มกว่า ตัวอย่าง C_{WC} , D_{WC} และ E_{WC} ซึ่งได้รับความร้อน ณ อุณหภูมิสูง แต่ใช้ระยะเวลาสั้นในการเคี่ยว ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างน้ำตาลโตนดมีโอกาสในการสัมผัสอุณหภูมิสูงที่ระยะเวลานานจึงอาจเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และทำให้มีผลต่อการประมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส และนอกจากนี้พบว่าผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสที่ได้มีความสอดคล้องกันทั้งที่ทดสอบด้วยวิธีการเรียงลำดับ และวิธี 9-Point hedonic scale ทั้งนี้เนื่องจากในตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีที่มีการควบคุมปัจจัยมีคุณภาพดีกว่าน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม ทั้งคุณภาพในเรื่องของ สี กลิ่น ความใส ความหวาน กลิ่นรส และลักษณะโดยรวม เนื่องจากน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัย โดยมีการลวกทำความสะอาดภาชนะรองรับน้ำตาลโตนดสดด้วยน้ำต้มเดือด ทั้งก่อน และหลังการใช้งาน เป็นวิธีที่สามารถช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ได้มากกว่าการลวกด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือด ดังนั้นจึงทำให้ผู้บริโภคยอมรับ และให้คะแนนความชอบสูงสุด

ตารางที่ 42 คะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสน้ำตาลโตนดเข้มข้นโดยวิธี Ranking test

Sample	Attributes						
	Color		Transparency	Sweet	Sour	Smell	Overall liking
	Yellow	Brown					
C_{PC}	4.27^{d}	4.27^{c}	3.50^{b}	3.40^{ab}	4.33^{b}	2.50^{a}	2.27^{a}
C_{WC}	1.27^{a}	1.20^{a}	4.97^{c}	3.50^{ab}	2.40^{a}	5.20^{c}	5.13^{c}
D_{PC}	5.30^{c}	5.43^{d}	2.07^{a}	3.33^{ab}	4.73^{b}	2.30^{a}	2.13^{a}
D_{WC}	2.17^{b}	2.27^{b}	4.23^{bc}	4.20^{b}	2.70^{a}	4.37^{b}	5.00^{c}
E_{PC}	5.37^{e}	5.30^{d}	2.70^{a}	2.97^{a}	4.27^{b}	2.23^{a}	2.13^{a}
E_{WC}	2.67^{c}	2.53^{b}	3.53^{b}	3.60^{ab}	2.57^{a}	4.40^{b}	4.27^{b}

Note : The means (n=30) followed by different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

Score 1 = the lowest score of each attribute, Score 6 = the highest score of each attribute.

ตารางที่ 43 คะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสน้ำตาลโตนดเข้มข้นโดยวิธี 9-Point hedonic scale

Sample	Attributes					
	Color	Smell	Transparency	Sweet	Flavor	Overall
C_{PC}	6.23^{b}	6.13^{a}	5.97^{bc}	4.47^{a}	4.43^{a}	5.00^{b}
C_{WC}	7.70^{c}	7.73^{b}	7.97^{d}	7.60^{b}	7.63^{b}	7.83^{cd}
D_{PC}	5.33^{a}	5.40^{a}	5.53^{ab}	4.80^{a}	4.77^{a}	4.83^{ab}
D_{WC}	7.90^{c}	7.70^{b}	7.87^{d}	7.53^{b}	7.73^{b}	8.03^{d}
E_{PC}	4.83^{a}	5.93^{a}	4.87^{a}	3.93^{a}	4.07^{a}	4.10^{a}
E_{WC}	6.33^{b}	7.10^{b}	6.53^{c}	7.33^{b}	7.00^{b}	7.10^{c}

Note : The means (n=30) followed by different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

Score 1 = dislike extremely; Score 9 = like extremely

ตอนที่ 6 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้น

การศึกษาในตอนนี้ ต้องการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เชิงเปรียบเทียบของคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน 2 วิธี ในแต่ละตัวอย่างของเกษตรกรจำนวน 5 ราย คือ ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่เกษตรกรผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม (คือ ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตจากวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสด ที่เก็บเกี่ยว และรองรับด้วยกระบอกไม้ไผ่ซึ่งผ่านการลวกด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือด หลังใช้งาน จากการทดลองในตอน 4.1.1) ได้แก่ ตัวอย่าง A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} กับผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่เกษตรกรผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัย (คือ ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตจากวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสด ที่เก็บเกี่ยว และรองรับด้วยกระบอกไม้ไผ่ซึ่งผ่านการลวกด้วยน้ำต้มเดือดก่อน และหลังใช้งาน จากการทดลองในตอน 4.2.1) ได้แก่ ตัวอย่าง A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} พบว่าคุณภาพทางกายภาพ และเคมี มีความแตกต่างกันในทุกตัวอย่าง ($p<0.05$) (ตารางที่ 44) โดยในตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} มีคุณภาพดีกว่าตัวอย่าง A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำหวานเข้มข้น (มอก.155/2532) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น (มผช./2546) ที่กำหนดไว้ว่า ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่มีคุณภาพดี จะต้องมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่น้อยกว่า 65°บริกซ์ และจะต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 500 cfu/g และ 100 cfu/g ตามลำดับ ซึ่งในตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่เกษตรกรผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัย ในตัวอย่าง A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงกว่า 65°บริกซ์ ขณะที่ในตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น ซึ่งเกษตรกรผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม เช่น ตัวอย่าง A_{PC} และ B_{PC} มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำกว่า 65°บริกซ์ และเมื่อพิจารณาคุณภาพทางด้านจุลชีวิทยา พบว่าในตัวอย่างน้ำตาลโตนดที่เกษตรกรผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ในขณะที่ตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่เกษตรกรผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัยการผลิตจำนวน 3 ใน 5 ตัวอย่าง ได้แก่ C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลโตนดเข้มข้น แต่อย่างไรก็ตาม ตัวอย่าง A_{WC} และ B_{WC} มีการปนเปื้อนของปริมาณจุลินทรีย์อยู่น้อยกว่าในตัวอย่างที่เกษตรกรผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม (A_{PC} และ B_{PC}) (ตารางที่ 45) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาคุณภาพของวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดเริ่มต้น พบว่า มีความสอดคล้องกันกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น ดังจะเห็นได้ว่าในตัวอย่าง A_P, B_P, C_P, D_P และ E_P มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดต่ำกว่าในตัวอย่าง A_W, B_W, C_W, D_W และ E_W ในขณะที่ตัวอย่าง ตัวอย่าง A_P, B_P, C_P, D_P และ E_P มีปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา และปริมาณแลกติกแบคทีเรียสูงกว่าในตัวอย่าง A_W, B_W, C_W, D_W และ E_W (ตารางที่ 46-47) ซึ่งจะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม และน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัย เป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกัน โดยน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัยมีคุณภาพดีกว่าน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม

ตารางที่ 44 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นจาก 5 รายเกษตรกรผู้ผลิตที่มาจาก 2 วิธี การเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน

Sample	Qualities								
	Color			Transmittance	pH	Total acidity	Total soluble solid	Total sugar	Reducing sugar
	L*	a*	b*	(%) at 650 nm		(%w/v as lactic acid)	(°Brix)	(%w/w)	(%w/w)
A_{PC}	4.56^{a}	17.69^{f}	7.90^{a}	4.75^{b}	4.65^{a}	0.37^{h}	64.00^{b}	48.03^{b}	14.94^{i}
A_{WC}	30.69^{f}	7.22^{b}	27.86^{c}	36.47^{g}	5.10^{e}	0.31^{g}	67.51^{d}	51.71^{c}	5.34^{e}
B_{PC}	4.85^{b}	18.31^{g}	8.42^{b}	4.07^{a}	4.65^{a}	0.46^{i}	63.80^{a}	53.59^{d}	17.15^{j}
B_{WC}	40.56^{g}	9.13^{d}	37.66^{d}	44.13^{h}	5.26^{f}	0.19^{d}	68.26^{f}	53.77^{e}	4.32^{d}
C_{PC}	26.12^{e}	25.28^{i}	43.76^{g}	17.55^{e}	5.05^{d}	0.29^{f}	72.75^{j}	69.16^{j}	9.73^{g}
C_{WC}	66.01^{j}	5.31^{a}	50.58^{i}	54.03^{i}	5.43^{h}	0.12^{b}	71.53^{i}	60.75^{i}	3.18^{b}
D_{PC}	23.02^{c}	25.73^{j}	39.03^{e}	15.23^{c}	4.82^{b}	0.27^{e}	68.00^{e}	57.47^{h}	8.20^{f}
D_{WC}	61.53^{i}	7.57^{c}	54.81^{j}	54.97^{j}	5.38^{g}	0.13^{c}	69.25^{g}	55.52^{f}	3.53^{c}
E_{PC}	23.91^{d}	22.50^{h}	40.18^{f}	16.12^{d}	4.88^{c}	0.27^{e}	65.75^{c}	47.28^{a}	10.12^{h}
E_{WC}	42.48^{h}	10.63^{e}	46.58^{h}	30.38^{f}	5.71^{l}	0.09^{a}	70.08^{h}	55.81^{g}	2.40^{a}

Note : Each value is the mean of triplicate determinations.

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

A, B, C, D and E = Palm sugar concentrate from 5 producers such as A, B, C, D and E ; $_{PC}$ and $_{WC}$ = Two different methods during harvest

ตารางที่ 45 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นจาก 5 รายเกษตรกรผู้ผลิตที่มาจาก 2 วิธี การเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน

Sample	Total microbial count (cfu/g)	Yeast and mold (cfu/g)	Osmophillic yeast (cfu/g)
A_{PC}	$3.00x10^4$	$2.00x10^4$	$1.10x10^5$
A_{WC}	$2.34x10^3$	$2.43x10^2$	$2.00x10^4$
B_{PC}	$6.00x10^4$	$4.00x10^4$	$2.20x10^5$
B_{WC}	$1.72x10^3$	$1.64x10^2$	$3.20x10^4$
C_{PC}	$9.00x10^4$	$2.40x10^4$	$4.60x10^5$
C_{WC}	$2.85x10^2$	$1.58x10^2$	$2.30x10^4$
D_{PC}	$7.80x10^4$	$2.00x10^4$	$4.00x10^5$
D_{WC}	$4.60x10^2$	$1.86x10^2$	$3.00x10^4$
E_{PC}	$5.20x10^4$	$1.40x10^4$	$2.10x10^5$
E_{WC}	$2.62x10^2$	$1.28x10^2$	$2.87x10^4$

Note : Each value is the mean of triplicate determinations.

A, B, C, Dand E = Palm sugar concentrate from 5 producers such as A, B, C, D and E

$_{PC}$ and $_{WC}$ = Two different methods during harvest

ตารางที่ 46 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างน้ำตาลโตนดสดจาก 5 รายเกษตรกรผู้ผลิตที่มาจาก 2 วิธี การเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน

Sample	Qualities								
	Color			Transmittance	pH	Total acidity	Total soluble solid	Total sugar	Reducing sugar
	L*	a*	b*	(%) at 650 nm		(%w/v as lactic acid)	(°Brix)	(%w/w)	(%w/w)
A_P	79.05^{a}	2.06^{abc}	12.68^{ab}	64.18^{a}	4.19^{a}	0.11^{a}	11.17^{a}	9.63^{a}	2.14^{e}
A_W	89.87^{de}	1.39^{a}	12.22^{ab}	86.25^{cd}	4.71^{bc}	0.09^{a}	13.30^{cd}	11.55^{c}	2.03^{de}
B_P	79.23^{a}	2.37^{c}	13.92^{b}	65.44^{a}	4.56^{b}	0.09^{a}	14.18^{d}	13.00^{e}	1.02^{ab}
B_W	80.48^{ab}	1.54^{ab}	12.99^{ab}	76.67^{b}	5.11^{ef}	0.08^{a}	14.33^{d}	13.75^{f}	1.05^{ab}
C_P	86.80^{cde}	2.00^{abc}	13.81^{b}	79.18^{bc}	4.52^{b}	0.64^{c}	12.97^{cd}	12.35^{d}	1.38^{bc}
C_W	92.18^{ef}	1.36^{a}	12.63^{ab}	89.08^{d}	5.22^{f}	0.05^{a}	13.27^{bc}	13.47^{ef}	0.66^{a}
D_P	83.26^{abc}	1.83^{abc}	14.05^{b}	77.83^{b}	5.03^{def}	0.08^{a}	12.40^{bc}	10.78^{b}	1.68^{cd}
D_W	85.38^{bcd}	1.49^{ab}	10.32^{a}	81.50^{bcd}	5.04^{def}	0.08^{a}	12.55^{bc}	12.12^{cd}	0.87^{a}
E_P	87.48^{cde}	2.15^{bc}	14.56^{b}	74.23^{b}	4.83^{cd}	0.41^{b}	11.94^{ab}	11.48^{cd}	1.59^{cd}
E_W	96.47^{f}	1.39^{a}	13.93^{b}	96.65^{e}	4.91^{cde}	0.30^{b}	13.43^{cd}	12.00^{c}	0.85^{a}

Note : Each value is the mean of triplicate determinations.

The different superscripts in the same column denote the significant differences ($p<0.05$).

A, B, C, Dand E = Palm sugar from 5 producers such as A, B, C, D and E ; $_P$ and $_W$ = Two different methods during harvest

ตารางที่ 47 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของตัวอย่างน้ำตาลโตนดสดจาก 5 รายเกษตรกรผู้ผลิตที่มาจาก 2 วิธี การเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน

Sample	Total microbial count (cfu/ml)	Yeast and mold (cfu/ml)	Lactic acid bacteria (cfu/ml)
A_P	$1.10x10^7$	$7.10x10^5$	$3.95x10^7$
A_W	$2.55x10^6$	$5.5x10^3$	$3.88x10^6$
B_P	$9.15x10^6$	$5.85x10^5$	$4.40x10^7$
B_W	$1.52x10^6$	$2.03x10^4$	$4.64x10^6$
C_P	$8.75x10^6$	$6.00x10^5$	$4.10x10^7$
C_W	$8.45x10^5$	$5.75x10^3$	$3.35x10^6$
D_P	$1.02x10^7$	$7.65x10^5$	$1.44x10^8$
D_W	$0.84x10^6$	$5.75x10^4$	$1.47x10^6$
E_P	$7.00x10^6$	$4.90x10^5$	$1.01x10^7$
E_W	$1.24x10^6$	$6.85x10^3$	$2.13x10^6$

Note : Each value is the mean of triplicate determinations.

A, B, C, D and E = Palm sugar from 5 producers such as A, B, C, D and E

$_P$ and $_W$ = Two different methods during harvest

สรุปผลการทดลอง

จากผลการสำรวจ และรวบรวมข้อมูล ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสด และการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น พบว่าเกษตรกรผู้ผลิตส่วนมากถึงร้อยละ 56.67 ใช้กระบอกไม้ไผ่ เป็นภาชนะในการรองรับน้ำตาลโตนดสด และเติมเศษไม้เคี่ยมลงในกระบอกไม้ไผ่ประมาณ 3-5 ชิ้น ต่อ 1 กระบอกก่อนนำขึ้นไปแขวนไว้บนต้นตาลโตนด เพื่อป้องกันการเน่าเสียของน้ำตาลโตนดสดระหว่างการรองรับ ระยะเวลาการรองรับแต่ละครั้งนานประมาณ 8-10 ชั่วโมง และทำความสะอาดกระบอกไม้ไผ่ โดยใช้การลวกด้วยน้ำตาลโตนดต้มเดือดถึงร้อยละ 93.33 ในการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นเกษตรกรผู้ผลิตส่วนมาก (ประมาณร้อยละ 90) ไม่ได้ให้ความสำคัญกับคุณภาพของวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดเริ่มต้น และมีการปฏิบัติตนในระหว่างกระบวนการผลิตไม่เหมาะสมตามหลักสุขอนามัยที่ดี นอกจากนี้เกษตรผู้ผลิตยังขาดความรู้ และความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องของสุขอนามัยที่ดีสำหรับการปฏิบัติทั้งในกระบวนการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสด และการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้น และเกษตรกรผู้ผลิตอาศัยประสบการณ์ส่วนบุคคลในการผลิต โดยไม่ได้มีการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการตรวจควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นให้มีความสม่ำเสมอกัน แต่อย่างไรก็ตาม เกษตรกรผู้ผลิตส่วนมาก ถึงร้อยละ 93 มีความตั้งใจที่จะพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างทั้งในเรื่องวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และสภาวะการเก็บรักษา ทำให้คุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้นมีความแตกต่างกัน ซึ่งจากการสุ่มตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้าจำนวน 30 ตัวอย่าง ในเขตพื้นที่จังหวัดสงขลา เพื่อมาวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า ค่าคุณภาพในแต่ละตัวอย่างแตกต่างกันมาก โดยมีค่า L*, a*, b* และค่าการทะลุผ่านของแสง อยู่ในช่วง 1.78-53.93, 9.87-34.75, 3.09-78.94 และ 1.34-50.45 ตามลำดับ ส่วนค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ มีค่าอยู่ในช่วง 5.64-7.90, ร้อยละ 0.24-0.86, 59-73°บริกซ์, ร้อยละ 23.77-71.89, ร้อยละ 3.54-23.94 และ 0.75-0.87 ตามลำดับ และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา และปริมาณออสโมฟิลิกยีสต์ เฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.20×10^{3}-4.80×10^{6}, 1.30×10^{2}-5.30×10^{4} และ 2.00×10^{2}-1.46×10^{5} cfu/g ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.152/2532) พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มีจำนวน 7 ใน 30 ตัวอย่าง โดยคิดเป็นร้อยละ 23 ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา มีค่าเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลโตนดเข้มข้น (มผช.113/2546) โดยในทุกตัวอย่างมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราเกิน 500 cfu/g และ 100 cfu/g ตามลำดับ และเมื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีวิทยาของน้ำตาลโตนดสด A_p, B_p, C_p, D_p และ E_p และน้ำตาลโตนดสด A_w, B_w, C_w, D_w และ E_w โดยน้ำตาลโตนดทั้ง 2 วิธีการเก็บเกี่ยวของแต่ละรายเกษตรกรผู้ผลิต ถูกนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลา 5 ระดับ แตกต่างกัน คือ 0, 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง พบว่าคุณภาพของน้ำตาลโตนดสดจากเกษตรกรรายเดียวกัน ระหว่างการสุ่มเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในวันที่ต่างกัน ขาดความสม่ำเสมอ มีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่า เมื่อระยะเวลานานขึ้น ค่า L* ค่าการทะลุผ่านของแสง ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่า a*, b* ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา และปริมาณแลกติกแบคทีเรียเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในขั้นตอนการรองรับน้ำตาลโตนดสดจากต้น และน้ำตาลโตนดสดมี

คุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลสูง จุลินทรีย์พวกแลกติกจึงเจริญเติบโตได้ดี สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลกติกแบคทีเรีย ที่เพิ่มขึ้น จุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลเป็นอาหาร ผลิตกรดเพิ่มมากขึ้น เป็นตัวเร่งให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาอินเวอร์ชั่นเพิ่มสูงขึ้น โดยน้ำตาลซูโครสจะเกิดการสลายตัวเป็นน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซ์มากขึ้น เมื่อระยะเวลาระหว่างรอการแปรรูปนานขึ้น และเมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของน้ำตาลโตนดระหว่างการให้ความร้อนทุก 30 นาที ทั้งที่ผลิตด้วยน้ำตาลโตนดสดซึ่งเก็บเกี่ยวด้วยวิธีดั้งเดิม และที่เก็บเกี่ยวด้วยวิธีควบคุมปัจจัย พบว่าคุณภาพของน้ำตาลโตนดภายในตัวอย่างเดียวกัน ระหว่างการให้ความร้อน ทุก 30 นาที มีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) เมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนนานขึ้น ดัชนีการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า L* ค่าการทะลุผ่านของแสง ค่าปริมาณน้ำลดลง เนื่องมาจากการระเหยของน้ำระหว่างเคี่ยว การเกิดปฏิกิริยาอินเวอร์ชั่น และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด และปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชั่น จากนั้นนำมาทดสอบคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้นทางด้านประสาทสัมผัส ระหว่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม 3 ตัวอย่าง ได้แก่ C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} กับน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัย 3 ตัวอย่าง ได้แก่ C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} ด้วยวิธีเรียงลำดับ (Ranking test) พบว่าระดับความเข้ม และความชอบในคุณลักษณะด้านต่างๆ ระหว่างตัวอย่างทั้งหมด ได้แก่ ค่าสีเหลือง สีน้ำตาล ความใส ความเปรี้ยว กลิ่น และคุณลักษณะโดยรวม มีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) ยกเว้นคุณลักษณะในเรื่องของความหวาน ที่ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ ($p\geq0.05$) น้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง C_{WC} ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด เนื่องจากมีความเข้มของสีเหลือง สีน้ำตาล และมีความเปรี้ยวน้อยที่สุด ในขณะที่มีความใสและมีกลิ่นรสของน้ำตาลโตนดมากที่สุด สำหรับการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic scale แบบ 9 ระดับคะแนน พบว่า คะแนนความชอบน้ำตาลโตนดเข้มข้น มีค่าแตกต่างกันในทุกตัวอย่าง ($p<0.05$) โดยตัวอย่างที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัยได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าในตัวอย่างที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม ทั้งนี้เป็นผลจากการลวกกระบอกไม้ไผ่ที่ใช้รองรับน้ำตาลโตนดสดด้วยน้ำต้มเดือดทั้งก่อน และหลังใช้งาน ซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ได้มาก จึงทำให้ผู้บริโภคมีความยอมรับ และชอบสูง

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม (A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC}) กับผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัย (A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC}) พบว่าในตัวอย่าง A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} มีค่า L*, b* ค่าการทะลุผ่านของแสง ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่าง A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} ในขณะที่ตัวอย่าง A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} มีค่า a* ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ต่ำกว่าตัวอย่าง A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่า วิธีการปฏิบัติระหว่างการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน 2 วิธี มีผลทำให้คุณภาพของน้ำตาลโตนดเข้มข้นมีความแตกต่างกัน โดยน้ำตาลโตนดเข้มข้นตัวอย่าง A_{WC}, B_{WC}, C_{WC}, D_{WC} และ E_{WC} มีคุณภาพดีกว่าตัวอย่าง A_{PC}, B_{PC}, C_{PC}, D_{PC} และ E_{PC} ซึ่งพิจารณาได้จากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา ซึ่งน้ำตาลโตนดเข้มข้นทุกตัวอย่างที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัย มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงกว่า 65°บริกซ์ ในขณะที่ตัวอย่าง A_{PC} และ B_{PC} ซึ่งผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม คือ น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตจากน้ำตาลโตนดสด ซึ่งผ่านการรองรับด้วยกระบอกไม้ไผ่ที่ลวกด้วยน้ำตาลโตนดต้ม

เดือด หลังการใช้งานมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดน้อยกว่า 65°บริกซ์ และนอกจากนี้น้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีควบคุมปัจจัย โดยใช้กระบอกไม้ไผ่ที่ลวกด้วยน้ำต้มเดือดก่อน และหลังการใช้งานมารองรับน้ำตาลโตนดสด มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และร าน้อยกว่าในตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีการลวกกระบอกไม้ไผ่ที่บรรจุน้ำตาลโตนดสดมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของน้ำตาลโตนดสดและส่งผลถึงคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้น

เอกสารอ้างอิง

กวิดา เลิศกิจสมบูรณ์. 2548. ผลของการใช้เมมเบรนและความร้อนต่อคุณภาพของน้ำตาลโตนด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

กีย์ เทรบุยล์. 2527. ประเภทและกลไกการทำงานของระบบการผลิตทางการเกษตรของสทิงพระในปัจจุบัน. โครงการวิจัยระบบการผลิตทางการเกษตร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2544. ตาลโตนด ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปและรูปแบบโรงผลิต. กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ

ชลลดา ปรีดา. 2539. เอกสารการสอนชุดวิชาเคมีและจุลชีววิทยาของอาหาร. หน่วยที่ 6-10. สาขาวิชา คหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2544. เคมีอาหาร. โอเดียนสโตร์: กรุงเทพมหานคร.

นิสา อินทอง. 2539. การเสื่อมเสียของน้ำตาลโตนดเข้มข้นโดย Osmophilic yeasts. ปัญหาพิเศษ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บรรเทา จันทร์พุ่ม. 2548. ตาลโตนดกับวิถีชีวิตชาวคูขุด. น.ส.พ.กสิกร. 78 : 97-101.

ประสิทธิ์ อติวีระกุล. 2527. เทคโนโลยีของผักและผลไม้. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ปราโมทย์ ธรรมรัตน์. 2521. การศึกษายีสต์ในน้ำตาลสด น้ำตาลเมา และการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อการหมักแอลกอฮอล์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ . 2544. ความปลอดภัยของอาหารสำหรับผู้บริโภค. การสัมมนาทางวิชาการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2543. เอนไซม์ทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ ฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพโรจน์ วิริยะจารี. 2545. การประเมินทางประสาทสัมผัส.ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มาลี สัณฑกุล และพูนสุข อัตถะสัมปุณณะ. 2517. การศึกษาเรื่องการเก็บรักษาน้ำตาลมะพร้าว. วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 7(1) : 1-9.

รัตนชัย กั้นเกตุ. 2535. การเสื่อมเสียและการเก็บรักษาน้ำผึ้งจากน้ำตาลโตนดสด. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เรณุกา แจ่มฟ้า. 2545. การผลิตไซรัปจากน้ำตาลสด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วราวุฒิ โกยสมบัติ. 2536. ศึกษาจุลินทรีย์ในน้ำตาลโตนดสด. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิไล รังสาดทอง. 2547. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. บริษัทเท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด กรุงเทพฯ.

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล. 2537. จุลชีวิทยาทางอาหาร. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา.

สุกัญญา จันทะชุม. 2547. การปรับปรุงคุณภาพน้ำตาลโตนดโดยใช้ไม้เคี่ยมและปูนขาว. รายงานโครงการวิจัย คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุวรรณา ศรีสวัสดิ์. 2545. การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลโตนดที่ถูกสุขอนามัย. โครงการวิจัยฉบับ ที่ 3 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

สุภารัตน์ เตี่ยไพบูลย์. 2547. ผลของการใช้ความดันสูงและความร้อนต่อคุณภาพของน้ำตาลโตนด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุรพล จันทร์เรือง. 2544. ตาลโตนดกับการพัฒนาที่ยั่งยืน. น.ส.พ. กสิกร. 4.

สำนักงานเกษตรจังหวัดสงขลา. 2549. รายงานประจำปี ข้อมูลสถิติจำนวนต้นตาลโตนด.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2532. มาตรฐานอุตสาหกรรม : น้ำหวานเข้มข้น มอก 155/2532. โรงพิมพ์โพสต์พับลิชชิ่ง จำกัด กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน : น้ำตาลสด มผช 38/2546. โรงพิมพ์โพสต์พับลิชชิ่ง จำกัด กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน : น้ำตาลโตนด มผช 113/2546. โรงพิมพ์โพสต์พับลิชชิ่ง จำกัด กรุงเทพฯ.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. 2532. ผลของวัตถุกันเสียต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์จากน้ำตาลโตนด. ว. สงขลานครินทร์. 11 : 161-165.

A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland, USA.

Akochi-K, E., Aili, I. and Kermasha, S. 1997. Characterization of pyrazines formed during the processing of maple syrup. J. Agric. Food. Chem. 45 : 3368-3373.

Apriyantono, A., Astristyani, A., Nurhayati, Lidya, Y., Budiyanto, S. and Soekarto, S.T. 2002. Rate of browning reaction during preparation of coconut and palm sugar. International Congress Series. 1245 : 275-278.

Benzie, I. F. F. and Strain, J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasna (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. Analytical Biochemistry. 239 : 70-76.

Binsan, W., Benjakul, S., Visessanguan, W., Roytrakul, S., Tanaka, M. and Kishimura, H. 2008. Antioxidative activity of Mungoong, an extract paste, from the cephalothorax of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Food Chemistry. 106 : 185-193.

Carol, P.A. 2005. Membrane Processing Technology Watch: Wellness West.

Child, R. 1974. Coconuts. 2nd ed. Longman group Ltd. London.

Faparusi, S.I. 1973. Origin of initial microflora of palm wine from oil palm tree (*Elaeis guineensis*). J. Food Sci. 36(3) : 559-565.

Faparusi, S.I. and Bassir, O. 1971. Microflora of fermenting palm sap. J. Food Sci. Technol. 8 : 206.

Faparusi, S.I. and Bassir, O. 1972. Effect of extracts of the bark of *Saccoglottis gabonensis* on the microflora of palm wine. Appl. Microbiol. 24 : 853-856.

Fennema, O.R. 1996. Food Chemistry. 3rd ed. Marcel Dekker, Inc. New York.

Frazier, W.C. and Westhoff, D.C. 1988. Food Microbiology. 4th ed. McGraw-Hill, New York.

Girard, B. and Fukumoto, L.R. 2000. Membrane processing of fruit juice and beverages. Crit. Rev. Food Sci. 40(2) : 91-157.

Ho, C. W., Wan Aida, M. W., Maskat, Y. M and Osman, H. 2006. Optimization of headspace solid phase microextraction (HS-SPME) for gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analysis of aroma compound in palm sugar (*Arenga pinnata*). Journal of Food Composition and Analysis. 19 : 822–830.

Kiss, I. 1984. Testing Methods in Food Microbiology. Vol. 6. Akademiai Kiado Budapest.

Mathur, R.B.L. 1975. Handbook of Cane Sugar Technology. Oxford and IBH Publishing Company, New York.

Matmaroh, K., Benjakul. S. and Tanaka, M. 2006. Effect of reactant concentrations on Maillard reaction in a fructose-glycine model system and the inhibition of black tiger shrimp polyphenoloxidase. Food Chemistry. 98 : 1-8.

Meydav, S., Saguy, I. and Kopelman, J.I. 1977. Browning determination in citrus products . J. Agric. Food. Chem. 25 : 602.

Okafor, N. 1972. Palm-wine yeasts from parts of Nigeria. J. Sci. Food. Agric. 23 : 1399-1407.

Okafor, N. 1975. Preliminary microbiological studies on the preservative of palm wine. J. Appl Bacteriol. 38(4) : 1-7.

Palou, E., Lopez-malo, A., Barbosa-Canovas, G.V., Welti-Chanes, J. and Swanson, B.G. 1999. Polyphenoloxidase activity and color of branched and high hydrostatic pressure treated banana puree. J. Food Sci. 64 : 42-45.

Rao, J.P.V.K., Das, M. and Das, S.K. 2009. Changes in physical and thermo-physical properties of sugarcane, palmyra-palm and date-palm juice at different concentration of sugar. J.Food Eng. 90: 559-566.

Sanz, S., Gradillas, G., Jimeno, F., Perez, C. and Juan, T. 1995. Fermentation problem in Spanish north-coast honey. J. Food Protect. 58 : 515-518.

Shamala, T.R. and Sreekantiah, K.R. 1988. Microbiological and biochemical studies on traditional indian palm wine fermentatio. Food Microbiol. 5 : 157-162.

Siebert, J.K., Troukhanova, V.N. and Lynn, Y.P. 1996. Nature of polyphenol-protein interactions. J. Agric. Food Chem. 44 : 80-85.

Steel, R. D. D. and Torrie, J.H. 1980. Principles and Procedures of Statistic: A Biometerical Approach. 2nd ed. p. 862. McGraw-Hill, Inc. New York.

Stuckel, J.G. and Low, N.H. 1996. The chemical composition of 80 pure maple syrup samples produced in North America. Food Res.Int. 29 : 373-379.

Tirawat, K., Chanthachum, S., Jitbunjerdkul, S. and Pichitwarapanit, P. 1986. Study of the effect of preservative on the quality of sugar palm sap. A report on the improvement of palm sugar processing in Sathing Phra area, southern Thailand. A Thai-French Farming Systems Research Project. Pub.No.5. Faculty of Natural Resources. Prince of Songkhla University.

Woodroof, J.G. 1979. Coconuts : Production Processing Products. 2nd ed. The AVI Publishing Company. Westport, Connecticut.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส การเรียงลำดับ (Ranking test)
ตามระดับความเข้ม ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำชี้แจง : 1. กรุณาทดสอบตัวอย่างที่ได้รับจำนวน 6 ตัวอย่าง ***ตามลักษณะที่มองเห็น***

2. กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่เสนอ โดยเริ่มจากลำดับที่ 1 ไปจนถึง ลำดับที่ 6

1.....	**2**.....	**3**.....	**4**.....	**5**.....	**6**.....

3. กรุณาเรียงลำดับตัวอย่าง ***ตามลักษณะที่มองเห็น*** โดยเขียนรหัสของตัวอย่างให้สอดคล้องกับลำดับตัวเลขที่เหมาะสม

<u>กำหนดให้</u> 1 = ระดับที่มีความเข้มน้อยที่สุด, 6 = ระดับที่มีความเข้มมากที่สุด

---

1. สีเหลือง

	เหลืองจางที่สุด					**เหลืองเข้มที่สุด**
ลำดับที่	.....1.....	.....2.....	.....3.....	.....4.....	.....5.....	.....6.....
รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....	.....	.....

2. สีน้ำตาล

	น้ำตาลจางที่สุด					**น้ำตาลเข้มที่สุด**
ลำดับที่	.....1.....	.....2.....	.....3.....	.....4.....	.....5.....	.....6.....
รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....	.....	.....

3. ความใส

	ใสน้อยที่สุด					**ใสมากที่สุด**
ลำดับที่	.....1.....	.....2.....	.....3.....	.....4.....	.....5.....	.....6.....
รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....	.....	.....

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำชี้แจง : 1. กรุณาทดสอบตัวอย่างที่ได้รับจำนวน 6 ตัวอย่าง ***โดยการชิม และ ดม***

2. กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่เสนอ โดยเริ่มจากลำดับที่ 1 ไปจนถึง ลำดับที่ 6

1..... **2**..... **3**..... **4**..... **5**..... **6**.....

3. กรุณาเรียงลำดับตัวอย่าง ***ตามลักษณะความเข้มที่ท่านรู้สึก*** โดยเขียนรหัสของตัวอย่างให้สอดคล้อง กับลำดับตัวอย่างที่เหมาะสม

<u>กำหนดให้</u> 1 = ระดับที่มีความเข้มน้อยที่สุด, 6 = ระดับที่มีความเข้มมากที่สุด

---

1. ความหวาน (กรุณาบ้วนปากด้วยน้ำอุ่น และน้ำเปล่าที่จัดเตรียมให้ ระหว่างการทดสอบแต่ละตัวอย่าง หลาย ๆ ครั้ง จนรู้สึกว่าไม่มีรสของตัวอย่างเดิมค้างอยู่ในปาก)

	น้อยที่สุด					**มากที่สุด**
ลำดับที่	.....1.....	.....2.....	.....3.....	.....4.....	.....5.....	.....6.....
รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....	.....	.....

2. ความเปรี้ยว (กรุณาบ้วนปากด้วยน้ำอุ่น และน้ำเปล่าที่จัดเตรียมให้ ระหว่างการทดสอบแต่ละตัวอย่าง หลาย ๆ ครั้ง จนรู้สึกว่าไม่มีรสของตัวอย่างเดิมค้างอยู่ในปาก)

	น้อยที่สุด					**มากที่สุด**
ลำดับที่	.....1.....	.....2.....	.....3.....	.....4.....	.....5.....	.....6.....
รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....	.....	.....

3. กลิ่นน้ำตาลโตนด (กรุณาสูดดมอากาศผ่านกระดาษที่จัดเตรียมให้ระหว่างการทดสอบแต่ละตัวอย่าง หลาย ๆ ครั้ง จนรู้สึกว่าไม่มีกลิ่นของตัวอย่างเดิมค้างอยู่ในช่องจมูก)

	น้อยที่สุด					**มากที่สุด**
ลำดับที่	.....1.....	.....2.....	.....3.....	.....4.....	.....5.....	.....6.....
รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....	.....	.....

ตารางภาคผนวกที่ 2 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส การเรียงลำดับ (Ranking test)

ตามระดับความชอบ ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้น

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำชี้แจง : 1. กรุณาทดสอบความชอบโดยรวมของตัวอย่างที่ได้รับจำนวน 6 ตัวอย่าง

ในคุณภาพโดยรวมทั้งหมด ตามลักษณะที่มองเห็น ชิม และ ดม

2. กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่เสนอ โดยเริ่มจากลำดับที่ 1 ไปจนถึง ลำดับที่ 6

1..... **2**..... **3**..... **4**..... **5**..... **6**.....

3. กรุณาเรียงลำดับตัวอย่าง ***ตามความชอบโดยรวม*** โดยเขียนรหัสของตัวอย่างให้สอดคล้องกับลำดับตัวเลขที่เหมาะสม

กำหนดให้ 1 = ระดับที่มีความเข้มน้อยที่สุด, 6 = ระดับที่มีความเข้มมากที่สุด

4. กรุณาหยุดพักประมาณ 30 วินาที ระหว่างการทดสอบแต่ละตัวอย่าง

5. กรุณาบ้วนปากด้วยน้ำอุ่น และน้ำแปล่าที่จัดเตรียมให้ระหว่างการทดสอบแต่ละตัวอย่าง หลาย ๆ ครั้ง จนรู้สึกว่าไม่มีรสของตัวอย่างเดิมค้างอยู่ในปาก

6. กรุณาสูดดมอากาศผ่านกระดาษที่จัดเตรียมให้ระหว่างการทดสอบแต่ละตัวอย่าง หลายๆ ครั้ง จนรู้สึกว่าไม่มีกลิ่นของตัวอย่างเดิมค้างอยู่ในช่องจมูก

ความชอบโดยรวม

	ชอบน้อยที่สุด					**ชอบมากที่สุด**
ระดับความชอบ	.....**1**.....	.....**2**.....	.....**3**.....	.....**4**.....	.....**5**.....	.....**6**.....
รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....	.....	.....

ตารางภาคผนวกที่ 3 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบแบบ 9-Point hedonic scale

---

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำชี้แจง : 1. กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอในแต่ละปัจจัย โดยทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐ ที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

2. กรุณาหยุดพักประมาณ 30 วินาที ระหว่างการทดสอบแต่ละตัวอย่าง

3. กรุณาบ้วนปากด้วยน้ำอุ่น และน้ำเปล่าที่จัดเตรียมให้ ระหว่างการทดสอบแต่ละตัวอย่างหลาย ๆ ครั้ง จนรู้สึกว่าไม่มีรสของตัวอย่างเดิมค้างอยู่ในปาก

4. กรุณาสูดดมอากาศผ่านกระดาษที่จัดเตรียมให้ ระหว่างการทดสอบแต่ละตัวอย่างหลายๆ ครั้ง จนรู้สึกว่าไม่มีกลิ่นของตัวอย่างเดิมค้างอยู่ในช่องจมูก

<u>ตัวอย่างน้ำตาลโตนดเข้มข้น</u> รหัส .....

ความชอบโดยรวม	สี	กลิ่น	ความใส	ความหวาน	กลิ่นรส
☐ ชอบมากที่สุด	☐ ชอบมากที่สุด	☐ ชอบมากที่สุด	☐ ชอบมากที่สุด	☐ ชอบมากที่สุด	☐ ชอบมากที่สุด
☐ ชอบมาก	☐ ชอบมาก	☐ ชอบมาก	☐ ชอบมาก	☐ ชอบมาก	☐ ชอบมาก
☐ ชอบปานกลาง	☐ ชอบปานกลาง	☐ ชอบปานกลาง	☐ ชอบปานกลาง	☐ ชอบปานกลาง	☐ ชอบปานกลาง
☐ ชอบน้อย	☐ ชอบน้อย	☐ ชอบน้อย	☐ ชอบน้อย	☐ ชอบน้อย	☐ ชอบน้อย
☐ ไม่แน่ใจว่าชอบ หรือไม่	☐ ไม่แน่ใจว่าชอบ หรือไม่	☐ ไม่แน่ใจว่าชอบ หรือไม่	☐ ไม่แน่ใจว่าชอบหรือไม่	☐ ไม่แน่ใจว่าชอบ หรือไม่	☐ ไม่แน่ใจว่าชอบหรือไม่
☐ ไม่ชอบเล็กน้อย	☐ ไม่ชอบเล็กน้อย	☐ ไม่ชอบเล็กน้อย	☐ ไม่ชอบเล็กน้อย	☐ ไม่ชอบเล็กน้อย	☐ ไม่ชอบเล็กน้อย
☐ ไม่ชอบปานกลาง	☐ ไม่ชอบปานกลาง	☐ ไม่ชอบปานกลาง	☐ ไม่ชอบปานกลาง	☐ ไม่ชอบปานกลาง	☐ ไม่ชอบปานกลาง
☐ ไม่ชอบมาก	☐ ไม่ชอบมาก	☐ ไม่ชอบมาก	☐ ไม่ชอบมาก	☐ ไม่ชอบมาก	☐ ไม่ชอบมาก
☐ ไม่ชอบมากที่สุด	☐ ไม่ชอบมากที่สุด	☐ ไม่ชอบมากที่สุด	☐ ไม่ชอบมากที่สุด	☐ ไม่ชอบมากที่สุด	☐ ไม่ชอบมากที่สุด