

รายงานการวิจัย

การปรับปรุงกระบวนการผลิตไซรับน้ำอ้อย Improvement of Sugar Cane Syrup Production

นางสาวอังคาร กานแก้ว รหัสนักศึกษา 4521003745
นางสาวนภภรณ์ มูลทองหลาง รหัสนักศึกษา 4521001246

โปรแกรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา งบประมาณ พ.ศ. 2548
กุมภาพันธ์ 2550

คณะกรรมการที่ปรึกษา ได้พิจารณาภาคินพนธ์ฉบับนี้แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย

อาจารย์ภัทราพร ยุธาชิต

คณะกรรมการสอบงานวิจัย

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ภัทราพร ยุธาชิต)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภัญญา กล่อมจอหอ)

..... กรรมการ

(อาจารย์สุธีรา เข้มทอง)

..... กรรมการ

(อาจารย์จิตติวัฒน์ คำกลิ้ง)

..... กรรมการ

(ดร.จิราวรรณ อุ่นเมตตาอารี)

..... กรรมการ

(อาจารย์ปทุมพร ไสตถิรัตน์พันธุ์)

ภาคินพนธ์ฉบับนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการอาหาร)

13 กุมภาพันธ์ 2550

กิตติกรรมประกาศ

ภาคนิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณา จากอาจารย์ภัทราพร ยุทธาจิต อาจารย์ที่ปรึกษาและคณาจารย์โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ที่ได้กรุณา สละเวลาให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาแนะนำชี้แนวทางในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจน ตรวจสอบแก้ไขจนภาคนิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณ คุณประเสริฐ และคุณสุทิน ป่าขมื่น ที่สนับสนุนวัตถุดิบ เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งผู้วิจัย ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ และโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและ แนะนำในการใช้ห้องปฏิบัติการ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาที่ให้ทุนอุดหนุน การวิจัยในครั้งนี้



อังคาร กานแก้ว
นภาพรณี มูลทองกลาง
กุมภาพันธ์ 2550

หัวข้อวิจัย	การปรับปรุงกระบวนการผลิตไซรับน้ำอ้อย
ชื่อผู้วิจัย	นางสาวอังคาร กานแก้ว นางสาวนภาภรณ์ มูลทองหลาง
หน่วยงาน	โปรแกรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ปีงบประมาณ	2548

บทคัดย่อ

การปรับปรุงกระบวนการผลิตไซรับน้ำอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 จากกลุ่มแม่บ้านหนองระเวียง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา โดยศึกษาคุณภาพของน้ำอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 การกำจัดสารแขวนลอยในน้ำอ้อยโดยวิธีการต้ม 100 องศาเซลเซียส การใช้สารช่วยตกตะกอน ได้แก่ โซเดียมไบคาร์บอเนต ปริมาณร้อยละ 0.03 (โดยน้ำหนัก) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (เข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักโดยปริมาตร) ปริมาณร้อยละ 0.18 (โดยปริมาตร) เบนโทไนด์ (เข้มข้นร้อยละ 0.5 น้ำหนักโดยปริมาตร) ปริมาณร้อยละ 2 และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับเบนโทไนด์ ปริมาณร้อยละ 2.18 (โดยปริมาตร) การลดการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการระเหย โดยเลือกสภาวะการระเหย 2 วิธี คือ การระเหยบนเตาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และระเหยโดยเครื่องระเหยสุญญากาศที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความดัน 300 มิลลิบาร์ โดยใช้สารลดการเกิดสีน้ำตาล 2 ชนิด คือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ปริมาณร้อยละ 0.02 (โดยน้ำหนัก) และกรดซัลฟิวริกปริมาณร้อยละ 0.05 (โดยน้ำหนัก) เก็บรักษาที่ 2 สภาวะ คือ อุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ พบว่า น้ำอ้อยสดพันธุ์สุพรรณบุรี 50 มีลักษณะสีเหลืองขุ่น ค่าการส่องผ่านแสงเท่ากับ 1.71 น้ำอ้อยมีความเป็นกรดเล็กน้อย เท่ากับ 5.36 ปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 0.17 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 19 องศาบริกซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 16.68 และ 1.49 (ตามลำดับ) มีปริมาณความชื้นร้อยละ 82.22 และปริมาณเถ้าร้อยละ 0.51 น้ำอ้อยสดมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา 4.9×10^4 โคโลนีต่อกรัม และ 3.3×10^4 โคโลนีต่อกรัม (ตามลำดับ) การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (เข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักโดยปริมาตร) ปริมาณร้อยละ 0.1 (โดยปริมาตร) ปรับ pH ในน้ำอ้อย 1 ครั้ง pH เท่ากับ 6.2-6.4 และตั้งพักไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลาอย่างน้อย 60 นาที ทำให้น้ำอ้อยใสโดยมีค่าการส่องผ่านแสง เท่ากับ 83.10 และค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 81.87 การลดการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการระเหย โดยใช้

กรดซिटริกร้อยละ 0.05 (โดยน้ำหนัก) สามารถลดสีน้ำตาลในไซรัปได้ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคไม่แตกต่างจากการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ อายุการเก็บรักษาไซรัปน้ำอ้อย พบว่าไซรัปที่ระเหยโดยเครื่องระเหยสุญญากาศเติมกรดซिटริก สามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 9 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียส ในขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28 องศาเซลเซียส) เก็บได้ไม่เกิน 9 สัปดาห์ และไซรัประเหยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทั้งที่เติมและไม่เติมกรดซिटริก เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียส เก็บรักษาได้ไม่เกิน 7 สัปดาห์



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาของงานวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
ขอบเขตของงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
พันธุ์อ้อย	4
กระบวนการผลิตไซรัป	9
การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ไซรัป	17
การป้องกันและการเก็บรักษา	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	25
วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี	25
วิธีดำเนินงานวิจัย	28
การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ	28
การกำจัดสารแขวนลอยในน้ำอ้อย	28
การลดสีน้ำตาลในระหว่างการระเหย	31
การเก็บรักษาและอายุการเก็บรักษาไซรัปน้ำอ้อย	33
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	36
คุณภาพวัตถุดิบ	36
การกำจัดสารแขวนลอยในน้ำอ้อย	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การลดการเกิดสื่อน้ำตาลในระหว่างการระเหย	43
การเก็บรักษาและอายุการเก็บรักษาไซรป์น้ำอ้อย	47
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	60
สรุปผลการวิจัย	60
ข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม	62
ภาคผนวก	67
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางกายภาพ	68
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางเคมี	72
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์	78
ภาคผนวก ง การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	82
ภาคผนวก จ การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและวิธีการเตรียมสารละลาย	84
ภาคผนวก ฉ มาตรฐานผลิตภัณฑ์	88
ภาคผนวก ช ผลวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	94
ภาคผนวก ซ การคำนวณปริมาณผลผลิตและราคาวัตถุดิบ	102
ประวัติย่อผู้ทำงานวิจัย	105

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 อ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 จากแหล่งปลูกกรมวิชาการเกษตร	6
ภาพที่ 2 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเอนไซม์และการเกิดสีน้ำตาล ของรีดิวซิงเอเจนต์	17
ภาพที่ 3 กลไกการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด	19
ภาพที่ 4 ลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ <i>Bacillus</i> (ก) <i>Micrococcus</i> (ข) <i>Flavobacterium</i> (ค) <i>Candida</i> (ง) <i>Aspergillus</i> (จ) <i>Penicilium</i> (ฉ)	21
ภาพที่ 5 ขั้นตอนการสกัดน้ำอ้อย	29
ภาพที่ 6 การกำจัดสารแขวนลอยในน้ำอ้อย	30
ภาพที่ 7 การลดสีน้ำตาลในระหว่างการระเหย	32
ภาพที่ 8 ศึกษาอายุการเก็บรักษาไซรัปจากน้ำอ้อย	34
ภาพที่ 9 ขั้นตอนการสกัดน้ำอ้อยจากอ้อยสุพรรณบุรี 50 (ก) เข้าเครื่องขัดผิวลำอ้อย (ข) อ้อยที่ผ่านการขัดผิว (ค) ล้างน้ำสะอาด (ง) เข้าเครื่องสกัดแยกกาก (จ) กรองด้วยผ้าขาวบาง (ฉ) น้ำอ้อยสด (ช)	36
ภาพที่ 10 ลักษณะปรากฏของน้ำอ้อยสด (ก) ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (ข) เติมสารโซเดียมไบคาร์บอเนต (ค) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (ง) และแคลเซียม ไฮดรอกไซด์ร่วมกับเบนโทไนด์ (ฉ) ตั้งพักไว้เป็นระยะเวลา 60 นาที	39
ภาพที่ 11 วิธีการระเหยน้ำอ้อยโดยการต้มระเหยที่อุณหภูมิ 100 °ซ (ก) โดยเครื่องระเหย สูญญากาศที่อุณหภูมิ 80 °ซ ความดัน 300 มิลลิบาร์ (ข)	43
ภาพที่ 12 ไซรัปที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 100 °ซ และระเหยโดยเครื่องระเหยสูญญากาศ โดยไม่เติมสารและเติมสารลดสีน้ำตาล	44
ภาพที่ 13 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของไซรัปน้ำอ้อยต้ม 100 °ซ (ก) 100 °ซ เติมกรดซิตริก (ข) และ ระเหยโดยเครื่องระเหยสูญญากาศเติม กรดซิตริก (ค) เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ ระยะเวลาเก็บ 9 สัปดาห์	50
ภาพที่ 14 ค่า B value ค่าสี L*, a*, b* และการส่องผ่านแสงของไซรัประหว่างการเก็บรักษา 9 สัปดาห์ ที่สภาวะต่างๆ	51
ภาพที่ 15 ค่า pH กรดแลคติก TSS และ Aw ของไซรัประหว่างการเก็บรักษา 9 สัปดาห์ ที่สภาวะต่างๆ	52

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของงานวิจัย

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งที่สามารถปลูกได้เกือบทุกภาคของประเทศไทย ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลและผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อใช้อุปโภค บริโภค ภายในประเทศและ เป็นสินค้าส่งออกเป็นอันดับแรกๆ ของประเทศ ในแต่ละปีมีมูลค่าหลายหมื่นล้านบาท (ศูนย์วิจัย พืชไร่สุพรรณบุรี, 2539) อ้อยคั้นน้ำเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถทำรายได้ให้แก่เกษตรกรได้เป็น อย่างดี เนื่องจากความต้องการบริโภคน้ำอ้อยมีแนวโน้มสูงขึ้นตลอดเวลา อุตสาหกรรมอ้อยคั้นน้ำ จึงเป็นอุตสาหกรรมที่กำลังทวีความสำคัญอย่างมากในปัจจุบัน (วันทนา ตั้งเปรมศรี, 2539) จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการปลูกอ้อย โดยเฉพาะในเขตอำเภอพิมาย ซึ่งกลุ่ม เกษตรกรจากหมู่บ้านหนองระเวียง อ. พิมาย จ. นครราชสีมา ได้ปลูกอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 ซึ่ง ได้รับรองพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตรเมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2539 โดยคณะกรรมการการวิจัยและ พัฒนา กรมวิชาการเกษตร มีมติให้ใช้ชื่อว่า อ้อยคั้นน้ำ สุพรรณบุรี 50 เพื่อเป็นการเฉลิมฉลองใน วโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงครองสิริราชสมบัติ ครบ 50 ปี (วันทนา ตั้งเปรมศรี, 2539) และให้ผลผลิตน้ำอ้อยสูงถึง 4,913 ลิตรต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2539) การบริโภค น้ำอ้อยนิยมบริโภคโดยคั้นน้ำบริโภคสด การแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำอ้อยสดบรรจุขวด โดยกลุ่ม แม่บ้านตำบลหนองระเวียงได้ผลิตน้ำอ้อยสดบรรจุขวดออกจำหน่าย แต่ยังมีประสบปัญหาอายุการ เก็บรักษาสั้น นอกจากนี้ยังมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไซรัปจากน้ำอ้อย โดยกระบวนการผลิต คือ ปอกเปลือกลำอ้อยโดยเครื่องขัดผิว ล้างน้ำ ผ่านเข้าเครื่องหีบสกัดน้ำ กรองแยกกากตะกอนผ่าน ตะแกรงและผ้าขาวบาง ต้มแยกตะกอนโดยเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตในระหว่างการต้มเดือดเกิด การแยกชั้นของสารแขวนลอยอยู่บนผิวด้านหน้าของน้ำอ้อย แล้วช้อนแยกสารแขวนลอยออกจาก น้ำอ้อย และต้มเคี่ยวระเหยจนได้สารละลายชั้นหนืดเป็นไซรัป แต่ยังมีประสบปัญหา คือ น้ำอ้อยมี ตะกอนเป็นจำนวนมาก เมื่อนำมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนจนได้ไซรัปเกิดสีน้ำตาลคล้ำดำ และจากกระบวนการผลิตยังไม่ถูกสุขลักษณะจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ไซรัปหลังการผลิตเกิดการเน่า เสีย โดยมีกลิ่นแอลกอฮอล์และฟองแก๊สเกิดขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษากระบวนการผลิตไซรัปน้ำอ้อย (Sugar Cane Syrup) โดยหา แนวทางลดตะกอน ลดการเกิดสีคล้ำดำในระหว่างกระบวนการระเหย และศึกษาลักษณะการ

เปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการเก็บรักษา เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการผลิตไชร็ป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของน้ำอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50
2. เพื่อศึกษาแนวทางกำจัดสารแขวนลอยในน้ำอ้อยก่อนการระเหย
3. เพื่อศึกษาวิธีการลดการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการผลิตไชร็ปจากน้ำอ้อย
4. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของไชร็ปจากน้ำอ้อยในระหว่างการเก็บรักษา

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ ของน้ำอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 ของเกษตรกรหมู่บ้านหนองระเวียง อ. พินาย จ. นครราชสีมา
2. ศึกษาการกำจัดสารแขวนลอยของน้ำอ้อยด้วยวิธีการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ปริมาณร้อยละ 0.03 (โดยน้ำหนัก) สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (เข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักโดยปริมาตร) เบนโทไนด์ (เข้มข้นร้อยละ 0.5 น้ำหนักโดยปริมาตร) และสารผสมระหว่างแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (เข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักโดยปริมาตร) ร่วมกับเบนโทไนด์ (เข้มข้นร้อยละ 0.5 น้ำหนักโดยปริมาตร)
3. ศึกษาวิธีการลดการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างกระบวนการผลิตไชร็ปน้ำอ้อย โดยการเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ปริมาณร้อยละ 0.02 (โดยน้ำหนัก) และกรดซัลฟูริกปริมาณ 0.05 (โดยน้ำหนัก) โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ปริมาณร้อยละ 0.02 (โดยน้ำหนัก)
4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ของไชร็ประหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียส

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของน้ำอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 หมู่บ้านหนองระเวียง อ.พินาย จ. นครราชสีมา
2. ทราบแนวทางในการผลิตไชร็ปน้ำอ้อย
3. ทราบคุณภาพของไชร็ปน้ำอ้อยในระหว่างการเก็บรักษา

4. เป็นแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์จากน้ำอ้อยเพื่อคุณภาพและเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยการปรับปรุงกระบวนการผลิตไทรป้อ้อย โดยรวบรวมเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นมาและลักษณะทั่วไปของน้ำอ้อยสด กระบวนการผลิตไทรป การลดตะกอนน้ำอ้อย วิธีการในการระเหยน้ำอ้อย รวมไปถึงการเสื่อมเสียของไทรปในระหว่างการเก็บรักษาและวิธีการป้องกัน

พันธุ์อ้อย

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่สามารถปลูกได้เกือบทุกภาคของประเทศไทย คนไทยใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลและผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อใช้อุปโภค บริโภค ภายในประเทศ และเป็นสินค้าส่งออกลำดับแรกๆ ของประเทศ ในแต่ละปีมีมูลค่าหลายหมื่นล้านบาท (ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี, 2539) เมื่อมีการจัดกลุ่มอ้อยปลูก แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ อ้อยส่งโรงงาน อ้อยคั้นน้ำและอ้อยเคี้ยวหรืออ้อยควั่น (วันทนา ตั้งเปรมศรี, 2549)

1. อ้อยส่งโรงงาน อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจสำหรับอุตสาหกรรมน้ำตาล พันธุ์อ้อยที่นิยมปลูกกันนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของภาคและอายุการเก็บเกี่ยว ซึ่งแบ่งออกได้เป็น พันธุ์เบา อายุประมาณ 10-12 เดือน เป็นพันธุ์พินดาส์ พันธุ์ F136 F153 เป็นต้น พันธุ์กลาง มีอายุประมาณ 12-14 เดือน เป็นพันธุ์ F-37 F140 F156 เป็นต้น พันธุ์หนัก มีอายุประมาณ 14-16 เดือน เป็นพันธุ์ฮาวาย (กล้าณรงค์ ศรีวอด, 2536) โดยทั่วไปอ้อยแต่ละพันธุ์จะสามารถปรับตัวให้ผลผลิตและคุณภาพแตกต่างกันในแต่ละท้องถิ่น ดังนั้นคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายจึงประกาศเรื่อง การกำหนดพันธุ์อ้อยที่เหมาะสม เพื่อส่งเสริมให้ชาวไร่อ้อยปลูกอ้อยในท้องถิ่นต่างๆ ลงในฉบับที่ 5 พ.ศ. 2536 ดังตารางที่ 1

2. อ้อยคั้นน้ำ อ้อยคั้นน้ำเป็นพืชเศรษฐกิจที่เริ่มขยายตัวจากความสำคัญระดับท้องถิ่นไปยังภาคอุตสาหกรรมในภาวะที่กระแสสังคมยุคใหม่แสวงหาอาหารและเครื่องดื่มจากธรรมชาติมากขึ้น การผลิตน้ำอ้อยสดจึงไม่พอเพียงกับความต้องการของตลาด นอกจากนี้เกษตรกรยังขาดแคลนพันธุ์ดี กรมวิชาการเกษตรจึงพัฒนาพันธุ์อ้อยขึ้นเพื่อทดแทนพันธุ์ลิงคิปร์ ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการไว้ตอและอ่อนแอต่อลำต้นเน่าแดง ทำให้ต้องใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัด ซึ่งนอกจากจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและสภาพแวดล้อมแล้ว ยังทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงและไม่สามารถวางแผนการผลิต เพื่อให้มีผลผลิตอย่างต่อเนื่องได้ (โคภาพันธุ์ บดพิบูลย์และคณะ, 2549)

ตารางที่ 1 พันธุ์อ้อยที่เหมาะสมในการปลูกแต่ละพื้นที่

ภาค	จังหวัด	พันธุ์อ้อย
เหนือ	ลำปาง ลำพูน เชียงใหม่ พะเยา แพร่ ตาก อุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก กำแพงเพชร นครสวรรค์ เชียงราย และเพชรบูรณ์	F140 F154 F156 Q83 Phil6317 Phil6723 Q130 ROC6 Kwt#3 อีเหี่ยว อู่ทอง1 K76-4
กลาง	กาญจนบุรี ราชบุรี นครปฐม สุพรรณบุรี สิงห์บุรี อ่างทอง ชัยนาท ลพบุรี สระบุรี นครนายก อุทัยธานี ประจวบคีรีขันธ์ และ เพชรบุรี	F140 F156 Q83 ROC1 ROC10 Pindar อู่ทอง1 อีเหี่ยว K84-200 K76-4 K84-69
ตะวันออก	ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี ระยอง และ จันทบุรี	F137 F140 F156 Q130 Q83 Phil6317 H48-3166
ตะวันออกเฉียงเหนือ	อุดรธานี หนองคาย สกลนคร นครพนม ขอนแก่น เลย ชัยภูมิ มหาสารคาม กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด ยโสธร บุรีรัมย์ นครราชสีมา สุรินทร์ มุกดาหาร และอุบลราชธานี	Pindar Triton Phil58-260 Phil6607 Phil6723 อู่ทอง1 H48- 3166 อีเหี่ยว K82-83

ที่มา : ประเสริฐ ฉัตรวิริยะพงษ์. 2542

อ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 เป็นพันธุ์ผสมเปิดของอ้อยพันธุ์ SP 074 ซึ่งมาจาก Soa Paulo ประเทศบราซิล โดยการปลูกรวบรวมพันธุ์ที่แปลงปลูกอ้อยของศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี แล้วดำเนินตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ ตั้งแต่ปี 2533-2538 ลักษณะดีเด่น คือให้ผลผลิตน้ำอ้อยสูง 4,913 ลิตรต่อไร่ น้ำอ้อยสดมีความหวาน 16.1 องศาบริกซ์ แดกกอดีโดยให้จำนวนลำต่อไร่สูง 12,198 ลำ สามารถไว้ต่อได้ดี ไม่ต้องปลูกใหม่ทุกปีลักษณะประจำพันธุ์ มีใบขนาดใหญ่ ปลายใบโค้ง ลำต้นมีสีเขียวอมเหลือง รสชาติหวานหอม แดกกอดี มีจำนวนลำประมาณ 12,000 ลำต่อไร่ ปล้องมีรูปร่างทรงกระบอกค่อนข้างยาว ไม่มีร่องเหนือตา ตามีรูปร่างกลม มีวงเจริญเหลืองและนูน ช่อโปน มีการออกดอกบ้างในอ้อยต่อ ช่วงเดือนธันวาคม อายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคือ 8 เดือน (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 อ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 จากแหล่งปลูกกรมวิชาการเกษตร
ที่มา : กรมวิชาการเกษตร. 2539

3. อ้อยควั่นหรืออ้อยเคี้ยว อ้อยเคี้ยวดั้งเดิม คือพันธุ์เมอริซาด ซึ่งปลูกกันมานานกว่า 30 ปี จึงเกิดการเสื่อมคุณภาพ ไม่สามารถไว้ตอได้และไม่สามารถนำไปคั้นน้ำได้ จึงได้มีการคัดเลือกและหาอ้อยเคี้ยวที่ให้คุณสมบัติในการไว้ตอได้ดี ในปี 2543 จึงได้มีการผสมเปิดอ้อยพันธุ์เมอริซาดและทำการคัดเลือกจาก 700 โคลน จนเหลือ 7 โคลน ที่นำมาเปรียบเทียบในท้องถิ่น อ้อยปลูก อ้อยตอ 1 และอ้อยตอ 2 เปรียบเทียบกับเมอริซาด พบว่า อ้อยเคี้ยวโคลน A21-1 ให้คุณสมบัติในการเป็นอ้อยเคี้ยวที่ดี และมีผลผลิตเนื้ออ้อยสุทธิ (ส่วนที่สามารถเคี้ยวได้) สูงกว่าเมอริซาด 1.9 เท่า มีความหวานสูง 19.3 องศาบริกซ์ ซึ่งสูงกว่าเมอริซาดร้อยละ 12 มีจำนวนลำ 13,260 ลำต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าเมอริซาด 3 เท่า น้ำอ้อยมีสีเหลืองอมเขียว รสชาติหอมหวาน เช่นเดียวกับอ้อยคั้นน้ำพันธุ์สุพรรณบุรี 50 ผลผลิตน้ำอ้อยใกล้เคียงกัน คือ 4,900 ลิตรต่อไร่ และใช้ชื่อว่า อ้อยเคี้ยวพันธุ์สุพรรณบุรี 72 ในปี 2547 แนะนำเกษตรกรแทนพันธุ์เมอริซาด (วันทนา ตั้งเปรมศรี, 2549)

เมื่อตัดอ้อยตามขวางจะปรากฏส่วนที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน 3 ส่วน คือ ส่วนนอกสุดซึ่งมีความแข็งมาก เรียกว่าเปลือก (hard rind) ถัดเข้าไปซึ่งนิ่มกว่า เรียกว่าเนื้ออ้อย (flesh) ประกอบด้วยเซลล์ที่ทำหน้าที่เก็บน้ำตาล (parenchyma หรือ storage cell) และเยื่อใย (fiber) ซึ่งส่วนนี้จะเห็นได้ชัดเมื่อฝอยตัด จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ ปรากฏว่าส่วนที่เป็นเปลือกประกอบด้วยเซลล์ผิวหนา ซึ่งมีลิกนิน (lignin) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ เปลือกทำหน้าที่ให้ลำต้นแข็งแรงและป้องกันส่วนที่อยู่ภายในลำต้น ส่วนที่เป็นไฟเบอร์คือ ท่อน้ำ และท่ออาหาร

ในลำต้นหนึ่งๆ มีท่อดังกล่าวอยู่ประมาณ 1,200 ท่อ ความหนาแน่นของไฟเบอร์มีมากที่บริเวณใกล้เปลือกและมีน้อยลงเมื่อใกล้จุดศูนย์กลางลำต้น ที่จุดศูนย์กลางอาจจะตันหรือมีรู นอกจากนี้บริเวณใกล้จุดศูนย์กลางมักจะมีไส้ (pith) รวมเป็นกลุ่ม หรืออาจกระจายอยู่ทั่วไปเป็นลักษณะประจำพันธุ์ ในส่วนที่เป็นปล้อง ท่อน้ำ ท่ออาหาร จะขนานกันไป แต่ที่ข้อจะแยกตัวออก บางส่วนไปสูปล้องที่อยู่ถัดขึ้นไป บางส่วนแยกสู่กาบใบ บุ่มรากหรือตา เป็นต้น ส่วนที่นิ่มซึ่งอยู่รอบๆ ไฟเบอร์คือ เซลล์ซึ่งทำหน้าที่เก็บน้ำตาลนั่นเอง เมื่ออ้อยถูกบีบด้วยลูกหีบ เซลล์เหล่านี้จะแตกปล่อยน้ำตาลออกมา ความแข็งและความนิ่มของเนื้ออ้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของไฟเบอร์ ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม (เกษม สุขสถาน, 2542)

น้ำตาลที่อยู่ในน้ำอ้อยมักอยู่ในรูปของสารละลายน้ำตาล ส่วนสารอื่นๆ นอกจากน้ำตาลคือสิ่งเจือปนและน้ำ สารที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ได้แก่ น้ำตาลรวมกับสารอื่นๆ เรียกว่า บริกซ์ (Brix) ของน้ำอ้อย และน้ำอ้อยยังมีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลก็ยังมีค่าใกล้เคียงกับบริกซ์เพิ่มขึ้น ในทางปฏิบัติจะนิยมใช้ความบริสุทธิ์ (purity) ของน้ำอ้อยเป็นเกณฑ์ ซึ่งคำนวณได้จากสูตร (เกษม สุขสถาน, 2515)

$$\text{ความบริสุทธิ์ (purity)} = \frac{\text{น้ำตาล (sugar)}}{\text{บริกซ์ (Brix)}} \times 100$$

ความบริสุทธิ์ของน้ำอ้อยร้อยละ 90 หมายความว่าร้อยละ 90 ของสารที่ละลายน้ำอยู่ในน้ำออยนั้นเป็นน้ำตาลบริสุทธิ์ (เกษม สุขสถาน, 2515)

ค่าโพลก็คือค่าของชุกโครส วิธีวัด โดยการนำน้ำอ้อยมาทำให้ใสด้วยสารเคมีบางชนิด เช่น lead subacetate สิ่งเจือปนจะตกตะกอน กรองเอาน้ำอ้อยใสใส่หลอดแก้วแล้วอ่านในเครื่อง polarimeter หรือ polariscope ก็จะได้ค่าโพล (เกษม สุขสถาน, 2515) เครื่องมือ polarimeter มีประโยชน์มากในการหาร้อยละของน้ำตาลชุกโครสซึ่งหลักการ คือ หาค่า coserved rotation หรือเรียกกันว่า Pol. Reading นำมาคำนวณหรืออ่านในตารางสำเร็จ ก็จะทราบร้อยละของน้ำตาลชุกโครสโดยประมาณ ซึ่งเรียกกันว่า ร้อยละโพล (กล้าณรงค์ ศรีรอด, 2536)

น้ำอ้อยสดและน้ำอ้อยจากอ้อยไฟไหม้มีค่าองศาบริกซ์ อยู่ในช่วง 17.46-21.1 และ 16.44-21.06 ตามลำดับ ร้อยละโพล (ร้อยละของน้ำตาลชุกโครสโดยประมาณ) ของน้ำอ้อยสดและน้ำอ้อยไฟไหม้ อยู่ในช่วง 12.78-16.03 และ 11.65-17.73 (ตามลำดับ) สำหรับค่าความบริสุทธิ์ของน้ำอ้อยสดและน้ำอ้อยไฟไหม้อยู่ในช่วงร้อยละ 73.20-83.60 และ 70.69-84.21 (ตามลำดับ)

อ้อยเป็นพืชชนิดหนึ่งที่แตกต่างกันจากพืชชนิดอื่นตรงที่มีน้ำเลี้ยง มีปริมาณซูโครสสูง และในน้ำอ้อยประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต ประเภทโพลีแซคคาไรด์ และมีน้ำตาลรีดิทซ์ ประมาณร้อยละ 4-8 เป็นองค์ประกอบ (จรัสศรี สำราญ, 2545)

น้ำอ้อยคั้นสดมีความเป็นกรดเล็กน้อย โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 4.73-5.63 เมื่อวัดปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าร้อยละ 0.32 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้อยู่ในช่วง 10-19 องศาบริกซ์ ความชื้นสูงถึงร้อยละ 75 และพบสารประกอบอินทรีย์ส่วนใหญ่คือ คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 17.6 ซึ่งพบน้ำตาลซูโครสมากที่สุดประมาณร้อยละ 10-16 และพบน้ำตาลอื่นๆ ได้แก่ กลูโคสและฟรุคโตสร้อยละ 0.60 และ 0.36 (ตามลำดับ) (ยุวภา วิโรจน์สกุลชัย, 2536) ในขณะที่ซูมาลี เหลืองสกุลชัย (2535) พบน้ำตาลรีดิทซ์ร้อยละ 0.3-3.0 สำหรับสารอินทรีย์อื่นๆ นอกเหนือจากน้ำตาลอยู่ในช่วงร้อยละ 0.5-1.0 ซึ่งจากงานวิจัยของ ยุวภา วิโรจน์สกุลชัย (2536) พบโปรตีนและไขมันประมาณร้อยละ 0.58 และ 0.38 ตามลำดับ และมีปริมาณสารประกอบอินทรีย์ประมาณร้อยละ 0.2-0.6 (ตารางที่ 2)

สารสีที่พบในน้ำอ้อยคือสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) มีปริมาณเล็กน้อยประมาณร้อยละ 17 (ของสารอินทรีย์ที่ไม่ใช่น้ำตาลซึ่งมีอยู่ร้อยละ 1 ในน้ำอ้อย) เนื่องจากสารสีเหล่านี้ จะมีความเข้มข้นมากขึ้น จึงส่งผลให้น้ำอ้อยมีสีเหลืองเข้มมากขึ้น ลักษณะของสารประกอบที่มีสีเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับพันธุ์อ้อย ดินที่ใช้ปลูก สภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโต ลักษณะทางภูมิศาสตร์ กระบวนการสกัด และการทำให้บริสุทธิ์ (refining process) (Honing, 1953) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นสารประกอบประเภทกลูโคไซด์ (glucoside) ประกอบด้วยแอนโทไซยานิดิน (anthocyanidin) เกิดพันธะกับกลูโคสและน้ำตาลอื่นๆ เป็นกลุ่มที่ทำให้เกิดสีแดง น้ำเงิน และม่วงในพืช ละลายได้ พบในดอกไม้ แอนโทไซยานิน (anthocyanin) เมื่ออยู่ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นจะมีสีแดงเข้ม และในโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 จะมีสีม่วงแดง (Honing, 1953)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำอ้อยจากแหล่งต่างๆ

องค์ประกอบ	1	2	3	4
ความเป็นกรด-ด่าง	-	5.26	-	4.73-5.63
กรดทั้งหมด (ร้อยละ)	-	0.32	-	-
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (^o Brix)	-	19.11	-	10-16
ความชื้น (ร้อยละ)	75-78	76.96	81.40	-
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	-	-	17.6	-
ซูโครส (ร้อยละ)	10-21	16.21	-	-
กลูโคส	-	0.60	-	0.2-0.64
ฟรุคโตส (ร้อยละ)	-	0.36	-	0.2-0.64
น้ำตาลรีดิวิซ์ (ร้อยละ)	0.3-3.0	0.92	-	-
สารอินทรีย์อื่นๆ นอกเหนือจากน้ำตาล (ร้อยละ)	0.5-1.0	-	-	-
โปรตีน (ร้อยละ)	-	0.58	0.2	-
ไขมันและน้ำมัน (ร้อยละ)	-	0.38	0.4	-
สารประกอบอนินทรีย์ (ร้อยละ)	0.2-0.6	0.64	-	-

หมายเหตุ : 1. สุมาลี เหลืองสกุล. 2535 2. ยุภา วิโรจน์สกุลชัย. 2536

3. กุลยา จันทร์อรุณ. 2533 4. Chen. 1985

กระบวนการผลิตไซรัป

ไซรัปผลไม้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดน้ำผลไม้มาทำให้เข้มข้น มีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืด มีกลิ่นรส ผลไม้ สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำตาลสูง ไซรัปผลไม้มีลักษณะขุ่นหรือใส มีส่วนของผลไม้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 และมีปริมาณสารที่ละลายน้ำได้อย่างน้อยร้อยละ 65 แต่มีความเป็นกรดต่ำ ถ้ามีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 68 ต้องใช้สารเคมีในการเก็บรักษา หากต้องการดื่มเป็นเครื่องดื่มต้องทำให้เจือจางก่อนดื่ม ซึ่งควรจะมีสารที่ละลายน้ำร้อยละ 10-20 และมีความเป็นกรด 0.5-0.6 (ไซรัปผลไม้, 2548) ไซรัปมีหลายชนิดที่จำหน่ายในท้องตลาด เช่น เมเปิลไซรัป ฟรุคโตสไซรัป ไซรัปจากน้ำอ้อย เป็นต้น

เมเปิลไซรัป (maple syrup) มีต้นกำเนิดมาจากประเทศแคนาดา ผลิตได้จากต้นเมเปิลซึ่งมีปริมาณน้ำตาลอยู่สูง จะผลิตในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคมและเมษายน ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ การผลิตโดยเจาะรูต้นเมเปิลและใช้สายยางดูดน้ำหวานจากต้นเมเปิลโดยใช้เครื่องปั๊มสุญญากาศเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิต บรรจุเก็บไว้ในถังเก็บ จากนั้นนำมาต้มเคี่ยวจนหมด

ฟองจะได้เมเปิลไซรัป การทำให้เข้มข้นจะเกิดได้ช้ามากเนื่องจากมีปริมาณน้ำอยู่สูง น้ำหวานที่ดูดได้จากต้นเมเปิลปริมาณ 40 ลิตร นำมาทำเป็นเมเปิลไซรัปได้เพียง 1 ลิตร ซึ่งการดูดให้น้ำหวาน 40 ลิตร ต้องใช้เวลา 4-6 สัปดาห์ ทำการต้มเคี่ยวจนได้เมเปิลไซรัปที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 66-67 องศาบริกซ์ (maple syrup, 2006) บริษัท Ontario Maple Syrup Producers Association (OMSPA) ได้แบ่งเมเปิลไซรัปเป็น 2 เกรดและ 4 ระดับสี คือ เกรด 1 มี 3 ระดับสี คือ 1) Extra Light จะมีกลิ่นรสเมเปิลที่นุ่มนวลดีมาก ใช้กับแพนเค้ก วาฟเฟิล 2) Light จะมีกลิ่นรสเมเปิลที่นุ่มนวลดี ใช้กับ breakfast cereals topping 3) Medium จะมีกลิ่นรสเมเปิลที่รุนแรง จะนำไปทำเป็นแผ่นเพื่อใช้เป็นสารให้ความหวาน เกรด 2 มี 1 ระดับสี คือ Ontario Amber จะมีกลิ่นรสเมเปิลที่รุนแรงมากใช้ในการทำ Maple Butter Taffy. (Salminen and Hallikainen, 1990)

ฟรุคโตสไซรัป ผลิตจากหัวมันสำปะหลัง ซึ่งมีเนื้อแป้งประมาณร้อยละ 20 ล้างทำความสะอาด แล้วม่ แยกแป้งออกจากส่วนประกอบอื่นๆ โดยอาศัยแรงเหวี่ยงแยกความถ่วงจำเพาะและย่อยแป้ง (Liquefaction) โดยใช้กรดหรือเอนไซม์ แอลฟาอะมัยเลส ผสมลงไป ในหม้อต้มความร้อนสูง (Jet Cooker) 110-120 องศาเซลเซียส นาน 4-5 นาที เมื่อเอนไซม์ย่อยแป้งเป็นน้ำตาลโดยการฉีดไอน้ำผสมกันก็ได้แป้งที่สุก หรือที่เรียกว่า น้ำเชื่อมเหลว แล้วนำเข้าสู่กระบวนการทำให้น้ำตาลโมเลกุลเล็กลง (Saccharification) หลังจากที่ได้น้ำเชื่อมเหลวที่มีค่าความเป็นกรดประมาณ 4-5 และมีอุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส ผสมเอนไซม์กลูโคสอะมัยเลส และบ่มเก็บนานประมาณ 60-72 ชั่วโมง ทำการฟอกสี กรองผงถ่านออกแล้วจึงกลับไปฟอกสีและกลั่นอีกครั้ง กรองเอาผงถ่านออก และผ่านตัวแลกเปลี่ยนประจุเพื่อแยกสารเคมีออกจากน้ำเชื่อม ในกระบวนการต่อไป การเปลี่ยนรูปน้ำตาลกลูโคสเป็นฟรุคโตส (Isonierzation) น้ำเชื่อมกลูโคสที่แยกได้แล้วนำไปผ่านชุดคอลัมน์ที่มีเอนไซม์ไอโซเมอเรสแบบตรึงแน่นบรรจุอยู่ กลูโคสจะถูกเปลี่ยนไปเป็นฟรุคโตส โดยภาวะที่เกิดปฏิกิริยาต้องมีสภาพความเป็นกรด-ด่างที่ 8 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และทิ้งให้ทำปฏิกิริยานาน 1 ชั่วโมง ฟรุคโตสไซรัปที่ได้จะประกอบไปด้วยฟรุคโตส ปริมาณร้อยละ 42 กลูโคสปริมาณร้อยละ 52 และอื่นๆ ปริมาณร้อยละ 6 (ภาวิณี ทองคำวงศ์, 2537)

กลูโคสไซรัป (Glucose syrup) คือ สารละลายซัคคาไรด์ (saccharides) ที่ได้จากการย่อยแป้งและผ่านกรรมวิธีทำให้เข้มข้น ต้องมีลักษณะเป็นของเหลวข้น มีรสหวาน ไม่มีสีหรือมีสีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่นหมัก ปราศจากราที่มองเห็นได้ ไม่มีตะกอนหรือสิ่งสกปรกอื่นใด ปราศจากสารที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลรวมทั้งกลี้นและรสเทียม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม,

2521) กลูโคสไซรัปต้องมีน้ำไม่เกินร้อยละ 31 น้ำตาลรีดิวิตซ์ไม่เกินร้อยละ 0.3 และปริมาณแฉ่ำซัลเฟตไม่เกินร้อยละ 0.1 (Glucose syrup, 1997)

ไซรัปน้ำอ้อย (Cane syrup) ผลิตจากน้ำอ้อยโดยนำอ้อยที่ผ่านการตัดเข้าเครื่องหีบสกัดน้ำอ้อย จากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการทำให้บริสุทธิ์หรือทำให้ใสโดยตกตะกอนด้วยปูนขาว เบนโทไนด์หรือฟอกสีน้ำอ้อยด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และผ่านการกรองก่อนนำเข้าสู่กระบวนการระเหยเป็นไซรัป (Chen, 1985) ไซรัปน้ำอ้อยมี 2 ประเภท คือ 1) Dark Golden Brown ซึ่งจะมีสีน้ำตาลและสีทอง กลิ่นปานกลาง ผลิตที่ Louisiana และ Hawaii 2) Golden syrup มีกลิ่นที่นุ่มนวลและมีการแบ่งเกรด 2-3 เกรดตามสี ผลิตที่อังกฤษ แคนาดา ออสเตรเลีย และอเมริกาใต้ นิยมใช้กับอาหารเข้า ขนมปัง พุดดิ้ง ขนมปังที่มีไส้ แพนเค้ก บิสกิต และใช้ประกอบอาหารต่างๆ เป็นต้น องค์ประกอบไซรัปจากน้ำอ้อยแสดงดังตารางที่ 3 (Marie and Piggott, 1991)

ตารางที่ 3 คุณลักษณะของไซรัปน้ำอ้อยในแต่ละประเภท

องค์ประกอบ	Dark Golden Brown	Golden syrup	Golden syrup ทางการค้า
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)	85	77-82	72 หรือ 73
น้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)	25-30	66.5-68.0	30 หรือ 60
น้ำตาลอินเวอร์ท (ร้อยละ)	50-52	-	-

ที่มา : Marie and Piggott, 1991

กระบวนการผลิตไซรัปน้ำอ้อยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ การสกัดน้ำอ้อย การตกตะกอนหรือการทำให้ใส และการระเหย

1. การสกัดน้ำอ้อย เก็บเกี่ยวอ้อยแก่เต็มที่โดยลำอ้อยมีลักษณะทรงกระบอกปล้องค่อนข้างยาว สีเขียวอมเหลือง อายุการเก็บเกี่ยว 8 เดือน ตัดอ้อยโดยใช้มีดเหลียนตัดและตัดให้ชิดดิน ตัดยอดอ้อยออกให้ยาวพอสมควร เพราะอ้อยยอดยาวจะมีผลทำให้คุณภาพอ้อยต่ำลง และควรขจัดกาบ ใบ ดิน และสิ่งสกปรกออกให้มากที่สุด (ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี, 2539) นำต้นอ้อยที่ตัดจากแปลงปลูก มาตัดเป็นท่อน ความยาวท่อนละประมาณ 75-90 เซนติเมตร เพื่อสะดวกในการปอก ล้างและนำเข้าสู่เครื่องคั้นน้ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2539) การสกัดน้ำอ้อยด้วยเครื่องหีบอ้อย โดยสอดลำต้นอ้อยเข้าไปประหว่งลูกหีบ เพื่อให้ลูกหีบรีดน้ำอ้อยให้ไหลออกจากต้นอ้อย (วิบูลย์ ลีสุวรรณ, 2542) การเก็บรักษาอ้อยไว้หลังการตัด สามารถเก็บเกี่ยวอ้อยไว้

ในที่ร่มได้ประมาณ 14 วันหลังการตัด โดยคุณภาพน้ำอ้อยยังคงใกล้เคียงกับอ้อยที่ตัดสด แต่ผลผลิตน้ำอ้อยที่ได้จะลดลงจากเดิมประมาณร้อยละ 15 การเก็บไว้นานกว่านั้นนอกจากจะทำให้ปริมาณน้ำอ้อยลดลงแล้ว ยังทำให้น้ำอ้อยที่ได้มีคุณภาพต่ำ โดยจะมีสีคล้ำและขุ่นกว่าปกติ ดังนั้นจึงไม่ควรใช้อ้อยที่ตัดไว้นานเกินกว่า 2 สัปดาห์ ในการหีบเพื่อนำน้ำอ้อยมาใช้ในการบริโภคสด (ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี, 2539)

2. การทำให้ใส ความขุ่นของน้ำผลไม้ เนื่องจากอนุภาคที่แขวนลอยเป็นสารประกอบไฮโดรฟิลลิกคอลลอยด์ (Hydrophilic colloid) ปรากฏในน้ำผลไม้ประกอบด้วยอนุภาคแขวนลอยที่สำคัญอยู่รอบๆ เป็นชั้นของน้ำที่ถูกดูดซับและประจุที่อยู่รอบๆ โดยการเลือกอิออนที่ถูกดูดซับแล้วแตกตัวเป็นหมู่คาร์บอนิลอิสระ เช่น โปรตีน ชั้นของน้ำที่ถูกดูดซับและประจุไฟฟ้าป้องกันอนุภาคจากการรวมตัวและการตกตะกอน การดูดซับ การแตกตัวเป็นอิออนและธรรมชาติของปฏิกริยากับอนุภาคที่แขวนลอยอื่นที่มีผลต่อความคงตัว ส่วนการรวมตัวและการตกตะกอนเนื่องจาก การทำให้ประจุไฟฟ้าเป็นกลาง โดยวิธีทำแห้ง และเกิดการสูญเสียผิวหน้าโดยการให้ความร้อนในอนุภาคคอลลอยด์หนึ่ง ซึ่งจะมีผลกับอนุภาคอีกอนุภาคหนึ่ง ทำได้โดยการกระตุ้นและการทำให้ตกตะกอนโดยใช้สารที่มีประจุไฟฟ้า (electrolyte) หรืออีกทางหนึ่งที่สามารถป้องกันหรือทำให้อนุภาคมีความเสถียร หรือถ้าอนุภาคแขวนลอยที่มีประจุตรงข้ามอยู่รวมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม ประจุแต่ละประจุอาจตกตะกอนซึ่งกันและกัน และสามารถกำจัดตะกอนออกไปได้ องค์ประกอบที่ทำให้น้ำผลไม้ขุ่นที่พบตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่ยังไม่ทราบชัดเจนแต่จากการศึกษาของผู้วิจัยหลายๆ ท่าน มีความเชื่อว่าความขุ่นน้ำผลไม้เกิดจากสารประกอบในเซลล์พืชเป็นสารประกอบพวกไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) (Tressler and Joslyn, 1961) ไฮโดรไฟบิกทำให้อนุภาคของคอลลอยด์ตกตะกอนได้ง่ายกว่าไฮโดรฟิลลิก เพราะอนุภาคไม่มีแรงดึงดูดต่อน้ำ มันแขวนลอยอยู่ได้โดยอาศัยแรงผลักดันของประจุไฟฟ้าบนผิวของอนุภาคเพียงอย่างเดียว ส่วนในระบบไฮโดรฟิลลิกอนุภาคคอลลอยด์ชอบดูดซับน้ำเอาไว้ที่ผิวดังนั้นการตกตะกอนต้องขึ้นอยู่กับประจุไฟฟ้าและ degree of hydration เมื่อทำให้ปัจจัยเหล่านี้ลดลง ภาวะการเป็นคอลลอยด์จะถูกทำลายและอนุภาคของคอลลอยด์จะตกตะกอนได้ง่าย คือทำให้ประจุหายไปเท่านั้น โดยการเติมสารที่มีประจุตรงข้ามกับอนุภาคคอลลอยด์ลงไป ส่วนไฮโดรฟิลลิกคอลลอยด์ต้องดูน้ำออก (dehydration) จากผิวของอนุภาคคอลลอยด์เสียก่อน ซึ่งอาจจะใช้ความร้อน เกลือ หรือแอลกอฮอล์ (นิธิยา รัตนานนท์, 2545)

คอลลอยด์ที่พบในน้ำอ้อยมีอยู่ 2 ชนิด คือ ไฮโดรโฟบิก คอลลอยด์ (Hydrophobic colloid) เป็นคอลลอยด์ที่ไม่ชอบน้ำ ประจุไฟฟ้าของอนุภาคจะป้องกันไม่ให้อนุภาคเหล่านั้นมารวมตัวกัน จึงไม่สามารถตกตะกอนได้ แต่เมื่อทำให้เป็นกลางประจุไฟฟ้าเหล่านี้ จะมีผลทำให้คอลลอยด์เหล่านั้นมารวมตัวเป็นก้อนใหญ่ตกตะกอนลงมา ตะกอนส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์ เช่น สารประกอบเฟอร์รัสไฮดรอกไซด์ ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) และ อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Al}(\text{OH})_3$) เป็นต้น และไฮโดรฟิลลิก คอลลอยด์ (Hydrophillic colloid) เป็นคอลลอยด์ที่ชอบน้ำ อนุภาคจะถูกห่อหุ้มด้วยน้ำ จึงไม่สามารถตกตะกอนได้ การใช้ความร้อนจะทำให้คอลลอยด์เกิดการดีไฮเดรชันและเกิดการตกตะกอน คอลลอยด์ที่ชอบน้ำนี้ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ เช่น เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) แป้ง และสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เป็นต้น (ยูภา วิโรจน์สกุลชัย, 2536) นอกจากนี้แทนนิน เพคติน แป้ง เจลาติน กัม โปรตีนจากผลไม้ซึ่งมีอยู่ในพืชหลายชนิด นิวเคลียส และองค์ประกอบอื่นๆ ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำมีลักษณะเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่และเกิดการแขวนลอยในน้ำผลไม้ได้ สารประกอบฟีนอลิกที่พบในน้ำผลไม้ที่เป็นสาเหตุความขุ่นมี 4 ประเภทใหญ่ๆ คือ กลุ่มกรดซินนามิก (cinnamic acid) และอนุพันธ์ กลุ่มฟลาโวนอล (flavanol) กลุ่ม ไกลโคไซด์ (glycoside) ไดไฮโดรคัลคอล (dihydrochalcone) และไกลโคไซด์ (glycoside) กลุ่ม คอนเดนส์ (condensed) แทนนิน (tannin) (วัฒนา วิรุฒิกกร, 2540) ความขุ่นของน้ำผลไม้เป็นสาเหตุทำให้น้ำผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลง กลิ่นและรสได้ นอกจากนี้อาจเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเอนไซม์ที่ย่อยสลายเพคติน เช่น เพคตินเนสเทอเรส (pectinesterase) ในสารประกอบที่แขวนลอยเหล่านั้นอาจจะ เป็นสารที่เป็นน้ำมัน ไขมัน สารให้สีจากผลไม้หรือเนื้อผลไม้ (Tressler and Joslyn, 1961) ปริมาณที่พบจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ด้วย วิธีการทำให้น้ำผลไม้ใสอาจทำได้โดย

2.1 เบนโทไนต์ (Bentonite) เบนโทไนต์ เป็นดินเหนียว (clay) ซึ่งประกอบด้วยแร่สแมกไทต์ (smectite) เป็นส่วนใหญ่ โครงสร้างมีรูพรุนสามารถพองตัวและดูดซับไอออนหรือโมเลกุลต่างๆ ได้ (ชาญ จรรยาวิชัย, 2543) องค์ประกอบที่สำคัญคือมีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ประมาณร้อยละ 70 และ 6-12 (ตามลำดับ) แร่สแมกไทต์ เป็นชื่อของแร่ธรรมชาติกลุ่มฟิโลซิลิเกต (phyllosilicate) ซึ่งในโครงสร้างมีอะลูมิเนียมซิลิเกต (aluminosilicate) เป็นองค์ประกอบสำคัญ ซึ่งแร่ในกลุ่มสแมกไทต์ ได้แก่ มอนต์มอริลโลไนต์ (montmorillonite) ไบเดลไลต์ (bidellite) นอนโทไนต์ (nontonite) แซโปไนต์ (saponite) และเฮคโตรไรต์ (hectorite) แร่แต่ละชนิดนี้มีสัดส่วนทางเคมีที่แตกต่างกันโดยสัดส่วนที่ต่างกันนี้จะเกี่ยวข้องกับค่าที่ Al^{3+} และ Si^{4+} ในชั้นเตตระฮีดรัล (tetrahedral) และ Al^{3+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} และ Li^+

แทนที่ในชั้นออกตะฮีดรัล (octahedral) และการที่แร่เหล่านี้มีรูพรุน (porosity) และมีความเป็น
 ประจุลบที่ผิวของโครงสร้าง จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์แบบซีออไรต์ได้ เช่น เป็นตัว
 แลกเปลี่ยนไอออน เป็นตัวช่วยกรอง และใช้ดูดซับสารมีสีในของเหลวเพื่อกำจัดสีที่ไม่ต้องการได้
 (Odom, 1984) เบนโทไนต์เป็นตัวดูดซับที่มักจะเลือกดูดซับแต่โปรตีน และการดูดซับเกิดจากแรง
 ดึงดูดระหว่างประจุบวกของโปรตีนและประจุลบของซิลิเกต อนุภาคของเบนโทไนต์ที่ปกคลุมด้วย
 โปรตีนที่ถูกดูดซับ จะดูดซับสารพวกแทนนินอยู่บนโปรตีนหรือพร้อมกับโปรตีน เกิดการตกตะกอน
 ที่รวมเอาพวกฟีนอลิกและแทนนินตกลงมา ตะกอนจะมีลักษณะแน่น (ทอง ภักฤษพันธุ์, 2540)
 การเติมเบนโทไนต์ร้อยละ 2-4 โดยน้ำหนักของน้ำอ้อยสามารถกำจัดสีและความขุ่นได้ดีเท่า
 น้ำอ้อยใส (clarified juice) ที่ได้จากการใช้ปูนขาวร่วมกับสารลดแรงตึงผิว ซึ่งต้องใช้ปูนขาวถึง
 ร้อยละ 75 (ข้อมูลจากโรงงาน) และการกำจัดสีและความขุ่นในน้ำอ้อยด้วยปูนขาวจะเกิดที่
 ตะกอนเบา ต้องใช้สารลดแรงตึงผิวร่วมด้วยจึงจะตกตะกอนได้ดี ในขณะที่การใช้เบนโทไนต์
 สามารถตกตะกอนได้เร็วโดยไม่ต้องใช้สารลดแรงตึงผิว อย่างไรก็ตาม การใช้ปูนขาวปรับ
 pH ให้เป็นกลางก่อนเติมเบนโทไนต์จะได้ผลดีที่สุดทั้งการกำจัดสีและความขุ่นโดยไม่ต้องใช้สาร
 อื่นช่วยตกตะกอน (กรณีใช้เบนโทไนต์ร้อยละ 4 และ เฟนโนพอล (fennopol) 0 ส่วนในล้านส่วน
 ในน้ำอ้อยผสมปูนขาว) และ การใช้เพอร์ไลต์ร้อยละ 2 ถึง 4 โดยน้ำหนักร่วมกับสารลดแรงตึงผิวที่
 200-400 ส่วนในล้านส่วน สามารถกำจัดสีในน้ำอ้อยรวม (mixed juice) ได้มากกว่าการใช้ปูน
 ขาวร่วมกับสารลดแรงตึงผิวที่โรงงานใช้อยู่ การกำจัดสีในน้ำอ้อยและการใช้เพอร์ไลต์ร่วมกับสาร
 ลดแรงตึงผิว ขึ้นอยู่กับ pH ของน้ำอ้อยและในการปรับ pH ควรใช้ปูนขาวโดยน้ำอ้อยที่ได้มี
 เเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์อยู่ในระดับเดียวกับน้ำอ้อยใสที่ได้จากการใช้ปูนขาวร่วมกับสารลดแรงตึง
 ผิว แต่การใช้เพอร์ไลต์ร่วมกับสารลดแรงตึงผิวเฟนโนพอล (fennopol) กำจัดความขุ่นได้ไม่ดีเท่า
 การใช้ปูนขาวร่วมกับสารลดแรงตึงผิว (จรัสศรี สำราญ, 2545)

2.2 ปูนขาว คุณสมบัติของปูนกลุ่มคาร์บอเนต เป็นปูนที่มาจากแหล่งธรรมชาติ
 แล้วนำมาบดโดยไม่ผ่านกระบวนการเผาด้วยความร้อนจะปรับค่า pH ให้เพิ่มขึ้นบ้างจึงทำให้ค่า
 pH คงอยู่ได้นาน ช่วยเพิ่มค่าคาร์บอเนตอัลคาไลน์ดีของน้ำได้อย่างดี คุณสมบัติของปูนกลุ่ม
 ไฮดรอกไซด์ ปูนกลุ่มนี้ได้จากการนำหินปูนคาร์บอเนต หรือเปลือกหอยที่มีองค์ประกอบของ
 คาร์บอเนตเป็นหลักมาเผาที่อุณหภูมิสูง แล้วพรมด้วยน้ำให้ชุ่มปูนจะแตกร่วนออกมาเอง
 คุณสมบัติจะทำให้ pH เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าพวกคาร์บอเนตแต่น้อยกว่าปูนพวกออกไซด์ มีผล
 ต่อค่าคาร์บอเนตอัลคาไลต์น้อยกว่าปูนกลุ่มอื่น (ธนากร พันธนิยะ, มปป.) ปูนเมื่อละลายน้ำ
 กลุ่มไฮดรอกซิลจะทำปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ (organic acid) ที่มีอยู่ในน้ำอ้อยให้เป็นกลาง และ

ทำให้สารที่ไม่ใช่น้ำตาล เช่น ไข (wax) กัม (gum) เกิดการรวมตัวกับแคลเซียม แล้วตกตะกอน นอกจากนี้การให้ความร้อน 100-104 องศาเซลเซียส ยังทำให้เกิดดีไฮเดรชัน โดยพวกไขและกัม จะจับตัวเป็นก้อนและตกตะกอน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการดีไฮเดรชันจะเกิดเร็วขึ้น ตะกอนที่เกิดขึ้น จะดูดซับสารมีสีและสิ่งสกปรกต่างๆ เข้ามาไว้ในตัวมันแล้วตกตะกอนน้ำอ้อยจะใส การทำให้น้ำอ้อยใสโดยนำน้ำอ้อยที่ผ่านการหีบด้วยเครื่องหีบอ้อย น้ำอ้อยที่ได้นำไปกรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น ปรับ pH ด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ให้ได้ pH 6.4 จากนั้นต้มจนกระทั่งอุณหภูมิเท่ากับ 93 องศาเซลเซียส จึงนำมาปรับ pH อีกครั้งด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ให้ได้ pH 7.8 แล้วจึงนำไปต้มอีกครั้งจนกระทั่งอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส รอจนเย็น นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ที่อัดแน่นด้วย celite โดยใช้เครื่องปั๊มสุญญากาศ น้ำอ้อยที่ผ่านการกรองแล้ว นำมาใส่ผงดำนฟอกสีในปริมาณที่มากเกินไป จนกระทั่งน้ำอ้อยที่ได้ใสปราศจากสี แล้วจึงนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 โดยใช้เครื่องปั๊มสุญญากาศ น้ำอ้อยที่ผ่านการกรองแล้วจะใสไม่มีสี กระบวนการดังกล่าวสามารถลดค่าสีของน้ำอ้อยดิบจาก 7650.14 ICUMSA Unit ลดลงเหลือ 97.3 ICUMSA Unit และลดสารปนเปื้อนอื่นๆ ที่ติดมากับน้ำอ้อยดิบ เช่น เม็ดสีในอ้อยบางชนิด คอลลอยด์ และสารประกอบไนโตรเจน เป็นต้น (ยุวภา วิโรจน์สกุลชัย, 2536)

2.3 การกรอง ได้แก่ (Microfiltration : MF) เป็นวิธีการแยกสารขนาดใหญ่ (macromaterials) และสารแขวนลอย (suspended solid) โดยใช้เยื่อกรองมีขนาด 0.02-2.0 ไมครอน มีจุดประสงค์หลักคือทำให้ใส เพราะเยื่อกรองมีขนาดใหญ่ (ข้อลัดดา เทียงพุกและสายสนม ประดิษฐ์ดวง, 2542) ไมโครฟิลเตรชันจำกัดอนุภาคในช่วงประมาณ 0.1-1.0 ไมครอน โดยทั่วไปอนุภาคแขวนลอยและคอลลอยด์ขนาดใหญ่จะถูกกำจัดขณะที่โมเลกุลขนาดใหญ่และของแข็งที่ละลายน้ำจะลอดผ่านเมมเบรนไมโครฟิลเตรชันได้ ปกติแรงดันที่ใช้อัดสารละลายผ่านเมมเบรน คือ 0.7 บรรยากาศ (10 PSI) ข้อดีของการใช้ไมโครฟิลเตรชัน คือ ใช้พื้นที่น้อย มีปริมาณตะกอนน้อยทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดตะกอน ให้คุณภาพที่สม่ำเสมอ (ไมโครฟิลเตรชัน, มปป.) อุลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration : UF) อุลตราฟิลเตรชันเป็นกระบวนการแยกโดยใช้แผ่นแยกโมเลกุลและคอลลอยด์ โดยใช้เยื่อแผ่นขนาดรูพรุนระหว่าง 0.001-0.1 ที่ความดันประมาณ 1-10 บาร์ เยื่อแผ่นที่ใช้กันอยู่ในอุตสาหกรรมนั้นมีอยู่ 2 ประเภท คือเยื่อแผ่นโพลิเมอร์ (polymer) และเยื่อแผ่นเซรามิก (ceramic) ปัจจุบันนิยมใช้เซรามิกเนื่องจากมีคุณสมบัติที่ทนทานต่ออุณหภูมิ ความดัน ความเป็นกรด-ด่าง สารเคมี เชื้อจุลินทรีย์และตัวกลางที่ไม่ใช่น้ำ จึงสะดวกในการทำความสะดวก เก็บรักษาและมีอายุการใช้งานยาวนานกว่าเยื่อแผ่นโพลิเมอร์ (ดุขฎี อุตภาคและคณะ, 2542)

3. การทำให้เข้มข้น การทำให้เข้มข้น ทำได้หลายวิธี ได้แก่

3.1 การให้ความร้อนโดยตรง คือการต้มเคี่ยวในภาชนะ เป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย แต่มีข้อด้อยคือ การควบคุมความร้อนจะทำได้ยาก มีการเปลี่ยนแปลงของรสชาติ กลิ่น สี เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารที่ให้กลิ่นเพราะถูกออกซิไดส์ และกรดอะมิโนจะเกิดปฏิกิริยามเมลลาร์ด กับน้ำตาลรีดิวซ์ (ซอลัดดา เทียงพุก และสายสนม ประดิษฐ์ดวง, 2542)

3.2 การทำให้เข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ เป็นการกำจัดน้ำบางส่วนออกจากอาหารเหลวด้วยการต้มโดยอาศัยความแตกต่างระหว่างความสามารถในการระเหยของน้ำ และตัวละลาย สามารถควบคุมความดันภายในให้มีความดันต่ำซึ่งจะทำให้อุณหภูมิในการระเหยต่ำ ข้อดีของการทำให้เข้มข้นภายใต้สุญญากาศคือ กลิ่น รส ของอาหารสูญเสีย้น้อย (วิไล ริงสาดทอง, 2545) วิธีระเหยแบบสุญญากาศทำให้ได้รับกลิ่นหอมที่มีคุณภาพทั้งด้านกายภาพและทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มข้นกลิ่นรส ที่ดีกว่าแบบกระเพาะเปิด (ชิตชัย ปัญญาสุวรรณค์, 2547)

3.3 การทำให้เข้มข้นโดยวิธีแช่เยือกแข็ง เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ให้ผลดีแต่มีค่าใช้จ่ายสูงมาก และทำให้เข้มข้นได้สูงสุดเพียงร้อยละ 50 (ซอลัดดา เทียงพุกและสายสนม ประดิษฐ์ดวง , 2542)

3.4 รีเวอร์สออสโมซิส (Reverse osmosis : RO) หรือไฮเพอร์ฟิลเตรชัน (Ultrafiltration) เป็นวิธีการแยกจับข้อนขึ้น บางครั้งเรียกว่าการเอาน้ำออก (dewatering) เพราะวิธีนี้จะยอมให้น้ำเท่านั้นที่ผ่านไปได้แต่สารที่ละลายน้ำได้ เช่น เกลือ น้ำตาล และออลอนต่างๆ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 150 ดาลตัน (daltons) จะไม่สามารถผ่านไปได้ (ซอลัดดา เทียงพุกและสายสนม ประดิษฐ์ดวง, 2542) วัสดุที่ใช้เป็นเยื่อกรอง ได้แก่

3.4.1 วัสดุที่ทำจากเยื่อกรองจำพวกเซลลูโลสอะซิเตต (cellulose acetate : CA) มีคุณสมบัติคือปริมาณของเหลวไหลผ่านเยื่อกรองสูง กักเก็บสารโมเลกุลเล็กๆ หรือออลอนไว้ได้มาก แต่มีข้อจำกัดเรื่องอุณหภูมิ ความคงทนต่อกรด-ด่างและไม่ทนต่อการถูกทำลายโดยจุลินทรีย์และเอนไซม์

3.4.2 เยื่อกรองซึ่งไม่ได้ทำจากเซลลูโลส (non-cellulosic membrane) ทนต่อความร้อนและสารเคมี จึงมีการนำไปใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการแปรรูป

3.4.3 โพลีเมอร์หลายชนิดผสมกันเป็นแผ่นฟิล์มบาง (thin-filmed composite : TFC) ซึ่งทำจากโพลีเมอร์ชนิดต่างๆ คือโพลีเอไมด์ (polyamide) โพลีซัลโฟน (polysulphone) เยื่อกรองชนิดนี้ทนต่อกรด-ด่างมากขึ้น และทำความสะอาดได้แต่ไม่ทนต่อความ

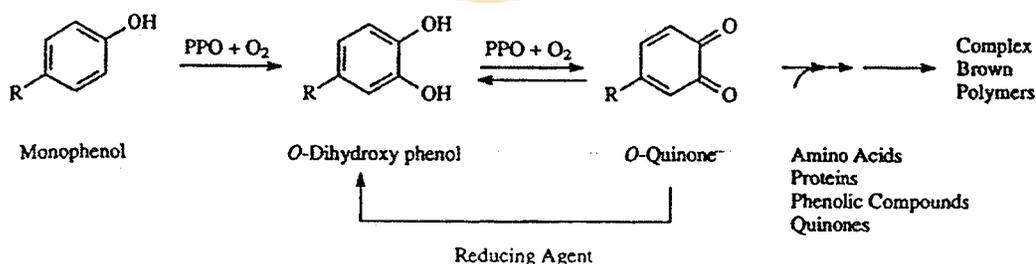
ร้อน คุณสมบัติเยื่อกรองในวิธีการนี้นิยมบอกเป็นอัตราซึมผ่านของน้ำและรีเทนชันของเกลือ (NaCl retention) ที่สภาวะหนึ่งๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน และความเข้มข้น เป็นต้น

การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ไซรัป

การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์จะส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ และการยอมรับของผู้บริโภค การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ไซรัปมีหลายลักษณะ ดังนี้

1. การเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning Reaction) การเกิดสีน้ำตาลในอาหาร (รัชนี ตันตะพานิชกุล, 2537) มี 2 ลักษณะ คือ

1.1 ปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Enzymatic browning reaction) เนื่องจากกลุ่มเอนไซม์ฟีนอลเลส (phenolase) ได้แก่ ฟีนอลออกซิเดส (phenoloxidase) คีโวลเลส (cresolase) โดพาออกซิเดส (dopaoxidase) แคทเทโคเลส (catecholase) ไทโรซีนเนส (tyrosinase) โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase : PPO) โปทาทุออกซิเดส (potatooxidase) สวีทโปเตโตออกซิเดส (Sweet potato oxidase) และสารประกอบฟีนอลเลส (phenolase complex) เป็นต้น โดยมีอนุมูลของทองแดงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สารประกอบฟีนอลิกในเซลล์ซึ่งเป็นสับสเตรต (substrate) จะทำปฏิกิริยากับเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase : PPO) ซึ่งปฏิกิริยาจะเริ่มต้น โดยการเกิดไฮดรอกซิเลชันของสารประกอบโมโนฟีนอลิกไปเป็นโอ-ไดฟีนอล (O-diphenol) ซึ่งจะถูกออกซิไดส์ต่อไปเป็นโอ-ควิโนน (O-quinone) และจะทำปฏิกิริยาแบบไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องกับสารประกอบต่างๆ รวมทั้งสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งเป็นสับสเตรตของ PPO (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเอนไซม์และการเกิดสีน้ำตาลของรีดิวซิงเอเจนต์
ที่มา : ศิวาพร ศิวเวช. 2546

1.2 ปฏิกริยาที่ไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง (Nonenzymatic browning reaction) การเกิดปฏิกริยาสีน้ำตาลในอาหารมีปฏิกริยาหลายปฏิกริยาที่มีส่วนในการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์อาหาร คือ (นิธิยา รัตนานนท์, 2545)

1.2.1 คาราเมลไลเซชัน (Caramelization) เป็นปฏิกริยาที่เกี่ยวข้องกับการเสียดสภาพด้วยความร้อน การ fragmentation และการ polymerization ของสารประกอบคาร์บอนโดยเฉพาะน้ำตาล และไม่เกี่ยวกับเอนไซม์ เมื่อสารได้รับความร้อนประมาณ 200 องศาเซลเซียส จะเกิดการหลอมเหลวให้สารที่มีสีน้ำตาล

1.2.2 ปฏิกริยามิลลาร์ด (millard reaction) พบว่าสารตั้งต้นของปฏิกริยานี้คือ สารประเภทเอมีนและกรดอะมิโนหรือโปรตีน กับสารที่มีกลุ่มคาร์บอนิล เช่น น้ำตาลรีดิวซ์ อัลดีไฮด์และคีโตน ดังนั้นจึงอาจเรียกปฏิกริยานี้ว่า condensation ระหว่าง α -amino เป็นสารที่มีกลุ่มคาร์บอนิลแล้วเกิดการ cyclization ได้เป็นสารที่อยู่ในรูปของอัลโดส (enol form) แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงจนได้เมลานอยดิน (melanoidins) ซึ่งเป็นสารที่ให้สีน้ำตาล (ดังภาพที่ 3) ผลของปฏิกริยามิลลาร์ดที่มีต่อผลิตภัณฑ์ คือ ทำให้สีและรส ของอาหารเปลี่ยนแปลงไป ลดคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีน เพราะจะเกิดการสูญเสียกรดอะมิโน เช่น ไลซีน (lysine) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นและเกิดการสูญเสียของกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ขั้นตอนการเกิดปฏิกริยามิลลาร์ด มีดังนี้ (ดังภาพที่ 3) คือ

1.2.2.1 น้ำตาลรีดิวซ์ทั้งคีโตสและแอลโดส จะรวมตัวกับหมู่ อะมิโนได้เป็นไกลโคซิลเอมีน

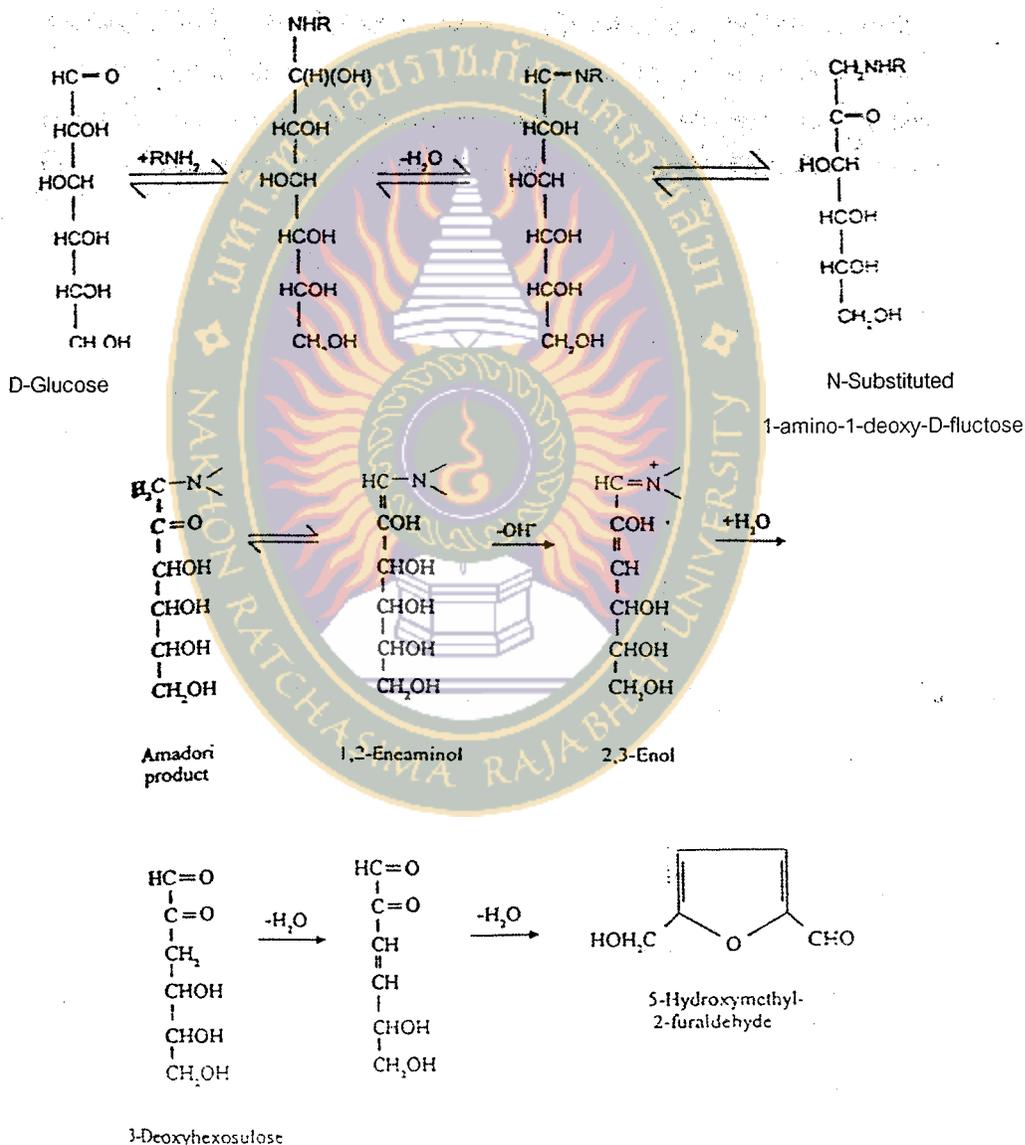
1.2.2.2 เกิดปฏิกริยาดีไฮเดรชันได้เป็นอิมีน (imines หรือ Schiff base) และมีการเรียงตัวใหม่ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Amadori rearrangement ได้เป็นแอลโดสเอมีน (aldoseamine) หรือคีโตสเอมีน (ketoseamine) เรียกว่า Amadori products เช่น 1-อะมิโน-1-ดีออกซี-คีโตส ซึ่งจะเกิดปฏิกริยาต่อเนื่องได้ เมื่อ pH 5 หรือต่ำกว่า

1.2.2.3 เกิดปฏิกริยา enolization ของ Amadori product ได้เป็น ไดคีโตสเอมีน หรือไดอะมิโนซูการ์ เช่น 3-ดีออกซีเฮกโซซูลอส

1.2.2.4 เกิดปฏิกริยาดีไฮเดรชันต่อได้เป็นอนุพันธ์ของฟูแรน (furan) ถ้าเป็นน้ำตาลเฮกโซส อนุพันธ์ฟูแรน คือ 5-ไฮดรอกซีเมทิล-2-ฟอรัลดีไฮด์ (5-hydroxymethyl-2-furaldehyde หรือ HMF)

1.2.2.5 อนุพันธ์ฟูแรนวงแหวน เช่น HMF จะเกิดพอลิเมอร์อย่างรวดเร็ว ได้เป็นสารสีน้ำตาลที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยและไม่ละลายน้ำ ซึ่งต่างจากการเกิดคาราเมลเซชันซึ่งมีน้ำตาลเพียงอย่างเดียว สารสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นนี้จึงเรียกว่า

เมลานอยดิน (melanoidins) ปฏิกริยาที่เกิดขึ้น เป็นปฏิกริยาโมลต่อโมล (mole per mole reaction) ดังนั้น โปรดักต์จากปฏิกริยามอลาร์ด จึงมีทั้งโพลิเมอร์ที่ละลายในน้ำและพบได้ในอาหารที่มีน้ำตาลรีดิวซิง กรดอะมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ อยู่รวมกันและได้รับความร้อน



ภาพที่ 3 กลไกการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกริยามอลาร์ด

ที่มา : นิธิยา รัตนานพนท์. 2545

2. การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์

น้ำอ้อยสด (sugar cane) มีน้ำตาลน้อย แต่มีสารอาหารที่เพียงพอซึ่งจะสนับสนุนให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ หากเก็บน้ำอ้อยไว้นาน จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตและทำให้น้ำอ้อยเสียได้ น้ำอ้อยที่หีบออกจากลำต้นอ้อย จะยังคงมีความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ หากหีบน้ำอ้อยอย่างถูกสุขอนามัย แต่หากใช้วิธีหีบที่ไม่ถูกต้อง ทำให้น้ำอ้อยปนเปื้อนในน้ำอ้อยสูงมาก จุลินทรีย์ที่เจริญในน้ำอ้อยอาจมาจากดิน ลำต้นและขานอ้อย ซึ่งทำให้น้ำอ้อยเกิดเมือก ได้แก่เชื้อ *Leuconostoc* และ *Bacillus* (ภาพที่ 4 ก) รวมทั้งอาจพบเชื้อ *Micrococcus* (ภาพที่ 4 ข) *Flavobacterium* (ภาพที่ 4 ค) *Alcaligenes* และ *Enterobacter* เชื้อยีสต์ชนิดต่างๆ เช่น *Saccharomyces Candida* (ภาพที่ 4 ง) และ *Pichia* รวมทั้งเชื้อราบางชนิด ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบอยู่ระหว่าง 36,000 – 500,000,000 เซลล์ ต่อน้ำอ้อย 1 มิลลิลิตร ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของน้ำอ้อย ระยะเวลาที่จุลินทรีย์อยู่ในน้ำอ้อย จุลินทรีย์ที่เติบโตในน้ำอ้อยจะสามารถย่อยหมักน้ำตาลในน้ำอ้อยได้ เมื่อจุลินทรีย์เติบโตจะสร้างเมือก ซึ่งก่อปัญหาในการนำน้ำอ้อยไปทำให้ใส จุลินทรีย์ที่สร้างเมือกได้แก่ *Leuconostoc mesenteroides* หรือ *L. dextransicum* สร้างเมือกออกมาเป็นสารเดกซ์แทรน (dextran) ส่วนเมือกที่ผลิตโดยเชื้อ *Bacillus spp.* คือ ลีแวน (levan) เมือกหรือยางเหนียวที่เกิดขึ้นนี้ จะทำให้โรงงานหรือท่อปั๊มต่างๆ เกิดการอุดตันทำให้น้ำตาลเกิดปัญหาในการตกผลึก (crystallization) น้ำตาลซูโครสจะถูกแบคทีเรีย ยีสต์ (*Schizosaccharomyces* หรือ *Zygosaccharomyces*) และเชื้อรา (*Aspergills, Stemphylium, Sterigmatocystis Chadosporium* และ *Monilia* เป็นต้น) หมักย่อยน้ำตาลแล้วสร้างกรดออกมา (บุษกร อุดรภิชาติ, 2547)

น้ำเชื่อม (syrup) มีความหวานเข้มข้น 67-72 องศาบริกซ์ จะทำให้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces Candida* และ *Rhodotorula* และเชื้อราที่มาจากอากาศเติบโตได้ น้ำเชื่อมเมเปิ้ล (maple syrup) ที่ผลิตจากน้ำหวานที่อยู่ภายในน้ำหล่อเลี้ยง (sap) ของต้นเมเปิ้ลจะปลอดภัยเชื้อ น้ำเชื่อมเมเปิ้ลมีค่าความเป็นกรดต่าง 6.5-7.0 มีค่า Aw 0.90 หากมีเชื้อแสดงว่าเป็นเชื้อจากภายนอกที่ปนเปื้อนลงไป เชื้อที่พบได้แก่ยีสต์และแบคทีเรีย แบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่คือกลุ่มไซโครโทรฟ (psychrotroph) รูปท่อน แกรมลบ ได้แก่เชื้อ *Pseudomonas Alcaligenes* และ *Flavobacterium* โดยมีลักษณะการเสีย คือ การเกิดเมือกเนื่องจากแบคทีเรีย *Enterobacter aerogenes* และ *Leuconostoc* การสร้างสารสีเนื่องจาก *Micrococcus roseus* น้ำตาลมีสีแดงเนื่องจากการเจริญของ *Pseudomonas Alcaligenes* และ *Flavobacterium* น้ำตาลมีสีคล้ำลงเนื่องจากแบคทีเรียผลิตต่างออกมาทำปฏิกิริยากับน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลมีรสเปรี้ยว การ

เจริญของยีสต์ ได้แก่ *Saccharomyces* และ *Zygosaccharomyces* ทำให้น้ำตาลขุ่น (cloudy) มีสีเขียว (greenish) และเกิดรสเปรี้ยว นอกจากนี้ยังพบเชื้อราคล้ายยีสต์ (yeast-like fungi) เจริญและสร้างสารสี การเจริญของเชื้อราบนผิวของน้ำตาล ได้แก่ *Aspergillus* (ภาพที่ 4 ก) และ *Penicillium* (ภาพที่ 4 ข) เป็นต้น น้ำตาลเมเปิ้ลจะเก็บได้นาน หากไม่มีความชื้น ถ้ามีความชื้นเพิ่มขึ้นจะพบเชื้อราเติบโตได้ สำหรับผลิตภัณฑ์ไซรับน้ำอ้อยมักประสบปัญหาคือมีเชื้อราเจริญที่ผิวหน้าไซรัป ซึ่งเชื้อราที่พบ คือ *Aspergillus* เป็นเส้นใยที่มีผนังกันตามขวาง ส่วนใหญ่ไม่มีสี มีฟุตเซลล์ (foot cell) ตรงฐานของเส้นใยที่ชูขึ้นไปในอากาศ เรียกว่าคอนิโอฟอร์ (conidiophore) ตรงปลายคอนิโอฟอร์ขยายใหญ่ เรียกว่า เวสิเคิล (vesicle) คอนิดิโอสปอร์ (conidiospore) มีขนาดเล็กและเรียงต่อกันเป็นสายยาว มักมีสีเขียว สีน้ำตาลและสีดำ (บุษกร อุดรอภิชาติ, 2547)



ภาพที่ 4 ลักษณะเชื้อจุลินทรีย์ *Bacillus* (ก) *Micrococcus* (ข) *Flavobacterium* (ค)

Candida (ง) *Aspergillus* (จ) *Penicillium* (ฉ)

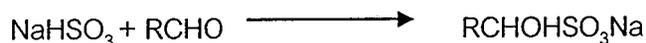
ที่มา : จุลินทรีย์. 2000

การป้องกันและการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์ไซรัปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ การเก็บรักษาอย่างถูกวิธีคือ การป้องกันมิให้ความชื้นเพิ่มขึ้น พบว่าสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นี้ได้เป็นเวลานาน (บุษกร อุตรรอภิชาติ, 2547) การป้องกันและการเก็บรักษาไซรัป สามารถทำได้ ดังนี้

1. การป้องกันการเกิดสีน้ำตาล การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำเพิ่มขึ้น (Raisi และ Aroujalian, 2004) การป้องกันโดยใช้สารลดการเกิดสีน้ำตาลมีหลายชนิด ได้แก่

1.1 สารประกอบกำมะถัน เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ดีมาก ได้แก่ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium metabisulfite) โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (Potassium mettabisulfite) โซเดียมไบซัลไฟต์ (Sodium bisulfite) โพแทสเซียมไบซัลไฟต์ (Potassium bisulfite) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือเกลือซัลไฟต์ใช้ในการป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลทั้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอาหารโดยทั่วไปใช้ในปริมาณไม่เกินร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนัก เพราะถ้าเกินกว่านี้ อาจทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ต้องการ ในบางกรณีอาจใช้ได้สูงสุดถึงร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก ในการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลนี้จะต้องใช้ก่อนที่จะเริ่มเกิดปฏิกิริยา ทั้งนี้เพราะซัลเฟอร์ไดออกไซด์อาจถูกออกซิไดส์ โดยควิโนน (quinine) ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ทำให้ไม่สามารถยับยั้งเอนไซม์ได้ การเติมสารประกอบซัลไฟต์ในกรณีป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ผลของโซเดียมเมตาซัลไฟต์จะยับยั้งปฏิกิริยาการรวมตัวของสารประกอบที่มีหมู่คาร์บอนิลกับเอมีน โดยหมู่ซัลไฟต์จะไปรวมตัวกับหมู่คาร์บอนิลของน้ำตาลแอลโดส และทำให้เกิดสารประกอบ (นิรียา รัตนาปนนท์, 2545) ดังสมการ



การใช้สารประกอบกำมะถันนั้น จะต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เพราะการใช้ในปริมาณที่มากเกินไป นอกจากจะทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีขึ้นแล้ว ยังเป็นสาเหตุให้เกิดอันตรายในผู้บริโภคได้ โดยอนุมูลของสารประกอบกำมะถันที่ตกค้างอยู่มากเกินไปนั้น จะไปลดประสิทธิภาพของการใช้โปรตีนและไขมันในร่างกาย รวมทั้ง วิตามินบี 1 ในอาหารถูกทำลาย (สุบัญญัติ ใจดี และสมพิศ นิชลานนท์, 2539) ปริมาณที่กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้สูงสุดตามแต่ชนิด

ของอาหาร เช่น น้ำเชื่อมกลูโคส (Glucose syrup) ปริมาณสูงสุดไม่เกิน 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (คิวาพร คิวเวซช, 2546; วินัส ภูมินาถ, 2545)

1.2 กรดอินทรีย์ ตัวอย่างของกรดอินทรีย์ที่นิยมใช้เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยา
สีน้ำตาล ได้แก่ กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิก ซึ่งกรดอินทรีย์ที่ใช้จะไปเกิดเป็นสารประกอบ
เชิงซ้อนกับโลหะที่ปนเปื้อนอยู่ในวัตถุดิบ ทำให้การทำงานของเอนไซม์เกิดช้าลง นอกจากนี้การ
ปรับ pH ของน้ำที่แช่วัตถุดิบให้ต่ำลงด้วยกรดดังกล่าวจะเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทำให้การทำงานของ
เอนไซม์ช้าลงด้วยเช่นกัน

กรดซิตริก (Citric acid) หรือ 2-hydroxy-1, 2, 3-propanetricarboxylic acid
($\text{HO}_2\text{CCH}_2\text{C}(\text{OH})(\text{CO}_2\text{H})\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$) เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องละลายที่อุณหภูมิ 153 องศา
เซลเซียส และสลายตัวที่อุณหภูมิสูง (Citric acid, n.d.) กรดซิตริกมีคุณสมบัติดีกว่ากรดชนิด
อื่นๆ คือละลายน้ำได้ดี มีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เป็นสารจับโลหะที่มีประสิทธิภาพสูง
อีกทั้งยังช่วยปรับให้มีกลิ่นรสและความเป็นกรดต่างที่พอเหมาะเป็นวัตถุดิบเสีย ช่วยยืดอายุการ
เก็บของผลิตภัณฑ์ การเติมกรดซิตริกเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เนื่องจากกรดซิตริกจะ
ทำให้อาหารมีความเป็นกรด ซึ่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเกิดได้ดีที่ pH เป็นกลาง (คิวาพร คิว
เวซช, 2546) และการป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลคือ เมื่อเตรียมน้ำเชื่อมหวานมากกว่าร้อยละ
60 ต้องเติมกรดซิตริกลงไปร้อยละ 0.1 (ธนวรรณ บุญปั้น, 2537)

2. การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษา การเก็บรักษาอาหารไว้ในภาชนะ
บรรจุที่ดีและเหมาะสมจะไม่ทำให้อาหารเสื่อมเสียคุณภาพง่ายหรือเพื่อลดการปนเปื้อนจาก
เชื้อจุลินทรีย์ แมลงและสัตว์ต่างๆ จึงสามารถเก็บรักษาอาหารไว้บริโภคได้นานขึ้น ส่งผลให้กลิ่น สี
รสและรูปร่างของอาหารเป็นไปตามที่กำหนด การบรรจุไชรูปในบรรจุภัณฑ์แก้ว ซึ่งคุณสมบัติของ
แก้วจะเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี และทนต่อการกัดกร่อนหรือปราศจากปฏิกิริยาเคมีของอาหาร จึงทำ
ให้รสชาติของอาหารไม่เปลี่ยนแปลง ความใสและเป็นประกายของแก้วช่วยให้มองเห็นผลิตภัณฑ์
และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ยอมรับได้ดี อีกทั้งยังสามารถบรรจุอาหาร
ขณะที่ร้อนหรือผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงได้ (ปุ่น คงเจริญเกียรติและสมพร คงเจริญ
เกียรติ, 2541) การใช้บรรจุภัณฑ์แบบดัดแปลงบรรยากาศ (Modified atmosphere packaging
: MAP) ในการบรรจุกลูโคสไชรูป ความแตกต่างของบรรยากาศที่ใช้ในการศึกษา คือ อากาศ
ไนโตรเจนร้อยละ 100 ไนโตรเจนร้อยละ 90 ต่อกออกซิเจนร้อยละ 10 คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ
25 ต่อกไนโตรเจนร้อยละ 75 คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 75 ต่อกไนโตรเจนร้อยละ 25 และแบบ
สุญญากาศ และแบ่งการเก็บรักษา 2 อุณหภูมิ คือ 25 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่า ภายใต้การ

บรรจุแบบสุญญากาศ กลูโคสไซรัปที่เก็บ ณ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5 จะเกิดสีน้ำตาลอย่างสมบูรณ์ หลังจาก 26 สัปดาห์ ภายใต้การบรรจุแบบที่มีอากาศ กลูโคสไซรัป ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6 จะเกิดสีน้ำตาลหลังจาก 15 สัปดาห์ ส่วนกลูโคสไซรัป ที่เก็บภายใต้คาร์บอนไดออกไซด์ การเกิดสีน้ำตาลไม่มีความแตกต่างทางสถิติในแต่ละช่วง สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 22 สัปดาห์ ซึ่งปฏิกิริยาหลักในการเกิดสีน้ำตาลในกลูโคสไซรัป คือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด ในกรณีที่ไม่มีการปราศจากออกซิเจนอัตราการเกิดสีน้ำตาล ในตัวอย่าง กลูโคสไซรัปจะเกิดได้ต่ำ ส่วนภายใต้ความดัน (vacuum pressure) อัตราการเกิด สีน้ำตาลจะต่ำ มาก ไซรัปที่เก็บ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสทุกสภาพบรรยากาศจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสี แต่อย่างใด ภายในระยะเวลา 22 สัปดาห์ (Raisi และ Aroujalian, 2004)

3. วิธีการป้องกันเพื่อมิให้จุลินทรีย์ต่างๆ ปนเปื้อนมาในอาหาร อาจทำได้โดย การทำความสะอาดอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้และอาคารโรงงานด้วยกรรมวิธีที่ถูกต้อง ซึ่งรวมถึงการ เลือกใช้ชนิดของสารทำความสะอาดให้เหมาะสม วัตถุประสงค์ที่จะนำมาประกอบอาหารควร จะสะอาด ปราศจากการปนเปื้อน มีการตรวจสอบคุณภาพวัตถุประสงค์และการทำความสะอาดที่ เหมาะสมก่อนนำไปแปรรูป ควรมีการแยกสถานที่ในการประกอบอาหารที่ผ่านและยังไม่ผ่าน กระบวนการแปรรูป เพื่อป้องกันการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นได้ อุณหภูมิที่ใช้ในการแปรรูปอาหาร ควรจะมีการใช้ให้ถูกต้องและอย่างระมัดระวัง ส่วนประกอบอาหารบางชนิดที่จำเป็นจะต้องใส่ ห้อยเย็นในระหว่างรอการแปรรูป ก็ควรจะต้องเก็บไว้ในที่ห้อยเย็น ผู้ประกอบอาหารควรจะต้องมี สุขลักษณะส่วนบุคคลที่ถูกต้อง มีการล้างมือให้สะอาด หลังกลับจากห้องน้ำ เมื่อทำงานอย่าง หนึ่งเสร็จควรจะมีการล้างมือให้สะอาด ก่อนเริ่มงานใหม่และไม่ควรให้คนที่ เป็นพาหะของโรคมา ทำงานด้านการแปรรูปอาหาร ควรมีระบบจัดการน้ำเสียและขยะที่ดีและถูกต้อง การควบคุมสัตว์ พกสัตว์เลี้ยง สัตว์ทะเล แมลง นก ไม่ให้เข้ามาพ่นพ้านในสถานที่ประกอบอาหาร ซึ่งถ้าหาก สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วให้ถูกต้องได้ การปนเปื้อนต่างๆ ที่เกิดขึ้นก็จะลดลง (ศิวาพร ศิวเวชช, 2542)

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาคุณภาพของน้ำอ้อยสดเบื้องต้น การลดปริมาณตะกอนในน้ำอ้อย การลดการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างกระบวนการระเหยน้ำอ้อย และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพไซรัปในระหว่างกระบวนการเก็บรักษาในสภาวะต่างๆ โดยมีการทดลองแต่ละขั้นตอน ดังนี้

วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี

1. วัตถุดิบ น้ำอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 จากแหล่งปลูกตำบลหนองระเวียง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา

2. เครื่องมือ

2.1 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น Preciza 300A ยี่ห้อ Becthai บริษัท ไทยเครื่องชั่ง จำกัด

2.2 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH meter) รุ่น Accumet pH meter ยี่ห้อ Fisher Scientific บริษัท ไฮแอนติพิเคชั่น โปรโมชัน จำกัด

2.3 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV Spectrophotometer) รุ่น CE 10/1 1000 Series ยี่ห้อ CECIL Instruments บริษัท ชัยวิทย์ ไฮเลดิง จำกัด

2.4 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ได้แก่ Hand Refractometer ขนาด 0- 32 และ 32- 68 องศาบริกซ์, ABBE รุ่น NAR- 3T บริษัท Labquid Internation Co, Ltd.

2.5 เครื่องระเหยสูญญากาศ (Rotary Evaporator) รุ่น R124/A, B-169, B- 74016 บริษัท Bacthai Bangkok Equipment and Chemical Co, Ltd.

2.6 เครื่องวัดสีของเหลวรุ่น Lovibond PEX 190/1 Tintometer series II ยี่ห้อ Tintometer บริษัท ทินโทมิเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด

2.7 เครื่องวัดค่าวอเตอร์เอกติวิตี (A_w) รุ่น Testo 650 Multiple Measurement ยี่ห้อ Testo บริษัท 1999 Copyring Testo GmbH & CO.

2.8 เครื่อง Stirrer Vertical รุ่น Eurostar Power control- vis ยี่ห้อ Becthai บริษัท ไทยเครื่องชั่ง จำกัด

2.9 ตู้บ่ม (Incubator) รุ่น BE 500 ยี่ห้อ Memmert บริษัท ซายไลน์ ชัพพราย

2.10 เตาเผา (Muffle furnace) รุ่น A- 500 บริษัท ดิจิตอลซิสเต็มส์ จำกัด

3. อุปกรณ์

3.1 กระดาษกรองเบอร์ 1

3.2 กระป๋องหาความชื้นพร้อมฝาปิด (Moisture can)

3.3 ขาตั้ง (Stand)

3.4 เครื่องแก้วที่ใช้วิเคราะห์ทางเคมีและทางจุลินทรีย์ ได้แก่

3.4.1 ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 25, 100 และ 250 มิลลิลิตร

3.4.2 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.4.3 จานเพาะเชื้อ (Petri disc plate) ขนาด 1.2X10 และ 2X10 เซนติเมตร

3.4.4 แท่งแก้วคนสาร (Sterring rod)

3.4.5 ปีกเกอร์ (Breaker) ขนาด 100, 250 และ 1000 มิลลิลิตร

3.4.6 บิวเรต (Burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร

3.4.7 ปิเปต (Pipette) ขนาด 0.1, 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร

3.4.8 ลูกแก้ว (Glass bead)

3.4.9 หลอดทดลอง (Test tube) ขนาด 16×150 มิลลิเมตร

3.5 เครื่องครัว ได้แก่ ผ้าขาวบาง ซ้อน กระบวย ไม้พาย กระดาษลุมิเนียม

3.6 ตะเกียงแอลกอฮอล์

3.7 ถ้วยกระเบื้องพร้อมฝา (Crusible)

3.8 โถดูดความชื้น (Dessicater)

3.9 ที่จับ (Clamp)

3.10 ที่วางหลอดทดลอง (Test tube rack)

3.11 เทอร์โมมิเตอร์ขนาด 0-100 และ 0-200 องศาเซลเซียส

3.12 นาฬิกาจับเวลา

3.13 ลูกยาง ขนาด (L)

4. สารเคมี

4.1 กรดซิตริก (Citric acid : $\text{HO}_2\text{CCH}_2\text{C}(\text{OH})(\text{CO}_2\text{H})\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$)

4.2 กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid : Conc. H_2SO_4)

4.3 กรดไนตริก (Nitric acid : Conc. HNO_3)

4.4 กรดอะซิติก (Acetic acid : CH_3COOH)

- 4.5 โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate : NaHCO_3)
- 4.6 โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium metabisulfite : $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)
- 4.7 เด็กโทรส (Dextrose)
- 4.8 เปปโตน (Peptone)
- 4.9 ผงวุ้น (Agar powder)
- 4.10 เมทาลีนบลู (Methylene blue) เข้มข้นร้อยละ 1
- 4.11 สารละลายกรดซัลฟูริก (Sulfuric acid : H_2SO_4) เข้มข้น 0.1 นอร์มอล
- 4.12 สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulphate : $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
- 4.13 สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Calcium hydroxide : $\text{Ca}(\text{OH})_2$) เข้มข้น ร้อยละ 15 (น้ำหนักโดยปริมาตร)
- 4.14 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide : NaOH) เข้มข้น 0.1 นอร์มอล
- 4.15 สารละลายเบนโทไนต์ (Bentonite) เข้มข้น ร้อยละ 0.5 (น้ำหนักโดยปริมาตร)
- 4.16 โซเดียมโพแทสเซียมเตทราเตท (Potassium sodium tetratrate : $\text{NaKC}_4\text{O}_4\cdot \text{H}_2\text{O}$; Rochelle salt)
- 4.17 สารละลายโพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ (Potassium ferrocyanide : $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6\cdot 3\text{H}_2\text{O}$)
- 4.18 สารละลายอินเวอร์ท์มาตรฐาน (น้ำตาลกลูโคส) เข้มข้นร้อยละ 0.25 (น้ำหนักโดยปริมาตร)

วิธีดำเนินงานวิจัย

1. การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ

นำลำอ้อยที่ผ่านการตัดเข้าเครื่องปอกเปลือก ล้างน้ำและสกัดน้ำอ้อยโดยเครื่องหีบอ้อย กรองน้ำอ้อยผ่านผ้าขาวบางสองครั้ง และบรรจุถุงพลาสติก แช่เย็นที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 5) และตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ ค่าสี (Color analysis) ระบบฮันเตอร์ (Hunter Color System) L*, a* และ b* ด้วยเครื่องวัดสีของเหลวรุ่น Lovibond PEX 190/1 Tintometer series II ความใสโดยวัดค่าการส่องผ่านแสง (Transmittant : %T) ด้วยเครื่อง UV spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร

1.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid : TSS) โดย Hand refractometer ขนาด 0-32 องศาบริกซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total Sugar : TS) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing Sugar) ปริมาณกรดแลคติกทั้งหมด (Total acidity : TA) ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้าทั้งหมดโดยวิธี AOAC (2000)

1.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราโดยวิธี AOAC (2000)

2. การกำจัดสารแขวนลอยในน้ำอ้อย

2.1 นำน้ำอ้อยที่ผ่านการสกัดตามวิธีการในข้อ 1 ตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นและแบ่งการทดลองเป็น 5 ชุดการทดลอง (ภาพที่ 6) ชุดการทดลองละ 5 ลิตร ทำการทดลองดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ต้มน้ำอ้อยที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และดักสารแขวนลอย บริเวณผิวหน้าออกจนหมด (ชุดควบคุม)

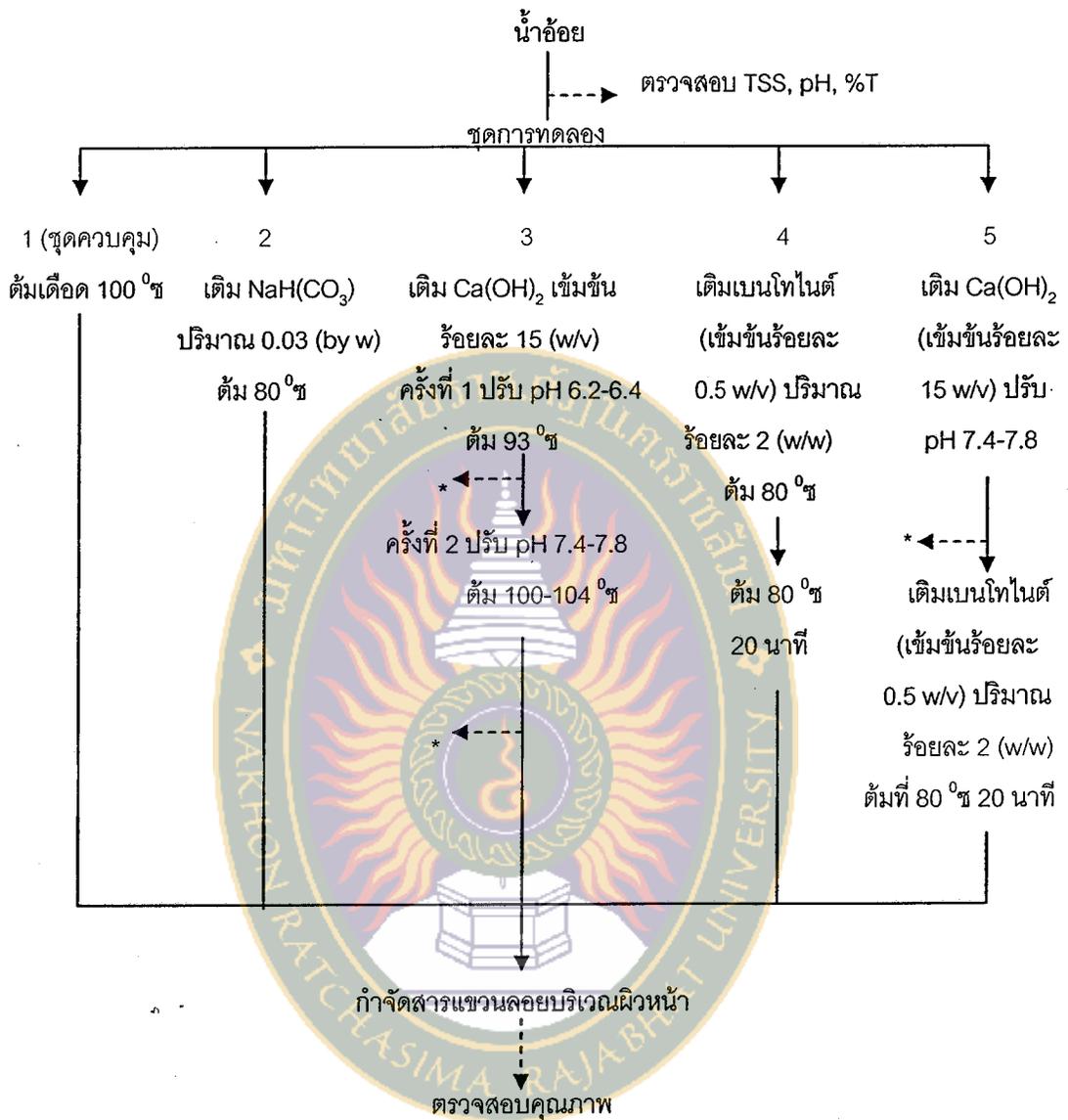
ชุดการทดลองที่ 2 ต้มน้ำอ้อยที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสและเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ปริมาณร้อยละ 0.03 (โดยน้ำหนัก) และดักสารแขวนลอย บริเวณผิวหน้า น้ำอ้อยออก (ประเสริฐ ป่าขมื่น และสุทิน ป่าขมื่น, 2548)

ชุดการทดลองที่ 3 เติมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)_2) (เข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักโดยปริมาตร) เพื่อปรับ pH 6.2-6.4 (บันทึกปริมาณสารละลาย) ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 93 องศาเซลเซียส และเติมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)_2) อีกครั้ง เพื่อให้ pH 7.4-7.8 (บันทึกปริมาณสารละลาย) ให้ความร้อน จนกระทั่งอุณหภูมิ 100-104 องศาเซลเซียส (กล้าณรงค์ ศรีรอด, 2536)



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการสกัดน้ำอ้อย

ที่มา : ประเสริฐ ป่าขมื่น และสุทิน ป่าขมื่น. 2548



ทางกายภาพ - ค่าสี L^* , a^* , b^*

- ความใสโดยวัดค่าการส่องผ่านแสง (Transmittant)
- ปริมาณตะกอน (%โดยปริมาตร)

ทางเคมี

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

ภาพที่ 6 การกำจัดสารแขวนลอยในน้ำอ้อย

หมายเหตุ : * บันทึกปริมาณ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ และวัดค่า pH

ชุดการทดลองที่ 4 ต้มน้ำอ้อยผสมสารละลายเบนโทไนด์ (เข้มข้นร้อยละ 0.5 น้ำหนัก โดยปริมาตร) ปริมาณร้อยละ 2 (โดยน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

ชุดการทดลองที่ 5 เติมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) (เข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักโดยปริมาตร) เพื่อปรับ pH 7.4-7.8 (บันทึกปริมาณสารละลาย) อุณหภูมิห้อง และเติม เบนโทไนด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (น้ำหนักโดยปริมาตร) ปริมาณร้อยละ 2 (โดยน้ำหนัก) ที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที (จรัสศรี สำราญ, 2545)

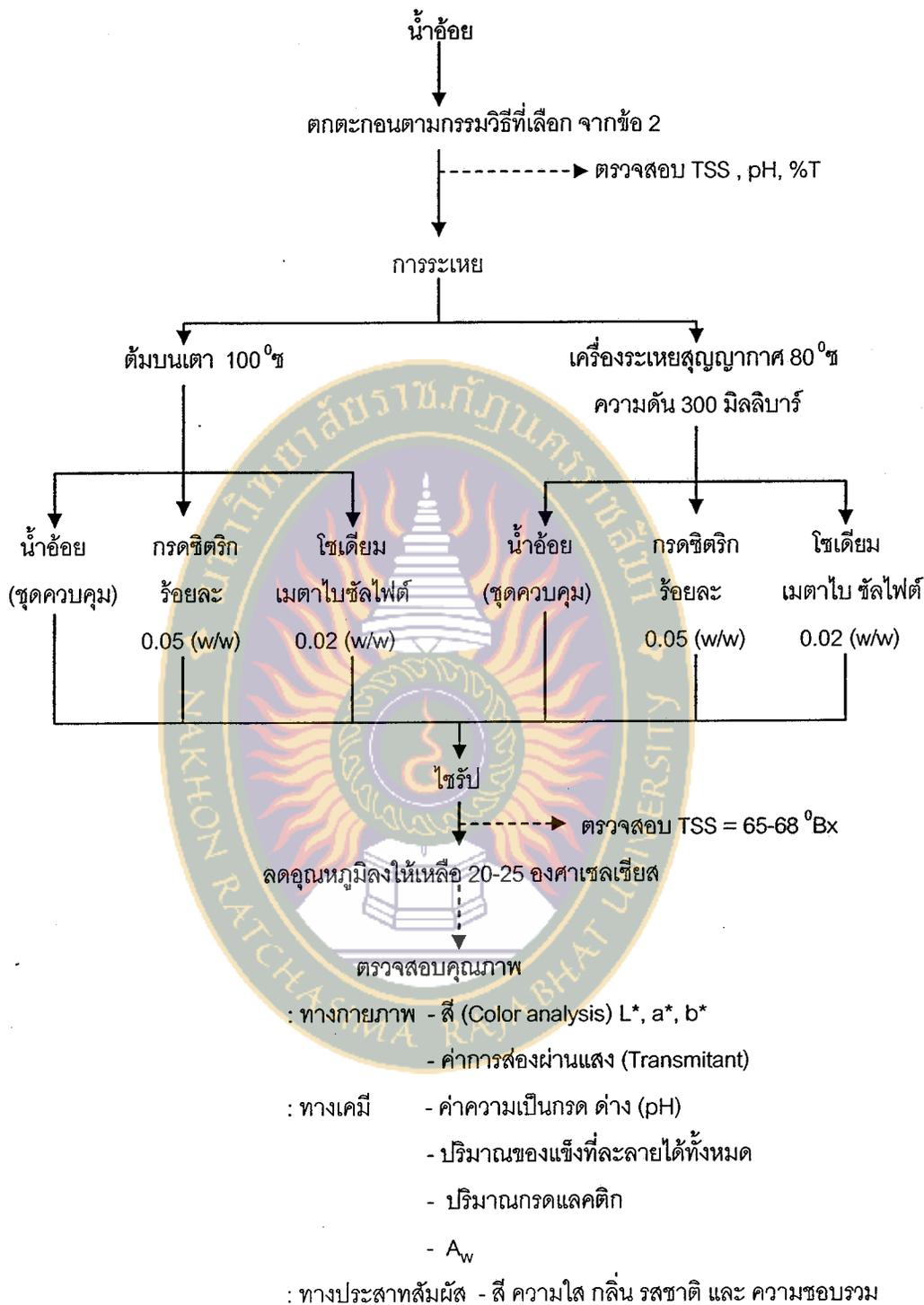
บรรจุน้ำอ้อยในหลอดในหลอดทดลอง หลอดละ 10 มิลลิลิตร และลดอุณหภูมิลงที่ 20-25 องศาเซลเซียส

2.2 ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ความใส โดยวัดค่าการส่องผ่านแสงด้วย เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ค่าสี (Color analysis) ระบบ ฮันเตอร์ (Hunter Color System) L^* , a^* และ b^* โดยเครื่องวัดสีของเหลว และคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด ต่าง (pH) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และปริมาณตะกอน (ร้อยละโดยปริมาตร) ที่ระยะเวลา 0, 20, 40 และ 60 นาที

2.3 วางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) จำนวน 5 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ นำข้อมูลวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple rang test (DMRT) เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำอ้อยก่อนเข้าสู่กระบวนการ ระบาย

3. การลดสีน้ำตาลในระหว่างการระบาย

3.1 นำน้ำอ้อยที่ผ่านการทำให้ใสตามวิธีการคัดเลือกในข้อ 2 แบ่งการระบายเป็น 2 สภาวะ คือ ต้มในหม้อสแตนเลสบนเตาแก๊ส ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และระบายโดยเครื่อง ระบายสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความดัน 300 มิลลิบาร์ แล้วแบ่งการทดลอง ออกเป็น 3 ชุดการทดลองในแต่ละสภาวะ ได้แก่ น้ำอ้อย (ไม่เติมสารช่วยลดการเกิดสีน้ำตาล) น้ำอ้อยผสมกรดซิตริกร้อยละ 0.05 (โดยน้ำหนัก) และน้ำอ้อยผสมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ปริมาณ ร้อยละ 0.02 (โดยน้ำหนัก) (วินัส ภูมินาถ. 2545) ทุกชุดการทดลองใช้น้ำอ้อยประมาณ 800 กรัม และระบายให้ได้ไซรัปที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 65-68 องศาบริกซ์ และชั่งน้ำหนัก ของปริมาณผลผลิต (ร้อยละ) ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การลดสีน้ำตาลในระหว่างการระเหย

3.2 ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ความใส โดยวัดค่าการส่องผ่านแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ค่าสี (Color analysis) ระบบฮันเตอร์ (Hunter Color System) L^* , a^* และ b^* โดยเครื่องวัดสีของเหลว และปริมาณตะกอน(ร้อยละโดยปริมาตร) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) น้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ กรดแลคติก คุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี ความใส กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม โดยวิธี Hedonic scale (ระดับคะแนน 1-9) (ปราณี อานเป็รื่อง, 2547)

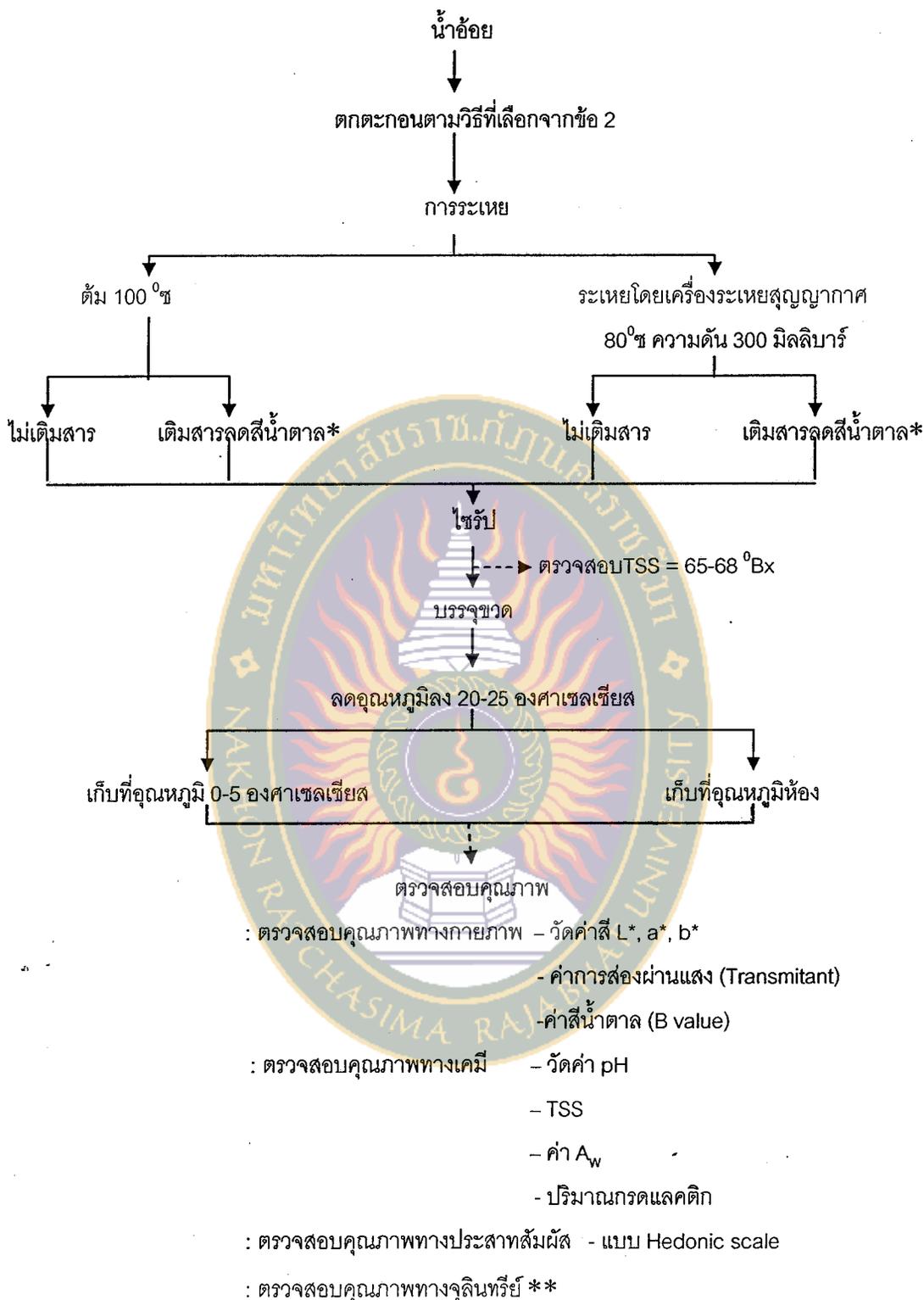
3.3 วางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) สำหรับตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี และวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Block Design : RCBD) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส นำข้อมูลวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple rang test (DMRT) เพื่อเลือกสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทดลองในการเก็บรักษา

4. การเก็บรักษาและอายุการเก็บรักษาไซร้ปน้ำอ้อย

4.1 เตรียมไซร้ปน้ำอ้อยโดยเลือกวิธีการกำจัดสารแขวนลอยจากข้อ 2 และการลดสีน้ำตาลจากข้อที่ 3 แล้วระเหยน้ำอ้อย 2 สภาวะ คือ ต้มในหม้อสแตนเลสบนเตาแก๊ส ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และระเหยโดยเครื่องระเหยสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความดัน 300 มิลลิบาร์ และบรรจุขวดแก้ว ขนาดบรรจุ 30 กรัมต่อขวด ขนระร้อน และลดอุณหภูมิโดยแช่น้ำเย็นให้อุณหภูมิไซร้ปลดลงที่ 20-25 องศาเซลเซียส

4.2 เก็บรักษาไซร้ป 2 สภาวะ คือ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียส

4.3 ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ความใส โดยวัดค่าการส่องผ่านแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ค่าสี (Color analysis) ระบบฮันเตอร์ (Hunter Color System) L^* , a^* และ b^* โดยเครื่องวัดสีของเหลว การเกิดสีน้ำตาล (Browning value) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ค่าออกเตอร์แอกติวิตี้ (Aw) ปริมาณความชื้น กรดแลคติก และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี ความใส กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม โดยวิธี Hedonic scale (ระดับคะแนน 1-9) โดยสุ่มตรวจสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 5, 7 และ 9 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา (หลังการผลิต)



ภาพที่ 8 ศึกษาอายุการเก็บรักษาไซร้ปจากน้ำอ้อย

หมายเหตุ : * เต็มสารลดการเกิดสีน้ำตาลที่เลือกได้จากข้อ 3

** การตรวจสอบทางจุลินทรีย์ในไซร้ปหลังการผลิต

4.4 วางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) สำหรับตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี และวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Block Design : RCBD) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส นำข้อมูลวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple rang test (DMRT) เพื่อเลือกสภาวะที่ผู้บริโภครับมากที่สุด

สถานที่ทำการทดลอง

1. ห้องปฏิบัติการโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
2. ห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
3. กลุ่มแม่บ้านหนองระเวียง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา



บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษากระบวนการผลิตไซรัปจากน้ำอ้อย โดยทำการทดลองศึกษาคุณภาพวัตถุดิบ และขั้นตอนการผลิตไซรัป ได้แก่ วิธีการลดตะกอนน้ำอ้อย การลดการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างกระบวนการระเหยและอายุการเก็บรักษาไซรัปอ้อย

คุณภาพวัตถุดิบ

อ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 ที่ปลูกในพื้นที่หมู่บ้านหนองระเวียง อ.พิมาย จ.นครราชสีมา มีลักษณะปล้องรูปร่างทรงกระบอกค่อนข้างยาว ลำต้นมีสีเขียวอมเหลือง อายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม คือ 8 เดือน (กรมวิชาการเกษตร, 2539) วิธีการสกัดของกลุ่มแม่บ้านหนองระเวียง โดยนำลำอ้อยที่ตัดแยกส่วนยอดและโคนต้นทิ้ง ชดฝิวลำอ้อยโดยเครื่องชดฝิว ล้างน้ำและเข้าเครื่องหีบสกัดน้ำแยกกากทิ้ง น้ำที่สกัดได้ กรองผ่านตะแกรงและผ้าขาวบาง (ดังภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 ขั้นตอนการสกัดน้ำอ้อยจากอ้อยสุพรรณบุรี 50 (ก) เข้าเครื่องชดฝิวลำอ้อย (ข)
อ้อยที่ผ่านการชดฝิว (ค) ล้างน้ำสะอาด (ง) เข้าเครื่องสกัดน้ำแยกกาก (จ)
กรองด้วยผ้าขาวบาง (ฉ) น้ำอ้อยสด (ช)

ที่มา : ประเสริฐ ป่าขมื่น และสุทิน ป่าขมื่น. 2548

ในระหว่างการขนส่งและการทดลอง เก็บน้ำอ้อยที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ จากตารางที่ 4 พบว่า น้ำอ้อยมีสีเหลืองขุ่น (ไม่สามารถวัดค่าสีได้) ค่าการส่องผ่านแสงเท่ากับ 1.71 ความขุ่นของน้ำอ้อยเกิดจากสารอินทรีย์ประเภทแทนนิน แอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก พอลิฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และคลอโรฟิลล์ สารเหล่านี้บางชนิดไม่มีสี จะถูกออกซิไดส์เป็นสารมีสีเมื่อถูกหีบออกมาพร้อมกับน้ำอ้อยเนื่องจากเอนไซม์หรือการออกซิเดชัน (ยุวภา วิโรจน์สกุลชัย, 2536) นอกจากนี้การเก็บเกี่ยวอ้อยและเก็บลำอ้อยไว้ในร่มนานมากกว่า 14 วันก่อนการสกัดน้ำ ทำให้น้ำอ้อยมีคุณภาพลดลง โดยมีสีคล้ำและขุ่นมากกว่าสภาวะปกติ (ศุภนิวิจัยพีชไรสุพรรณบุรี, 2539) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50

องค์ประกอบ	ปริมาณ
ลักษณะปรากฏ	น้ำอ้อยมีลักษณะสีเหลืองขุ่น
การส่องผ่านแสง (%T)	1.71
ความเป็นกรดต่าง (pH)	5.36
ปริมาณกรดแลคติก (ร้อยละ)	0.17
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)	19.00
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	16.68
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	1.49
ความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	82.22
เถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	0.51
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/กรัม)	4.9×10^4
ปริมาณยีสต์และรา (CFU/กรัม)	3.3×10^4

น้ำอ้อยมีความเป็นกรดเล็กน้อยคือค่าความเป็นกรด-ต่าง 5.36 โดยมีปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 0.17 ความเป็นกรด-ต่างของน้ำอ้อยโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 4.73-5.63 แตกต่างกันตามสภาพภูมิอากาศที่ปลูก และสภาพการเก็บรักษาโดยการแช่แข็งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ต่าง (Chen, 1985) การเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุทำให้น้ำอ้อยมีสีน้ำตาลคล้ำมากกว่าปกติ เนื่องจากคลอโรฟิลล์จะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นฟีโอฟิติน (pheophytin) รวมทั้งการ

ตกตะกอนของเกลือในสารละลายทำให้ความเป็นกรด-ด่างและสีของแอนโทไซยานินเปลี่ยนแปลง (จิไล รัชสาดทอง, 2545)

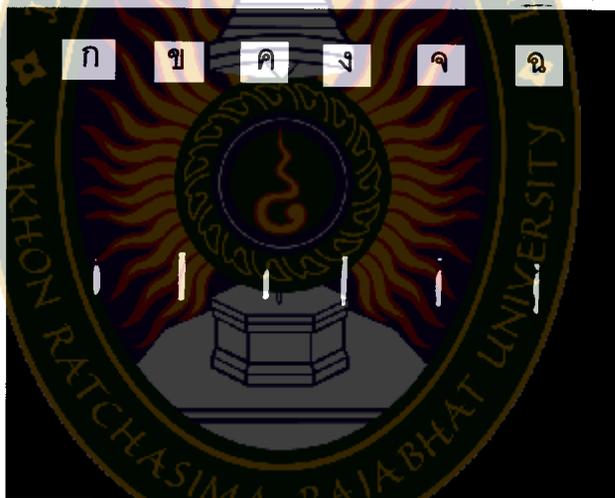
น้ำอ้อยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 19 องศาบริกซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวิซ์ร้อยละ 16.68 และ 1.49 (ตามลำดับ) จากการสำรวจข้อมูลงานวิจัย พบว่า น้ำอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ประมาณ 16 องศาบริกซ์ (กรมวิชาการเกษตร, 2539) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 13.40 (ยุวภา วิโรจน์สกุลชัย, 2536) และปริมาณน้ำตาลรีดิวิซ์ร้อยละ 0.3-3 (บุษกร อุดรอภิชาติ, 2545) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำและน้ำตาลของน้ำอ้อยในอ้อยแต่ละแหล่งปลูก และมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอายุการเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บเกี่ยว หรือ สภาพแวดล้อมและระยะเวลาของการหีบสกัดอ้อย เป็นต้น ความล่าช้าในการตัดและหีบอ้อย จะส่งผลทำให้คุณภาพของน้ำอ้อยเปลี่ยนแปลง คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้สูงกว่าปกติ ในขณะที่ค่าโพลาไรเซชันและค่าความบริสุทธิ์ลดลง (กล้าณรงค์ ศรีรอดต, 2536) ปริมาณความชื้นของน้ำอ้อยจากการทดลองมีค่าร้อยละ 82.22 ซึ่งพบทั่วไปในช่วงร้อยละ 69-81.4 (บุษกร อุดรอภิชาติ, 2545; กุลยา จันทร์อรุณ, 2533) ปริมาณความชื้นสูงเนื่องจากการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ยังไม่แก่เต็มที่ และปริมาณความชื้นจะเพิ่มจากส่วนโคนถึงปลายยอดของลำอ้อย และพบปริมาณแฉะร้อยละ 0.51 ซึ่งจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ปลูก (เกษม สุขสถาน, 2515)

น้ำอ้อยสกัดสดพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา 4.9×10^4 CFU/กรัม และ 3.3×10^4 CFU/กรัม (ตามลำดับ) โดยมาตรฐานน้ำอ้อยสดกำหนดปริมาณยีสต์น้อยกว่า 1×10^5 CFU ต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร และปริมาณ ราน้อยกว่า 500 CFU ต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร สำหรับน้ำอ้อยพาสเจอร์ไรส์จะต้องมีปริมาณยีสต์น้อยกว่า 1×10^3 CFU ต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร และปริมาณราน้อยกว่า 100 CFU ต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2546) น้ำอ้อยสดมีการเสื่อมเสียอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีสารอาหารที่เพียงพอซึ่งจะสนับสนุนการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ หากเก็บน้ำอ้อยไว้นานจุลินทรีย์จะเติบโตและทำให้น้ำอ้อยเสีย โดยปกติต้นอ้อยจะมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนมาจากแปลงปลูก (normal flora) ในขณะที่ตัดอ้อยจะมีการปนเปื้อนจากดิน จากระบบราก จากเครื่องมือที่ใช้ตัด เมื่อนำอ้อยไปหีบสกัดน้ำอ้อย จุลินทรีย์เหล่านี้ก็จะเข้าไปปนเปื้อนในน้ำอ้อยด้วย (บุษกร อุดรอภิชาติ, 2547; สุมาลี เหลืองสกุล, 2535) การบอบช้ำและการเกิดบาดแผลเนื่องจากการเก็บเกี่ยว ทำให้ผิวเปลือกของอ้อยแตกออก ทำให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนเข้าไป ส่งผลให้คุณภาพของอ้อยลดลง (จรัสศรี สำราญ, 2545) การพาสเจอร์ไรส์สามารถลดปริมาณเชื้อลงได้ โดยเซลล์ยีสต์มักถูกทำลายที่อุณหภูมิ 50-58 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-15 นาที เชื้อราและสปอร์ราส่วนใหญ่จะถูกทำลายด้วยความร้อนขึ้นที่

อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-10 นาที แต่จะมีบางสปีชีส์ที่ทนความร้อนได้ดีกว่านี้ (บุษกร อุดรอภิชาติ, 2547)

การกำจัดสารแขวนลอยในน้ำอ้อย

จากการศึกษาการกำจัดสารแขวนลอยในน้ำอ้อยโดยแบ่งการทดลองเป็น 5 ชุดการทดลอง ได้แก่ ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใช้สารเคมีในการตกตะกอน ได้แก่ โซเดียมไบคาร์บอเนต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ เบนโทไนต์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับเบนโทไนต์ ที่สภาวะต่างๆ แล้วตั้งพักให้เกิดการแยกของตะกอน เป็นระยะเวลา 60 นาที ทหาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการแยกตะกอน พบว่าน้ำอ้อยที่ต้ม 100 องศาเซลเซียสและเติมสารช่วยตกตะกอนมีความใสมากกว่าน้ำอ้อยสดและระดับความใสเกือบทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มมากขึ้น เมื่อตั้งพักที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้น (ยกเว้นน้ำอ้อยที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต) (ดังภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 ลักษณะปรากฏน้ำอ้อยสด (ก) ต้มที่อุณหภูมิ 100 °ซ (ข) เติมสารช่วยตกตะกอน ได้แก่ โซเดียมไบคาร์บอเนต (ค) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (ง) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับเบนโทไนต์ (จ) ตั้งพักเป็นระยะเวลา 60 นาที

น้ำอ้อยที่เติมสารแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ให้ค่าการส่องผ่านแสง (T) และค่าความสว่าง (L*) มากกว่าทุกชุดการทดลองในแต่ละช่วงเวลาของการตรวจสอบ และมีค่าสูงสุดที่ระยะเวลา 60 นาที (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 คุณภาพน้ำอ้อยระหว่างการตกตะกอนด้วยวิธีการต่างๆ

คุณลักษณะ	ชุดการทดลอง	เวลา (นาที)			
		0	20	40	60
T (%)	100 ⁰ ช	37.80 ^{กค}	48.53 ^{ขขคค}	62.03 ^{ขขคค}	68.76 ^{กขข}
	Na ₂ CO ₃	37.80 ^{กค}	24.16 ^ก	34.50 ^{กค}	37.96 ^{กค}
	Ca(OH) ₂	37.80 ^{กค}	75.20 ^{กขข}	78.76 ^{กข}	80.13 ^ก
	Bentonite	37.80 ^{กค}	46.53 ^{ขคค}	54.50 ^{กขขคค}	69.73 ^{กขข}
	Ca(OH) ₂ + Bentonite	37.80 ^{กค}	70.06 ^{กขข}	74.36 ^{กขข}	76.53 ^{กขข}
L*	100 ⁰ ช	44.02 ^{ขขคค}	52.01 ^{กขขคค}	64.47 ^{กขข}	70.34 ^ก
	Na ₂ CO ₃	44.02 ^{ขขคค}	30.13 ^ก	40.31 ^{ขคค}	43.22 ^{ขคค}
	Ca(OH) ₂	44.02 ^{ขขคค}	74.69 ^ก	75.67 ^ก	76.66 ^ก
	Bentonite	44.02 ^{ขขคค}	51.45 ^{กขขคค}	59.79 ^{กขข}	62.41 ^{กขข}
	Ca(OH) ₂ + Bentonite	44.02 ^{ขขคค}	69.53 ^{กข}	72.71 ^ก	73.46 ^ก
a*	100 ⁰ ช	-2.20 ^ก	-0.33 ^{ขคคค}	-0.63 ^{ขคคค}	-0.58 ^{ขคคค}
	Na ₂ CO ₃	-2.20 ^ก	2.99 ^ก	2.57 ^{กข}	2.38 ^{กข}
	Ca(OH) ₂	-2.20 ^ก	-1.46 ^{ขคคค}	-1.39 ^{ขคคค}	-1.66 ^{ขคคค}
	Bentonite	-2.20 ^ก	0.68 ^{กข}	0.46 ^{ขขคค}	0.19 ^{ขขคคค}
	Ca(OH) ₂ + Bentonite	-2.20 ^ก	-1.94 ^{กค}	-2.13 ^ก	-2.27 ^ก
b*	100 ⁰ ช	15.23 ^ก	16.41 ^ก	18.83 ^{กค}	19.74 ^{ขคคค}
	Na ₂ CO ₃	15.23 ^ก	27.48 ^{กขขคค}	31.55 ^{กข}	33.47 ^ก
	Ca(OH) ₂	15.23 ^ก	24.87 ^{กขขคคค}	24.88 ^{กขขคคค}	25.11 ^{กขขคคค}
	Bentonite	15.23 ^ก	20.16 ^{ขคคค}	21.17 ^{ขคคค}	21.49 ^{ขขคคค}
	Ca(OH) ₂ + Bentonite	15.23 ^ก	29.33 ^{กขข}	29.61 ^{กขข}	33.12 ^ก
pH	100 ⁰ ช	5.63 ^ข	5.68 ^ข	5.61 ^ข	5.69 ^ข
	Na ₂ CO ₃	5.63 ^ข	7.05 ^ก	6.75 ^ก	6.64 ^{กข}
	Ca(OH) ₂	5.63 ^ข	6.66 ^{กข}	6.22 ^{กข}	6.13 ^{กข}
	Bentonite	5.63 ^ข	6.32 ^{กข}	6.22 ^{กข}	6.13 ^{กข}
	Ca(OH) ₂ + Bentonite	5.63 ^ข	7.10 ^ก	7.03 ^ก	7.16 ^ก

ตารางที่ 5 (ต่อ)

คุณลักษณะ	ชุดการทดลอง	เวลา (นาที)			
		0	20	40	60
TSS	100 ^{0ซ}	19.66 ^น	19.60 ^น	19.66 ^น	19.73 ^น
(°Brix)	Na ₂ CO ₃	19.66 ^น	18.53 ^น	18.53 ^น	18.60 ^น
	Ca(OH) ₂	19.66 ^น	19.66 ^น	19.73 ^น	19.73 ^น
	Bentonite	19.66 ^น	19.26 ^น	19.33 ^น	19.26 ^น
	Ca(OH) ₂ + Bentonite	19.66 ^น	20.06 ^น	20.06 ^น	20.06 ^น
ปริมาณตะกอน	100 ^{0ซ}	0 ^๗	0 ^๗	0 ^๗	0 ^๗
(% โดยปริมาตร)	Na ₂ CO ₃	0 ^๗	7 ^{๗๗}	7 ^{๗๗}	7 ^{๗๗}
	Ca(OH) ₂	0 ^๗	8 ^{๗๗}	12 ^{๗๗}	12 ^{๗๗}
	Bentonite	0 ^๗	16 ^{๗๗}	17 ^๗	17 ^๗
	Ca(OH) ₂ + Bentonite	0 ^๗	40 ^๗	40 ^๗	38 ^๗

^{๗,๗๗,๗๗๗} อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งและแนวนอนในแต่ละคุณลักษณะไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

L* = ความสว่าง (0 ดำ 100 ขาว), a* = + แดง, - เขียว, b* = + เหลือง, - น้ำเงิน

เนื่องจาก แคลเซียมไฮดรอกไซด์ เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้กลุ่มไฮดรอกซิล เข้าทำปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ในน้ำอ้อย ทำให้ pH เป็นกลางและทำให้สารที่ไม่ใช่น้ำตาล เช่น ไข (wax) กัม (gum) รวมตัวกับแคลเซียมแล้วตกตะกอน นอกจากนี้การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ยังทำให้เกิดการดีไฮเดรชัน ไขและกัมจะจับตัวกันเป็นก้อนและตกตะกอน ทำให้น้ำอ้อยมีความใสเพิ่มขึ้น (ยุวภา วิโรจน์สกุลชัย, 2536) การตกตะกอนจะเกิดการดึงดูของอนุภาคและรวมตัวกันใหญ่ขึ้น โอกาสที่จะตกตะกอนด้วยแรงดึงดูดของโลกย่อมเกิดขึ้นได้ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) การเติมเบนโทไนด์ในการตกตะกอนไม่ส่งผลต่อความใสของน้ำอ้อยเมื่อเทียบกับการต้มเดือด เนื่องจากเบนโทไนด์เมื่ออยู่ในสารละลายจะมีลักษณะการพองตัวและมีรูพรุนสามารถดูดซับไอออนหรือโมเลกุลต่างๆ ได้ โดยดูดซับเฉพาะโปรตีน (ทงน ภัครัชพันธ์, 2540) ซึ่งโปรตีนในน้ำอ้อยมีปริมาณเล็กน้อย ประมาณร้อยละ 0.58 (ยุวภา วิโรจน์สกุลชัย, 2536) น้ำอ้อยของทุกชุดการทดลองมีสีเหลืองอมเขียว โดยน้ำอ้อยที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต มีสีเขียวม่น้ำตาล (a^*) สูงกว่าทุกชุดการทดลอง เนื่องจากสารแขวนลอยในน้ำอ้อย น้ำอ้อยที่เติมสารช่วยตกตะกอนจะมีค่า pH สูงกว่าน้ำอ้อยไม่เติมสารช่วยตกตะกอน เนื่องจากสารช่วยตกตะกอนมีคุณสมบัติเป็นด่าง การตกตะกอนด้วยวิธีการต่างๆ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) สำหรับปริมาณตะกอนที่พบในน้ำอ้อย จากการศึกษาพบว่า น้ำอ้อยที่ใช้สารช่วยตกตะกอน เมื่อตั้งพักน้ำอ้อยในแต่ละชุดการทดลองเป็นระยะเวลา 60 นาที พบตะกอนในน้ำอ้อยทุกชุดการทดลอง โดยน้ำอ้อยที่ใช้เบนโทไนด์ และแคลเซียมร่วมกับเบนโทไนด์มีปริมาณตะกอนสูงมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ซึ่งตะกอนที่เกิดขึ้น คือ ตะกอนของสารที่ใช้ในการตกตะกอน และตะกอนของสารแขวนลอยในน้ำอ้อย ปริมาณตะกอนที่พบถ้ามีปริมาณมากจะส่งผลต่อปริมาณผลผลิตส่วนใสที่แยกได้ จากผลการทดลองดังกล่าวจึงเลือกการตกตะกอนด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (เข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักโดยปริมาตร) ปริมาณร้อยละ 0.18 (โดยน้ำหนักน้ำอ้อย) เพื่อปรับ pH ในน้ำอ้อย ให้ได้ 7.4-7.8 เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 60 นาที เพื่อตั้งพักให้มีการแยกตะกอน และหลังจากกำจัดตะกอนออกจากน้ำอ้อย ให้น้ำอ้อยส่วนใสปริมาณร้อยละ 88 (โดยปริมาตร)

การลดการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการระเหย

จากผลการศึกษาวิธีการกำจัดสารแขวนลอย โดยการเลือกใช้สารช่วยตกตะกอน คือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (เข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักโดยปริมาตร) ปริมาตรร้อยละ 0.18 (โดยน้ำหนักของน้ำอ้อย) ผสมในน้ำอ้อย ตั้งไว้เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องแล้วถ่ายส่วนใสระเหย 2 สภาวะ คือ ระเหยที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสและระเหยโดยเครื่องระเหยสุญญากาศที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความดัน 300 มิลลิบาร์ (ภาพที่ 11) และเติมสารลดการเกิดสีน้ำตาล 2 ชนิด คือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium metabisulfite : SMS) เข้มข้นร้อยละ 0.02 (โดยน้ำหนัก) และ กรดซिटริกเข้มข้นร้อยละ 0.05 (โดยน้ำหนัก) เพื่อเปรียบเทียบกับน้ำอ้อยไม่เติมสารช่วยลดการเกิดสีน้ำตาล แล้วระเหยให้ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ประมาณ 65-68 องศาบริกซ์ และลดอุณหภูมิที่ 20-25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 11 วิธีการระเหยน้ำอ้อยโดยการต้มระเหยที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (ก)

โดยเครื่องระเหยสุญญากาศที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความดัน 300 มิลลิบาร์ (ข)

พบว่า ไชร์ปที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีสีน้ำตาลเข้มมากกว่าไชร์ปที่ระเหยโดยเครื่องระเหยสุญญากาศ และไชร์ปที่ไม่เติมสารลดการเกิดสีน้ำตาลมีสีน้ำตาลคล้ำมากกว่าไชร์ปที่เติมสารลดการเกิดสีน้ำตาล (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 ไชร์ปที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และระเหยโดยเครื่องระเหยสุญญากาศ โดยไม่เติมสารและเติมสารลดการเกิดสีน้ำตาล

การเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดซิตริกสามารถลดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลลงได้ เนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงสีน้ำตาลของอาหารที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์เกิดขึ้นระหว่างปฏิกิริยาของน้ำตาลกับโปรตีนหรือกรดอะมิโนที่ผ่านกรรมวิธีผลิตที่ใช้ความร้อนประมาณ 85 องศาเซลเซียส เกิดเป็นสารเมลานอยดิน (Melanoidin) มีสีน้ำตาล อัตราการเกิดจะเพิ่มขึ้นถ้าสารมีความเข้มข้นสูงและทุกๆ อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส อัตราการเกิดจะเพิ่มขึ้น 3-5 เท่า การเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์จะสามารถยับยั้งปฏิกิริยาการรวมตัวของสารประกอบที่มีหมู่คาร์บอนิลกับเอมีน โดยหมู่ซัลไฟต์จะไปรวมตัวกับหมู่คาร์บอนิลของน้ำตาลแอลโดส ช่วยทำให้ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาต่อกันได้ ทำให้น้ำตาลมีลักษณะใส และผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์จะรวมตัวกับสารแอนโทไซยานินที่อยู่ในน้ำอ้อยอย่างรวดเร็ว และเมื่อรวมตัวกันแล้วจะส่งผลกระทบต่อแอนโทไซยานิน โดยจะทำให้เกิดการฟอกสี ผลที่ได้จะทำให้ไชร์ปมีสีอ่อนลง (วินด์ ภูมินาถ, 2545) การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะเกิดได้ดีในช่วง pH เป็นกลาง การเติมกรดซิตริกเพื่อปรับค่า pH ในไชร์ปให้ลดลง และกรดซิตริกจะยับยั้งการทำหน้าที่ของหมู่คาร์บอนิลอิสระ หรือสารประกอบคาร์บอนิลอื่นๆ ช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) และไชร์ป

เดิมสารลดการเกิดสีน้ำตาลจะมีความใสมากกว่าไม่เดิมสารลดการเกิดสีน้ำตาล โดยมีค่าการส่องผ่านแสง (T) และค่าสี L* มากกว่าไม่เดิมสารในสภาวะการระเหยเดียวกัน ยกเว้นไซรัปที่เดิมกรดซิตริกที่ผ่านการต้มระเหยบนเตาด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีค่าการส่องผ่านแสงต่ำ เนื่องจาก น้ำอ้อยที่ผ่านการตกตะกอนจะปรับ pH ให้เป็นกลางเพื่อทำให้ประจุไฟฟ้าเป็นกลางและทำให้ตะกอนรวมตัวกันและตกตะกอน (Tressler and Joslyn, 1961) แต่การตกตะกอนยังไม่สิ้นสุดโดยสมบูรณ์ ยังคงมีสารแขวนลอยบางส่วนเหลืออยู่ในไซรัป เมื่อนำน้ำอ้อยมาระเหยและเดิมกรดซิตริกในปริมาณร้อยละ 0.05 (โดยน้ำหนัก) ทำให้ค่า pH ไม่เป็นกลางจึงมีผลทำให้ไฮโดรเจนไอออนแตกตัวในน้ำอ้อย (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) อนุภาคและสารแขวนลอยในน้ำอ้อยเกิดการผลึกกัน ทำให้ค่าการส่องผ่าน (T) ต่ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้อยู่ในช่วง 66.63-71.73 ปริมาณวอเตอร์แอกติวิตี้ (Aw) เท่ากับ 0.82-0.85 และปริมาณไซรัปที่ผลิตได้ประมาณร้อยละ 32.53-36.00 (ดังตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 คุณลักษณะของไซรัปในกระบวนการลดการเกิดสีน้ำตาล

ชุดการทดลอง	L*	a*	b*	T (%)	pH	TSS (°Brix)	Aw	ปริมาณ (%)
100 ^๐ ซ (ไม่เดิมสาร)	25.53 ^๒	16.27 ^๓	32.13 ^๒	22.9 ^๒	6.81 ^๒	68.80 ^๓	0.859 ^๓	36.00 ^๓
100 ^๐ ซ + Na ₂ S ₂ O ₅	37.89 ^{๓๓}	9.84 ^{๓๓}	40.95 ^{๓๓}	34.3 ^{๓๓}	6.60 ^๒	70.03 ^๓	0.835 ^๓	35.33 ^๓
100 ^๐ ซ + กรดซิตริก	40.21 ^๓	7.33 ^{๓๓}	34.66 ^{๓๓}	20.5 ^๒	4.93 ^๒	71.73 ^๓	0.822 ^๓	36.00 ^๓
Evap. (ไม่เดิมสาร)	34.08 ^{๓๓}	13.39 ^๒	42.46 ^{๓๓}	36.0 ^{๓๓}	7.21 ^๓	70.46 ^๓	0.833 ^๓	33.39 ^๓
Evap. + Na ₂ S ₂ O ₅	45.09 ^๓	6.73 ^๓	44.03 ^๓	43.2 ^๓	6.83 ^๒	70.80 ^๓	0.827 ^๓	32.53 ^๓
Evap. + กรดซิตริก	48.88 ^๓	7.75 ^{๓๓}	36.78 ^{๓๓}	48.7 ^๓	5.32 ^๒	66.63 ^๓	0.859 ^๓	33.18 ^๓

^{๓, ๒, ๓} อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \geq .05$)

L* = ความสว่าง (0 ดำ 100 ขาว), a* = + แดง, - เขียว, b* = + เหลือง, - น้ำเงิน

เมื่อนำไซรัปไปทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับของไซรัปที่ผ่านการระเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศเดิมไซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดซิตริก ในระดับคะแนน 7.70 คะแนน และ 7.00 คะแนน (ตามลำดับ) (ชอบปานกลาง) และไม่ยอมรับสีของไซรัประเหยที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ไม่เดิมสารลดการเกิดสีน้ำตาล ความใสของไซรัป ผู้บริโภคให้คะแนนไซรัปที่ระเหยโดยเครื่องระเหยสุญญากาศเดิมไซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดซิตริกสูง ในระดับ 7.60 คะแนน และ 7.10 คะแนน (ตามลำดับ) (ชอบปานกลาง) เช่นกัน เมื่อพิจารณา ความชอบโดยรวม ผู้บริโภครยังชอบไซรัปที่ระเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศและ

เติมสารช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลทุกชุดการทดลอง โดยกลิ่นและรสชาติในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อไชร็ป

ชุดการทดลอง	สี	ความใส	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
100% (ไม่เติมสาร)	4.60 ⁿ	5.40 ⁿ	6.70 ⁿ	6.70 ⁿ	6.10 ⁿ
100% + Na ₂ S ₂ O ₅	5.70 ⁿ	6.20 ^{mn}	6.10 ⁿ	6.80 ⁿ	6.50 ^{mn}
100% + กรดซิตริก	6.50 ^{mn}	6.90 ^{mn}	6.50 ⁿ	6.80 ⁿ	6.70 ^{mn}
Evap. (ไม่เติมสาร)	6.10 ^{mn}	6.30 ^{mn}	6.40 ⁿ	7.00 ⁿ	6.50 ^{mn}
Evap. + Na ₂ S ₂ O ₅	7.70 ⁿ	7.60 ⁿ	6.50 ⁿ	6.30 ⁿ	7.40 ⁿ
Evap. + กรดซิตริก	7.00 ^{mn}	7.10 ^{mn}	6.40 ⁿ	6.90 ⁿ	7.20 ⁿ

n, n, n อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งในแต่ละคุณลักษณะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \geq .05$)

จากผลการศึกษาการลดการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการระเหย และคัดเลือกวิธีการที่ดีที่สุดในการศึกษาในตอนต่อไป คือ การศึกษาอายุการเก็บรักษาไชร็ปอ้อย จึงคัดเลือกสารลดการเกิดสีน้ำตาล คือ กรดซิตริก เนื่องจาก การใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์จะต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เพราะการใช้ในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้เกิดกลิ่นรสของโลหะ (metallic taste) สูงขึ้น แต่ก็ขึ้นอยู่กับกลิ่นรสได้และความไวของแต่ละบุคคล (วินัย ภูมิภาด, 2545) และยังเป็นสาเหตุให้เกิดอันตรายในผู้บริโภคได้ โดยอนุมูลของสารประกอบที่ตกค้างมีมากเกินไปนั้น จะไปลดประสิทธิภาพของการใช้โปรตีนและไขมันในร่างกาย อีกทั้งอาจเกิดปฏิกิริยากับวิตามินบี 1 และโปรตีนทำให้อาหารสูญเสียวิตามินบี 1 ถ้าหากอนุมูลซัลไฟต์ที่เหลือในอาหารมีอยู่ในปริมาณที่มากเกินไปจะเป็นอันตรายกับผู้บริโภค โดยเฉพาะกับผู้บริโภคที่เป็นภูมิแพ้ต่างๆ เช่น หอบหืด เป็นต้น (สุกัญญา ใจดี และ สมพิศ นิชลาภนธ์, 2539; ศิวาพร ศิวเวชช, 2546) การเลือกใช้กรดซิตริกในการลดการเกิดสีน้ำตาลในอาหารมีข้อดีคือ คุณสมบัติของกรดซิตริกจะช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลและช่วยกำจัดออกซิเจนอันจะเป็นสาเหตุให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันลงได้นอกจากนี้กรดซิตริกยังมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี มีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ช่วยปรับความเป็นกรด-ด่าง ที่พอเหมาะ เป็นวัตถุดิบเสียและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวขึ้น (ศิวาพร ศิวเวชช, 2546)

การเก็บรักษาและอายุการเก็บรักษาไซรับน้ำอ้อย

วิธีการกำจัดสารแขวนลอยโดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (ความเข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักโดยปริมาตร) ปริมาณร้อยละ 0.18 (โดยน้ำหนักน้ำอ้อย) เพื่อปรับ pH สองครั้ง คือ pH 6.2-6.4 ที่อุณหภูมิ 93 องศาเซลเซียส และปรับ pH 7.4-7.8 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ก่อนการระเหยพบว่า น้ำอ้อยที่ผ่านการให้ความร้อนในระหว่างการแยกสารแขวนลอยมีสีน้ำตาลคล้ำมาก เนื่องจากใช้เวลานาน (ประมาณ 15 นาที) สำหรับการต้มให้ความร้อนกับน้ำอ้อยปริมาณมาก (ประมาณ 70 กิโลกรัม) ดังนั้นจึงทดลองลดระยะเวลาการให้ความร้อนในระหว่างการกำจัดตะกอน โดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (ความเข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักโดยปริมาตร) ปรับ pH เพียงครั้งเดียวที่ pH 6.2-6.4 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 93 องศาเซลเซียส (ใช้เวลาประมาณ 8 นาที) ให้ผลการทดลองดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 คุณลักษณะของน้ำอ้อยที่ผ่านการตกตะกอนด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยการปรับค่าความเป็นกรดต่าง 1 และ 2 ครั้ง

คุณลักษณะ	ต้มเดือด 100 ^o ซ	ปรับ pH สองครั้ง	ปรับ pH หนึ่งครั้ง
T (%)	79.05 ^๒	80.31 ^๒	83.10 ^๓
L*	78.83 ^๒	79.44 ^๒	81.87 ^๓
a*	-1.12 ^๒	1.00 ^๓	-2.99 ^๒
b*	17.05 ^๒	57.41 ^๓	29.34 ^๒
pH	5.62 ^๒	7.83 ^๓	6.73 ^๒
TSS (^o Brix)	25.60 ^๒	30.50 ^๓	26.10 ^๒

อักษรที่เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

L* = ความสว่าง (0 ดำ 100 ขาว), a* = + แดง, - เขียว, b* = + เหลือง, - น้ำเงิน

หมายเหตุ : ปรับ pH สองครั้ง ครั้งที่ 1 pH 6.2-6.4 ครั้งที่ 2 pH 7.4-7.8

ปรับ pH หนึ่งครั้ง pH 6.2-6.4

พบว่า น้ำอ้อยที่ปรับความเป็นกรด-ด่างครั้งเดียวที่ pH 6.2-6.4 มีความใส ค่าการส่องผ่านแสง (T) และความสว่าง (L^*) มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) น้ำอ้อยที่ผ่านการให้ความร้อนโดยปรับ pH ครั้งเดียวมีลักษณะสีเหลืองอมเขียว ($a^* = 2.99$, $b^* = 29.34$) ในขณะที่น้ำอ้อยผ่านการต้มและปรับ pH สองครั้งมีสีน้ำตาลคล้ำ ($a^* = 1.00$, $b^* = 57.41$) มากกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับค่า pH และ TSS ของน้ำอ้อย ที่ให้ความร้อนและปรับ pH สองครั้งจะมีค่าสูงมากกว่าทุกชุดการทดลอง เนื่องจากการใช้ปริมาณของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่สูง ปริมาณร้อยละ 0.18 (โดยน้ำหนักของน้ำอ้อย) ในขณะที่การปรับ pH ครั้งเดียวใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณร้อยละ 0.1 (โดยน้ำหนักน้ำอ้อย) การปรับ pH ครั้งเดียวสามารถลดระยะเวลาในการให้ความร้อนและลดปริมาณของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จึงเลือกวิธีการกำจัดสารแขวนลอยโดยการปรับ pH น้ำอ้อยให้ได้ 6.2-6.4 แล้วแยกส่วนใสไประเหยเพื่อเก็บรักษาต่อไป

สำหรับการผลิตเพื่อศึกษาการเก็บรักษาไซรัป กำจัดสารแขวนลอยในน้ำอ้อยโดยปรับ pH น้ำอ้อยด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (เข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักโดยปริมาตร) ปริมาณร้อยละ 0.1 (โดยน้ำหนักของน้ำอ้อย) pH 6.2-6.4 ที่อุณหภูมิ 93 องศาเซลเซียส ตั้งไว้เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องแล้วถ่ายส่วนใสระเหย 2 สภาวะ คือ ระเหยที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และระเหยโดยเครื่องระเหยสุญญากาศที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความดัน 300 มิลลิบาร์ และเติมกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.05 (โดยน้ำหนัก) เพื่อเปรียบเทียบกับน้ำอ้อยที่ไม่เติมสารช่วยลดการเกิดสีน้ำตาล แล้วระเหยให้ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ประมาณ 65-68 องศาบริกซ์ บรรจุขวดแก้วขณะร้อน ปริมาณขวดละ 30 กรัม และลดอุณหภูมิที่ 20-25 องศาเซลเซียส เก็บรักษาที่ 2 สภาวะ คือ อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 28 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้องเย็น (0-5 องศาเซลเซียส) ตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมีและทางประสาทสัมผัสเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ สำหรับปริมาณจุลินทรีย์ตรวจสอบผลเฉพาะหลังการระเหย พบว่า ไซรัประเหยที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ไม่เติมและเติมกรดซิตริก และระเหยโดยเครื่องระเหยสุญญากาศ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 27.66 33.16 และ 31.16 (ตามลำดับ) พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1000 โคโลนี/กรัม 475 โคโลนี/กรัม และ 275 โคโลนี/กรัม (ตามลำดับ) และปริมาณยีสต์รา 750 โคโลนี/กรัม 1000 โคโลนี/กรัม และ 80 โคโลนี/กรัม (ตามลำดับ) เชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญ ในผลิตภัณฑ์ไซรัป ได้แก่ สปอร์ของรา ที่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ Aw 0.80-0.88 ได้แก่ *Aspergillus* และ *Penicillium* หรือจุลินทรีย์กลุ่มออสโมฟิลิกยีสต์ (Osmophilic yeast) หรือ *Staphylococcus aureus* ที่สามารถเติบโตได้ที่ Aw ต่ำ 0.61 และ 0.86 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ของໄໄຮຣໄປນ້ຳອ້ອຍ ຫຼັງການຜລິດ

ຫຼຸດການຫຼຸດລອງ	ຄວາມຊື່ນ (ຮ້ອຍລະ)	ຈຸລິນທຣີຢ໌ທັງຫມົດ (CFU/ກຣັມ)	ຍີ່ສ໌ດ໌ແລະຣາ (CFU/ກຣັມ)
ດັມ 100 ⁰ ໄໄ	27.66	1000	750
ດັມ 100 ⁰ ໄໄ+ກຣດໄໄຕຣິກ	33.16	475	1000
Evap.+ ກຣດໄໄຕຣິກ	31.60	275	80

ເມື່ອຣະຍະເວລາຜ່ານໄປ ໄໄຮຣໄປນ້ຳອ້ອຍມີສີ່ນ້ຳຕາລແດງເພີ່ມມາກຊື່ນ ໂດຍໄໄຮຣໄປທີ່ຜ່ານການດັມ 100 ອງສາເຊລເຊຍໄສ ມີສີ່ນ້ຳຕາລມາກກວ່າໄໄຮຣໄປທີ່ຜ່ານການຣະເຍດ້ວຍເຣື່ອງຣະເຍດຊູຍູຍາກາດ ຈຶ່ງການເກັບຣັກຊາໄໄຮຣໄປທີ່ອຸນຫຼຸມີ່ຮ້ອນເກີດສີ່ນ້ຳຕາລມາກກວ່າເກັບຣັກຊາທີ່ອຸນຫຼຸມີ່ 0-5 ອງສາເຊລເຊຍໄສ (ດັງຖາພທີ່ 13) ເມື່ອພິຈາຣນາຄ່າການເກີດສີ່ນ້ຳຕາລ (B value) ມີແນວໂນ້ມສອດຄ່ຳລັງກັບລັກຊະນະປຣາກຸຍ (ຖາພທີ່ 14 ແລະຕາຣາງທີ່ 10) ແລະດັງເຫັນວ່າອຸນຫຼຸມີ່ມີຜລ໌ເຣຍວຊ້ອດ້ອການເກີດສີ່ນ້ຳຕາລໃນໄໄຮຣໄປ ການເກັບຣັກຊາໄໄຮຣໄປໄວ້ທີ່ອຸນຫຼຸມີ່ 0-5 ອງສາເຊລເຊຍໄສ ສາມາດລຸດອັດຣາການປ່ຽນແປງທີ່ເກີດຊື່ນຈາກປຣຶກຶຣຍາທາງຊີວເຣມີ່ແລະຈຸລິນທຣີຢ໌ໄດ້ (ວິໄລ ຣັງສາດທອງ, 2545) ແລະຄວາມເຂັ້ມຂອງສີ່ນ້ຳຕາລຈະເພີ່ມຊື່ນ ເມື່ອອຸນຫຼຸມີ່ເພີ່ມຊື່ນ ດັງນັ້ນການເກັບຣັກຊາອາຫາຣທີ່ອຸນຫຼຸມີ່ຕ່ຳຈະຊະລອບປຣຶກຶຣຍາເມລລາຣດໄດ້ຊ້ຳລຸງ (ນິຕິຍາ ຣັດນາປນທ໌, 2545) ໄໄຮຣໄປທຸກຫຼຸດລອງມີແນວໂນ້ມຄວາມໄສເພີ່ມຊື່ນ ໂດຍມີຄ່າການສ່ອງຜ່ານແສງ (T) ແລະຄວາມສ່ວາງ (L*) ມາກຊື່ນ ໄໄຮຣໄປເກັບຣັກຊາທີ່ອຸນຫຼຸມີ່ຮ້ອນ ມີຄວາມໄສມາກກວ່າໄໄຮຣໄປທີ່ເກັບຣັກຊາທີ່ອຸນຫຼຸມີ່ 0-5 ອງສາເຊລເຊຍໄສ ເນື່ອງຈາກສາຣແຂວນລອຍໃນໄໄຮຣໄປທີ່ເກັບຣັກຊາທີ່ອຸນຫຼຸມີ່ຮ້ອນມີອັດຣາການຕັດຕະກອນມາກກວ່າອຸນຫຼຸມີ່ 0-5 ອງສາເຊລເຊຍໄສ

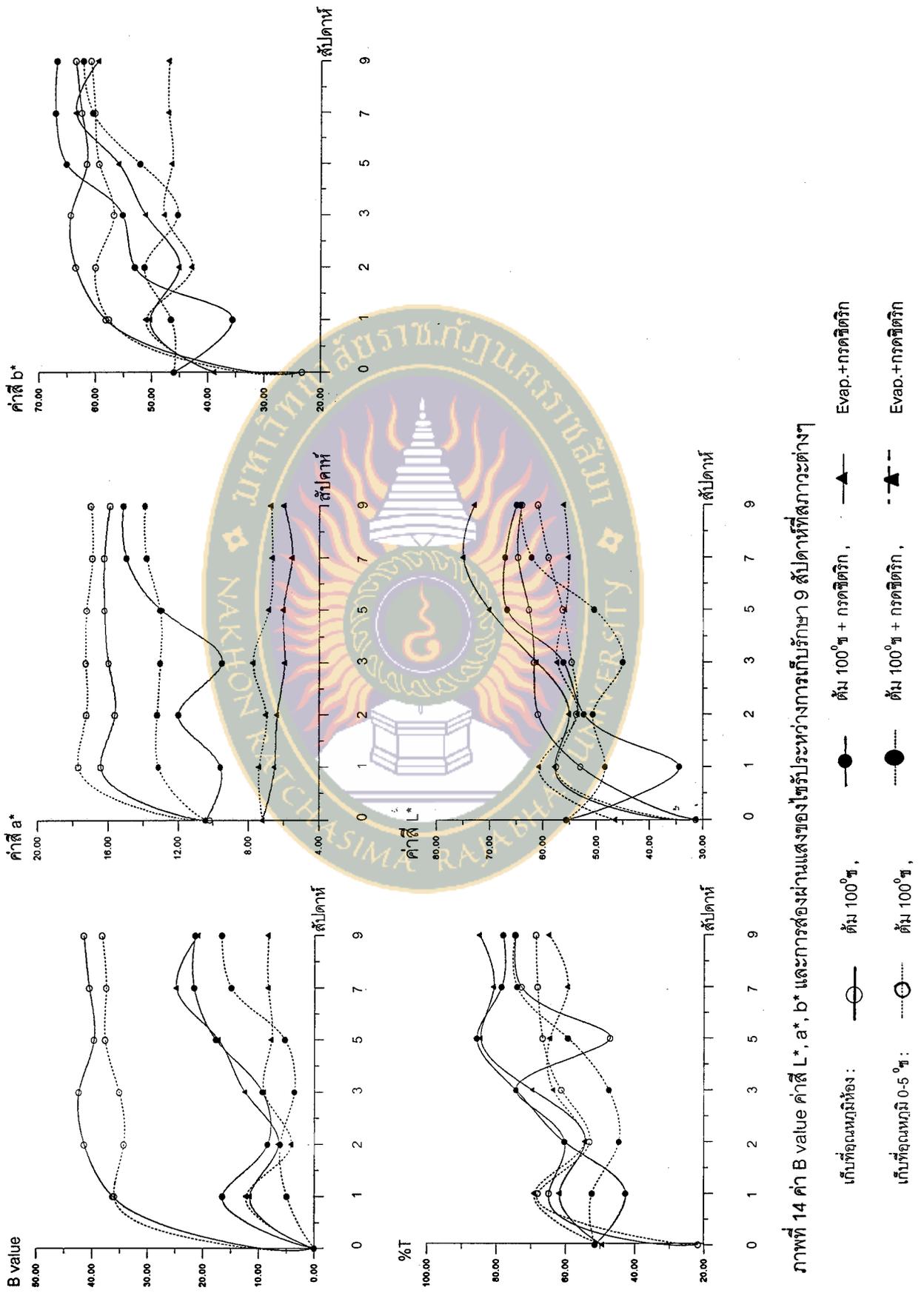
ປຣິມານຂອງແຂັງທີ່ລະລາຍໄດ້ ແລະຄ່າ Aw ປຣະມານ 66-71 ອງສາບຣິກ໌ ແລະ 0.80-0.86 (ຕາມລຳດັບ) ຈຶ່ງຈາກຜລ໌ການວິເຣຣາຣະໄຫຼວ່າມີການປ່ຽນແປງຕລອດຣະຍະເວລາການເກັບຣັກຊາເນື່ອງຈາກໃນຣະຫວ່າງການເຕຣີຍມຕ້ວອຳຍ່າງສຳຣັບທຳການວິເຣຣາຣະໄຫຼ ການຖ່າຍຕ້ວອຳຍ່າງໃນຖາພຣະເປີດ ແລະພັກຕ້ວອຳຍ່າງໄວ້ເປັນເວລາຣານານ ຈຶ່ງທຳຳຜລ໌ການວິເຣຣາຣະໄຫຼຄລາດເຣື່ອນ ສຳຣັບຄ່າ pH ແລະປຣິມານກຣດແລດຕິກ ມີຄ່າປຣະມານ 4.9-5.9 ແລະ 0.09-0.45 (ຕາມລຳດັບ)



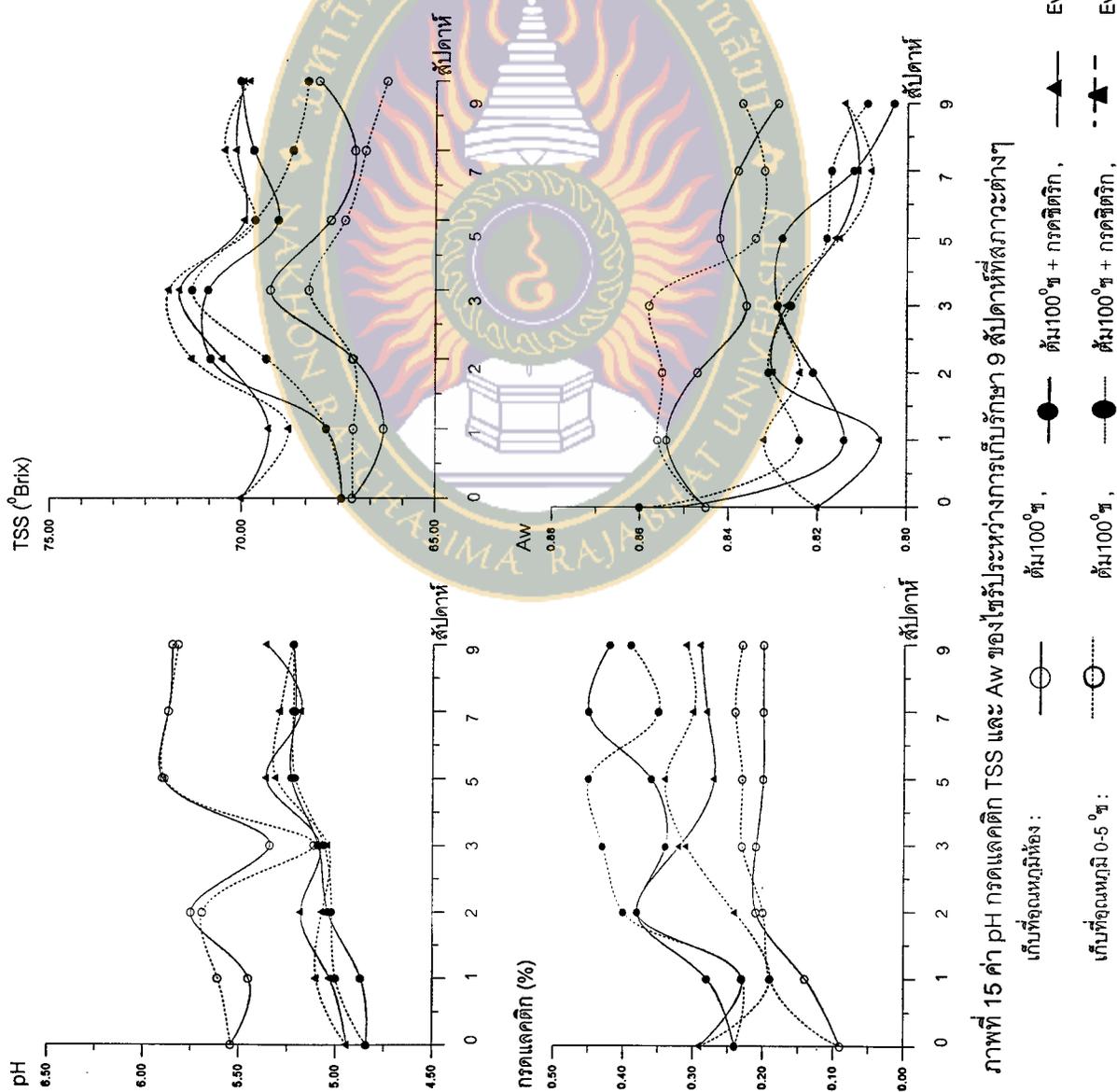
ภาพที่ 13 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของไซริปน้ำอ้อยต้ม 100°ซ (ก)

ต้ม 100°ซ เต็มกรดซีตริก (ข) และระเหยโดยเครื่องระเหยสุญญากาศเต็มกรดซีตริก (ค)

เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ ระยะเวลาเก็บ 9 สัปดาห์



ภาพที่ 14 ค่า B value ค่าสี L*, a*, b* และการส่องผ่านแสงของไข่ประหว่งการเก็บรักษา 9 สัปดาห์ที่สภาวะต่างๆ



ภาพที่ 15 ค่า pH กรดแลคติก TSS และ Aw ของไข่ประหว่งการเก็บรักษา 9 สัปดาห์ที่สภาวะต่างๆ

ตารางที่ 10 คุณสมบัติการเก็บรักษาไอน้ำช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 9 สัปดาห์

คุณสมบัติการทดลอง	สัปดาห์ที่								
	0	1	2	3	5	7	9		
B value	0-5 °ซ	0.00 ^ป	35.97 ^{คค}	34.30 ^ค	35.11 ^{คค}	37.65 ^{คคคค}	37.50 ^{คคค}	38.25 ^{คคคค}	
	0-5 °ซ	0.00 ^ป	4.94 ^{คค}	6.12 ^{คคคคคค}	3.57 ^{คคค}	5.28 ^{คคคค}	14.93 ^{คค}	16.63 ^ค	
	Evap.+ การดัดจริต	0.00 ^ป	12.21 ^{คค}	4.11 ^{คค}	9.02 ^{คค}	7.68 ^{คคคค}	8.30 ^{คคคค}	8.27 ^{คคคค}	
a*	28 °ซ	0.00 ^ป	36.25 ^{คคคค}	41.40 ^{คค}	42.39 ^ค	39.65 ^{คคคค}	40.54 ^{คคค}	41.53 ^{คค}	
	0-5 °ซ	0.00 ^ป	16.46 ^ค	8.40 ^{คคคคคค}	9.31 ^{คค}	17.69 ^{คคค}	21.63 ^{คคค}	21.42 ^{คคค}	
	Evap.+ การดัดจริต	0.00 ^ป	11.53 ^{คคคคคค}	6.40 ^{คคคคคค}	12.43 ^{คคค}	17.20 ^ค	24.81 ^ค	20.86 ^{คค}	
b*	28 °ซ	10.20 ^ค	17.69 ^ค	17.25 ^ค	17.28 ^ค	17.24 ^ค	16.91 ^ค	17.00 ^ค	
	0-5 °ซ	10.42 ^ค	13.13 ^ค	13.21 ^ค	13.04 ^ค	13.05 ^ค	13.82 ^ค	13.92 ^ค	
	Evap.+ การดัดจริต	7.19 ^{คค}	7.39 ^ค	7.00 ^{คค}	7.75 ^{คค}	6.85 ^{คคค}	6.65 ^{คคค}	6.74 ^{คคค}	
b*	28 °ซ	10.20 ^ค	16.41 ^ค	15.62 ^ค	15.99 ^{คค}	16.22 ^{คค}	16.23 ^{คค}	15.92 ^{คค}	
	0-5 °ซ	10.42 ^ค	9.59 ^ค	12.00 ^ค	9.51 ^ค	12.97 ^ค	14.97 ^ค	15.15 ^ค	
	Evap.+ การดัดจริต	7.19 ^{คค}	6.52 ^{คคค}	6.37 ^{คคค}	5.95 ^{คค}	6.03 ^{คคค}	5.54 ^ค	6.00 ^{คค}	
b*	28 °ซ	23.25 ^{คค}	57.59 ^{คค}	55.97 ^ค	56.76 ^ค	59.39 ^{คคคค}	60.14 ^{คคคค}	60.87 ^{คคคค}	
	0-5 °ซ	45.97 ^ค	46.52 ^ค	51.28 ^{คค}	45.36 ^{คค}	52.10 ^{คค}	60.51 ^{คคคคคค}	62.23 ^{คคคคคค}	
	Evap.+ การดัดจริต	38.73 ^ค	50.94 ^{คค}	42.78 ^ค	47.74 ^{คค}	46.39 ^ค	47.01 ^ค	46.98 ^ค	
b*	28 °ซ	23.25 ^{คค}	58.12 ^{คคคค}	63.49 ^{คค}	64.40 ^{คค}	61.59 ^{คคคค}	62.50 ^{คคคค}	63.55 ^{คคคค}	
	0-5 °ซ	45.97 ^ค	35.57 ^ค	53.00 ^{คค}	55.20 ^{คค}	65.10 ^{คค}	67.12 ^ค	66.87 ^ค	
	Evap.+ การดัดจริต	38.73 ^ค	50.94 ^{คค}	42.78 ^ค	47.74 ^{คค}	46.39 ^ค	47.01 ^ค	46.98 ^ค	

ตารางที่ 10 (ต่อ)

คุณลักษณะ	อุณหภูมิ	ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่								
			0	1	2	3	5	7	9		
L*	0-5 °พ	ต้ม 100 °พ	31.25 ^๕	57.48 ^๖	53.78 ^๖	54.62 ^๖	56.37 ^๖	59.61 ^๖	59.42 ^๖		
		ต้ม 100 0พ + การดัดรีก	55.57 ^๖	48.33 ^๖	50.64 ^๖	45.03 ^๖	50.43 ^๖	62.18 ^๖	64.29 ^๖		
		Evap.+ การดัดรีก	46.37 ^๖	60.72 ^๖	53.46 ^๖	57.22 ^๖	55.85 ^๖	55.26 ^๖	56.15 ^๖		
T	28 °พ	ต้ม 100 °พ	31.25 ^๖	52.95 ^๖	60.91 ^๖	61.68 ^๖	62.65 ^๖	64.75 ^๖	63.99 ^๖		
		ต้ม 100 0พ + การดัดรีก	55.57 ^๖	37.44 ^๖	52.31 ^๖	56.16 ^๖	66.77 ^๖	67.15 ^๖	65.03 ^๖		
		Evap.+ การดัดรีก	46.37 ^๖	57.72 ^๖	55.08 ^๖	61.19 ^๖	70.11 ^๖	75.00 ^๖	72.91 ^๖		
(%)	0-5 °พ	ต้ม 100 °พ	21.68 ^๖	68.01 ^๖	53.03 ^๖	61.20 ^๖	66.63 ^๖	68.11 ^๖	68.60 ^๖		
		ต้ม 100 0พ + การดัดรีก	51.50 ^๖	52.38 ^๖	40.60 ^๖	47.51 ^๖	59.30 ^๖	74.06 ^๖	74.68 ^๖		
		Evap.+ การดัดรีก	49.26 ^๖	68.98 ^๖	54.40 ^๖	63.53 ^๖	64.51 ^๖	59.40 ^๖	64.78 ^๖		
(%)	28 °พ	ต้ม 100 °พ	21.68 ^๖	64.78 ^๖	60.25 ^๖	74.33 ^๖	77.18 ^๖	72.78 ^๖	74.48 ^๖		
		ต้ม 100 0พ + การดัดรีก	51.50 ^๖	42.66 ^๖	60.36 ^๖	74.35 ^๖	85.66 ^๖	78.55 ^๖	78.08 ^๖		
		Evap.+ การดัดรีก	49.26 ^๖	61.70 ^๖	54.31 ^๖	69.51 ^๖	84.51 ^๖	80.80 ^๖	84.91 ^๖		

ตารางที่ 10 (ต่อ)

คุณลักษณะ	อุณหภูมิ	ชุดการทดลอง								
		สปีดทันที								
		0	1	2	3	5	7	9		
pH	0-5 °ซ	5.54 ^ก	5.61 ^ข	5.69 ^ค	5.11 ^ง	5.89 ^ฉ	5.87 ^ช	5.82 ^ซ		
	ต้ม 100 °ซ + การคั่ว	4.84 ^ด	5.00 ^ด	5.02 ^ด	5.06 ^ด	5.21 ^ด	5.22 ^ด	5.22 ^ด		
	Evap.+ การคั่ว	4.94 ^ด	5.10 ^ด	5.07 ^ด	5.04 ^ด	5.31 ^ด	5.29 ^ด	5.22 ^ด		
Lactic (%)	28 °ซ	5.54 ^ก	5.45 ^ข	5.75 ^ค	5.34 ^ง	5.90 ^ฉ	5.87 ^ช	5.85 ^ซ		
	ต้ม 100 °ซ + การคั่ว	4.84 ^ด	4.87 ^ด	5.04 ^ด	5.09 ^ด	5.23 ^ด	5.21 ^ด	5.22 ^ด		
	Evap.+ การคั่ว	4.94 ^ด	5.03 ^ด	5.18 ^ด	5.08 ^ด	5.36 ^ด	5.18 ^ด	5.36 ^ด		
Lactic (%)	0-5 °ซ	0.09 ^ก	0.19 ^ข	0.20 ^ค	0.23 ^ง	0.23 ^ฉ	0.24 ^ช	0.23 ^ซ		
	ต้ม 100 °ซ + การคั่ว	0.24 ^ด	0.23 ^ด	0.40 ^ด	0.43 ^ด	0.45 ^ด	0.35 ^ด	0.39 ^ด		
	Evap.+ การคั่ว	0.29 ^ด	0.19 ^ด	0.24 ^ด	0.31 ^ด	0.34 ^ด	0.30 ^ด	0.31 ^ด		
Lactic (%)	28 °ซ	0.09 ^ก	0.14 ^ข	0.21 ^ค	0.21 ^ง	0.20 ^ฉ	0.20 ^ช	0.20 ^ซ		
	ต้ม 100 °ซ + การคั่ว	0.24 ^ด	0.28 ^ด	0.38 ^ด	0.34 ^ด	0.36 ^ด	0.45 ^ด	0.42 ^ด		
	Evap.+ การคั่ว	0.29 ^ด	0.23 ^ด	0.38 ^ด	0.32 ^ด	0.27 ^ด	0.28 ^ด	0.29 ^ด		

ตารางที่ 10 (ต่อ)

คุณลักษณะ	อุณหภูมิ	ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่						
			0	1	2	3	5	7	9
TSS (°Brix)	0-5 °ซ	ต้ม 100 °ซ	67.13 ^{สณ}	67.11 ^{สณ}	67.13 ^{สณ}	68.26 ^ป	67.33 ^{สณ}	66.81 ^ป	66.26 ^ป
		ต้ม 100 0ซ +กรดซิตริก	67.40 ^{สณ}	67.81 ^ป	69.36 ^{สณ}	71.30 ^{สณ}	69.66 ^{สณ}	68.68 ^ป	68.30 ^ป
		Evap.+ กรดซิตริก	70.00 ^{สณ}	68.78 ^{สณ}	71.30 ^ป	71.91 ^ป	69.68 ^{สณ}	70.45 ^ป	69.81 ^{สณ}
Aw	0-5 °ซ	ต้ม 100 °ซ	67.13 ^{สณ}	66.33 ^ป	67.11 ^{สณ}	69.26 ^ป	67.70 ^ป	67.08 ^{สณ}	68.01 ^ป
		ต้ม 100 0ซ +กรดซิตริก	67.40 ^{สณ}	67.81 ^ป	70.81 ^{สณ}	70.88 ^{สณ}	69.06 ^{สณ}	69.70 ^{สณ}	70.05 ^{สณ}
		Evap.+ กรดซิตริก	70.00 ^{สณ}	69.30 ^{สณ}	70.50 ^{สณ}	71.63 ^{สณ}	69.93 ^{สณ}	70.15 ^{สณ}	69.96 ^{สณ}
Aw	28 °ซ	ต้ม 100 °ซ	0.845 ^{สณ}	0.856 ^ป	0.855 ^ป	0.858 ^ป	0.834 ^{สณ}	0.832 ^{สณ}	0.837 ^ป
		ต้ม 100 0ซ +กรดซิตริก	0.860 ^ป	0.824 ^{สณ}	0.831 ^{สณ}	0.826 ^{สณ}	0.818 ^{สณ}	0.817 ^{สณ}	0.839 ^{สณ}
		Evap.+ กรดซิตริก	0.820 ^ป	0.831 ^{สณ}	0.824 ^{สณ}	0.829 ^{สณ}	0.815 ^{สณ}	0.808 ^{สณ}	0.814 ^{สณ}
Aw	28 °ซ	ต้ม 100 °ซ	0.845 ^{สณ}	0.854 ^ป	0.847 ^ป	0.836 ^ป	0.842 ^ป	0.838 ^ป	0.839 ^{สณ}
		ต้ม 100 0ซ +กรดซิตริก	0.860 ^ป	0.814 ^{สณ}	0.821 ^{สณ}	0.829 ^{สณ}	0.828 ^{สณ}	0.812 ^{สณ}	0.803 ^ป
		Evap.+ กรดซิตริก	0.820 ^ป	0.806 ^{สณ}	0.830 ^{สณ}	0.827 ^{สณ}	0.816 ^{สณ}	0.811 ^{สณ}	0.814 ^{สณ}

ค.ร.ก... อัตราที่เหมือนกันในแนวตั้งและแนวอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

L* = ความสว่าง (0 ต่ำ 100 ขาว), a* = + แดง, - เขียว, b* = + เหลือง, - น้ำเงิน

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภค ทุกคุณลักษณะ ได้แก่ สี ความใส กลิ่น รสชาติและความชอบรวม ของไซรัปที่ระเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศเติมกรดซิตริก มีคะแนนการยอมรับสูงสุด (สัปดาห์ที่ 0) คือ ที่ระดับ 8.2, 8.2, 7.6, 7.4 และ 7.4 คะแนน (ตามลำดับ) เมื่อเก็บรักษาไซรัปที่สภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ ไซรัปทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคลดลง โดยสัปดาห์ที่ 7 ไซรัปที่ผ่านการระเหยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ในทุกชุดการทดลอง มีคะแนนการยอมรับของรสชาติ และความชอบโดยรวมในระดับคะแนนไม่ชอบเล็กน้อย (คะแนนต่ำกว่า 5) ในขณะที่ไซรัปที่ผ่านการระเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศเติมกรดซิตริก และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีคะแนนการยอมรับของรสชาติและความชอบรวม ในระดับไม่ชอบเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 9 แต่ไซรัปที่ระเหยโดยเครื่องระเหยสุญญากาศเติมกรดซิตริก และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียส มีคะแนนการยอมรับด้านรสชาติและความชอบรวม คือ 5.2 คะแนน ซึ่งเป็นระดับคะแนนที่ผู้บริโภคมอบ (ดังตารางที่ 11) ดังนั้นไซรัปที่ผ่านการระเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศเติมกรดซิตริก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง สามารถเก็บได้นานมากกว่า 9 สัปดาห์ และไม่เกิน 9 สัปดาห์ (ตามลำดับ) ในขณะที่ไซรัปที่ผ่านการระเหยที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทุกชุดการทดลองสามารถเก็บได้ไม่เกิน 7 สัปดาห์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

คุณลักษณะ	อุณหภูมิ	ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่						
			0	1	2	3	5	7	9
รสชาติ	0-5 °ซ	100 ⁰ ซ	6.90 ^{กขคค}	6.90 ^{กขคค}	5.90 ^{คคคคคค}	5.50 ^{คคคคคค}	5.00 ^{คคคคคค}	4.90 ^{คคคคคค}	4.80 ^{คคคคคค}
		100 ⁰ ซ+กรดซิตริก	6.80 ^{กขคค}	7.00 ^{กขคค}	6.90 ^{กขคค}	5.40 ^{คคคคคค}	6.10 ^{คคคคคค}	4.50 ^{คคคคคค}	5.40 ^{คคคคคค}
		Evap.+ กรดซิตริก	7.40 ^{กขคค}	7.20 ^{กขคค}	7.80 ^{กขคค}	7.10 ^{กขคค}	5.30 ^{คคคคคค}	5.20 ^{คคคคคค}	5.20 ^{คคคคคค}
	28 °ซ	100 ⁰ ซ	6.90 ^{กขคค}	7.00 ^{กขคค}	6.20 ^{คคคคคค}	5.20 ^{คคคคคค}	6.10 ^{คคคคคค}	4.00 ^{คคคคคค}	4.50 ^{คคคคคค}
		100 ⁰ ซ+กรดซิตริก	6.80 ^{กขคค}	6.80 ^{กขคค}	5.70 ^{คคคคคค}	5.60 ^{คคคคคค}	5.10 ^{คคคคคค}	4.70 ^{คคคคคค}	5.00 ^{คคคคคค}
		Evap.+ กรดซิตริก	7.40 ^{กขคค}	7.00 ^{กขคค}	6.70 ^{กขคคคค}	6.90 ^{กขคคคค}	6.00 ^{คคคคคค}	6.00 ^{คคคคคค}	4.70 ^{คคคคคค}
ความชอบรวม	0-5 °ซ	100 ⁰ ซ	6.90 ^{กขคค}	6.90 ^{กขคค}	5.90 ^{คคคคคค}	5.50 ^{คคคคคค}	5.00 ^{คคคคคค}	4.90 ^{คคคคคค}	4.80 ^{คคคคคค}
		100 ⁰ ซ+กรดซิตริก	6.80 ^{กขคค}	7.00 ^{กขคค}	6.90 ^{กขคค}	5.40 ^{คคคคคค}	6.10 ^{คคคคคค}	4.50 ^{คคคคคค}	5.40 ^{คคคคคค}
		Evap.+ กรดซิตริก	7.40 ^{กขคค}	7.20 ^{กขคค}	7.80 ^{กขคค}	7.10 ^{กขคค}	5.30 ^{คคคคคค}	5.20 ^{คคคคคค}	5.20 ^{คคคคคค}
	28 °ซ	100 ⁰ ซ	6.90 ^{กขคค}	7.00 ^{กขคค}	6.20 ^{คคคคคค}	5.20 ^{คคคคคค}	6.10 ^{คคคคคค}	4.00 ^{คคคคคค}	4.50 ^{คคคคคค}
		100 ⁰ ซ+กรดซิตริก	6.80 ^{กขคค}	6.80 ^{กขคค}	5.70 ^{คคคคคค}	5.60 ^{คคคคคค}	5.10 ^{คคคคคค}	4.70 ^{คคคคคค}	5.00 ^{คคคคคค}
		Evap.+ กรดซิตริก	7.40 ^{กขคค}	7.00 ^{กขคค}	6.70 ^{กขคคคค}	6.90 ^{กขคคคค}	6.00 ^{คคคคคค}	6.00 ^{คคคคคค}	4.70 ^{คคคคคค}

ก.ข.ค... อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งและแนวนอนในคุณลักษณะเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการผลิตไซรัปจากน้ำอ้อย แบ่งการทดลองเป็น 4 ตอน ได้แก่ การตรวจสอบคุณภาพน้ำอ้อย การศึกษาการกำจัดสารแขวนลอยในน้ำอ้อย การศึกษาการลดการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการระเหย และศึกษาอายุการเก็บรักษาไซรัปน้ำอ้อยระยะเวลาเก็บ 9 สัปดาห์ โดยสามารถสรุปผลการทดลอง ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของน้ำอ้อย พบว่า น้ำอ้อยมีลักษณะสีเหลืองขุ่น โดยมีค่าการส่องผ่านแสง 1.71 น้ำอ้อยมีความเป็นกรดเล็กน้อย โดยมีความเป็นกรดต่าง 5.36 ปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 0.17 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 19 องศาบริกซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 16.68 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 1.49 ปริมาณความชื้นร้อยละ 82.22 และปริมาณเถ้าร้อยละ 0.51 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 49,000 โคโลนี/กรัม ยีสต์และรา 33,000 โคโลนี/กรัม

2. การกำจัดสารแขวนลอยในน้ำอ้อย โดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (เข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักโดยปริมาตร) ปริมาณร้อยละ 0.1 (โดยปริมาตรของน้ำอ้อย) ปรับ pH ในน้ำอ้อย 1 ครั้ง pH 6.2-6.4 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 93 องศาเซลเซียส เวลา 7-10 นาที และตั้งพักให้ตกตะกอนเป็นเวลาอย่างน้อย 60 นาที ทำให้น้ำอ้อยมีความใสเพิ่มขึ้น โดยมีค่าการส่องผ่านแสง เท่ากับ 83.10 และความสว่าง (L^*) เท่ากับ 81.87

3. การลดการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างกระบวนการระเหย โดยใช้กรดซิตริกปริมาณร้อยละ 0.05 (โดยน้ำหนัก) และระเหย 2 สภาวะ คือ ระเหยบนเตาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสและระเหยโดยเครื่องระเหยสุญญากาศ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความดัน 300 มิลลิบาร์ สามารถลดสีน้ำตาลในไซรัปได้ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคไม่แตกต่างจากการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

4. อายุการเก็บรักษาไซรัปน้ำอ้อย พบว่า ไซรัปที่ระเหยโดยเครื่องระเหยสุญญากาศเติมกรดซิตริก สามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 9 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียส ในขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28 องศาเซลเซียส) เก็บรักษาได้ไม่เกิน 9 สัปดาห์ และไซรัประเหยอุณหภูมิ

100 องศาเซลเซียส ทั้งที่เดิมและไม่เดิมกรดซิตริก เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียส เก็บรักษาได้ไม่เกิน 7 สัปดาห์

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษากระบวนการผลิตไซรัปจากน้ำอ้อย สามารถเสนอเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม ดังนี้

1. ควรศึกษาวิธีการทำให้น้ำอ้อยใสด้วยวิธีการกรอง หลังกระบวนการตกตะกอน เพื่อเพิ่มความใสของน้ำอ้อย
2. ควรศึกษาวิธีการลดการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (enzymatic browning) ในระหว่างการเตรียมวัตถุดิบ เช่น การปกปิดเปลือก การสกัดน้ำ
3. ควรศึกษาวิธีการระเหยไซรัป ด้วยเครื่องมือผลิตอุตสาหกรรม



บรรณานุกรม

- กรมวิชาการเกษตร. (2539). **อ้อยคั้นน้ำพันธุ์สุพรรณบุรี 50**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา :[http:// www.doa.go.th /th/ShowArticle.aspx?id=1568](http://www.doa.go.th/th/ShowArticle.aspx?id=1568) [25 เมษายน 2548].
- กล้าณรงค์ ศรีรอด. (2536). **การทำใส่น้ำอ้อย**. มปท. : คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กุลยา จันทร์อรุณ. (2533). **เคมีอาหาร**. มปท. ตำรา-เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 35 ภาค พัฒนาคำาและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศน์ กรมการฝึกหัดครู
- เกษม สุขสถาน. (2542). **สหวิทยาของอ้อยและน้ำตาล**. มปท. โรงพิมพ์ตะวันออกจำกัด (มหาชน).
- _____ . (2515). **อ้อย**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณิต วิชิตพันธุ์. (ตุลาคม-ธันวาคม 2546). "ซิลเฟอร์ไดออกไซด์กับการผลิตเครื่องดื่ม แอลกอฮอล์". **แก่นเกษตร**. 31(4) : 183-188.
- จรัสศรี สำราญ. (2545). **การใช้เบนโทไนด์และเพอร์ไลต์กำจัดสีและความขุ่นใน น้ำอ้อยในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทราย**. ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จุลินทรีย์. (2000). [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.home.manhattan.edu/.../fungi/aspergil.html> [9 ธันวาคม 2549].
- ชาญ จรรยาวิชัย. (2543). **เบนโทไนด์เทคโนโลยีและการตรวจสอบ**. กองการเหมืองแร่, กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ. 58 น. อ้างถึงใน จรัสศรี สำราญ. (2545). **การใช้เบนโทไนด์และเพอร์ไลต์กำจัดสีและความขุ่นในน้ำอ้อยในอุตสาหกรรม การผลิตน้ำตาลทราย**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชิตชัย ปัญญาสวรรค์. (2547). **การพัฒนาไซรัปเข้มข้นจากกล้วยหอมทองโดยการใช้ เอนไซม์**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ช่อลัดดา เทียงพุกและสายสนม ประดิษฐ์ดวง. (2542). **การผลิตน้ำมะม่วงเข้มข้นใสจาก พันธุ์น้ำดอกไม้**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ไซรับผลไม้. (กันยายน-ตุลาคม 2548). **เกษตรแปรรูป**. 1(3). 33-40.
- ดุขฎิ อุตภาคและคณะ. (2542). Ultrafiltration. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.kmutt.ac.th/organization/Engineering/Food/department> [31 มิถุนายน 2548].
- ทง ภัคร์ชพันธุ์. (2540). **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธนวรรณ บุญปั้น. (2537). "ผลไม้แช่อิ่ม". **วารสารแนวเกษตร (ฉบับเกษตรกร)**. 10 (10) :140
- ธนากร พันธะนียะ. (มปป.). **บทความเรื่องโรคยาและสารเคมี**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.nicaonline.com> [6 พฤษภาคม 48]
- นิธิยา รัตนานนท์. (2545). **คาร์โบไฮเดรต**. กรุงเทพฯ : โอเอสพรีนติ้งเฮ้า.
- นันทินิตย์ คงวัน. (ตุลาคม 2544). "น้ำส้มสายชู (Vinegar)". **วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี**. 5(3) : 19-21
- บุษกร อุดรภักชาติ. (2547). **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. มปท. : การผลิตเอกสารและตำราเรียนมหาวิทยาลัยทักษิณ.
- ประเสริฐ ฉัตรวชิระพงษ์. (2542). **พืชเศรษฐกิจ**. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประเสริฐ ป่าขม และสุทิน ป่าขม. สัมภาษณ์. 18 มีนาคม 2548.
- ปราณี อานเป็รื่อง. (2547). **หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปุ่น คงเจริญเกียรติและสมพร คงเจริญเกียรติ. (2541). **บรรจุภัณฑ์อาหาร**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์หิ่เฮง จำกัด.
- ภาวิณี ทองคำวงศ์. (กันยายน 2537). น้ำเชื่อมไฮฟรุคโตส. **วารสารเพื่อการเผยแพร่**. 15(3). : 31-34
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. **น้ำอ้อย (มผช.122/2546)**. (2546). ออนไลน์. แหล่งที่มา : http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps122_46.pdf [15 กันยายน 2548].
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2521). **กฎโคสไซรับ (มอก. 268/2521)**. กรุงเทพฯ : มปท.
- ไมโครฟิลเตอร์**. (มปป.). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.diw.go.th/sura/นโยบายเสรีของรัฐ/DIN/chapter2%202.doc>. [15 กันยายน 2548].

- ยุภา วิโรจน์สกุลชัย. (2536). **สภาวะที่มีผลต่อการเกิดสีและการคาดคะเนสีของน้ำอ้อยหลังการทำใส**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รัชณี ตันตะพานิชกุล. (2544). **การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วินัด ภูมิภท. (ตุลาคม-ธันวาคม 2545). "สารซัลไฟต์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอาหาร". **อาหาร**. 32(4) : 235-239
- วิบูลย์ ลีสุวรรณ. (2542). **สหวิทยาของอ้อยและน้ำตาล**. มปท. โรงพิมพ์ตะวันออกจำกัด (มหาชน).
- วิไล รัตตทอง. (2545). **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. กรุงเทพฯ : บริษัทแท็กซี่ แอนด์เจอร์นัล พับลิเคชันจำกัด.
- วัฒนา วิรุฒิก. (มกราคม-มีนาคม 2540). "การประยุกต์ใช้น้ำผึ้งเพื่อทำน้ำผลไม้ให้ใส". **อาหาร**. 27(1) : 14-24.
- วันทนา ตั้งเปรมศรี. (2549). **อ้อยคั้นน้ำ Suphan Buri Field Crops Research center**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.geocities.com./ResearchTriangle/Lab/2419/THAI12.HTML>. [22 กันยายน 2549].
- ศิวาพร ศิวเวช. (2546). **วัตถุเจือปนอาหาร นครปฐม : โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**.
 _____ . (2542). **การสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี. (2539). **อ้อยคั้นน้ำ**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.geocities.com./ResearchTriangle/Lab/2419/THAI12.HTML>. [2 ธันวาคม 2549].
- ศุภภาพัฒน์ บถพิบูลย์และคณะ. (2549). **อ้อยคั้นน้ำ**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.cedis.or.th/download/detail_dl.php?cdl_id=4. [9 ธันวาคม 2549].
- สุบัญญัติ ใจดี และ สมพิศ นิชลาพันธ์. (2539). **เคมีและจุลชีววิทยาของอาหาร**. นนทบุรี : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

- สุมนทา วัฒนสินธุ์. (2545). **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- สุมาลี เหลืองสกุล. (2535). **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- AOAC. (2000). Official Method of Analysis of AOAC International. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists. William Horwitz. Volumn I, II.
- Chen. J. (1985). **Cane Sugar Hand Book**. New York : John Wiley&Son.
- Citric acid. n.d. [ออนไลน์]. (แหล่งที่มา) : <http://www.encyclopedia.com/doc/1E1-citric-ac.html>. [17 พฤษภาคม 2548].
- Glucose syrup. (1996). [ออนไลน์]. (แหล่งที่มา) : <http://www.fao.org/66.218.69.11/search/cache?=fructose+syrup+standard&prssweb>. [29 ธันวาคม 2549]
- Honig, P. (1953). Principles of sugar technology. Amsterdam : Elsevier Publishing Company. Cited in เรณูภา แจ่มฟ้า. (2545). **การผลิตไซรัปจากน้ำตาลสด**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- Maple syrup. (2006). [ออนไลน์]. (แหล่งที่มา) : http://www.en.wikipedia.org./maple_syrup [29 ธันวาคม 2549]
- Marie. S. and Piggott. J.R. (1991). **Handbook of sweeteners**. London : Blackie andson.
- Odom, I.E. (1984). Smectite clay minerals : properties and uses. Phil. Trans. R. Soc. Lond. A311 : 391-409. Cited in จรัสศรี สัมราญ. (2545). **การใช้เบนโทไนด์กำจัดสีและความขุ่นในน้ำอ้อยในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทราย**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Raisi, A. and Aroujalian, A. (2004). "Reduction of the glucose syrup browning rate the use of modified atmosphere packaging". *Journal of food engineering*. 80 (2007) : 370-373

Rodriguez, M., Sadler, G.D., Sims, C.A. and Braddock, R.J. (1991). Chemical Changes During Storage of an Alcoholic Orange Juice Beverage. **J. Food Sci.** 56(2) : 475-479, 493. อ้างจาก ลินจง สุขลัญญ. (2546). "การถนอมรักษา น้ำส้มโดยการประยุกต์ใช้ความร้อนต่ำร่วมกับสารสกัดจากขิง". **อาหาร.** 33(3) : 211-221.

Salminen, S. and Hallikainen, A. (1990). **Sweetener in food additive.** New York : Marcel Dekker.

Tressler, D.K. and Joslyn, M.A. (1961). **Fruit and vegetable juice processing.** USA : AVI Publishing Co. Cited in วัฒนา วิรุฒนิกร. (มกราคม-มีนาคม 2540). "การประยุกต์ใช้น้ำผึ้งเพื่อทำน้ำผลไม้ให้ใส". **อาหาร.** 27(1) : 14-24.







ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ก1. การวัดค่าสีของเหลว

การวัดค่าสีของน้ำอ้อย โดยใช้เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Tintometer รุ่น Lovibond PEX 190/1 โดยให้แหล่งกำเนิดแสง C (Daylight) Observers 10 ในระบบ Hunter (L^* , a^* และ b^*)

L^* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness)

$L^* = 0$ แสดงค่าสีดำ

$L^* = 100$ แสดงค่าสีขาว

a^* ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว

a^* เป็น + แสดงค่าสีแดง

a^* เป็น - แสดงค่าสีเขียว

b^* ใช้กำหนดสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

b^* เป็น + แสดงค่าสีเหลือง

b^* เป็น - แสดงค่าสีน้ำเงิน

วิธีการ

- 1.1 Standardize เครื่อง
- 1.2 เติมน้ำอ้อยหรือไซรัปลงในคิวเวท (cuvette) ปริมาณ 2 มิลลิลิตร เช็ดภายนอกของคิวเวทด้วยกระดาษทิชชู จากนั้นใส่คิวเวทลงในเครื่อง เพื่อทำการวัดค่าสี
- 1.3 กด Read และ Enter เพื่ออ่านค่าสีที่ได้ (ค่า L^* , a^* และ b^*)
- 1.4 จดบันทึกค่าต่างๆ ที่อ่านได้
- 1.5 วัดค่า 2-3 ครั้งโดยทำเหมือนกับ ข้อ 2, 3 และ 4

ก2. การหาค่าสีน้ำตาล (Browning value : B value) โดยวิธี Rodriguze และคณะ (1991)

วิธีการ

- 2.1 นำไซรัปน้ำอ้อยปริมาณ 2 มิลลิลิตร เติลงในคิวเวท จากนั้นนำไปวัดค่าสีโดยระบบฮันเตอร์ (Hunter Color System) ด้วยเครื่องวัดสีรุ่น Lovibond PEX 190/1 Tintometer series II ยี่ห้อ Tintometer จากนั้นบันทึกค่าสีที่อ่านได้
- 2.2 ตรวจสอบ 3-5 ครั้ง โดยทำเหมือนกับข้อที่ 1

2.3 นำค่า a^* และ b^* ที่ได้จากการวัดค่าสีในน้ำอ้อยมาคำนวณหาค่า B value ได้จากสมการ

$$B \text{ value} = [(C_t - C_{t_0})^2 + (C_{y_t} - C_{y_0})^2]^{1/2}$$

โดยที่ C_t = ค่าสี a^* ของตัวอย่างน้ำอ้อย

C_{t_0} = ค่าสี a^* ของน้ำอ้อยชุดควบคุม

C_{y_t} = ค่าสี b^* ของตัวอย่างน้ำอ้อย

C_{y_0} = ค่าสี b^* ของน้ำอ้อยชุดควบคุม

ก3. การหาค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Aw) โดยเครื่องวัดค่า Water activity (Aw) รุ่น Testo 650 Multiple Measurement ยี่ห้อ Testo

วิธีการ

- 3.1 ตรวจสอบสภาพเครื่องให้พร้อมก่อนใช้งาน
- 3.2 ใส่หัววัดค่า (Probe) เข้ากับตัวฝาของแชมเบอร์ (Chamber) หมุนเกลียวยึดหัว Probe ให้แน่น
- 3.3 ต่อระบบวัดค่าเข้ากับเครื่องประมวลผล
- 3.4 เปิดเครื่องเพื่อให้เครื่องพร้อมใช้งานเป็นเวลา 10-15 นาที
- 3.5 นำตัวอย่างอาหารจำนวน 3-5 กรัม (ต้องชั่งให้อยู่ระดับเดียวกันทุกครั้ง) ใส่ถלבพลาสติกสำหรับทำการวัดค่า Aw โดยบรรจุตัวอย่างอาหารประมาณ 1 ใน 3 ของความจุของถלבพลาสติก
- 3.6 นำถלבวางลงในแชมเบอร์ (Chamber) ของเครื่องวัดค่า Aw ปิดฝาและทำการกดลิค
- 3.7 จับเวลาประมาณ 45-60 นาที หรือรอจนกระทั่งเครื่องวัดอ่านค่า Aw ของตัวอย่างคงที่ จึงอ่านค่า Aw ที่ได้จากเครื่องประมวลผล จดบันทึกค่าที่อ่านได้

ก4. การวัดค่าการส่องผ่านแสง (Transmittant) โดยเครื่อง UV Spectrophotometer รุ่น CE 10/1 1000 Series ยี่ห้อ CECIL Instruments

วิธีการ

- 4.1 ตรวจสอบสภาพเครื่องให้พร้อมก่อนการใช้งาน เปิดเครื่องเพื่อให้เครื่องพร้อมใช้งาน 10-15 นาที
- 4.2 ตั้งค่าความยาวคลื่นให้ได้ 660 นาโนเมตร

4.3 ใส่น้ำกลั่นลงในคิเวทปริมาณ 2 มิลลิลิตร เช็ดคิเวทให้แห้งโดยกระดาษทิชชู ใตคิเวทลงในตัวเครื่อง กด Autor 0 เพื่อปรับค่าเป็น 0

4.4 จากนั้นใส่ตัวอย่างที่ต้องการวัดลงในคิเวท แล้วใส่คิเวทลงในเครื่องเพื่อให้อ่านค่าโดยกดเลือกค่าที่ต้องการวัด

4.5 จดบันทึกค่าที่วัดได้

ก5. การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยเครื่อง pH meter รุ่น Accumet pH meter ยี่ห้อ Fisher Scientific

วิธีการ

5.1 เปิดเครื่อง pH meter จากนั้น Callibrate โดยใช้บัฟเฟอร์ที่มีอยู่ประจำเครื่อง

5.2 ใส่น้ำกลั่นล้างหัว Probe ชั้บให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู จากนั้นวัดค่า pH โดยการจุ่ม Probe ลงในสารละลายตัวอย่าง โดยคนตลอดเวลา จนกระทั่งค่า pH ที่ได้มีความคงที่

5.3 อ่านค่าที่ได้

5.4 ล้างหัว Probe ด้วยน้ำกลั่น ชั้บให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู

ก6. การวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ด้วยเครื่อง Hand Refractometer และ Abbe รุ่น NAR- 3T

วิธีการ

6.1 ตรวจสอบความสะอาดของเครื่อง

6.2 เตรียมตัวอย่างให้อยู่ในรูปสารละลาย เมื่อนำมาวัดตัวอย่างต้องมีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส หรือที่อุณหภูมิห้อง

6.3 ทำการปรับค่าสเกลของเครื่องให้เป็น 0 ด้วยน้ำกลั่น โดยการปรับหมุนที่ Corrent screw เช็ดให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู

6.4 เปิด Cover plate แล้วหยดสารละลายตัวอย่างลงบนกระจกปริซึม

6.5 ปิด Cover plate ในแนว 45 องศา เพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศ

6.6 อ่านค่า โดยหันเครื่อง Hand Refractometer ไปในทิศทางที่มีแสง แล้วอ่านค่าบริเวณที่เป็นเส้นแบ่งโดยสามารถปรับความชัดเจนได้ด้วยการปรับหมุน Eyepiece

6.7 จดบันทึกค่าที่อ่านได้



ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ทางเคมี

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางเคมี

ข1. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โดยวิธี AOAC (2000)

อุปกรณ์-เครื่องมือ

- 1) กระจกป้องกันความชื้น (moisture can)
- 2) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
- 3) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- 4) โถดูดความชื้น (Dessicator)
- 5) ที่คีบ (Tong)

วิธีการทดลอง

- 2.1 บันทึกลักษณะตัวอย่างอาหาร
- 2.2 เตรียมตัวอย่างอาหาร
- 2.3 ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 3-5 กรัม ใส่ในจานโลหะที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 100-150 องศาเซลเซียส และมีน้ำหนักสุดท้ายที่แตกต่างไม่เกิน 0.003 กรัม
- 2.4 นำไปอบที่อุณหภูมิ 100-150 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 ชั่วโมง ในขณะอบเปิดฝา ชั่งน้ำหนักและอบซ้ำ จนได้น้ำหนักที่คงที่ (แตกต่างกันไม่เกิน 0.003 กรัม)
- 2.5 การคำนวณหาความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น (\% wet basis)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่หายไปหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด}} \times 100$$

ข2. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าทั้งหมด โดยวิธี AOAC (2000)

อุปกรณ์-เครื่องมือ

- 1) เตาเผา (Muffle furnace)
- 2) ถ้วยกระเบื้อง (Crucible)
- 3) โถดูดความชื้น (Desicator)
- 4) เตาไฟฟ้า (Hot plate)
- 5) ที่คีบ (Tong)
- 6) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

วิธีการทดลอง

2.1 ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอน 3-5 กรัม (ถ้าตัวอย่างเป็นของแข็งต้องบดให้ละเอียด) ใส่ใน crucible ที่ผ่านการเผาถ้าตัวอย่างเป็นของเหลวต้องนำไปทำให้แห้งบน water bath หรือ Hot plate ก่อนแล้วจึงนำไปเผา ถ้าตัวอย่างเป็นของแข็งให้บดให้ละเอียดนำไปเผาโดยใช้ตะเกียงเบนเซนหรือให้ความร้อนบน Hot plate จนไม่มีควันดำก่อนนำไปเผาในเตา

2.2 นำตัวอย่างที่ได้ไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว แล้วนำออกจากเตาทำให้เย็นใน desicator แล้วชั่งน้ำหนักเถ้า

ในกรณีที่เถ้าบางส่วนเป็นสีดำปนอยู่ ให้หยดน้ำหรือกรดไนตริก (HNO_3) ลงไปหลายหยด แล้วนำไปเผาต่อ ดังนี้

2.2.1 ละลายเถ้าในน้ำ

2.2.2 กรองผ่านกระดาษกรองชนิดปราศจากเถ้า และนำส่วนที่กรองไปทำให้แห้ง

2.2.3 วางกระดาษและส่วนที่กรองได้ ทำให้แห้งในเตาเผาและเผาซ้ำอีกครั้ง

2.2.4 ตัวอย่างที่มีไขมันสูงควรสกัดไขมันก่อนหรือเผาก่อนเข้าเตาเผา

2.2.5 กลีเซอริน แอลกอฮอล์ และไฮโดรเจน จะเป็นตัวเร่งการเผาเถ้า

2.2.6 อาหารที่มีเกลืออยู่สูง ควรแยกเถ้ากับตัวอย่างที่ไม่ละลายน้ำ หรือปิดฝาเพื่อป้องกันการกระเด็น

2.2.7 อาจเติมสารละลายแอลกอฮอล์ของแมกนีเซียมอะซิเตตลงไปในตัวอย่างพวกธัญพืชเพื่อเร่งการเผาเถ้าให้เร็วขึ้น และควรมีการทำ blank ควบคู่ด้วย

ข3. การหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลคติก โดยวิธี AOAC (2000)

อุปกรณ์

- 1) บิวเรต (Burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร
- 2) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 3) ที่จับ (Clamp)
- 4) ขาตั้ง (Stand)

สารเคมี

- 1) ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenoptalene) เข้มข้นร้อยละ 1
- 2) สารละลายไฮดรอกไซด์โซเดียม (Sodium hydroxide) เข้มข้น 0.1 นอร์มอล

วิธีการทดลอง

3.1 นำตัวอย่างอาหารที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 10 กรัม หรือ 10 มิลลิลิตร ถ้าตัวอย่างอาหารมีความเข้มข้นมาก ให้ใส่น้ำกลั่นเติมลงไปให้ตัวอย่างมีสีจาง หรืออาจใช้อินดิเคเตอร์มากกว่าเดิม

3.2 เติมฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด ไตเตรทกับสารละลายต่างมาตรฐาน NaOH 0.1 นอร์มัล ซึ่งจะเปลี่ยนสีหรือให้จุดยุติเป็นสีชมพูที่ pH 8.3- 10.8

คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดเปรียบเทียบกับปริมาณกรดที่มีอยู่มากในตัวอย่างอาหารนั้นๆ

$$\% \text{กรด (g/100 ml. Lactic)} = \text{มล. NaOH} \times N \text{ ของ NaOH} \times 0.09 / \text{นน. ตัวอย่าง} \times 100$$

ข4. การหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธี AOAC (2000)

อุปกรณ์

- 1) ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร
- 2) บิวเรต (Burette)
- 3) ลูกแก้ว (Glass bead)
- 4) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 100, 250 มิลลิลิตร
- 5) กระจกกรองเบอร์ 1
- 6) เตาไฟฟ้า (Hot air)

สารเคมี

- 1) สารละลายเฟลิง (Fahing 's reagent : Fahing 's solution A & B)

สารละลายเฟลิง A

ละลายคอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 69.279 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น

1000 มิลลิลิตร ใน ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask)

สารละลายเฟลิง B

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 100 กรัม และเดียมโพแทสเซียมตาร์เตรท

($\text{NaKC}_4\text{O}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: Rochelle salt) 345 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร ใน ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask)

- 2) สารละลายคาเรซ I (Carrez I)

ละลายซิงอะซิเตต (Zine acetate . dehydrate) 21.8 กรัม ในน้ำกลั่นที่มีกรดอะซิติก

(Glacial acetic acid) 3 กรัม

- 3) สารละลายคาเรซ II (Carrez II)

ละลายโพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ (Potassium ferrocyanide) 10.6 กรัม ในน้ำกลั่น
ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

4) สารละลายเมทาลีนบลู (Methylene blue) เข้มข้นร้อยละ 1

5) สารละลายน้ำตาลอินเวอร์ทมาตรฐาน

ซึ่งน้ำตาลกลูโคสบริสุทธิ์ 250 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ได้ 100
มิลลิลิตร

วิธีการทดลอง

4.1 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างมาจำนวนหนึ่ง เติมน้ำกลั่นลงไปพอประมาณ เพื่อให้อาหาร
กระจายตัว เติม clearing agent สารละลาย Carrez I and II ลงไปอย่างละ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้
เข้ากันดี ปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นใน Volumetric flask กรอง เก็บสารละลายที่
กรองได้ไว้วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลต่อไป

4.2 preliminary titration นำสารละลายที่กรองได้ใส่ในบิวเรต (ชนิดปลายงอที่ใช้สำหรับ
วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล) ขนาด 50 มิลลิลิตร ใส่ฟองอากาศออกให้หมดโดยเฉพาะบริเวณที่
ปลายแท่งบิวเรต เติมสารละลาย Fehling reagent มา 10 มิลลิลิตร (ใช้อย่างละ 5 มิลลิลิตร)
หรือ 2.5 มิลลิลิตร ใส่ลงใน flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมลูกแก้วเล็กๆ ลงไป 2-3 เม็ดนำไปต้ม
ให้เดือดบนเตาบนเซน ไตเตรทกับสารละลายน้ำตาลตัวอย่างจนสีน้ำเงินจาง หยอดสารละลายเมธิ
ลีนบลูลงไป ปริมาณของสารละลายน้ำตาลอยู่ในช่วง 15-50 มิลลิลิตร ต้องทำการทดลองใหม่อีก
2 ครั้ง เพื่อจะได้ให้ปริมาณที่แน่นอนแต่ถ้าปริมาณของสารละลายที่ใช้้น้อยกว่า 15 มิลลิลิตร ทำ
ให้สารละลายตัวอย่างเจือจางลง แล้วทำการไตเตรทใหม่

4.3 Accurate titration ปิเปตสารละลาย Fehling reagent มา 10 มิลลิลิตร หรือ 25
มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมลูกแก้วลงไป 2-3 เม็ด เติมสารละลาย
น้ำตาลจากบิวเรตลงไปทันทีให้ปริมาณน้อยกว่าที่ใช้ไตเตรทครั้งแรกประมาณ 1-2 มิลลิลิตร
ปล่อยให้เดือดนาน 2 นาที หยอดสารละลายเมธิลีนบลูลงไป 1 หยด แล้วไตเตรทติดต่อกันด้วย
อัตราเร็ว 0.25 มิลลิลิตรต่อวินาที จนสีฟ้าสลายไปหมด พยายามไตเตรทให้เสร็จสิ้นภายใน 3 นาที
ตั้งแต่เริ่มเดือด จดปริมาณของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ ทำซ้ำ 2-3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยของ
สารละลายน้ำตาลที่ใช้ นำไปเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำตาลในสารละลายตัวอย่างโดยใช้ตาราง
อ้างอิง ถ้าใช้ตามชนิดของน้ำตาลในอาหารตัวอย่างนั้นๆ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำตาลในอาหาร
ตัวอย่าง

ตารางที่ ข1. ค่าเปรียบเทียบสารละลายน้ำตาลกับค่าน้ำตาลอินเวอร์ท

Mls. Of Sugar Solution Require	Concentration of sugar solution Equivalent to 10 mls. Fehlings				Concentration of sugar solution Equivalent to 10 mls. Fehlings.			
	Hydration	Hydration	Dextros	Invert	Hydration	Hydration	Dextros	Invert
	Maltose mgm/100	Lactose mgm/100	mgm/100	Sugar mgm./100	Maltose mgm/100	Lactose mgm/100	mgm/100	Sugar mgm/100
15	542.0	455.0	317.0	336	1388	1150	801	824
16	507.0	426.0	37.0	316	1298	1076	751	712
17	477.0	401.0	289.0	298	1220	1010	707	727
18	450.0	378.0	274.0	282	1151	952	668	687
19	426.0	358.0	260.0	267	1088	900	633	651
20	404.0	340.0	247.0	254.5	1032.5	854.5	601.5	619.0
21	384.3	323.8	235.8	242.9	981.6	812.4	572.9	539.5
22	366.4	309.1	225.5	231.8	935.5	774.5	547.3	563.2
23	350.0	295.4	216.1	222.2	893.2	740.0	523.6	538.7
24	335.0	281.9	207.4	321.3	854.5	708.5	501.9	516.7
25	321.5	271.6	199.3	204.8	819.0	679.5	482.0	496.0
26	308.8	261.0	191.8	197.4	786.3	652.7	463.7	477.3
27	297.0	251.1	184.9	190.4	756.0	627.9	446.8	459.7
28	286.1	242.1	178.5	183.7	727.9	604.8	431.1	443.6
29	276.0	233.8	172.5	177.6	701.7	583.3	416.4	428.3
30	266.6	226.0	167.0	171.7	677.3	564.3	402.7	414.3
31	257.8	218.7	161.8	165.3	654.3	544.8	389.7	401.0
32	249.7	211.9	156.9	161.2	633.1	527.4	377.6	388.7
33	241.9	205.6	152.4	156.6	613.0	511.0	366.3	377.0
34	234.6	199.7	148.0	152.2	594.3	495.6	355.6	366.2
35	227.6	194.0	143.9	147.9	576.5	481.1	345.6	355.8
36	221.1	188.6	140.0	143.9	559.7	467.3	336.3	346.1
37	215.0	183.5	136.4	140.2	543.9	454.3	327.4	336.8
38	209.2	178.7	132.9	136.6	528.9	442.1	318.8	328.1
39	203.8	174.1	129.6	133.0	514.7	430.5	310.7	319.7
40	198.5	169.7	126.5	130.1	501.3	419.5	303.1	311.9
41	193.7	165.9	123.6	127.1	488.5	403.0	295.9	304.4
42	188.8	161.9	120.8	124.2	476.0	399.1	289.0	297
43	184.3	158.1	118.1	121.4	464.7	389.7	282.4	290.5
44	180.0	154.7	115.5	118.7	453.6	380.7	276.1	284.1

ที่มา : AOAC. 2000



ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

ค1. การวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด AOAC (2000)

วัสดุ อุปกรณ์

1) เครื่องแก้ว ได้แก่ petri disc plate, pipette ขนาด 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร Beaker ขนาด 250 มิลลิลิตร

2) ภาชนะบรรจุได้แก่ ขวดแก้วพร้อมฝาปิดขนาดบรรจุ 250 มิลลิลิตร

3) ถังพลาสติกชนิดทนร้อน

4) ช้อนตักสารเคมี

5) ยางรัด

6) ตะเกียงแอลกอฮอล์

7) เครื่องชั่ง 1 กิโลกรัม

วัตถุดิบและสารเคมี

1) ตัวอย่างอาหาร (ใช้รปน้ำอ้อย)

2) อาหารเลี้ยงเชื้อ ได้แก่ Plate count agar (PCA) และ Peptone water ร้อยละ 0.1 ปริมาณ 225 มิลลิลิตร (ระดับความเจือจางเป็น 1/10)

วิธีการทดลอง

1.1 ดูดตัวอย่างสารละลายอาหารปริมาณ 1 มิลลิลิตร จากระดับความเจือจาง 1/10 (ในข้อ 2) มาทำการปรับให้มีความเจือจาง 1/100, 1/1000 และ 1/10000 ตามลำดับ โดยการเจือจางกับสารละลาย peptone water ร้อยละ 0.1 ปริมาณ 9 มิลลิลิตร

1.2 ดูดสารละลายอาหาร 1 มิลลิลิตร ในอัตราส่วนความเจือจาง (จากข้อที่ 3) ใส่ในจานเพาะเชื้อทำ 2 ซ้ำ

1.3 เทอาหาร PCA ที่มีอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อ (ในข้อ 4) ประมาณจานละ 15-20 มิลลิลิตร หมุนจานอาหารไปทางซ้ายและทางขวา เพื่อที่จะให้ตัวอย่างผสมกันได้ดี รอให้อาหารแข็ง กลับจานอาหารเพาะเชื้อ แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นานประมาณ 24-48 ชั่วโมง

1.4 ทำชุดควบคุมเทียบ ได้แก่ การควบคุมอาหารเลี้ยงเชื้อ (PCA และ peptone water ร้อยละ 0.1) จานเพาะเชื้อ สภาพอากาศภายในห้องทดลอง

1.5 นับจำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อ และรายงานผลเป็นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหารตัวอย่าง 1 กรัม หรือ 1 มิลลิลิตร

ค2. การตรวจสอบราและยีสต์ในอาหาร AOAC (2000)

วัสดุ อุปกรณ์

1) เครื่องแก้ว ได้แก่ petri disc plate, pipette ขนาด 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร Beaker ขนาด 250 มิลลิลิตร สไลด์และกระจกปิดสไลด์

2) ภาชนะบรรจุได้แก่ ขวดแก้วพร้อมฝาปิดขนาดบรรจุ 250 มิลลิลิตร

3) ถังพลาสติกชนิดทนร้อน

4) ข้อนตักสารเคมี

5) ยางรัด

6) ตะเกียงแอลกอฮอล์

7) เครื่องชั่ง 1 กิโลกรัม

8) กล้องจุลทรรศน์

วัตถุดิบและสารเคมี

1) ตัวอย่างอาหาร (น้ำอ้อยและไซรัป)

2) อาหารเลี้ยงเชื้อ ได้แก่ potato dextrose agar (PDA) และ peptone water ร้อยละ 0.1 ปริมาณ 225 มิลลิลิตร (ระดับความเจือจางเป็น 1/10)

3) กรดทาร์ทาริก (Tartaric acid) ร้อยละ 10

วิธีการทดลอง

2.1 สุ่มตัวอย่างอาหารและทำการบันทึกรายละเอียดตัวอย่างอาหารทั้งหมด ซึ่งตัวอย่างอาหารจำนวน 25 กรัม เจือจางกับสารละลาย peptone water ร้อยละ 0.1 ปริมาณ 225 มิลลิลิตร (ระดับความเจือจางเป็น 1/100)

2.2 ดูดตัวอย่างอาหารมาปริมาณ 1 มิลลิลิตร จากระดับความเจือจาง 1/10 (ในข้อ 2) มาปรับให้มีความเจือจางเป็น 1/100 และ 1/1000 ตามลำดับโดยเจือจางกับสารละลาย peptone water ร้อยละ 0.1 ปริมาณ 9 มิลลิลิตร ดูดตัวอย่างอาหาร 1 มิลลิลิตร ในอัตราส่วนความเจือจางใส่ลงในจานเพาะเชื้อแต่ละจาน ทำ 2 ซ้ำ

2.3 เติม Tartaric acid ร้อยละ 10 ปริมาณ 1 มิลลิลิตรใน PDA 100 มิลลิลิตร ที่ หลอมเหลวและปล่อยให้มึ่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (เพื่อให้อาหารเป็นกรดที่แบคทีเรียเจริญ ไม่ได้)

2.4 เทอาหาร PDA ลงในจานเพาะเชื้อที่ 3. ประมาณจานละ 15-20 มิลลิลิตร หมุนจาน อาหารไปทางซ้ายและทางขวาเพื่อให้ตัวอย่างอาหารผสมเป็นเนื้อเดียวกันและปล่อยให้อาหารแข็ง

2.5 นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง 2-3 วัน วางจานเพาะเชื้อโดยไม่ต้องวางกลับจาน

2.6 นับจำนวนโคโลนีของราและยีสต์ที่เกิดขึ้นแล้วคำนวณเป็นจำนวนในอาหาร 1 กรัม

2.7 เชียเชื้อราดูลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400X โดยเขียนลงในน้ำยา แลกไตฟีนอลที่หยดบนสไลด์และปิดด้วยกระจกปิดสไลด์





ภาคผนวก ง
การประเมินคุณภาพทางประสาธน์สัมพันธ์

ภาคผนวก ง

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบการชิม (Hedonic Scale) ระดับคะแนน 1-9 คะแนน

ชื่อ..... วันที่..... เวลา.....

ผลิตภัณฑ์ ไซรับน้ำอ้อย (Sugar Cane Syrup)

โปรดชิมตัวอย่างและให้คะแนนตามลำดับความชอบจากซ้ายไปขวาดังนี้

ชอบมากที่สุด	9	คะแนน
ชอบมาก	8	คะแนน
ชอบปานกลาง	7	คะแนน
ชอบเล็กน้อย	6	คะแนน
เฉยๆ	5	คะแนน
ไม่ชอบเล็กน้อย	4	คะแนน
ไม่ชอบปานกลาง	3	คะแนน
ไม่ชอบมาก	2	คะแนน
ไม่ชอบมากที่สุด	1	คะแนน

ตัวอย่าง

สี

กลิ่น

รสชาติ

ความใส

ความชอบรวม

วิจารณ์และข้อเสนอแนะ.....

ขอบคุณ



ภาคผนวก จ

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและวิธีการเตรียมสารละลาย

ภาคผนวก จ

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและวิธีการเตรียมสารละลาย

จ1. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

plate count agar (PCA)

tryptone	5	กรัม
yeast extract	2.5	กรัม
glucose	1.0	กรัม
agar	15.0	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร
พีเอช	7	

ละลายส่วนผสมทั้งหมดโดยการต้มแล้วแบ่งใส่ขวดอาหารเลี้ยงเชื้อ นึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 15 นาที

potato dextrose agar (PDA)

น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร
มันฝรั่ง	200	กรัม
agar	15	กรัม
dextrose	20	กรัม

peptone water ร้อยละ 0.1

peptone	1.0	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมทั้งหมดโดยการต้มแล้วใส่ขวดอาหารเลี้ยงเชื้อ นึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 15 นาที

จ2. สารละลายเบนโทไนด์ เข้มข้นร้อยละ 5 น้ำหนักโดยปริมาตร (นันทินิตย์ คงวัน, 2544)

- 2.1 ชั่งน้ำกลั่น 95 กรัม และเบนโทไนด์ 5 กรัม
- 2.2 ต้มน้ำกลั่นบนเตาไฟฟ้า จนน้ำกลั่นเดือดจับเวลา 2-3 นาที
- 2.3 ค่อยๆ เทผงเบนโทไนด์ความเข้มข้นร้อยละ 5 ขณะร้อนลงในขวดที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปิดฝาให้สนิท
- 2.4 พักเบนโทไนด์ไว้ 2 วัน เพื่อให้เกิดการอิมิตัว จึงนำมาใช้ในการทดลอง

จ3. สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักโดยปริมาตร

ซึ่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Calciumhydroxide : $\text{Ca}(\text{OH})_2$) ปริมาณ 15 กรัม ผสมกับน้ำ ปริมาตร 85 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันจนได้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 15

จ4. สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 นอร์มอล

- 4.1 ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ เอ อาร์ เกรด ปริมาณ 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร
- 4.2 เก็บสารละลายต่างไว้ในขวดพลาสติก ซึ่งฝาขวดที่ใช้จะต้องไม่ใช้แก้ว
- 4.3 การหาความเข้มข้นมาตรฐาน

การใช้โพแทสเซียมพาทาเลท (Potassium acid phatalate : $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$) ซึ่งทำได้โดย นำ โพแทสเซียมพาทาเลท ใส่ในกระจกนาฬิกาใบอบในตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 1-2 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักให้ได้แน่นอน 0.8 กรัม (สำหรับ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล) ใส่ลงในขวดขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนเนต ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ทำซ้ำ 3 ขวด แล้วไตเตรทกับสารละลายต่างข้างต้น โดยมีสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนเป็นสารแสดงจุดยุติ คำนวณความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้จาก

$$\text{ความเข้มข้นNaOH} = \frac{\text{น้ำหนักโพแทสเซียมแอซิดพาทาเลท (กรัม)}}{\text{ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไตเตรท (มล.)} \times 0.2042}$$

จ5. การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล

5.1 สารละลายเฟลิง (Fehling's reagent : Fehling's solution A&B)

สารละลายเฟลิง A

ละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (coppersulfate : $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 69.279 กรัม ในน้ำกลั่น ปริมาตรครบ 1 ลิตร ในขวดปรับปริมาตร(volumetric Flask)

สารละลายเฟลิง B

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodiumhydroxide : NaOH) 100 กรัม และโซเดียมโพแทสเซียมซัลเฟต (sodium potassium tartrate : $\text{NaKC}_4\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 345 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ในขวดปรับปริมาตร สารละลายทั้ง 2 นี้ต้องเตรียมแยกกัน และเก็บใส่ขวดสีน้ำตาล เมื่อต้องการใช้ให้ผสมสารละลายทั้ง 2 นี้ด้วยปริมาตรที่เท่ากันทันทีก่อนใช้

5.2 สารละลายคาเรช I

ละลายซิงอะซิเตต (zinc acetate dehydrate: $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 21.8 กรัม ในน้ำกลั่น ที่มีกรดอะซิติก(acetic acid)

5.3 สารละลายคาเรช II (Carrez II)

ละลายโพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ (Potassium ferrocyanide) 10.6 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

5.4 สารละลายน้ำตาลอินเวอร์ทมาตรฐาน

5.4.1 ชั่งน้ำตาลกลูโคสเกรดวิเคราะห์ 9.5 กรัม ลงในขวดปรับปริมาตร 1 น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

5.4.2 เติมกรดเกลือเข้มข้น 5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 3 วัน ที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร

5.4.3 ปิเปตสารละลายข้างต้นมา 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติมฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด ทำให้เป็นกลางด้วยด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 20 จนกระทั่งสารละลายเป็นสีชมพู ทำให้เป็นกรดด้วยกรดเกลือเข้มข้น 1 นอร์มอล โดยหยดกรดลงไปทีละหยดจนสีชมพูของสารละลายหายไปปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร สารละลายน้ำตาลอินเวอร์ทมาตรฐานเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร หรือ ชั่งน้ำตาลกลูโคสบริสุทธิ์ 250 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร



ภาคผนวก ฉ
มาตรฐานผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก จ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์

จ1. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำอ้อย มผช. 122/2546

1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะน้ำอ้อยพร้อมดื่มที่เป็นน้ำอ้อยแท้ไม่มีการเจือน้ำ และไม่มีการแต่งรสด้วยน้ำตาล บรรจุในภาชนะบรรจุ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 น้ำอ้อย หมายถึง เครื่องดื่มชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำอ้อยที่อยู่ในสภาพดีมาตัดเป็นท่อน ปอกเปลือก ล้างน้ำให้สะอาด ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ นำไปบีบ (หีบ) น้ำอ้อยออก กรอง โดยไม่มีการเจือน้ำ และไม่มีการแต่งรสด้วยน้ำตาล บรรจุในภาชนะบรรจุทันที หรือนำไปผ่านกรรมวิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนก่อนบรรจุ

2.2 น้ำอ้อยสด หมายถึง น้ำอ้อยที่ไม่ผ่านกรรมวิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

2.3 น้ำอ้อยพาสเจอร์ไรซ์ หมายถึง น้ำอ้อยที่ผ่านกรรมวิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่

อุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส

3. ชนิด

น้ำอ้อย แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

3.1 น้ำอ้อยสด

3.2 น้ำอ้อยพาสเจอร์ไรซ์

4. คุณลักษณะที่ต้องการ

4.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องมีลักษณะเป็นของเหลวขุ่น ไม่พบส่วนที่เป็นเศษขานอ้อย

4.2 สี กลิ่น และกลิ่นรส

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติ มีกลิ่นหอมและกลิ่นรสตามลักษณะเฉพาะของน้ำอ้อยปราศจากกลิ่นรสน้ำที่วางเกียจ เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 9.1 แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนนจากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

4.3 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์เช่น แมลง มด หนู นก

4.4 วัตถุเจือปนอาหาร

ห้ามใช้วัตถุกันเสียทุกชนิด

4.5 สารที่ละลายน้ำ

ต้องไม่น้อยกว่า 11 องศาบริกซ์

5. จุลินทรีย์

5.1 น้ำอ้อยสด

5.1.1 ยีสต์ ต้องน้อยกว่า 1×10^1 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

5.1.2 รา ต้องน้อยกว่า 500 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

5.1.3 เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 2.2 ต่อตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร

5.2 น้ำอ้อยพาสเจอร์ไรซ์

5.2.1 ยีสต์ ต้องน้อยกว่า 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

5.2.3 รา ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

5.2.4 โคลิฟอร์ม ด้วยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 2.2 ต่อตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร

6. การบรรจุ

6.1 ให้นำบรรจุน้ำอ้อยในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

6.2 ปริมาตรสุทธิของน้ำอ้อยในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่ภาชนะบรรจุน้ำอ้อยทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

- 1) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำอ้อยสด น้ำอ้อยพาสเจอร์ไรซ์
- 2) ปริมาตรสุทธิ
- 3) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า "ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)"
- 4) ข้อแนะนำในการเก็บรักษา เช่น ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิไม่เกิน ๔ องศาเซลเซียส
- 5) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 รุ่นในที่นี้ หมายถึง น้ำอ้อยชนิดเดียวกัน ที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน

8.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

8.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตาม ข้อ 4.3 ข้อ 5 และ ข้อ 6 จึงจะถือว่าน้ำอ้อยรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

8.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไปและสี กลิ่น และกลิ่นรส ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 7.2.1 แล้ว จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4

ฉ2. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกลูโคสไซรัป มอก. 268-2521

1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการ วัตถุประสงค์ปนอาหาร สารปนเปื้อน สุขลักษณะ ภาชนะบรรจุ การชั่งตวงวัด การทำเครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่าง และเกณฑ์ตัดสิน และการวิเคราะห์กลูโคสไซรัป

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 กลูโคสไซรัป (glucose syrup) หมายถึง สารละลายซัคเคไรด์ (saccharides) ที่ได้จากการย่อยแป้งและผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์และทำให้เข้มข้นแล้ว

2.2 สมมูลเดรกโตส (dextrose equivalent) หมายถึง ปริมาณร้อยละของน้ำหนักของน้ำตาลรีดิวิงคิดเป็นเดรกโตรสที่มีอยู่ในกลูโคสไซรัปที่แห้ง

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 คุณลักษณะทั่วไป

กลูโคสไซรัปต้องการมีลักษณะเป็นของเหลวข้น มีรสหวาน ไม่มีสี หรือมีสีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่นหมัก ปราศจากราที่มองเห็นได้ ไม่มีตะกอนหรือสิ่งสกปรกอื่นใด ปราศจากสารที่ให้ความหวานแทนน้ำตาล รวมทั้งกลิ่นและรสเทียม

3.2 คุณลักษณะทางเคมี ให้เป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ ฉ1

ตารางที่ ๑1. คุณลักษณะทางเคมีของกลูโคสไซรัป

รายการ	ปริมาณที่กำหนด
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid content) ต่ำสุด ร้อย ละของน้ำหนัก	70
สมมูลเดรกโตรส ต่ำสุดร้อยละของน้ำหนัก	20
เถ้าซัลเฟต (sulphated ash) สูงสุดร้อยละของน้ำหนัก กลูโคสไซรัปที่แห้ง	1.0
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.8-5.5

4. วัตถุเจือปนอาหาร

ห้ามใช้วัตถุเจือปนในอาหารอื่นใด นอกจากที่กำหนดในตารางที่ ๑ 2

ตารางที่ ๑2. วัตถุเจือปนอาหารของกลูโคสไซรัป

รายการ	ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม)
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	40
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกลูโคสไซรัปที่ใช้ในทางเภสัช กรรมโดยเฉพาะ	20
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกลูโคสไซรัปที่ใช้ในอุตสาหกรรม ขนมหวาน (confectionery) โดยเฉพาะ	400

5. สารปนเปื้อน

สารปนเปื้อนที่ยอมให้มีได้ ต้องมีปริมาณสูงสุดไม่เกินที่กำหนด ในตาราง ๑ 3

ตารางที่ ๑3. สารปนเปื้อนของกลูโคสไซรัป

รายการ	ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
อาร์ซีนิก (As)	1
ทองแดง (Cu)	5
ตะกั่ว (Pb)	2

6. สุขลักษณะ

สุขลักษณะในการผลิตกัญโคสไซรป์ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำหนดสุขลักษณะของอาหาร มาตรฐานเลขที่ มอก. 34

7. ภาชนะบรรจุ

กัญโคสไซรป์ต้องบรรจุในภาชนะที่สะอาด ปิดสนิท ไม่เป็นสนิม ความจุไม่ต่ำกว่า 200 ลูกบาศก์เดซิเมตร ถ้าเป็นภาชนะทำด้วยเหล็ก ภายในต้องเคลือบด้วยสีหรือแล็กเกอร์ที่ปราศจากสารที่เป็นพิษ และเมื่อกัญโคสไซรป์ออกจากภาชนะนั้นแล้วต้องมีคุณลักษณะตามที่กำหนดไว้ในข้อ 3, 4 และ 5

8. การชั่งตวงวัด

น้ำหนักสุทธิหรือปริมาณที่บรรจุในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก

9. การทำเครื่องหมายและฉลาก

9.1 ฉลากให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คำแนะนำทั่วไปเกี่ยวกับฉลาก สำหรับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 31

9.2 ที่ภาชนะบรรจุกัญโคสไซรป์ทุกหน่วยอย่างน้อยต้องมีเลข อักษรหรือเครื่องหมายแสดงข้อความต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายและชัดเจน

- 1) ชื่อผลิตภัณฑ์คำว่า “กัญโคสไซรป์”
- 2) ปริมาณสุทธิ เป็นหน่วยน้ำหนักหรือปริมาตรในระบบเมตริก
- 3) รหัสของรุ่นที่ทำ
- 4) วันเดือนปีที่ทำ
- 5) ชื่อผู้ทำหรือชื่อโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้า หรือ ชื่อผู้บรรจุ หรือชื่อผู้จัดจำหน่าย

จำหน่าย

- 6) ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์

- 7) ชื่อประเทศที่ทำ

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทย ที่กำหนดไว้

9.3 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว



ภาคผนวก ช
ผลวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ภาคผนวก ช
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตาราง ช1. ผลวิเคราะห์คุณภาพระหว่างการตกตะกอน

คุณลักษณะ		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
T (%)	Between Groups	19128.584	19	1006.768	4.066	.000
	Within Groups	9904.280	40	247.607		
	Total	29032.864	59			
L*	Between Groups	12244.391	19	644.442	3.684	.000
	Within Groups	6996.626	40	174.916		
	Total	19241.018	59			
a*	Between Groups	172.227	19	9.065	5.314	.000
	Within Groups	68.235	40	1.706		
	Total	240.462	59			
b*	Between Groups	2354.686	19	123.931	4.310	.000
	Within Groups	1150.189	40	28.755		
	Total	3504.875	59			
PH	Between Groups	21.241	19	1.118	3.743	.000
	Within Groups	11.948	40	.299		
	Total	33.190	59			
TSS (^o Brix)	Between Groups	12.727	19	.670	.109	1.000
	Within Groups	244.960	40	6.124		
	Total	257.687	59			
ตะกอน (%)	Between Groups	10644.691	19	560.247	7.059	.000
	Within Groups	3174.770	40	79.369		
	Total	13819.461	59			

ตารางที่ ๒. ผลวิเคราะห์คุณภาพการลดสีน้ำตาลในระหว่างการระเหยน้ำอ้อยให้เป็นไซรัป

คุณลักษณะ		Sum of Squares	df	Mean		
				Square	F	Sig.
T (%)	Between Groups	1826.743	5	365.349	3.550	.034
	Within Groups	1235.100	12	102.925		
	Total	3061.843	17			
L*	Between Groups	864.226	5	172.845	3.839	.026
	Within Groups	540.244	12	45.020		
	Total	1404.470	17			
a*	Between Groups	220.099	5	44.020	22.154	.000
	Within Groups	23.844	12	1.987		
	Total	243.943	17			
b*	Between Groups	331.993	5	66.399	2.048	.143
	Within Groups	389.007	12	32.417		
	Total	721.000	17			
pH	Between Groups	12.883	5	2.577	64.395	.000
	Within Groups	.480	12	.040		
	Total	13.363	17			
TSS (^o Brix)	Between Groups	48.738	5	9.748	.604	.698
	Within Groups	193.627	12	16.136		
	Total	242.364	17			
Aw	Between Groups	.003	5	.001	.850	.541
	Within Groups	.008	12	.001		
	Total	.011	17			
ตะกอน (%)	Between Groups	35.865	5	7.173	1.982	.154
	Within Groups	43.434	12	3.619		
	Total	79.299	17			

ตารางที่ ๓3. ผลวิเคราะห์การทดสอบทางประสาธสัมพันธ์ใช้รูปแบบ Hedonic scale

คุณลักษณะ	Type III Sum		Mean		F	Sig.
	Source	of Squares	df	Square		
สี	Corrected Model	57.733(a)	5	11.547	10.057	.000
	Intercept	2356.267	1	2356.267	2052.232	.000
	TRE	57.733	5	11.547	10.057	.000
	Error	62.000	54	1.148		
	Total	2476.000	60			
	Corrected Total	119.733	59			
ความใส	Corrected Model	30.283(a)	5	6.057	6.502	.000
	Intercept	2600.417	1	2600.417	2791.700	.000
	TRE	30.283	5	6.057	6.502	.000
	Error	50.300	54	.931		
	Total	2681.000	60			
	Corrected Total	80.583	59			
กลิ่น	Corrected Model	1.933(a)	5	.387	.235	.945
	Intercept	2483.267	1	2483.267	1510.095	.000
	TRE	1.933	5	.387	.235	.945
	Error	88.800	54	1.644		
	Total	2574.000	60			
	Corrected Total	90.733	59			
รสชาติ	Corrected Model	2.950(a)	5	.590	.495	.778
	Intercept	2733.750	1	2733.750	2295.840	.000
	TRE	2.950	5	.590	.495	.778
	Error	64.300	54	1.191		
	Total	2801.000	60			
	Corrected Total	67.250	59			
ชอบรวม	Corrected Model	11.733(a)	5	2.347	2.640	.033
	Intercept	2720.267	1	2720.267	3060.300	.000
	TRE	11.733	5	2.347	2.640	.033
	Error	48.000	54	.889		
	Total	2780.000	60			
	Corrected Total	59.733	59			

ตารางที่ ๔. ผลวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบการตกตะกอนโดยการปรับ pH ด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และการต้ม 100 องศาเซลเซียส

คุณลักษณะ		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
T (%)	Between Groups	51.508	2	25.754	48.148	.000
	Within Groups	8.023	15	.535		
	Total	59.531	17			
L*	Between Groups	31.098	2	15.549	47.398	.000
	Within Groups	4.921	15	.328		
	Total	36.019	17			
a*	Between Groups	47.984	2	23.992	31.072	.000
	Within Groups	11.582	15	.772		
	Total	59.566	17			
b*	Between Groups	5135.341	2	2567.671	96.012	.000
	Within Groups	401.149	15	26.743		
	Total	5536.490	17			
pH	Between Groups	14.652	2	7.326	857.194	.000
	Within Groups	.128	15	.009		
	Total	14.781	17			
TSS (°Brix)	Between Groups	87.240	2	43.620	99.136	.000
	Within Groups	6.600	15	.440		
	Total	93.840	17			

ตารางที่ ๕. ผลวิเคราะห์การเก็บรักษาไซรี่ปน้ำอ้อยเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์

คุณลักษณะ		Sum of		Mean		Sig.
		Squares	df	Square	F	
T (%)	Between Groups	52949.147	41	1291.443	517.764	.000
	Within Groups	523.797	210	2.494		
	Total	53472.944	251			
L*	Between Groups	21725.885	41	529.900	152.966	.000
	Within Groups	727.475	210	3.464		
	Total	22453.360	251			
a*	Between Groups	4310.810	41	105.142	1117.443	.000
	Within Groups	19.759	210	.094		
	Total	4330.570	251			
b*	Between Groups	27828.948	41	678.755	125.675	.000
	Within Groups	1134.187	210	5.401		
	Total	28963.135	251			
pH	Between Groups	24.902	41	.607	1866.079	.000
	Within Groups	.068	210	.000		
	Total	24.970	251			
TSS (^o Brix)	Between Groups	600.428	41	14.645	170.506	.000
	Within Groups	18.037	210	.086		
	Total	618.464	251			
Aw	Between Groups	.062	41	.002	152.788	.000
	Within Groups	.002	210	.000		
	Total	.064	251			
Lactic acid (%)	Between Groups	1.325	41	.032	164.296	.000
	Within Groups	.025	126	.000		
	Total	1.349	167			
B value	Between Groups	52563.777	41	1282.043	158.930	.000
	Within Groups	1694.009	210	8.067		
	Total	54257.786	251			

ตารางที่ ๗6. ผลวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสของไซร้บน้ำอ้อยที่เก็บรักษาเป็น
ระยะเวลา 9 สัปดาห์

คุณลักษณะ	Type III Sum		Mean			
	Source	of Squares	df	Square	F	Sig.
สี	Corrected Model	361.698(a)	41	8.822	7.422	.000
	Intercept	15984.002	1	15984.002	13447.480	.000
	TRE	361.698	41	8.822	7.422	.000
	Error	449.300	378	1.189		
	Total	16795.000	420			
	Corrected Total					
ความใส	Corrected Model	429.698(a)	41	10.480	6.877	.000
	Intercept	15787.202	1	15787.202	10358.553	.000
	TRE	429.698	41	10.480	6.877	.000
	Error	576.100	378	1.524		
	Total	16793.000	420			
	Corrected Total	1005.798	419			
กลิ่น	Corrected Model	243.790(a)	41	5.946	6.292	.000
	Intercept	15947.010	1	15947.010	16875.615	.000
	TRE	243.790	41	5.946	6.292	.000
	Error	357.200	378	.945		
	Total	16548.000	420			
	Corrected Total	600.990	419			
รสชาติ	Corrected Model	403.040(a)	41	9.830	9.292	.000
	Intercept	15060.060	1	15060.060	14235.315	.000
	TRE	403.040	41	9.830	9.292	.000
	Error	399.900	378	1.058		
	Total	15863.000	420			
	Corrected Total	802.940	419			

ตารางที่ ข6. (ต่อ)

คุณลักษณะ	Type III Sum			Mean		
	Source	of Squares	df	Square	F	Sig.
รสชาติ	Corrected Model	403.040(a)	41	9.830	9.292	.000
	Intercept	15060.060	1	15060.060	14235.315	.000
	TRE	403.040	41	9.830	9.292	.000
	Error	399.900	378	1.058		
	Total	15863.000	420			
	Corrected Total	802.940	419			
ความชอบ โดยรวม	Corrected Model	309.629(a)	41	7.552	7.234	.000
	Intercept	16443.771	1	16443.771	15752.016	.000
	TRE	309.629	41	7.552	7.234	.000
	Error	394.600	378	1.044		
	Total	17148.000	420			
	Corrected Total	704.229	419			



ภาคผนวก ซ

การคำนวณปริมาณผลผลิตและราคาวัตถุดิบ

ภาคผนวก ช

การคำนวณปริมาณผลผลิตและราคาวัตถุดิบ

ตาราง ช1. ปริมาณผลผลิตในกระบวนการระเหยไซรับน้ำอ้อย

วัตถุดิบเข้า	น้ำหนัก (กก.)	กระบวนการผลิต	น้ำหนัก (กก.)	วัตถุดิบออก
น้ำอ้อยสด	100	ตกตะกอน	87.83	น้ำอ้อยส่วนใส
Ca(OH) ₂	0.1		12.17	ตะกอน
			(12.16%)	
น้ำอ้อยส่วนใส	87.83	ระเหยเตา 100 °ซ	31.43	ไซรัป
กรดซัลฟูริก	0.05		56.44	น้ำ (ระเหย)
			(64.23%)	

			ระเหยด้วยเครื่อง	ไซรัป
			ระเหยสูญญากาศ	น้ำ (ระเหย)
			(66.97%)	

วิธีคำนวณปริมาณผลผลิต

$$\text{ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักไซรัป} \times 100}{\text{น้ำหนักวัตถุดิบ}}$$

$$1. \text{ ไซรัปที่ระเหยบนเตาแก๊ส} = \frac{31.43 \times 100}{100.15} = 31.38$$

ได้ปริมาณไซรัปที่ระเหยบนเตาแก๊สคิดเป็นร้อยละ 31.38

$$2. \text{ ไซรัปที่ระเหยด้วยเครื่อง} = \frac{29.02 \times 100}{100.15} = 28.97$$

ได้ปริมาณไซรัปที่ระเหยด้วยเครื่องระเหยสูญญากาศคิดเป็นร้อยละ 28.97

ตาราง ข2. ราคาต้นทุนวัตถุดิบสำหรับการผลิตไชรับน้ำอ้อย

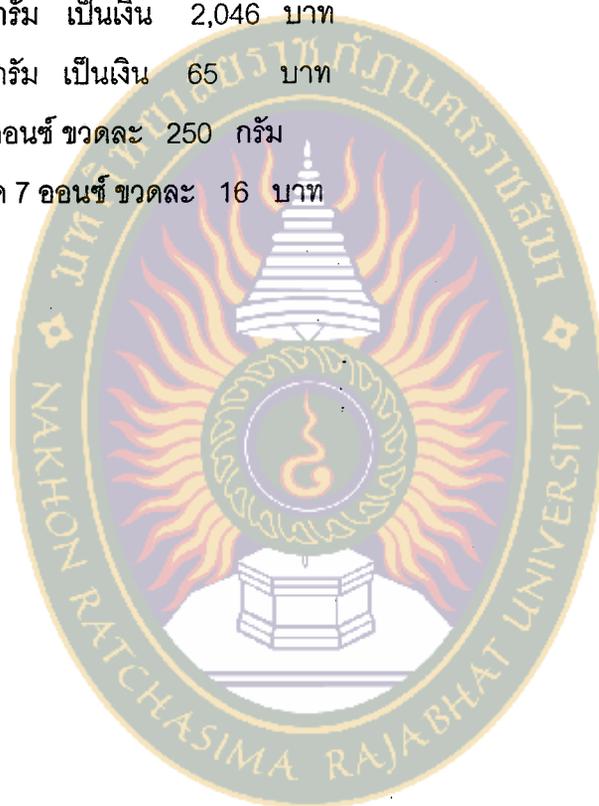
	ราคา / หน่วย	ราคา (บาท)
น้ำอ้อยสด 100 กิโลกรัม	20 / กิโลกรัม	2,000
Ca(OH) ₂ 15 กรัม	133 / กิโลกรัม	2
กรดซิตริก 0.5 กรัม	75 / กิโลกรัม	44
	รวม	2,046

ไชรับ 31.43 กิโลกรัม เป็นเงิน 2,046 บาท

ไชรับ 1 กิโลกรัม เป็นเงิน 65 บาท

บรรจุขวดขนาด 7 ออนซ์ ขวดละ 250 กรัม

ราคาไชรับบรรจุขวด 7 ออนซ์ ขวดละ 16 บาท

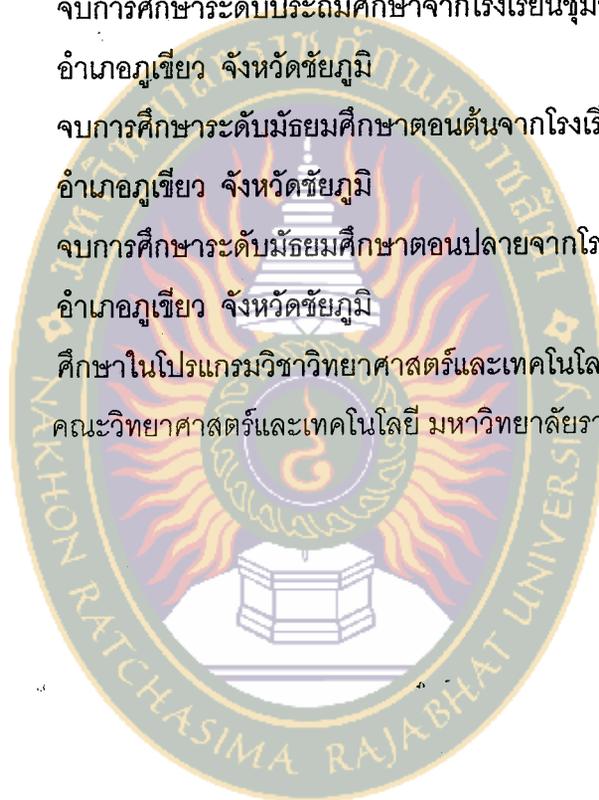


ประวัติย่อผู้ทำงานวิจัย

ชื่อ สกุล นางสาวอังคาร กานแก้ว
 วัน เดือน ปีเกิด 11 มกราคม 2526
 ที่อยู่ปัจจุบัน 24 ม.11 ตำบลกวางโจน อำเภอกุฉีเยว จังหวัดชัยภูมิ 36110

ประวัติการศึกษา

- 2539 จบการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนชุมชนบ้านบัวพักเกวียน
 อำเภอกุฉีเยว จังหวัดชัยภูมิ
- 2541 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนกวางโจนศึกษา
 อำเภอกุฉีเยว จังหวัดชัยภูมิ
- 2544 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนกวางโจนศึกษา
 อำเภอกุฉีเยว จังหวัดชัยภูมิ
- 2545 ศึกษาในโปรแกรมวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการอาหาร
 คณะวิทยาศาสตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา



ประวัติย่อผู้ทำงานวิจัย

ชื่อ สกุล นางสาวนภาพรณ์ มูลทองกลาง
 วัน เดือน ปีเกิด 15 มกราคม 2527
 ที่อยู่ปัจจุบัน 14 ม.6 ตำบลหนองขาม อำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา 30230

ประวัติการศึกษา

- 2539 จบการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนชาติวิทยา
อำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา
- 2541 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนหนองขามพิทยาคม
อำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา
- 2544 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนหนองขามพิทย
าคม อำเภออำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา
- 2545 ศึกษาในโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

