ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย
LONGAN SUGAR PRODUCT

อรุณวาตรี อยู่คง

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย
LONGAN SUGAR PRODUCT

จัดทำโดย

อรุณวาตรี อยู่คง รหัสนักศึกษา 58080217

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

....

(ผศ.ดร. ประมวล ศรีกาหลง)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

23 / พ.ค / 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย
ชื่อนักศึกษา อรุณวาตรี อยู่คง รหัสนักศึกษา 58080217
หลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
พ.ศ. 2562
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ประมวล ศรีกาหลง

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตลำไย และสร้างทางเลือกใหม่ให้กับผู้ชื่นชอบความหวาน ที่มีกลิ่นรสเฉพาะของลำไย โดยเลือกปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในการตกผลึกที่เหมาะสมที่สุด คือ 50% จากนั้น ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล Reducing sugar และ Total sugar ในเนื้อลำไย ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด วิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย ค่าความหวาน (%Brix) ความสามารถในการละลายของผลิตภัณฑ์ ปริมาณความชื้นในอาหาร (%MC) ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ค่าการวัดสี (L*, a*, b*) ด้วย Chroma Meter (Minolta CR-400) พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด มีเปอร์เซ็นต์ Reducing sugar เปอร์เซ็นต์ Total sugar ค่าความหวาน และค่าการวัดสี สูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ ส่วนผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ดสามารถละลายได้ดี และมีปริมาณความชื้นในอาหาร ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) น้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ จากนั้นจึงทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ชิม 30 คน พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

คำสำคัญ: ผลิตภัณฑ์ ลำไย การวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title LONGAN SUGAR PRODUCT

Student name Arunwatree Yukhong Student ID 58080217
Program Bachelor of Science in Food Processing Engineering
Year 2019
Advisor Assist.Prof.Dr. Pramoun Srikalong

ABSTRACT

Longan sugar product development, To increase the value of longan product and create new options for people this sweet taste favour with a unique flavor of longan. By choosing the optimal amount of sugar used in the crystallization is 50%. Then analyze the amount of sugar, Reducing sugar and Total sugar in longan flesh, non-seeded longan sugar product and mixed seed longan sugar product. Analysis of properties of longan sugar product, sweetness (% Brix), product solubility, Moisture content in food (% MC), pH value (pH), color measurement (L *, a *, b *) with Chroma Meter (Minolta CR-400). Found that mixed seed longan sugar product with percentage of reducing sugar, total sugar, sweetness and color measurement higher than other samples. For non-seeded longan sugar product can dissolve well. And moisture content in food, pH value less than other samples. Then sensory test with 30 tastees found that non-seeded longan sugar product and mixed seed longan sugar product, There was non statistical difference ($P \geq 0.05$).

Keywords : Product, Longan, Analysis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ประมวล ศรีกาหลง อาจารย์ที่ปรึกษา เป็นอย่างสูง ที่ได้คอยช่วยเหลือ สนับสนุน ให้คำแนะนำ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และขอบคุณความพยายาม ความมุ่งมั่นของตัวเอง ทำให้ปัญหาพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

อรุณวาตรี อยู่คง
10 พฤษภาคม 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับลำไย	2
2.2 คุณค่าทางอาหารของลำไย	2
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวกับคุณสมบัติของลำไย	3
2.4 น้ำตาล และน้ำตาลทราย	4
2.5 หลักการการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด	7
2.6 หลักการทำงานของ Refractometer	8
2.7 หลักการทำงานของ pH meter	10
2.8 หลักการทำงานของเครื่องวัดสี	10
2.9 ความชื้น (moisture content)	10
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	13
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	13
3.2 อุปกรณ์	13
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 17

4.1 การแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย 17

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลในเนื้อลำไย และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย 18

4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย 19

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 24

บรรณานุกรม 25

ภาคผนวก 26

ภาคผนวก ก 27

ภาคผนวก ข 28

ภาคผนวก ค 32

ประวัติผู้เขียน 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การวิเคราะห์ส่วนประกอบของลำไยสด และลำไยอบแห้ง	3
4.1	ตารางแสดงข้อมูลเฉลี่ย %Reducing sugar และ %Total sugar ของตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ผล ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	18
4.2	ตารางแสดงข้อมูลเฉลี่ย ค่าความหวาน (%Brix) ปริมาณความชื้น และค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ผลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	19
4.3	ตารางแสดงค่าการวัดสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย ด้วย Chroma Meter (Minolta CR-400) โดยวิเคราะห์ผลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	21
4.4	ตารางแสดงผลการละลายของผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิน้ำเย็น (2 °C), น้ำธรรมดา (27 °C) และน้ำร้อน (80 °C) ตามลำดับ	22
4.5	ตารางแสดงผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Sensory) โดยผู้ทดสอบ 30 คน วิเคราะห์ผลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ผลิตภัณฑ์น้ำตาลทราย	5
2.2	ดัชนีหักเหของแสง (refractive index)	9
2.3	เครื่องวัดความหวานแบบกล้อง	9
4.1	ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย โดยทำการทดลองหาปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในการตกผลึกที่ 40% 50% 60% และ 70% ตามลำดับ	17
4.2	ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด และแบบผสมเมล็ด ตกผลึกที่ 50%	17
4.3	แผนภูมิแสดง %Reducing sugar เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่าง	18
4.4	แผนภูมิแสดง %Total sugar เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่าง	19
4.5	แผนภูมิแสดงค่าความหวาน (%Brix) เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่าง	20
4.6	แผนภูมิแสดงปริมาณความชื้นในอาหาร เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่าง	20
4.7	แผนภูมิแสดงค่าความเป็นกรด-เบส (pH) เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่าง	21
4.8	แผนภูมิแสดงค่าการวัดสี L* a* b* เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่าง	22
4.9	แผนภูมิแสดงการละลายของผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่าง	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ลำไยเป็นผลไม้อีกชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการบริโภค สามารถรับประทานได้ตลอดทั้งปี มีการเพาะปลูกหมุนเวียนสู่ตลาดทั้งตามฤดูกาลและนอกฤดูกาล มีอัตราการส่งออกสูงอยู่ใน 10 อันดับผลไม้ส่งออกของไทย จึงถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย (สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2561) อีกทั้งยังอุดมไปด้วยวิตามิน และแร่ธาตุที่มี ประโยชน์ต่อร่างกายอีกด้วย ลำไยเป็นผลไม้รสหวาน มีน้ำตาลสูง และมีกลิ่นเฉพาะที่เป็นเอกลักษณ์ สามารถ รับประทานได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งแบบลำไยสด ลำไยแปรรูป เช่น วุ้นปีโป้ลำไย ข้าวเหนียวเปียกลำไย น้ำลำไย ลำไยอบแห้ง ลำไยกระป๋อง เป็นต้น ในทุกๆปี ช่วงฤดูกาลประมาณ เดือนกรกฎาคม – เดือนกันยายน จะมีผลผลิตลำไยจำนวนมาก จึงเกิดปัญหาลำไยล้นตลาด ราคาลำไยตกต่ำทำให้เกษตรกรผู้ปลูกลำไยได้รับผลกระทบเป็นอย่างมาก (ศูนย์วิจัยเศรษฐกิจและพยากรณ์ทางการเกษตร, 2560) จึงเกิดแนวคิด ในการทำปัญหาพิเศษนี้ขึ้นมา เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตลำไย และพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย น้ำตาลเพื่อสุขภาพ

จากผลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ “ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของลำไย” พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระนับเป็นคุณสมบัติเด่นของลำไย สารสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของลำไย ได้แก่ ใบ ดอก เนื้อผล เปลือก ลำต้น กิ่ง และเมล็ดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ โดยเฉพาะสารสกัดจากเมล็ดซึ่งจะมีฤทธิ์ดีกว่าสารสกัดจากส่วนอื่น ๆ สารสำคัญในการออกฤทธิ์จะเป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอล ได้แก่ gallic acid, ellagic acid, corilagin, 4-O-methylgallic acid, epi-catechin และสารโพลีแซคคาไรด์ สำหรับคุณค่าทางโภชนาการ พบว่าในเนื้อผลของลำไยประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใย แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินเอ วิตามินบี ไนอาซิน วิตามินซี กรดอะมิโน และน้ำตาลซึ่งทำให้ลำไยมีรสหวาน ได้แก่ กลูโคส ซูโครส และฟรุกโตส (อรัญญา, 2555) ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย ที่มีคุณสมบัติที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ อาจเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้ชื่นชอบความหวาน ที่มีกลิ่นรสเฉพาะของลำไย รวมถึงผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้ลำไยเป็นส่วนประกอบ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลในเนื้อลำไย
1.2.2 เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปน้ำตาลลำไย
1.2.3 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบถึงองค์ประกอบทางเคมี และปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์
1.3.2 พัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย เพื่อเพิ่มมูลค่าและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลำไย
1.3.3 ทราบถึงคุณสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับลำไย

2.1.1 ลำไย ชื่อสามัญ Longan (มักเขียนผิดเป็น "ลำใย") ชื่อวิทยาศาสร์ Dimocarpus longan Lour. (ชื่อพ้องวิทยาศาสตร์ Euphoria longan (Lour.) Steud.) อยู่ในวงศ์ Sapindaceae เป็นพืชไม้ผลเขตร้อนและกึ่งร้อน เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ลำต้นสีน้ำตาล ออกดอกเป็นช่อ สีขาวครีม ผลทรงกลมเป็นช่อ ผลดิบเปลือกสีน้ำตาลอมเขียว ผลสุกสีน้ำตาลล้วน เนื้อลำไยสีขาวหรือชมพูอ่อน เมล็ดสีดำเป็นมัน เนื้อล่อนเม็ด โดยจังหวัดที่ปลูกมากที่สุด คือจังหวัดลำพูน สำหรับประเทศที่ปลูกมากที่สุด คือประเทศจีน ที่มีการปลูกลำไยมากถึง 26 สายพันธุ์ แต่ที่นิยมปลูกในประเทศไทย จะแบ่งออกเป็น 5 สายพันธุ์หลัก คือ ลำไยกะโหลก ลำไยกระดูก ลำไยสายน้ำผึ้ง ลำไยเถา และลำไยขาว ซึ่งลำไยกะโหลกจะนิยมปลูกมากที่สุด เพราะเป็นพันธุ์ที่มีผลใหญ่ เนื้อหวานอร่อย จะแบ่งแยกย่อยไปอีกหลายสายพันธุ์ เช่น สีชมพู อีดอ อีแดง อีดำ เป็นต้น (สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556)

2.1.2 สิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม สำหรับการปลูกลำไยในประเทศไทย

1 "ดิน" ลำไยสามารถขึ้นได้ดีในดินแทบทุกชนิด แต่ดินที่เหมาะสมที่สุด คือ ดินร่วนปนทรายและดินตะกอน ซึ่งเกิดจากตะกอนกรวด หิน ดิน ทราย อินทรียวัตถุที่น้ำพัดพามา เกิดการทับถม จะสังเกตได้จากต้นลำไยที่ปลูกตามที่ราบลุ่มแม่น้ำปิง ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน เจริญงอกงามและให้ผลผลิตดี ดินที่ปลูกลำไยควรมีหน้าดินลึก การระบายน้ำดี ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6

2 "อุณหภูมิ" โดยทั่วไปลำไยต้องการอากาศค่อนข้างเย็น อุณหภูมิที่สามารถเจริญเติบโตได้อยู่ระหว่าง 4 - 30 องศาเซลเซียส และต้องการอุณหภูมิต่ำ (10 - 20 องสาเซลเซียส) ในฤดูหนาว ช่วงประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม เพื่อการออกดอก ซึ่งจะสังเกตได้ว่าถ้ามีอากาศหนาวเย็นนานๆ โดยไม่มีอากาศอบอุ่นเข้ามาแทรก ลำไยจะมีการออกดอกติดผลดี

3 "น้ำและความชื้น" น้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการเจริญเติบโต ในแหล่งปลูกลำไยควรมีปริมาณน้ำอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยประมาณ 1,250 มิลลิเมตรต่อปี และควรมีการกระจายตัวประมาณ 100 - 150 วันต่อปี โดยปริมาณความต้องการน้ำในแต่ละช่วงของการดูแลต้นลำไยจะต่างกัน คือ ในช่วงก่อนออกดอก ต้นลำไยจะต้องการน้ำปริมาณน้อย แต่ในช่วงออกดอกติดผล ต้นลำไยจะต้องการน้ำปริมาณมาก

4 "แสง" แหล่งปลูกต้นลำไยต้องเป็นพื้นที่โล่งแจ้ง มีแสงแดดส่องตลอดเวลา (สำนักส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 จังหวัดเชียงใหม่, 2553)

2.2 คุณค่าทางอาหารของลำไย

กองวิทยาศาสตร์กรมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ได้ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบของลำไย ซึ่งพบว่า เนื้อลำไยสดมีน้ำตาลอยู่ 3 ชนิด คือ กลูโคส ฟรุตโตส และซูโครส มีกรดอะมิโน 9 ชนิด ส่วนเนื้อลำไยอบแห้ง มีเกลือแร่ที่มีประโยชน์ซึ่งร่างกายต้องการในปริมาณน้อย เช่น ทองแดง สังกะสี แมงกานีส เป็นต้น (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2555) ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบของลำไยแสดงดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์ส่วนประกอบของลำไยสด และลำไยอบแห้ง

ส่วนประกอบของลำไย		เนื้อลำไยสด	เนื้อลำไยอบแห้ง
ความชื้น	ร้อยละ	81.10	17.80
ไขมัน	ร้อยละ	0.11	0.40
เส้นใย	ร้อยละ	0.28	1.60
โปรตีน	ร้อยละ	0.97	4.60
เถ้า	ร้อยละ	0.56	2.86
คาร์โบไฮเดรต	ร้อยละ	16.98	72.70
ค่าพลังงานความร้อน	กิโลแคลอรี / 100 กรัม	72.79	311.80
แคลเซียม	มิลลิกรัม / 100 กรัม	5.70	27.70
เหล็ก	มิลลิกรัม / 100 กรัม	0.35	2.39
ฟอสฟอรัส	มิลลิกรัม / 100 กรัม	35.30	159.50
วิตามินซี	มิลลิกรัม / 100 กรัม	69.20	137.80
โซเดียม	มิลลิกรัม / 100 กรัม	-	4.50
โปแตสเซียม	มิลลิกรัม / 100 กรัม	-	2,012.0
ไนอาซีน	มิลลิกรัม / 100 กรัม	-	3.03
กรดแพนโทธินิค	มิลลิกรัม / 100 กรัม	-	0.57
วิตามิน บี2	มิลลิกรัม / 100 กรัม	-	0.375

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2553)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวกับคุณสมบัติของลำไย

ผลงานวิจัย พบว่าประโยชน์ทางยาของลำไย ตามสรรพคุณแผนโบราณของไทย ลำไยสามารถนำมาใช้เป็นยาได้ทุกส่วนดังนี้ “ใบ” มีคุณสมบัติเป็นกลาง รสหวาน จืด สรรพคุณ แก้หวัด มาลาเรีย ริดสีดวง “เนื้อ” มีคุณสมบัติร้อน รสหวาน สรรพคุณ แก้ผอมแห้งแรงน้อย นอนไม่หลับ ขี้ลืม ใจสั่น บำรุงร่างกาย “เปลือก” มีคุณสมบัติร้อน รสหวาน แก้มึนหัว ทำให้ตาสว่าง แก้เสมหะ ขับลมในลำไส้ แก้จุกเสียด “ดอก” สรรพคุณ ขับนิ่ว แก้โรคเกี่ยวกับหนอง “เมล็ด” รสฝาด สรรพคุณ ห้ามเลือด แก้ปวด สมานแผล แก้แผลมีหนอง รักษาเกลื้อน “ราก” สรรพคุณ แก้เสมหะและลม ถ่ายโลหิตออกทางทวารหนัก แก้ระดูขาวมากผิดปกติ ขับพยาธิเส้นด้าย เป็นต้น (วิทิต, 2528)

อีกทั้ง ลำไยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เป็นคุณสมบัติเด่น โดยเฉพาะสารสกัดจากเมล็ดซึ่งจะมีฤทธิ์ดีกว่าสารสกัดจากส่วนอื่นๆ สารสำคัญในการออกฤทธิ์จะเป็นสารในกลุ่ม โพลีฟีนอล ได้แก่ gallic acid, ellagic acid, corilagin, 4-O-methylgallic acid, epi-catechin และสารโพลีแซคคาไรด์ มีฤทธิ์ในการต้านมะเร็ง เป็นอีกฤทธิ์หนึ่งของลำไยที่มีผู้สนใจศึกษา โดยพบว่าสารสกัดแยกส่วน (fraction) จากเมล็ดแห้ง หรือเนื้อลำไยแห้ง มีฤทธิ์เหนี่ยวนำให้เกิดการตายแบบ apoptosis ของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ RKO-2, DLD-1, HT-15, SW-48 และ HCG สารสกัดแยกส่วน (fraction) จากเมล็ด มีฤทธิ์ยับยั้งการสร้างหลอดเลือดใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยับยั้งการเจริญเติบโต และยับยั้งการลุกลามของเซลล์มะเร็งไปยังเซลล์ข้างเคียง เมื่อทดสอบกับเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ SW480 สารสกัดยังมีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ matrix metalloproteinases-2 และ -9 ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการบุกรุกและการแพร่กระจายของมะเร็ง การทดลองในหนูที่เหนี่ยวนำให้เป็นมะเร็งลำไส้ด้วยสาร dimethylhydrazine พบว่าสารสกัดแยกส่วนจากเนื้อลำไยและเมล็ด มีฤทธิ์ป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ สารโพลีแซคคาไรด์จากเมล็ด มีฤทธิ์ยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งปอด A549 และต้านเนื้องอกในหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดเนื้องอก ส่วนสารโพลีแซคคาไรด์จากเนื้อผล มีฤทธิ์ ยับยั้งการแบ่งตัวของ เซลล์มะเร็งรังไข่ SKOV3 และ HO8910 และเซลล์มะเร็งหลังโพรงจมูก HONE1 และยังมีฤทธิ์ต้านเนื้องอกในหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดเนื้องอก สารโพลีฟีนอลในเมล็ดสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ เซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ Colo 320DM, SW480 และ HT-29 สารสกัดจากเปลือกผลซึ่งมีสารสำคัญ ได้แก่ gallic acid, ellagic acid และ corilagin สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งกระเพาะอาหาร SGC-7901 และเซลล์มะเร็งปอด A-549 ได้ แต่ไม่มีผลกับเซลล์มะเร็งตับ HepG2

ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ของสารสกัดจากลำไย ซึ่งมีการบอกกล่าวสรรพคุณ ในการบรรเทาอาการปวด ลดการอักเสบของข้อเข่า เส้นเอ็น และกล้ามเนื้อ ออกวางจำหน่าย เมื่อศึกษาจากงานวิจัยพบว่า สารสกัดจากดอก เมล็ด กิ่ง เนื้อผล และเปลือกผล มีฤทธิ์ลดการอักเสบได้ทั้งในเซลล์เพาะเลี้ยงและสัตว์ทดลอง สารสกัดจากเมล็ดมีฤทธิ์ยับยั้งสารกระตุ้นการอักเสบ IL-1 ซึ่งทำให้เกิดการเสื่อมสลายของเซลล์กระดูกข้อเข่า แสดงว่าสารสกัดจากเมล็ดลำไยมีฤทธิ์ต้านการเสื่อมสลายของเซลล์กระดูกอ่อน ซึ่งจะเป็นแนวทางในการที่จะนำมาพัฒนาใช้ในการรักษาโรคข้อเสื่อมได้ สารสกัดจากดอก สาร proanthocyanidinA2 และ acetonylgeraniin A ที่แยกได้จากดอก สารสกัดจากเมล็ดลำไย สาร gallic acid, corilagin และ ellagic acid ที่แยกได้จากเมล็ดมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ xanthine oxidase ลดระดับของกรดยูริกในเซลล์ตับ (clone-9 cells) และลดระดับของกรดยูริกในเลือดของหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะกรดยูริกในเลือดสูงได้ ซึ่งจะเป็นการสนับสนุนผลของการใช้ลำไยในการรักษาโรคเก๊าท์ นอกจากนี้ สารสกัดน้ำจากผลยังมีฤทธิ์กระตุ้นการสร้างกระดูก ซึ่งอาจช่วยป้องกันภาวะกระดูกพรุนได้ นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว ลำไยยังมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาอื่นๆ ที่น่าสนใจ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และเชื้อยีสต์ ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ฤทธิ์เพิ่มความจำ ต้านการเป็นพิษต่อตับ ลดความวิตกกังวล ปกป้องเซลล์ประสาท ปกป้องสมอง ต้านการก่อกลายพันธุ์ ต้านความเหนื่อยล้า ต้านเชื้อไวรัสตับอักเสบซี และปรับระบบภูมิคุ้มกัน (อรัญญา, 2555)

2.4 น้ำตาล และน้ำตาลทราย

น้ำตาล (Sugar) เป็นสารชีวโมเลกุลคาร์โบไฮเดรต ประเภทสารให้พลังงานที่มีรสหวาน ละลายได้ดีในน้ำ นิยมนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน อาทิ ใช้เป็นอาหารเสริมให้แก่ร่างกาย ใช้ปรุงอาหาร ชนิดของน้ำตาลที่นำมาใช้ประโยชน์มาก ได้แก่ น้ำตาลซูโครส หรือ น้ำตาลทราย

น้ำตาลซูโครส หรือ น้ำตาลทราย เป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ผลิตจากอ้อย (sugar cane) ในเขตร้อน (ประมาณ 60%) และผลิตจากหัวบีท (beet root) ในเขตอบอุ่น (ประมาณ 40%) โดยมีกรรมวิธีการผลิตที่คล้ายกัน คือ การสกัดเอาสารละลายน้ำตาล นำมากรอง ต้มระเหยน้ำออก และทำการตกผลึกได้เป็นก้อนน้ำตาลขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.1 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลทราย
ที่มา : www.siamchemi.com

2.4.1 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ

1 น้ำตาลทรายขาว ให้พลังงาน 385 กิโลแคลอรี คาร์โบไฮเดรต 99.5 กรัม

2 น้ำตาลสีรำ ให้พลังงาน 370 กิโลแคลอรี คาร์โบไฮเดรต 99.5 กรัม แคลเซียม 76 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 37 มิลลิกรัม เหล็ก 2.6 มิลลิกรัม

3 น้ำตาลมะพร้าว ให้พลังงาน 383 กิโลแคลอรี โปรตีน 0.4 กรัม คาร์โบไฮเดรต 95 กรัม ไขมัน 0.1 กรัม แคลเซียม 80 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 40 มิลลิกรัม ไนอะซิน 1.0 มิลลิกรัม เหล็ก 11.1 มิลลิกรัม วิตามินเอ 280 IU (กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2544)

2.4.2 ชนิดของน้ำตาล แบ่งตามลักษณะโมเลกุลได้ดังนี้

2.4.2.1 น้ำตาลชั้นเดียว (Monosaccharides) เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว มีรสหวาน ละลายน้ำได้ดี ร่างกายสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการย่อย ได้แก่

1 น้ำตาลฟรุกโทส (Fructose) พบมากในผัก ผลไม้ที่มีรสหวาน รวมถึงน้ำผึ้ง เป็นน้ำตาลที่มีรสหวานจัด ได้จากการย่อยสลายน้ำตาลซูโครส

2 น้ำตาลกลูโคส (Glucose) พบมากในส่วนต่างๆของพืชที่ให้รสหวาน อาทิ ผลไม้ พืชมีหัว ยอดอ่อน เป็นต้น และเป็นน้ำตาลชนิดเดียวที่พบในเลือดมนุษย์

3 น้ำตาลกาแลกโทส (Galactose) เป็นน้ำตาลที่ไม่พบในธรรมชาติในรูปของน้ำตาลอิสระ แต่จะได้จากการสลายของแลกโทสในน้ำนม

2.4.2.2 น้ำตาลสองชั้น (Disaccharides) หรือ น้ำตาลโมเลกุลคู่ เกิดจากการรวมกันของน้ำตาลชั้นเดียว 2 โมเลกุล เมื่อรับประทานเข้าไป จะมีการย่อยโดยเอนไซม์ในระบบย่อยอาหาร ได้น้ำตาลชั้นเดียวก่อน จึงจะดูดซึมต่อไปได้ ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 ซูโครส (Sucrose) เป็นน้ำตาลที่พบในพืชทั่วไป เช่น ผลไม้สุก อ้อย และหัวบีท เป็นต้น เมื่อย่อยสลายจะได้น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโทส น้ำตาลชนิดนี้ บางครั้งเรียกว่า น้ำตาลทราย

ซูโครส ⟶ กลูโคส + ฟรุกโทส

2 แลกโทส (Lactose) เป็นน้ำตาลที่พบได้เฉพาะในน้ำนมสัตว์ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า น้ำตาลนม (Milk sugar) เมื่อย่อยสลายจะได้น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลกาแลกโทส

แลกโทส ⟶ กลูโคส + กาแลกโทส

3 มอลโทส (Maltose) ไม่พบในรูปอิสระตามธรรมชาติ แต่ผลิตได้จากการการใช้กรดหรือเอนไซม์ย่อยแป้ง เมื่อย่อยสลายจะได้เป็นน้ำตาลกลูโคส 2 โมเลกุล

มอลโทส ⟶ กลูโคส + กลูโคส

2.4.2.3 น้ำตาลหลายชั้น (Polysaccharides) เป็นน้ำตาลเชิงซ้อนที่ประกอบด้วย น้ำตาลโมเลกุลเดียวหลายโมเลกุลรวมกัน หรือเรียกว่า แป้ง เมื่อรับประทานจะไม่มีรสหวานทันที แต่จะให้รสหวานเมื่อเกิดการย่อยด้วยเอนไซม์ ได้แก่

1 แป้งสตาร์ช (Starch) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่พบในพืช สะสมอยู่ในเมล็ด ราก หัว ลำต้น และใบของพืช เช่น ข้าว มัน เผือก กลอย เป็นต้น โมเลกุลของแป้งเกิดจากน้ำตาลกลูโคสต่อกันเป็นจำนวนมากในรูปที่เป็นเส้นตรง amylose และกิ่งก้าน amylopectin แป้งชนิดนี้ ถือเป็นวัตถุดิบสำคัญ และผลิตได้มากที่สุด นิยมใช้ทำแป้งชนิดต่างๆ สำหรับการปรุงอาหาร การผลิตแอลกอฮอล์ เช่น แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวจ้าว และแป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น

2 เซลลูโลส (Cellulose) เป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ ประกอบด้วยโมเลกุลที่ต่อกันเป็นโซ่ยาวของกลูโคส พบมากในพืช บริเวณราก กิ่ง ลำต้น ใบ และผล มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ ร่างกายไม่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ แต่จะมีการขับถ่ายออกมาในลักษณะของกากเรียกว่า เส้นใยอาหาร ที่มีคุณสมบัติช่วยกระตุ้นการเคลื่อนไหวของลำไส้ และช่วยในการขับถ่าย

3 เพกติน (Pectin) เป็นสารคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืช เมื่อละลายน้ำจะเกิดเป็นเจล (Gel) ใส มีลักษณะเหนียวข้น นิยมใช้ผสมในอาหาร เช่น ใบย่านางในแกงหน่อไม้ นอกจากนั้น ยังนิยมใช้ทำแยม เยลลี่ และเติมในน้ำผลไม้เพื่อป้องกันการตกตะกอน ผลไม้ไทย ที่มีเพกตินสูงที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ มะขาม กระท้อน มะกอก ละมุด และฝรั่ง

4 ไกลโคเจน (glycogen) พบในตับและกล้ามเนื้อสัตว์ เรียกว่า แป้งสัตว์ มีส่วนประกอบคล้ายแป้ง แต่มีกิ่งก้านมากกว่า เมื่อแตกตัวออกจะได้กลูโคส ไม่พบในพืช ไม่มีรสหวาน ไม่ละลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 สมบัติของน้ำตาลทราย

1 “ความหวาน” น้ำตาลเป็นสารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนา และสามารถแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ รสหวานของน้ำตาลเกิดจากรสของต่อมรับรสบริเวณปลายลิ้นด้านบน ค่าความหวานของน้ำตาลจะใช้ค่าความหวานของน้ำตาลซูโคส เป็นมาตรฐานเปรียบเทียบกับความหวานของน้ำตาลอื่นๆ เนื่องจากน้ำตาลซูโครส เป็นน้ำตาลที่หวานมากที่สุด รองลงมาคือ น้ำตาลกลูโคส มอลโทส และกาแลคโทส

2 “การละลายน้ำ” น้ำตาลสามารถละลายได้ดีในน้ำ ปริมาณการละลายมากถึง 100% ขึ้นกับความเข้มข้นและอุณหภูมิ เมื่อมีความเข้มข้นมากจะละลายได้น้อยลง เมื่อมีอุณหภูมิสูงจะละลายได้มากขึ้น ความสามารถในการละลายน้ำของน้ำตาล เรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ ฟรุตโทส ซูโครส กลูโคสกับมอลโทส และแลคโทส ตามลำดับ

3 “การให้สารสีน้ำตาลในอาหาร” สารสีน้ำตาลที่มาจากน้ำตาลเป็นรงควัตถุที่เกิดจากการไหม้ของน้ำตาล ซึ่งการทำให้เกิดการไหม้ของน้ำตาลจนมีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลอมดำ เพื่อให้เกิดสีของน้ำตาล สำหรับผสมหรือผลิตในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ใช้ผสมซีอิ๊วดำ ซอสถั่วเหลือง และน้ำอัดลม เป็นต้น

4 “การดูดซับความชื้น” น้ำตาลแต่ละชนิดสามารถดูดความชื้นได้แตกต่างกัน น้ำตาลฟรุตโทสเป็นน้ำตาลที่สามารถดูดความชื้นได้ดีที่สุด รองลงมาคือ น้ำตาลซูโครส มอลโทส และแลคโทส เมื่อดูดซับความชื้นและเป็นส่วนผสมในอาหาร จะทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น การเก็บรักษาจากการดูดซับความชื้นของน้ำตาล ช่วยให้อาหารที่มีส่วนผสมของน้ำตาลมีความชุ่มชื้น ไม่แห้งง่าย และสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน (กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2530)

2.5 หลักการการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

โมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตทุกชนิด ประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ (ไม่ใช่ทั้งหมด) มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน ในอัตราส่วน 1:2:1 จึงมีสูตรเคมีเป็น $(CH_2O)_n$ โดยโมเลกุลของน้ำตาลมีหมู่อัลดีไฮด์ หรือคีโตนอิสระ ซึ่งเป็น weak reducing agent ได้ จึงเรียกน้ำตาลที่มีคุณสมบัตินี้ว่าเป็น reducing sugar หรือน้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทุกชนิดมีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ ยกเว้นน้ำตาลซูโครส ซึ่งในโมเลกุลไม่มีหมู่อัลดีไฮด์หรือคีโตนอิสระ ทำให้ไม่มีคุณสมบัติดังกล่าวจึงจัดเป็น nonreducing sugar เพียงชนิดเดียวที่ไม่สามารถรีดิวซ์สารละลาย Fehling ได้ แต่เมื่อน้ำตาลซูโครสถูกไฮโดรไลส์เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส จึงจะมีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซ์

การทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ของน้ำตาล โดยอาศัยหลัก copper reduction น้ำตาลที่มีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซ์จะสามารถรีดิวซ์ Cu^{2+} ในรูปคอปเปอร์ซัลเฟตให้เป็น Cu^{+} ซึ่งเป็นตะกอนสีแดง ดังสมการ

$$R\text{-}OH + Cu^{2+} + 2OH^{-} \longrightarrow R\text{-}COOH + Cu_2O\downarrow + H_2O$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

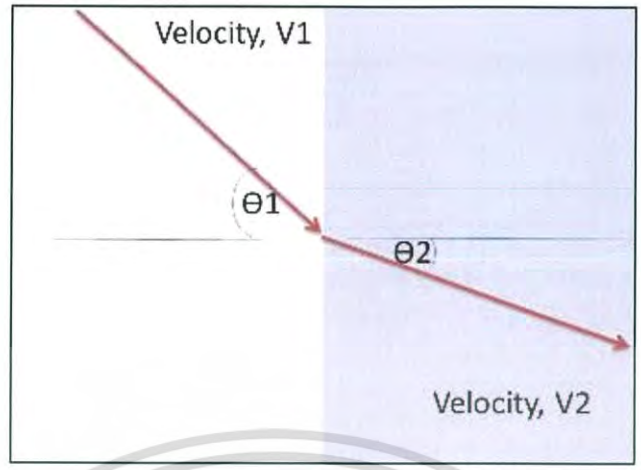
วิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลในอาหาร คือ วิธีของ Lane and Eynon อาศัยหลักการคือ การไตเตรตหาปริมาณของสารละลายน้ำตาลซึ่งเป็นกลาง (ตกตะกอนจนใส) ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลาย Fehling reagent ซึ่งสารละลายตัวอย่างที่จะทำปฏิกิริยากับ Fehling reagent จำนวน 10 มล. ควรมีน้ำตาลอยู่ในสารละลายประมาณ 0.1 - 0.3 กรัมต่อ 100 มล. ปฏิกิริยานี้ใช้เมทธิลีนบลูเป็นอินดิเคเตอร์ และเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นต้องไตเตรตตัวอย่างขณะเดือด และถ้าตัวอย่างอาหารมีทั้งน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลซูโครสต้องไฮโดรไลส์ให้เป็นน้ำตาลอินเวอร์ต (น้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส) ก่อนนำมาทำการไตเตรต (จิตรา และชุติมา, 2548)

2.6 หลักการทำงานของ Refractometer

เครื่องวัดความหวาน (Refractometer) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายหรือใช้ตรวจสอบปริมาณน้ำตาลในของเหลวโดยอาศัยหลักการหักเหของแสง มีหน่วยวัดเป็น %Bix ซึ่งเครื่องวัดความหวานส่วนใหญ่จะใช้ในงานอุตสาหกรรมด้านอาหาร เช่น การผลิตน้ำผลไม้ , ไวน์ , การผลิตเบียร์และเครื่องดื่มต่างๆ เครื่องวัดความหวาน ถูกประดิษฐ์ขึ้นมาโดย Dr. Ernst Abbe นักวิทยาศาสตร์ เยอรมัน/ออสเตรีย ในต้นศตวรรษที่ 20 โดยเครื่องวัดความหวาน ที่ใช้ระบบของการสะท้อนของแสง คือ Hand-held Refractometers และ Abbe Refractometers ส่วนเครื่องวัดความหวาน ที่ใช้ระบบของการส่องผ่าน คือ digital refractometer มีหน่วยวัดเป็นองศาบริกซ์ (°Brix) ตั้งชื่อตามนักเคมีชาวเยอรมัน "Adolf Brix" เป็นตัวชี้วัดความสัมพันธ์ของปริมาณของน้ำตาลซูโครสในสารละลาย โดยทั่วไป 1 °Brix เทียบเท่ากับสารละลายน้ำที่ใช้น้ำตาลซูโครส 1% โดยน้ำหนัก

การวัดค่าดัชนีหักเหของแสง (refractive index) สามารถทำได้ 2 ระบบ คือ วัดด้วยการส่องผ่านของแสง (transparent system) และวัดด้วยการสะท้อนของแสง (reflection system) โดยการหักเหของแสง (Refraction) เมื่อนำหลอดๆ หนึ่งจุ่มลงในแก้วน้ำที่มีน้ำอยู่ จะสังเกตเห็นการโค้งงอของหลอด และถ้าน้ำที่มีอยู่ในแก้วมีน้ำตาลละลายอยู่ หลอดก็จะโค้งงอมากขึ้น (อธิบายดังภาพที่ 2.2) ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การหักเหของแสง (refraction) โดยใช้ Refractometers วัดปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการหักเหของแสงนี้ ซึ่งการทำงานของเครื่องวัดความหวาน ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของสาร เช่นการละลายของน้ำตาลในน้ำ และจะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนกับความหนาแน่น สังเกตได้จากการโค้งงอของหลอดมากขึ้น (บริษัท โปรโทรนิกส์ อินเตอร์เทรด จำกัด, 2014)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 ดัชนีหักเหของแสง (refractive index)
ที่มา : www.ponpe.com (2014)

วิธีการวัดความหวาน (%Brix) ทำได้โดยการหยดสารละลายที่ต้องการทราบค่าบนแผ่นปริซึม ปิดด้วยแผ่นปิด แล้วส่องมองผ่านช่องในที่มีแสง จะมองเห็นเป็นแถบสี ที่อ่านค่าตัวเลขได้ตามเสกลที่เครื่องกำหนดไว้ เช่น เป็นเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น ความเข้มข้นของน้ำตาล น้ำเชื่อม น้ำผลไม้ที่วัดได้ มีหน่วยเป็น Brix หรืออาจเป็นค่าความหนาแน่นของเหลว หรือทั้งสองอย่าง (บริษัท โปรโทรนิกส์ อินเตอร์เทรด จำกัด, 2015)

ภาพที่ 2.3 เครื่องวัดความหวานแบบกล้อง
ที่มา : www.ponpe.com (2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 หลักการทำงานของ pH meter

pH Meter จะใช้หลักการของการเปรียบเทียบแรงดันระหว่าง 2 หัววัด คือ หัววัดกระเปาะแก้ว (Glass Electrode) กับหัววัดอ้างอิง (reference Electrode) โดยวัดค่าความต่างของแรงดัน ที่เกิดขึ้นที่หัววัดทั้งสอง ยิ่งค่า ความต่างของ pH ระหว่างของเหลวภายในหัววัดและภายนอกหัววัดสูงมาก ตัวเมมเบรนของหัววัดก็จะสร้าง แรงดันไฟฟ้าไปตามค่าความต่างของ pH ซึ่งโดยปกติ หากของเหลวมีอุณหภูมิ 30°C และ ค่า pH ของน้ำยาในหัววัดกับของเหลวด้านนอก ต่างกัน 1 pH ค่าแรงดันไฟฟ้าจะถูกสร้างมาเท่ากับ 60mV ซึ่งของเหลวที่อยู่ในหัววัด ปกติจะมีค่า pH เท่ากับ 7 ดังนั้น ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่เมมเบรนของหัววัด จึงสามารถคำนวนได้จากหัววัดอีกหัว จำเป็นเมื่อต้องวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ที่หัววัดกระเปาะแก้ว ซึ่งหัววัดที่คู่กับหัววัดกระเปาะแก้ว ก็คือ หัววัด reference (reference electrode) ซึ่ง reference electrode นี้จะต้องมีค่าแรงดันที่คงที่ ดังนั้น มันจึงถูกออกแบบให้มีช่อง ที่จุดสัมผัสของเหลว

2.8 หลักการทำงานของเครื่องวัดสี

เครื่องวัดสี (Chroma meter) สามารถเลือกวัดค่าของแสงได้ 2 ลักษณะ คือ แสง C และ D65 มีหน่วยความจำในการวัดไม่น้อยกว่า 2,000 ค่า และเก็บค่าความจำไว้แม้จะปิดเครื่อง CR 400 สามารถคำนวณข้อมูลที่วัดได้ในหน่วยความจำ บอกเป็นค่าสถิติ : ค่าสูงสุด (MAX), ค่าต่ำสุด (MIN), ค่าเฉลี่ย(MEAN), ค่า STANDARD DEVIATION (SD) โดยใช้วัดค่าสีของตัวอย่าง สามารถแสดงผลการวัดได้ 5 ระบบ ในระบบการอ่านค่าของสี ตามมาตรฐาน CIE 1994 STANDARD คือระบบการวัด CIE Yxy, L*a*b*, L*c*H X Y Z และ Hunter Lab รวมทั้งในระบบการอ่าน ค่าความแตกต่างของ CIE Yxy, L*a*b*, L*c*H X Y Z และ Hunter Lab (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556)

2.9 ความชื้น (moisture content)

2.9.1 ผลของความชื้นต่ออาหาร เป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร เป็นสมบัติที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งของอาหาร เนื่องจาก

1 ความชื้นมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหาร (food spoilage) โดยเฉพาะ การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ (microbial spoilage) ซึ่งกระทบต่ออายุการวางจำหน่าย (shelf life) อาหารที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำสูงจะเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่าย (perishable food) เนื่องจากมีสภาวะเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ และรา

2 ความชื้นมีผลต่อความปลอดภัยทางอาหาร (food safety) อาหารที่มีน้ำสูงเหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) และการสร้างสารพิษ (toxin) ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ รวมถึงการสร้างสารพิษของรา (mycotoxin) เช่น aflatoxin และ patulin ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

3 ความชื้นมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงความร้อนของอาหารด้านต่างๆ เช่น จุดหลอมเหลว จุดเดือด การนำความร้อน (thermal conductivity) ความร้อนจำเพาะ (specific heat)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 ความชื้นมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของอาหาร ได้แก่ เนื้อสัมผัส (texture) เช่น ความกรอบ ความหนืด (viscosity) การเกาะติดกันเป็นก้อน (caking)

5 ความชื้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ที่มีผลกระทบต่ออาหารระหว่างการเก็บรักษา เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation)

6 ความชื้นมีผลต่อการกำหนดราคาสินค้า เช่น ข้าว เมล็ดธัญพืช การกำหนดราคารับซื้อ ผันแปรตามปริมาณความชื้นของอาหาร

2.9.2 การแสดงค่าความชื้นของอาหาร ปริมาณความชื้น นิยมบอกเป็นเปอร์เซ็นต์มี 2 รูปแบบคือ

1 ความชื้นฐานเปียก (wet basis) เป็นค่าความชื้นที่มักใช้ในทางการค้า เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ความชื้นโดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน บอกเป็นเปอร์เซ็นต์

2 ความชื้นฐานแห้ง (dry basis) เป็นค่าที่นิยมใช้กันในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้ง (dehydration) เพราะช่วยให้คำนวณได้สะดวก เนื่องจากน้ำหนักแห้งของอาหารจะคงที่ อาจบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ หรือ จำนวนกรัมของน้ำต่อจำนวนกรัมของของแข็ง (g H_2O/ g solid)

2.9.3 การวัดความชื้นของอาหาร โดยน้ำที่มีอยู่ในอาหารแต่ละชนิดจะมีการยึดติดอยู่ในโครงสร้าง หรือโมเลกุลของสารอื่นๆ ที่เป็นส่วนประกอบของอาหาร ในรูปแบบและความแข็งแรงต่างกัน ทำให้เทคนิคที่ใช้สำหรับการหาความชื้นของอาหารแต่ละชนิดแตกต่างกันไป ทั้งความยากง่าย ความซับซ้อนของอุปกรณ์ และความถูกต้องแม่นยำของค่าที่ได้ วัตถุประสงค์หลักของบทนี้จึงเป็นการแนะนำให้รู้จักวิธีการหาความชื้นในอาหารแบบต่างๆ ข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธี เพื่อสามารถเลือกนำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม

2.9.3.1 การวัดความชื้นโดยตรง (direct method) เป็นการวัดปริมาณที่มีอยู่ในอาหารโดยตรง สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การแยกเอาน้ำออกด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น การอบแห้งทำให้น้ำระเหยออกไป การกลั่นแยกเอาน้ำออกจากอาหาร หรือการใช้วิธีการทางเคมี โดยการใช้สารเคมีทำปฏิกิริยากับน้ำ เป็นต้น วิธีการวัดโดยตรงเป็นการวัดที่ทำลายตัวอย่าง แต่ละวิธีจะมีความถูกต้องแตกต่างกัน วิธีที่มีการยอมรับกันทั่วไปว่ามีความถูกต้องแม่นยำสูง จะนิยมใช้เป็นค่าความชื้นมาตรฐานเพื่อใช้ปรับเทียบค่าที่ได้จากการวัดด้วยวิธีการอื่นๆ ก่อนนำค่าที่ได้ไปใช้ประโยชน์

1 Karl fischer method การทำปฏิกิริยาเคมี (chemical reaction)

2 การวิเคราะห์ความชื้นด้วยการอบแห้ง

3 การวิเคราะห์ความชื้นด้วยการกลั่น (distillation) นำตัวอย่างบดผสมกับตัวทำละลายโทลูอีน (toluene) แล้วนำไปต้ม น้ำจะระเหยออกมาและควบแน่นเป็นหยดน้ำ ซึ่งวัดเป็นปริมาตรและน้ำหนักได้

4 การใช้รังสีอินฟราเรดหรือคลื่นไมโครเวฟ (infrared and microwave radiation) เป็นการใช้รังสีอินฟราเรดหรือคลื่นไมโครเวฟ เพื่อระเหยน้ำในแป้งที่ได้จากการบดตัวอย่างเมล็ดพืช วิธีวัดความชื้นเหล่านี้มีจุดเด่นที่ให้ผลการวัดถูกต้อง แต่จุดด้อยสำคัญคือ อุปกรณ์และเครื่องมือมีราคาแพง การใช้งานต้องเตรียมอุปกรณ์หลายชิ้น และการวัดแต่ละครั้งใช้เวลานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3.2 การวัดโดยอ้อม (indirect methods) เป็นการวัดสมบัติทางไฟฟ้าของเมล็ดพืชด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น วัดค่าความจุไฟฟ้า การวัดความชื้นโดยทางอ้อมมีจุดเด่นตรงรู้ผลเร็ว สะดวก และทำได้บ่อย จุดด้อยคือ ค่าที่ได้จากการวัดเป็นค่าโดยประมาณการ การวัดโดยอ้อมวัดได้หลายวิธี คือ

1 การวัดความต้านทานไฟฟ้า (resistance) อุปกรณ์วัดความต้านทานไฟฟ้าของเมล็ดพืชทำได้โดยบรรจุเมล็ดพืชตัวอย่างลงช่องว่างระหว่างขั้วไฟฟ้าในภาชนะปิดแน่น ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้จะแปรเป็นค่าปริมาณความชื้น

2 ความจุไฟฟ้า (capacitance) ตัวอย่างจะถูกบรรจุในภาชนะปิด โดยผนังภาชนะทำหน้าที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าความถี่สูงออกมา การวัดวิธีนี้จำเป็นต้องใช้ตารางคาลิเบรชัน (calibration) ประกอบด้วยค่าความชื้นที่ได้จากการวัดด้วยวิธีนี้จะมีความแม่นยำมากกว่าการวัดจากค่าความต้านทานไฟฟ้า

3 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) เป็นวิธีหาค่าความชื้นในเมล็ดพืชจากการวัดความชื้นสัมพัทธ์ในช่องอากาศระหว่างเมล็ด เนื่องจากปริมาณความชื้นในเมล็ดจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในช่องอากาศระหว่างเมล็ดเปลี่ยนแปลง ซึ่งความถูกต้องของค่าความชื้นที่วัดได้จากวิธีนี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของความชื้น ดังนั้นการวัดด้วยวิธีนี้ต้องรอเวลานานประมาณ 1-2 ชั่วโมงเพื่อให้ความชื้นสัมพัทธ์ในช่องอากาศต่างๆ เกิดสมดุลก่อนวัดเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

ลำไยทั้งผล จากตลาดไท

น้ำตาลทราย จากร้านค้าทั่วไป

3.1.2 สารเคมี

Fehling's A solution ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)

Fehling's B solution ($KNC_4H_4O_4 \cdot 4H_2O$)

Methylene blue 1%

Neutral lead acetate solution 10%

Potassium oxalate solution 10%

Standard glucose solution 0.2%

NaOH

HCl

3.2 อุปกรณ์

เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance, รุ่น HR-200)

เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส (รุ่น SevenCompact pH meter S220, METTLER TOLEDO)

เครื่องวัดความหวาน (Refractometer รุ่น RHB-62ATC, JEDTO)

เครื่องวัดสี (Chroma Meter รุ่น Minolta CR-400)

ชุดเครื่องกรองแบบลดความดัน (Pressure reducer)

ตู้อบลมร้อน

ผ้าขาวบาง

แม่พิมพ์สำหรับทำน้ำตาลก้อน

อุปกรณ์เครื่องแก้ว

อุปกรณ์เครื่องครัว

อุปกรณ์บดหรือปั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 กระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย

3.3.1.1 เตรียมตัวอย่าง

1 นำตัวอย่างลำไยมาล้าง ปอกเปลือก คว้านเม็ดออก

2 นำเนื้อลำไยและเมล็ดลำไย บรรจุใส่ถุงทนความเย็น (PP)

3 เก็บรักษาโดย แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

3.3.1.2 บดตัวอย่างด้วยเครื่องปั่น แล้วนำมาคั้นแยกกาก โดยใช้ผ้าขาวบางกรอง

1 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด จะใช้เนื้อลำไยเป็นตัวอย่าง

2 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด จะใช้เนื้อลำไยและเมล็ดลำไยเป็นตัวอย่าง สัดส่วนเนื้อลำไย 1 ผล ต่อเมล็ดลำไย 1 เมล็ด

3.3.1.3 ระเหยน้ำออกประมาณ 50% โดยการให้ความร้อน ด้วยไฟอ่อนๆ

3.3.1.4 ทำการตกผลึกด้วยน้ำตาลทราย หาปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในการตกผลึกที่เหมาะสมที่สุด โดยการทดลองอัตราส่วนของปริมาณน้ำตาลทรายที่ 40% 50% 60% และ 70% ตามลำดับ

3.3.1.5 เทใส่แม่พิมพ์ เพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 3 - 5 นาที

3.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลในเนื้อลำไย ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ดและผสมเมล็ด

3.3.2.1 การหาค่ามาตรฐานของสารละลาย Fehling's

1 นำ flask ใส่สารละลาย Fehling's A และ B อย่างละ 5 ml.

2 ใส่ glasbit 2-3 เม็ด แล้วใส่ glucose 15 ml.

3 นำไปต้มบน hot plate จนเดือด เติม methylene blue 2-3 หยด

4 ไตเตรตขณะร้อน จนถึงจุดยุติได้สีแดงอิฐ บันทึกผล

5 คำนวณค่า F จากสมการ

$$\text{ค่า F} = \frac{\text{ปริมาณ Std. glucose solution ที่ใช้ไตเตรท(ml)} \times \text{น้ำหนัก glucose(g)}}{100}$$

3.3.2.2 การหา Reducing sugar และ Total sugar

1 ชั่งตัวอย่าง 5 g ใส่ในบีกเกอร์

2 ละลายด้วยน้ำกลั่น 100 ml. ต้มให้เดือดประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น

3 เติม 10% Neutral lead acetate solution 2 ml. เขย่าทิ้งไว้ 10 นาที

4 เติม 10% Potassium oxalate solution 0.5 ml. ปรับปริมาตรให้ได้ 250 ml.

5 กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 แล้วแบ่งเป็น 2 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2.1 ส่วนที่1 หา reducing sugar โดย นำตัวอย่างที่กรองได้ใส่ในบิวเรต

1 นำ flask ใส่สารละลาย Fehling's A และ B อย่างละ 5 ml.

2 ใส่ glasbit 2-3 เม็ด

3 นำไปต้มบน hot plate จนเดือด เติม methylene blue 2-3 หยด

4 ไตเตรตขณะร้อน จนถึงจุดยุติได้สีแดงอิฐ บันทึกผล

5 คำนวณเปอร์เซ็นต์ reducing sugar จากสมการ

$$\%\text{reducing sugar} = \frac{F \times 100 \times 250}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง} \times \text{ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้ไตเตรท}}$$

3.3.2.2.2 ส่วนที่2 หา total sugar โดยปิเปตตัวอย่างที่กรองมา 10 ml. เติม HCl (1:1) 5 ml. แล้วนำไปต้มจนเดือด 10 นาที ทำให้เย็นลง และปรับให้เป็นกลางด้วย 1N NaOH เติมน้ำกลั่นให้ปริมาตรครบ 100 ml. แล้วนำสารละลายที่ได้ไปใส่ในบิวเรต

1 นำ flask ใส่สารละลาย Fehling's A และ B อย่างละ 5 ml.

2 ใส่ glasbit 2-3 เม็ด

3 นำไปต้มบน hot plate จนเดือด เติม methylene blue 2-3 หยด

4 ไตเตรตขณะร้อน จนถึงจุดยุติได้สีแดงอิฐ บันทึกผล

5 คำนวณเปอร์เซ็นต์ Total sugar จากสมการ

$$\%\text{Total sugar} = \frac{F \times 100 \times 250 \times 250}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง} \times \text{ปริมาณของสารละลายตัวอย่างที่ใช้ไตเตรท}}$$

3.3.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย

3.3.3.1 การวัดความหวาน (%Brix)

1 นำตัวอย่างที่เป็นสารละลาย (ผลิตภัณฑ์ 5 กรัม : น้ำ 100 มล.) หยดลงบนแผ่นปริซึม

2 ปิดฝาครอบลงบนแผ่นปริซึม

3 สังเกตลำแสงหักเหจากปริซึม เพื่ออ่านค่าบนสเกล บันทึกผล

3.3.3.2 การวัดความเป็นกรด-เบส (pH)

1 วัดด้วยเครื่อง pH meter

2 Calibrate ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ pH 7.0 และ 4.0 ตามลำดับ

3 ล้างหัววัดด้วยน้ำกลั่น แล้วเช็ดให้แห้งก่อนการวัดสารละลายตัวอย่าง

4 วัดค่า pH โดยการแกว่งหัววัดเบาๆ เมื่อค่า pH หยุดนิ่งประมาณ 10 วินาที บันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.3 การวัดปริมาณความชื้น

1 นำถ้วยอลูมิเนียมไปอบไล่ความชื้น ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2 นำออกจากตู้อบ ใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (4 ตำแหน่ง) (w)

3 ใส่ตัวอย่างที่บดแล้ว ประมาณ 3-5 กรัม ลงในถ้วยอลูมิเนียมแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (w1)

4 นำเข้าอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เสร็จแล้วใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (w2)

5 คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นของอาหาร จากสมการ

$$\text{ความชื้น}(\%) = \frac{\text{น้ำหนักอาหารเริ่มต้น}(w-w1) - \text{น้ำหนักอาหารแห้ง}(w-w2)}{\text{น้ำหนักอาหารเริ่มต้น}(w-w1)} \times 100$$

3.3.3.4 การวัดสีด้วย Chroma Meter (Minolta CR-400)

1 Calibrate หัววัดด้วยแผ่นรองสีขาว

2 วัดสีตัวอย่าง ด้วยหัววัด

3 อ่านค่า L*, a*, b* บนจอแสดงผล

3.3.3.5 การวัดอัตราการละลาย

1 นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์

2 เติมน้ำ 100 มล. โดยทดสอบที่อุณหภูมิน้ำเย็น (2 องศาเซลเซียส), น้ำธรรมดา (27 องศาเซลเซียส) และน้ำร้อน (80 องศาเซลเซียส) ตามลำดับ

3 จับเวลาในการละลาย

4 ใช้แท่งแก้วคนตัวอย่างไปเรื่อย ๆ จนตัวอย่างละลายหมด

5 บันทึกผล

3.3.3.6 การทดสอบชิม (Sensory)

1 ทำการ sensory การยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คน

2 ทำแบบทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค ด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น และความชอบโดยรวม โดยใช้การทดสอบแบบ Hedonic scale test แบบ 5 ระดับ (เมื่อ 1 = ไม่ชอบ, 2 = ชอบเล็กน้อย, 3 = ชอบปานกลาง, 4 = ชอบมาก, 5 = ชอบมากที่สุด)

3 วิเคราะห์ผลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS คำนวณผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย

ในขั้นตอนการตกผลึกด้วยน้ำตาลทราย โดยทำการทดลองหาปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในการตกผลึกที่เหมาะสมที่สุด ที่ 40% 50% 60% และ 70% ตามลำดับ

เมื่อทำการทดลองแล้วเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่าปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในการตกผลึกที่เหมาะสมที่สุด คือ 50% เพราะว่าต้องการให้สัดส่วนของลำไยที่ใช้ในผลิตภัณฑ์มีปริมาณมากที่สุด ซึ่งที่ 40% ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเหนียว ไม่สามารถขึ้นรูปได้ แต่ที่ 50% ผลิตภัณฑ์สามารถขึ้นรูปได้ และจับตัวกันได้ดี ส่วนที่ 60% และ 70% ผลิตภัณฑ์สามารถขึ้นรูปได้ และจับตัวเป็นก้อนได้ดี แต่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสัดส่วนของปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในการตกผลึกมากกว่า ปริมาณสัดส่วนลำไยที่ใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.1 และ 4.2

ภาพที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย โดยทำการทดลองหาปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในการตกผลึกที่ 40% 50% 60% และ 70% ตามลำดับ

ภาพที่ 4.2 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด(ซ้าย) และแบบผสมเมล็ด(ขวา) ตกผลึกที่ 50%

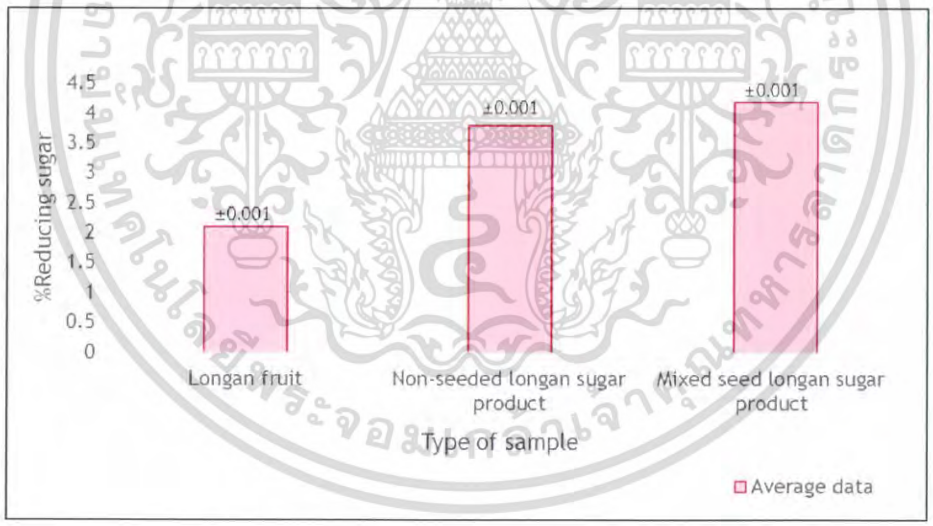
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลในเนื้อลำไย และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย

ผลการทดลองหา Reducing sugar และ Total sugar ในตัวอย่างคือเนื้อลำไยสด ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด แสดงดังตารางที่ 4.1 และแผนภูมิแสดง %Reducing sugar และ %Total sugar เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง แสดงดังภาพที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงข้อมูลเฉลี่ย %Reducing sugar และ %Total sugar ของตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ผลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

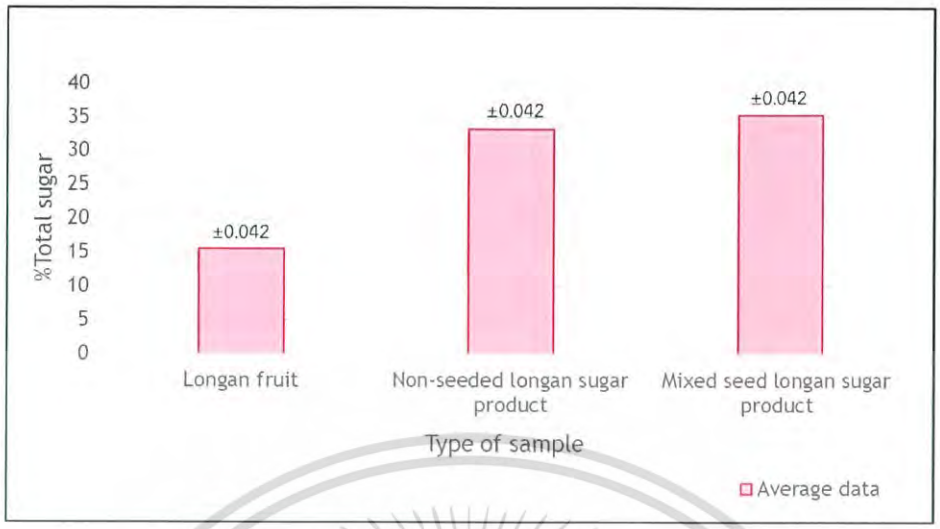
ผลิตภัณฑ์	%Reducing sugar (เฉลี่ย)	%Total sugar (เฉลี่ย)
เนื้อลำไยสด	2.09±0.001	15.63±0.042
ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด	3.80±0.001	33.20±0.042
ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด	4.19±0.001	35.40±0.042



ภาพที่ 4.3 แผนภูมิแสดง %Reducing sugar เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง

จากการทดลองพบว่า %Reducing sugar ของเนื้อลำไยสดเท่ากับ 2.09±0.001 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ดเท่ากับ 3.80±0.001 และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ดเท่ากับ 4.19±0.001 ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด มีเปอร์เซ็นต์ Reducing sugar สูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 แผนภูมิแสดง %Total sugar เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง

จากการทดลองพบว่า %Total sugar ของเนื้อลำไยสดเท่ากับ 15.63±0.042 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ดเท่ากับ 33.20±0.042 และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ดเท่ากับ 35.40±0.042 ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด มีเปอร์เซ็นต์ Total sugar สูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ

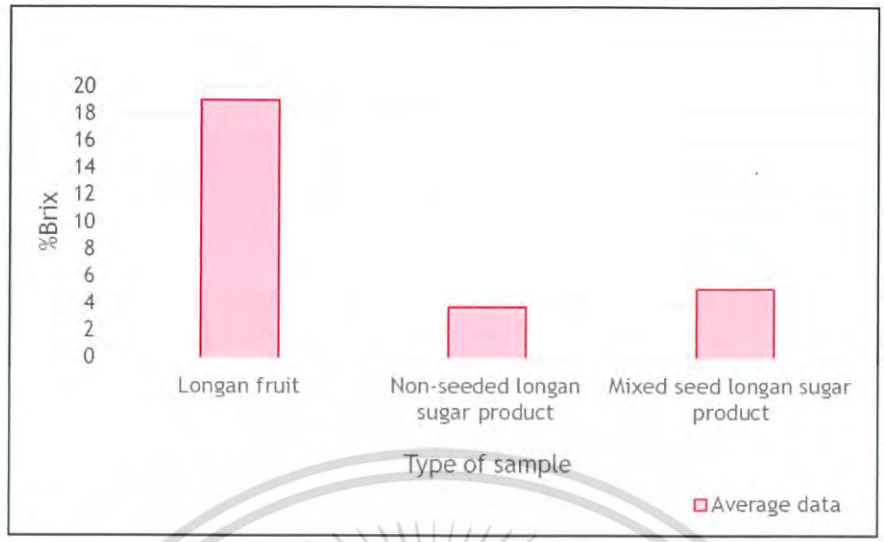
4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย

4.3.1 ผลการทดลองการวิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย โดยการวัดความหวาน (%Brix) การวัดปริมาณความชื้น และการวัดความเป็นกรด-เบส (pH) แสดงดังตารางที่ 4.2 และแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง แสดงดังภาพที่ 4.5, 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงข้อมูลเฉลี่ย ค่าความหวาน (%Brix) ปริมาณความชื้น และค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ผลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

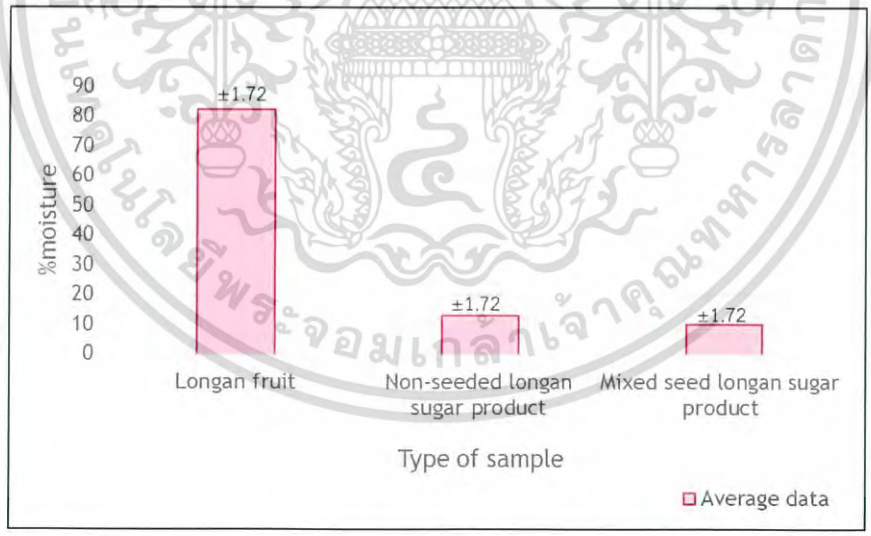
ผลิตภัณฑ์	ค่าความหวาน (เฉลี่ย)	ปริมาณความชื้น (เฉลี่ย)	ค่าความเป็นกรด-เบส (เฉลี่ย)
เนื้อลำไยสด	19.00±0.001	82.20±1.72	6.80±1.67
ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด	3.80±0.001	13.09±1.72	6.68±1.67
ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด	5.10±0.001	10.16±1.72	6.29±1.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 แผนภูมิแสดงค่าความหวาน (%Brix) เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง

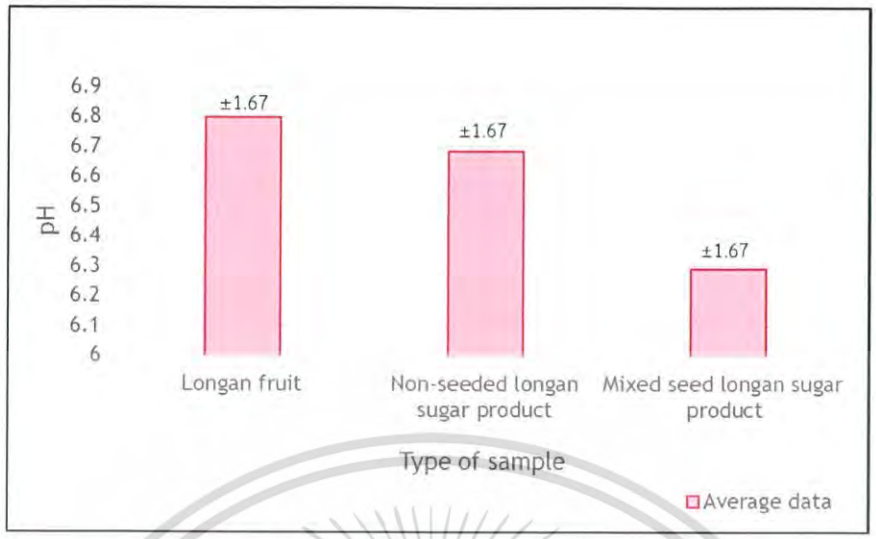
จากการทดลองพบว่า ค่าความหวาน (%Brix) ของเนื้อลำไยสดเท่ากับ 19.00±0.001 และตัวอย่างที่เป็นสารละลาย (ผลิตภัณฑ์ 5 กรัมต่อน้ำ 100 มล.) ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ดเท่ากับ 3.80±0.001 และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ดเท่ากับ 5.10±0.001 ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด มีเปอร์เซ็นต์ความหวานน้อยกว่าเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด



ภาพที่ 4.6 แผนภูมิแสดงปริมาณความชื้นในอาหาร เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง

จากการทดลองพบว่า ปริมาณความชื้นในอาหารของเนื้อลำไยสดเท่ากับ 82.20±1.72 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ดเท่ากับ 13.09±1.72 และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ดเท่ากับ 10.16±1.72 ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด มีปริมาณความชื้นในอาหารน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 แผนภูมิแสดงค่าความเป็นกรด-เบส (pH) เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง

จากการทดลองพบว่า ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของเนื้อลำไยสดเท่ากับ 6.80±1.67 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ดเท่ากับ 6.68±1.67 และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ดเท่ากับ 6.29±1.67 ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด มีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) น้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ

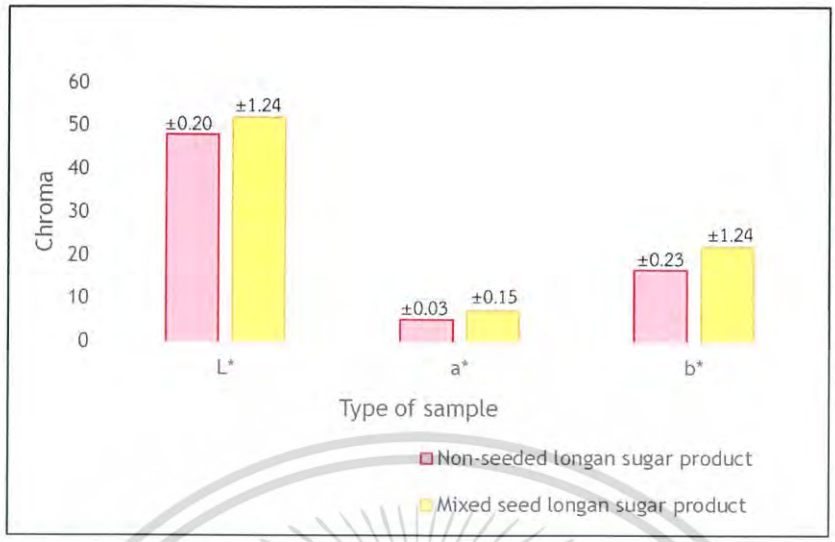
4.3.2 ผลการทดลองการวิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย โดยการวัดสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย ด้วย Chroma Meter (Minolta CR-400) แสดงดังตารางที่ 4.3 และแผนภูมิแสดงค่าการวัดสี L* a* b* เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่างทั้ง 2 ตัวอย่าง แสดงดังภาพที่ 4.8

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าการวัดสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย ด้วย Chroma Meter (Minolta CR-400) โดยวิเคราะห์ผลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลิตภัณฑ์	L* (เฉลี่ย)	a* (เฉลี่ย)	b* (เฉลี่ย)
ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด	48.09±0.20	5.29±0.03	16.78±1.24
ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด	51.91±1.24	7.30±0.15	21.99±1.24

จากการทดลอง ค่าการวัดสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์ โดยแสดงผล L* a* b* ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด L* = 48.09±0.20, a* = 5.29±0.03, b* = 16.78±1.24 และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด L* = 51.91±1.24, a* = 7.30±0.15, b* = 21.99±1.24 ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด มีค่าการวัดสี L* a* b* ที่มากกว่า แสดงว่ามีสีของผลิตภัณฑ์ที่เข้มกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 แผนภูมิแสดงค่าการวัดสี L* a* b* เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่างทั้ง 2 ตัวอย่าง

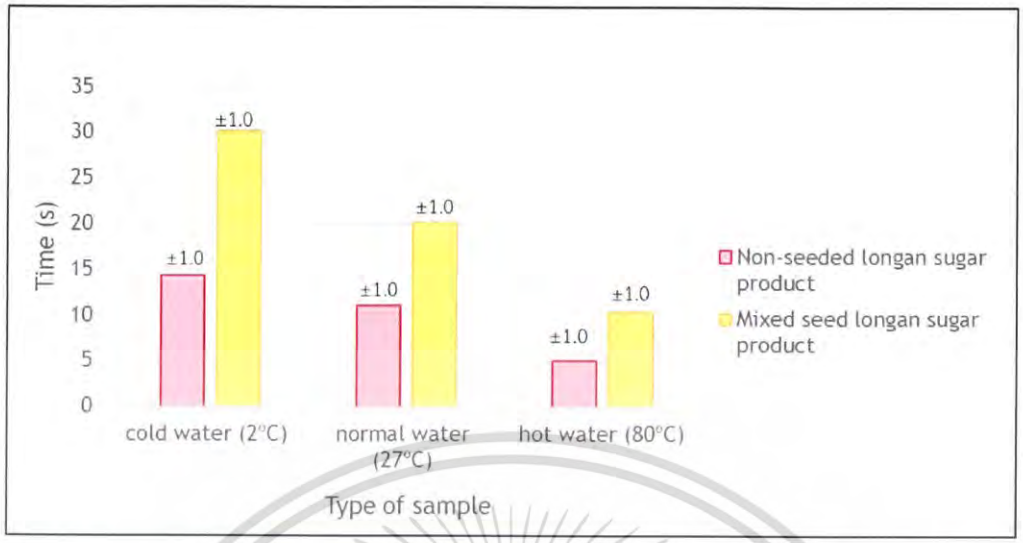
4.3.3 ผลการทดลองการวิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย โดยการวัดอัตราการละลาย แสดงดังตารางที่ 4.4 และแผนภูมิแสดงการละลายของผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่างทั้ง 2 ตัวอย่าง แสดงดังภาพที่ 4.9

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการละลายของผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิน้ำเย็น (2 °C), น้ำธรรมดา (27 °C) และน้ำร้อน (80 °C) ตามลำดับ

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	
	ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย แบบไม่ผสมเมล็ด	ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย แบบผสมเมล็ด
น้ำเย็น (2 °C)	14.31±1.0	30.19±1.0
น้ำธรรมดา (27 °C)	11.09±1.0	20.12±1.0
น้ำร้อน (80 °C)	5.10±1.0	10.44±1.0

จากการทดลองพบว่า การละลายของผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด ที่อุณหภูมิดังกล่าวใช้ระยะเวลาในการละลายน้อยกว่า ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด ทั้ง 3 อุณหภูมิ แสดงว่าผลิตภัณฑ์สามารถละลายได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 แผนภูมิแสดงการละลายของผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของตัวอย่างทั้ง 2 ตัวอย่าง

4.3.4 ผลการทดลองการวิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Sensory) ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย ทดสอบทางด้าน ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น ความชอบโดยรวม โดยวิธี Hedonic scale ชนิด 5 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Sensory) โดยผู้ทดสอบ 30 คน วิเคราะห์ผลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลักษณะ	ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย แบบไม่ผสมเมล็ด	ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย แบบผสมเมล็ด
ลักษณะปรากฏ	4.03±0.71	3.93±0.86
เนื้อสัมผัส	3.90±0.75	3.80±0.80
รสชาติ	3.67±1.12	3.80±0.96
กลิ่น	3.70±1.05	3.77±0.72
ความชอบโดยรวม	3.93±0.94	3.90±0.71

จากการทดลองการยอมรับของผู้ทดสอบชิมพบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) กล่าวคือ จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิม 30 คน ผลิตภัณฑ์ทั้งสองตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) จึงถือได้ว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสองตัวอย่างไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 การแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในการตกผลึกที่เหมาะสมที่สุด คือ 50% ผลิตภัณฑ์สามารถขึ้นรูปได้ และจับตัวกันได้ดี

5.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลในเนื้อลำไย และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด มีเปอร์เซ็นต์ Reducing sugar และเปอร์เซ็นต์ Total sugar สูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ

5.1.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด มีเปอร์เซ็นต์ความหวานน้อยกว่า แต่สามารถละลายได้ดีกว่า เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด และมีปริมาณความชื้นในอาหาร ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) น้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ ส่วนผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด มีค่าการวัดสี L* a* b* ที่มากกว่า แสดงว่ามีสีของผลิตภัณฑ์ที่เข้มกว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด และในการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิม 30 คน พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสองตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \geq 0.05$) จึงถือได้ว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสองตัวอย่างไม่แตกต่างกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอนาคต คาดว่าการตกผลึกน้ำตาลลำไยจะทำการทดลองเปลี่ยนจากน้ำตาลทรายที่ใช้ในการตกผลึกเป็นอย่างอื่นทดแทน เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ตอบโจทย์ในเรื่องสุขภาพมากยิ่งขึ้น

5.2.2 ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอนาคต คาดว่าจะทำการทดลองศึกษาสารสกัดในเมล็ดลำไย และคุณค่าทางอาหารเมื่อนำมาใส่ผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางเภสัชให้กับผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กระทรวงการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. 2555. ลำไย ผลไม้ทรงคุณค่า. กรุงเทพฯ: กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2556. รายละเอียดเครื่องมือ (EQUIPMENT DETAIL). กรุงเทพฯ:

กระทรวงสาธารณสุข. 2530. คุณค่าทางอาหารในส่วนที่กินได้. กรุงเทพฯ: กองโภชนาการ กรมอนามัย.

กระทรวงสาธารณสุข. 2544. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กรุงเทพฯ: กองโภชนาการ กรมอนามัย.

จิตรา สิงห์ทอง และ ชุติมา ทองแก้ว. 2548. ปฏิบัติการเคมีอาหาร (Food Chemistry Laboratory). อุบลราชธานี: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2550. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิทิต วัณนาวิบูล. 2528. ลำไย ยาบำรุงธรรมชาติ. นิตยสารหมอชาวบ้าน. เล่มที่: 77-006.

ศูนย์วิจัยเศรษฐกิจและพยากรณ์ทางการเกษตร. 2560. ปัญหาผลผลิตลำไยล้นตลาด ราคาตกต่ำ. เชียงใหม่: คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม. 2561. การส่งออกผักผลไม้สด แช่เย็น แช่แข็ง และแห้ง เดือนมกราคม 2561. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ.

สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2556. การปลูกลำไย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรัญญา ศรีบุศราคัม. 2555. ลำไย คุณค่าที่มากกว่าความหวาน. กรุงเทพฯ: สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทประสาทสัมผัส

ก.1 แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

ชื่อ-นามสกุล.....

เพศ.....

อายุ.....

อาชีพ.....

หมายเหตุ การทดสอบนี้เป็นการทดสอบผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย โดยมีตัวอย่าง 2 ตัวอย่างที่แตกต่างกัน ซึ่งตัวอย่างที่ 1 (รหัส 819) เป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด และตัวอย่างที่ 2 (รหัส 981) เป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด โดยระดับการให้คะแนนเป็นดังนี้

คะแนน 1 = ไม่ชอบ คะแนน 2 = ชอบเล็กน้อย คะแนน 3 = ชอบปานกลาง

คะแนน 4 = ชอบมาก คะแนน 5 = ชอบมากที่สุด

ตารางที่ ก.1 แบบทดสอบชิมผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย

ผลิตภัณฑ์	819	981
ลักษณะปรากฏ		
เนื้อสัมผัส		
รสชาติ		
กลิ่น		
ความชอบโดยรวม		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ตารางทางสถิติ

ข.1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล Reducing sugar และ Total sugar

คำนวณผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS คำนวณผล ปริมาณน้ำตาล Reducing sugar และ Total sugar ของเนื้อลำไย (1) ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด (2) และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด (3) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข.1 ตารางทางสถิติแสดง %Reducing sugar

Reducingsugar

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
1	3	2.098200		
2	3		3.800100	
3	3			4.196433
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .001.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

ตารางที่ ข.2 ตารางทางสถิติแสดง %Total sugar

Totalsugar

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
1	3	15.630700		
2	3		33.205600	
3	3			35.404600
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .042.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย

คำนวณผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS คำนวณผล ค่าความหวาน (%Brix) ปริมาณความชื้น และค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของเนื้อลำไย (1) ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด (2) และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด (3) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข.3 ตารางทางสถิติแสดงค่าความหวาน (%Brix)

trt

Dependent Variable: Brix

trt	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	19.000	.000	19.000	19.000
2	3.800	.000	3.800	3.800
3	5.100	.000	5.100	5.100

ตารางที่ ข.4 ตารางทางสถิติแสดงปริมาณความชื้น

MC

Duncan[a,b]

trt	N	Subset	
		1	2
3	3	10.164000	
2	3	13.092433	
1	3		82.205933
Sig.		.052	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 1.721.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 ตารางทางสถิติแสดงค่าความเป็นกรด-เบส (pH)

pH

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
3	3	6.2933		
2	3		6.6867	
1	3			6.8000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 1.67E-005.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

คำนวณผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS คำนวณผล ค่าการวัดสีด้วย Chroma Meter (Minolta CR-400) และการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิม 30 คน (Sensory) ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด (1) และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด (2) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข.6 ตารางทางสถิติแสดงค่าการวัดสีด้วย Chroma Meter (Minolta CR-400)

Group Statistics

	trt	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
L	1	3	48.0967	.35796	.20667
	2	3	51.9100	2.15270	1.24286
a	1	3	5.2933	.06351	.03667
	2	3	7.3033	.27154	.15677
b	1	3	16.7800	.39837	.23000
	2	3	21.9900	2.16111	1.24772

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 ตารางทางสถิติแสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิม 30 คน (Sensory)

Group Statistics

	trt	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
App	1	30	4.03	.718	.131
	2	30	3.93	.868	.159
Texture	1	30	3.90	.759	.139
	2	30	3.80	.805	.147
Flavor	1	30	3.67	1.124	.205
	2	30	3.80	.961	.176
Smell	1	30	3.70	1.055	.193
	2	30	3.77	.728	.133
Total	1	30	3.93	.944	.172
	2	30	3.90	.712	.130

ตารางที่ ข.8 ตารางแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ ของการประเมินผลทางประสาทสัมผัส

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
App	Equal variances assumed	.687	.411	.486	58	.629	.100	.206	-.312	.512
	Equal variances not assumed			.486	56.034	.629	.100	.206	-.312	.512
Texture	Equal variances assumed	.721	.399	.495	58	.622	.100	.202	-.304	.504
	Equal variances not assumed			.495	57.798	.622	.100	.202	-.304	.504
Flavor	Equal variances assumed	1.962	.167	-.494	58	.623	-.133	.270	-.674	.407
	Equal variances not assumed			-.494	56.631	.623	-.133	.270	-.674	.408
Smell	Equal variances assumed	2.328	.132	-.285	58	.777	-.067	.234	-.535	.402
	Equal variances not assumed			-.285	51.501	.777	-.067	.234	-.536	.403
Total	Equal variances assumed	.403	.528	.154	58	.878	.033	.216	-.399	.466
	Equal variances not assumed			.154	53.915	.878	.033	.216	-.400	.466

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ภาพประกอบการทดลอง

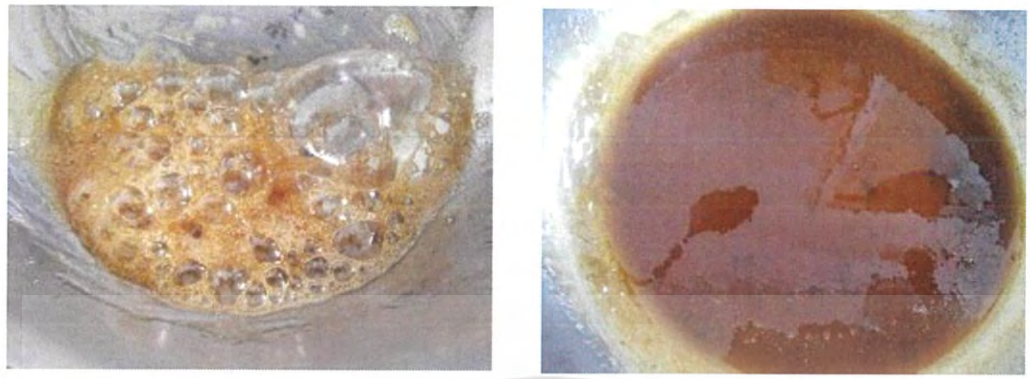
ค.1 การแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย

ภาพที่ ค.1.1 การเตรียมตัวอย่างเนื้อลำไย

ภาพที่ ค.1.2 การคั้นแยกกาก โดยกรองด้วยผ้าขาวบาง

ภาพที่ ค.1.3 การระเหยน้ำออก ด้วยการให้ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



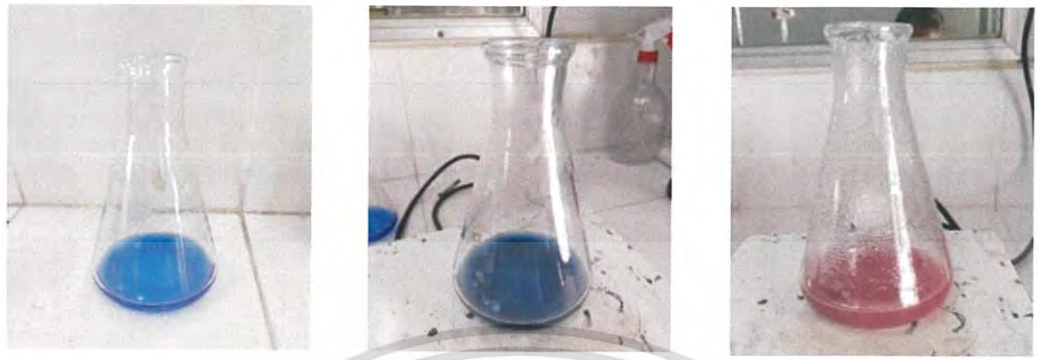
ภาพที่ ค.1.4 การตกผลึกด้วยน้ำตาลทราย

ภาพที่ ค.1.5 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดยเทใส่แม่พิมพ์

ภาพที่ ค.1.6 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลในเนื้อลำไย และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย

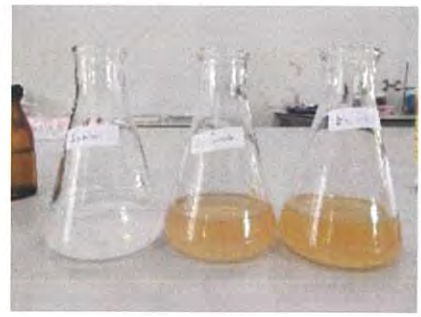


ภาพที่ ค.2.1 การหาค่ามาตรฐานของสารละลาย Fehling's โดยการไตเตรทขณะร้อน แสดงภาพสารละลายก่อนไตเตรท (ซ้าย), สารละลายไตเตรทขณะร้อน (กลาง) และสารละลายที่จุดยุติสีแดงอิฐ (ขวา) ตามลำดับ

ภาพที่ ค.2.2 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง ลำไยสด (ซ้าย), ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด (กลาง), และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด (ขวา) ตามลำดับ สำหรับใช้ในการหาปริมาณ Reducing sugar และ Total sugar

ภาพที่ ค.2.3 การนำสารละลายตัวอย่าง ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปต้มให้เดือดประมาณ 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค.2.4 การเติม 10% Neutral lead acetate solution และ 10% Potassium oxalate solution

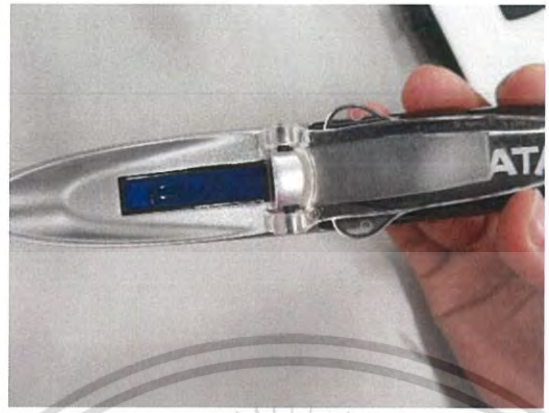
ภาพที่ ค.2.5 ตะกอนของสารละลาย ที่กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด (ซ้าย), ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด (กลาง) และลำไยสด (ขวา) ตามลำดับ

ภาพที่ ค.2.6 สารละลายปริมาตร 250 ml. ที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด (ซ้าย), ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด (กลาง) และลำไยสด (ขวา) ตามลำดับ

ภาพที่ ค.2.7 สารละลายไตเตรทขณะร้อน ที่จุดยุติจะได้สีแดงอิฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไย



ภาพที่ ค.3.1 การวัดค่าความหวาน (%Brix)

ภาพที่ ค.3.2 การเตรียมตัวอย่างสำหรับหาปริมาณความชื้นในอาหาร

ภาพที่ ค.3.3 การชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งแบบ 4 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ค.3.4 การอบตัวอย่าง ด้วยตู้อบลมร้อน

ภาพที่ ค.3.5 การวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ด้วยเครื่อง pH meter

ภาพที่ ค.3.6 การวัดสีด้วย Chroma Meter (Minolta CR-400)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ค.3.7 การวัดการละลายของผลิตภัณฑ์ โดยการจับเวลาในการละลาย

ภาพที่ ค.3.8 การเตรียมตัวอย่าง สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิม 30 คน (Sensory)

ภาพที่ ค.3.9 ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบไม่ผสมเมล็ด (819) และผลิตภัณฑ์น้ำตาลลำไยแบบผสมเมล็ด (981)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	อรุณวาตรี อยู่คง
วัน เดือน ปี เกิด	4 ธันวาคม 2539
ประวัติการศึกษา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน	ฝึกงานบริษัท กรไทย จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้