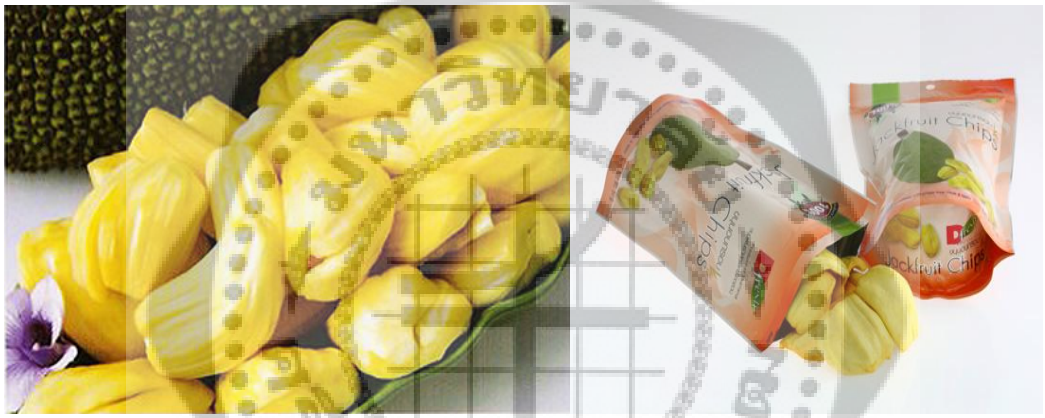
รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การแยกและวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทีฮาโลสและไซโกสจากผลขนุน

Separation and Analysis Content of Trehalose and Psicose Sugar from Jackfruit



โดย

รองศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ม่วงไทย

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

2554

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยก น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโทส น้ำตาลทีฮาโลส และ น้ำตาลไซโกส โดยใช้เทคนิคทินแลร์โครมาโทกราฟี ซึ่งได้ทำการทดลองใช้ระบบตัวโมไบล์เฟสระบบ ที่ใช้ศึกษา 5 ระบบ และพบว่า การทดลองแยกน้ำตาลทั้ง 4 ชนิดควรทำในระบบที่ 3 คือ $CH_3COOC_2H_5$:CH_3COOH:MeOH:H_2O ในอัตราส่วน 6:2:1:1 ซึ่งตรวจสอบผลบนโครมาโทแกรมด้วยสารละลาย 20 % กรดซัลฟิวริก เมื่อได้สภาวะที่จะตรวจสอบทางคุณภาพวิเคราะห์หาชนิดน้ำตาลจากส่วนต่างๆของขนุน พบว่า ในส่วนต่างๆของขนุน ตรวจพบน้ำตาลต่างๆ ในส่วนเนื้อของขนุนที่เราบริโภค พบน้ำตาล 2 ชนิด คือ น้ำตาลทีฮาโลสและน้ำตาลฟรุกโทส ส่วนของเปลือกและซังตรวจก็พบน้ำตาล 2 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลไซโกส แต่ในส่วนของเมล็ดขนุน พบเฉพาะน้ำตาลกลูโคส

เมื่อได้ทำการแยกน้ำตาลแต่ละชนิดจากจุดที่แยกได้โดยทำ preparative TLC เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิดด้วยวิธีแอนโทรนเทียบกับกราฟมาตรฐานของน้ำตาลแต่ละชนิด ซึ่งพบ น้ำตาลทีฮาโลส ในส่วนเนื้อขนุนมากถึง 11.50 $\pm$ 0.36 % ในส่วนเปลือกและซังก็พบน้ำตาลหายากไซโกสในปริมาณ 2.21 $\pm$ 0.11 และ 1.21$\pm$ 0.18 % ตามลำดับ จากการศึกษาปัจจัยระยะเวลาและอุณหภูมิในการให้ความร้อนกับเนื้อขนุนที่ต้มในน้ำ พบว่าแนวโน้มปริมาณน้ำตาลทีฮาโลสมีแนวโน้มลดลง เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้น และระยะเวลานานขึ้น ผลการตรวจสอบน้ำตาลหายากในผลิตภัณฑ์ขนุนที่มีจำหน่าย คือ ขนุนอบกรอบ สามารถตรวจพบ น้ำตาลทีฮาโลส 15.78 % และน้ำตาลไซโกสประมาณ 3.05 % อย่างไรก็ตามผลการทดลองนี้ พบข้อมูลที่น่าสนใจ เกี่ยวกับ ผลการแปรรูปเนื้อขนุนด้วยการให้ความร้อนแบบอบลมร้อน พบว่า น้ำตาลที่พบคือทีฮาโลสสามารถทำให้มีปริมาณสูงขึ้นได้ เนื่องจากการอบกรอบ จัดเป็นการทำแห้งตามขบวนการแปรรูปอาหารทำให้เพิ่มปริมาณน้ำตาลไซโกสได้ ทั้งที่ในเนื้อขนุนสดมีปริมาณน้ำตาลไซโกสน้อยมาก

Abstract

In this research , the appropriate conditions on separation of glucose , fructose, trehalose and psicose sugars were studied by Thin layer Chromatography using 5 developing solvent systems. The results showed that the system no 3 as $CH_3COOC_2H_5$:CH_3COOH :MeOH : H_2O (6:2:1:1) was the best system for separation 4 sugars with using 20% sulphuric acid for spot detection. The application of the appropriate system on detection sugar type in each part of jackfruit found that fresh mass fruit contained both trehalose and fructose , jackfruit peel and stringy pulp contained both glucose and psicose and seed contained only glucose sugar. After separation by preparative TLC and analyse their contents by Anthrone method compare with each standard sugar, the results presented that fresh mass fruit contained 11.50 $\pm$ 0.36 % of trehalose sugar and jackfruit peel and stringy pulp contained 2.21 $\pm$ 0.11 and 1.21$\pm$ 0.18 % of psicose, respectively.The effect of heating time and temperature on fresh mass fruit by bolied in water were also studied and found that trehalose content trend to reduce depend on both factors. The result on analysis of rare sugar in jackfruit product sold in market as jackfruit chip, showed that jackfruit chip contained 15.78 % of trehalose sugar and 3.05% of psicose sugar. However, the interested result from this research was presented that trehalose and psicose sugar content in processed jackfruit could be increased by hot air oven drying, since psicose could not be detected in fresh mass fruit.

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอขอบคุณฝ่ายวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตรที่ได้อนุมัติเงินทุนจากงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัย ประจำปี 2553 เป็นเงินทุนอุดหนุนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้จนทำให้คณะผู้วิจัยมีปัจจัยหลักทางทุนทรัพย์ที่ทำให้สามารถดำเนินงานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือทางเคมี ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการเคมี ที่มีส่วนช่วยงานด้านเครื่องมือเคมี

รศ.ดร.พรพิมล ม่วงไทย

ผู้วิจัย

มิถุนายน 2554

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ……ก

ABSTRACT……ข

ประกาศคุณูปการ……ค

สารบัญ……ง

บัญชีตาราง……จ

บัญชีรูป ……ฉ

บัญชีรูปภาคผนวก ……ช

บทที่ 1…บทนำ……1

บทที่ 2…เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……3

บทที่ 3…วิธีดำเนินการวิจัย……13

สารเคมีตัวอย่าง…… 11

สารตัวอย่าง…… 11

อุปกรณ์ เครื่องมือ……16

วิธีทดลอง……16

บทที่ 4…ผลการวิเคราะห์ข้อมูล……15

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ……25

บรรณานุกรม……30

ภาคผนวก……33

ประวัติย่อหัวหน้าโครงการ……42

บัญชีตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ชนิดน้ำตาลที่ตรวจพบในส่วนต่าง ๆของขนุน	21
2	ปริมาณน้ำตาลรวมในขนุนส่วนต่าง ๆ	22
3	ปริมาณน้ำตาลชนิดต่าง ๆในขนุนส่วนต่าง ๆ	22
4.	ปริมาณน้ำตาลชนิดต่าง ๆในขนุนและผลิตภัณฑ์ขนุน	24

บัญชีรูป

รูปที่		หน้า
1	โครงสร้างน้ำตาลทีฮาโลส	8
2	โครงสร้างน้ำตาลไซโกส	10
3	โครมาโทแกรมของสารละลายน้ำตาลมาตรฐานและตัวอย่างขนุนที่ทดลองในระบบที่ 1.	16
4	โครมาโทแกรมของสารละลายน้ำตาลมาตรฐานและตัวอย่างขนุนที่ทดลองในระบบที่ 2	16
5	โครมาโทแกรมของสารละลายน้ำตาลมาตรฐานและตัวอย่างขนุนที่ทดลองในระบบที่ 3	17
6	โครมาโทแกรมของสารละลายน้ำตาลมาตรฐานและตัวอย่างขนุนที่ทดลองในระบบที่ 4	17
7	โครมาโทแกรมของสารละลายน้ำตาลมาตรฐานและตัวอย่างขนุนที่ทดลองในระบบที่ 5	18
8	โครมาโทแกรมของสารละลายน้ำตาลมาตรฐานและตัวอย่างขนุนที่ทดลองในโมไบล์เฟสระบบที่ 3 โดยการแปรผันระบบย่อยอีก 13 ระบบ	19
9	ปริมาณน้ำตาลทีฮาโลสในเนื้อขนุนที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิต่างๆ	23
10	ปริมาณน้ำตาลทีฮาโลสในเนื้อขนุนที่ผ่านการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ	23

บัญชีรูปภาคผนวก

รูปภาคผนวกที่		หน้า
1	กราฟมาตรฐานของสารละลายน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน	34
2	กราฟมาตรฐานของสารละลายน้ำตาลทีฮาโลสมาตรฐาน	34
3	กราฟมาตรฐานของสารละลายน้ำตาลฟรุกโทสมาตรฐาน	35
4	กราฟมาตรฐานของสารละลายน้ำตาลไซโกสมาตรฐาน	35
5	การเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานกับแอนโทรนรีเอเจนต์	36
6	การเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายน้ำตาลทีฮาโลสมาตรฐานกับแอนโทรนรีเอเจนต์	36
7	การเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายน้ำตาลฟรุกโทสมาตรฐานกับแอนโทรนรีเอเจนต์	36
8	การเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายน้ำตาลไซโกสมาตรฐานกับแอนโทรนรีเอเจนต์	36
9	การเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายน้ำตาลที่สกัดจากเนื้อขนุนกับแอนโทรนรีเอเจนต์	37
10	โครมาโทแกรมของสารสกัดจากตัวอย่างเนื้อ และเปลือก โดยเทียบกับสารละลายน้ำตาลมาตรฐานทั้ง 4 ชนิด	37
11	โครมาโทแกรมของสารสกัดจากตัวอย่างเมล็ด และซัง โดยเทียบกับสารละลายน้ำตาลมาตรฐานทั้ง 4 ชนิด	37

บทที่ 1

บทนำ

ทีฮาโลสเป็นน้ำตาลไดแซคคาไรด์ ที่เกิดจากกลูโคส 2 โมเลกุลต่อกันด้วยพันธะ α,α-1,1 – linkage ปัจจุบันได้รับการยอมรับในหลายประเทศให้เป็นสารเติมแต่งในอาหาร เนื่องจากน้ำตาลนี้เป็นน้ำตาลที่สามารถย่อยได้ในลำไส้เล็ก อีกทั้งมีความคงตัวที่ค่า pH 3.5 -10 จัดว่าเป็นช่วงกว้าง มีความคงทนแม้จะได้รับความร้อนเป็นเวลานาน น้ำตาลนี้ยังเป็นน้ำตาลนอนรีดิวซ์จึงไม่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งจัดว่าช่วยปกป้องการเกิดสีน้ำตาลได้ น้ำตาลนี้ถูกใช้ในการชุบเคลือบอาหารทะเลแช่แข็งเพื่อใช้ประโยชน์ในการส่งออกจำหน่ายไปต่างประเทศ นอกจากนี้ยังถูกนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง โดยเป็นสารที่เพิ่มความคงตัวให้แก่ไลโปโซม สำหรับน้ำตาลไซโกสจัดเป็นน้ำตาลโมโนแซคคาไรด์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง โดยเป็น epimer ของน้ำตาลD-ฟรุกโทส ถูกจัดเป็นน้ำตาลในกลุ่มน้ำตาลหายาก หรือที่เรียกว่า rare sugar เนื่องจากพบน้อยมากในธรรมชาติ ปัจจุบันยังไม่มีจำหน่ายแพร่หลายนอกจากแหล่งที่ผลิตจากศูนย์วิจัยน้ำตาลหายากคากาว่า ประเทศญี่ปุ่นซึ่งอยู่ในระหว่างศึกษาค้นคว้าวิจัยคุณประโยชน์ของน้ำตาลนี้ จากผลการวิจัยบางส่วนเปิดเผยว่าน้ำตาลไซโกสนี้มีคุณสมบัติที่ดีในด้านการรักษาสุขภาพโดยมีผลช่วยป้องกันโรคต่างๆ ได้แก่ hyperglycemia hypercholesterolemia obesity จากการที่น้ำตาลทั้งสองชนิดเป็นน้ำตาลที่มีประโยชน์มากสามารถใช้ได้ในอุตสาหกรรมยา อาหาร การส่งออก เครื่องสำอาง ปัจจุบันน้ำตาลทั้งสองได้รับการค้นคว้าวิจัยหาวิธีการสังเคราะห์ เพื่อให้ได้น้ำตาลปริมาณมาก เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ แต่การค้นคว้าถึงปริมาณน้ำตาลในแหล่งธรรมชาติมีรายงานไม่มากนักโดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาในผลขนุนยังไม่มีรายงานการค้นคว้าเรื่องนี้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจจะศึกษาตรวจวิเคราะห์หาน้ำตาลทั้งสองชนิดในผลไม้โดยเน้นถึงผลขนุน เนื่องจากผลขนุนเป็นผลไม้ที่มีขนาดใหญ่ ให้ปริมาณเนื้อค่อนข้างมากและมีความหอมหวานพิเศษเป็นเอกลักษณ์ โดยการนำขนุนมาทำให้เกิดประโยชน์นั้น ตัวผลขนุนถูกนำมาบริโภคสด หรือที่เห็นมีจำหน่าย คือ ขนุนอบกรอบ เท่านั้น ผลผลิตแปรรูปขนุนแบบอื่นๆยังค่อนข้างจำกัด อย่างไรก็ตามจากการที่ขนุนมีความหวานมากนี้ ถ้าสามารถตรวจและวิเคราะห์น้ำตาลทั้งสองชนิด และประเมินความน่าเป็นไปได้ในการแยกน้ำตาลและทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งจะเป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงจากพืชผลทางการเกษตร

โครงการงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ศึกษาทางคุณภาพวิเคราห์ ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี ในการวิเคราะห์หาประเภทของน้ำตาลในส่วนต่างๆของผลขนุนสุก ได้แก่ เปลือกขนุน เนื้อขนุน ซังขนุน และ เมล็ดขนุน
2. ศึกษาหาปริมาณของน้ำตาลทีฮาโลส น้ำตาลไซโกส ในส่วนต่างๆของผลขนุนสุก ได้แก่ เปลือกขนุน เนื้อขนุน ซังขนุน และ เมล็ดขนุน
3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของน้ำตาล ได้แก่ ระยะเวลาการเก็บรักษาผลขนุน การแปรรูปส่วนต่างๆ
4. ศึกษาปริมาณของน้ำตาลทีฮาโลส น้ำตาลไซโกส ในผลิตภัณฑ์ขนุนที่มีจำหน่ายในท้องตลาด
5. ประเมินความเป็นไปได้ในการเตรียมน้ำตาลให้บริสุทธิ์ เพื่อใช้เป็นประโยชน์ต่อไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขนุนมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Artocarpus heterophyllus* Lam. วงศ์ MORACEAE มีชื่อสามัญ Jackfruit Tree ชื่ออื่น ๆ มะหนุน หมักหมี้ หมากลาง เป็นผลไม้ประจำชาติของบังกลาเทศ และอินโดนีเซีย ขนุนมีชื่อเรียกตามท้องถิ่นต่างๆ เช่น

- ภาคเหนือ-ใต้ เรียก ขะหนุน
- ภาคอีสาน เรียก หมักหมี้, บักมี่
- มลายู-ปัตตานี เรียก นากอ
- ชาว นครราชสีมา เรียก โนน
- เขมร เรียก ขนุน, ขะเนอ

ขนุนจัดเป็นไม้ยืนต้น ขนาดใหญ่ สูง 15 - 30 เมตร ลำต้นและกิ่งเมื่อมีบาดแผลจะมีน้ำยางสีขาวข้นคล้ายน้ำนมไหล ใบของขนุน เป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ แผ่นใบรูปรี ขนาดกว้าง 5-8 เซนติเมตร ยาว 10 - 15 เซนติเมตร ปลายใบทู่ ถึงแหลม โคนใบมน ผิวในด้านบนสีเขียวเข้มเป็นมัน เนื้อใบหนา ผิวใบด้านล่างจะสากมือ ในส่วนของดอก เป็นช่อแบบช่อเชิงสดแยกเพศอยู่รวมกัน ดอกเพศผู้เรียกว่า "ส่า" มักออกตามปลายกิ่ง ดอกเพศเมียจะออกตามกิ่งใหญ่และตามลำต้นยอดเกสรเพศเมีย เป็นหนามแหลม ส่วนของเนื้อที่รับประทานเจริญมาจากกลีบดอก ส่วนซังคือกลีบเลี้ยง ดังนั้นผลจึง เป็นผลรวมมีขนาดใหญ่ ขนุนสามารถเจริญเติบโตได้ในทุกสภาพพื้นที่ของประเทศไทย สภาพของดินที่ใช้ปลูกที่เหมาะสมควรมี pH อยู่ระหว่าง 5.5-7.5 ดินควรเป็นดินร่วน หรือร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี อายุการให้ผลจะเริ่มให้ผลเมื่ออายุประมาณ 4 ปี สามารถให้ผลต่อไปได้อย่างต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 25 ปี อายุตั้งแต่เริ่มออกดอกถึงดอกบาน 20-25 วัน หลังดอกบานผลจะแก่เมื่ออายุ 120-150 วัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นเมื่ออายุประมาณ 10 ปี อยู่ระหว่าง 25-30 ผล น้ำหนักต่อผลมีตั้งแต่ 5-50 กิโลกรัม ฤดูกาลเก็บเกี่ยวผลผลิต ถ้าเป็นขนุนในฤดูจะเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เดือน มกราคม-พฤษภาคม และถ้าเป็นขนุนนอกฤดูจะเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เดือนมิถุนายน-ตุลาคม

ขนุนมีหลายพันธุ์ ได้แก่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2527)

ขนุนพันธุ์ไพศาลทักษิณ ขนุนต้นเดิมมีเพียงต้นเดียวที่หลังพระที่นั่งไพศาลทักษิณ ซึ่งมีอายุประมาณ 140 ปี ปลูกโดยเจ้าจอมมารดาเที่ยงในพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 4 ขนุนพันธุ์นี้พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้มีพระราชดำริให้เก็บรักษาไว้โดยให้มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ดำเนินการขยายพันธุ์ร่วมกับโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาและกระทรวงมหาดไทย โดยได้รับการสนับสนุนจากกองทัพบกจัดตั้งโครงการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขึ้นในปี พ.ศ. 2527

ขนุนพันธุ์ทองสุดใจ ขนุนพันธุ์นี้เกิดจากการเพาะเมล็ดขึ้นที่รั้วบ้านของคุณ สมปอง ดวงทอง ใน จ.ปราจีนบุรี เป็นขนุนพันธุ์ดีมากพันธุ์หนึ่ง ติดผลดกมากพันธุ์หนึ่ง ดกกว่าขนุนพันธุ์ฟ้าถล่ม ลักษณะผล ผลมีรูปไข่ค่อนข้างกลม โดยมากผลมีผิวเรียบ สม่ำเสมอทั้งผล มีเบี้ยวน้อย มีซังน้อย ผลขนาดใหญ่ ผลหนักราว 8-29 กิโลกรัม หรือเฉลี่ย 20 กิโลกรัมต่อผล เปลือกผลค่อนข้างบาง ปลายหนามแหลม ยวงมีสีเหลืองคล้ายเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อผลแก่มักแตกได้ง่าย และเน่าเสียหาย เนื้อยวง ใหญ่ หนา สีเหลืองทองเข้มสวยงาม มีรสหวานปานกลาง หากฝนตกชุกช่วงติดผล เนื้อจะจืดชืดเพราะความหวานลดลง ถ้าผลสุกเต็มที่ในช่วงไม่มีฝนตก เนื้อยวงจะแห้งกรอบ รสหวานอร่อยมาก ซังมีสีเหลืองเข้ม รสหวาน เมล็ด เล็ก เมล็ดไม่งอกในผล เมื่อผลสุกเต็มที่

ขนุนพันธุ์จำปากรอบ ขนุนพันธุ์นี้มีกำเนิดในจังหวัดปราจีนบุรี มีเชื้อสายมาจากขนุนพันธุ์ตาบ๊วย เกิดจากการกลายพันธุ์ของขนุนพันธุ์ฟ้าถล่ม การติดผล ให้ผลดกปานกลาง ให้ผลในปีที่ 3 หลังการปลูก จึงจัดเป็นขนุนพันธุ์เบา ลักษณะผล ทรงผลไม่สวย ผลไม่กลม ลักษณะผลไม่เรียบร้อย เพราะมีผิวขรุขระ ผลมีขนาดใหญ่ปานกลาง น้ำหนักผลเฉลี่ยราว 12-25 กิโลกรัมต่อผล เนื้อยวง ไม่หนา เนื้อยวงของพันธุ์จำปากรอบ เมื่อผลอ่อนมีสีขาว แต่พอผลแก่ยวงจะเป็นสีจำปาเนื้อแข็งกรอบ เนื้อไม่เละแม้สุกจัด สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าพันธุ์อื่น เนื้อมีรสชาติหวานอร่อย อมเปรี้ยวเล็กน้อย มีข้อเสียบ้างคือต้องแกะยวงขณะผลแก่สุกเต็มที่เท่านั้นจึงจะรับประทานได้

ขนุนพันธุ์ป้าจือ คุณขจร จักกะพาก จ.ชลบุรี เป็นผู้เพาะเมล็ดจากต้นขนุนที่มีอายุราว 100 ปีได้ขนุนใหม่คือพันธุ์ป้าจือ การติดผล ทรงผลยาวมีจุกต้นขั้วผล ทำให้ยวงขนุนบริเวณนี้ไม่สมบูรณ์ ขนาดผลไม่ค่อยสม่ำเสมอ ผลมีขนาดเฉลี่ย 10-30 กิโลกรัมต่อผล ผิวผลมีสีเขียวอมเหลือง หนามห่าง เปลือกหนาปานกลาง ยางมาก เนื้อยวง ยาว ใกล้จุกไม่สมบูรณ์ ยวงปกติยาว 8-8.5 เซนติเมตร หนา 0.5-1.0 เซนติเมตร ยวงสีเหลืองเข้ม รสหวาน มีน้ำหนักเนื้อยวง 45 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผล ไส้เล็กซังน้อย เมล็ดเล็ก ไส้ เล็ก ซัง น้อย

ขนุนพันธุ์บ๊วยฉิมพลี มหาฉิม บุญเปี่ยม ตลิ่งชัน กทม. 10700 มหาฉิมได้นำขนุนพันธุ์นี้มาจากเพื่อนคนหนึ่ง ซึ่งมีภูมิลำเนาเดิมอยู่ที่ ต.บางคอแหลม ถนนตก ยานนาวา แล้วบอกว่าเป็นขนุนพันธุ์ตาบ๊วย แต่เป็นขนุนคนละพันธุ์กับพันธุ์ตาบ๊วยทั่วไป มหาฉิมจึงได้เพิ่มคำว่า "ฉิมพลี" รวมไปด้วย การติดผล เมื่อปลูกได้ 3 ปีเศษ มักเริ่มให้ผลตามโคนต้นหรือกิ่งใหญ่ ช่อหนึ่งมีผลมากกว่า 1 ผล มีดอกตัวผู้และใบเลี้ยงหลายใบเจริญออกมาพร้อมกับช่อดอก ออกดอกติดผลตามฤดูกาล ผลมีลักษณะกลมยาว ผิวไม่เรียบนัก ผลมีน้ำหนัก 15-30 กิโลกรัมต่อผล ผิวผลสีเหลืองปนน้ำตาล เนื้อยวง ใหญ่ซึ่งรวมกับเมล็ดได้ 10 ยวงต่อกิโลกรัม เนื้อยวงหนา รสหวานไม่มากนัก เนื้อกรอบอร่อย ไม่แฉะ เมล็ด เล็ก

ขนุนพันธุ์เหลืองบางเตย ขนุนพันธุ์นี้ต้นเดิมเป็นของกำนันประสานการะเวกอยู่ ต.บางเตย อ.สามพราน จ.นครปฐม ปกติจะเก็บเกี่ยวได้ช่วงเดือนมิถุนายน การติดผล ขนุนที่ปลูกด้วยกิ่งทาบจะให้ผลดกเมื่ออายุได้ 3 ปี หลังการปลูก ติดผลทะวายด้วย เมื่อเก็บเกี่ยวผลแล้วก็จะเห็นผลติดบนต้นอยู่เสมอ ติดผลดก เนื้อหนา สีเข้ม และรสชาติดี ติดผลตั้งแต่โคนต้นถึงยอดหรือปลายกิ่งเล็ก ก้านผลยาวประมาณ 30 เซนติเมตร ในหนึ่งก้านจะมี 1-4 ผล ลักษณะผล ผลรูปทรงไข่ ผลมีแป้วบ้าง ผลขนาดใหญ่ที่เคยพบหนัก 25 กิโลกรัมต่อผล ปกติมีน้ำหนักประมาณ 15 กิโลกรัมต่อผล ผิวผลอ่อน มีสีเขียวอมเหลือง ผลแก่จะมีสีน้ำตาลเข้ม หนามขนาดปานกลาง เปลือกหนาปานกลาง เนื้อยวง ยาวประมาณ 8-8.5 เซนติเมตร ยวงสีเหลืองจัด รสชาติหวานกรอบ ไม่เละ สามารถเก็บรักษาได้นานวัน ไส้ มีขนาดใหญ่ ซัง มีน้อยถึงปานกลาง เมล็ด ขนาดปานกลาง

ขนุนพันธุ์ศรีบรรจง ขนุนพันธุ์นี้ คุณบรรจง เตียรักษา ต.อ้อมใหญ่ อ.สามพราน จ.นครปฐม ได้ขอเมล็ดจากเพื่อนบ้านมา 30 เมล็ด จึงนำมาเพาะปลูกจึงมีการเรียกชื่อพันธุ์ว่า "ศรีบรรจง" ลักษณะผล ทรงผลกลมรี ผลขนาดปานกลาง น้ำหนักประมาณ 10-15 กิโลกรัมต่อผล ผิวเปลือกสีเขียวเข้ม หนามมีขนาดใหญ่และเรียบ เปลือกหนาปานกลาง เนื้อยวง มีรูปร่างกลมรีและหนา สีเหลืองทอง เนื้อแข็งกรอบ รสหวานจัด ซัง มีน้อย เล็ก และแคบ เมล็ด กลมเล็ก

ขนุนพันธุ์ทองประเสริฐ คุณยงยุทธ วงษ์จิราษฎร์ อยู่ที่ถนนบึง-แกลง ติดกับ หจก.เมืองแกลง เจ้าของขนุนพันธุ์ทองประเสริฐได้รับเมล็ดขนุนเนื้อดีจากเพื่อน ซึ่งเป็นขนุนจาก จ.ยะลา มีต้นหนึ่งที่เริ่มให้ผลผลิต และมีคุณภาพจึงได้ขยายพันธุ์ การติดผล เป็นขนุนพันธุ์เบา สามารถออกดอกติดผลได้เมื่ออายุ 2 ปี หลังการปลูก ให้ผลผลิตทะวายได้ ขนุนเริ่มออกดอกตั้งแต่เดือนมิถุนายน เป็นต้นมา เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ลักษณะผล ทรงกลม น้ำหนักผลเฉลี่ย 10-15 กิโลกรัมต่อผล ผิวสวย เนื้อยวง มีสีเหลืองทอง เนื้อหนา รสชาติหวาน กรอบอร่อย มีเนื้อ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผล ซัง น้อย

ขนุนพันธุ์ตาบ๊วย ตั้งชื่อตามเจ้าของ เป็นขนุนที่สืบทอดมาถึงปัจจุบัน เป็นบรรพบุรุษของขนุนหลายพันธุ์ อันเกิดจากการเพาะเมล็ดแล้วกลายพันธุ์เป็นพันธุ์ใหม่ เช่น พันธุ์ฟ้าถล่ม พันธุ์อีถ่อ และพันธุ์จำปากรอบ เป็นต้น กล่าวกันว่าต้นดั้งเดิมให้ผลขนาดใหญ่มาก มหาฉิม บุญเปี่ยม ยืนยันว่า ได้นำขนุนพันธุ์ตาบ๊วยมาจาก กม.8 ต.บางประกอก เขตราษฎร์บูรณะ ธนบุรี ต้นเดิมอายุราว 60 ปี ยอดด้วน ต้นใหญ่ เป็นพุ่มเตี้ย ใบหนาเป็นมัน การติดผล ติดผลดกตั้งแต่ 20-80 ผลต่อต้นต่อปี ลักษณะผล ผลมีรูปร่างทรงมะกอกฝรั่งหรือทรงไหกระเทียมดอง ไม่กลมนัก ผลมีขนาดที่วัดโดยรอบได้ประมาณ 110-130 เซนติเมตร ผลมีผิวเรียบ หนามใหญ่ เนื้อยวง ใหญ่ ยาว สีเหลืองปานกลาง (สีทอง) ยวงกรอบ แห้ง รสหวาน เมล็ด ใหญ่ค่อนข้างกลม ซัง สีค่อนข้างขาว ต้น มีขนาดใหญ่เป็นพุ่มเตี้ย ใบใหญ่ค่อนข้างกลม ใบหนาเป็นมันไม่ค่อยสากมือเพราะมีขนน้อย ขนุนพันธุ์นี้ทนทานดินที่เป็นกรดได้ดี

ขนุนพันธุ์ฟ้าถล่ม "ฟ้าถล่ม" ขนุนพันธุ์นี้เกิดจากขนุนผดุงจีนภักดี (สิน) ได้นำเมล็ดขนุนพันธุ์ตาบ๊วยมาจากกรุงเทพมหานคร ไปเพาะปลูกที่บ้านพัก ต.ดงหัวโชค อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี การติดผลเป็นขนุนที่ติดผลไม่ค่อยดก ให้ผลผลิตเมื่ออายุ 4 ปีหลังการปลูก ให้ผลราว 15-20 ผลต่อต้นต่อปี เมื่ออายุได้ 8-10 ปี เป็นขนุนพันธุ์หนักออกผลช้า ลักษณะผล ผลกลมยาวรีและยาวรีคล้ายรูปไข่ ค่อนข้างไปทางทรงกระบอก ผลใหญ่ ขนาดตั้งแต่ 20 กิโลกรัมขึ้นไปถึง 36 กิโลกรัม เนื้อยวง ยวงใหญ่ หนา สม่ำเสมอ ยวงสีเหลืองทอง รสหวานสนิท ยวงกรอบแม้แกะไว้ในตู้เย็น 3-7 วัน ยวงก็ยังกรอบ ซัง สีขาว มีซังปานกลาง ต้น ลำต้นสูงใหญ่มีกิ่งแตกออก ทำมุมกับลำต้นไม่กว้างหรือแคบเกินไป ทรงพุ่มโปร่ง ใบใหญ่และหนาคล้ายใบขนุนพันธุ์ตาบ๊วย

ขนุนพันธุ์ฟ้าสีทอง ขนุนพันธุ์นี้มีกำเนิดในจังหวัดปราจีนบุรี ลักษณะผล ค่อนข้างกลมคล้ายผลขนุนพันธุ์จำปากรอบ ผลมีน้ำหนักเฉลี่ย 34 กิโลกรัมต่อผล ผลมีขนาดใหญ่ เนื้อยวง หนาพอประมาณ สีเหลือง รสหวาน กรอบอร่อย แต่เนื้อไม่แน่น มีกลิ่นหอม

ขนุนพันธุ์เหรียญบาท คุณสมปอง ดวงทอง เป็นเจ้าของขนุนพันธุ์นี้ การติดผล ถ้าปลูกด้วยกิ่งทาบ ติดตา เสียบยอด จะให้ผลเมื่ออายุประมาณ 3 ปีหลังการปลูก และติดผลดกมาก ลักษณะผล ผลมีรูปทรงกลม ขนาดเฉลี่ย 7-15 กิโลกรัมต่อผล ผิวเปลือกมีสีเหลือง หนามสั้น เนื้อยวง หนา สีเหลือง รสชาติหวานแต่หวานไม่มากนัก ไส้ เล็ก ซัง สีเหลือง รับประทานได้ เมล็ด เล็ก

ขนุนพันธุ์ทองนาทวี ขนุนพันธุ์นี้เป็นของ คุณอดุลย์ เตะมาหมัด อ.นาทวี จ.สงขลา ขนุนพันธุ์นี้ให้ผลใหญ่ที่สุดในประเทศไทย การติดผล ขนุนพันธุ์นี้ติดผลดีและออกผลทะวายด้วยคือ ออกผลปีละ 2 ครั้ง คือ ราว ๆ เดือนธันวาคม ออกดอกชุดหนึ่งและออกดอกในราวเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม อีกชุดหนึ่ง ลักษณะผล มีขนาดใหญ่มาก ผลปกติมีขนาด 40-80 กิโลกรัมต่อผล เฉลี่ย 50 กิโลกรัมต่อผล เนื้อยวง โตใหญ่ยาวและหนา ยวงสีเหลือง แต่รสชาติหวานพอประมาณ เนื้อจะหวานขึ้นเมื่อผลสุกงอมเต็มที่ เมื่อเปรียบเทียบกับขนุนพันธุ์อื่น ความหวานของเนื้อยวงจะด้อยกว่ามาก เพราะผลไม้ใดก็ตามที่ผลใหญ่มาก มักจะด้อยลงในคุณภาพเสมอ

ขนุนพันธุ์เหรียญทอง ขนุนพันธุ์นี้มีถิ่นกำเนิดในภาคกลาง ปลูกมากในจังหวัดชลบุรี การติดผล ต้นที่ปลูกจากกิ่งทาบ ติดตา เสียบยอด จะให้ผลเมื่ออายุ 2 ปีครึ่ง ถึง 3 ปีครึ่ง ให้ผลดกเช่นเดียวกับพันธุ์แม่น้อยทะวาย ติดผลเฉลี่ย 30-50 ผลต่อต้นต่อปี ออกผลทะวายแต่ไม่มากนัก ติดผลตามลำต้นและกิ่งสาขาลักษณะผล รูปไข่ ผลกลมทรงกระบอก ป่องออกตรงกลางผล ผลขนาดเฉลี่ย 10-15 กิโลกรัมต่อผล ผิวสีเหลืองอ่อนหรือสีเขียวอมน้ำตาล มีหนามห่าง เปลือกผลบาง มักแตกเมื่อผลแก่ เนื้อยวง ใหญ่ยาว 6.5-7 เซนติเมตร หนา 0.5-1 เซนติเมตร รสหวานแม้ฝนชุกเนื้อยวงก็ยังหวาน มีกลิ่นหอม ยวงกรอบ ไม่เละซัง สีเหลือง มีซังน้อย ไส้ ค่อนข้างใหญ่

ขนุน เป็นผลไม้ที่มีประโยชน์แทบทุกๆ ส่วนเป็นได้ทั้งอาหาร สียอ้อม เครื่องเรือนเครื่องใช้และเป็นยา นอกจากนั้นยังมีคุณค่าความหมายทางวัฒนธรรม มีความเชื่อว่าขนุนเป็นไม้มงคลต้นหนึ่ง ที่ควรปลูกไว้ในบ้านเพื่อจะได้การสนับสนุนให้เจริญก้าวหน้า ขนุนมีคุณค่าหลายๆด้าน เพราะขนุนเป็นผลไม้สมุนไพรชนิดหนึ่ง โดยเฉพาะขนุนอ่อนมีเยื่อใยในอาหารสูงมากช่วยทำความสะอาดลำไส้ได้เป็นอย่างดี และยังช่วยในการรักษาแผลในกระเพาะอาหารและลำไส้ด้วย แต่เมื่อเป็นขนุนสุก จะมีกลิ่นหอม และมีรสหวาน ช่วยในการหล่อลื่นลำไส้ ถ้าบริโภคมากจะช่วยระบาย นอกจากนั้นคนจีนยังเชื่อว่าขนุนสุกจะช่วยแก้กระหายน้ำ แก้เมาสุรา เป็นยาบำรุงกำลังและช่วยย่อย ในส่วนเม็ดขนุนก็ยังเป็นอาหารที่มีประโยชน์ให้พลังงานมาก มีปริมาณโปรตีนสูง พร้อมทั้งมีเกลือแร่และวิตามิน คนจีนมีความเชื่อว่าเม็ดขนุนมีสรรพคุณช่วยขับน้ำนม ช่วยเพิ่มน้ำนมมารดา แต่ขนุนก็เป็นต้นไม้ที่เรามีการปรับปรุงสายพันธุ์จนมีพันธุ์ต่างๆ หลากหลาย ตามที่กล่าวข้างต้น ทำให้มีขนุนสารพัดรสชาติตั้งแต่รสหวานออกเปรี้ยว หวานกรอบหรือเนื้อบางเหนียว

ดังนั้น อาจจะกล่าวสรุปถึงสรรพคุณทางยาของขนุน ในส่วนต่างๆ ดังนี้ (เทคโนโลยีชาวบ้าน ,2549)(Baliga,M.S. et al:2011)

1. ใบ มีรสฝาดมันรักษาหนองเรื้อรัง และใบสดนำมาตำให้ละเอียดอุ่นพอกแผล
2. ราก มีรสหวานอมขม แก้ท้องร่วง แก้ไข้ แก้ธาตุน้ำกำเริบ โลหิตพิการ ฝาดสมานบำรุงกำลังและบำรุงโลหิต
3. แก่นและราก มีรสหวานอมขม บำรุงโลหิต แก้กามโรค ขับพยาธิ ระงับประสาท และแก้โรคลมชัก
4. ยาง มีรสจืด ฝาดเฝื่อน สามารถแก้อักเสบบวม แผลมีหนองเรื้อรัง แก้ต่อมน้ำเหลืองอักเสบ ขับพยาธิ และขับน้ำนม
5. เนื้อหุ้มเมล็ด มีรสหวานมันหอม บำรุงกำลัง และชูหัวใจให้ชุ่มชื่น
6. เนื้อในเมล็ด มีรสหวานมัน บำรุงน้ำนม ขับน้ำนม และบำรุงกำลัง

โดยรวมพบรายงานสรรพคุณของ การบริโภคเนื้อขนุนในด้านการเป็นอาหารที่มีสารอาหารช่วยต้านทานอาการต่างๆ (Baliga,M.S. et al:2011)ได้แก่ anti-inflammatory , antibacterial ,anticariogenic, antifungal , antineoplastic , antioxidant เป็นต้น

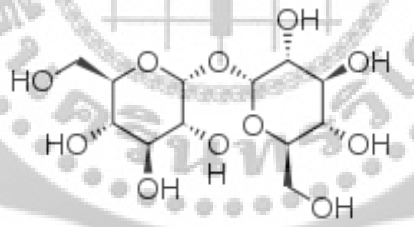
นอกจากนี้มีผลการศึกษาส่วนอื่นๆของขนุน เช่น Omar,H.S. และคณะ (2011)ได้มีรายงานผลการทดลองศึกษาความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบขนุน ที่ทดลองกับหนูทดลอง

ในภาพรวม พบว่า ขนุนทุกชนิดต่างก็อุดมด้วยสารอาหารมากมาย ทั้งโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรท แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก ตลอดจนวิตามิน ในส่วนขององค์ประกอบน้ำตาล พบว่า ในเนื้อขนุนมีน้ำตาลประมาณ 23.9 % จึงจัดว่าเป็นผลไม้ที่มีความหวานมาก ซึ่งการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลไม้ชนิดนี้ ยังไม่ได้มีรายงานมาก นอกจากรายงานสรรพคุณตามกล่าวข้างต้น ในส่วนของการศึกษาการแปรรูปขนุน ก็มีรายงาน ถึงการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ขนุนที่อยู่ในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง ขนุนอบกรอบ การนำขนุนอ่อนไปปรุงเป็นแกงเผ็ด แต่อย่างไรก็ตามพบรายงานการสกัดแป้งจากเมล็ดขนุน (Dutta,H. Et.al.2011) ยังไม่พบรายงานการศึกษาหาปริมาณน้ำตาลทีฮาโลส หรือน้ำตาลไซโกสแต่อย่างใด

ดังนั้นจึงน่าสนใจที่จะศึกษาหาน้ำตาลทีฮาโลส(trehalose)และไซโกส(psicose)ในผลขนุน ในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดน้ำตาลทั้งสองดังนี้

น้ำตาลทีฮาโลส

น้ำตาลทีฮาโลสจัดเป็นน้ำตาลน้ำตาล disaccharide ที่ต่อกันด้วยพันธะ alpha-linked ซึ่งเป็นกลูโคส 2 หน่วยต่อกันด้วยพันธะ α, α-1, 1-glucoside bond โครงสร้างของน้ำตาลดังรูปที่ 1.มีชื่อเรียกทางเคมีคือ α- D -glucopyranosyl α- D -glucopyranoside(α,α-Trehalose)



รูปที่ 1 โครงสร้างน้ำตาลทีฮาโลส

ที่มา: Kidd และ Devorak, 1994

น้ำตาลทีฮาโลส มีสูตรโมเลกุล : $C_{12}H_{22}O_{11}$ (anhydride)มีลักษณะเป็นผลึกขาว-ใส สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ที่ dehydrate มีมวลโมเลกุล 342.296 g/mol (anhydrous), 378.33 g/mol (dihydrate) จุดหลอมเหลว : 203°C (anhydrous), 97°C (dehydrate) ละลายได้ในน้ำ : 68.9 g in 100 g of water at 20°C และ ละลายในเอทานอล แต่ไม่ละลายใน diethyl ether และ benzene น้ำตาลนี้ถูกค้นพบในปี 1832 โดยนาย Wiggers ในข้าวไรท์ที่มีเชื้อรา และต่อมาในปี 1859 นาย Berthelot ได้แยกจาก trehalose manna โดยมี substance จากด้วง แล้วตั้งชื่อเป็นทีฮาโลส อย่างไรก็ตามแหล่งใหญ่ที่พบ

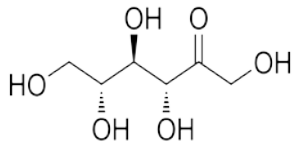
น้ำตาลทีฮาโลส คือ เห็ด (Sahar Rezvani and Shahab Shariati,2009)โดยน้ำตาลชนิดนี้จะสังเคราะห์ได้จากเชื้อรา พืช และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ทีฮาโลสที่พบในธรรมชาติ มีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับกลไกในเซลล์สิ่งมีชีวิต หลายด้าน เช่น ช่วยเรื่องการลดภาวะของเซลล์เครียด (cell stress) ช่วยปกป้องเซลล์ของสิ่งมีชีวิตไม่ให้เกิดภาวะ ชอค เนื่องจากความร้อน (heat shock) ตลอดจนแรงดันออสโมซิส(L.M. Crowe, 2002) ซึ่งทำให้พืช และสัตว์สามารถทนได้ในสภาวะที่แห้งได้ในช่วงระยะเวลานานได้

โดยคุณสมบัติเหล่านี้จะนำน้ำตาลชนิดนี้ไปใช้กับอาหาร และเครื่องสำอาง จะทำให้สามารถเก็บน้ำได้ โดยจะ form ตัวเป็นเจลเฟส จะป้องกันไม่ให้เซลล์ภายในของพืช และสัตว์ถูกทำลาย และน้ำตาลชนิดนี้ยังเป็นสาร antioxidant(Westh และ Ramlov, 1991) ทีฮาโลสเป็นน้ำตาลที่ทนต่อการ hydrolysis ด้วยกรด และ stable ที่อุณหภูมิสูง (ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด)แต่จะสามารถแตกออก โดยเอนไซม์ trehalase น้ำตาลนี้มีความหวานเพียง 45% ของน้ำตาลซูโครส ละลายได้น้อยกว่าซูโครส (ยกเว้นที่อุณหภูมิ 80ºC) (Roser,1991) เมื่อได้รับความร้อนจะไม่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล น้ำตาลนี้จึงมีประโยชน์ในหลายๆอุตสาหกรรม เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็ง โดยใช้ชุบอาหารทะเล แช่แข็งเพื่อรักษาผิวเซลล์ของอาหารเพื่อการส่งออก (Paiva และ Panek, 1996) เพราะน้ำตาลทีฮาโลสช่วยถนอมผิวเซลล์ไม่ให้เกิดความเสียหาย(Kidd และ Devorak, 1994)(Roserและ Caloco,1993) เพราะมีรายงานว่าน้ำตาลนี้ช่วยจับกับโปรตีนให้คงตัวได้(Arakawa และ Timasheff, 1982) นอกจากนี้น้ำตาลทีฮาโลสยังช่วยเพิ่มความคงตัวของไลโปโซมในเครื่องสำอาง(Patist และ Zoerb,2005)

เนื่องจากน้ำตาลทีฮาโลสมีประโยชน์มากในระยะแรกที่มีการค้นพบต้องทำการแยกผลผลิตน้ำตาลทีฮาโลสจากยีสต์ แต่ก็ได้ผลน้อย(Cabib และ Leloir, 1957) ปัจจุบันได้มีการศึกษากรรมวิธีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมในปี 1994 (Higashiyama,2002) ซึ่งผลิตโดยใช้แป้งเป็นสารตั้งต้น โดยการใช้เอนไซม์isomerase. ในปัจจุบันน้ำตาลนี้ได้รับการยอมรับให้เป็นสารเติมแต่งในอาหารโดยสมาคมยุโรป อเมริกา(Kidd และ Devorak, 1994)

น้ำตาลไซโกส

สำหรับน้ำตาลไซโกส เป็นน้ำตาลโมโนแซคคาไรด์ที่เป็นสารอิพิเมอร์ของน้ำตาลฟรุกโทส มีชื่อทางเคมี ว่า D-ribo-2-hexulose, มีโครงสร้างตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างน้ำตาลไซโกส

ที่มา: Matsuo .T, และคณะ (2002)

ไซโกสเป็นน้ำตาลคีโตเฮกโซสที่พบได้ยากในธรรมชาติ ในปี 2000 Takeshita และคณะ ได้ผลิตน้ำตาลไซโกสปริมาณมากจากน้ำตาลฟรุกโทส Matsuo .T, และคณะ (2002)ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำตาลชนิดนี้ พบว่า ไม่มีแคลอรี ซึ่งสามารถจะใช้กับบุคคลที่ป่วยเป็นโรคเบาหวาน เนื่องจากมีรายงานการลดระดับปริมาณน้ำตาลในเลือด ลดอินซุลิน(Hossain,MA,และคณะ 2011)(Toyoda,Y,และคณะ.2010) ทั้งยังมีรายงานการทดลองการศึกษาการดูดซับน้ำตาลไซโกสในลำไส้ พบว่า ไม่สามารถดูดซับในลำไส้เล็ก (Lida,T.,และคณะ 2010) เนื่องจากเป็นน้ำตาลที่พบน้อยในธรรมชาติ และค่อนข้างยังใหม่ต่อวงการ จึงทำให้ นักวิจัยต่างๆพยายามศึกษาค้นคว้า คุณประโยชน์ทางการแพทย์ เพื่อเป็นข้อมูลต่อไป

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

สารเคมี

1. Bio-gel® P-2 gel fine 45-90 µm (wet) (polyacrylamide) ขนาด 100 g จากบริษัท Bio-Rad
2. NaCl (AR-grade) 99.9-100.5% ขนาด 1000 g จากบริษัท Carlo Erba
3. Tris (hydroxymethyl) aminomethane (AR-grade) 99.9% จากบริษัท Sigma
4. HCl (AR-grade) 36.5-38.0% ขนาด 2.5 L จากบริษัท J.T.Baker
5. TLC siliga gel 60 F_{254} (25 Aluminium sheets 20 x 20 cm) จากบริษัท Merck
6. Standard Glucose (G) (AR-grade) 99.9% จากบริษัท UNIVAR , Lot ;
7. Standard Trehalose(D – (+) – Trehalose Dihydrate (T) (AR-grade) 99.9% จากบริษัท Fluka
8. Standard Fructose (F) (AR-grade) 99.9% จากบริษัท Fluka
9. Standard Psicose (P) ได้รับจาก Rare Sugar Research Center ,Kagawa University ,Japan
10. Acetonitrile Chromatography grade จากบริษัท Sigma
11. N- butanol (AR-grade) จากบริษัท Carlo Erba
12. Ethanol(AR-grade) จากบริษัท J.T.Baker
13. $CH_3COOC_2H_5$(AR-grade) จากบริษัท J.T.Baker
14. CH_3COOH (AR-grade) จากบริษัท J.T.Baker
15. n-propanol (AR-grade) จากบริษัท Carlo Erba
16. pyridine: (AR-grade) จากบริษัท Sigma
17. Anthrone (AR-grade) จากบริษัท Fluka

สารตัวอย่าง

1. ขนุนสด จาก ตลาดสดทั่วไป , ตลาดนัดมศว. ตลาดข้างศาลพระนเรศวรจว.ปราจีนบุรี
2. ขนุนอบกรอบ จากตลาดบ้านเพ จว.ระยอง

อุปกรณ์

1. UV-Vis Spectrometer, Shimadzu UV2401PC

2. Water bath ยี่ห้อ Memmert
3. เครื่องเขย่า Vortex Genie2
4. คอลัมน์แก้ว
5. TLC Chromatographic Tank
6. อุปกรณ์เครื่องแก้วพื้นฐานต่าง ๆ
7. ขวดบรรจุสารขนาดต่าง ๆ

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การศึกษาทางคุณภาพวิเคราะห์ทำโดยเทคนิคทินแลร์โครมาโทกราฟี

ตอนที่ 2 การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของน้ำตาลทีฮาโลส น้ำตาลไซโกส ในผลขนุน

ตอนที่ 3. การทดลองศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของน้ำตาลในส่วนต่าง ๆของขนุน

ตอนที่ 4. ศึกษาปริมาณของน้ำตาลทีฮาโลส น้ำตาลไซโกส ในผลิตภัณฑ์ขนุนที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ตอนที่ 1 การศึกษาทางคุณภาพวิเคราะห์ทำโดยเทคนิคทินแลร์โครมาโทกราฟี

1.หยดสารละลายมาตรฐานน้ำตาลแต่ละชนิดได้แก่ ทีฮาโลส ไซโกส กลูโคส และ ฟรุกโทส ลงบนแผ่นซิลิกาที่เคลือบอยู่บนแผ่นกระจก

2. นำไปใส่ในระบบที่บรรจุเฟสเคลื่อนที่ระบบต่าง ๆ

3. รอจนเฟสเคลื่อนที่ เคลื่อนที่ถึงระยะทางที่กำหนด

4. ทิ้งไว้ให้แห้ง นำไปพ่นด้วยสารที่พ่นแล้วทำให้เกิดสี นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

หมายเหตุ ในการทดลองนี้เราจะศึกษา

1. ระบบของ mobile phase ที่ใช้ศึกษา 5 ระบบ ได้แก่

   ระบบที่ 1 : ACN:H_2O = 70:30

   ระบบที่ 2 : n-BuOH:EtOH:H_2O = 50:30:20

   ระบบที่ 3 : $CH_3COOC_2H_5$:CH_3COOH:MeOH:H_2O = 60:15:15:10

ระบบที่ 4 : n-propanol:conc.NH_3:H_2O = 50:30:20

ระบบที่ 5 : n-BuOH:pyridine:H_2O=60:40:20

2. Spraying agent ที่ใช้ศึกษา 4 ชนิด ได้แก่

ชนิดที่ 1 สารละลาย 20% H_2SO_4

ชนิดที่ 2 H_2SO_4 : MeOH อัตราส่วน 1 :1

ชนิดที่ 3 สารละลาย 5% $AgNO_3$

ชนิดที่ 4 สารละลาย 3,5-dinitrosalicylate

การทดสอบระบบการแยกสารนี้ได้ทำการทดลองตอนแรก ในน้ำตาลมาตรฐานทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ Standard Glucose (G) Standard Trehalose (T) Standard Fructose (F) และ Standard Psicose (P)

ตอนที่ 2 การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของน้ำตาลทีฮาโลส น้ำตาลไซโกส ในผลขนุน

2.1 การแยกศึกษาคุณภาพวิเคราะห์ของชนิดน้ำตาลในตัวอย่างขนุน ในการเตรียมสารละลายตัวอย่างที่สกัดจากขนุนหรือส่วนต่างๆของขนุนแต่ละชนิด และตัวอย่างขนุนที่สกัด ชั่งตัวอย่างขนุน 10 กรัม สกัดด้วยเอทานอล 80 % จำนวน 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร แบ่งเป็น 3 ครั้ง แล้วเอากากขนุนตัวอย่างทิ้งไป นำสารตัวอย่างไประเหยเพื่อทำเข้มข้น ก่อนนำไปทดลองตามตอนที่ 1

2.2 ศึกษาผลจากการทดลองข้อ2.1 เพื่อประเมินชนิด ประเภทของน้ำตาลที่พบในตัวอย่างขนุน เมื่อทราบชนิดของน้ำตาลจึงนำแผ่นโครมาโทแกรมตอนที่ 2.1 ไปทำเครื่องหมายและขูดแถบของน้ำตาลที่พบ นำไปละลายน้ำ และทดลองวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลตามวิธีแอนโทรนดังนี้

2.2.1. ปิเปตน้ำตาลมาตรฐานแต่ละชนิดได้แก่ ทีฮาโลส ไซโกส กลูโคส และ ฟรุกโทส เข้มข้น 1mg/ml ปริมาตร 30 µl ใส่ในหลอดทดลองขนาด 10 ml

2.2.2 เติมน้ำกลั่นลงในหลอดทดลองแต่ละหลอดให้มีปริมาตรรวมของน้ำกลั่นกับสารละลายน้ำตาล (ในข้อ 2.2.1.) ให้ครบ 1 ml

2.2.3. ปิเปตสารละลาย แอนโทรน 4 ml ผสมลงในน้ำตาลแต่ละชนิด ผสมให้เข้ากัน นำไปแช่ในเครื่องอังไอน้ำ ที่ตั้งอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 8 นาที

2.2.4. นำสารละลายในข้อ2.2. 3 ไปบันทึกสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 200-800 nm. แล้วสร้างกราฟมาตรฐานของน้ำตาลมาตรฐานแต่ละชนิด

2.2.5 นำสารละลายน้ำตาลที่สกัดได้จากจุดน้ำตาลแต่ละชนิดไปทดลองตามข้อ 2.2.1-2.2.4 นำค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงสูงสุดไปเทียบกราฟมาตรฐาน เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิดต่อไป

ตอนที่ 3. การทดลองศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของน้ำตาลในส่วนต่าง ๆของขนุน

3.1 ศึกษาผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในการให้ความร้อนต่อตัวอย่าง

นำเนื้อขนุนไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 ,70 และ 90 °C นานคงที่ 5 นาที แล้วนำไปทดลองสกัดน้ำตาล ตามข้อ 2.1 -2.2

3.2 ศึกษาผลอุณหภูมิในการให้ความร้อนต่อตัวอย่าง นำเนื้อขนุนไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 °C แปรผัน เวลานานต่างๆกันได้แก่ 5 , 15, 30 และ 60 นาที แล้วนำไปทดลองสกัดน้ำตาล ตามข้อ 2.1 -2.2

ตอนที่ 4. ศึกษาปริมาณของน้ำตาลทีฮาโลส น้ำตาลไซโกส ในผลิตภัณฑ์ขนุนที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนุน ที่มีจำหน่ายที่พบ แพร่หลายคือ ขนุนอบกรอบ นำไปทดลองสกัดน้ำตาล และวิเราะห์หาปริมาณตามข้อ 2.1 -2.2

บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาทางคุณภาพวิเคราะห์ทำโดยเทคนิคทินแลร์โครมาโทกราฟี

จากการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกน้ำตาลทั้ง 4 ชนิด ทั้งนี้ได้ทำการหยดสารสกัดจากตัวอย่างเนื้อขนุน เพื่อเปรียบเทียบ โดยใช้เทคนิคทินแลร์โครมาโทกราฟี ซึ่งได้ทำการทดลองใช้ระบบตัวโมไบล์เฟสระบบของ mobile phase ที่ใช้ศึกษา 5 ระบบ ได้แก่

ระบบที่ 1 : ACN:H_2O ในอัตราส่วน 70:30

ระบบที่ 2 : n-BuOH:EtOH:H_2O ในอัตราส่วน 50:30:20

ระบบที่ 3 : $CH_3COOC_2H_5$:CH_3COOH:MeOH:H_2O ในอัตราส่วน 60:15:15:10

ระบบที่ 4 : n-propanol:conc.NH_3:H_2O ในอัตราส่วน 50:30:20

ระบบที่ 5 : n-BuOH:pyridine:H_2O ในอัตราส่วน 60:40:20

ทั้งนี้ในแต่ละระบบยังได้ศึกษาหาวิธีการตรวจสอบลักษณะความเหมาะสมของจุดที่แยกได้บนโครมาโทแกรม โดยการเปรียบเทียบการใช้สารสเปรย์บนแผ่นโครมาโทแกรม 4 ชนิด ได้แก่

ชนิดที่ 1 สารละลาย 20% H_2SO_4

ชนิดที่ 2 H_2SO_4 : MeOH อัตราส่วน 1 :1

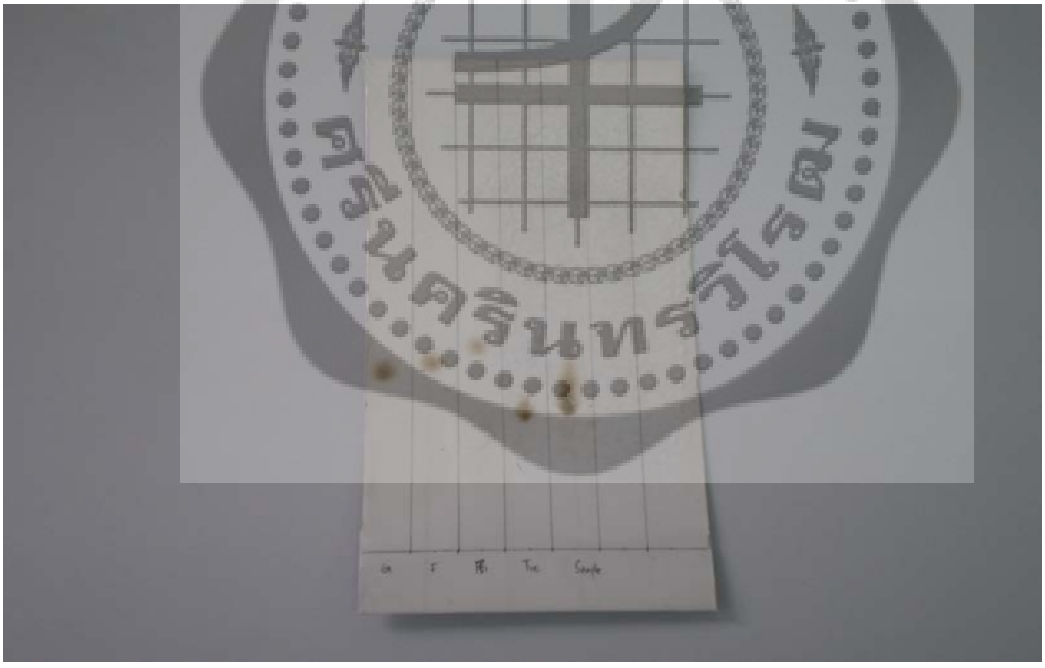
ชนิดที่ 3 สารละลาย 5% $AgNO_3$

ชนิดที่ 4 สารละลาย 3,5-dinitrosalicylate

ปรากฏผลพบว่า ในการใช้สารสเปรย์บนแผ่นโครมาโทแกรมที่เหมาะสม และสะดวกที่สุด คือ สารชนิดที่ 1 ซึ่งเป็น สารละลาย 20% H_2SO_4 ดังนั้นจึงทำการศึกษาในระบบทั้งหมด 5 ระบบ ได้ผลตามโครมาโทแกรมในรูปที่ 3 -7

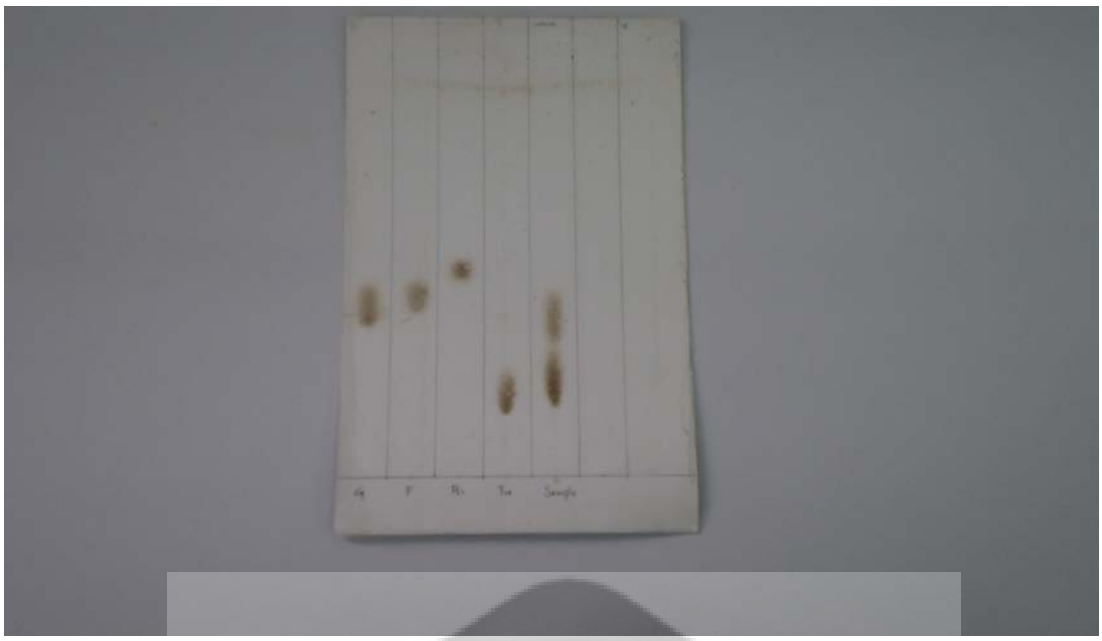
รูปที่ 3 โครมาโทแกรมของสารละลายน้ำตาลมาตรฐานและตัวอย่างขนุนที่ทดลองในระบบที่ 1.

Acetonitrile : water = 70 : 30



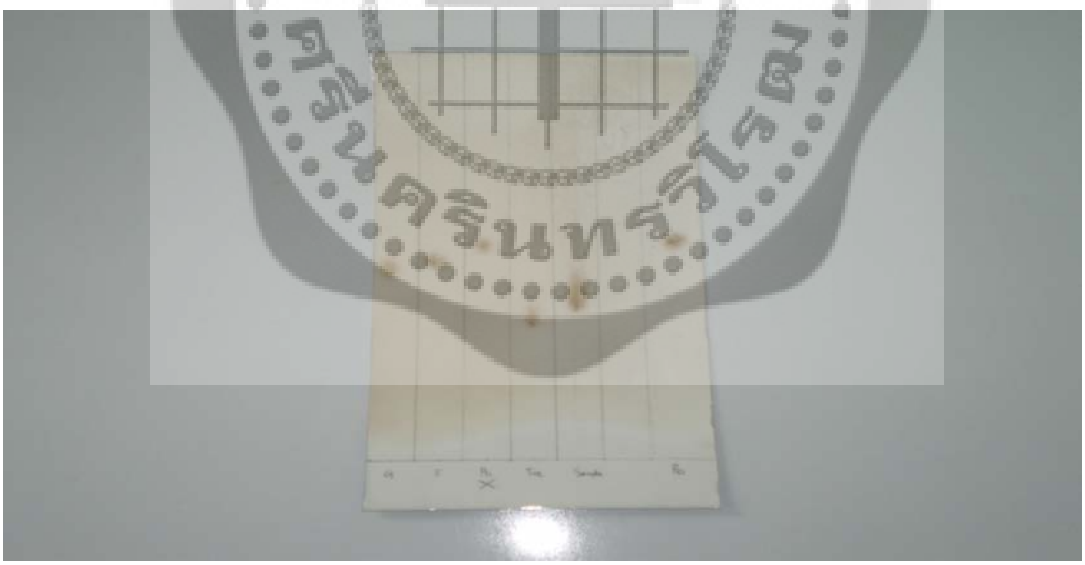
รูปที่ 4 โครมาโทแกรมของสารละลายน้ำตาลมาตรฐานและตัวอย่างขนุนที่ทดลองในระบบที่ 2.

n-Butanol : Ethanol : water = 50:30:20

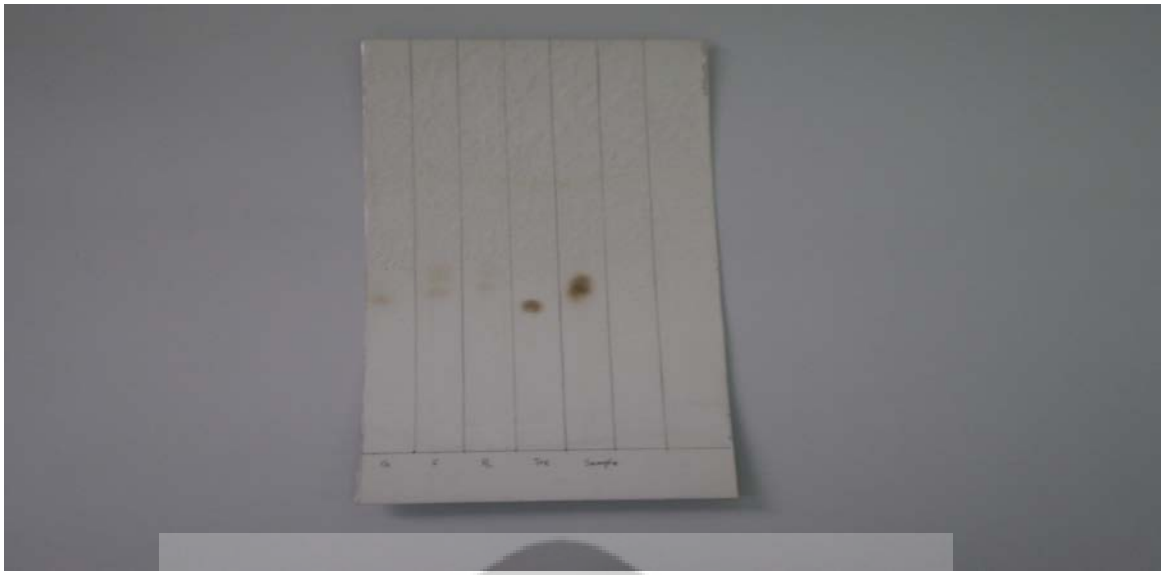


รูปที่ 5 โครมาโทแกรมของสารละลายน้ำตาลมาตรฐานและตัวอย่างขนุนที่ทดลองในระบบที่ 3.

Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water = 60:15:15:10



รูปที่ 6 โครมาโทแกรมของสารละลายน้ำตาลมาตรฐานและตัวอย่างขนุนที่ทดลองในระบบที่ 4.
n-Butanol:pyridine:water=60:40:20



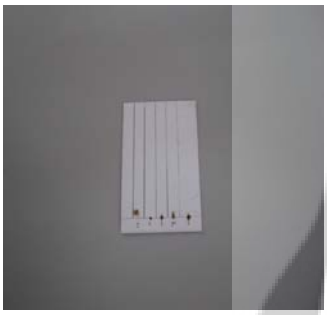
รูปที่ 7 โครมาโทแกรมของสารละลายน้ำตาลมาตรฐานและตัวอย่างขนุนที่ทดลองในระบบที่ 5.
n-Propanol:Amonia conc.:water = 50 : 30 : 20

หมายเหตุ ในรูปที่ 3 -7 เลนที่1 แทนจุดของสารละลายน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน
เลนที่2 แทนจุดของสารละลายน้ำตาลฟรุกโทสมาตรฐาน
เลนที่3 แทนจุดของสารละลายน้ำตาลไซโกสมาตรฐาน
เลนที่4 แทนจุดของสารละลายน้ำตาลทรีฮาโลสมาตรฐาน
เลนที่5 แทนจุดของสารละลายตัวอย่างสกัดจากขนุน

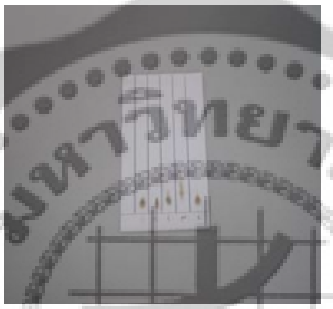
จากรูปโครมาโทแกรมพบว่า จุดของน้ำตาลมาตรฐานแต่ละชนิดมีค่า Rf แตกต่างกัน ขึ้นกับลักษณะเฉพาะของน้ำตาลแต่ละชนิด โดยเมื่อพิจารณาทั้งลักษณะจุด ค่า Rf พบว่า การทดลองในระบบที่2 และ 3 ตามรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ ให้ผลการทดลองที่ดี เนื่องจากจุดไม่มีtailing มาก หาค่า Rf ได้ ถูกต้องสูง ส่วนผลการทดลองในระบบที่ 4 รูปที่6 ก็ให้ผลดี แต่เนื่องจากในส่วนผสมของตัวทำละลายมีพิริดีน เป็นส่วนประกอบด้วยในอัตราส่วนสูงถึง 40 ส่วน ซึ่งสารนี้จัดเป็นสารอันตรายต่อสุขภาพ ทำให้ผู้วิจัยไม่คัดเลือกที่จะทำการทดลองต่อไป ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกระบบที่2 และ 3 เท่านั้นที่จะทดลองต่อไป แต่อย่างไรก็ตามในรูปที่ 5 ซึ่งทดลองในระบบที่ 3 แสดงผลของการแยกน้ำตาลในตัวอย่างขนุน แยกเป็น 2 จุด ชัดเจนกว่าการแยกด้วยระบบที่ 2 จึงได้ทำการศึกษาต่อในระบบที่3 ด้วยการปรับอัตราส่วนโมไบล์เฟสในระบบนี้อย่างละเอียด อีก 13 ระบบย่อย ดังนี้

ระบบที่ 1. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.0 : 0.5 : 2.5 : 1.0
ระบบที่ 2. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.0 : 1.0 : 2.0 : 1.0
ระบบที่ 3. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.0 : 2.0 : 1.0 : 1.0

ระบบที่ 4. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.0 : 2.5 : 0.5 : 1.0
ระบบที่ 5. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.0 : 2.0 : 1.0 : 1.0
ระบบที่ 6. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.0 : 1.0 : 2.0 : 1.0
ระบบที่ 7. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 7.5 : 1.0 : 0.5 : 1.0
ระบบที่ 8. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 7.0 : 1.5 : 0.5 : 1.0
ระบบที่ 9. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.5 : 2.0 : 0.5 : 1.0
ระบบที่ 10. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 7.5 : 0.5 : 1.0 : 1.0
ระบบที่ 11. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 7.0 : 0.5 : 1.5 : 1.0
ระบบที่ 12. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.5 : 0.5 : 2.0 : 1.0
ระบบที่ 13. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 7.0 : 1.0 : 1.0 : 1.0



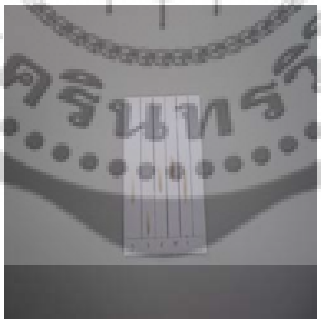
ระบบที่ 1. E:A:M:W อัตราส่วน 6.0 : 0.5 : 2.5 : 1.0



ระบบที่ 2. E:A:M:W อัตราส่วน 6.0 : 1.0 : 2.0 : 1.0

ระบบที่ 3. E:A:M:W อัตราส่วน 6.0 : 2.0 : 1.0 : 1.0

ระบบที่ 4. E:A:M:W อัตราส่วน 6.0 : 2.5 : 0.5 : 1.0



ระบบที่ 5. E:A:M:W อัตราส่วน 6.0 : 2.0 : 1.0 : 1.0

ระบบที่ 6. E:A:M:W อัตราส่วน 6.0 : 1.0 : 2.0 : 1.0

ระบบที่ 7. E:A:M:W อัตราส่วน 7.5 : 1.0 : 0.5 : 1.0

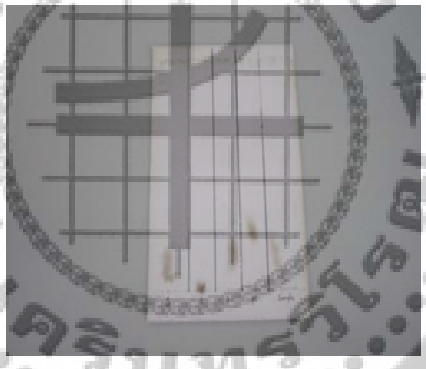
ระบบที่ 8. E:A:M:W อัตราส่วน 7.0 : 1.5 : 0.5 : 1.0

ระบบที่ 9. E:A:M:W อัตราส่วน 6.5 : 2.0 : 0.5 : 1.0

ระบบที่ 10. E:A:M:W อัตราส่วน 7.5 : 0.5 : 1.0 : 1.0

ระบบที่ 11. E:A:M:W อัตราส่วน 7.0 : 0.5 : 1.5 : 1.0

ระบบที่ 12. E:A:M:W อัตราส่วน 6.5 : 0.5 : 2.0 : 1.0



ระบบที่ 13. E:A:M:W อัตราส่วน7.0 : 1.0 : 1.0 : 1.0

รูปที่ 8 โครมาโทแกรมของสารละลายน้ำตาลมาตรฐานและตัวอย่างขนุนที่ทดลองในโมไบล์เฟสระบบที่ 3 โดยการแปรผันระบบย่อยอีก 13 ระบบ

หมายเหตุ E:A:M:W แทน Ethyl acetate : Acetic acid : Methanol : water

ผลการศึกษาหาอัตราส่วนสารผสมทั้ง 4 ชนิด อย่างละเอียด พบว่า ระบบย่อยที่สามารถแยกสารได้ดีคือ ระบบที่ 3 เพราะสามารถแยกตัวอย่างออกจากกันได้ดีที่สุดเนื่องจาก ผลการคำนวณหาค่า R_f พบว่า ระยะห่างมากที่สุด ทำให้สังเกตได้ถูกต้องที่สุด

ตอนที่ 2 การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของน้ำตาลทีฮาโลส น้ำตาลไซโกส ในผลขนุน

จากการสกัดน้ำตาลจากส่วนต่าง ๆของขนุน แล้วนำไปทดลองตามสภาวะที่ทดลองได้ในตอนที่ 1 ซึ่งผลจากการ ตรวจสอบทางคุณภาพวิเคราะห์ตามเทคนิคทินแลร์โครมาโทกราฟี แล้ว พบว่า ในส่วนต่าง ๆของขนุน ตรวจพบน้ำตาลต่าง ๆตามแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดน้ำตาลที่ตรวจพบในส่วนต่าง ๆของขนุน

ส่วนของขนุน	**ชนิดน้ำตาลที่พบ**			
	กลูโคส	**ทีฮาโลส**	**ฟรุกโทส**	**ไซโกส**
เนื้อ		√	√	
เปลือก	√			√
เมล็ด	√			
ซัง	√			√

จากผลในตาราง จะเห็นว่า ในส่วนเนื้อของขนุนที่เราบริโภค พบน้ำตาล 2 ชนิด คือ ทีฮาโลสและฟรุกโทส ส่วนของเปลือกและซังตรวจก็พบน้ำตาล 2 ชนิด คือ กลูโคสและไซโกส แต่ในส่วนของเมล็ดขนุน พบเฉพาะน้ำตาลกลูโคส ในการวิจัยนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลโดยรวมของส่วนต่าง ๆของขนุน ตามแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำตาลรวมในขนุนส่วนต่าง ๆ

ขนุนส่วนต่าง ๆ	**ปริมาณน้ำตาลรวมเฉลี่ย (%)**
เนื้อ	12.32 $\pm$ 0.50
เปลือก	2.59 $\pm$ 0.36
เมล็ด	1.73 $\pm$ 0.48
ซัง	3.48 $\pm$ 0.26

จากตารางที่2 จะพบว่า ในส่วนเนื้อขนุนมีความหวานมากที่สุด ซึ่งเป็นส่วนที่มนุษย์เราบริโภค แต่ในส่วนที่เราไม่บริโภค เช่น ในเปลือก และซังก็ยังมีน้ำตาลปริมาณหนึ่ง แต่ในเมล็ดที่เรานำไปรับประทานก็มีน้ำตาลแต่ในปริมาณต่ำที่สุด เนื่องจากส่วนนี้ เป็นแป้งที่มีโมเลกุลใหญ่

เมื่อได้ทำการแยกโดยทำ preparative TLC เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิดเทียบกับกราฟมาตรฐานของน้ำตาลแต่ละชนิด ตามแสดงรูปกราฟมาตรฐานในภาคผนวก พบว่า ผลการคำนวณตามแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำตาลชนิดต่างๆในขนุนส่วนต่างๆ

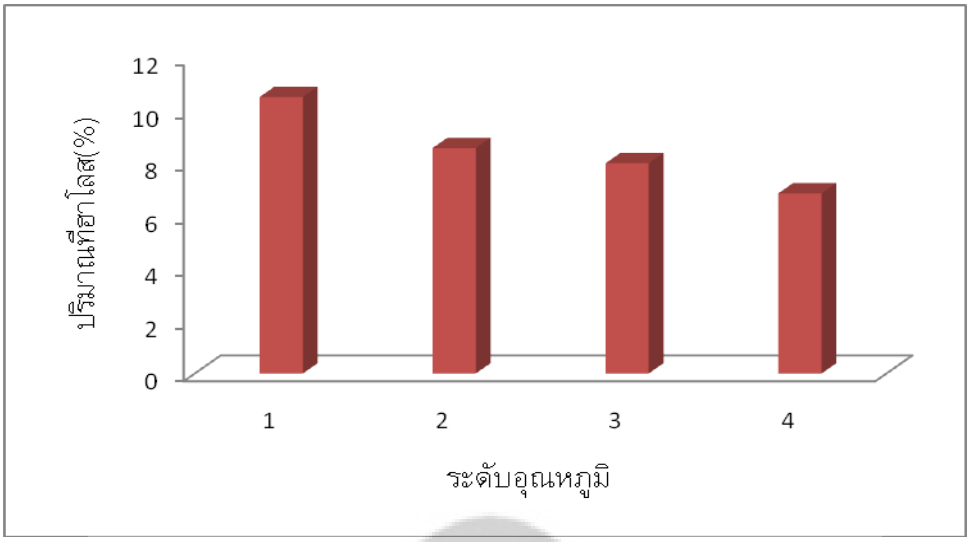
ส่วนของขนุน	**ปริมาณน้ำตาล(%โดยน้ำหนัก)**			
	กลูโคส	**ทีฮาโลส**	**ฟรุกโทส**	**ไซโกส**
เนื้อ	-	11.50 ± 0.36	20.75± 0.47	-
เปลือก	12.24± 0.14	-	-	2.21± 0.11
เมล็ด	10.11± 0.26	-	-	-
ซัง	10.52± 0.50	-	-	1.21± 0.18

ผลที่คำนวณจากการทดลองนี้ แสดงว่า ในส่วนของเนื้อขนุน ซึ่งพบ น้ำตาลทีฮาโลส มากถึง 11.50 ± 0.36 % แต่ก็พบน้ำตาลฟรุกโทสเหมือนกับน้ำตาลในผลไม้ทั่วไปมากถึง 20.75 ± 0.47 % ที่น่าสนใจคือ ในส่วนเปลือกและซังก็พบน้ำตาลหายากไซโกสในปริมาณ 2.21 ± 0.11 และ 1.21± 0.18 % ตามลำดับ เนื่องจากขนุนทั้ง 2 ส่วนเป็นส่วนที่ มนุษย์เราบริโภค แต่กลับมีน้ำตาลที่มีคุณภาพดีอยู่ในปริมาณหนึ่ง ส่วนน้ำตาลกลูโคสก็ยังสามารถตรวจพบได้ ในปริมาณเฉลี่ย 10 % ในเปลือก เมล็ด และซัง

ตอนที่ 3. ผลการทดลองศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของน้ำตาลในส่วนต่างๆของขนุน

ศึกษาผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในการให้ความร้อนต่อตัวอย่างขนุน

เนื่องจากการตรวจสอบในตอนที่ 2 พบว่า น้ำตาลทีฮาโลส ตรวจพบในเนื้อขนุน ส่วนน้ำตาลไซโกสตรวจพบได้ในเปลือกและซังเท่านั้น และพบในปริมาณต่ำ จึงทำการศึกษาปัจจัยระยะเวลาและอุณหภูมิในการให้ความร้อนกับเนื้อขนุนเท่านั้น ผลการทดลองปัจจัยอุณหภูมิ ของการให้ความร้อนตามแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ปริมาณน้ำตาลทีฮาโลสในเนื้อขนุนที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิต่างๆ

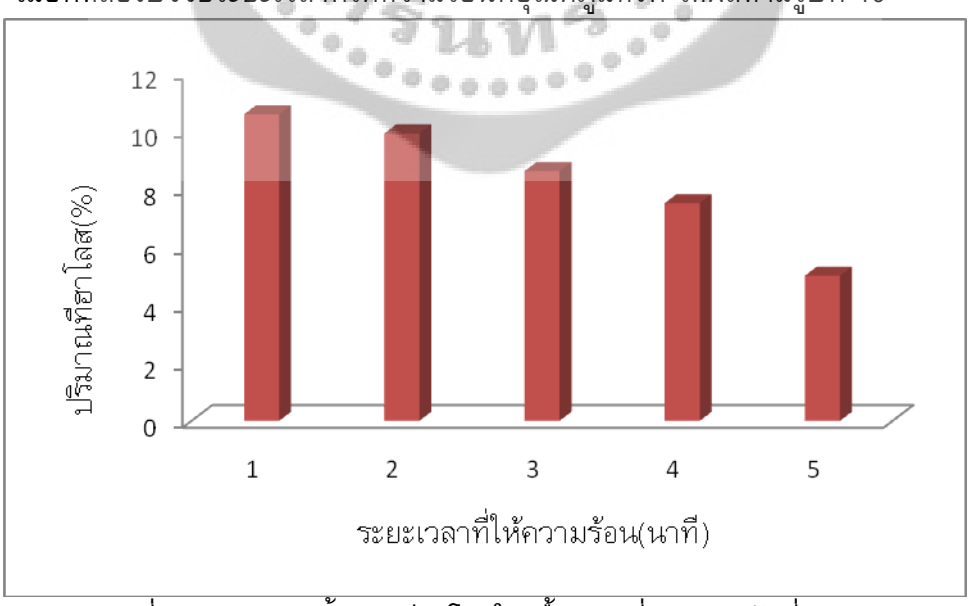
หมายเหตุ

1 แทน เนื้อขนุนสดไม่ต้ม 2 แทน อุณหภูมิที่ต้ม 50 $^{\circ}$C

3 แทน อุณหภูมิที่ต้ม 70 $^{\circ}$C 4 แทน อุณหภูมิที่ต้ม 90 $^{\circ}$C

จากรูปที่9 เส้นแนวโน้มปริมาณน้ำตาลทีฮาโลสลดลงเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ได้นำเนื้อขนุนไปต้มกับน้ำ ดังนั้น น้ำตาลทีฮาโลสอาจจะละลายปนกับน้ำออกมาได้

เมื่อทดลองปัจจัยระยะเวลาที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิคงที่ ได้ผลตามรูปที่ 10



รูปที่ 10 ปริมาณน้ำตาลทีฮาโลสในเนื้อขนุนที่ผ่านการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ

หมายเหตุ

1 แทน เนื้อขนุนสดไม่ต้ม 2 แทน ระยะเวลาที่ต้มนาน 5 นาที

3 แทน ระยะเวลาที่ต้มนาน 15 นาที 4 แทน ระยะเวลาที่ต้มนาน 30 นาที

3. แทน ระยะเวลาที่ต้มนาน 15 นาที

จากรูปที่10 แนวโน้มปริมาณน้ำตาลทีฮาโลสลดลงเมื่อให้ความร้อนที่ระยะเวลานานขึ้น

ตอนที่ 4. ผลการศึกษาปริมาณของน้ำตาลทีฮาโลส น้ำตาลไซโกส ในผลิตภัณฑ์ขนุนที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ตามที่ได้ทำการสำรวจผลิตภัณฑ์ขนุนที่มีจำหน่าย และพบว่าได้รับความนิยมมากคือ ขนุนอบกรอบ จึงทำการตรวจหาชนิดน้ำตาลในขนุนอบกรอบ เทียบกับขนุนสด ได้ผลตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4. ปริมาณน้ำตาลชนิดต่าง ๆในขนุนและผลิตภัณฑ์ขนุน

ตัวอย่าง	ปริมาณน้ำตาลทีฮาโลส (%โดยน้ำหนัก)	ปริมาณน้ำตาลไซโกส (%โดยน้ำหนัก)
เนื้อขนุนสด	11.23 $\pm$ 0.36	-
เนื้อขนุนอบกรอบ	15.78 $\pm$ 0.54	3.05 $\pm$ 0.36

หมายเหตุ ทำการทดลอง ตัวอย่างละ 10 ซ้ำ

ผลจากการทดลองตอนนี้ พบว่า ในเนื้อขนุนสด ตรวจพบน้ำตาลทีฮาโลสในปริมาณ 11.23 % ส่วนน้ำตาลไซโกสอาจมีปริมาณน้อยมากจนไม่สามารถตรวจสอบด้วยวิธีทินแลร์โครมาโทกราฟี ธรรมดา ได้ แต่เมื่อแปรรูปเป็นขนุนอบกรอบ ทำให้ น้ำตาลมีปริมาณ สูงขึ้น สังเกตได้จากการตรวจพบ น้ำตาลทีฮาโลสในปริมาณสูงขึ้นเป็น 15.78 % และที่น่าสนใจคือ สามารถตรวจพบน้ำตาลไซโกสได้ ซึ่งพบในปริมาณประมาณ3.05 %

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปอภิปรายผล

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาทางคุณภาพวิเคราะห์ทำโดยเทคนิคทินแลร์โครมาโทกราฟี

จากการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกน้ำตาลทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโทส น้ำตาลทีฮาโลส และ น้ำตาลไซโกส ทั้งนี้ได้ทำการหยดสารสกัดน้ำตาลจากตัวอย่างเนื้อขนุน เพื่อเปรียบเทียบ โดยใช้เทคนิคทินแลร์โครมาโทกราฟี ซึ่งได้ทำการทดลองใช้ระบบตัวโมไบล์เฟสระบบ ที่ใช้ศึกษา 5 ระบบ ได้แก่

ระบบที่ 1 : ACN:H_2O ในอัตราส่วน 70:30

ระบบที่ 2 : n-BuOH:EtOH:H_2O ในอัตราส่วน 50:30:20

ระบบที่ 3 : $CH_3COOC_2H_5$:CH_3COOH:MeOH:H_2O ในอัตราส่วน 60:15:15:10

ระบบที่ 4 : n-propanol:conc.NH_3:H_2O ในอัตราส่วน 50:30:20

ระบบที่ 5 : n-BuOH:pyridine:H_2O ในอัตราส่วน 60:40:20

ทั้งนี้ในแต่ละระบบยังได้ศึกษาหาวิธีการตรวจสอบลักษณะความเหมาะสมของจุดที่แยกได้บนโครมาโทแกรม โดยการเปรียบเทียบการใช้สารสเปรย์บนแผ่นโครมาโทแกรม 4 ชนิด พบว่า ในการใช้สารสเปรย์บนแผ่นโครมาโทแกรมที่เหมาะสม และสะดวกที่สุด คือ สารชนิดที่ 1 ซึ่งเป็น สารละลาย 20% H_2SO_4 จากโครมาโทแกรมในแต่ละระบบพบว่า จุดของน้ำตาลมาตรฐานแต่ละชนิดที่แยกได้มีค่า Rf แตกต่างกันขึ้นกับลักษณะเฉพาะของน้ำตาลแต่ละชนิด โดยเมื่อพิจารณาทั้งลักษณะจุด ค่า Rf พบว่า การทดลองในระบบที่2 และ 3 ให้ผลการทดลองที่ดี เนื่องจากจุดไม่มีtailing มาก หาค่า Rf ได้ ถูกต้องสูง ส่วนผลการทดลองในระบบที่ 4 ก็ให้ผลดี แต่เนื่องจากในส่วนผสมของตัวทำละลายมีพิริดีน เป็นส่วนประกอบ ซึ่งสารนี้จัดเป็นสารอันตรายต่อสุขภาพ ทำให้ผู้วิจัยไม่คัดเลือกที่จะทำการทดลองต่อไป ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกระบบที่2 และ 3 เท่านั้นที่จะทดลองต่อไป ในระบบที่ 3 แสดงผลของการแยกน้ำตาลในตัวอย่างขนุน แยกเป็น 2 จุด ชัดเจนกว่าการแยกด้วยระบบที่ 2 จึงได้ทำการศึกษาต่อในระบบที่3 ด้วยการปรับอัตราส่วนโมไบล์เฟสในระบบนี้อย่างละเอียด อีก 13 ระบบย่อย ดังนี้

ระบบที่ 1. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.0 : 0.5 : 2.5 : 1.0

ระบบที่ 2. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.0 : 1.0 : 2.0 : 1.0

ระบบที่ 3. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.0 : 2.0 : 1.0 : 1.0
ระบบที่ 4. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.0 : 2.5 : 0.5 : 1.0
ระบบที่ 5. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.0 : 2.0 : 1.0 : 1.0
ระบบที่ 6. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.0 : 1.0 : 2.0 : 1.0
ระบบที่ 7. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 7.5 : 1.0 : 0.5 : 1.0
ระบบที่ 8. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 7.0 : 1.5 : 0.5 : 1.0
ระบบที่ 9. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.5 : 2.0 : 0.5 : 1.0
ระบบที่ 10. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 7.5 : 0.5 : 1.0 : 1.0
ระบบที่ 11. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 7.0 : 0.5 : 1.5 : 1.0
ระบบที่ 12. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.5 : 0.5 : 2.0 : 1.0
ระบบที่ 13. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 7.0 : 1.0 : 1.0 : 1.0

ผลการศึกษาหาอัตราส่วนสารผสมทั้ง 4 ชนิด อย่างละเอียด พบว่า ระบบย่อยทั้ง 13 ระบบนี้ ระบบที่ 3 สามารถแยกสารได้ดีที่สุดเนื่องจาก ผลการคำนวณหาค่า R_f พบว่า ระยะห่างมากที่สุด ทำให้สังเกตได้ถูกต้องที่สุด

ดังนั้นผลการทดลองตอนที่ 1 ทำให้ทราบว่า การทดลองด้วยเทคนิคทินแลร์โครมาโทกราฟี ซึ่งดีเวลลอปโครมาโทแกรมในระบบที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย. Ethyl acetate:Acetic acid:Methanol:water อัตราส่วน คือ 6.0 : 2.0 : 1.0 : 1.0 สามารถบอกชนิดน้ำตาลที่ตรวจพบในตัวอย่างขนุนได้ดี ประกอบกับค่า Rf ของน้ำตาลแต่ละชนิด แยกจากกันชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามนอกจากจะใช้ระบบที่ 3 ในการทดสอบตรวจทางคุณภาพวิเคราะห์ของชนิดน้ำตาลแล้ว ก็ยังได้เลือกใช้ระบบที่ 2 ช่วยยืนยันผลการตรวจสอบให้ชัดเจนทุกครั้ง

ตอนที่ 2 ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของน้ำตาลทีฮาโลส น้ำตาลไซโกส ในผลขนุน

เมื่อได้สภาวะที่จะตรวจสอบทางคุณภาพวิเคราะห์หาชนิดน้ำตาลจากผลการทดลองในตอนที่ 1 แล้ว จึงสกัดน้ำตาลจากส่วนต่างๆของขนุน แล้วนำไปทดลองตามสภาวะที่ทดลองได้ ซึ่งผลจากการตรวจสอบทางคุณภาพวิเคราะห์ตามเทคนิคทินแลร์โครมาโทกราฟี แล้ว พบว่า ในส่วนต่างๆของขนุนตรวจพบน้ำตาลต่างๆ ในส่วนเนื้อของขนุนที่เราบริโภค พบน้ำตาล 2 ชนิด คือ น้ำตาลทีฮาโลสและน้ำตาลฟรุกโทส ส่วนของเปลือกและซังตรวจก็พบน้ำตาล 2 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลไซโกส แต่ในส่วนของเมล็ดขนุน พบเฉพาะน้ำตาลกลูโคส จึงได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลโดยรวมของส่วนต่างๆของขนุน พบว่า ในส่วนเนื้อขนุนมีความหวานมากที่สุด ซึ่งเป็นส่วนที่มนุษย์เราบริโภค แต่ใน

ส่วนที่เราไม่บริโภค เช่น ในเปลือก และซังก็ยังมีน้ำตาลปริมาณหนึ่ง แต่ในเมล็ดที่เรานำไปรับประทานก็มีน้ำตาลแต่ในปริมาณต่ำที่สุด เนื่องจากส่วนนี้ เป็นแป้งที่มีโมเลกุลใหญ่

เมื่อได้ทำการแยกน้ำตาลแต่ละชนิดจากจุดที่แยกได้โดยทำ preparative TLC เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิดเทียบกับกราฟมาตรฐานของน้ำตาลแต่ละชนิด ซึ่งพบ น้ำตาลทีฮาโลส ในส่วนเนื้อขนุนมากถึง 11.50 $\pm$ 0.36 % แต่ก็พบน้ำตาลฟรุกโทสเหมือนกับน้ำตาลในผลไม้ทั่วไปมากถึง 20.75 $\pm$ 0.47 % ที่น่าสนใจคือ ในส่วนเปลือกและซังก็พบน้ำตาลหายากไซโกสในปริมาณ 2.21 $\pm$ 0.11 และ 1.21$\pm$ 0.18 % ตามลำดับ เนื่องจากขนุนทั้ง 2 ส่วนเป็นส่วนที่ มนุษย์เราบริโภค แต่กลับมีน้ำตาลที่มีคุณภาพดีอยู่ในปริมาณหนึ่ง ส่วนน้ำตาลกลูโคสก็ยังสามารถตรวจพบได้ ในปริมาณเฉลี่ย 10 % ในเปลือก เมล็ด และซัง

ตอนที่ 3. ผลการทดลองศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของน้ำตาลในส่วนต่าง ๆของขนุน

ศึกษาผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในการให้ความร้อนต่อตัวอย่างขนุน

เนื่องจากการตรวจสอบในตอนที่ 2 พบว่า น้ำตาลทีฮาโลส ตรวจพบในเนื้อขนุน ส่วนน้ำตาลไซโกสตรวจพบได้ในเปลือกและซังเท่านั้น และพบในปริมาณต่ำ จึงทำการศึกษาปัจจัยระยะเวลาและอุณหภูมิในการให้ความร้อนกับเนื้อขนุนเท่านั้น ผลการทดลองปัจจัยอุณหภูมิ ของการให้ความร้อน พบว่าแนวโน้มปริมาณน้ำตาลทีฮาโลสลมีแนวโน้มลดลง เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้น

เมื่อทดลองปัจจัยระยะเวลาที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิคงที่ แนวโน้มปริมาณน้ำตาลทีฮาโลสลดลงเมื่อให้ความร้อนที่ระยะเวลานานขึ้น

ผลการทดลองในตอนนี้ ทำให้ทราบชัดเจนถึงปัจจัยสำคัญที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำตาลทีฮาโลส คือ การให้ความร้อนกับเนื้อขนุน ซึ่งขึ้นกับปัจจัยระยะเวลาที่ให้ความร้อน และระดับความร้อนที่ให้ขณะแปรรูป แต่อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ได้นำเนื้อขนุนไปต้มกับน้ำ ดังนั้น น้ำตาลทีฮาโลสอาจจะละลายปนกับน้ำออกมาได้ เนื่องจากมีผลงานวิจัย ตรวจสอบปริมาณน้ำตาลทีฮาโลสในเห็ดต้ม พบว่า ยิ่งใช้เวลาต้มนเห็ดในน้ำนานก็ทำให้ตรวจพบน้ำตาลชนิดนี้น้อยลง (Muangthai,Pและคณะ ,2008) เนื่องจากน้ำตาลนี้ก็ยังมีคุณสมบัติเหมือนน้ำตาลทั่วไปคือละลายน้ำได้ดี (Higashiyama.T. (2002). ซึ่งปกติน้ำตาลทีฮาโลสจะช่วยปกป้องโปรตีนตลอดจนเซลล์พืชในโครงสร้างให้ชุ่มชื้น (Arakawa.T.และTimasheff.S.N.,1982) เมื่อเซลล์พืชได้รับผลจากความร้อน อาจส่งผลกระทบให้น้ำตาลนี้รั่วไหลออกจากเซลล์ได้ง่ายขึ้น ประกอบด้วยสามารถละลายน้ำได้ดี จึงค่อยๆๆ ละลายมาปะปนในน้ำต้ม

ซึ่งการทดลองตอนนี้ไม่ได้ศึกษาถึงปริมาณน้ำตาลไซโกส เพราะน้ำตาลไซโกส ตรวจพบในเปลือกและซัง ซึ่งมนุษย์เราไม่บริโภค แต่อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาต่อไป ด้วยเพราะทั้งเปลือกและซังจัดว่า

เป็นของทิ้ง ซึ่งถ้ามีน้ำตาลที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น น้ำตาลไซโกส ก็ควรศึกษาหาวิธีแยก และทำให้บริสุทธิ์ เพื่อจะได้มำให้เกิดมูลค่าเพิ่มต่อวัตถุดิบได้

ตอนที่ 4. ผลการศึกษาปริมาณของน้ำตาลทีฮาโลส น้ำตาลไซโกส ในผลิตภัณฑ์ขนุนที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ผลิตภัณฑ์ขนุนที่มีจำหน่าย และได้รับความนิยมมากคือ ขนุนอบกรอบ เพราะมีความอร่อยในรสชาติ สามารถเก็บได้นาน นอกนั้นเท่าที่พบจะเป็นขนุนแช่ในน้ำเชื่อมซึ่งใช้ประกอบกับขนมหวาน และเก็บไม่ได้นาน จึงไม่เลือกนำมาทดลอง ดังนั้นในการทดลองตอนนี้จึงทำการตรวจหาชนิดน้ำตาลในขนุนอบกรอบ เทียบกับขนุนสด พบว่า ในเนื้อขนุนสด ตรวจพบน้ำตาลทีฮาโลสในปริมาณ 11.23 % ส่วนน้ำตาลไซโกสอาจมีปริมาณน้อยมากจนไม่สามารถตรวจสอบด้วยวิธีทินแลร์โครมาโทกราฟี ธรรมดา ได้ แต่เมื่อแปรรูปเป็นขนุนอบกรอบ ทำให้ น้ำตาลมีปริมาณ สูงขึ้น สังเกตได้จากการตรวจพบ น้ำตาลทีฮาโลสในปริมาณสูงขึ้นเป็น 15.78 % และที่น่าสนใจคือ สามารถตรวจพบน้ำตาลไซโกสได้ ซึ่งพบในปริมาณประมาณ 3.05 %

ผลการทดลองตอนนี้ พบข้อมูลที่น่าสนใจ เกี่ยวกับ ผลการแปรรูปเนื้อขนุนด้วยการให้ความร้อนแบบอบลมร้อน ซึ่งทำให้ผลไม้ที่ได้มีลักษณะแห้งกรอบ หอม จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาได้นานกว่าเนื้อขนุนสดราคาจึงสูงกว่า เนื้อขนุนสดมาก ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ พบว่า น้ำตาลที่พบคือทีฮาโลสสามารถทำให้มีปริมาณสูงขึ้นได้ เนื่องจากการอบกรอบ จัดเป็นการทำแห้งตามขบวนการแปรรูปอาหาร(Sahar Rezvani และ Shahab Shariati,2009) จึงทำให้องค์ประกอบในอาหารเข้มข้นขึ้น เพราะการที่ปริมาณน้ำในอาหารลดลง เนื่องจากระเหยออกไป ซึ่งกระบวนการนี้เองจึงเป็นผลให้สามารถตรวจพบน้ำตาลไซโกสได้ ทั้งที่ในเนื้อขนุนสดไม่สามารถตรวจพบน้ำตาลนี้ได้ ดังนั้นจึงทำให้ทราบคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ขนุนอบกรอบ ในด้านชนิดน้ำตาล ที่ตรวจพบมีทั้งน้ำตาลทีฮาโลสและน้ำตาลไซโกส

ข้อเสนอแนะ

จากการทำงานวิจัยเรื่องนี้ พบอุปสรรคที่สำคัญด้านเครื่องมือวิทยาศาสตร์เกิดเสียหาย ขาดงบประมาณในการซ่อมแซม จึงทำให้ผู้วิจัยต้องประยุกต์ และเลือกวิธีการตรวจสอบชนิดน้ำตาลแบบ เคมีพื้นฐาน ทำให้เสียเวลา อย่างไรก็ตามด้วยข้อจำกัดเรื่องเงินงบประมาณที่ได้รับต่ำกว่าที่ขอเสนอไปมากกว่า ร้อยละ 50 ทำให้ เมื่อพบข้อมูลการวิจัยที่มีแนวโน้มที่ดี จึงไม่สามารถ ทำการทดลองลึกเพิ่มเติม

ได้ ซึ่งผลการวิจัยชุดนี้ มีแนวเสนอให้ทำการตรวจหรือแยกน้ำตาลไซโกสจากส่วนของเปลือกและเนื้อในโอกาสต่อไป ถ้าได้รับเงินทุนในการวิจัย

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2527. การปลูกขนุน เอกสารคำแนะนำ. กรมส่งเสริมการเกษตร

เทคโนโลยีชาวบ้าน : วันที่ 01 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549 ปีที่ 18 ฉบับที่ 376

Arakawa.T.and Timasheff.S.N.(1982).Stabilization of protein structure by sugars. *Biochemmistry*.21.pp.6536-6544

Baliga,M.S.,Shivashankara,A.R.,Haniadka,R.,Dsouza,J., Bhat,H.P.2011.Phytochemistry, nutritional and pharmacological properties of *Artocarpus Heterophyllus lam*(jackfruit): A review.Food Research International.Artical in press

Cabib.E and Leloir.L.F.(1957).The biosynthesis of trehalose phosphate. *Journal of American Chemical Society*.75.pp.259-275

Dutta,H.,Paul,S.K.,Kalita,D.,Mahanta,C.L. 2011.Effect of acid concentration and treatment time on acid alcohol modified jackfruit seed starch properties.Food Chemistry.128(2):284-291.

Hayashi, N. , Iida, T. , Yamada, T. , Okuma, K. , Takehara, I. , Yamamoto, T., Yamada, K. , Tokuda, M.2010. Study on the postprandial blood glucose suppression effect of D-Psicose in borderline diabetes and the safety of long-term ingestion by normal human subjects. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*. 74, Issue 3: 510-519

Higashiyama.T.(2002).Novel functions and applications of trehalose.*Pure and Applies Chemistry.*74(7).pp. 1263- 1269.

Hossain MA, Kitagaki S, Nakano D, Nishiyama A, Funamoto Y, Matsunaga T, Tsukamoto I, Yamaguchi F, Kamitori K, Dong Y, Hirata Y, Murao K, Toyoda Y, Tokuda M.(2011) Rare

sugar D-psicose improves insulin sensitivity and glucose tolerance in type 2 diabetes Otsuka Long-Evans Tokushima Fatty (OLETF) rats. *Biochem Biophys Res Commun.* 4;405(1):7-12.

Kidd.G and Devorak.J (1994). Trehalose is a sweet target for agrobiotech.*Biotechnology* 12. pp 1328- 1329.

Matsuo T, Suzuki H, Hashiguchi M, Izumori K(2002) D-psicose is a rare sugar that provides no energy to growing rats*. J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo).* 48(1):77-80.

Muangthai,P., Panatda Surametsaku,P , Chouesain ,W and Tosuntikul,K .2008.Separation Study and Quantitative Analysis of Trehalose and Psicose Content in Mushroom, Proceeding on Rare sugar Congress 2008. Kagawa,Japan ,

Omar,H.S.,El-Beshbishy,H.A.Moussa,Z.,Taha,K.F.,Singab,A.N.B.2011.Antioxidant activity of *Artocarpus Heterophyllus lam*(jackfruit)leaf extracts: Remarkable attenuations of hyperglycemia and hyperlipidemia in streptozotocin-diabetic rats.*The Scientific World Journal*.vol 11.:788-800

Paiva.C.L.A. and Panek.A.D.(1996).Biotechnological applications of the disaccharide trehalose. *Biotechnolog.Annual Review* .2.pp.293-314.

Patist.A and Zoerb.H.(2005).Preservation mechanisms of trehalose in food and biosystems. *Colloids and Surfaces B:Biointerfaces* .40.pp 107 -113.

Roser. B. (1991).Trehalose a new approach to premium dry food. *Trends in Food Science and Technology*.7.pp 166-169.

Roser. B and Caloco.C.A. (1993).A Sweeter way to fresher food.*New Scientist*. 15.pp.25-28.

Sahar Rezvani and Shahab Shariati,2009. ANALYSIS OF TREHALOSE IN *ARABIDOPSIS THALIANA* L.IN ADDITION, HELPFUL AT ALL STAGES OF HD.*Rasayan J.Chem*. Vol.2, No.2 (2009), 267-270

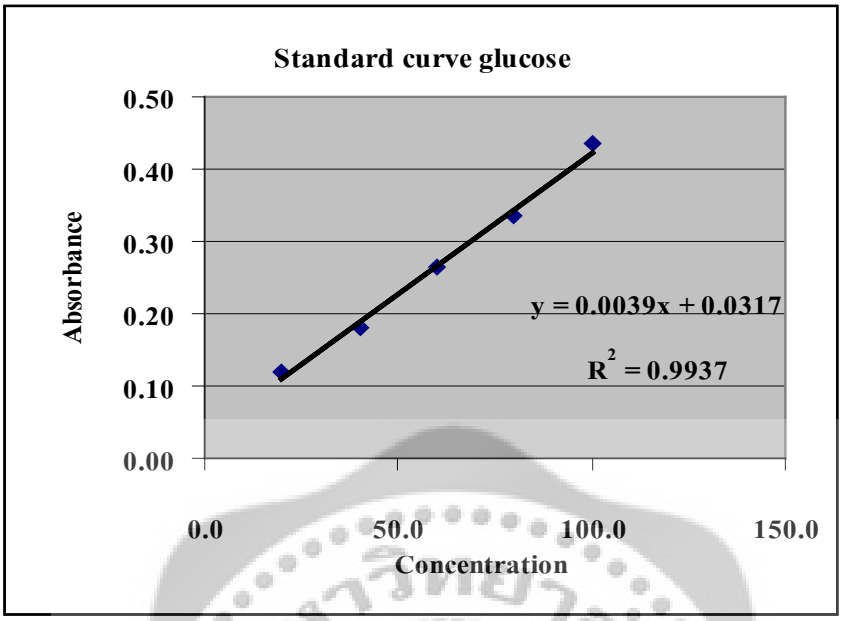
Takeshita.K,Suga.A, Takada.G and Izumori.K.(2000).Mass production of D-Psicose from D-Fructose by continuos Bioreactor System Using ImmobilizedD-Tagatose3-Epimerase.*Journal of Bioscience and Bioenineering* .90.(4).pp 453-455**.**

Westh.P and Ramlov.H(1991).Trehalose accumulation in tartigrade *Adorybiotus coronifer* uring anhydrobiosis. *Journal of Experimental Zoology.*258.pp303-311.

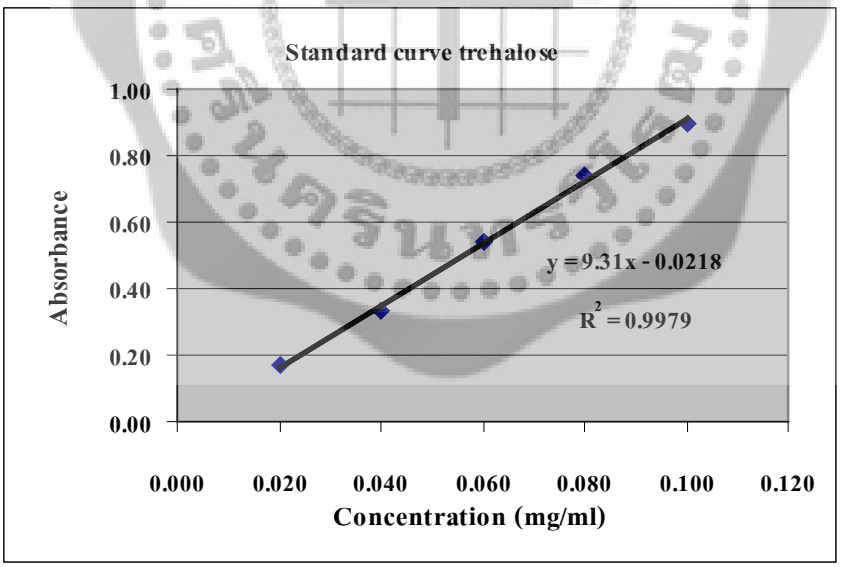
www.suandusit.ac.th

ภาคผนวก

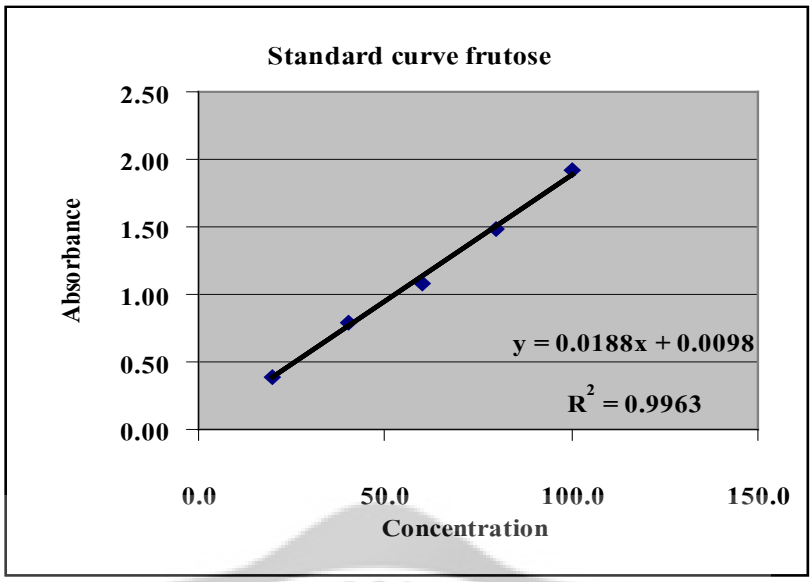
กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลด้วยวิธีแอนโทรน



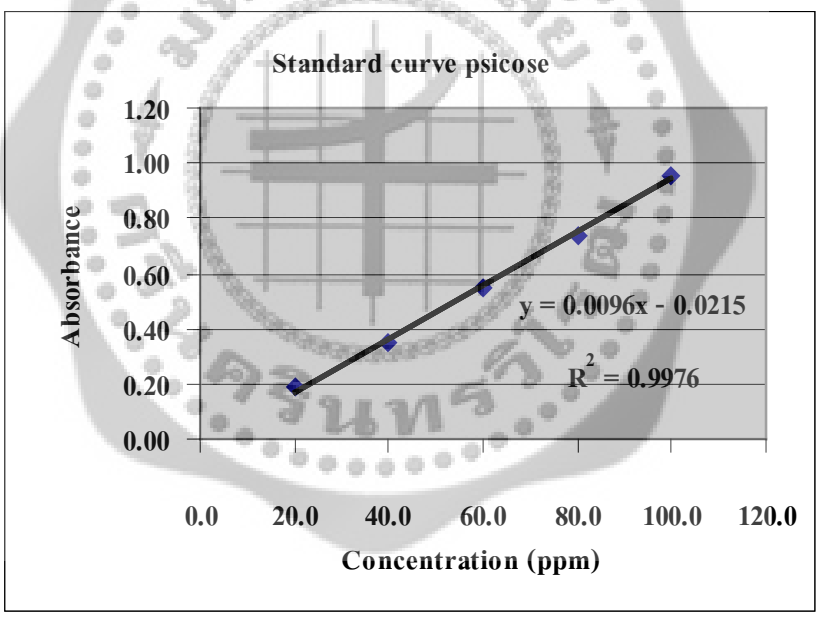
รูปภาคผนวกที่ 1 กราฟมาตรฐานของสารละลายน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน



รูปภาคผนวกที่ 2 กราฟมาตรฐานของสารละลายน้ำตาลทีฮาโลสมาตรฐาน



รูปภาคผนวกที่ 3 กราฟมาตรฐานของสารละลายน้ำตาลฟรุกโทสมาตรฐาน



รูปภาคผนวกที่ 4 กราฟมาตรฐานของสารละลายน้ำตาลไซโกสมาตรฐาน

รูปภาคผนวกที่ 5 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานกับแอนโทรนรีเอเจนต์

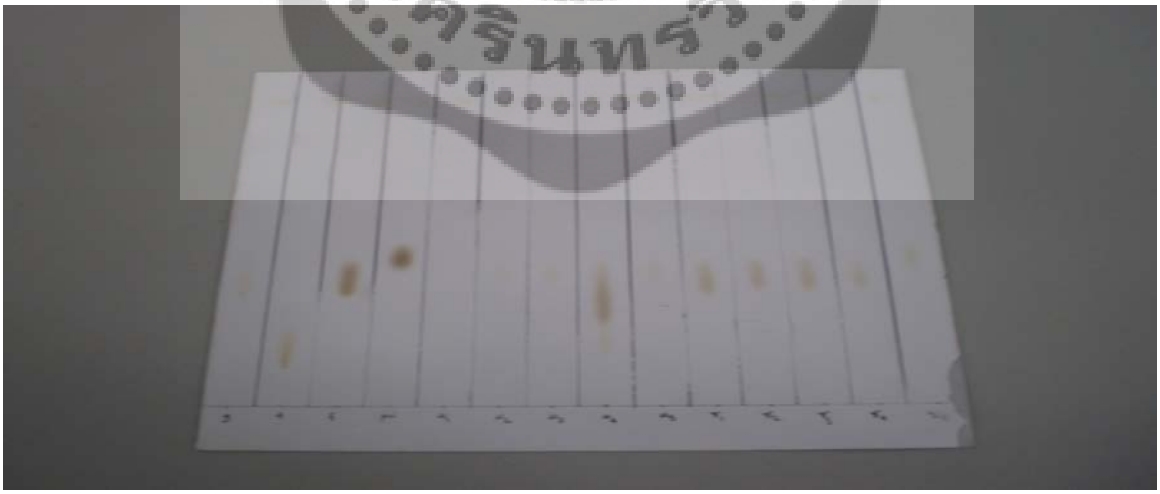
รูปภาคผนวกที่ 6 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายน้ำตาลทีฮาโลสมาตรฐานกับแอนโทรนรีเอเจนต์

รูปภาคผนวกที่ 7 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายน้ำตาลฟรุกโทสมาตรฐานกับแอนโทรนรีเอเจนต์

รูปภาคผนวกที่ 8 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายน้ำตาลไซโกสมาตรฐานกับแอนโทรนรีเอเจนต์

รูปภาคผนวกที่ 9 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายน้ำตาลที่สกัดจากเนื้อขนุนกับแอนโทรนรีเอเจนต์

รูปภาคผนวกที่ 10 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากตัวอย่างเนื้อ และเปลือก โดยเทียบกับสารละลายน้ำตาลมาตรฐานทั้ง 4 ชนิด



รูปภาคผนวกที่ 11 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากตัวอย่างเมล็ดขนุน และซังขนุน โดยเทียบกับสารละลายน้ำตาลมาตรฐานทั้ง 4 ชนิด

ประวัติย่อหัวหน้าโครงการ

หัวหน้าโครงการวิจัย

นาง พรพิมล ม่วงไทย

ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์ ระดับ 9

สังกัด ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร

โทรศัพท์ ทำงาน 02-6641000 ต่อ 8455 มือถือ 084-3285527

บ้าน 02-5520308

โทรสาร 02-2592097

E-mail pornpi @ swu.ac.th Pornpimolm @ yahoo.com

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี วท.บ. (เคมี) เกียรตินิยม อันดับ 2 จาก มหาวิทยาลัยศิลปากร ปี 2522

ปริญญาโท วท.ม. (เคมีวิเคราะห์) จาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2524

ปริญญาเอก ปร.ด. (วิทยาศาสตร์การอาหาร , เคมีวิเคราะห์อาหาร)จาก

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ปี 2546

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

สาขาเคมีวิเคราะห์ การวิเคราะห์อาหาร เช่น วิเคราะห์โลหะปนเปื้อนในอาหารและสิ่งแวดล้อม วิเคราะห์สารพิษประเภทสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ในตัวอย่าง พืชผัก วิเคราะห์สารบำรุงผิวในเครื่องสำอาง ศึกษาและวิเคราะห์ไขมัน น้ำตาล โปรตีน การเกิดสารสีน้ำตาล Maillard reaction มีความชำนาญในการควบคุมเครื่องมือวิเคราะห์ต่างๆได้แก่ เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง เครื่องมืออะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรมิเตอร์ เครื่องมืออุลตราไวโอเลต-วิสิเบิลสเปกโทรมิเตอร์ เครื่องมือฟลูออเรสเซนต์สเปกโทรมิเตอร์ เครื่องมือวิเคราะห์โปรตีนดายบายดิง

ผลงานทางวิชาการ

1. **Muangthai, P.;**and Surapat S.; Free Thiol Content analysis in heated milk. *KU Journal*. 2003, 345.

2. **Muangthai, P.;** Distaporn, T.; and Shewthanasoontorn, W.; Monitoring of Ascorbic Acid Phenolic Compound and 5-Hydroxymethyl-2-Furfuraldehyde Contents in Fermented Makiang Juice; *Laos Journal on Applied Science*, Nov. **2006**, Vol 1 (no.1), 365.

3. **Muangthai, P.;** Suksaweang, U.; Kieatnarong; P.; Detection of 5-hydroxymethyl-2-furfuraldehyde in fermented noni juices; *KMITL Science Journal*, **2006**, 6(2b), 517.

4**. Muangthai, P.;** Upajak, P.; and Patumpai, W.; Analysis Study of Protease enzyme and Amino acid Contents in Production Soy sauce from Peagion pea and Soy bean. *Proceeding on The 5 th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology*, **2007**, 68.

5. **Muangthai, P.;** and Soontornsart, P.; Quantitative Analysis Study of Proline amino acid conyent in Honey. *Proceeding on The 3 rd Naresuan Agriculture Conference,* **2007**, 114 .

6 **Pornpimol Muangthai1***, Pakatheera Upajak, Penprapa Suwunna and Wai Patumpai (2009)Development of healthy soy sauce from pigeon pea and Soybean. *As. J. Food Ag-Ind.*, 2(03), 291-301

7.**Pornpimol Muangthai***, Arthid Kanthuskampol and Somporn Tatriyasri (2010).Detection of non-enzymatic browning reaction in Thai herbal medicine.*As. J. Food Ag-Ind.* 3(02), 249-257

.8. **Pornpimol Muangthai** , Juturong Chongcharoen and Sasithorn Yaithanat, Total Phenolic and Antioxidative Properties Analysis in Kai Algae Wine, *Proceeding on The 34 rd Congress on Science and Technology ,* 2008, B4 B0152.

9. **Pornpimol Muangthai** [1] , Charinrat Utmaung and Jaturong Jongcharoen, Development of Jelly from Kai Algae **,**Proceeding on ICSU2009 **,**

10.. **Pornpimol Muangthai** , Panatda Surametsakul , Wareerut Chouesain and Khanidtha Tosuntikul, Separation Study and Quantitative Analysis of Trehalose and Psicose Content in Mushroom, Proceeding on Rare sugar Congress 2008. Kagawa,Japan ,Oral Presentation

11.. **Pornpimol Muangthai**, Somanong Chindaprapan and Patumma Decthpanomporn, Quantitative Analysis of Residue Chloride ion in Soap by Fluorescence Quenching Technique ,Proceeding on Naresaun Research Conference on 2008. Oral Presentation

12.. **Pornpimol Muangthai** , , Arthid Kanthuskampol and Somporn Tatriyasri, Detection of the Nonenzymatic Browning Reaction in Thai Herbal Drugs, Proceeding on International

Conference on the role of Universities in Hands- on Education ,2009; Chiengmai Thailand, Oral Presentation .0-024

13. Pornpimol Muangthai , Natthamon Depatii , Arthid Kanthuskampol and Somporn Tatriyasri, Utilization of Dairy Waste from Milk Industry in Production of Glycerine and Biodiesel , Proceeding on International Conference on the role of Universities in Hands- on Education ,2009; Chiengmai Thailand, Oral Presentation .0-054**.**

14. **Pornpimol Muangthai** and Thanomsin Disathaporn . Analysis of Lactulose in goat milk and cow milk .Proceeding on International Rare Sugar Conference 2006 Takamatsu , Japan 20- 25 November 2006)

15. **Pornpimol Muangthai*** Somanong Chindaprapan Patumma Decthpanomporn .Quantitative Analysis of Residue Chloride ion in Soap by Fluorescence Quenching Technique. Oral presentation ;The 4 th Conference of Naresaun Research 2008. 28-29 July 2008.

16. **P. Muangthai**[1], N. Promrong[1] and C.Wannawong[1] **PREPARATION OF PURIFIED DYE POWDER FROM THE BARK OF *Livistona speciosa.*** Proceeding on International ConferencePACCON 2010.*Poster Presentation.January.2010.*

17. **Pornpimol Muangthai*,** Wareerut Chouesain and Khanidtha Tosuntikul**.**2010**.** Evaluation of rare sugar content in edible mushroom.*As. J. Food Ag-Ind.*, 3(03), 343-348.

18. **Pornpimol Muangthai,** Pakatheera Upajak, Penprapa Suwunna and Wai Patumpai.2009. Development of healthy soy sauce from pigeon pea and soybean. *As. J. Food Ag-Ind.*, 2(03), 291-301.

19. ***P. Muangthai** et al* .2010.Preparation of Purified Dye Powder from the Bark of *Livistona speciosa* .*Sci. J. UBU, Vol. 1, No. 2 (July-December, 2010) 65-70*.

สิทธิบัตร ซีอิ๊วจากถั่วมะแฮะ

วันที่ยื่นคำขอ 24 กันยายน 2550 เลขที่คำขอ 0701004709