บทที่ 3
ผลและวิจารณ์ผลการศึกษาวิจัย

ตอนที่ 1 การผลิตไซรัปกล้วยตากแบบอนุกรมด้วยเอนไซม์สองชนิด

1. ผลการสกัดไซรัปกล้วยตากด้วยเอนไซม์สองชนิด

ผลการสกัดไซรัปจากล้วยตากด้วยเอนไซม์สองชนิดแบบอนุกรมแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการสกัดไซรัปจากกล้วยตากตกเกรดแบบอนุกรมด้วยเอนไซม์สองชนิด

ลำดับการสกัด	ปริมาณไซรัป (มิลลิลิตร) ที่ 70°Bx			เฉลี่ย (มิลลิลิตร)
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
เพคติเนส-เพคติเนส	39	48	48	45±5.20
เพคติเนส-เพคติเนส	46	49	49	48±1.73
เพคติเนส-เซลลูเลส	50	43	47	46±3.51
เพคติเนส-เซลลูเลส	50	50	50	50±0.00
เซลลูเลส-เพคติเนส	50	52	47	49±2.52
เซลลูเลส-เพคติเนส	44	47	50	47±3.00

หมายเหตุ : ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อสกัดได้ไซรัปกล้วยในสภาวะที่เหมาะสมแล้ว นำผลิตภัณฑ์ไซรัปที่ได้มาศึกษาดังต่อไปนี้

1.1 ร้อยละของผลผลิต (% Yield)

จากผลการทดลองสกัดไซรัปกล้วยตากในแต่ละสภาวะ ได้ผลผลิตไซรัปสูงสุดเมื่อใช้เอนไซม์เพคติเนส 0.15% บ่มเป็นเวลา 180 นาที ตามด้วยเอนไซม์เซลลูเลส 0.05% บ่มเป็นเวลา 180 นาทีเช่นกัน ซึ่งจะได้ไซรัปสูงสุด 50±0.00 มิลลิลิตร รองลงมาคือ การใช้เอนไซม์เซลลูเลส 0.10% บ่มเป็นเวลา 180 นาที ตามด้วยเอนไซม์เพคติเนส 0.15% บ่มเช่นเดียวกันซึ่งจะทำให้ได้ไซรัปในปริมาตร 49±2.52 มิลลิลิตร อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ พบว่าการสกัดแบบอนุกรมทั้ง 6 แบบ จะให้ไซรัปในปริมาตรไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) คือได้ไซรัปในปริมาณ 45±5.20 ถึง 50±0.00 มิลลิลิตร ดังนั้น จากผลการทดลองจึงอาจบอกได้ว่าลำดับการใช้เอนไซม์ ในการสกัดไซรัปกล้วยในแต่ละอนุกรมนั้น ไม่มีผลของความแตกต่างของปริมาตรไซรัปที่

ได้ อย่างไรก็ดี ในกรณีสภาวะที่ทดสอบที่ใช้เอนไซม์เพคติเนส 0.15% บ่มเป็นเวลา 180 นาที จากนั้นเติมเอนไซม์เซลลูเลส 0.05% ก็จะทำให้ใช้เอนไซม์ในปริมาณที่น้อยลงมากกว่าที่อรรณพและวาสนา (2551) ได้รายงานไว้

1.2 ค่าเด็กโตรสอิควิวาเลนซ์ (DE value)

ค่าเด็กโตรสอิควิวาเลนซ์ (Dextrose equivalent) หรือ ค่าสมมูลเด็กโตรส เรียกย่อว่า DE คือ ปริมาณร้อยละของน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) คิดเป็นปริมาณน้ำตาลเด็กซ์โตรส (dextrose) ที่มีอยู่ในคาร์โบไฮเดรททั้งหมด ในอุตสาหกรรมอาหาร ใช้ค่า Dextrose equivalent (DE) แสดงถึงระดับการย่อยแป้ง (flour) หรือ สตาร์ช (starch) ให้เป็นน้ำตาลกลูโคสหรือเดกซ์โตรส ค่า Dextrose equivalent ของ น้ำเชื่อมกลูโคส (glucose syrup) หมายถึง ปริมาณน้ำตาลเด็กซ์โตรส (dextrose ซึ่งคือ D-glucose) ที่มีอยู่ในน้ำเชื่อมกลูโคสทั้งหมดโดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งถ้ามีค่า DE สูง แสดงว่ามีปริมาณกลูโคสมาก โดยมีค่าแสดงดังนี้คือ ถ้าปริมาณกลูโคสต่ำหมายถึงมีค่า DE อยู่ในช่วง 20-38 ถ้ามีกลูโคสปานกลางหมายถึงมีค่า DE ในช่วง 38-58 และถ้ามีกลูโคสปริมาณสูงหมายถึงมีค่า DE อยู่ในช่วง 58-73 และถ้ามีกลูโคสปริมาณสูงมากจะมีค่า DE เท่ากับ 73 (food Network Solution ใน http://www.foodnetworksolution.com/ vocab/word/639 สืบค้นเมื่อ 1 มิ.ย. 2555) จากการสกัดไซรัปจากกล้วยตาก พบมีค่าเด็กโตรสอิควิวาเลนซ์ (DE) เท่ากับ 109.48±6.00 ซึ่งจากผลการทดลองไซรัปมีค่าเด็กโตรสอิควิวาเลนซ์มากกว่า 73 หมายถึงมีปริมาณกลูโคสสูงมาก เนื่องจากไซรัปเป็นน้ำเชื่อมที่สกัดได้จากผลไม้แล้วนำมาทำให้มีความเข้มข้นสูง โดยมีความหวานคิดเป็นปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 70^{o}Brix

1.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ด้วยเครื่อง Hand refractometer

ไซรัปกล้วยที่ทำการผลิตโดยการสกัดด้วยเอนไซม์สองชนิดแบบอนุกรมมีค่าความหวานวัดในรูปปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง Hand Refractometer ซึ่งกำหนดให้มีค่าความหวานเท่ากับ 70^{o}Brix โดยวิธีระเหยแบบสูญญากาศด้วยเครื่อง Evaporator (BUCHI Heating bath B490) เนื่องจาก จากข้อกำหนดของไซรัปผลไม้ ว่าต้องมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่น้อยกว่า 65% ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2548)

1.4 ค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab

ค่าสีของไซรัปกล้วยที่ได้วัดด้วยเครื่อง Hunter Lab ซึ่งแสดงค่าสีออกมาเป็น ค่า L* หมายถึงค่าความสว่าง (lightness) เป็นค่าที่แสดงถึงสีดำ-ขาว (black-white) โดยมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ค่า a* หมายถึงค่าความเป็นสีเขียว-แดง (greenness-redness) มีค่าตั้งแต่ -60 ถึง 60 (ในกรณีที่มีค่าเป็นลบจะแสดงถึงสีเขียว

และในกรณีที่มีค่าเป็นบวกจะแสดงถึงสีแดง) และค่า b* หมายถึงค่าความเป็นสีน้ำเงินถึงสีเหลือง (blueness-yellowness) โดยมีค่าตั้งแต่ -60 ถึง 60 โดยถ้ามีค่าเป็นลบ จะแสดงถึงสีน้ำเงิน และถ้ามีค่าเป็นบวกจะแสดงถึงสีเหลือง (hunter Associates Laboratory Inc., 2009) จากการตรวจหาค่าสีของไซรัปกล้วยที่ได้ด้วยเครื่อง Hunter Lab พบว่า มีค่า L* ค่า a* และค่า b* เท่ากับ 3.02±0.35, 3.34±0.81 และ 3.48±0.34 ซึ่งจากค่าสีที่วัดได้ดังกล่าวทำให้เห็นว่าไซรัปกล้วยตากจะมีลักษณะสีเหลืองเข้มออกน้ำตาลแดง ซึ่งเกิดจากวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนจากการตากแดด การสกัดด้วยเอนไซม์ร่วมกับความร้อน และการระเหยน้ำออกเพื่อให้ได้ไซรัปเข้มข้นด้วยเครื่องระเหยสูญญากาศภายใต้ความดัน

1.5 ประเมินราคาต้นทุนการผลิต

ในการผลิตไซรัปนั้นนอกจากต้องการให้ได้ปริมาณผลผลิตสูงสุดแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ราคาต้นทุนการผลิตเพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปผลิตทางการค้าต่อไป จากราคาไซรัปบางชนิดที่วางขายในท้องตลาด เช่น ราคาของน้ำเชื่อมเมเปิล (maple syrup) มีราคาประมาณ 1.10-1.84 บาทต่อมิลลิลิตร (Vermont Maple Syrup, 2010 ; เมซอง ดู แวงส์, 2010 ในอรรณพ และ วาสนา, 2551) ในขณะที่ไซรัปที่ผลิตได้จากกล้วยหอมมีราคา 1.30 บาทต่อมิลลิลิตร (โดยราคาจำหน่ายที่กำหนดไว้คือ 200 บาทต่อขวด ซึ่งมีปริมาตรบรรจุ 150 มิลลิลิตร) (ไทยโพสต์, 2547 ในอรรณพ และ วาสนา, 2551) และจากการศึกษาการผลิตไซรัปกล้วยตากตกเกรดของอรรณพ และ วาสนา (2551) พบว่าการผลิตไซรัปจากกล้วยตากโดยใช้กล้วยตากตกเกรดจำนวน 100 กรัม ด้วยเอนไซม์เพคติเนสร้อยละ 0.15 บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 180 นาที จะได้ไซรัปที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 75 องศาบริกซ์ ปริมาตร 36.67 มิลลิลิตร โดยจากการคำนวณต้นทุนแล้วพบว่ามีต้นทุนในการผลิตเท่ากับ 0.88 บาทต่อมิลลิลิตร ในขณะที่การใช้เอนไซม์เซลลูเลส และอะมิเลสในการผลิต จะมีต้นทุนในการผลิตเท่ากับ 1.00 และ1.03 บาทต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังนั้น เมื่อรวมราคาไซรัปจากการใช้เอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด จะมีราคาเท่ากับ 2.91 บาทต่อมิลลิลิตรไซรัป เมื่อทำการเปรียบเทียบกับการทดลองศึกษาวิจัยในครั้งนี้ พบว่าไซรัป 1 มิลลิลิตรจะมีราคา 1.22 บาท ซึ่งมีราคาต่างกันถึง 1.69 บาทต่อมิลลิลิตร อย่างไรก็ดี สาเหตุที่ในการวิจัยนี้ราคาต้นทุนไซรัปต่อมิลลิลิตรมีราคาต่ำกว่า เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้ ไม่ได้นำเอนไซม์เซลลูเลสมาใช้ในการสกัดกล้วยด้วย และความหวานหรือปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 70°Bx ในขณะที่รายงานของอรรณพและวาสนา (2551) ได้ความหวานเท่ากับ 75°Bx โดยราคาต่อมิลลิลิตรของไซรัปกล้วยคำนวนได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการคำนวณต้นทุนในการผลิตไซรัปกล้วยโดยการสกัดด้วยเอนไซม์

ชนิดเอนไซม์	ราคาวัตถุดิบและพลังงานที่ใช้ในการผลิต					รวมราคาต้นทุนทั้งหมด (บาท) (5)
	เอนไซม์ (1)	กล้วยตาก (2)	น้ำ (3)	ค่าพลังงานและเชื้อเพลิง		
				Water bath (4.1)	Evaporator (4.2)	
เพคติเนส	6.25	0.50	0.12	24.50	1.20	32.57
เซลลูเลส	5.58	0.50	0.12	21.00	1.20	28.20

หมายเหตุ: ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเปรียบเทียบกับรายงานของอรรณพและวาสนา (2551)

จากตารางที่ 5 จะได้ต้นทุนทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต (5) ดังนั้น

$$\text{ต้นทุนต่อมิลลิลิตร} = \frac{\text{ต้นทุนทั้งหมด}}{\text{มล.ของไซรัปกล้วยที่ได้จากเอนไซม์แต่ละชนิด}}$$

เพราะฉะนั้น

การใช้เอนไซม์เพคติเนสและเซลลูเลสในการผลิตไซรัปจะมีต้นทุนเท่ากับ

(ราคาเอนไซม์เซลลูเลส + ราคาเอนไซม์เพคติเนส) / ปริมาตรไซรัปที่ได้

= (32.57 + 28.20) / 50 = 1.22 บาทต่อมิลลิลิตร

(1) เอนไซม์เพคติเนส

1.1 เอนไซม์เพคติเนส ปริมาตร 250 มล. ราคา 10,410 บ. ใช้ 0.15 มล. เป็นเงิน 6.25 บ.

1.2 เอนไซม์เซลลูเลส ปริมาตร 50 มล. ราคา 5,585 บ. ใช้ 0.05 มล. เป็นเงิน 5.58 บ.

(2) กล้วยตากตกเกรดกิโลกรัมละ 5 บ. ใช้ 100 กรัม เป็นเงิน 0.50 บ.

(3) น้ำสะอาด 20 ลิตร ราคา 12 บ. ใช้ 200 กรัม เป็นเงิน 0.12 บ.

(4) ค่าพลังงานและเชื้อเพลิงโดยคิดเทียบจากค่าไฟฟ้า 1 หน่วย (kilowatt/hr) ราคาหน่วยละ 5 บ.

(4.1) ค่าพลังงานของเครื่อง water bath ขนาด 1400 watt

- สภาวะที่ใช้เอนไซม์เพคติเนสคิดจาก 1400 watt x 3.5 hr เท่ากับ 4900 watt/hr จะเท่ากับ 4.9 kilowatt/hr x 5 บ. เป็นเงิน 24.50 บ.

*** หมายเหตุ: เวลาที่นำมาคำนวณบวกเวลาที่ใช้ตุ๋นกล้วยก่อนการเติมเอนไซม์อีก 30 นาที

- สภาวะที่ใช้เอนไซม์เซลลูเลสคิดจาก 1400 watt x 3.0 hr เท่ากับ 4200 watt/hr เท่ากับ 4.2 kilowatt/hr x 5 บ. เป็นเงิน 21.00 บ.

(4.2) ค่าพลังงานของเครื่อง Evaporator ขนาด 120 watt (ในทุกสภาวะใช้เวลาเท่ากัน)

คิดจาก 120 watt x 2 hr เท่ากับ 240 watt/hr จะเท่ากับ 0.24 kilowatt/hr x 5 บ. เป็นเงิน 1.20 บ.

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ผลการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของไซรัปกล้วย

ไซรัปกล้วยที่ได้จากการสกัดด้วยเอนไซม์ แล้วทำให้ได้เป็นน้ำเชื่อมกล้วยเข้มข้น มีความหวานตามลักษณะของน้ำเชื่อมผลไม้ ลักษณะของไซรัปกล้วยที่ได้จะมีความเข้มข้น ค่อนข้างหนืด สีน้ำตาลทอง มีรสชาติหวานแหลมอมเปรี้ยวเล็กน้อย นำไซรัปกล้วยที่ได้มาตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณน้ำตาลบางชนิด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ได้ผลการศึกษาดังนี้คือ

2.1 การหาปริมาณน้ำตาลบางชนิดที่สำคัญที่พบในไซรัปกล้วย

โดยปริมาณน้ำตาลที่ทำการศึกษาได้แก่ น้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตส และซูโครส ด้วยเครื่อง HPLC เนื่องจาก ไซรัปกล้วยก็คือน้ำหวาน หรือน้ำเชื่อมเข้มข้นที่ได้จากการสกัดจากกล้วยสุก ซึ่งจะมีปริมาณน้ำตาลสูง เมื่อนำมาตรวจวิเคราะห์ดูปริมาณน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบ พบว่ามีปริมาณน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโต ในปริมาณค่อนข้างสูง โดยตรวจพบปริมาณน้ำตาลกลูโคสเท่ากับ 41.09 mg/ml และน้ำตาลฟรุคโตส เท่ากับ 38.38 mg/ml โดยตรวจไม่พบปริมาณน้ำตาลซูโครสเลย ซึ่งน้ำตาลกลูโคสเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่พบได้ทั่วไปตามธรรมชาติ โดยจะพบมากในผักและผลไม้ เป็นน้ำตาลที่มีขนาดเล็กที่สุดของสารประกอบคาร์โบไฮเดรต มีความหวาน 3 ใน 4 ของน้ำตาลซูโครส (พักตร์ประไพ, 2546 ใน อรรณพและวาสนา, 2551) โดยในกล้วยตากทั่วไป จะมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสประมาณ 51.77-58.73 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552) จากการสกัดไซรัปจากกล้วยตากในครั้งนี้ พบปริมาณน้ำตาลกลูโคสเท่ากับ 41.09 mg/ml โดยปริมาณน้ำตาลที่พบจะน้อยกว่าวัตถุดิบก่อนแปรรูป ซึ่งอาจมีผลมาจากขั้นตอนการสกัด จะมีการบีบน้ำกล้วยออกมาซึ่งไม่สามารถบีบน้ำกล้วยออกมาได้ทั้งหมด จึงทำให้ปริมาณกลูโคสน้อยกว่าผลกล้วยตาก ประกอบกับ อาจมีผลจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในกล้วยตากซึ่งสามารถใช้น้ำตาลในการเจริญเติบโตได้ จึงทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสน้อยลง ส่วนปริมาณน้ำตาลฟรุคโตสและซูโครสที่พบในกล้วยตาก พบมีปริมาณเท่ากับ 20.5 และ 10.00-17.75% ตามลำดับ (กุลยา, 2534) เมื่อเปรียบเทียบชนิดและปริมาณน้ำตาลที่พบในไซรัปจากผลไม้อื่น เช่น ชิดชัยและคณะ (2547) ศึกษาปริมาณน้ำตาลในไซรัปจากกล้วยหอมทอง พบมีปริมาณน้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตสเท่ากับ 24.70 และ 20.06% ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของสุคันธรส (2550) ที่พบว่าไซรัปจากกล้วยหอมทองมีปริมาณน้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตสเท่ากับ 16.95 และ 14.76% ตามลำดับ อย่างไรก็ดี ชิดชัยและคณะ (2547) ยังตรวจพบน้ำตาลซูโครสในปริมาณ 12.06% ด้วย โดยในไซรัปกล้วยตากที่ทำการศึกษาตรวจไม่พบน้ำตาลซูโครส ขณะที่สุคันธส (2550) ตรวจพบน้ำตาลซูโครสในปริมาณค่อนข้างสูงถึง 35.99% และจากการศึกษาของ Jackie G. S. and Nicholas H. L. (1996) ที่ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของเมเปิลไซรัป 80 ชนิด ที่ผลิตในอเมริการเหนือ พบน้ำตาล

ซูโครสสูงถึง 51.7 ถึง 75.6% โดยพบน้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตสอยู่ในช่วง 0.00 ถึง 9.59% และ 0.00 ถึง 3.95% ตามลำดับ ในส่วนของไซรัปกล้วยตากที่ตรวจไม่พบน้ำตาลซูโครสเลยนั้น อาจมีสาเหตุจาก กล้วยตากจะมีการระบวนการเปลี่ยนแปลงจากกล้วยสุก เมื่อผ่านกระบวนการตากแดดที่อุณหภูมิสูง (85-90 องศาเซลเซียส) และใช้เวลาในการตากค่อนข้างนาน ประมาณ 7 วัน อาจมีผลทำให้น้ำตาลซูโครสในผลกล้วยถูกอินเวิร์ท (invert) เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตส เช่นเดียวกับการศึกษาของเรณุกา (2545) ที่ศึกษาการผลิตไซรัปจากน้ำตาลสด ซึ่งในขั้นตอนการสกัด และทำให้มีความเข้มข้นจะใช้อุณหภูมิสูงถึง 80 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำตาลซูโครสถูกอินเวิร์ทกลายเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสเช่นกัน และจากรายงานการศึกษาการผลิตไซรัปจากอินทผาลัมตากแห้ง ก็ตรวจไม่พบน้ำตาลซูโครสเช่นกัน โดยพบเพียงน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสในปริมาณ 26.6 และ 34.4% ตามลำดับ (Al-Farsi, 2003)

2.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง Hand Refractometer

ไซรัปกล้วยที่ได้มีค่าความหวานวัดในรูปปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง Hand Refractometer มีค่าความหวานเท่ากับ 70°Brix โดยวิธีระเหยแบบสูญญากาศด้วยเครื่อง Evaporator (BUCHI Heating bath B490) เนื่องจากมาตรฐานกำหนดว่าไซรัปผลไม้ต้องมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่น้อยกว่า 65% ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2548)

2.3 ค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter

จากการตรวจวัดคุณสมบัติทางเคมีของไซรัปกล้วยด้วยเครื่อง pH meter เพื่อหาค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยมีค่าเท่ากับ 4.54 ซึ่งจากการตรวจวิเคราะห์ครั้งนี้ มีค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างจากน้ำผึ้ง ไซรัปที่ได้จากกล้วยหอมทอง และเมเปิลไซรัปที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.13, 4.98 (สุคันธรส, 2550 ใน อรรณพและวาสนา, 2551) และ 6.56 ตามลำดับ

2.4 ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC., 2000)

ปริมาณกรดทั้งหมดซึ่งหาในรูปของกรดแลคติก มีปริมาณ 0.17% โดยมีปริมาณกรดที่แตกต่างจากน้ำผึ้ง ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 0.33 % (จากการตรวจวัดตามวิธีการของ AOAC., 2000, : chapter 37.1.37) ไซรัปจากกล้วยหอมทองมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 0.70% และเมเปิลไซรัปมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 0.07% (จากการตรวจวัดตามวิธีการของ AOAC., 2000, : chapter 37.1.37) โดยกรดที่ตรวจพบในน้ำหวานเข้มข้นทั้งสามชนิดนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นกรดซิตริก และกรดมาลิก เป็นส่วนใหญ่ (สุทธิพงษ์, 2552 ; สุคันธรส, 2550 ; ธนาวุฒิ, 2549 : ในอรรณพและวาสนา, 2551) ส่วนในไซรัปกล้วย ทำการตรวจปริมาณกรดในรูปกรดแลคติก เนื่องจากในกล้วยตากมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์แลคติกแอสิดแบคทีเรียปนเปื้อนในปริมาณสูง โดย

ตรวจพบในช่วง 2.29-2.50 โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 2.39±0.10 (อรรณพและวาสนา, 2551) โดยเชื้อแลคติกแอสิดแบคทีเรีย จะสร้างกรดแลคติกออกมาในระหว่างการเจริญ ซึ่งจะมีผลทำให้ไซรัปกล้วยที่ผลิตได้มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นและมีค่าพีเอชสูงขึ้น (ปุญญิศา, 2547 ในอรรณพและวาสนา, 2551)

2.5 ปริมาณความชื้น (AOAC., 2000)

ไซรัปกล้วยที่ได้มีความชื้นเท่ากับ 18.5% (g/100g) ซึ่งจากการกล่าวอ้างใน food Network Solution ใน Food Wi Ki Thailand (http://www. foodnet worksolution.com/vocab/word/830 สืบค้นเมื่อ 14 มิ.ย. 2555) ที่กล่าวว่าความชื้น (moisture content) คือค่าที่บอกปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งของอาหาร เนื่องจาก

- ความชื้นมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหาร (food spoilage) โดยเฉพาะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ (microbial spoilage) ซึ่งมีผลต่ออายุการเก็บ (shelf life) อาหารที่มีความชื้นน้ำสูง จะเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่าย (perishable food) เนื่องจากเหมาะกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ และรา
- ความชื้นมีผลต่อความปลอดภัยทางอาหาร (food safety) อาหารที่มีน้ำสูงเหมาะกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) และการสร้างสารพิษ (toxin) ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ รวมถึงการสร้างสารพิษของรา (mycotoxin) ที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค
- ความชื้นมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงความร้อนด้านต่างๆของอาหาร เช่น จุดหลอมเหลว จุดเดือด การนำความร้อน (thermal conductivity) ความร้อนจำเพาะ (specific heat)
- ความชื้นมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับของอาหาร เช่น ความหนืด (viscosity) เป็นต้น
- ความชื้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกริยาเคมีต่างๆที่มีผลกระทบต่ออาหารระหว่างการเก็บรักษา เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ปฏิกริยาออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation)

จากผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้ไซรัปที่มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 18.5% (g/100g) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการวิจัยของ Jackie G. S. and Nicholas H. L. (1996) ที่ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของเมเปิลไซรัป 80 ชนิดที่ผลิตในอเมริการเหนือ พบว่ามีความชื้น (moisture content) อยู่ในช่วง 26.5-39.4% โดยความชื้นที่พบในไซรัปกล้วยที่ศึกษาในครั้งนี้มีปริมาณน้อยกว่า ซึ่งโอกาสที่จะเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ก็น่าจะมีผลน้อยกว่าด้วย

2.6 ปริมาณเถ้า (AOAC., 2000)

จากการทดลองพบว่ามีค่าของเถ้าเท่ากับ 2.92% (g/100g) โดยเถ้าที่ตรวจพบในอาหารสดทั่วไปควรมีไม่เกิน 5% ซึ่งจากการหาปริมาณเถ้าในไซรัปกล้วยก็มีปริมาณน้อยกว่าเช่นกัน (http://people. umass. edu/~mcclemen/ 581Ash&Minerals.html) โดยเถ้าที่ตรวจพบในอาหารก็คือ สารอนินทรีย์ คาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต และโลหะต่างๆ หรือสารประกอบต่างๆที่ไม่ได้เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์หรือน้ำ รวมทั้งเกลือของโลหะบางชนิด ที่มีความสำคัญต่อขบวนการที่เกี่ยวข้องกับไอออนของแร่ธาตุบางอย่าง เช่น โซเดี่ยมอิออน (Na^+) โพแทสเซี่ยมอิออน (K^+) หรือแคลเซี่ยมอิออน (Ca_2^+) และ trace minerals ต่างๆ นอกจากนี้ เถ้ายังรวมถึง ออกไซด์ของสารต่างๆ เช่น Al_2O_3, CaO, Fe_2O_3, MgO, MnO, P_2O_5, K_2O, SiO_2 , carbonates: Na_2CO_3 (soda ash), bicarbonates: $NaHCO_3$ เป็นต้น (http://www.exova.ca/index.php?option= com_ content&view=article&id=1433&Itemid=&lang=en) ซึ่งเป็นสารที่เหลือจากขบวนการกำจัดน้ำและสารอินทรีย์ออกไปหลังจากการให้ความร้อนสูง โดยเถ้ามีความสำคัญในอาหาร และมีการตรวจหาปริมาณเถ้า เนื่องจาก

- จำเป็นต้องมีการรายงานไว้เมื่อทำการตรวจคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร
- แสดงถึงคุณภาพของอาหาร เนื่องจากคุณภาพอาหารขึ้นกับความเข้มข้นของชนิดของแร่ธาตุต่างๆในอาหาร รวมทั้งรสชาติ (taste), ลักษณะอาหารที่สังเกตุได้ (appearance), เนื้อสัมผัส (texture) และความคงตัวของอาหาร (stability)
- ความคงตัวด้านจุลชีววิทยา (Microbiological stability) เนื่องจากถ้ามีปริมาณแร่ธาตุ (mineral) สูง จะช่วยลดความสามารถในการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารให้ช้าลงได้
- คุณค่าทางโภชนาการ (Nutrition) แร่ธาตุบางชนิดเป็นสารสำคัญที่มีผลต่อสุขภาพผู้บริโภค เช่น แคลเซี่ยม ฟอสฟอรัส โพแทสเซี่ยม และโซเดี่ยม แต่บางชนิดมีความเป็นพิษต่อผู้บริโภค เช่น ตะกั่ว (lead), ปรอท (mercury), แคดเมี่ยม (cadmium) และอลูมิเนี่ยม (aluminum)
- มีความสำคัญต่อขบวนการผลิต (Processing) โดยมีความสำคัญ เนื่องจาก ปริมาณแร่ธาตุต่างๆที่มีอยู่ในอาหารในระหว่างขบวนการผลิต จะมีผลต่อคุณลักษณะทางเคมีชีวภาพของอาหาร (http://people.umass.edu/~mcclemen/581Ash&Minerals.html)

2.7 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ด้วยเครื่องวัดค่า Water Activity (a_w)

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) เป็นอัตราส่วนของความดันไอ (vapour pressure) ของน้ำในอาหาร ต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของไซรัปที่ผลิตได้มีค่าฉลี่ยเท่ากับ 0.589±0.007 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่า a_w

ของน้ำเชื่อมเข้มข้นที่ได้จากผลไม้ชนิดอื่น เช่น เมเปิลไซรัปมีค่า a_w เท่ากับ 0.84 และค่า a_w ของน้ำผึ้งเท่ากับ 0.63 ซึ่งค่า a_w นี้ จะช่วยในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ด้วย (Belitz and Groseh, 1999) โดยค่า a_w ต่ำสุดที่จุลินทรีย์จะเจริญได้ในอาหารนั้น ในกลุ่มแบคทีเรียจะมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.86-0.97 ส่วนในกลุ่มยีสต์ที่เป็น osmophilic yeast ค่า a_w ต่ำสุดคือ 0.61 และรามีค่า a_w ต่ำสุดอยู่ในช่วง 0.61-0.95 (สุมณฑา, 2549) ซึ่งจากค่า a_w ที่วิเคราะห์ได้ในไซรัปกล้วย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.589±0.007 จึงมีผลทำให้ตรวจพบจุลินทรีย์ในปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ,2547 ก) และทำให้ผลิตไซรัปเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ยาก

องค์ประกอบต่างๆทางเคมีของไซรัปกล้วยสรุปได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงองค์ประกอบต่างๆทางเคมีของไซรัปกล้วย

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณสารที่ตรวจพบ
ปริมาณน้ำตาล กลูโคส	41.09 mg/ml
ฟรุคโตส	38.38 mg/ml
ซูโครส	ตรวจไม่พบ
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ	70 ^{o}Bx
ความเป็นกรด-ด่าง	4.54
ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปของกรดแลคติก)	0.17%
ปริมาณความชื้น	18.5%
ปริมาณเถ้า	2.92%
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	0.589

3. การตรวจสอบคุณสมบัติของไซรัปกล้วยด้านโภชนาการ ได้แก่

3.1 ปริมาณน้ำ โดยวิธี Drying method

ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในไซรัปซึ่งหาโดยวิธี Drying method เนื่องจากปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหารจะมีผลต่อกิจกรรมต่างๆของจุลินทรีย์ที่จะส่งผลต่อการเสื่อมเสียของไซรัป ซึ่งจากผลการวิจัยมีปริมาณ 27.57±0.551% ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมเนื่องจาก ปริมาณน้ำในไซรัปผลไม้ทั่วไปที่กำหนดไว้คือ ต้องมีส่วนของน้ำผลไม้ไม่น้อยกว่า 25% ซึ่งจะสัมพันธ์กับปริมาณสารที่ละลายน้ำได้ว่าต้องมีไม่น้อยกว่า 65% (http://www.vppcoffee.com/product/syrup/)

3.2 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน วิตะมิน และแร่ธาตุที่สำคัญในไซรัป

เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน วิตะมิน และแร่ธาตุที่สำคัญในไซรัปกล้วย พบกรดอะมิโนที่สำคัญหลายชนิด ในปริมาณ (mg/100g) ได้แก่ อะลานิน (Alanine) 24.1, Arginine 45.0, Glycine 21.8, Aspartic acid 48.5, Valine 53.7, Cystine 5.26, Glutamic acid 34.3, Leucine 85.2, Isoleucine 35.2, Histidine 107, Threonine 10.9, Proline 30.6, Lysine 52.1, Methionine 9.52, Phenylalanine 99.0, Serine 65.7, Tyrosine 22.3, Tryptophan 11.5 ส่วนวิตะมินที่สำคัญที่พบได้แก่ วิตะมินบี 1 0.07, วิตะมินบี 2 0.01, วิตะมินบี 6 0.28 และพบแร่ธาตุอาหารได้แก่ แม็กนีเซียม 99.6, โพแทสเซียม 1077, แคลเซียม 12.5, โซเดียม 22.0, ไอออน 0.67, คอปเปอร์ 0.06 แมงกานีส 20.3, สังกะสี 0.42 เมื่อเปรียบเทียบกับ Jackie G. S. and Nicholas H. L. (1996) ที่ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของเมเปิลไซรัป 80 ชนิดที่ผลิตในอเมริการเหนือพบแรธาตุหลักๆที่เป็นองค์ประกอบโพแทสเซียมที่พบมากที่สุดอยู่ในช่วง 100.5 ถึง 299.0 mg/100 ml โดยพบแมกนีเซียม และแคลเซียมในช่วง 1.0 ถึง 38.0 mg/100ml และ 26.6 ถึง 170.2 mg/100 ml ตามลำดับ อย่างไรก็ดีเมื่อศึกษาถึง ธาตุอาหารต่างๆในไซรัป พบว่าในไซรัปกล้วยยังคงมีสารอาหารที่สำคัญต่างๆดังกล่าวเช่นเดียวกับที่พบในผลกล้วยสุก โดยมีรายงานว่าในผลกล้วยสุกประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และวิตามิน บี1 บี2 บี3 บี12 วิตามินเอ และอี มีโปแตส เซียมในปริมาณสูง มีกรดอะมิโนไทโรซีน (tyrosine) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) และทริปโตแฟน (tryptophan) ในปริมาณสูง (วสวัตติ์ และคณะ, 2550)

3.3 ปริมาณสารอื่นๆที่สำคัญได้แก่ โปรตีน โคเลสเตอรอล ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต

ปริมาณโปรตีน พบมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่า 1.25 g/100g โคเลสเตอรอล 0.3 mg/100g โดยตรวจไม่พบไขมัน และปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) โดยคำนวนจาก

คาร์โบไฮเดรต = 100 - (น้ำ + โปรตีน + ไขมัน + เถ้า)

ดังนั้น จากการศึกษาในครั้งนี้ ไซรัปกล้วยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต

= 100 - (27.58 + 1.25 + 0 + 2.92)

= 68 g/100g

และจากการวิเคราะห์โดยวิธี NLH (1995) มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตรวม dietary fiber เท่ากับ 78.6 g/100g

- พลังงานทั้งหมด ได้จากสารอาหาร 3 ชนิดคือ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต โดย

โปรตีน 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี (ให้พลังงาน 0.0125 x 4 = 0.05 Kcal)

ไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี (ให้พลังงาน 0 Kcal)

คาร์โบไฮเดรต 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี (ให้พลังงาน 0.786 x 4 = 3.144 Kcal)

ดังนั้นปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ได้จากไซรัปกล้วยเท่ากับ 0.05 + 0 + 3.144 = 3.194 Kcal/g หรือ 319.4 Kcal/100g

ในการตรวจสอบคุณสมบัติทางโภชนาการของไซรัปกล้วยสรุปดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงคุณสมบัติของไซรัปกล้วยด้านโภชนาการ

คุณสมบัติของไซรัปกล้วยด้านโภชนาการ	ปริมาณสารด้านโภชนาการ (mg/100 g)
ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่สำคัญ	Alanine 24.1, Arginine 45.0, Glycine 21.8, Aspartic acid 48.5, Valine 53.7, Cystine 5.26, Glutamic acid 34.3, Leucine 85.2, Isoleucine 35.2, Histidine 107, Threonine 10.9, Proline 30.6, Lysine 52.1, Methionine 9.52, Phenylalanine 99.0, Serine 65.7, Tyrosine 22.3 และ Tryptophan 11.5
ชนิดและปริมาณวิตะมินที่สำคัญ	วิตะมินบี 1 0.07, วิตะมินบี 2 0.01 และ วิตะมินบี 6 0.28
แร่ธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ	แม็กนีเซียม 99.6, โพแทสเซียม 1077, แคลเซียม 12.5, โซเดียม 22.0, ไอออน 0.67, คอปเปอร์ 0.06 แมงกานีส 20.3 และ สังกะสี 0.42
ปริมาณโปรตีน	น้อยกว่า 1.25 g/100g
ปริมาณโคเลสเตอรอล	0.3
ปริมาณไขมัน	ตรวจไม่พบ
ปริมาณคาร์โบไฮเดรตรวม dietary fiber	78.6 g/100g
พลังงานทั้งหมด	319.4 Kcal/100g

4. การตรวจสอบไซรัปกล้วยด้านจุลชีววิทยา

ผลการตรวจสอบไซรัปกล้วยที่ได้ด้านจุลชีววิทยา โดยตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และเชื้อแลคติกแอสิดแบคทีเรีย แสดงดังตารางที่ 8

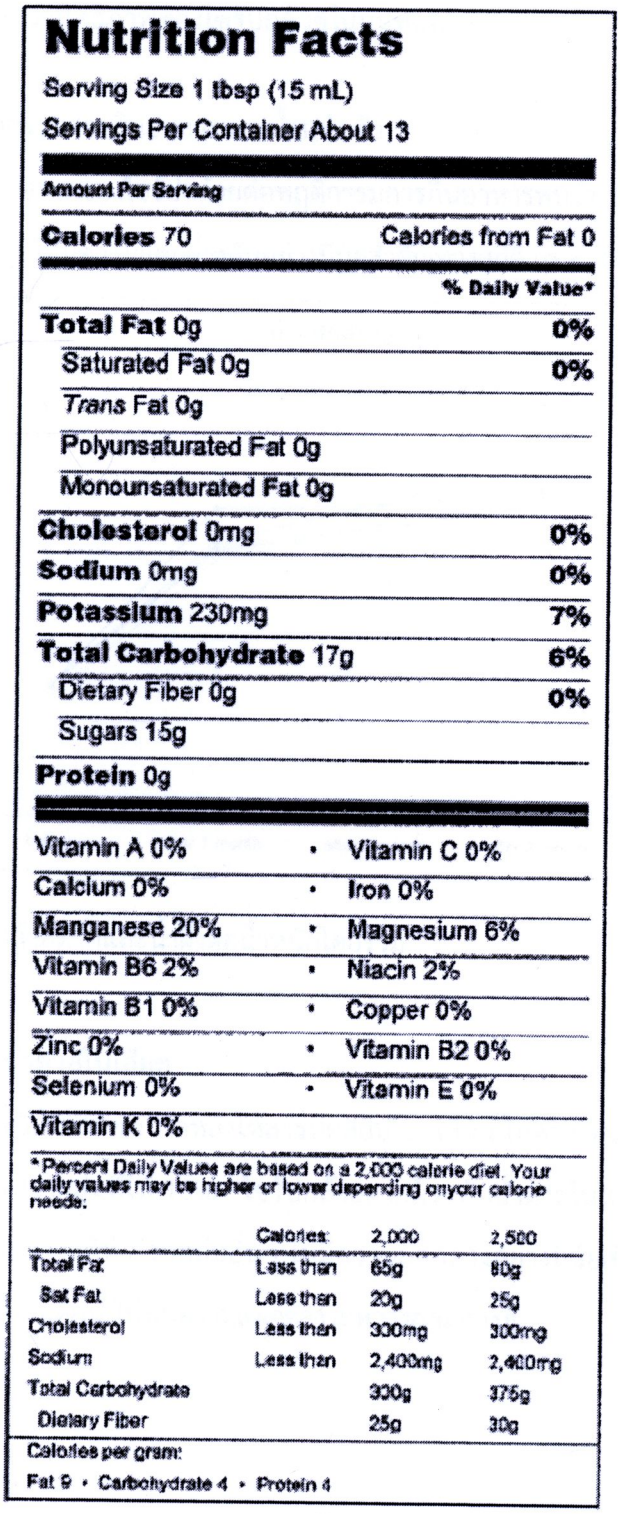
ตารางที่ 8 แสดงชนิดจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในไซรัปกล้วย

ชนิดเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจสอบ	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในไซรัป (log cfu/g)
จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด	1.808
จำนวนเชื้อยีสต์รา	ไม่พบ
จำนวนเชื้อแลคติกแอสิดแบคทีเรีย	ไม่พบ

จากมาตรฐานคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำหวานข้มข้น โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2547 ก) กำหนดให้ผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจะต้องมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน $1x10^3$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และจำนวนเชื้อยีสต์และราต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งจากการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวในผลิตภัณฑ์ไซรัปกล้วยที่สกัดได้ พบว่ามีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ $6.427x10^1$ cfu/g (1.808 log cfu/g) โดยตรวจไม่พบเชื้อยีสต์ รา ส่วนเชื้อแลคติกแอสิดแบคทีเรียนั้น ไม่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานสำหรับน้ำหวานเข้มข้น (มผช.489/2547) โดยผลปริมาณจุลินทรีย์ทุกชนิดที่ตรวจอยู่ในระดับไม่เกินที่มาตรฐานกำหนดไว้ ซึ่งจุลินทรีย์ที่ตรวจพบอาจปนเปื้อนมาจากวัตถุดิบตั้งแต่เริ่มกระบวนการปอกกล้วย ส่วนขั้นตอนการตากกล้วยนั้นปริมาณจุลินทรีย์จะลดลง เนื่องจากการใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูง แต่เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการตาก อาจมีเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนกลับมาได้ รวมทั้งในขั้นตอนของกระบวนการสกัดน้ำหวานจากกล้วยเพื่อผลิตไซรัป ที่ใช้อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส จึงไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ อย่างไรก็ดี เนื่องจากไซรัปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำหวานที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงถึง 70°Brix มีค่า aw ต่ำ เพียง 0.589 ซึ่งทำให้จุลินทรีย์เจริญได้น้อย โดยจุลินทรีย์ประเภทยีสต์ และราจะเจริญได้ดีในอาหารที่มีค่า aw เท่ากับ 0.61-0.95 และแบคทีเรียจะเจริญได้ดีในอาหารที่มีค่า aw เท่ากับ 0.86-0.97 (สุมณฑา, 2549) โดยถ้าต้องการลดปริมาณจุลินทรีย์ให้เหลือน้อยที่สุด จะต้องมีการควบคุมกระบวนการผลิตให้เหมาะสม แต่ต้องไม่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพด้านอื่นๆของไซรัปเสียไปด้วย

5. คุณค่าทางโภชนาการที่แนะนำให้บริโภค

จากผลการตรวจคุณค่าทางโภชนาการของไซรัปกล้วย โดยบริษัท เอแอลเอส แลบอราทอรี กรุ๊ป (ประเทศไทย) จำกัด สามารถสรุปเพื่อแนะนำการบริโภคไซรัปกล้วยเพื่อให้สอดคล้องกับคุณค่าทางโภชนาการได้ดังนี้คือ ปริมาณที่แนะนำให้บริโภคคือ 15 มิลลิลิตร รับประทานได้ 13 ครั้ง การรับประทานแต่ละครั้งจะได้พลังงาน 70 แคลอรี่ ไม่ได้รับไขมัน แต่ได้แร่ธาตุ และวิตะมินบางชนิดได้แก่ แมงกานีส แมกนีเซี่ยม วิตะมินบี6 วิตะมินบี2 และไนอะซิน ดังภาพ



Nutrition Facts

Serving Size 1 tbsp (15 mL)

Servings Per Container About 13

Amount Per Serving	
Calories 70	Calories from Fat 0
	% Daily Value*
Total Fat 0g	**0%**
Saturated Fat 0g	**0%**
Trans Fat 0g	
Polyunsaturated Fat 0g	
Monounsaturated Fat 0g	
Cholesterol 0mg	**0%**
Sodium 0mg	**0%**
Potassium 230mg	**7%**
Total Carbohydrate 17g	**6%**
Dietary Fiber 0g	**0%**
Sugars 15g	
Protein 0g	

Vitamin A 0%	•	Vitamin C 0%
Calcium 0%	•	Iron 0%
Manganese 20%	•	Magnesium 6%
Vitamin B6 2%	•	Niacin 2%
Vitamin B1 0%	•	Copper 0%
Zinc 0%	•	Vitamin B2 0%
Selenium 0%	•	Vitamin E 0%
Vitamin K 0%		

*Percent Daily Values are based on a 2,000 calorie diet. Your daily values may be higher or lower depending onyour calorie needs:

	Calories:	2,000	2,500
Total Fat	Less than	65g	80g
Sat Fat	Less than	20g	25g
Cholesterol	Less than	300mg	300mg
Sodium	Less than	2,400mg	2,400mg
Total Carbohydrate		300g	375g
Dietary Fiber		25g	30g

Calories per gram:

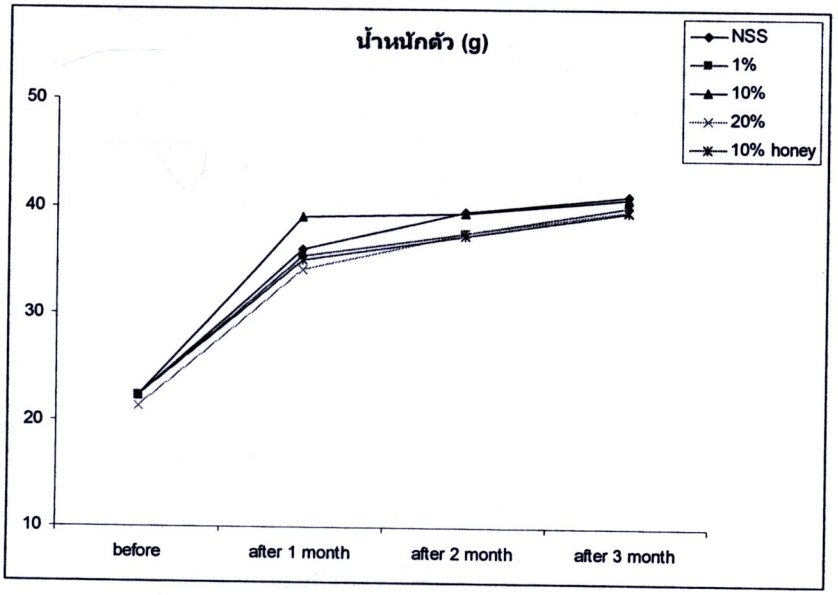
Fat 9 • Carbohydrate 4 • Protein 4

ภาพที่ 1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของไซรัปกล้วยและปริมาณที่แนะนำให้บริโภค

ตอนที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพของไซรัปกล้วยในหนูทดลอง

1. ผลการศึกษาพฤติกรรมการกินอาหารและน้ำหนักตัว

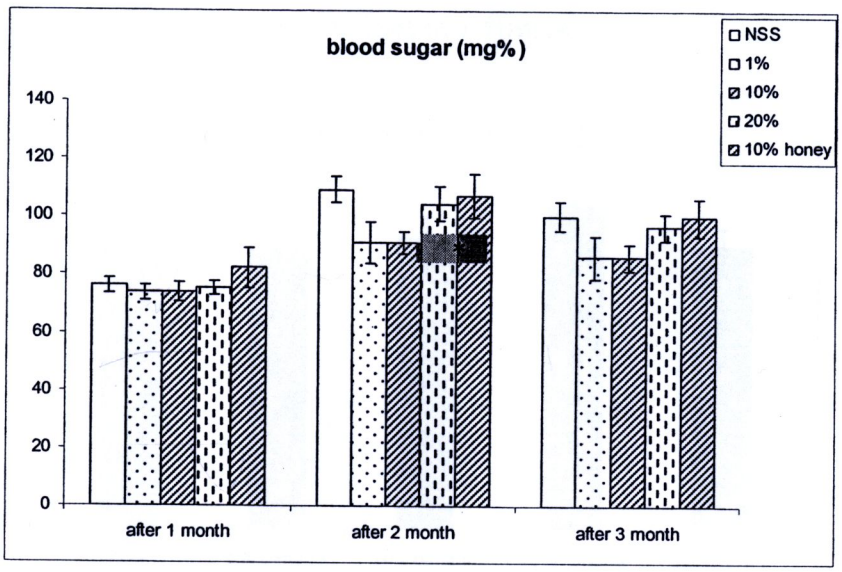
จากผลการศึกษาผลของไซรัปกล้วยต่อพฤติกรรมการกินอาหารพบว่า ปริมาณการกินอาหารต่อตัวของสัตว์ทดลองในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 2 ผลของไซรัปกล้วยตากและน้ำผึ้งต่อน้ำหนักโดยรวม

2. ผลการศึกษาระดับน้ำตาลในเลือด

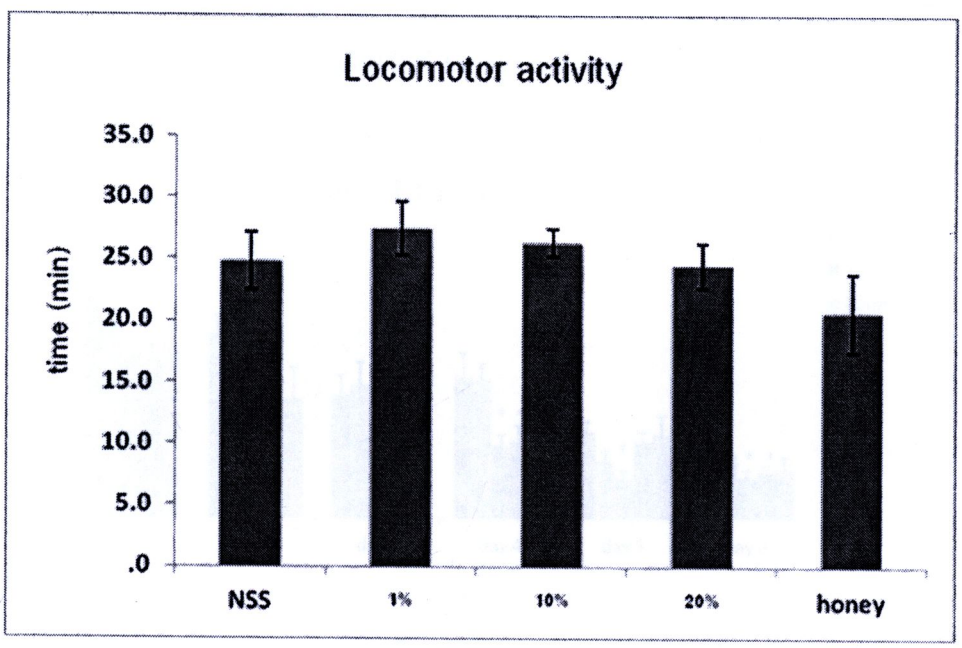
ส่วนระดับน้ำตาลในเลือดพบว่าหลังให้สารทดสอบ 1 เดือน ไม่พบความแตกต่างในกลุ่มต่างๆ หลังให้สารทดสอบ 2 เดือน พบว่ากลุ่มที่ให้ 10% ไซรัปกล้วยตากมีระดับน้ำตาลในเลือดน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มควบคุม หลังให้สารทดสอบ 3 เดือนเดือน ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มต่างๆ



ภาพที่ 3 ผลของไซรัปกล้วยตากและน้ำผึ้งต่อระดับน้ำตาลในเลือด

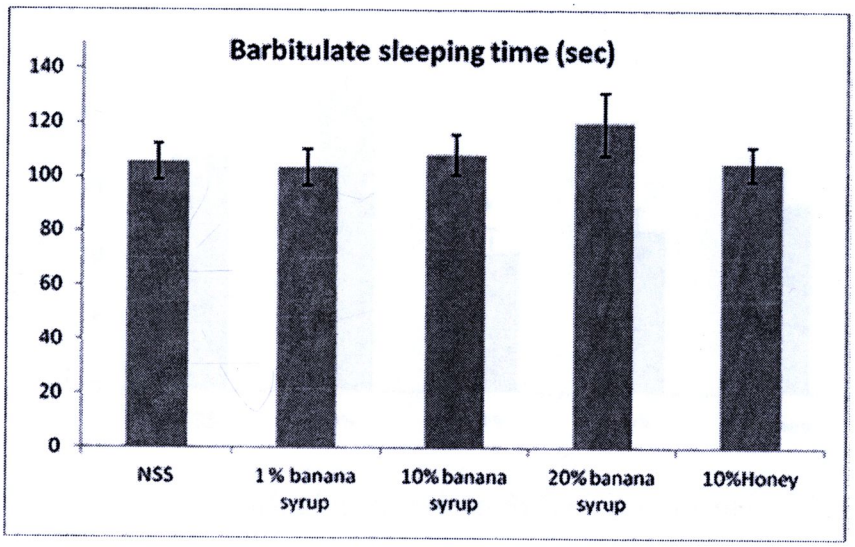
3. **ผลการศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนไหว**

ภาพที่ 3 แสดงการทดสอบพฤติกรรมการเคลื่อนไหวโดยใช้เทคนิค Locomotor activity test นั้นใน หนูทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม



ภาพที่ 4 พฤติกรรมการเคลื่อนไหวของสัตว์ทดลองหลังได้รับไซรัปกล้วยตากและน้ำผึ้งเป็นเวลา 3 เดือน

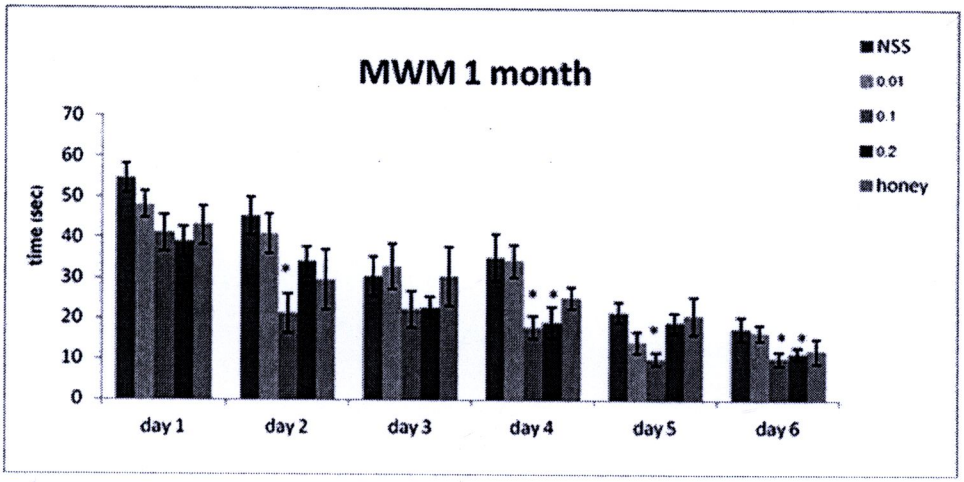
4. **ผลการศึกษาพฤติกรรมการนอนหลับเนื่องจากบาร์บิทูเรต**



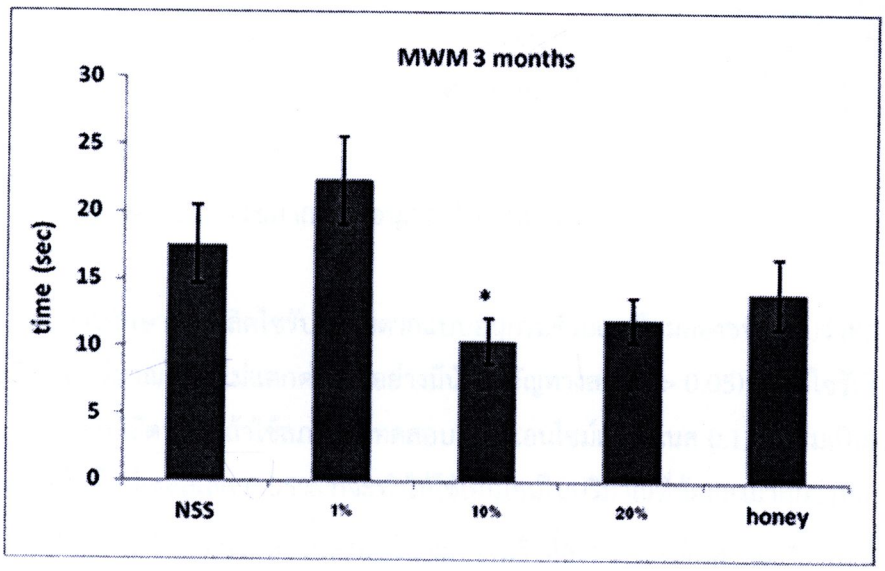
ภาพที่ 5 ผลแสดงพฤติกรรมการนอนหลับของสัตว์ทดลองหลังได้รับไซรัปกล้วยตากและน้ำผึ้ง เป็นเวลา 3 เดือน

ภาพที่ 5 แสดงผลการศึกษาการนอนหลับเนื่องจากบาร์บิทูเรตพบว่าระยะเวลาการหลับของสัตว์ทดลองในกลุ่มต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. **การทดสอบการเรียนรู้และความจำโดยใช้วิธี Morris's water maze**



รูปที่ 6 ผลแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้และความจำของสัตว์ทดลองหลังได้รับไซรัปกล้วยตากและน้ำผึ้ง เป็นเวลา 1 เดือน



ภาพที่ 7 ผลแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้และความจำของสัตว์ทดลองหลังได้รับไซรัปกล้วยตากและน้ำผึ้งเป็นเวลา 3 เดือน

จากภาพที่ 6 พบว่าสัตว์ทดลองในกลุ่มที่ได้รับ 10 และ 20% ไซรัปกล้วยตาก เป็นเวลา 1 เดือน เมื่อทดสอบด้วย MWM มีแนวโน้มในการใช้เวลาว่ายน้ำหา hidden platform ได้เร็วกว่ากลุ่มที่ได้รับ normal saline และน้ำผึ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ภาพที่ 7 เมื่อให้ไซรัปกล้วยตากและน้ำผึ้งต่อจนครบ 3 เดือน พบว่ากลุ่มที่ได้รับไซรัปกล้วยตากใช้ระยะเวลาในการหา hidden platform ได้เร็วกว่ากลุ่มอื่นๆ แม้ไม่มีนัยสำคัยทางสถิติ ซึ่งจากผลนี้แสดงให้เห็นว่าไซรัปกล้วยตากมีแนวโน้มที่จะเพิ่มการเรียนรู้และความจำเมื่อให้ทางปากเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 1 เดือนเป็นต้นไป