



ผลของวัตถุดิบกล้วยตากตกเกรดต่อคุณลักษณะ
ทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของไซรัปกล้วยตาก
Effects of Raw Material (Degraded Solar Dried Banana)
on Physical, Chemical and Microbiological Characteristics
of Solar Dried Banana Syrup

อรรณพ ทักนอุดม^{1*} วรณภา สระพินนครบุรี¹ และ วาสนา ฉัตรดำรง²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพวัตถุดิบกล้วยตากตกเกรดที่นำมาใช้ผลิตไซรัปกล้วยตาก และหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาวัตถุดิบที่นำมาผลิตไซรัปกล้วย ผลการศึกษา ลักษณะทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของกล้วยตากตกเกรดที่เก็บรักษานาน 7 14 21 และ 30 วัน ที่อุณหภูมิ 4 °C พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้สีของกล้วยตากเข้มขึ้น ความชื้น ปริมาณกรดทั้งหมด จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อยีสต์และรา และเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่าพีเอช จะลดลงเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาการผลิตไซรัปกล้วยตากจากการสกัดน้ำกล้วย ด้วยเอนไซม์กลุ่มย่อยสลายเพคตินพบว่าร้อยละผลผลิตของไซรัปที่ผลิตได้ทั้ง 4 ตัวอย่าง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 30.49–32.67 และมีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) โดยค่า L^* และค่า b^* ที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 7.48–13.1 และ 1.40–3.59 ตามลำดับ มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.80–4.49 ส่วนจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อยีสต์รา และเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่พบอยู่ในช่วง 2.22–4.27 2.49–3.66 และ 1.85–3.66 log CFU/ml ตามลำดับ ดังนั้น การเก็บรักษากล้วยตากตกเกรดก่อนนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นไซรัปกล้วยตากที่เหมาะสม คือภายในระยะเวลาไม่เกิน 21 วัน (ที่ 4°C) โดยนอกจากจะทำให้ได้ผลผลิตในปริมาณสูงแล้ว ยังส่งผลต่อคุณภาพโดยรวมที่ดีกว่าไซรัปที่ผลิตจากวัตถุดิบกล้วยตากตกเกรดที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก จ.พิษณุโลก 65000

²ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, จ.พิษณุโลก 65000

*Corresponding Author, E-mail: u_tassana@hotmail.com

ABSTRACT

The objectives of this study were to compare the raw material qualities (degraded solar dried banana) of four experimental samples (different storage times at 4°C), and to evaluate the optimal storage times of degraded solar dried banana for banana syrup production. The physical, chemical and microbiological qualities of raw materials which stored for 4 different storage times (7, 14, 21 and 30 days) at 4°C were significantly different ($P \leq 0.05$). The results showed the color, moisture content, total acidity (lactic acid), the microbial quantities such as total count, yeast and mold count and lactic acid bacteria were increasing when the storage time was increased. However, total soluble solid (TSS), and pH were decreasing. Four samples of solar dried banana syrup were obtained by extraction of solar dried bananas with added pectin digested enzymes. The yield of those were ranging from 30.49–32.67% (v/w) and its qualities were significantly different ($P \leq 0.05$). L*, b* values and pH were determined ranging from 7.48–13.1, 1.40–3.59 and 3.80–4.49 respectively. Consequently, solar dried banana syrups contained 2.22–4.27, 2.49–3.66 และ 1.85–3.66 log CFU/ml of total count, yeast and mold and lactic acid bacteria respectively. In the conclusion, degraded solar dried banana exhibited good potential as substrate for banana syrup production; however, it should not be stored more than 21 days.

คำสำคัญ: ไช้ร้ปกล้วย กกล้วยตาก ระยะเวลาการเก็บรักษา

Keywords: Banana syrup, Solar dried banana, Storage time

บทนำ

กล้วยตากตกเกรด (degraded solar dried banana) คือ กล้วยตากที่มีขนาดเล็ก สีไม่สม่ำเสมอ เกิดดำหนิหรือรอยดำคล้ำบริเวณผิวกล้วย (รูปที่ 1) ทำให้ราคาจำหน่ายลดลงอย่างมาก เหลือเพียงกิโลกรัมละ 5 บาท เท่านั้น จากปกติที่ราคาจำหน่าย 40-60 บาทต่อกิโลกรัม (วุฒิชัย, 2551) โดยมีสาเหตุจากขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบกล้วยจำนวนมาก และในขั้นตอนการตากกล้วยที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกล้วยตากบุพผา อ.บางกระท่อม จ.พิษณุโลก ประสบกับปัญหาการตกค้างของกล้วยตากตกเกรดจำนวนมาก จึงมีแนวคิดในการนำไปแปรรูปเป็นน้ำเชื่อมกล้วยเข้มข้น

(banana syrup) เพื่อเพิ่มมูลค่าให้สูงขึ้น โดยสามารถนำไปใช้ทดแทนส่วนผสมเดิมในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่าง ๆ เช่น นำมาใช้เสริม หรือทดแทนสารให้ความหวานในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ หรือเครื่องดื่มบางชนิด และอาจนำมาใช้แทนน้ำผึ้งในการเคลือบกับผลิตภัณฑ์กล้วยตาก การผลิตน้ำเชื่อมกล้วยเข้มข้นต้องอาศัยกระบวนการสกัด และการทำให้เข้มข้น เนื่องจากกล้วยเป็นผลไม้ที่มีน้ำเป็นส่วนผสมอยู่น้อยกว่าปริมาณเนื้อและมีปริมาณเพคตินสูงจึงทำให้การสกัดน้ำกล้วยเป็นไปได้ยาก (อรุณีและปราณี, 2536; ชิดชัยและคณะ, 2547) การสกัดน้ำกล้วยจึงต้องอาศัยเอนไซม์มาช่วย นอกจากนั้นยังสามารถอาศัยกรดและความร้อนเพื่อ

ช่วยให้สกัดน้ำกล้วยได้เพิ่มมากขึ้น (Al-Hooti et al., 2002) หลังจากสกัดน้ำกล้วยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การทำให้เข้มข้นโดยสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การระเหยน้ำออกภายใต้ระบบสุญญากาศ (Al-Hooti et al., 2002) การอบแห้งแบบระเหิด (freeze drying) (วิลโล, 2545) การตุ๋น (จุทามาตและเฉลิมพล, 2548) หรือการระเหยในภาชนะเปิด โดยใช้กระทะรวมกับการใช้เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (เรณูภา, 2545) อย่างไรก็ตามพบว่าคุณภาพของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตไซรัปนั้นส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของไซรัปที่ผลิตได้ ดังนั้นระยะเวลาในการเก็บรักษากล้วยตากตากเกรดที่นำมาใช้ผลิตไซรัปกล้วยจึงส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของไซรัปกล้วยที่ผลิตได้ ทั้งส่วนของคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา โดยจากรายงานของศิริลักษณ์ (2544) พบว่าการใช้ระยะเวลาในการตากกล้วยนานเกินไป จะเป็นเหตุให้กล้วยตากมีสีเข้มคล้ำ และส่งผลถึงกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ เช่นเดียวกับกล้วยตากที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลานานซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะทางด้านลบ (สุริยาพร, 2547)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาคคุณลักษณะเบื้องต้นของกล้วยตากตากเกรดที่เก็บรักษาเป็นเวลานาน 7 14 21 และ 30 วัน ที่อุณหภูมิ 4°C โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพวัตถุดิบดังกล่าวที่นำมาใช้ผลิตไซรัปกล้วยตาก และหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาวัตถุดิบที่นำมาผลิตไซรัปกล้วยแล้วยังคงมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ เพื่อแก้ปัญหาในส่วนของการจัดเก็บกล้วยตากตากเกรดและต้นทุนการผลิตที่ต้องเสียไปกับกล้วยตากตากเกรดซึ่งจำหน่ายได้ในราคาต่ำของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มกล้วยตากบุงผา

วิธีดำเนินการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ กล้วยตากตากเกรด ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิดพีพี (polypropylene) ถุงละ 10 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 14 21 และ 30 วัน จากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มกล้วยตากบุงผา ต.เนินกุ่ม อ.บางกระทุ่ม จ.พิษณุโลก

1 การศึกษาคคุณลักษณะเบื้องต้นของกล้วยตาก

ทำการตรวจสอบคุณลักษณะเบื้องต้นของกล้วยตากตากเกรดที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 7 14 21 และ 30 วัน ทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ได้แก่ ค่าสี (Hunter Lab รุ่น Hunter Lab Colorflex 4510 ยี่ห้อ Colorflex® ประเทศสหรัฐอเมริกา) (Hunter Associates Laboratory Inc., 2009) ความชื้น (AOAC., 2000: chapter 37.1.10) โดยนำตัวอย่างกล้วยตากตากเกรดที่สุ่มได้มาการหั่นชิ้นแบบลูกเต๋า ขนาดประมาณ 0.5x0.5x0.5 cm ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w: water activity รุ่น Model Series 3Te ยี่ห้อ Aqualab ประเทศสหรัฐอเมริกา) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (hand refractometer รุ่น Master-3M ยี่ห้อ N.O.W Tokyo ประเทศญี่ปุ่น) ค่าพีเอช (pH meter รุ่น PB-10 ยี่ห้อ Sartorius ประเทศเยอรมันนี) ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลคติก) (AOAC., 2000: chapter 37.1.37) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (Downes and Ito, 2001)

2 การผลิตไซรัปจากกล้วยตากตากเกรด

ทำการผลิตไซรัปจากวัตถุดิบกล้วยตากตากเกรดที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 7 14 21 และ 30 วัน ใช้วิธีการสกัดด้วยเอนไซม์ (ดัดแปลงจากอรุณีและปราณี, 2536; วิภาและคณะ, 2555) นำน้ำกล้วยที่ได้มาละลายด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (rotary evaporator) (ชิตชัยและคณะ, 2547) จนได้ไซรัปกล้วยที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 75° Brix

3 การตรวจสอบคุณลักษณะของไซรัปจากกล้วยตากตากเกรด

นำไซรัปจากกล้วยตากตากเกรดทั้ง 4 ชนิดที่ได้มาทำการตรวจสอบ ร้อยละของผลผลิต (%yield) (กานต์ ตระรัตน์และคณะ, 2549) ค่าสี ความชื้น ค่า a_w ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลคติก) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา และแลคติกแอซิดแบคทีเรีย

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดทดลองโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) (ปราณี, 2547)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1 การศึกษาคุณลักษณะเบื้องต้นของกล้วยตาก

พบว่าวัตถุดิบกล้วยตากตากเกรดที่เก็บรักษา ณ เวลานาน 7 14 21 และ 30 วัน ก่อนนำไปใช้ผลิตไซรัปกล้วยทั้ง 4 ตัวอย่าง มีค่า L^* a^* b^* ปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (a_w) อยู่ในช่วง 34.20–36.35 5.39–5.56 14.37–16.70 ร้อยละ 12.45–20.69 และ 0.66–0.68 ตามลำดับ โดยพบว่าค่า L^* ค่า b^* และปริมาณความชื้นมีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$) (ตารางที่ 1) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลคติก) อยู่ในช่วง 29.08–46.25 4.89–5.14 และ ร้อยละ 0.10–0.36 ตามลำดับ และพบที่มีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$) (ตารางที่ 2) ในขณะที่จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อยีสต์และรา และเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย ที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 2.48–3.29, 3.76–4.21 และ 2.02–3.17 log CFU/g และมีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$) (ตารางที่ 3)



รูปที่ 1 ตัวอย่างกล้วยตากคุณภาพดี และตัวอย่างกล้วยตากตากเกรด

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างกล้วยตากตากเกรดทั้ง 4 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่	ค่าสี			ความชื้น (ร้อยละ)	ค่า a_w
	L^*	a^*	b^*		
1	36.35 ^a ±0.22	5.54 ^{ns} ±0.11	16.70 ^a ±0.10	12.45 ^c ±0.48	0.68 ^{ns} ±0.00
2	35.48 ^b ±0.36	5.39 ^{ns} ±0.10	16.33 ^a ±0.33	17.82 ^b ±0.53	0.68 ^{ns} ±0.02
3	34.90 ^c ±0.19	5.56 ^{ns} ±0.09	14.47 ^b ±0.27	19.80 ^a ±0.62	0.66 ^{ns} ±0.02
4	34.20 ^d ±0.18	5.40 ^{ns} ±0.12	14.37 ^b ±0.14	20.69 ^a ±0.21	0.68 ^{ns} ±0.00

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$); ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$); กำหนดให้ ตัวอย่างที่ 1 คือ กล้วยตากตากเกรดที่เก็บรักษา ณ เวลา 7 วัน ตัวอย่างที่ 2 คือ กล้วยตากตากเกรดที่เก็บรักษา ณ เวลา 14 วัน ตัวอย่างที่ 3 คือ กล้วยตากตากเกรดที่เก็บรักษา ณ เวลา 21 วัน และตัวอย่างที่ 4 คือ กล้วยตากตากเกรดที่เก็บรักษา ณ เวลา 30 วัน

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีของตัวอย่างกล้วยตากตากเกรดทั้ง 4 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้	ค่าพีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมด
	(องศาบริกซ์: °Brix)		(กรดแลคติก: ร้อยละ)
1	46.25 ^a ±0.27	5.14 ^a ±0.02	0.10 ^d ±0.02
2	34.83 ^b ±0.19	5.13 ^a ±0.08	0.19 ^c ±0.03
3	34.00 ^c ±0.26	5.05 ^a ±0.04	0.26 ^b ±0.04
4	29.08 ^d ±0.28	4.89 ^b ±0.02	0.36 ^a ±0.04

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มต่าง ๆ ของตัวอย่างกล้วยตากตากเกรดทั้ง 4 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่	กลุ่มของเชื้อจุลินทรีย์ (log CFU/g)		
	เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด	เชื้อยีสต์และรา	เชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย
1	2.48 ^b ±0.37	3.76 ^b ±0.10	2.02 ^c ±0.15
2	2.89 ^{ab} ±0.20	3.96 ^{ab} ±0.19	2.03 ^c ±0.15
3	2.92 ^{ab} ±0.28	3.97 ^{ab} ±0.17	2.71 ^b ±0.21
4	3.29 ^a ±0.22	4.21 ^a ±0.04	3.17 ^a ±0.12

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$); กำหนดให้ ตัวอย่างที่ 1 คือ กล้วยตากตากเกรดที่เก็บรักษา ณ เวลา 7 วัน ตัวอย่างที่ 2 คือ กล้วยตากตากเกรดที่เก็บรักษา ณ เวลา 14 วัน ตัวอย่างที่ 3 คือ กล้วยตากตากเกรดที่เก็บรักษา ณ เวลา 21 วัน และตัวอย่างที่ 4 คือ กล้วยตากตากเกรดที่เก็บรักษา ณ เวลา 30 วัน

จากตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงสีของตัวอย่างกล้วยตากตากเกรดที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4°C เป็นระยะเวลาแตกต่างกัน เป็นผลจากระยะเวลาของการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทำให้ตัวอย่างดังกล่าวมีโอกาสดเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (non-enzymatic browning) ได้มากขึ้น โดยเกิดจากปฏิกิริยามเมลลาร์ด (maillard reaction) มิใช่ปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันซึ่งเกิดขึ้นในขั้นตอนของการตากกล้วย (ประสาร, 2538) โดยในกล้วยตากพบว่าปริมาณโปรตีนอยู่ถึง 2.2 กรัม ในส่วนที่กินได้ 100 กรัม (นิรุตดี, 2545) ประกอบกับปริมาณน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตสที่เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งมีอยู่ในกล้วยตากโดยมีอัตราส่วนประมาณ 4:3 (พีรเดช, 2552) และยังพบน้ำตาลซูโครสปริมาณเล็กน้อย ดังนั้นปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในกล้วยตากจึงมีสูงถึง 51.77–58.73 กรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่างแห้ง (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552) จึงส่งผลให้ปฏิกิริยามเมลลาร์ดยังคงเกิดขึ้นและยัง

สามารถดำเนินกิจกรรมต่อไปได้ ซึ่งอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ 4°C นั้น ไม่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาดังกล่าวได้ หากเพียงแต่ชะลอการเกิดปฏิกิริยาให้ช้าลงเท่านั้น (นิธิยา, 2545) อย่างไรก็ตามการที่ค่า a^* ของตัวอย่างกล้วยตากตากเกรดทั้ง 4 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันนั้น เนื่องจากตัวอย่างดังกล่าวถูกนำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (4°C) ซึ่งจะเป็นการชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลให้ช้าลง (นิธิยา, 2545) สอดคล้องกับรายงานของรุ่งทิพย์ (2549) ที่ทำการศึกษถึงการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในกระบวนการอบแห้งลำไยแบบแห้งผลโดยพบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่า a^* จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง (80°C) โดยทั่วไปกล้วยตากคาร์มี ความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 20–30 (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552) ซึ่งผลการศึกษาค้นคว้าพบว่า ตัวอย่างกล้วยตากตากเกรดยังคงมีความชื้นอยู่ในระดับที่มาตรฐานกำหนด แต่พบว่ากล้วยตากตากเกรดที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน ความชื้นจะยิ่งเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้

เป็นผลจากกระบวนการเมตาบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายเนื้อเยื่อและสารอาหารต่าง ๆ ในกล้วยตากตกเกรด ของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ โดยน้ำเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งจากกระบวนการเมตาบอลิซึมเพื่อการเจริญและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ (Jay, 1992) ดังนั้นยิ่งเกิดกระบวนการเมตาบอลิซึมดังกล่าวมากจึงส่งผลให้ความชื้นในกล้วยตากตกเกรดเพิ่มขึ้นตามลำดับ ผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3) ส่วนค่า a_w เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณน้ำอิสระ (free water) ที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยไม่นับรวมถึงน้ำที่ยึดเกี่ยวกับโครงสร้างของสารอื่นในอาหาร (bound water) (เหมือนหมาย, 2552) โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2546) กำหนดให้ค่า a_w ของกล้วยตากต้องมีค่าไม่สูงกว่า 0.75 ซึ่งพบว่ากล้วยตากตกเกรดทั้ง 4 ตัวอย่าง ที่เก็บรักษา ณ ระยะเวลาแตกต่างกัน ยังคงมีค่า a_w ต่ำกว่าในระดับที่มาตรฐานกำหนด

จากตารางที่ 2 พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของกล้วยตากตกเกรดที่เก็บรักษา ณ ระยะเวลา 7 14 21 และ 30 วัน มีปริมาณลดลงตามลำดับ เนื่องจากพบการปนเปื้อนและเจริญของยีสต์ (osmophilic yeast) ในกลุ่มที่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ (psychrophilic microorganism) (ศิริโอม, 2543) จึงมีการนำน้ำตาลที่มีอยู่ในกล้วยตากไปใช้ในการเจริญ ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชที่พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็นผลจากปริมาณกรดในตัวอย่างที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากการเจริญของเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่ใช้ น้ำตาลในตัวอย่างเป็นสับสเตรทแล้วสร้างกรดแลคติกออกมาเพิ่มมากขึ้น (บุญญา, 2547) ทั้งนี้จึงส่งผลให้ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลคติก) ของตัวอย่างทั้ง 4 มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2546) กำหนดให้กล้วยตากจะต้องมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อยีสต์และราต้องไม่เกิน 1×10^3 และ 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าเฉพาะกล้วยตากตกเกรดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน เท่านั้นที่มีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ ส่วนเชื้อยีสต์และราในทั้ง 4 ตัวอย่าง พบปริมาณสูงเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ ทั้งนี้สภาวะและระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่างกล้วยตากตกเกรดเป็นปัจจัยส่งเสริมทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มต่าง ๆ โดยเฉพาะเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่สามารถเจริญและผลิตกรดแลคติกออกมา ส่งผลให้กล้วยตากตกเกรดมีกลิ่นที่ไม่ดีเกิดขึ้น (บุญญา, 2547) ซึ่งเชื่อดังกล่าวสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้การเสื่อมเสียของอาหารบางประเภทได้ (index indicator or marker) (Jay, 1992) ถึงแม้ว่าเชื้อกลุ่มนี้มีได้ระบุจำนวนที่ต้องควบคุมไว้ในตัวอย่างกล้วยตาก แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มของเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้จะสวนทางกับคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาของอาหารโดยทั่วไป (วิลาวัณย์, 2539)

2 การผลิตไซรัปจากกล้วยตากตกเกรด

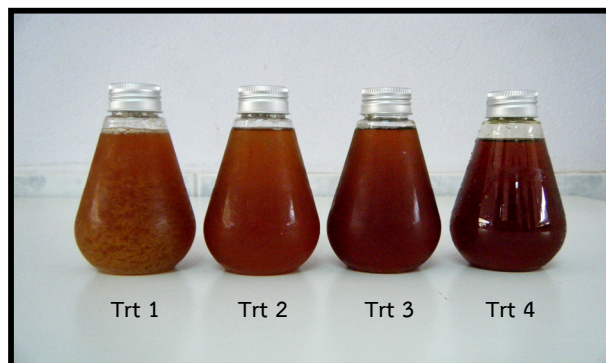
ในการศึกษาคั้งนี้การผลิตต่อครั้งใช้วัตถุดิบกล้วยตากตกเกรดจำนวน 2,000 กรัม ต่อสิ่งทดลอง ได้ปริมาณน้ำกล้วยอยู่ในช่วง 3,515–3,605 มล. เมื่อนำมาทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (rotary evaporator) จนได้ไซรัปกล้วยที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 75°Brix พบว่าได้ผลผลิตไซรัปกล้วยอยู่ในช่วงร้อยละ 30.49–32.67 ของน้ำหนักวัตถุดิบ (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) ผลการศึกษาคั้งนี้ใกล้เคียงกับการผลิตไซรัปจากกล้วยหอมทองที่ไม่ได้มาตรฐานส่งออก ซึ่งพบว่าได้ผลผลิตไซรัปจากกล้วยหอมทองเท่ากับร้อยละ 31.95 (สุคันธรส, 2550) อย่างไรก็ตามปริมาณผลผลิตไซรัปที่ได้จะมากหรือน้อย

ขึ้นอยู่กับวิธีการ และสภาวะที่ใช้ในการผลิต ตลอดจนวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตด้วย รวมถึงการควบคุมปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์สุดท้าย ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้กำหนดไว้ที่ 75°Brix ในขณะที่ไซรัปที่ผลิตจากกล้วยหอมทอง และไซรัปที่ผลิตจากกล้วยสุกพบว่ามีความเข้มข้นของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 74 และ 70°Brix ตามลำดับ (สุคันธรส, 2550; นพดล, 2546)

ไซรัปที่ผลิตจากกล้วยตากตากแดดทั้ง 4 สิ่งทดลอง (รูปที่ 2) พบว่ามีลักษณะสีน้ำตาลเข้ม เป็นเนื้อเดียวกัน มีความข้นหนืดสูง และมีกลิ่นหอมเฉพาะของกล้วยตาก การที่ไซรัปที่ผลิตจากกล้วยตากตากแดดที่มีระยะเวลาการเก็บรักษานานกว่ามีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (ค่า L^* ลดลง) กว่าไซรัปที่ผลิตจากกล้วยตากตากแดดที่มีระยะเวลาการเก็บรักษาสั้น เป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นกับวัตถุดิบกล้วยตากตากแดดตั้งที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่ใช่เอนไซม์ (non enzymatic browning) ซึ่งมีความรุนแรงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (ประสาร, 2538)

3 การตรวจสอบคุณลักษณะของไซรัปจากกล้วยตากตากแดด

ไซรัปที่ผลิตจากกล้วยตากตากแดดทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีร้อยละของผลผลิต (%yield) อยู่ในช่วงร้อยละ 30.49–32.67 ปริมาตรต่อน้ำหนัก (volume by weight: v/w) และค่าดังกล่าวมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4) มีค่า L^* a^* b^* ปริมาณความชื้น และค่า a_w อยู่ในช่วง 7.48–13.11 -0.82 ถึง -0.75 1.40–3.59 ร้อยละ 22.24–22.77 และ 0.64–0.65 ตามลำดับ โดยพบว่าค่า L^* และ ค่า b^* มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ค่า a^* ปริมาณความชื้น และค่า a_w ของทั้ง 4 สิ่งทดลอง นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 5) ขณะที่ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลคติก) พบอยู่ในช่วง 3.80–4.49 และ 0.86–2.45 ตามลำดับ โดยพบว่าค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดของตัวอย่างไซรัปทั้ง 4 สิ่งทดลอง นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 6) และพบว่ามีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อยีสต์และรา และเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย อยู่ในช่วง 2.22–4.27 2.49–3.66 และ 1.85–3.66 log CFU/g ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 7)



รูปที่ 2 ไซรัปกล้วยตากความเข้มข้น 75°Brix หลังผ่านกระบวนการทำให้เข้มข้น

หมายเหตุ: กำหนดให้ Trt 1 คือ ไซรัปที่ผลิตจากกล้วยตากตากแดดที่เก็บรักษา ณ เวลา 7 วัน Trt 2 คือ ไซรัปที่ผลิตจากกล้วยตากตากแดดที่เก็บรักษา ณ เวลา 14 วัน Trt 3 คือ ไซรัปที่ผลิตจากกล้วยตากตากแดดที่เก็บรักษา ณ เวลา 21 วัน และ Trt 4 คือ ไซรัปที่ผลิตจากกล้วยตากตากแดดที่เก็บรักษา ณ เวลา 30 วัน

ตารางที่ 4 ร้อยละของผลผลิตของไซรัปจากกล้วยตากตกเกรดทั้ง 4 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลองที่	ร้อยละของผลผลิต (% Yield: ปริมาตรต่อน้ำหนัก)
1	32.54 ^a ±0.19
2	31.99 ^a ±0.43
3	32.67 ^a ±0.55
4	30.49 ^b ±0.50

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 5 คุณลักษณะทางกายภาพของไซรัปกล้วยตากตกเกรดทั้ง 4 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลองที่	ค่าสี			ความชื้น (ร้อยละ)	a _w
	L*	a*	b*		
1	13.11 ^a ±0.31	-0.82 ^{ns} ±0.05	3.59 ^a ±0.13	22.45 ^{ns} ±0.23	0.64 ^{ns} ±0.01
2	11.63 ^b ±0.17	-0.75 ^{ns} ±0.02	3.03 ^b ±0.26	22.51 ^{ns} ±0.22	0.64 ^{ns} ±0.00
3	10.62 ^c ±0.31	-0.81 ^{ns} ±0.06	2.29 ^c ±0.22	22.77 ^{ns} ±0.20	0.65 ^{ns} ±0.00
4	7.48 ^d ±0.17	-0.79 ^{ns} ±0.09	1.40 ^d ±0.08	22.24 ^{ns} ±0.01	0.65 ^{ns} ±0.01

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$); ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางเคมีของไซรัปกล้วยตากตกเกรดทั้ง 4 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลองที่	ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์: °Brix)	ค่าพีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลคติก: ร้อยละ)
1	75 ^{ns} ±0.00	4.49 ^a ±0.02	0.86 ^d ±0.04
2	75 ^{ns} ±0.00	4.27 ^b ±0.01	1.36 ^c ±0.01
3	75 ^{ns} ±0.00	3.89 ^c ±0.03	1.88 ^b ±0.07
4	75 ^{ns} ±0.00	3.80 ^d ±0.01	2.45 ^a ±0.08

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$); ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 7 คุณลักษณะทางจุลชีววิทยาของไซรัปกล้วยตากตกเกรดทั้ง 4 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลองที่	ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ (log CFU/g)		
	จุลินทรีย์ทั้งหมด	ยีสต์และรา	แลคติกแอซิดแบคทีเรีย
1	2.22 ^c ±0.31	2.49 ^b ±0.28	1.85 ^c ±0.20
2	2.91 ^b ±0.11	2.74 ^b ±0.10	2.58 ^b ±0.28
3	3.34 ^b ±0.24	2.66 ^b ±0.13	2.84 ^b ±0.19
4	4.27 ^a ±0.26	3.73 ^a ±0.42	3.66 ^a ±0.18

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$); กำหนดให้ สิ่งทดลองที่ 1 คือ ไซรัปที่ผลิตจากกล้วยตากตกเกรดที่เก็บรักษา ณ เวลา 7 วัน สิ่งทดลองที่ 2 คือ ไซรัปที่ผลิตจากกล้วยตากตกเกรดที่เก็บรักษา ณ เวลา 14 วัน สิ่งทดลองที่ 3 คือ ไซรัปที่ผลิตจากกล้วยตากตกเกรดที่เก็บรักษา ณ เวลา 21 วัน สิ่งทดลองที่ 4 คือ ไซรัปที่ผลิตจากกล้วยตากตกเกรดที่เก็บรักษา ณ เวลา 30 วัน

ร้อยละของผลผลิตสามารถคำนวณได้จากน้ำหนักไซร่ปที่ได้หารด้วยน้ำหนักเนื้อกล้วยที่ใช้แล้วคูณด้วย 100 (สุคันธรส, 2550) การที่ปริมาณผลผลิตไซร่ปกล้วยที่ได้ในการผลิตแต่ละครั้งมีความแตกต่างกันนั้น ($P < 0.05$) สามารถพิจารณาออกเป็น 2 ประเด็น กล่าวคือเกิดจากปัจจัยในส่วนของกระบวนการผลิต ได้แก่ การบีบน้ำกล้วย การกรอง และปริมาณตะกอนในน้ำกล้วย ซึ่งในการศึกษาคั้งนี้ได้ทำการควบคุมสภาวะในการผลิตให้คงที่ ดังนั้นความแตกต่างของปริมาณผลผลิตไซร่ปที่ได้จึงมิได้มีสาเหตุจากประเด็นดังกล่าว แต่ทั้งนี้ความแตกต่างของปริมาณผลผลิตไซร่ปนั้นเกิดจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในวัตถุดิบกล้วยตากตากเกรตก่อนนำมาใช้ผลิตไซร่ป โดยพบว่ายี่ระยะเวลาในการเก็บรักษาตัวอย่างนานขึ้นเท่าใด ก็จะทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญ และเพิ่มจำนวนได้มากขึ้นตามไปด้วย (ตารางที่ 8) ซึ่งเชื้อดังกล่าวที่พบในตัวอย่างกล้วยตากจะเป็นในกลุ่มของเชื้อยีสต์และราเป็นส่วนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อยีสต์ที่สามารถเจริญได้ในที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูง (osmophilic yeast) และค่า a_w ต่ำ (ศิริโธม, 2543) โดยมีรายงานว่ายีสต์ที่พบมากที่สุดใกล้วยตาก คือ *Zygosaccharomyces rouxii* และ ยังพบ *Schizosaccharomyces octosporus* และ *candida sp.* (สุริย์, 2534) เชื้อยีสต์เหล่านี้จะนำน้ำตาลที่มีอยู่ในตัวอย่างไปใช้ในการเจริญ โดยนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นของกระบวนการเมตาบอลิซึมและผลิตสารเมตาบอไลต์ออกมา (Jay, 1992) ดังนั้นเมื่อจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณน้ำตาลในตัวอย่างกล้วยตากจึงมีแนวโน้มลดลงมากยิ่งขึ้น ซึ่งพบว่าในขั้นตอนของการสกัดน้ำกล้วยด้วยเอนไซม์ในตัวอย่างกล้วยตากตากเกรตที่มีจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์สูง (เก็บเป็นระยะเวลาานาน) จะสกัดน้ำตาลออกมาได้ในปริมาณน้อยตามไปด้วย โดยพบว่าค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะแปรผกผัน

กับระยะเวลาการเก็บกล้วยตากตากเกรต และเมื่อนำน้ำกล้วยที่ได้มาทำให้เข้มข้นที่ 75°Brix จึงส่งผลให้ได้ปริมาณผลผลิตลดลง

จากค่าสีที่วัดได้ (ตารางที่ 5) แสดงให้เห็นว่าไซร่ปกล้วยตากที่ผลิตได้มีลักษณะสีเหลืองเข้มออกน้ำตาลแดง การควบคุมปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในทุกสิ่งทดลองค่าเท่ากับ 75°Brix เป็นผลให้ความชื้นและค่า a_w ของไซร่ปทั้ง 4 สิ่งทดลอง ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) และพบว่าในกระบวนการระเหยเพื่อทำให้ไซร่ปเข้มข้นนั้น จะสามารถลดค่า a_w ของไซร่ปกล้วยที่ผลิตได้ (0.64^*) ให้ต่ำกว่าค่า a_w ในเมเปิลไซร่ป (0.84^*) และยังพบว่าค่า a_w ของไซร่ปกล้วยที่ผลิตได้ยังมีค่าใกล้เคียงกับค่า a_w ในน้ำผึ้ง (0.63^*) และ (* จากการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี) โดยค่า a_w นั้นมีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (Belitz and Groseh, 1999) จึงทำให้สามารถเก็บรักษาตัวอย่างอาหาร หรือผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น

รสชาติของไซร่ปกล้วยที่ผลิตได้จะมีรสหวานอมเปรี้ยว โดยพบว่าค่าพีเอชของไซร่ปจากกล้วยตากตากเกรตที่ผลิตได้ในการศึกษาคั้งนี้นั้นมีค่าแตกต่างกับน้ำผึ้ง ไซร่ปที่ผลิตจากกล้วยหอมทอง และเมเปิลไซร่ปที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.13^{**} , 4.98 (สุคันธรส, 2550) และ 6.56^{**} ตามลำดับ (** จากการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดค่าพีเอช) ส่วนปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลคติก) ที่พบนั้นก็มึปริมาณสูงกว่าที่พบในน้ำผึ้ง ไซร่ปที่ผลิตจากกล้วยหอมทอง และเมเปิลไซร่ปซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.33^{***} , 0.70 (สุคันธรส, 2550) และ 0.07^{***} ตามลำดับ (***) จากการตรวจวัดตามวิธีการของ AOAC., 2000 : chapter 37.1.37) ทั้งนี้ยังพบว่ากรดที่พบในน้ำผึ้ง ไซร่ปที่ผลิตจากกล้วยหอมทอง และเมเปิลไซร่ปนั้นโดยส่วนมากจะเป็นกรดซิตริก และกรดมาลิก ตามลำดับ (ธนาวุฒิ, 2549; สุคันธรส, 2550;

สุทธิพงษ์, 2552) ซึ่งแตกต่างจากกรดไนไซร์ปกล้วยที่ศึกษาในครั้งนี้ซึ่งอยู่ในรูปของกรดแลคติกที่ได้รับอิทธิพลจากเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย โดยเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียจะสร้างกรดแลคติกออกมาในระหว่างการเจริญ จึงทำให้ไซร์ปกล้วยที่ผลิตได้มีค่าพีเอชต่ำลง และมีปริมาณกรดสูงขึ้น (บุญญา, 2547)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2547) กำหนดให้ผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจะต้องมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และจำนวนเชื้อยีสต์และราต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่งไซร์ปจากกล้วยตากตากเกรดที่เก็บรักษา ณ เวลา 21 และ 30 วัน มีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ ส่วนจำนวนเชื้อยีสต์และราพบว่าไซร์ปกล้วยตากทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีปริมาณสูงเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ ดังนั้นจึงควรมีกระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์สุดท้ายเพื่อลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน โดยไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อคุณลักษณะ และคุณภาพของไซร์ปด้วย

สรุปผลการวิจัย

ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกันส่งผลให้เกิดความแตกต่างต่อคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของวัตถุดิบกล้วยตากตากเกรดที่จะนำมาใช้ผลิตไซร์ปกล้วยตาก โดยไซร์ปที่ผลิตจากกล้วยตากตากเกรดที่เก็บรักษา ณ เวลานั้น 7 14 21 และ 30 วัน จะมีความแตกต่างกันทั้งในส่วนของคุณลักษณะด้านสี รสเปรี้ยว (ค่าพีเอช และปริมาณกรด) รวมถึงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน และโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณร้อยละของผลผลิต (% yield) ซึ่งพบว่ายิ่งระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่างกล้วยตากตากเกรดที่จะนำมาใช้ในการผลิตไซร์ปยาวนานขึ้น จะทำให้ได้

ปริมาณผลผลิตไซร์ปลดน้อยลง โดยปริมาณผลผลิตไซร์ปที่ผลิตได้นี้เป็นปัจจัยหลักที่ควรนำมาพิจารณาเพื่อตัดสินถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาตัวอย่างกล้วยตากตากเกรดที่อุณหภูมิ 4°C ซึ่งตัวอย่างกล้วยตากตากเกรดที่จะนำมาใช้ในการผลิตไซร์ปกล้วยนั้นไม่ควรเก็บรักษาไว้นานเกินกว่า 21 วัน ที่อุณหภูมิ 4°C เนื่องจากหากเก็บเป็นระยะเวลานานกว่านี้ (30 วัน) จะทำให้ได้ผลผลิตไซร์ปกล้วยลดลงตั้งแต่ร้อยละ 1-2

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนกล้วยตากกูปพา (banana society) ที่ให้การสนับสนุนตัวอย่างในการศึกษา และความอนุเคราะห์ด้านกระบวนการผลิตไซร์ป และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ที่สนับสนุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2555 ในการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2552). การทดสอบตลาดกล้วยตาก. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. แหล่งข้อมูล: <http://www.ssmwiki.org/index.php>. ค้นเมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2553.
- กานต์ตระกูลรัตน์ วุฒิสเลา สนธิ พลชัยยา กุลธิดา นกุลธรรม ศักดิ์ศรี สุภากร ภิญโญ พานิชพันธ์ นกตล ไชยคำ ยวดี เชี่ยววัฒนา และพิณทิพ รื่นวงษา. (2549). ผลผลิตทางเคมี. มหาวิทยาลัยมหิดล. แหล่งข้อมูล: http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ap-chemistry1/mass_relationship/indexnew005.htm1. ค้นเมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2553.
- จุฑามาศ ถิระสาโรช และ เฉลิมพล ถนอมวงศ์. (2548). การศึกษาการสกัดไซร์ปกล้วย. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก, พิษณุโลก.
- จิตชัย ปัญญาสวรรค์ วิชัย หลงชัยณาสันต์ เพ็ญขวัญ ชมปริดา ปริศนา สิริอาษา และธีรรัตน์ สังขวาสี. (2547).

- การพัฒนาไซรัปเข้มข้นจากกล้วยหอมทองโดยการใช้เอนไซม์. รายงานการวิจัยในการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร วันที่ 3-6 กุมภาพันธ์ 2547. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธนาวุฒิ วงศ์ชัย. (2549). เมเปิลไซรัป (น้ำเชื่อมเมเปิล). แหล่งข้อมูล: <http://www.com-site.com/cedarvale>. ค้นเมื่อวันที่ 26 มีนาคม 2553.
- นพดล เจียมสวัสดิ์. (2546). กรรมวิธีการผลิตน้ำผลไม้จากกล้วยโดยใช้เอนไซม์และกรรมวิธีการผลิตไซรัปกล้วย. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- นิตยา รัตนานนท์. (2545). เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- นิรุทธิ์ บุญเปี่ยม. (2545). สุขลักษณะความปลอดภัยของอาหารพร้อมบริโภค ประเภทกล้วยตากของจังหวัดพิษณุโลก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- ประสาร สวัสดิ์ชิตัง. (2538). การเกิดสีน้ำตาลของอาหารและการควบคุมป้องกัน. วารสารอาหาร 25(3): 160-169.
- ปราณี อ่านเปรื่อง. (2547). หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ปฎิญา วิจิตรศิริ. (2547). แบบที่เรียแลคติก. สำนักบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยบูรพา. แหล่งข้อมูล: http://www.uniserv.buu.ac.th/forum2/topic.asp?TOPIC_ID=714. ค้นเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2553.
- พีรเดช ทองอำไพ. (2552). น้ำหวานกล้วยตาก. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). แหล่งข้อมูล: คมชัด ลึก ฉบับวันที่ 7 กันยายน พ.ศ. 2552. ค้นเมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2553.
- รุ่งทิพย์ วงศ์ต่อม. (2549). การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในกระบวนการอบแห้งลำไย (*Euphoria longana* Lam.) แบบแห้งผล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.
- เรณูภา แจ่มฟ้า. (2545). การผลิตไซรัปจากน้ำตาลสด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- วุฒิชัย ชะนะมา. (2551). วิสาหกิจชุมชนกลุ่มกล้วยตากบุปผา. บทสัมภาษณ์ 28 มิถุนายน 2550.
- วิภา ประพินอักษร นันทา เป็งเนตร์ ดรุณี มูลโรจน์ และนคร สานิชวรรณ. (2555). การผลิตไซรัปจากผลมะม่วงหิมพานต์. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 40 (3): 913-923.
- วิลาวัดย์ เจริญจิระตระกูล. (2539). จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญด้านอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- วิล รังสาดทอง. (2545). เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- สุคันธรส ธาดากิตติสาร. (2550). การพัฒนากระบวนการผลิตไซรัปจากกล้วยหอมทองที่ไม่ได้มาตรฐานการส่งออก. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอกมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุทธิพงษ์ พงษ์วร. (2552). มหัศจรรย์น้ำผึ้ง. ไทยลันนาฟาร์มผึ้ง. แหล่งข้อมูล: <http://www.thailanna.co.th/index.php?lay=show&ac=article&id=1978>. ค้นเมื่อวันที่ 26 มีนาคม 2553.
- สุริยาพร นิพรมย์. (2547). การประยุกต์ใช้หลักเกณฑ์วิธีการในการผลิตที่ดี (GMP) เพื่อพัฒนาคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กล้วยตาก ณ ตำบลไผ่ล้อม อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- สุรีย์ นานาสมบัติ. (2534). การเสียของกล้วยตากและการเก็บรักษาในสภาพควบคุมความชื้นสัมพัทธ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2546). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกล้วยอบ (มผช. 112/2546). แหล่งข้อมูล: http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps112_46.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 24 กันยายน 2552.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำหวานเข้มข้น (มผช. 489/2547). แหล่งข้อมูล: http://app.tisi.go.th/otop/pdf_

- file/tcps489_47.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2553.
- ศิริโฉม พุงเกล้า. (2543). บทปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- ศิริลักษณ์ สีนธวาลัย. (2544). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการ. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์. (2552). ชนิดของน้ำในอาหาร. แหล่งข้อมูล: http://www.slideshare.net/a_muanmai/chapter2-drying. ค้นเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2553.
- อรุณี เพียรทวิรัตน์ และ ปราณิ อานเป็รื่อง. (2536). ผลของเพคตินเนส เซลลูเลส และอะมัยเลสต่อการผลิตน้ำกล้วยหอม. อาหาร 23(3): 188-196.
- Al-Hooti, S.N., Sidhu, J.S., Al-Sager, J.M. and Al-Othman, A. (2002). Chemical composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulose enzyme treatment. Food Chemistry 79(2): 215-220.
- AOAC. (2000). Association of Official Analytical Chemists. Official Method of Analytical. 17th ed. Gaithersburg, Maryland. USA: AOAC international.
- Belitz, H.D. and Groseh, W. (1999). Food Chemistry 2nd ed. Berlin, Germany: Springer.
- Downes, F.P. and K. Ito. (2001). Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 4th ed. Washington D.C., USA: American Public Health Association.
- Hunter Associates Laboratory Inc. (2009). ColorFlex Tomato Color Meter. hunterlab. retrived from : <http://www.hunterlab.com/Instruments/Bench/ColorFlex>. March 12, 2010.
- Jay, J.M. (1992). Modern Food Microbiology. 4th ed. New York, USA: Chapman and Hall.

