

## 6.2 จำนวนต้นทุนการผลิต

การคำนวณต้นทุนการผลิตไช้รปกล้วยหอมทองจากต้นทุนผันแปรคำนวณจากวัตถุดิบที่ต้องใช้ รายละเอียดการคำนวณต้นทุนในการผลิตแสดงในภาคผนวก ก เป้าหมายการผลิตไช้รปกล้วยหอมทองต่อปีเท่ากับ 12,000 กิโลกรัม ดังนั้นต้นทุนการผลิตไช้รปกล้วยหอมทองจากกล้วยหอม 500 กิโลกรัมต่อวัน ผลิตได้ไช้รปกล้วยหอมทอง 42.5 กิโลกรัมต่อวันจะมีต้นทุนการผลิตทั้งหมดประมาณ 54.67 บาทต่อกิโลกรัม ผลผลิตที่ไช้รปกล้วยหอมทองควรจะมีราคาเดียวกันหรือต่ำกว่าผลผลิตในท้องตลาด เมื่อเปรียบเทียบกับราคาดน้ำผึ้งที่จำหน่ายในท้องตลาด (ตารางที่ 16) เฉลี่ย กิโลกรัมละ 253 บาท ถ้าจำหน่ายในราคานี้จะมีกำไรถึง 198.33 บาท จึงเห็นได้ว่าสามารถเพิ่มมูลค่ากล้วยหอมทองที่ไม่ได้มาตรฐานการส่งออกได้

## 6.3 วิเคราะห์คุณภาพของไช้รปกล้วยหอมทองที่ผลิตได้

### ก. คุณภาพทางกายภาพ

คุณภาพทางกายภาพไช้รปกล้วยหอมทองมีค่าความสว่าง  $L^*$  91.26 ค่าสีเขียว ( $a^*$ ) -4.58 ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) 25.81 ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ( $\Delta E^*$ ) 8.14 ซึ่งมีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อน มีค่าความใส ( $T_{670}$ ) 87.48 จะเห็นได้ว่า คุณภาพของไช้รปกล้วยหอมทองในระดับขยายกำลังการผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ จะมีค่าความสว่างมากกว่า มีสีแดงอ่อนกว่า รวมทั้งมีค่าการเปลี่ยนแปลงสี ( $\Delta E^*$ ) น้อยกว่า (95.13, 20.085 และ 4.965 ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาจากค่าความใส ( $T_{670}$ ) และ Browning index พบว่ามีความใสน้อยกว่าและมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น (87.48 และ 0.417 ตามลำดับ) มากกว่าการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ (98.22 และ 0.365 ตามลำดับ) เนื่องจากการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการเริ่มต้นจากตัวอย่างเนื้อกล้วย 500 กรัม ได้น้ำกล้วยประมาณ 320 มิลลิลิตร นำไปทำให้เข้มข้นได้ไช้รป ประมาณ 100 กรัม ใช้เวลาประมาณ 30 นาที รวมเวลาในการผลิตทั้งหมดประมาณ 5 ชั่วโมง ถึงแม้ว่าจะต้องรวบรวมแต่ละชุดการผลิตรวมกันเป็นตัวอย่างเดียวกันเพื่อใช้ในการทดสอบจำนวนทั้งหมด ก็สามารถผลิตได้วันละ 3-4 ชุด ใช้เวลาเพียง 1-2 วันก็สามารถเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบได้ ส่วนการเตรียมในระดับขยายผล ย่อยกล้วยครั้งละ 10-12 กิโลกรัม ได้น้ำกล้วยประมาณ 6.4- 7.7 ลิตร นำไปทำให้เข้มข้นได้ไช้รปประมาณ 2-2.4 กิโลกรัม ใช้เวลาประมาณ 10-12 ชั่วโมง รวมเวลาในการผลิตทั้งหมดประมาณ 15-17 ชั่วโมง ซึ่งในระดับขยายผลนี้จะต้องรวบรวมแต่ละชุดการผลิตรวมกันเป็นตัวอย่างเดียวกันเพื่อ

ใช้ในการทดสอบจำนวนทั้งหมด ประมาณ 21 กิโลกรัม ดังนั้นต้องผลิตทั้งหมด 10 ชุด ต้องใช้เวลาการผลิตทั้งหมดอย่างน้อย 10 วันรวมกับเวลาในการบรรจุอีก 1 วันรวมทั้งสิ้น 11 วัน ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า การผลิตในระดับขยายผล มีสถานะที่ทำให้คุณภาพของไซรัปกล้วยหอมทองเปลี่ยนแปลงได้ในหลายขั้นตอน ได้แก่ การทำให้ไซรัปเข้มข้นต้องใช้เวลานานที่อุณหภูมิสูง การเก็บไซรัปไว้เพื่อรอให้ครบตามปริมาณที่ต้องการใช้อาจทำให้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นได้ ยิ่งไปกว่านั้นในระหว่างกระบวนการผสมตัวอย่างไซรัปให้เป็นเนื้อเดียว กันการบรรจุตัวอย่างที่ต้องอุ่นตัวอย่างที่อุณหภูมิสูง (40 องศาเซลเซียส) อีกครั้ง ดังนั้นการทำให้ไซรัปอยู่ที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานขึ้นมีผลทำให้ ค่าความใสและความสว่างลดลงและมีสีเข้มขึ้น ความหนืด 841.59 เซนติพอยส์ที่ความเร็ว 200 rpm,  $28 \pm 1$  องศาเซลเซียส และค่าแอมเพอร์แอกติวิตี 0.712 ที่ 25 องศาเซลเซียส แสดงผลในตารางที่ 43

ตารางที่ 43 คุณภาพทางกายภาพของไซรัปกล้วยหอมจากกล้วยหอมทอง

| คุณภาพทางกายภาพ                                               | ปริมาณ              |
|---------------------------------------------------------------|---------------------|
| ค่าสี                                                         |                     |
| L*                                                            | $91.26 \pm 0.12$    |
| a*                                                            | $-4.58 \pm 0.65$    |
| b*                                                            | $25.81 \pm 0.042$   |
| $\Delta E^*$                                                  | $8.14 \pm 0.17$     |
| ความใส (ร้อยละของแสงส่องผ่านที่ 670 นาโนเมตร)                 | $87.48 \pm 0.40$    |
| ค่า Browning index                                            | $0497 \pm 0.007$    |
| ความหนืด (เซนติพอยส์) ที่ 200 rpm, $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ | $841.59 \pm 154.27$ |
| ค่าแอมเพอร์แอกติวิตี ที่ $25^{\circ}\text{C}$                 | $0.712 \pm 0.003$   |

#### ข. องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของไซรัปกล้วยหอมทอง 100 กรัมมีองค์ประกอบโดยประมาณ (Proximate analysis) ได้แก่ ความชื้น 22.1 กรัม เถ้า 3.56 กรัม โปรตีน 1.98 กรัม ไขมัน 0.68 กรัม และคาร์โบไฮเดรต 71.6 กรัม มีพลังงาน 300.44 กิโลแคลอรี ไซรัปกล้วยหอมทองเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ดังนั้นจึงต้องเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์จากผลไม้ชนิดอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยพิจารณาของไซรัปกล้วยหอมทอง (4.98) จะมีค่าอยู่ระหว่างไซรัปจาก cactus pear (4.31) (Saenz *et al.*,

1998) และไซรัปจากอินทผาลัม (5.32-7.56) (Al-Farsi, 2003) กลูโคสและฟรุคโตส มีปริมาณร้อยละ 17.75 และ 17.11 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าไซรัปอินทผาลัม (ร้อยละ 26.6 และ 34.4) แต่ไซรัปกล้วยหอมทองจะมีซูโครส ร้อยละ 11 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลปีระรดเข้มข้น (72.7 องศาบริกซ์) มีปริมาณซูโครสสูงกว่า (ร้อยละ 34.5) แต่มีปริมาณกลูโคสและฟรุคโตส ใกล้เคียงกัน คือร้อยละ 19.5 และ 17.9 ตามลำดับ (Elkins *et al.*, 1997) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 74 องศาบริกซ์ พีเอช 4.98 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดมาลิก) 0.704 กรัม ส่วนปริมาณแป้งมีร้อยละ 2.15 โพลีแซคคาไรด์ ร้อยละ 1.97 โปรตีน ร้อยละ 0.089 แสดงผลในตารางที่ 44

ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ในรูปของเพคตินในไซรัปกล้วยหอมทองมีปริมาณ 1.99 ร้อยละ เมื่อเปรียบเทียบกับไซรัปอินทผาลัม มีใยอาหารทั้งหมด 0.01-0.29 องศาบริกซ์ (Al-Farsi *et al.*, 2007) แม้ว่า RDA จะไม่ได้แนะนำการบริโภคใยอาหาร แต่ผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพ และโภชนาการส่วนใหญ่ จะเห็นพ้องต้องกันว่า การเพิ่มปริมาณการบริโภคใยอาหาร 25-35 กรัมต่อวัน จะมีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยบริโภคผลอินทผาลัม 330-460 กรัมต่อวัน หรือบริโภคไซรัปกล้วยหอมทอง 25 กรัม (1 ช้อนโต๊ะ) ซึ่งจะได้รับใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (เพคติน) 0.5 กรัม คิดเป็นร้อยละ 2 ของปริมาณที่ควรบริโภคต่อวัน ซึ่งใยอาหารเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ ไม่ใช่สารอาหารแต่มีความสำคัญต่อสุขภาพ โดยใยอาหารที่ละลายน้ำได้ เช่น เมือก (mucilage) กัม เพคติน เฮมิเซลลูโลส เมื่อเข้าไปในทางเดินอาหาร จะมีลักษณะเป็นเจลเหนียว จึงทำให้เกิดการชะลอการปลดปล่อยสารอาหารสู่กระแสโลหิต จึงเป็นข้อดีในกรณีของ น้ำตาลกลูโคส และโคเลสเตอรอล ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ (coronary heart disease) จึงมีการแนะนำให้บริโภคใยอาหารเพิ่มขึ้น การลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด โดยใยอาหารที่ละลายน้ำจะลดปริมาณโคเลสเตอรอลทั้งหมดและ LDL (low density lipoprotein) โคเลสเตอรอล มีรายงานว่าบริโภคใยอาหารที่ละลายน้ำได้ 1 กรัม ที่สกัดจากข้าวโอ๊ต จะลดโคเลสเตอรอล 0.045 มิลลิโมลต่อลิตรและลด LDL 0.051 มิลลิกรัมต่อลิตร เช่นเดียวกับการนำอาหารที่เติมกากองุ่นที่มีใยอาหารร้อยละ 54-59 สามารถลดโคเลสเตอรอล และ LDL ในหนูที่มีโคเลสเตอรอลสูง (hypercholesterolemic) ได้ (Martin-Carron *et al.*, 2000) นอกจากนั้น ยังมีรายงานอีกมากมายที่พบว่า การบริโภคใยอาหารสูง โดยเฉพาะใยอาหารที่ละลายน้ำได้ จะช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคมะเร็งต่อมลูกหมากได้

ตารางที่ 44 คุณภาพทางเคมีของไซรัปกล้วยหอมจากกล้วยหอมทอง 100 กรัม (น้ำหนักสด)

| องค์ประกอบทางเคมี                        | ปริมาณ            |
|------------------------------------------|-------------------|
| พลังงาน (กิโลแคลอรี)                     | 300.44            |
| ความชื้น (กรัม)                          | 22.1              |
| โปรตีน (กรัม)                            | 1.98              |
| คาร์โบไฮเดรต (กรัม)                      | 71.6              |
| เถ้า (กรัม)                              | 3.56              |
| ไขมัน (กรัม)                             | 0.68              |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) | $74 \pm 0.0$      |
| ความเป็นกรด-ด่าง (pH)                    | $4.98 \pm 0.0$    |
| ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดมาลิก (กรัม)     | $0.704 \pm 0.037$ |
| น้ำตาลรวม (กรัม)                         | $77.16 \pm 8.09$  |
| น้ำตาลรีดิวซ์ (กรัม)                     | $23.34 \pm 1.12$  |
| น้ำตาลกลูโคส (กรัม)                      | $17.75 \pm 0.092$ |
| น้ำตาลฟรุกโตส (กรัม)                     | $17.11 \pm 0.18$  |
| น้ำตาลซูโครส (กรัม)                      | $10.99 \pm 0.18$  |
| แป้ง (กรัม)                              | $0.976 \pm 0.051$ |
| โพลีแซคคาไรด์ (กรัม)                     | $1.97 \pm 0.011$  |
| โปรตีน (มิลลิกรัม)                       | $31.82 \pm 0.76$  |
| เพคติน (กรัม)                            | $1.21 \pm 0.041$  |
| แทนนิน (กรัม)                            | $0.294 \pm 0.006$ |

ไชรป์กล้วยหอมทองมีโพลีฟีนอล ในรูปแทนนิน 377 มิลลิกรัมต่อร้อยกรัม ซึ่งเมื่อเทียบกับไชรป์อินผาลัม ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.01-0.29 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (กรดแกลลิก) จะเห็นว่ามีค่าสูงกว่ามาก ซึ่งอินผาลัมเป็นแหล่งสำคัญของสารประกอบฟีนอลิก โดยในผลสด (5.94-8.72 มิลลิกรัม ต่อร้อยกรัม) ส่วนในของเหลือจากการสกัดไชรป์คือ กาก (press cake) 25.39-33.81 มิลลิกรัมต่อร้อยกรัม และเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้เขตร้อนอื่นๆ ที่มีโพลีฟีนอลสูง ได้แก่ น้อยหน่า ฝรั่งและมะเฟือง (165-175, 138-178 และ 131 มิลลิกรัมต่อร้อยกรัม กรดแกลลิก) กล้วยสดจะมีปริมาณ 51 (ในรูปของกรดแกลลิก) 44 (ในรูปของแคททีชิน) และ 52 มิลลิกรัมต่อร้อยกรัม ในสายพันธุ์ mas (Lim *et al.*, 2006) comprida และ Pacovaw (Melo *et al.*, 2006) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าจะมีปริมาณน้อยกว่าไชรป์กล้วยหอมทอง ซึ่งอาจจะเนื่องจาก ในขั้นตอนการผลิตไชรป์กล้วยหอมทองนั้นจะมีการใช้อุณหภูมิสูงในขณะย่อยเพคติน (50 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง) ในขั้นตอนการยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ (100 องศาเซลเซียส 15 นาที) รวมทั้งขั้นตอนการทำน้ำกล้วยเข้มข้น 40 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง ซึ่งที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการปลดปล่อยสารโพลีฟีนอล เช่น แทนนิน ออกมา พันธะระหว่างโพลีฟีนอล และใยอาหาร (เซลลูโลส เดกตริน ลิกนิน เพคติน โอลิโกแซคคาไรด์ หรือ กลูแคน) ถูกตัดออก (Maillard and Berset, 1995) ซึ่งโพลีฟีนอลนับเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อการควบคุมการเกิดโรคเส้นเลือดหัวใจ (cardiovascular disease) และมะเร็ง จึงถูกนำมาใช้เป็นสารออกฤทธิ์ (bioactive) มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นสารที่ช่วยรักษาสุขภาพให้แข็งแรง ผลการทดลองพบว่า เมื่อนำกากจากผลองุ่นซึ่งมีทั้งใยอาหารและโพลีฟีนอล สามารถลดปริมาณโคเลสเตอรอลและ LDL ในเลือดของหนูที่มีโคเลสเตอรอลสูงได้

ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในไชรป์กล้วยหอมทอง (ตารางที่ 45) จะเห็นได้ว่า กรดอะมิโนที่มีปริมาณมากกว่าชนิดอื่นๆ ได้แก่ กรดกลูตามิก ฮิสติดีน ลูซีนวาลีน และกรดแอสพาดิก (170, 170, 150, 140 และ 100 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาของ Elkins *et al.* (1997) ที่ได้วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำสับปะรดเข้มข้น (72.7 องศาบริกซ์) แข็งจำนวน 54 ตัวอย่าง ที่มีจำหน่ายทั่วโลก ในช่วงเวลา 3 ปี (2536-2538) พบว่ากรดอะมิโนส่วนใหญ่จะมีปริมาณน้อยกว่าไชรป์กล้วยหอมทอง ยกเว้นไทโรซีนในน้ำสับปะรดเข้มข้น (20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) จะมีมากกว่าไชรป์กล้วยหอมทอง (10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ส่วนกรดอะมิโนที่มีปริมาณใกล้เคียงกันได้แก่ ซีรีน และ อลานีน (80 และ 50 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำผึ้งพบว่าไชรป์กล้วยหอมทองมีปริมาณกรดอะมิโนมากกว่าเกือบทุกชนิด

ตารางที่ 45 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในไข่รับกล้วยหอมจากกล้วยหอมทอง

| กรดอะมิโน    | ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อ100 กรัมน้ำหนักสด) |
|--------------|----------------------------------------|
| วาลีน        | 190                                    |
| กรดกลูตามิก  | 170                                    |
| ฮิสติดีน     | 170                                    |
| ลูซีน        | 150                                    |
| ไทโรซีน      | 100                                    |
| กรดแอสพาทิก  | 100                                    |
| ซีรีน        | 80                                     |
| อาร์จินีน    | 70                                     |
| อลานีน       | 50                                     |
| ไกลซีน       | 40                                     |
| ไธซีน        | 40                                     |
| ทรีโอนีน     | 30                                     |
| โพรลีน       | 30                                     |
| ไอโซลูซีน    | 20                                     |
| เฟนิลวอลานีน | 20                                     |

ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณวิตามินในไช้รี่ปกล้วยหอมทอง 100 กรัม มีปริมาณ วิตามิน บี1 (ไธอามีน) 10.05 มิลลิกรัม วิตามินบี2 (ไรโบฟลาวิน) 0.01 มิลลิกรัม วิตามินบี 3 (ไนอาซิน) 0.58 มิลลิกรัม วิตามินบี 6 (ไพริดอกซีน) น้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัม วิตามินซี (กรดแอสคอร์บิก) น้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัม (ตารางที่ 46)

**ตารางที่ 46** ชนิดและปริมาณวิตามินและแร่ธาตุในไช้รี่ปกล้วยหอมจากกล้วยหอมทอง

| วิตามินและแร่ธาตุ          | ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) |
|----------------------------|------------------------------------------|
| <b>วิตามินต่างๆ</b>        |                                          |
| วิตามิน บี1(ไธอามีน)       | 0.05                                     |
| วิตามิน บี2 (ไรโบฟลาวิน)   | 0.01                                     |
| วิตามิน บี3 (ไนอาซิน)      | 0.58                                     |
| วิตามิน บี6 (ไพริดอกซีน)   | < 0.05                                   |
| วิตามิน ซี (กรดแอสคอร์บิก) | < 0.05                                   |
| <b>แร่ธาตุต่างๆ</b>        |                                          |
| โพแทสเซียม                 | 15.113                                   |
| แมกนีเซียม                 | 0.789                                    |
| ฟอสฟอรัส                   | 0.406                                    |
| แคลเซียม                   | 0.083                                    |
| โซเดียม                    | 0.008                                    |
| เหล็ก                      | 0.008                                    |

ในจำนวนแร่ธาตุทั้งหมดในไช้รี่ปกล้วยหอมทอง โพแทสเซียมจะมีปริมาณสูงสุด 1511.3 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม รองลงมาคือ แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และแคลเซียม (78.9, 40.6 และ 8.3 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้ออินทผลัม ซึ่งนับเป็นแหล่งสำคัญของแร่ธาตุ ซึ่งจะเห็นว่ามีปริมาณโพแทสเซียมและแมกนีเซียม 603-742, 60.9-72.6 น้อยกว่าไช้รี่ปกล้วยหอมทอง แต่ปริมาณ ฟอสฟอรัส และแคลเซียมมากกว่าคือ 59.3-74 และ 55-84.7 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตามลำดับ โดยอินทผลัมนับเป็นผลไม้ที่มีธาตุเหล็กสูง (0.58-1.09 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ซึ่งไช้รี่ปกล้วยหอมทองมีปริมาณใกล้เคียงกันคือ 0.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการ

ของแร่ธาตุในอินพาลัมน์ว่ามีปริมาณสูงอย่างมีนัยสำคัญ (Al-Farsi *et al.*, 2005) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแร่ธาตุกับน้ำผึ้งจากแหล่งต่างๆ (Merin *et al.*, 1998) พบว่า โปแตสเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม และเหล็ก (42-108, 1.65-5.3, 3.7-15, และ 0.25-0.27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) มีปริมาณน้อยกว่าไซรัปกล้วยหอมทอง โดยมีปริมาณแคลเซียมใกล้เคียงกัน (2.3 -11 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) การรับประทานไซรัปกล้วยหอมทอง 100 กรัม จะได้รับโปแตสเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม และเหล็ก (ร้อยละ 43.18 19.65, 4.06 0.83 และ 4.44ร้อยละของค่าที่ควรจะได้รับต่อวันของผู้ใหญ่ ตามลำดับ) แสดงในตารางที่ 46 ซึ่งการที่ไซรัปกล้วยหอมทองมีปริมาณโปแตสเซียมสูง แต่โซเดียมต่ำ จึงเป็นที่ต้องการของผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับความดันโลหิตสูง (Hypertension) โดยโปแตสเซียมจะช่วยควบคุมภาวะสมดุลของของเหลวในกระแสเลือด และเยื่อเซลล์ รวมทั้งเป็นส่วนสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีนและสร้างกล้ามเนื้อ

#### ก. คุณภาพทางจุลินทรีย์

พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม มีจำนวนยีสต์และรา น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม เนื่องจากไซรัปกล้วยหอมมีความเข้มข้นของน้ำตาลสูง(74 องศาบริกซ์) มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีต่ำลง มีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์ ทำให้มีความเสถียรทางเคมี เชื้อจุลินทรีย์จึงไม่สามารถเจริญได้ (Belitz and Grosch, 1999)

## 7. ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไชรปกล้วยหอมทอง

ผลการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไชรปกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิต่างกัน 4 สภาวะ คือ 25, 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ตรวจสอบทุก 2 สัปดาห์ ที่ 45 องศาเซลเซียส ทุกสัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์และที่ 55 องศาเซลเซียส ทุก 2 วัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ (ภาพที่ 18) โดยการตรวจสอบคุณภาพเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ขนาด 18 x 12 เซนติเมตร ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ผลการวิเคราะห์คุณภาพมีดังนี้

### 7.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ

#### การวัดค่าสี

การที่ผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ หรือน้ำผลไม้เข้มข้นรวมทั้งไชรปกล้วยหอมทองเมื่อเก็บรักษามีสีเข้มขึ้น สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงโดยการวัดค่าความใสโดยการวัดค่าเปอร์เซ็นต์แสงส่องผ่านที่ 670 นาโนเมตร ( $T_{670}$ ) และค่าความสว่าง ( $L^*$ ) แสดงในภาพที่ 19 ก และ ข จะเห็นได้ว่า มีการเปลี่ยนแปลงเร็วมากที่อุณหภูมิสูง โดยที่ 55 องศาเซลเซียส จากค่าความใสเริ่มต้น 87.48 ในเวลา 2 สัปดาห์ค่าลดลงเหลือ 12.57 ในทำนองเดียวกันค่าความสว่างเริ่มต้น 91.26 ในเวลา 2 สัปดาห์ค่าลดลงเหลือ 2.55 ส่วนที่ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสการลดลงช้ากว่าโดยในเวลา 6 สัปดาห์ ค่าความใสและค่าความสว่างเหลือ 20.24 และ 8.94 ตามลำดับ สำหรับที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสในเวลา 10 สัปดาห์ ค่าลดลงเหลือ 59.67 และ 44.53 ตามลำดับ และที่ 25 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในเวลา 10 สัปดาห์ ค่าลดลงเหลือ 76.56 และ 73.74 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความใส มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกับค่าความสว่างโดยทั้งสองค่ามีค่าระหว่าง 0-100 ถ้ามีค่าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุนั้นมีความสว่างมากถ้า มีค่าใกล้ 0 แสดงว่าวัตถุนั้นมีสีดำ โดยจะไม่พบการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างควบคุมที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับผลการติดตามค่า ความสว่าง (Hunter  $L$ -value) ของน้ำเกรฟฟรุตที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 15 สัปดาห์ โดย Lee and Nagy (1998) พบว่า จากค่าเริ่มต้น 33 จะลดลงตามลำดับ คือ 31.1 (20 องศาเซลเซียส) 29.9 (30 องศาเซลเซียส) 21.2 (40 องศาเซลเซียส) และ 20.0 (50 องศาเซลเซียส) โดยที่ 50 องศาเซลเซียสจะมีสีเข้มที่สุด ค่าความสว่างลดลงประมาณ ร้อยละ 64.3



(ก)



(ข)



(ค)

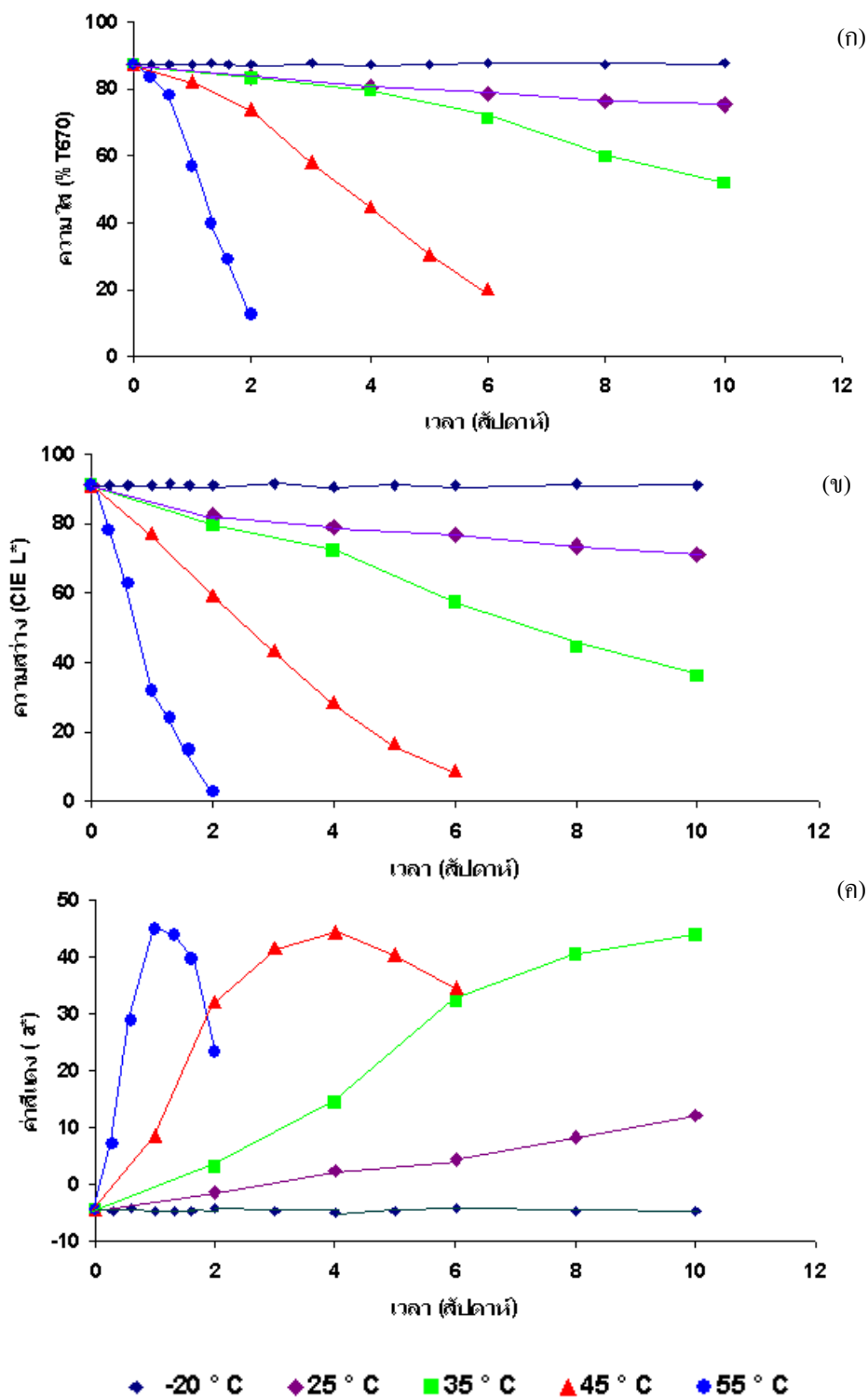


(ง)

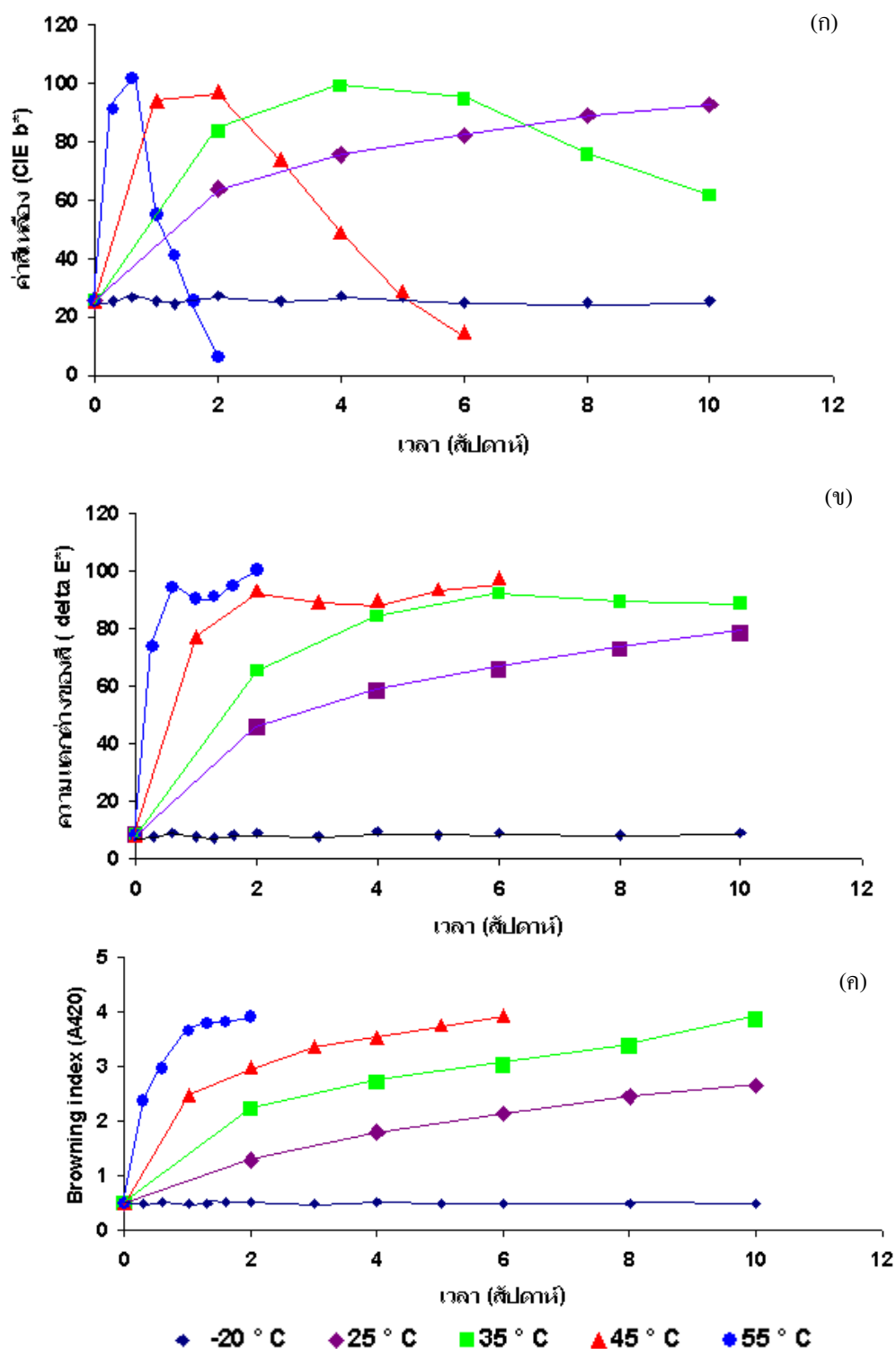


(จ)

ภาพที่ 18 ผลผลิตน้ำตาลที่ได้ออกมาหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ (ก) ตัวอย่างควบคุม - 20 องศาเซลเซียส (ข) 25 องศาเซลเซียส (ค) 35 องศาเซลเซียส ตรวจสอบทุก 2 สัปดาห์ (ง) 45 องศาเซลเซียส ทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ และ (จ) 55 องศาเซลเซียส ทุก 2 วัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์



ภาพที่ 19 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาไซรัปกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ -20 25 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส ต่อการเปลี่ยนแปลง (ก) ค่าแสงส่องผ่านที่ 670 นาโนเมตร( $T_{670}$ ) (ข) ค่าความสว่าง( $L^*$ ) และ (ค) ค่าสีแดง  $a^*$



ภาพที่ 20 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงไซร้ปกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ -20 25 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส (ก) ค่าสีในระบบ CIE  $b^*$  (ข) ค่าความแตกต่างของสี  $\Delta E^*$  และ (ค) ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตรของไซร้ปกล้วยหอมทอง

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไช้รปกล้วยหอมทองที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง-เขียว และ ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน ( $a^*$  และ  $b^*$ ) เร็วมาก ดัง โดยค่าสีแดง-เขียวแสดงในภาพที่ 19 ค เริ่มต้นจาก -4.58 เพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 1 และ 2 สัปดาห์ อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็น 45.13 และ 44.53 ตามลำดับ จากนั้นที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จะลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 23.41 ในเวลา 2 สัปดาห์ ส่วนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จะค่อยๆลดลงเหลือ 34.8 ในเวลา 6 สัปดาห์ ซึ่งต่างจากที่ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ค่าสีแดงจะค่อยๆเพิ่มขึ้นในเวลา 10 สัปดาห์มีค่า 12.27 และ 43.84 ตามลำดับ สำหรับค่าสีเหลือง แสดงในภาพที่ 20 ก นั้นมีการเปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกันแต่จะเร็วกว่าคือ เพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 4 วัน และ 1 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส 101.61 และ 93.93 ตามลำดับ จากนั้นจึงลดลงอย่างรวดเร็วต่ำสุดที่ 2 และ 6 สัปดาห์ มีค่า 6.31 และ 15.09 ตามลำดับโดยที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ค่าสีแดงจะค่อยๆเพิ่มสูงสุดที่ 4 สัปดาห์ (98.65) จึงค่อยๆลดลงเหลือ 61.49 ใน 10 สัปดาห์ ส่วนที่ 25 องศาเซลเซียส ในเวลา 10 สัปดาห์ ค่าสีเหลืองยังค่อยๆเพิ่มขึ้นถึง 12.27

ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่า  $\Delta E^*$  ซึ่งหมายถึงค่าความแตกต่างของสีตัวอย่างกับสีมาตรฐานได้จากความแตกต่างของค่าความสว่างกับค่าความเป็นสีแดง-เขียว ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินนั้นพบว่าที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่า  $\Delta E^*$  เร็วมาก โดยค่าจะเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 4 วัน และ 2 สัปดาห์ มีค่า 94.21 และ 93.56 ตามลำดับ หลังจากนั้นจะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง ส่วนที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ค่า  $\Delta E^*$  จะค่อยๆเพิ่มสูงสุดที่ 6 สัปดาห์ (92.4) แล้วจึงค่อยๆลดลงเหลือ 89.08 ในเวลา 10 สัปดาห์ และที่ 25 องศาเซลเซียสในเวลา 10 สัปดาห์ ค่า  $\Delta E^*$  ยังค่อยๆเพิ่มขึ้นมีค่า 78.61 (แสดงในภาพที่ 20 ข)

ค่าการดูดแสงที่ 420 นาโนเมตร ( $A_{420}$ ) เป็นค่าที่ใช้วัดสีที่เกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning index) (Rai *et al.*, 2004 และ Youn *et al.*, 2004) ดังแสดงในภาพที่ 20 ค จะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ารวดเร็วจากค่าเริ่มต้น 0.497 ใน 1 สัปดาห์ เพิ่มขึ้นเป็น 3.645 โดยจะเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยมีค่า 3.922 ที่ 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 45 และ 35 องศาเซลเซียส ใน 1 สัปดาห์ เพิ่มขึ้นเป็น 2.478 และ 2.221 ตามลำดับ โดยจะเพิ่มขึ้นช้าๆมีค่า 3.938 ใน 6 สัปดาห์ และ 3.852 ใน 10 สัปดาห์ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสจะมีการเปลี่ยนแปลงช้าที่สุด โดยมีค่า 2.645 ใน 10 สัปดาห์ จะเห็นได้ว่าเมื่อเก็บไว้นานขึ้นและที่อุณหภูมิสูงขึ้นค่าจะเพิ่มเร็วขึ้นตามลำดับ

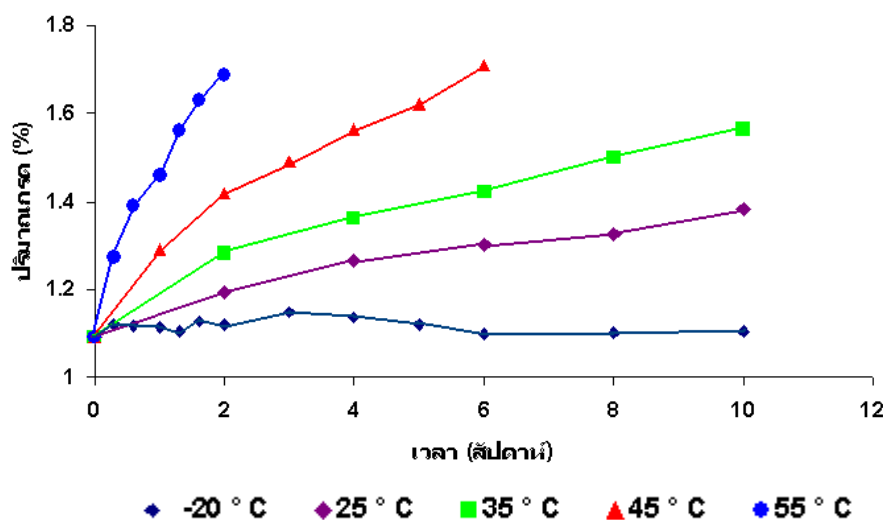
การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไชรปกล้วยหอมทองจะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีสาเหตุจากเอนไซม์เนื่องจากองค์ประกอบของไชรปกล้วยหอมทองมีน้ำตาลและโปรตีนโดยการเปลี่ยนสีเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ระหว่างหมู่คาร์บอนิลของน้ำตาลรีดิวซ์และหมู่อะมิโนของโปรตีน ซึ่งนำไปสู่การเกิดเม็ดสีน้ำตาลของเมลานอยดิน และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นและกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อีกด้วย

## 7.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

### ก. การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และการตรวจสอบปริมาณกรด

ผลการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของไชรปกล้วยหอมทองที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ มาวัดค่า ด้วยเครื่อง pH meter และไตเตรตเพื่อหาปริมาณกรด จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกับค่าทางกายภาพ คือที่อุณหภูมิสูงจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงจากค่าพีเอชเริ่มต้น 4.91 จะมีค่าลดลงเป็น 4.65 ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส (ในเวลา 2 สัปดาห์) 45 องศาเซลเซียส (ในเวลา 6 สัปดาห์) เป็น 4.65 ส่วนที่อุณหภูมิ 35 และ 25 องศาเซลเซียส (ในเวลา 10 สัปดาห์) มีค่า 4.73 และ 4.75 ตามลำดับ สำหรับปริมาณกรดทั้งหมดดังแสดงในภาพที่ 21 โดยเริ่มต้นที่ปริมาณร้อยละ 1.092 ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส (ในเวลา 2 สัปดาห์) 45 องศาเซลเซียส (ในเวลา 6 สัปดาห์) มีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น ร้อยละ 1.685 และ 1.709 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 35 และ 25 องศาเซลเซียส (ในเวลา 10 สัปดาห์) มีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.564 และ 1.388 ตามลำดับ

ปริมาณกรดที่เพิ่มมากขึ้นหลังการเก็บรักษาเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งผลของปฏิกิริยาจะมีกรดเกิดขึ้นหลายชนิดทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดสูงขึ้นและค่าพีเอชลดลง (Fennemma, 1996) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Carabasa-Giribet and Ibarz-bibos (2000) ที่พบว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดขึ้นในตัวอย่างจำลองที่ใช้กรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ เมื่อให้อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานพีเอชจะลดลง โดย Beck *et al.* (1990) อธิบายว่าปฏิกิริยาของ Amines จะเกิดเป็นสารที่ทำให้ความเป็นเบสลดลง และจากการสลายตัวของน้ำตาลเป็นกรด ซึ่ง Trifiro *et al.* (1990) ได้อธิบายว่า เกิดการรวมตัวระหว่างหมู่คาร์บอนิลของกรดอะมิโนและน้ำตาล ทำให้เกิดสถานะเป็นกรดเพิ่มขึ้น

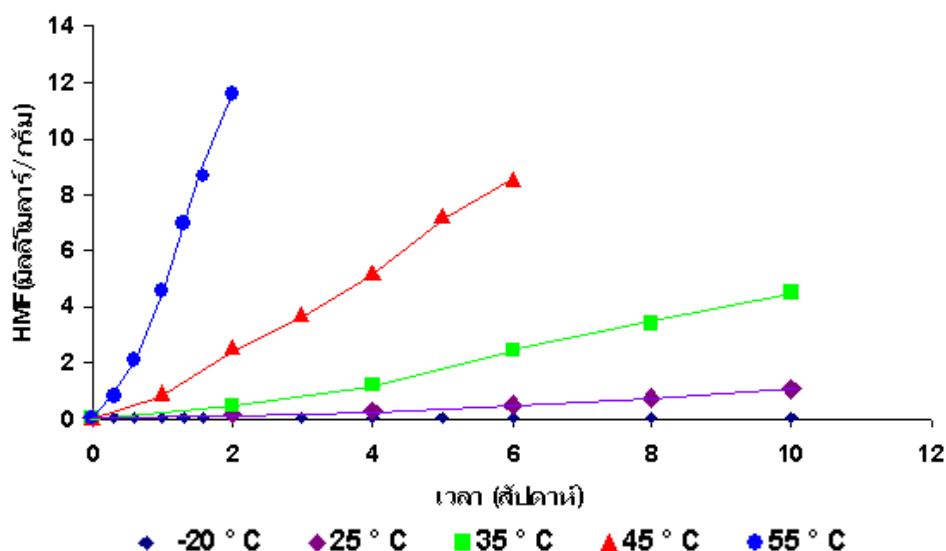


ภาพที่ 21 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไซรัปกล้วยหอมทองที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 2 ถึง 8 สัปดาห์

#### ข. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบเฟอร์ฟูรอล

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบเฟอร์ฟูรอลในรูปของ 5-ไฮดรอกซีเฟอร์เมธิลฟูรอล (HMF) ของผลิตภัณฑ์ไซรัปกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ โดยปฏิกิริยาการเกิดสี (Colorimetric reaction) ตามวิธีการของ Standefer and Eaton (1983) ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ข ปริมาณ HMF ดังแสดงในภาพที่ 22 เริ่มต้นที่ 0.06 มิลลิโมลต่อกรัม ตัวอย่างควบคุมเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีปริมาณไม่เปลี่ยนแปลงในระยะเวลาของการเก็บรักษา 10 สัปดาห์ โดยที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสหลังจากเก็บไว้ 2 สัปดาห์ จะมี HMF เพิ่มขึ้นเป็น 11.58 มิลลิโมลต่อกรัม ที่ 45 องศาเซลเซียสในเวลา 6 สัปดาห์เพิ่มขึ้นเป็น 8.547 มิลลิโมลต่อกรัม ส่วนที่อุณหภูมิ 35 และ 25 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 4.51 และ 1.13 มิลลิโมลต่อกรัม หลังจาก 10 สัปดาห์ จะเห็นได้ว่า ยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการเพิ่มของปริมาณ HMF จะเร็วมาก สอดคล้องกับการทดลองของ Lee and Nagy (1998) เมื่อเก็บน้ำเกรฟฟรุตไว้ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ปริมาณ HMF ไม่เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส ปริมาณ HMF เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีปริมาณ HMF มากกว่า 2.9 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร หลังจากเก็บไว้ 15 สัปดาห์ ส่วนที่ 50 องศาเซลเซียสมีปริมาณเพิ่มเป็น 10.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในเวลาเพียง 3 สัปดาห์ Wang *et al.* (2005) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บน้ำเกรฟฟรุตเช่นกัน

พบว่าปริมาณ HMF ที่เกิดขึ้นมีสัมพันธ์กับค่าสีน้ำตาล (Browning Index,  $A_{420}$ ) โดยพบว่าอุณหภูมิสูง 25 และ 37 องศาเซลเซียส มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำตาลทั้งหมด ซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส พิเอช HMF และค่าสีน้ำตาล

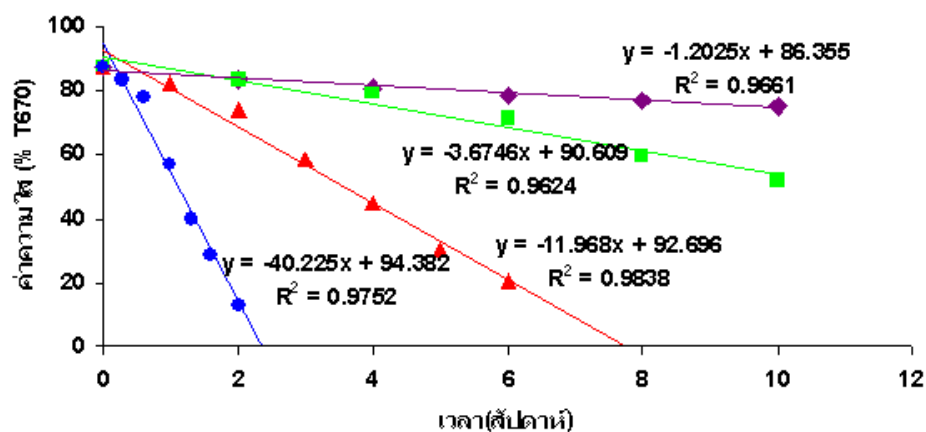


ภาพที่ 22 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไฮดรอกซีเฟอร์เมธิลฟิวรอล (HMF) ในไซร้ปลั้วหอยหอม ทองที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 2 ถึง 8 สัปดาห์

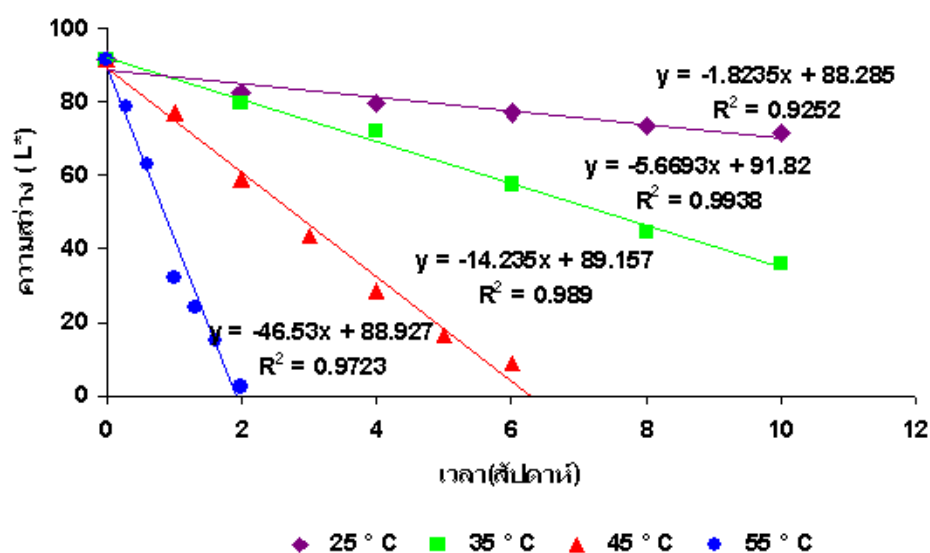
การเปลี่ยนแปลงค่าความใส ( $T_{670}$ ) ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ปริมาณ HMF และปริมาณ กรด ของไซร้ปลั้วหอยหอมทองในระหว่างการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 2 ถึง 10 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 25 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 21 และ 22 ตามลำดับ) ซึ่งค่าที่วัดได้นี้จะใช้สำหรับวิเคราะห์จำลองการเกิดสีน้ำตาลและการคาดคะเนอายุการเก็บรักษาไซร้ปลั้วหอยหอมทอง ซึ่งจุดสุดท้ายของอายุการเก็บรักษาที่ยังยอมรับได้มีค่า  $A_{420} \leq 3.124$  ค่าสีแดง ( $a^*$ )  $\leq 34.51$  และปริมาณ HMF  $\leq 2.75$  มิลลิโมลาร์ ซึ่งได้จากการทดสอบการยอมรับในคุณลักษณะด้านสีและกลิ่นของผู้บริโภค (ผลในข้อ 7.5)

ในการติดตามการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในไซร้ปลั้วหอยหอมทองระหว่างการเก็บรักษา โดยเลือกโมเดลที่เหมาะสม พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) จากการวิเคราะห์รีเกรสชันได้ค่าอัตราเร็วคงที่ ( $k$ ) จากค่าความชื้น พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความใส และความสว่าง (ภาพที่ 23 ก และ ข ตามลำดับ) การเพิ่มขึ้นของปริมาณ HMF และปริมาณกรด (ภาพที่ 24 ก และ ข ตามลำดับ) สามารถอธิบายการเกิดสีน้ำตาลว่าเป็นปฏิกิริยาระดับศูนย์โดยการวิเคราะห์รีเกรสชัน

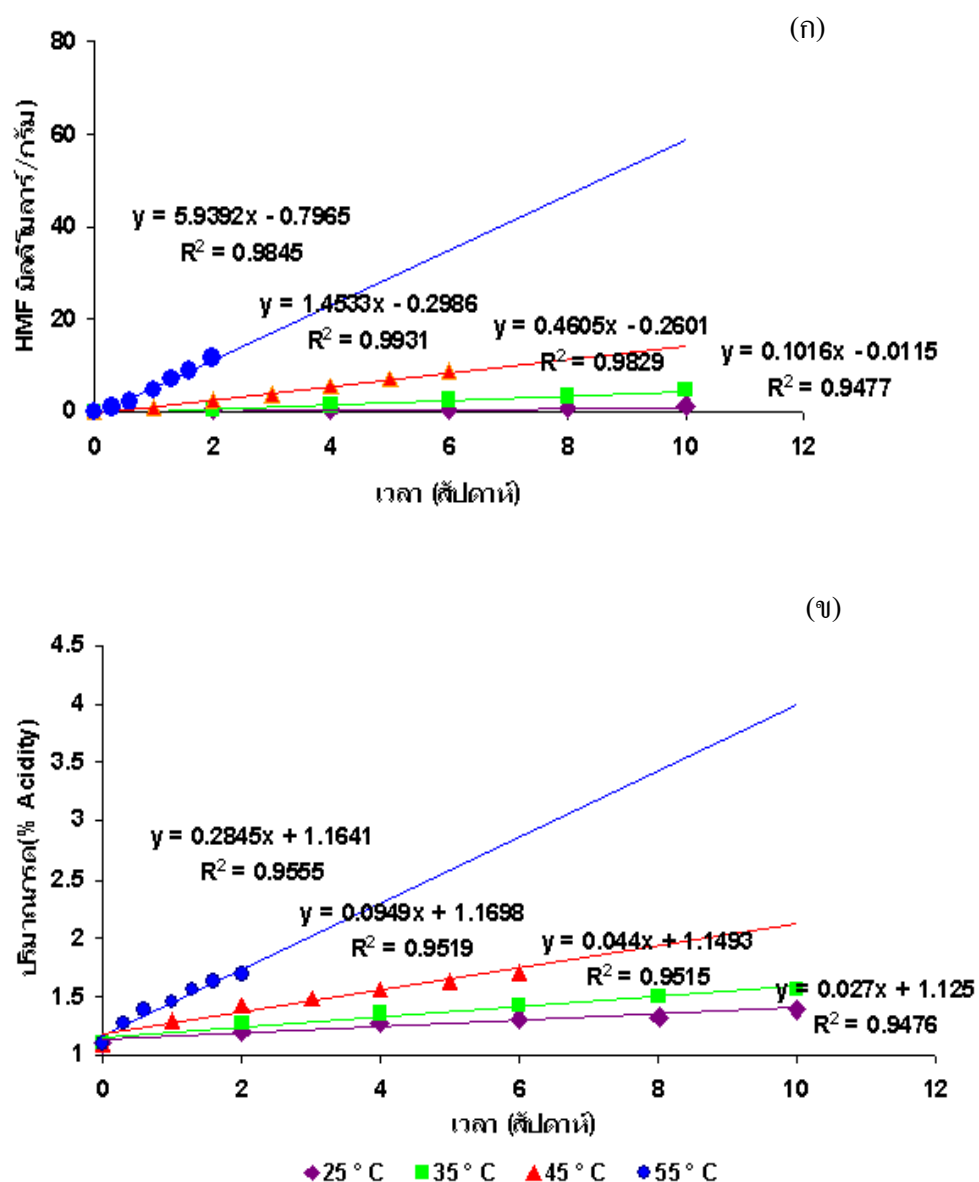
(ก)



(ข)



ภาพที่ 23 ปฏิกริยาอันดับศูนย์ของการลดค่าคุณภาพเชิงแสงของไซรัปกล้วยหอมทองที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส (ก) ค่าความใส ( $T_{670}$ ) (ข) ค่าความสว่าง ( $L^*$ )



ภาพที่ 24 ปฏิกริยาอันดับศูนย์ของการเพิ่มขึ้นของไฮดรอกซีเฟอร์เมธิลฟูรอลและกรด  
ไซรัปกล้วยหอมทองที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส (ก)  
ปริมาณไฮดรอกซีเฟอร์เมธิลฟูรอล (HMF) (ข) ปริมาณกรด

ของค่าความใส และความสว่าง ที่ระยะเวลาต่างๆจะทำให้ความสัมพันธ์ในลักษณะเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) > 0.95 จากค่าความชันของแต่ละเส้นกราฟจะแสดงการลดลงของค่าความใส ความสว่าง การเพิ่มขึ้นของปริมาณ HMF และปริมาณกรด สามารถหาค่าอัตราเร็วคงที่ของปฏิกิริยา (k) ได้จากสมการเส้นตรง (รีเกรสชัน) แสดงการเปลี่ยนแปลงของไซรัปกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาไว้ที่ ระยะเวลาต่างๆของแต่ละอุณหภูมิ จากสมการ Arrhenius สามารถคำนวณค่าพลังงานกระตุ้น ( $E_a$ ) และค่า Temperature quotients ( $Q_{10}$ ) จากสมการที่ (1) และ (2)

$$k = k_0^{-E_a/RT} \quad (1)$$

$k$  = rate constant ( $\text{week}^{-1}$ )

$k_0$  = pre-exponential factor ( $\text{week}^{-1}$ )

$E_a$  = activation energy ( $\text{kcal mol}^{-1}$ )

$R$  = gas constant ( $8.314 \text{ j mol}^{-1}$ )

$T$  = absolute temperature ( $^{\circ}\text{K}$ )

$$\ln k = -E_a/RT + \ln k_0$$

$$Q_{10} = [K_2/K_1]^{10/T_2-T_1} \quad (2)$$

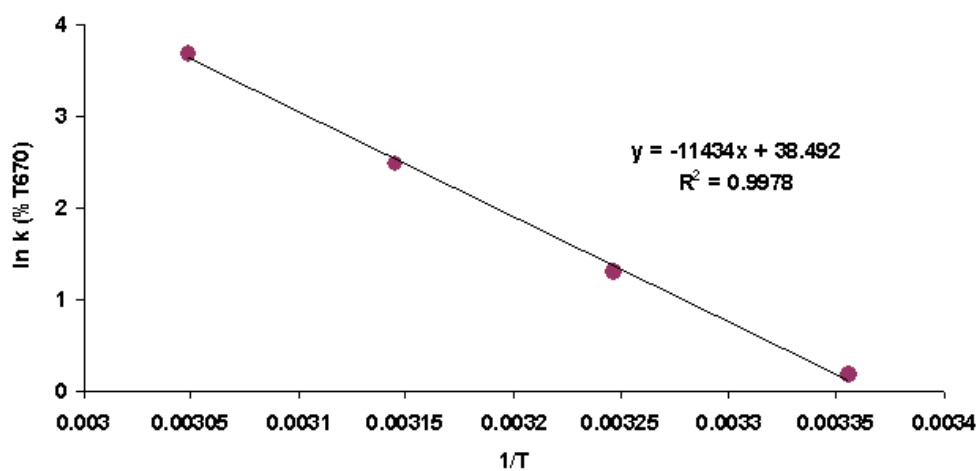
$K_1$  = rate constant at  $T_1$

$K_2$  = rate constant at  $T_2$

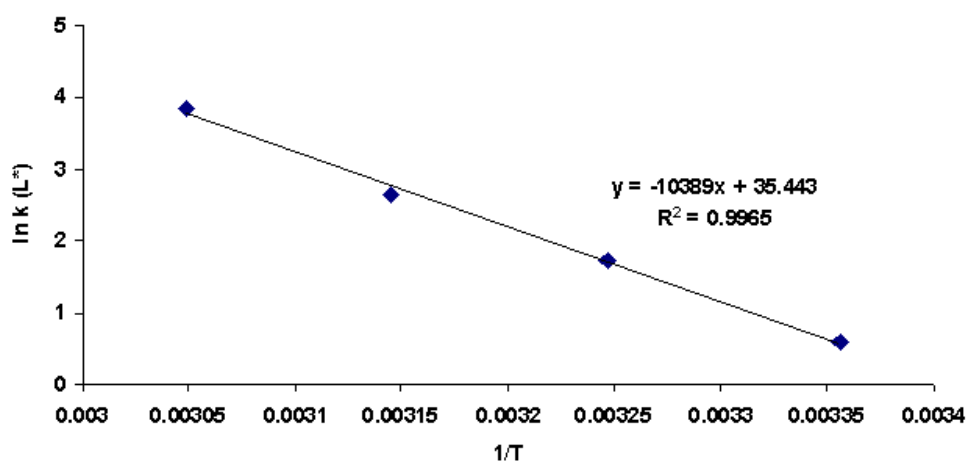
$T_1, T_2$  = absolute temperature ( $^{\circ}\text{K}$ )

จากกราฟระหว่างค่าลอการิทึมของค่าอัตราเร็วคงที่ ( $\ln k$ ) และส่วนกลับของอุณหภูมิ ( $1/T$ ) (องศาเคลวิน) จะสามารถหาค่าความชันได้เท่ากับ  $E_a/R$  แล้วนำมาคำนวณหาค่าพลังงานกระตุ้น ( $E_a$ ) ที่อุณหภูมิต่างๆได้ จากค่าความชันจะเห็นว่าความใส และความสว่าง ลดลงระยะตามเวลา (ภาพที่ 25 ก และ ข) โดยปริมาณ HMF และปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา (ภาพที่ 26 ก และ ข) การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นนั้น สามารถอธิบายได้จากค่าพลังงานกระตุ้นและค่า  $Q_{10}$  ของความใส ความสว่าง ปริมาณ HMF และปริมาณกรด โดยจะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส อัตราการเปลี่ยนแปลงจะเกิดเร็วกว่าที่ 45 35 และ 25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากค่าพลังงานกระตุ้น (ตารางที่ 47) จะเห็นได้ว่าปริมาณกรดมีค่าพลังงานกระตุ้น ( $15.13 \text{ kcal mol}^{-1}$ ) ซึ่งมีค่าต่ำสุด แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงง่ายที่สุด เนื่องจากในการเกิดปฏิกิริยาจะใช้ค่า

(ก)

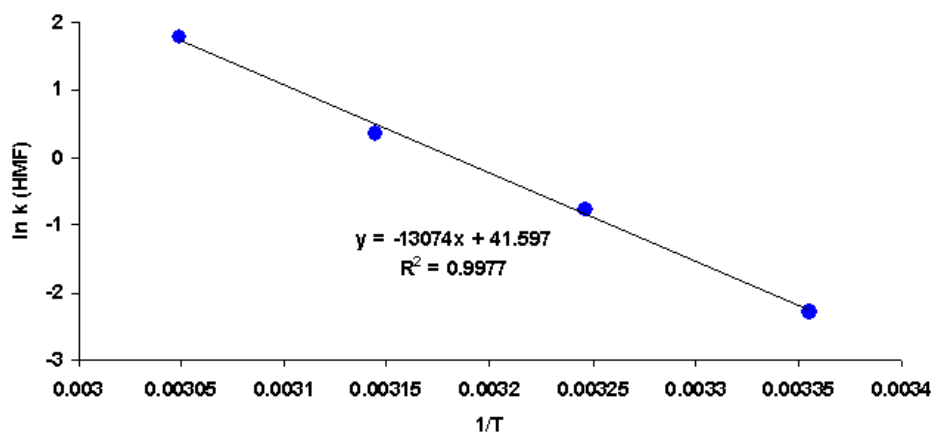


(ข)

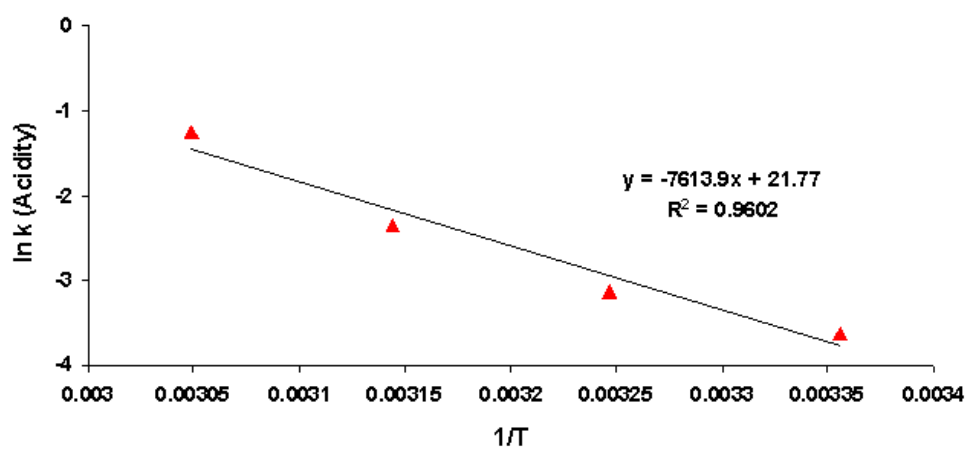


ภาพที่ 25 Arrhenius plot ของค่าคุณภาพเชิงแสงของไชรูปกล้วยหอมทองที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส(ก) ค่าความใส ( $T_{670}$ ) (ข) ค่าความสว่าง ( $L^*$ )

(ก)



(ข)



ภาพที่ 26 Arrhenius plot ของค่าคุณภาพเชิงแสงของไซรัปกล้วยหอมทองที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส (ก) ปริมาณไฮดรอกซีเฟอร์เมธิลฟูโรล (HMF) และ (ข) ค่าความเป็นกรด (Acidity)

พลังงานกระตุ้นน้อยที่สุด ถัดมาคือค่าความสว่าง ความใส และปริมาณ HMF (20.64, 22.17 และ 25.89 ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Saenz *et al.* (1993) ที่ค่าพลังงานกระตุ้นของค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ในน้ำแครอทเข้มข้นมีค่าระหว่าง 6.67- 28.99 kcal mol<sup>-1</sup> และจากผลของการทดลอง Ibarz *et al.* (1999) ค่าพลังงานกระตุ้นของค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ในเนื้อแพร์บด มีค่า 18.3 kcal mol<sup>-1</sup>

เมื่อพิจารณาความไวของการเปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจากค่า  $Q_{10}$  ซึ่งเป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาเกิดได้เร็วที่อุณหภูมินั้นๆมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำลงมา 10 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงแสดงอัตราการเปลี่ยนอัตราเร็วของอุณหภูมิที่สูงขึ้นไป 10 องศาเซลเซียส (Robertson, 1993) การเพิ่มอุณหภูมิทำให้อัตราเร็วของการเกิดสีน้ำตาลเร็วขึ้น จะเห็นได้ว่าปริมาณ HMF มีอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมากที่สุด 3.16-4.5 ถัดมาคือ ค่าความใสและค่าความสว่าง (3.06-3.36 และ 2.51-3.27 ตามลำดับ) โดยการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดจะมีความไวของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้อยที่สุด (1.63-3.0) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ Bostan and Boyacioglu (1997) ในแบบจำลอง glucose syrup ของ จะเห็นว่า อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นจาก 2 เป็น 3 เท่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะในอาหารที่มี fructose อาจมีอัตราเพิ่มขึ้นจาก 5 เป็น 10 เท่า ที่ทุก 10 องศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น ถ้าความเข้มข้นของน้ำตาลสูงขึ้นอัตราการเปลี่ยนแปลงยิ่งเร็วขึ้นตามลำดับ (DeMan, 1990) ซึ่ง Hanover (1982) รายงานไว้ว่าอัตราการเกิดสีน้ำตาลในอาหารที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ โดยมีค่า  $Q_{10}$  เท่ากับ 2 ถึง 3 ซึ่งจะเห็นว่าสอดคล้องกับการทดลองนี้  $Q_{10}$  มีค่าเท่ากับ 1.6-4.53 เท่า มีการเพิ่มเร็วมากขึ้นที่อุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส ในตารางที่ 47 เช่นเดียว กับผลการทดลองของ Bostan ที่อุณหภูมิสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส (45-55 องศาเซลเซียส) อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะมีค่าสูงขึ้น 1.4 - 2.5 เท่า เป็นที่รู้กันว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะเกิดเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Balies, 1982) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสี (Pettrella *et al.*, 1985) และทำให้อายุการเก็บรักษาลดลง จากผลการศึกษาของ Bostan and Boyacioglu (1997) พบว่า glucose syrup มีค่าพีเอช 5.0 ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษา 11.5 สัปดาห์ โดยที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษามากขึ้นคือ 17.3 สัปดาห์ ซึ่งชนิดและความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Bostan and Boyacioglu, 1997)

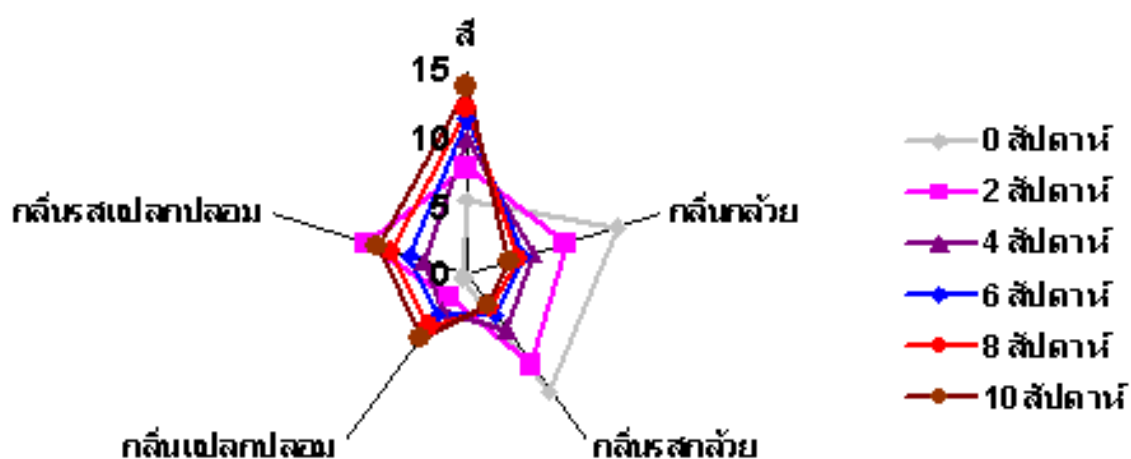
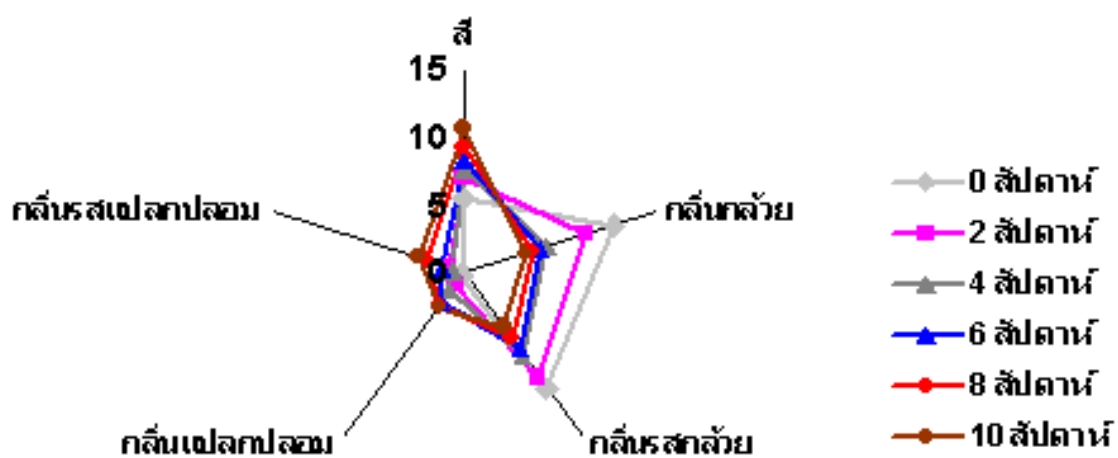
ตารางที่ 47 จลนศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความใส (ร้อยละ  $T_{670}$ ) ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ปริมาณ HMF และปริมาณกรด ในไซรัปกล้วยหอมทอง\*

| ค่าปัจจัย               | อุณหภูมิ<br>(°C) | - ln k           | Ea<br>(kcal mol <sup>-1</sup> ) | Q <sub>10</sub> |         |         |
|-------------------------|------------------|------------------|---------------------------------|-----------------|---------|---------|
|                         |                  |                  |                                 | 25-35°C         | 35-45°C | 45-55°C |
| ความใส<br>( $T_{670}$ ) | 25               | 0.1844 (0.9660)  | 22.12                           | 3.056           | 3.056   | 3.361   |
|                         | 35               | 1.3014 (0.9624)  | (0.9965)                        |                 |         |         |
|                         | 45               | 2.4822 (0.9838)  |                                 |                 |         |         |
|                         | 55               | 3.6945 (0.9752)  |                                 |                 |         |         |
| ความสว่าง<br>( $L^*$ )  | 25               | 0.6008 (0.9252)  | 20.64                           | 3.109           | 2.511   | 3.269   |
|                         | 35               | 1.7351 (0.9938)  | (0.9978)                        |                 |         |         |
|                         | 45               | 2.6557 (0.9890)  |                                 |                 |         |         |
|                         | 55               | 3.8401 (0.9723)  |                                 |                 |         |         |
| HMF<br>(mmol/g)         | 25               | -2.2867 (0.9477) | 25.98                           | 4.532           | 3.156   | 4.118   |
|                         | 35               | -0.7754 (0.9829) | (0.9977)                        |                 |         |         |
|                         | 45               | -0.3738 (0.9931) |                                 |                 |         |         |
|                         | 55               | -1.7892 (0.9845) |                                 |                 |         |         |
| ปริมาณ<br>กรด (%)       | 25               | -3.6119 (0.9476) | 15.13                           | 1.630           | 2.157   | 2.998   |
|                         | 35               | -3.1236 (0.9515) | (0.9602)                        |                 |         |         |
|                         | 45               | -2.3549 (0.9519) |                                 |                 |         |         |
|                         | 55               | -1.257 (0.9555)  |                                 |                 |         |         |

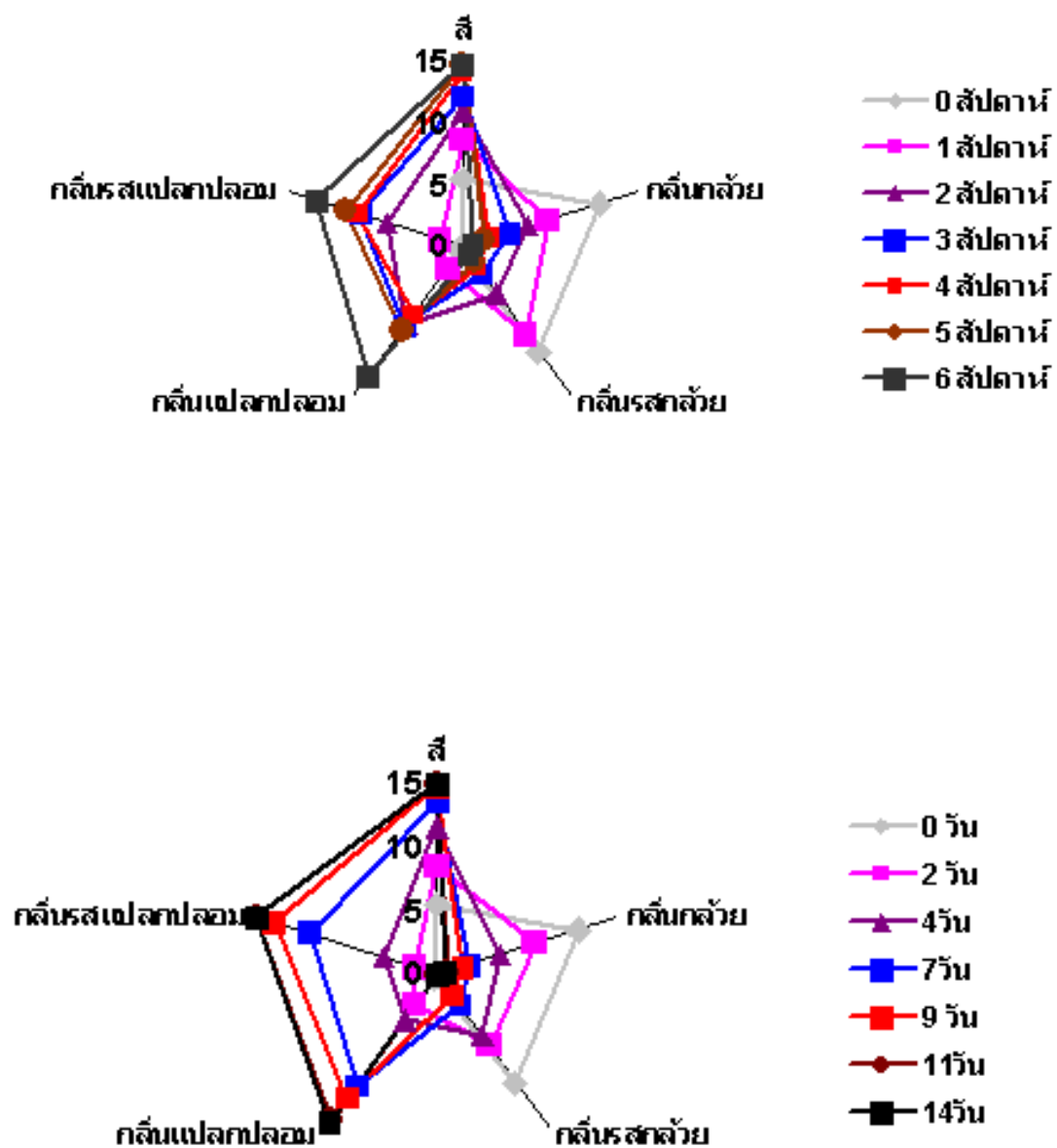
หมายเหตุ \* ตัวเลขในวงเล็บเป็นค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ )

### 7.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบเชิงพรรณนา (Descriptive analysis) โดยการให้คะแนนความเข้มในลักษณะผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วย สี กลิ่นกล้วย กลิ่นรสกล้วย กลิ่นแปลกปลอม กลิ่นรสแปลกปลอม โดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน (Trained Panels) จำนวน 7 คน ทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม นำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (แสดงผลในตารางผนวกที่ 4 ถึง 6) พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้มีคุณสมบัติแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยค่าสี มีความแตกต่าง ในเวลา 6, 4, 1 สัปดาห์ และ 2 วัน ที่อุณหภูมิ 25 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนกลิ่นกล้วยผู้ทดสอบพบความแตกต่างในเวลา 4, 4, 1 สัปดาห์ และ 4 วัน ที่อุณหภูมิ 25 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับโดยกลิ่นรสกล้วยพบความแตกต่างในเวลา 4, 4, 2 สัปดาห์ และ 2 วัน ที่อุณหภูมิ 25 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยผู้ทดสอบพบความแตกต่างของกลิ่นแปลกปลอมในเวลา 6, 4, 1 สัปดาห์ และ 2 วัน ที่อุณหภูมิ 25 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และพบความแตกต่างของกลิ่นรสแปลกปลอมในเวลา 8, 4, 2 สัปดาห์ และ 4 วัน ที่อุณหภูมิ 25 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จึงถือว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลง จะเห็นได้จากกราฟไขแมงมุมภาพที่ 23 และ 24 โดยที่อุณหภูมิสูงจะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ซึ่งค่าสี กลิ่นแปลกปลอมและกลิ่นรสแปลกปลอมจะเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณกลิ่นกล้วย และ กลิ่นรสกล้วยจะลดลงตามลำดับ มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันที่ทุกอุณหภูมิ



ภาพที่ 27 กราฟไบบางมุมของคะแนนความเข้มข้นกลิ่นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบ  
เชิงพรรณนาของไซร้ปลูกกล้วยหอมที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา  
2 ถึง 10 สัปดาห์



ภาพที่ 28 กราฟใยแมงมุมของคะแนนความเข้มเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบ  
เชิงพรรณนาของไชรูปกล้วยหอมที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ถึง 6  
สัปดาห์ และ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน ถึง 14 วัน

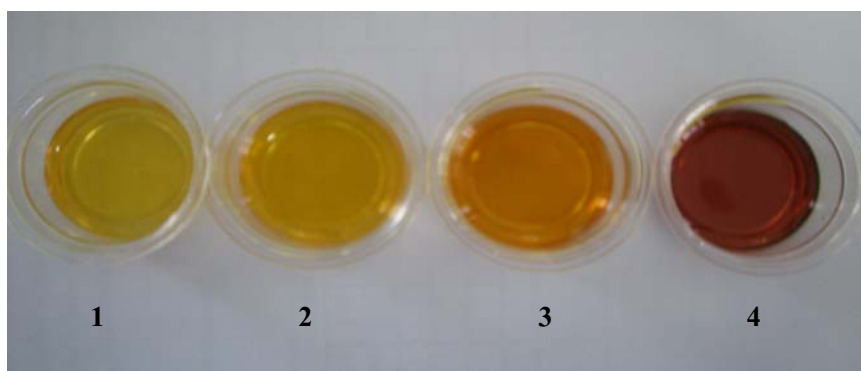
จากการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไช้รปกล้วยหอมที่เก็บในอุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 สัปดาห์ 45 และ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 และ 2 สัปดาห์ตามลำดับ พบว่า การเก็บไช้รปกล้วยหอมในทั้ง 4 สภาวะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เปลี่ยนแปลง โดยพบอยู่ในช่วง  $2.5 \times 10^2$  ถึง  $7.0 \times 10^3$  โคโลนีต่อกรัม ส่วนปริมาณยีสต์และราพบน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัมในทั้ง 4 สภาวะ (ตารางที่ 48)

ตารางที่ 48 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของไช้รปกล้วยหอมที่เก็บในอุณหภูมิ 25 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส

| ครั้งที่ | จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม) |                   |                   |                   | ยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม) |       |       |       |
|----------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|-------|-------|-------|
|          | 25 °ซ                             | 35 °ซ             | 45 °ซ             | 55 °ซ             | 25 °ซ                      | 35 °ซ | 45 °ซ | 55 °ซ |
| 0        | $5.0 \times 10^3$                 | $3.0 \times 10^3$ | $5.0 \times 10^3$ | $2.0 \times 10^3$ | < 10                       | < 10  | < 10  | < 10  |
| 1        | $7.0 \times 10^3$                 | $3.0 \times 10^3$ | $4.0 \times 10^2$ | $9.0 \times 10^2$ | < 10                       | < 10  | < 10  | < 10  |
| 3        | $2.6 \times 10^3$                 | $1.6 \times 10^3$ | $7.5 \times 10^2$ | $1.4 \times 10^3$ | < 10                       | < 10  | < 10  | < 10  |
| 4        | $2.1 \times 10^3$                 | $3.1 \times 10^3$ | $4.1 \times 10^3$ | $2.5 \times 10^2$ | < 10                       | < 10  | < 10  | < 10  |
| 6        | $2.5 \times 10^2$                 | $3.5 \times 10^2$ | $7.0 \times 10^3$ | $9.5 \times 10^2$ | < 10                       | < 10  | < 10  | < 10  |
| 7        | $4.6 \times 10^3$                 | $1.6 \times 10^3$ | $2.0 \times 10^2$ | $8.5 \times 10^2$ | < 10                       | < 10  | < 10  | < 10  |

#### 7.5 ผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ไช้รปหลังการเก็บรักษา

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการประเมินค่าทางประสาทสัมผัส ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ไช้รปกล้วยหอมทองที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสทำให้มีระดับของความเข้มของสีและกลิ่นต่างกัน (แสดงในภาพที่ 29) โดยมีค่าปัจจัยคุณภาพจากการวัดค่าสีและการวิเคราะห์ค่าเคมี ในตารางที่ 49 โดยตัวอย่างที่ 1 ถึง 4 พบว่าค่าสีที่เป็นดัชนีชี้การเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของค่าการดูดแสงที่ 420 นาโนเมตร ( $A_{420}$ ) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1.178, 1.667, 2.84 และ 23.83 ตามลำดับ ค่าสีในระบบ CIE  $a^*$  (สีแดง) มีค่าเพิ่มขึ้นในทำนองเดียวกันคือ -1.63, 2.75, 15.91 และ 48.63 ตามลำดับ และปริมาณ 5-ไฮดรอกซีเฟอร์เมธิลฟูโรล (HMF) เพิ่มขึ้นจาก 0.20 ,0.39, 1.25 และ 4.78 มิลลิโมลาร์ต่อกรัมตามลำดับ โดยให้ผู้บริโภคเลือกตัวอย่างที่ยอมรับในลักษณะสีและกลิ่นแปลกปลอม แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก โดยใช้ผู้บริโภคเป้าหมายทดสอบจำนวน 50 คน



ภาพที่ 29 ตัวอย่างข้าวที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (1) 5 วัน (2) 2 (3) 6 และ (4) 10 สัปดาห์ มีลักษณะปรากฏที่แตกต่างกันเพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ตารางที่ 49 ค่าปัจจัยคุณภาพของตัวอย่างข้าวที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (1) 5 วัน (2) 2 , (3) 6 และ (4) 10 สัปดาห์

| ค่าปัจจัย                                   | ตัวอย่าง |       |       |       |
|---------------------------------------------|----------|-------|-------|-------|
|                                             | 1        | 2     | 3     | 4     |
| Browning index                              | 1.178    | 1.667 | 3.124 | 3.833 |
| ค่าสีแดง (a*)                               | -1.63    | 2.75  | 34.51 | 48.63 |
| Hydroxymethyl furfural (มิลลิโมลาร์ต่อกรัม) | 0.20     | 0.39  | 2.75  | 4.78  |

ตารางที่ 50 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคตัวอย่างข้าวที่เก็บรักษา

| ค่าปัจจัย | การยอมรับ (ร้อยละ) |     |      |      |
|-----------|--------------------|-----|------|------|
|           | 1                  | 2   | 3    | 4    |
| สี        | 100                | 100 | 96   | 4    |
| กลิ่น     | 100                | 100 | 85.7 | 14.3 |

เมื่อนำผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ไชรปกล้วยหอมทองหลังการเก็บรักษา(ตารางที่ 50) โดยการพิจารณาร่วมกับค่าปัจจัยคุณภาพของไชรป (ตารางที่ 49) พบว่าตัวอย่างที่ 4 ซึ่งผู้บริโภคเกือบทั้งหมดไม่ยอมรับนั้นมีค่า browning index 3.833 ค่าสีแดง ( $a^*$ ) 40.51 และ HMF 3.303 มิลลิโมลาร์ต่อกรัมตามลำดับ ดังนั้นในการพิจารณาให้ผู้บริโภคยอมรับ ต้องมีค่าปัจจัยทั้งหมดไม่เกินระดับตัวอย่างที่ 3 ได้แก่ ค่า  $A_{420} \leq 3.124$  ค่าสีแดง ( $a^*$ )  $\leq 34.51$  HMF  $\leq 2.75$  มิลลิโมลาร์ต่อกรัม นำค่าเหล่านี้มาใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจการเก็บรักษาพบว่าที่อุณหภูมิ 55 มีอายุการเก็บรักษา 4 วัน โดยที่ 45 และ 35 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษา 2 และ 6 สัปดาห์ตามลำดับ นำค่าที่ได้มาคำนวณอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆโดยใช้สมการ  $Q_{10}$

## 7.6 การทำนายอายุการเก็บรักษาไชรปกล้วยหอมทอง

การทำนายอายุการเก็บรักษาไชรปกล้วยหอมทองสามารถคำนวณได้ดัง ดังแสดงในภาคผนวก ค. ไชรปกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียสที่ได้จากการทดลอง มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 42 วัน และ 14 วัน ตามลำดับ จากการคำนวณสรุปได้ว่าเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไชรปกล้วยหอมที่อุณหภูมิห้อง (28 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บรักษาได้นาน 58 วัน หรือ 8 สัปดาห์ ส่วนการทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สรุปได้ว่าสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไชรปกล้วยหอมได้นาน 125 วัน หรือ 4 เดือน

เนื่องจากไชรปกล้วยหอมทองมีลักษณะและคุณสมบัติใกล้เคียงน้ำผึ้ง คือมีปริมาณน้ำตาลสูง โดยเฉพาะน้ำตาลที่มี 6 คาร์บอน (กลูโคสและฟรุคโตส) มีพีเอชต่ำ (4.91) มีกรดอินทรีย์และมีน้ำน้อย (ร้อยละ 21) เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเกิด HMF ซึ่งเป็นสารอัลดีไฮด์ที่เกิดจากน้ำตาล 6 คาร์บอนที่ถูกดึงน้ำออกไป (Dehydration) ในสภาวะที่เป็นกรดหรือเป็นผลจากปฏิกิริยาเมลาร์ดซึ่งมีผลทำให้คุณค่าทางโภชนาการลดลง สีของน้ำผลไม้เข้มข้นในลักษณะเดียวกับน้ำผึ้ง (Kalabova *et al.*, 2003)

การที่ไชรปกล้วยหอมทองเกิดปฏิกิริยาเมลาร์ดนั้นแสดงว่ามีกรดอะมิโนหรือโปรตีนอยู่ โดยจะทำปฏิกิริยากับน้ำตาล ทำให้สีเข้มขึ้น ในทำนองเดียวกันกับน้ำผึ้งธรรมชาติที่มีน้ำตาลเข้มข้นจัดเป็นน้ำผึ้งที่มีคุณภาพสูงกว่าน้ำผึ้งสีอ่อน แสดงว่าน้ำผึ้งนั้นน่าจะมีกรดอะมิโนหรือโปรตีนจึงทำปฏิกิริยากับน้ำตาล จึงทำให้น้ำผึ้งที่มีกรดอะมิโนหรือโปรตีนอยู่มียุทธค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น มีราคาสูง (Zappala *et al.*, 2005; Wunderlin *et al.*, 1998, Nozal *et al.*, 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณ HMF ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำผึ้ง ซึ่งส่วนใหญ่จะไม่พบในน้ำผึ้งที่ผลิตใหม่ๆ โดย HMF จะเกิดขึ้นในการระหว่างการเก็บรักษา จากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโน ทำให้เกิดการคั่งน้ำออกไปจากน้ำตาล (Berlitz and Grosch, 1999) และจะมีผลต่อคุณสมบัติของน้ำผึ้ง โดยสภาวะที่มีผลต่ออัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาได้แก่ อุณหภูมิและระยะเวลาในการผลิต และการเก็บรักษา พีเอช และปริมาณกรด (total acidity) องค์ประกอบของน้ำผึ้ง เช่นปริมาณแร่ธาตุ (Singh and Bath, 1997, Fallico *et al.*, 2004)

HMF เป็นสารก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutagenic activity substance) ซึ่งยังไม่มี การยืนยันว่าอาจจะมีผลเป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxic) ยีนส์ (genotoxic) เป็นก่อให้เกิดมะเร็ง (carcinogenic effect) ซึ่ง อย่างไรก็ตามเนื่องจาก HMF เป็นสารที่ไวต่อปฏิกิริยา ทำให้คุณค่าทางอาหารของน้ำผึ้งลดลงได้ โดยการเข้าทำลายโครงสร้างของสารที่ไม่เสถียรและทำให้สีของอาหารเข้มขึ้น (Surh *et al.*, 1994, Kubis and Ingr *et al.*, 1998, Janzowski *et al.*, 2000) จึงได้มีการจำกัดปริมาณ HMF ในน้ำผึ้ง โดย Codex ได้กำหนดว่าน้ำผึ้งหลังจากผ่านกระบวนการผลิตจะต้องมีปริมาณ HMF ไม่เกิน 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วน สหภาพยุโรป (EU) กำหนดปริมาณ HMF ไว้ไม่เกิน 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ถ้าเป็นน้ำผึ้งในเขตร้อนจะมีปริมาณไม่เกิน 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือ 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในน้ำผึ้งที่มีปริมาณเอนไซม์ต่ำ (Kalobova *et al.*, 2003, Zappala *et al.* 2005) สำหรับประเทศไทย ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 211) พ.ศ. 2543 กำหนดว่า ในน้ำผึ้งจะมีปริมาณ HMF ได้ไม่เกิน 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นจากผลการตรวจสอบปริมาณ HMF ในไขรับกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาไว้จะเห็นได้ว่า HMF จะเพิ่มปริมาณ เร็วมากที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส ปริมาณ HMF จะเกิน 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในเวลาไม่ถึง 1 สัปดาห์ และ 2 วัน ตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาเพียง 6 และ 2 สัปดาห์ ตามลำดับ (ตารางที่ 51) ดังนั้นถ้าพิจารณาจากปริมาณ HMF จะเห็นว่าไม่ควรเก็บไขรับกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนถึง ร้อยละ 1.95 และกรดอะมิโนอิสระร้อยละ 1.17 รวมทั้งมีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส และกลูโคสสูง (ร้อยละ 34) (ตารางที่ 44 และ 45) ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นจึงต้องหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาไขรับ ซึ่งจากผลการตรวจสอบพบว่า น้ำผึ้งก็มีปัญหาในการเก็บรักษาเช่นกัน เนื่องจากจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ เกิดการหมัก (fermentation) การเกิดผลึก มีสีเข้มขึ้น รสชาติเปลี่ยน เอนไซม์เสียสภาพธรรมชาติ และเกิด HMF (White, 1978) การเก็บน้ำผึ้งเป็นเวลา 1 ปี ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียสปริมาณ HMF ไม่เปลี่ยนแปลง ขณะที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ปริมาณ HMF จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในน้ำผึ้งชนิดต่างๆ ซึ่งแม้ว่าจะไม่เกินจากข้อกำหนด

(40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Kubis and Ingr, 1998) ดังนั้นการเก็บไช้รปกล้วยหอมทองเพื่อช่วยรักษาคุณสมบัติได้ดีที่สุดคือ 4-7 องศาเซลเซียส

จากผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงของไช้รปกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส เพื่อกำหนดอายุการเก็บรักษาสรุปได้ดังตารางที่ 51 ค่าจากการทดสอบผู้บริโภคและกำหนดอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสได้นาน 4 เดือน (แสดงในภาคผนวก ก.) แต่จากผลการตรวจสอบปริมาณ HMF ในไช้รปกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาไว้จะเห็นได้ว่า HMF จะเพิ่มปริมาณเร็วมากที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส ปริมาณ HMF จะเกิน 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในเวลาไม่ถึง 1 สัปดาห์ และ 2 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 51) โดยที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาเพียง 6 และ 2 สัปดาห์ ตามลำดับ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 211) พ.ศ. 2543 กำหนดว่าในน้ำผึ้งจะมีปริมาณ HMF ได้ไม่เกิน 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ดังนั้นจึงแนะนำให้เก็บไช้รปกล้วยหอมทองไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น

**ตารางที่ 51** อายุการเก็บรักษาไช้รปกล้วยหอมทองจากปริมาณ HMF ที่เพิ่มขึ้นและการทดสอบผู้บริโภค

| การทดสอบ            | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) |           |            |       |
|---------------------|-------------------------|-----------|------------|-------|
|                     | 25                      | 35        | 45         | 55    |
| HMF (< 80 มก./ กก.) | 6 สัปดาห์               | 2 สัปดาห์ | <1 สัปดาห์ | 2 วัน |
| ผู้บริโภค           | 4 เดือน*                | 6 สัปดาห์ | 2 สัปดาห์  | 4 วัน |

หมายเหตุ\* เป็นค่าที่คำนวณจาก  $Q_{10}$

## 8. ผลการยอมรับของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ไชร็ปกล้วยหอมทอง

ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ไชร็ปกล้วยหอมทองโดยวิธี Home Use Test (HUT) ทดสอบกับผู้บริโภคทั่วไปที่มีการบริโภคน้ำผึ้ง จำนวน 50 คน และให้ทดสอบผลิตภัณฑ์ที่บ้านเป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์

การแบ่งกลุ่มผู้บริโภคตามลักษณะทางประชากรศาสตร์และความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม (ตารางที่ 52) พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 70 มีอายุอยู่ในช่วง 35-44 ปี เป็นส่วนใหญ่ ร้อยละ 40 รองลงมาคืออายุระหว่าง 45-54 ปี และ 55-64 ปี คิดเป็นร้อยละ 22 และ 20 ตามลำดับ มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,001 บาทขึ้นไป ร้อยละ 56 และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,000-16,000 บาท ร้อยละ 26 และผู้บริโภคส่วนใหญ่มีการศึกษาอยู่ในระดับสูงกว่าปริญญาตรี และปริญญาตรี ร้อยละ 50 และ 40 ตามลำดับ

ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นในเรื่อง การนำผลิตภัณฑ์ไชร็ปกล้วยหอมทองไปรับประทานกับขนมปัง ร้อยละ 27.6 รองลงมาคือแพนเค้ก และ น้ามะนาว ร้อยละ 9.5 และ 8.6 ตามลำดับ (ตารางที่ 53) ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจข้อมูลผู้บริโภคที่พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ (ร้อยละ 26.8) มีความเห็นว่าควรใช้ไชร็ปกล้วยหอมทองแทนแยม (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 52 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์  
ไชรปกล้วยหอมทองด้วยวิธี Home Use Test (HUT)

|                                   |                           | N=50   |
|-----------------------------------|---------------------------|--------|
| ลักษณะทางประชากรศาสตร์            |                           | ร้อยละ |
| เพศ                               | หญิง                      | 70     |
|                                   | ชาย                       | 30     |
| อายุ                              | 35-44 ปี                  | 40     |
|                                   | 45-54 ปี                  | 22     |
|                                   | 55-64 ปี                  | 20     |
|                                   | 25-34 ปี                  | 18     |
|                                   | 65 ปีขึ้นไป               | 0      |
| รายได้เฉลี่ยต่อเดือน              | 20,001 บาทขึ้นไป          | 56     |
|                                   | 10,000-16,000 บาท         | 26     |
|                                   | 16,001-22,000 บาท         | 18     |
| การศึกษา                          | สูงกว่าปริญญาตรี          | 50     |
|                                   | ปริญญาตรี                 | 40     |
|                                   | ต่ำกว่าปริญญาตรี          | 10     |
| อาชีพ                             | รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ     | 64     |
|                                   | พนักงานบริษัท             | 18     |
|                                   | กิจการส่วนตัว             | 6      |
|                                   | นักเรียน/นักศึกษา         | 8      |
|                                   | แม่บ้าน                   | 2      |
| ความถี่ในการบริโภคน้ำผึ้งหรือไชรป | ลูกจ้าง                   | 2      |
|                                   | มากกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ | 30     |
|                                   | 2 สัปดาห์ต่อครั้ง         | 20     |
|                                   | เดือนละครั้ง              | 18     |
|                                   | 2 เดือนต่อครั้ง           | 2      |
|                                   | นานๆ ครั้ง                | 26     |
|                                   | ไม่แน่นอน                 | 4      |

ตารางที่ 53 ชนิดผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคใช้รับประทานกับใช้ปกกล้วยหอมทอง

N=50

| ชนิดผลิตภัณฑ์    | ร้อยละ |
|------------------|--------|
| ขนมปัง           | 27.6   |
| แพนเค้ก          | 9.5    |
| น้ำมะนาว         | 8.6    |
| แคร็กเกอร์       | 7.6    |
| วaffles          | 6.7    |
| กาแฟ             | 6.7    |
| ไอศกรีม          | 5.7    |
| น้ำชา            | 5.7    |
| น้ำเปล่า         | 5.7    |
| โยเกิร์ต         | 4.8    |
| เครื่องดื่มอื่นๆ | 3.8    |
| น้ำเปล่า         | 3.8    |
| ซีเรียล          | 2.9    |
| กล้วยหอมทอด      | 0.9    |

หมายเหตุ ตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ

ผู้บริโภครู้สึกชอบผลิตภัณฑ์ใช้บริโภคเป็นร้อยละ 90 (ตารางที่ 54) เมื่อสอบถามถึงความเหมาะสมเมื่อนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบผู้บริโภคมีความเห็นว่าเหมาะสมเป็นส่วนใหญ่ร้อยละ 88 โดยให้เหตุผลว่า มีกลิ่นหอม รสชาติดี และเพราะชอบกล้วย (ร้อยละ 25.7, 21.4 และ 17.1 ตามลำดับ) ส่วนอีกร้อยละ 10 ที่เห็นว่าไม่เหมาะสมนั้น เนื่องจากไม่ชอบกล้วย ไม่ชอบกลิ่นแรง และเพราะรสเปรี้ยว สอดคล้องกับผลการสำรวจข้อมูลผู้บริโภคที่พบว่า กลุ่มตัวอย่าง สนใจใช้บริโภคกล้วยหอมทองเพราะรสชาติดี (ร้อยละ 12.8) (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 54 ความรู้สึกที่ผู้บริโภคมีต่อผลิตภัณฑ์ไชรูปกล้วยหอมทอง

N=50

| ความรู้สึก          | ร้อยละ |
|---------------------|--------|
| ชอบ                 | 90     |
| เพราะ - กลิ่นหอม    | 25.7   |
| - รสชาติดี          | 21.4   |
| - ชอบกล้วย          | 17.1   |
| - กล้วยน้ำผึ้ง      | 6.4    |
| - แปลกใหม่          | 6.4    |
| - มีประโยชน์        | 4.32   |
| - ชอบ หวานอมเปรี้ยว | 2.2    |
| - กลิ่นไม่ฉุน       | 2.2    |
| - หวานปานกลาง       | 2.2    |
| - ธรรมชาติ          | 2.2    |
| ไม่ชอบ              | 10     |
| เพราะ - กลิ่นแรง    | 4.8    |
| - ไม่ชอบรสเปรี้ยว   | 4.8    |
| - ไม่ชอบกล้วย       | 1.4    |

#### ข้อเสนอแนะของผู้บริโภคเกี่ยวกับการใช้ผลิตภัณฑ์

เมื่อผู้บริโภคทดสอบผลิตภัณฑ์ไชรูปกล้วยหอมทองแล้วมีข้อเสนอเกี่ยวกับการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้โดยผู้บริโภคเห็นว่าควรใช้แทนน้ำผึ้ง รับประทานกับแพนเค้กและแต่งหน้าเค้กร้อยละ 14.0 เท่ากัน นอกจากนั้นมีข้อเสนอแนะอื่นๆ เช่น ใช้ผสมกับน้ำผลไม้ รับประทานกับขนมปัง ไอศกรีม หรือใช้แทนน้ำตาล เป็นต้น (ตารางที่ 55) ซึ่งจากผลการสำรวจข้อมูลผู้บริโภคที่เห็นว่าควรใช้แทนน้ำผึ้ง (ร้อยละ 24.5) (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 55 ข้อเสนอแนะของผู้บริโภคเกี่ยวกับการใช้ผลิตภัณฑ์ไชร็ปกล้วยหอมทอง

N = 50

| คำแนะนำการใช้ผลิตภัณฑ์ | ร้อยละ |
|------------------------|--------|
| แพนเค้ก                | 14     |
| แตนน้าฝั้ง             | 14     |
| แตงหน้าเค้ก            | 14     |
| น้ำผลไม้/น้ำผลไม้ปั่น  | 11.6   |
| ขนมปัง                 | 9.3    |
| แตนน้าตาล              | 7.0    |
| ไอศกรีม                | 7.0    |
| แคร็กเกอร์             | 4.7    |
| โยเกิร์ต               | 4.7    |
| เบเกอรี่               | 2.3    |
| วฟเฟิล                 | 2.3    |
| น้ำอุ่น                | 2.3    |
| กาแฟ                   | 2.3    |
| ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ   | 2.3    |

#### ความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไชร็ปกล้วยหอมทอง

ความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไชร็ปกล้วยหอมทองของผู้บริโภคที่ทดสอบผลิตภัณฑ์แล้วท่านว่าเหมาะสมร้อยละ 88 โดยส่วนใหญ่มีความเห็นว่ามีรสชาติดี มีลักษณะคล้ายน้ำฝั้งและมีกลิ่นหอม ร้อยละ 33.3, 16.7 และ 13.9 ตามลำดับ (ตารางที่ 56) จะเห็นได้ว่าสอดคล้องกับผลการสำรวจข้อมูล ผู้บริโภคที่พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ (ร้อยละ 12.8) ชอบไชร็ปกล้วยหอมทองเพราะรสชาติดี และเห็นว่าควรใช้แตนน้าฝั้ง (ร้อยละ 24.5) (ตารางที่ 14) จึงถือว่าได้ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค

ตารางที่ 56 ความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไชร็ปกล้วยหอม

|                                 |  | N = 50 |
|---------------------------------|--|--------|
| ข้อคิดเห็น                      |  | ร้อยละ |
| เหมาะสม                         |  | 88     |
| เพราะ - รสชาติดี                |  | 33.3   |
| - คล้ายน้ำผึ้ง                  |  | 16.7   |
| - กลิ่นหอม                      |  | 13.9   |
| - หวานอมเปรี้ยว                 |  | 8.3    |
| - ธรรมชาติ                      |  | 8.3    |
| - มีประโยชน์                    |  | 5.6    |
| - ชอบกล้วย                      |  | 5.6    |
| - ใช้ง่าย                       |  | 2.8    |
| - หวานปานกลาง                   |  | 2.8    |
| - แทนแยม                        |  | 2.8    |
| ไม่เหมาะสม                      |  | 12     |
| เพราะ - คิดว่าไม่เข้ากับแพนเค้ก |  | 0.9    |

#### ความเหมาะสมของภาชนะบรรจุ

การสอบถามเรื่องความเหมาะสมของภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ไชร็ปกล้วยหอมทงนี้มีลักษณะคล้ายขวดแยมเป็นขวดแก้วใสขนาดบรรจุ 100 มิลลิลิตร ฝาเกลียวล็อก ติดฉลากดังแสดงในภาพที่ 30 ผู้บริโภคมีความเห็นว่าใช้สะดวก ร้อยละ 77.6 ส่วนใหญ่ผู้ที่เห็นว่าไม่สะดวกร้อยละ 22.4 (ตารางที่ 57) โดยเสนอว่าควรใช้หลอดบีบร้อยละ 18.4หรือใช้เหยือกแก้วร้อยละ 2.0 ส่วนข้อเสนอแนะอื่นๆ ได้แก่ ควรเพิ่มขนาดบรรจุร้อยละ 14.3

#### การรับผลิตภัณฑ์เพิ่ม

การสอบถามผู้บริโภคถึงการรับผลิตภัณฑ์ไชร็ปกล้วยหอมทงเพิ่มหลังจากการทดสอบ ได้รับคำตอบว่าต้องการรับเพิ่มร้อยละ 81.6 (ตารางที่ 57) แสดงการยืนยันว่าชอบผลิตภัณฑ์จริง

ตารางที่ 57 ความเหมาะสมของภาชนะบรรจุและการรับผลิตภัณฑ์เพิ่ม

| N = 50                   |        |
|--------------------------|--------|
| ความเห็น                 | ร้อยละ |
| ความเหมาะสมของภาชนะบรรจุ |        |
| ใช้สะดวก                 | 77.6   |
| ใช้ไม่สะดวก              | 22.4   |
| การรับผลิตภัณฑ์เพิ่ม     |        |
| รับ                      | 80     |
| ไม่รับ                   | 20     |



ภาพที่ 30 ผลิตภัณฑ์ไซรัปกล้วยหอมทองในบรรจุภัณฑ์สำหรับการทดสอบผู้บริโภค

#### การซื้อผลิตภัณฑ์

ผู้บริโภคมีความตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์จำนวนร้อยละ 60.4 โดยร้อยละ 39.6 ไม่แน่ใจ จะเห็นได้ว่า สอดคล้องกับผลการสำรวจข้อมูลผู้บริโภคที่พบว่า กลุ่มตัวอย่าง สนใจรับประทานไซรัปกล้วยหอมร้อยละ 67.2 และตอบว่าไม่แน่ใจร้อยละ 30.4 (ตารางที่ 14) โดยผู้บริโภคที่ต้องการซื้อให้เหตุผลว่าเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่ไม่มีการปรุงแต่ง และเนื่องจากชอบกล้วยจำนวนร้อยละ 15.2 เท่ากัน ผู้บริโภคต้องการนำไปใช้แทนน้ำตาลจำนวน 6.1 นอกจากนั้นเห็นว่ามีรสชาติดี เพราะว่า

ชอบน้ำผึ้งอยู่แล้วจึงชอบผลิตภัณฑ์ในลักษณะเดียวกัน เห็นว่ามีประโยชน์ต่อสุขภาพ ชอบกลิ่นกล้วยสด รับประทานได้ทุกคนในครอบครัว และเป็นทางเลือกใหม่ ร้อยละ 3 (ตารางที่ 58)

ตารางที่ 58 ความเห็นของผู้บริโภคในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไชรปกล้วยหอม

N = 50

| ความเห็น                       | ร้อยละ |
|--------------------------------|--------|
| ซื้อ                           | 60.4   |
| - ธรรมชาติไม่ปรุงแต่ง          | 15.2   |
| - ชอบกลิ่นกล้วย                | 15.2   |
| - รสชาติดี                     | 6.1    |
| - ชอบน้ำผึ้งอยู่แล้ว           | 3.0    |
| - มีประโยชน์ต่อสุขภาพ          | 3.0    |
| - ใช้แทนน้ำตาล                 | 3.0    |
| - มีกลิ่นกล้วยสด               | 3.0    |
| - รับประทานได้ทุกคนในครอบครัว  | 3.0    |
| - เป็นทางเลือกใหม่             | 3.0    |
| ไม่แน่ใจ                       | 39.6   |
| - เลือกซื้อน้ำผึ้งก่อน         | 9.1    |
| - ต้องการลดกลิ่น               | 9.1    |
| - ขึ้นกับราคา                  | 6.1    |
| - ขึ้นกับคุณค่าทางโภชนาการ     | 6.1    |
| - มีปัญหาเกี่ยวกับการใช้น้ำตาล | 3      |
| - ไม่ชอบของหวาน                | 3      |
| - ไม่ชอบกลิ่นแรง               | 3      |
| - ชอบผลไม้สดมากกว่า            | 3      |

## 9. แผนระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP Plan) สำหรับกระบวนการผลิตไช้รปกล้วยหอมทอง

จัดทำแผน HACCP สำหรับการผลิตไช้รปกล้วยหอมทอง โดยกำหนดขอบข่ายในการพิจารณาอันตราย 3 ชนิดคือ อันตรายทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา มีขั้นตอนตามลำดับ ดังนี้ คือ การอธิบายรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ วัตถุประสงค์ และส่วนผสม การจัดทำแผนภูมิขั้นตอนกระบวนการผลิต ทำการวิเคราะห์อันตรายที่อาจเกิดขึ้น และวิเคราะห์หาจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม โดยวิธี CCP Decision Tree กำหนดค่าวิกฤตของแต่ละจุดวิกฤต วิธีการเฝ้าระวังและติดตาม วิธีการแก้ไขกรณีที่เกิดการเฝ้าระวังติดตามเกิดการเบี่ยงเบนออกจากจุดวิกฤต และกำหนดวิธีการทวนสอบ เพื่อให้มั่นใจว่าแผน HACCP สำหรับการผลิตไช้รปกล้วยหอมทองมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะควบคุมอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตได้ รายละเอียดขั้นตอนการจัดทำ HACCP มีดังนี้

### 9.1 รายละเอียดของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ไช้รปกล้วยหอมทองเป็นน้ำหวาน ที่ทำจากกล้วยหอมทอง มีรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 59

ตารางที่ 59 รายละเอียดของผลิตภัณฑ์

| รายการ                                         | รายละเอียด                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. ชื่อผลิตภัณฑ์                               | ไอซ์รีปกกล้วยหอมทอง                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 2. ลักษณะ/คุณสมบัติที่สำคัญของผลิตภัณฑ์สุดท้าย | ไม่เกิน ร้อยละ 12 ความหนืดวัดโดยเครื่อง Brookfield DRV 20 มีค่าไม่น้อยกว่า 800 cP จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 10 โคโลนีต่อกรัม ยีสต์ราไม่เกิน 10 โคโลนีต่อกรัม และต้องตรวจไม่พบ <i>Salmonella sp.</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> และ <i>Escherichia coli</i> (จำนวนตัวอย่าง 10 กรัม) |
| 3. วิธีการใช้ผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค              | ใช้รับประทานร่วมกับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์นม หรืออาหารอื่นๆ ในลักษณะเดียวกับน้ำผึ้งหรือใช้ผสมในเครื่องดื่ม                                                                                                                                                                             |
| 4. ภาชนะบรรจุ                                  | บรรจุขวดแก้ว ฝาเกลียว                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 5. อายุผลิตภัณฑ์/สภาวะการเก็บ                  | ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 5 ปี                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 6. สถานที่จำหน่ายและกลุ่มผู้บริโภค             | ร้านค้าจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป ร้านสะดวกซื้อ ร้านผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ร้านค้าปลีกทั่วไป ซูเปอร์มาร์เก็ต                                                                                                                                                                             |
| 7. ข้อมูลแนะนำบนฉลาก                           | ไอซ์รีปกกล้วยหอมทองเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลีก เลี่ยง แสงแดดและสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง                                                                                                                                                                                               |
| 8. ขนาดบรรจุ                                   | ปริมาณบรรจุ 100 กรัม และ 250 กรัม                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 9. การควบคุมพิเศษระหว่าง การกระจายสินค้า       | ขนส่งด้วยความระมัดระวัง หลีกเลี่ยงสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงและแสงแดด                                                                                                                                                                                                                           |
| 10. กลุ่มผู้บริโภค                             | บุคคลทั่วไป                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## 9.2 รายละเอียดวัตถุดิบและส่วนผสม

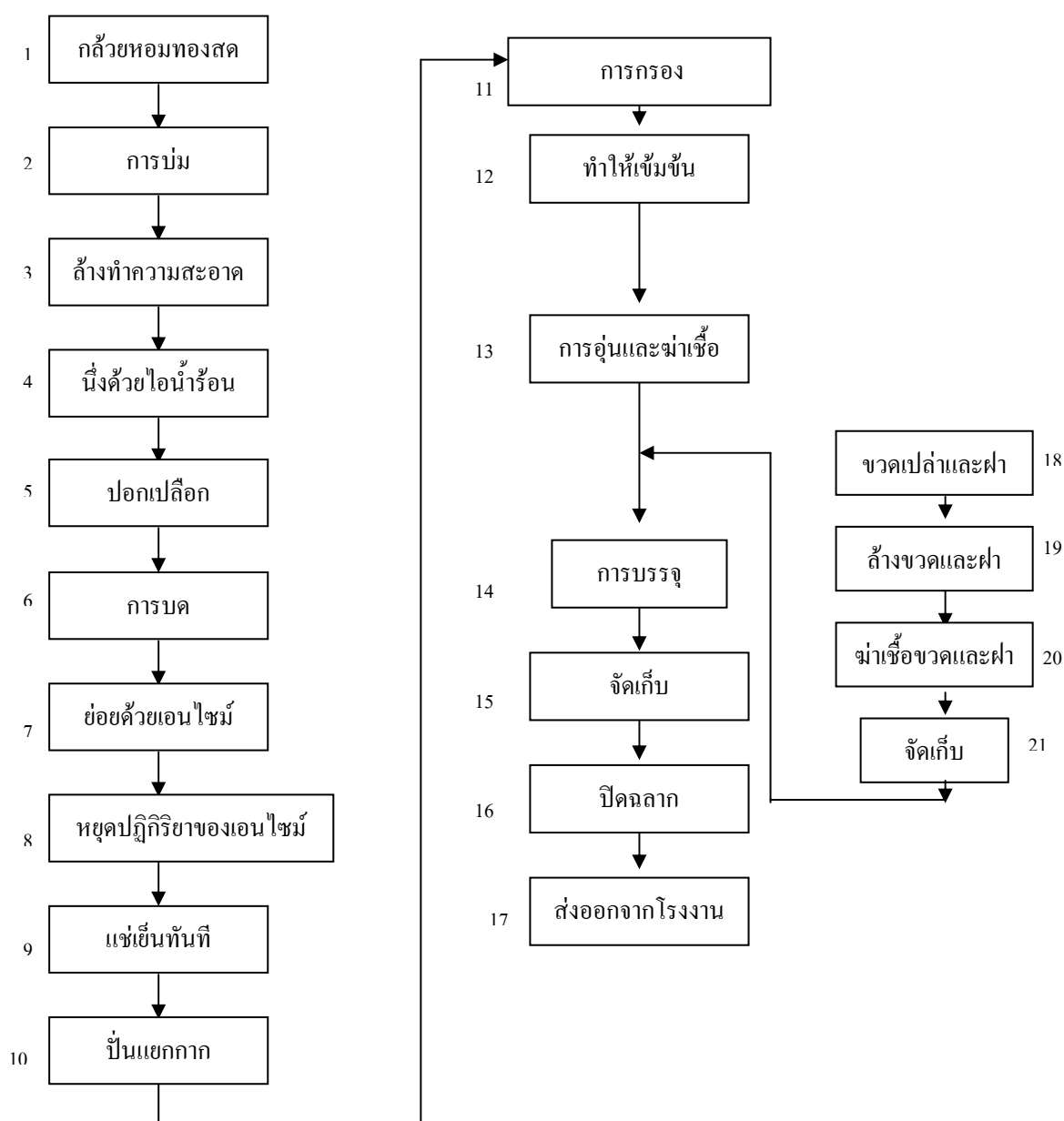
9.2.1 กล้วยหอมทองสด เป็นกล้วยหอมทองที่ถูกคัดออกจากกระบวนการบรรจุเพื่อการส่งออก ไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ไม่มีแผล ไม่เป็นโรค ไม่สุกก่อนการบ่ม และบ่มจนสุกที่ระยะ 7 (เปลือกมีสีเหลืองและจุดสีน้ำตาลเล็กน้อย)

9.2.2 เอนไซม์เพคตินเนส (Pectinex Ultra SP-L) ผลิตภัณฑ์ของบริษัทโนโวไซม์ (Novozymes A/S ) ประเทศเดนมาร์ก

9.2.3 ขวดแก้ว สำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์

### 9.3 แผนภูมิกระบวนการผลิต

แผนภูมิกระบวนการผลิตไช้ร้ปกล้วยหอมทองแสดงในภาพที่ 31 การสร้างแผนภูมินี้ได้ จากขั้นตอนการศึกษาจริงในขั้นตอนการขยายกำลังการผลิต โดยแผนภูมิกระบวนการผลิตเริ่มตั้งแต่วัตถุดิบ คือ กล้วยหอมทอง รวมทั้งวัสดุบรรจุภัณฑ์ ผ่านขั้นตอนการผลิตต่างๆ จนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ไช้ร้ปกล้วยหอมทองและการจัดเก็บ



ภาพที่ 31 แผนภูมิกระบวนการผลิตไช้ร้ปกล้วยหอมทอง

### 9.3.1 รายละเอียดขั้นตอนการผลิตไซรัปล้ำวยหอมทอง

ขั้นตอนการผลิตไซรัปล้ำวยหอมทอง ประกอบด้วยขั้นตอนทั้งสิ้น 16 ขั้นตอน ประกอบ ด้วยรายละเอียดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 60

ตารางที่ 60 รายละเอียดขั้นตอนการผลิต

| ขั้นตอนที่ | ชื่อ              | รายละเอียด                                                                                                                                                                                                            |
|------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1          | กล้ำวยหอมทองสด    | กล้ำวยหอมทองสดจากสวน ต้องไม่มีตำหนิต่างๆ<br>- รอยบาดแผลจากการตัด นึกขาด<br>- การปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์<br>- รอยข้, เป็นโรค                                                                                        |
| 2          | บ่ม               | บ่มกล้ำวยด้วยถ่านกำชะเชชชีลิน เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นจึงระบายอากาศ แยกกำชออกไป เป็นเวลา 2-5 วัน ที่อุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 จนได้ระยะสุก 7 คือกล้ำวยมีสีเหลืองและมีจุดสีน้ำตาลเล็กน้อย |
| 3          | ล้างทำความสะอาด   | นำกล้ำวยที่สุก ล้างทำความสะอาด และคัดเลือกกล้ำวยที่ปนเปื้อนจากจุลินทรีย์หรือมีรอยข้แยกออกไป                                                                                                                           |
| 4          | นึ่งด้วยไอน้ำร้อน | นำกล้ำวยที่สุกแล้ว มานึ่งด้วยไอน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิตรงจุดกึ่งกลางผลกล้ำวยได้ 100 องศาเซลเซียส                                                                                                         |
| 5          | ปอกเปลือก         | ปอกเปลือกกล้ำวยที่นึ่งแล้วออกให้หมด                                                                                                                                                                                   |
| 6          | บด                | บดเนื้อกล้ำวยที่ปอกเปลือกแล้วด้วยเครื่องบด Vita-Mix® จนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ใช้เวลา 90 วินาที                                                                                                                     |
| 7          | ย่อยด้วยเอนไซม์   | นำกล้ำวยบดมาย่อยด้วยเอนไซม์เพคตินาส (Pectinex Ultra SP-L, Novozymes A/S, Denmark) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.15 โดยปริมาตรค่อน้ำหนัก ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส                                       |

ตารางที่ 60 (ต่อ)

| ขั้นตอนที่ | ชื่อ                     | รายละเอียด                                                                                                                                                                                      |
|------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8          | หุขุคปฏิกิริยาของเอนไซม์ | นำกล้วยที่ข่อยแล้วมาหุขุคปฏิกิริยาของเอนไซม์ด้วยการแช่ในน้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) 15 นาที                                                                                                     |
| 9          | แช่น้ำเย็นทันที          | นำกล้วยที่หุขุคปฏิกิริยาแล้วแช่ในน้ำที่มีน้ำแข็งทันทีจนเนื้อกล้วยเย็นลงมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หรือ ใช้เวลา 20 นาที                                                                          |
| 10         | ปั่นแยกกาก               | นำกล้วยที่เย็นแล้วมาปั่นแยกกากด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 8,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส                                                                     |
| 11         | การกรองน้ำกล้วย          | กรองน้ำกล้วยที่ได้ ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ โดยใช้กระดาษกรอง (Whatman no.1) เพื่อแยกกากที่แขวนลอยและเมล็ดกล้วยที่ติดมา                                                                           |
| 12         | การทำให้เข้มข้น          | นำน้ำกล้วยใสที่ได้มาทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องระเหยแห้งแบบสุญญากาศ (Rotary Vacuum Evaporator) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนได้ไซรัปกล้วยหอมทองมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ $74 \pm 1$ องศาบริกซ์ |
| 13         | การบรรจุ                 | นำไซรัปกล้วยหอมทองบรรจุลงในขวดตามขนาดที่กำหนดขณะร้อน ปิดฝาแล้วแช่เย็นทันทีในน้ำที่มีน้ำแข็ง 4-10 องศาเซลเซียส                                                                                   |
| 14         | จัดเก็บ                  | เรียงจัดเก็บไซรัปกล้วยหอมทองไว้ให้เป็นที่เป็นที่ เพื่อให้เกิดระบบ First-In-First-Out                                                                                                            |
| 15         | ปิดฉลาก                  | ปิดฉลากตามใบสั่งงาน                                                                                                                                                                             |
| 16         | ส่งออกจากโรงงาน          | ส่งผลิตภัณฑ์ไซรัปกล้วยหอมทองขึ้นรถ จัดพนักงานตรวจสอบความสะอาดของรถและบันทึก                                                                                                                     |
| 17         | น้ำล้าง                  | ควบคุมคุณภาพตามมาตรฐานที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร                                                                                                                                                   |
| 18         | ขวดแก้ว                  | มีคุณสมบัติตามข้อกำหนดของฝ่ายควบคุมคุณภาพ                                                                                                                                                       |

#### 9.4 การวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม

การวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมโดยใช้หลักการ CCP Description Tree มีรายละเอียดดังตารางที่ 61 จากการวิเคราะห์ตามขั้นตอน พบว่าจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในกระบวนการผลิตไส้กรอกกล้วยหอมทอง มีอยู่ 3 จุดที่ต้องระวังเป็นพิเศษคือ ขั้นตอนการนึ่งด้วยไอน้ำ ร้อนการปอกเปลือกและการบด