



# รายงานฉบับสมบูรณ์

## แผนงานวิจัย

การพัฒนาระบบการผลิตและผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าลูกหยีในพื้นที่ 3  
จังหวัดชายแดนภาคใต้

Development of Production Processes and Products to Increase  
Value Velvet Tamarind in Three Southern Border Provinces

โดย รอมลี เจะตอเลาะ และคณะ

มีนาคม พ.ศ. 2561

สัญญาเลขที่ RDG5950121

## รายงานฉบับสมบูรณ์

### โครงการแผนงานวิจัย

การพัฒนากระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าลูกหยีในพื้นที่ 3

จังหวัด ชายแดนภาคใต้

Development of Production Processes and Products to Increase  
Value Velvet Tamarind in Three Southern Border Provinces

| คณะผู้วิจัย            | สังกัด                |
|------------------------|-----------------------|
| 1. นายรอมลี เจดอเลาะ   | มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา |
| 2. นายชากี นิเซ็ง      | มหาวิทยาลัยฟาฏอนี     |
| 3. นางสาวฮัสนะห์ ยูโซะ | มหาวิทยาลัยฟาฏอนี     |
| 4. นายรอมลี เจดอเลาะ   | มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา |

ชุดโครงการ “การพัฒนาอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม” ปีงบประมาณ 2559

สนับสนุนโดย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย วช. - สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

### บทสรุปผู้บริหาร

การพัฒนาคุณภาพและยกระดับผลิตภัณฑ์ลูกหยีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยทั่วไป การจัดการและใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวนั้นไม่ถูกลักษณะและไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งขาดข้อมูลเชิงวิชาการในการพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวลูกหยี และกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบใหม่ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์การออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมจากรังสีอินฟราเรดและแสงอาทิตย์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์และศึกษาทางการตลาด พร้อมทั้งการถ่ายทอดเทคโนโลยีต่อสถานประกอบการในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

การเก็บเกี่ยวของผลลูกหยี (*Dialium Indum* Linn) โดยฤดูผลผลิตลูกหยีอยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายน มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 50-80 กิโลกรัมต่อต้น เนื้อลูกหยีมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 2.83-2.98 ปริมาณความชื้น และวอเตอร์แอกทิวิตี อยู่ในช่วง ร้อยละ 10.10-15.56 และ 0.46-0.63 ตามลำดับ ปริมาณเส้นใยอาหารสูง ร้อยละ 4.30-5.14 มีคุณค่าทางโภชนาการของวิตามินซี (22.85-27.98 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) สารต้านอนุมูลอิสระ ( $IC_{50}$  26.15-27.13 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (340.67-350.57 มิลลิกรัมแกลลิก/มิลลิลิตร) และ โพลีฟีนอล (1,073.54-1281.48 มิลลิกรัม/100 กรัม) จึงมีความจำเป็นในการเตรียมวัตถุดิบให้มีคุณภาพและถูกสุขลักษณะ โดยการพัฒนาและออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมจากรังสีอินฟราเรดและแสงอาทิตย์ต้นแบบ ซึ่งการทดสอบระบบการทำงาน และประสิทธิภาพของเครื่องอบโดยใช้กับผลลูกหยีสดที่ผ่านการกะเทาะเปลือก แล้วผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบ พลังงานความร้อนร่วมจากรังสีอินฟราเรดและแสงอาทิตย์ โดยใช้อุณหภูมิการอบที่ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบแห้งนาน 77 นาที กำลังการผลิตครั้งละ 6 กิโลกรัม ซึ่งใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าเครื่องอบแห้งที่ทางการเกษตรใช้อยู่และมีกำไร 10 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับตู้อบลมร้อนทั่วไป สามารถลดปริมาณความชื้นในผลลูกหยี ให้เหลือความชื้นสุดท้าย ร้อยละ 8-10 การควบคุมอุณหภูมิที่มีความเสถียร การอบแห้งด้วยเครื่องอบนี้ช่วยในการลดการปนเปื้อนของเศษหิน ดิน และฝุ่นละอองจากอากาศยังรักษาคุณภาพของลูกหยี และประหยัดพลังงาน รวมทั้งสามารถใช้ในการอบผลิตภัณฑ์ในสถานประกอบการ ได้แก่ ลูกหยีเคลือบน้ำตาล และลูกหยีเกล็ดน้ำตาล เป็นต้น แต่ต้องมีการสนับสนุนข้อมูลของการทดสอบในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เครื่องอบสามารถใช้งานได้ในกรณีสภาวะภูมิอากาศที่ไม่มีแดด กลางคืน และฤดูฝน โดยใช้พลังงานรังสีอินฟราเรดในการทำความร้อนอย่างเดียวย โดยใช้อุณหภูมิการอบที่ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 77 นาที ซึ่งทำให้ลูกหยีมีคุณภาพ และลักษณะเนื้อปรากฏของเนื้อลูกหยีเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่ต่างกับวิธีการตากแห้ง แต่มีข้อจำกัดคือจะใช้ปริมาณของกระแสไฟฟ้าสูงกว่าการใช้อินฟราเรดอย่างเดียวรวมแสงอาทิตย์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการออกแบบผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม และน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ รวมถึงความสามารถใน

การผลิตของผู้ประกอบการ โดยที่ผู้ประกอบการและผู้บริโภคเห็นพ้องในการผลิตน้ำสกัดลูกหิพร้อมดื่มในภาชนะบรรจุประเภทขวดพลาสติก มีขนาดขวดปริมาตร 180-199 มิลลิลิตร น้ำลูกหิมีลักษณะสีปานกลาง กลิ่นตามธรรมชาติ มีรสชาติเค็ม หวาน และเปรี้ยวปานกลาง โดยตัดสินใจเลือกซื้อจากรสชาติของผลิตภัณฑ์ และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เป็นส่วนใหญ่ โดยผลิต นำข้อมูลจากการศึกษาความต้องการของผู้ประกอบการและผู้บริโภค ทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ทำการผลิตผลิตภัณฑ์โดยที่น้ำสกัดลูกหิพร้อมดื่มใช้อัตราส่วนของเนื้อลูกหิและน้ำ 1:10 มีอัตราส่วนของปริมาณน้ำตาล 18 องศาบริกซ์ แชนแทนกัมและ เกลือ ร้อยละ 0.1 และ 0.3 ตามลำดับ ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที บรรจุร้อนในขวดพลาสติกขนาด 180 มิลลิลิตร ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านมากที่สุด (ระดับความชอบเฉลี่ยระดับดี) น้ำสกัดลูกหิพร้อมดื่มมีค่าพีเอช 2.73-2.83 ซึ่งมีความเป็นกรด ช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาของน้ำลูกหิได้ 6 เดือน ที่สภาวะการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยมีรสชาติ และเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส ส่วนน้ำสกัดลูกหิเข้มข้นใช้อัตราส่วนของเนื้อลูกหิและน้ำ 1: 3 โดยปรับปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด 60 องศาบริกซ์ มีปริมาณแชนแทนกัม และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.2 และ 0.2 แล้วผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที บรรจุร้อนในขวดพลาสติกขนาด 250 มิลลิลิตร เมื่อต้องการบริโภคโดยการเจือจางด้วยน้ำเย็นอัตราส่วนน้ำสกัดลูกหิเข้มข้น และน้ำ 1:2.33 (น้ำสกัดลูกหิเข้มข้นร้อยละ 30.00 และ น้ำเย็นร้อยละ 70.00) ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรวมมากที่สุด เท่ากับ 7.53 เมื่อต้องการบริโภค ทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิพร้อมดื่มและน้ำสกัดลูกหิเข้มข้น มีอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิเข้มข้นนาน 6 เดือน ซึ่งมีคุณภาพของเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกินกว่าที่กฎหมายกำหนด ตลอดอายุการเก็บรักษา เมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิพร้อมดื่ม และน้ำสกัดลูกหิเข้มข้นทดสอบทางการตลาดจำนวน 400 คน ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิเข้มข้นและพร้อมดื่ม ร้อยละ 97.0 และตัดสินใจซื้อ ร้อยละ 96.7 และในส่วนนักท่องเที่ยวต่างชาติ พบว่า ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิเข้มข้นและพร้อมดื่ม ร้อยละ 89.0 และตัดสินใจซื้อ ร้อยละ 86.0 และเมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิต เฉพาะวัตถุดิบ ขวดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (polyethylene terephthalate; PET) และขวดแก้วที่ขนาด 250 และ 180 มิลลิลิตร ของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหิพร้อมดื่ม พบว่า มีต้นทุนการผลิตที่ราคา 34.59 , 39.16 และ 12.21 , 15.91 บาทต่อขวด ตามลำดับ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกหิเคี้ยวหนุบตามความต้องการกลุ่มเป้าหมายของผู้ประกอบการและผู้บริโภค ซึ่งผลิตภัณฑ์ลูกหิเคี้ยวหนุบมีคุณลักษณะด้านรสชาติ กลิ่นรสตามธรรมชาติ มีความหวานและความเปรี้ยว มีรูปร่างทรงกลมหรือสี่เหลี่ยม ผู้บริโภคนิยมเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ในร้านสะดวกซื้อ และเป็นผลิตภัณฑ์ การออกแบบผลิตภัณฑ์ลูกหิเคี้ยวหนุบ มีส่วนผสมหลัก คือ ลูกหิ, น้ำตาล, กลูโคสไซรัป, แป้งมันสำปะหลังและน้ำ ในอัตราส่วนปริมาณ 100, 100, 50, 80 และ 20 กรัมตามลำดับ พบว่า ลักษณะของสีเข้ม (เข้มมากไป) กลิ่นตามธรรมชาติ (พอดี) รสชาติหวานแต่ไม่เปรี้ยว

เท่าที่ควร (น้อย) มีความเค็มเล็กน้อย (พอดี) เนื้อสัมผัสหยาบ (หยาบมากไป) นุ่มแต่ร่วน (นุ่มเกินไป) จึงมีการเพิ่มปริมาณเจลาตินที่เหมาะสม ร้อยละ 9 ปรับปริมาณของน้ำตาลและกลูโคสไซรัปตามอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้สูตรที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ โดยใช้น้ำลูกหยี 400 กรัม (อัตราส่วนเนื้อลูกหยีและน้ำ 1:2) น้ำตาลทรายขาว 260 กรัม เกลือป่น 2 กรัม กลูโคสไซรัป 100 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 80 กรัม น้ำ (สำหรับละลายแป้ง) 70 กรัม และน้ำ (สำหรับปั่นผสมกับลูกหยี) 200 กรัม เจลาติน ร้อยละ 9 มีการเติมปริมาณกรดทาร์ทาริก ร้อยละ 2 และกลีเซอริน ร้อยละ 1 เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบไว้ที่อุณหภูมิห้อง สามารถเก็บรักษาได้ 6 เดือน ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกินตามที่มาตรฐานกำหนดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน  $1 \times 10^4$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และปริมาณยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มผช. 519/2547) อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาความยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส เป็นที่ยอมรับที่ ระยะเวลาเก็บ 4 เดือน โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมในการเก็บในถุง AL  $6.85 \pm 0.59$  (ชอบปานกลาง) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่เก็บรักษาภายในระยะเวลา 4 เดือน ยังมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งต้นทุนในการผลิตอาจจะสูงกว่าการบรรจุในถุง PP แต่จะมีลักษณะหนา ทนต่อการเกิดรอยขีดข่วน สามารถป้องกันอากาศและปริมาณความชื้นซึมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ เมื่อขนส่งและจัดจำหน่ายจะมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า คำนวณต่อการลงทุนและคงรักษาไว้ซึ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ โดยการทดสอบทางการตลาด ผู้บริโภคต้องการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 92.77 โดยต้นทุนของการผลิตในการผลิตต่อหน่วย 780 กรัมต่อ 225.75 บาท โดยจำหน่าย 1 ซอง AL ขนาด 5x6 เซนติเมตร น้ำหนักสุทธิ 45 กรัม จำนวนผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ 10 ชิ้น โดยมีต้นทุน 14.11 บาทต่อซอง AL สามารถจำหน่ายในราคา 25 บาทต่อ 1 ซอง ซึ่งให้ผลกำไร ร้อยละ 77.18

การจัดการผลผลิตลูกหยีในพื้นที่ โดยการผลิตเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับรังสีอินฟราเรด เพื่อใช้ในการลดปัญหากรณีผลผลิตมีความจำเป็นในการตากแห้ง ซึ่งสามารถป้องกันฝุ่นละออง เศษดิน หิน และสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ หรือการลดปัญหาการบริหารจัดการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวให้สามารถเก็บรักษาวัตถุดิบให้เพียงพอต่อความต้องการในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ แล้วนำวัตถุดิบจากการเตรียมที่เก็บรักษามาแล้วผลิตเป็นน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม ใช้วัตถุดิบที่เก็บรักษาประมาณ 1 ปี และนำลูกหยีที่มีอายุการเก็บ 1-2 ปีผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ เพื่อเป็นการจัดการบริหารวัตถุดิบ และได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย ดังนั้นเครื่องอบแห้งและพัฒนาผลิตภัณฑ์ 3 ผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น และผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบมีส่วนช่วยในการส่งเสริมการพัฒนาและยกระดับผลิตภัณฑ์ลูกหยีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ต่อไป

## บทคัดย่อภาษาไทย

ผลิตภัณฑ์ลูกหยีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้มีลักษณะที่โดดเด่นเป็นอาหารเฉพาะในพื้นที่ แต่ขาดข้อมูลและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาข้อมูลวัตถุดิบ องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี และคุณค่าทางโภชนาการของลูกหยีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ 2) เพื่อพัฒนาระบวนการเตรียมวัตถุดิบหลังการเก็บเกี่ยวอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมรังสีอินฟราเรดและแสงอาทิตย์ 3) เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ต้นทุนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากลูกหยีเป็นที่ยอมรับทางการตลาดของผู้บริโภค 4) เพื่อศึกษาข้อมูลเชิงการตลาดของผลิตภัณฑ์ลูกหยีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ และ 5) เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนและวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม การศึกษาข้อมูลวัตถุดิบลูกหยีแต่ละปีกำลังการผลิต 30 ตัน โดยมีปริมาณเฉลี่ยต่อตันประมาณ 50-80 กิโลกรัมและราคาลูกหยีดำสด 50-150 บาท/กิโลกรัม เนื้อลูกหยีมีคุณค่าทางโภชนาการของวิตามินซี (22.85-27.98 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) สารต้านอนุมูลอิสระ ( $IC_{50}$  26.15-27.13 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (340.67-350.57 มิลลิกรัมแกลติก/มิลลิลิตร) และ โพลีฟีนอล (1,073.54-1281.48 มิลลิกรัม/100 กรัม) การเตรียมวัตถุดิบก่อนการแปรรูปด้วยกรรมวิธีการตากแห้งให้เป็นลูกหยีแดงส่งผลต่อการเจือปนสิ่งแปลกปลอม ดังนั้นการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยใช้เครื่องอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมรังสีอินฟราเรดและแสงอาทิตย์ให้กำลังการผลิต 6 กิโลกรัม/ครั้ง โดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 77 นาที การใช้เครื่องอบสามารถลดปริมาณความชื้นในตัวอย่างลูกหยีให้ได้ ร้อยละ 8-10 และมีคุณภาพกว่าการใช้ตู้อบลมร้อนและการตากแห้งแบบดั้งเดิม

การศึกษ้อัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเนื้อลูกหยีแห้งต่อน้ำในการสกัดน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น 1:3 ขณะที่การสกัดน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มที่อัตราส่วนของเนื้อลูกหยีต่อน้ำ 1:10 การพัฒนาสูตรโดยแบ่งออก 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น พบว่า สูตรที่ 2 ที่ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด 60 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.3 ศึกษาผลของแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น พบว่า ปริมาณแซนแทนกัม ร้อยละ 0.2 และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.2 มีความเหมาะสมที่สุด ในส่วนที่ 2 การพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มพบว่า สูตรที่ 8 ที่ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด 18 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.3 ศึกษาผลของแซนแทนกัมที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม พบว่า ปริมาณแซนแทนกัม ร้อยละ 0.1 ให้คะแนนการทดสอบความความยอมรับมากที่สุด เมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม บรรจุในขวดแก้ว และขวด PET ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า คุณภาพของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา และเชื้อ *Escherichia coli* ยังมีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำลูกหยี

(มพข.1438/2552) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำ มีทั้งหมด 4 สูตร ต่อการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนในคุณลักษณะลักษณะปรากฏ สี ความเปรี้ยว ความหวาน ความเค็ม ความกลมกล่อม ความข้นหนืด กลิ่นรส การตกตะกอน ความชอบโดยรวม พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำเย็นของสูตรที่ 4 (อัตราส่วนน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น และน้ำ 1:2.33): ความชอบรวมมากที่สุด 7.53 (ชอบปานกลาง) เมื่อทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ในจังหวัด และนักท่องเที่ยวต่างชาติ จากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความชอบด้านต่างๆ ต่อผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและพร้อมดื่ม ร้อยละ 97.0 และตัดสินใจซื้อ ร้อยละ 96.7 และในส่วนของนักท่องเที่ยวต่างชาติ พบว่า ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและพร้อมดื่ม ร้อยละ 89.0 และตัดสินใจซื้อ ร้อยละ 86.0 และเมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตเฉพาะวัตถุดิบ ขวด PET ขวดแก้วที่ขนาด 250 และ 180 มิลลิลิตร ของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม พบว่า มีต้นทุนการผลิตที่ราคา 34.59 , 39.16 และ 12.21 , 15.91 บาทต่อขวด ตามลำดับ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบตามความต้องการกลุ่มเป้าหมายของผู้ประกอบการและผู้บริโภค ซึ่งผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบมีคุณลักษณะด้านรสชาติ กลิ่นรสตามธรรมชาติ มีความหวานและความเปรี้ยว มีรูปร่างทรงกลมหรือสี่เหลี่ยม ผู้บริโภคนิยมเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ในร้านสะดวกซื้อและเป็นผลิตภัณฑ์ การออกแบบผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบโดยใช้น้ำลูกหยี 400 กรัม น้ำตาลทรายขาว 260 กรัม เกลือป่น 2 กรัม กลูโคสไซรัป 100 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 80 กรัม น้ำ (สำหรับละลายแป้ง) 70 กรัม และน้ำ (สำหรับปั่นผสมกับลูกหยี) 200 กรัม เกลาติน ร้อยละ 9 มีการเติมปริมาณกรดทาร์ทาริก ร้อยละ 2 และกลีเซอริน ร้อยละ 1 ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาในถุง AL ได้นานกว่า 4 เดือน ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง โดยมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ซึ่งมีคะแนนความชอบโดยรวมในการเก็บในถุง AL  $6.85 \pm 0.59$  (ชอบปานกลาง) และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคเนื่องจากคุณภาพของเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกินกว่าที่กฎหมายกำหนดที่ระดับ  $1 \times 10^4$  โคโลนี/กรัมอาหาร เมื่อการทดสอบทางการตลาด พบว่า ผู้บริโภคต้องการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 92.77 โดยต้นทุนของการผลิตในการผลิตต่อหน่วย 780 กรัมต่อ 225.75 บาท โดยจำหน่าย 1 ซอง AL ขนาด 5x6 เซนติเมตร น้ำหนักสุทธิ 45 กรัม จำนวนผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ 10 ชิ้น โดยมีต้นทุน 14.11 บาทต่อซอง AL สามารถจำหน่ายในราคา 25 บาทต่อ 1 ซอง ซึ่งให้ผลกำไร ร้อยละ 77.18

**คำสำคัญ :** ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ น้ำลูกหยี ตู้อบพลังงานอินฟราเรดร่วมแสงอาทิตย์

## Abstract

Velvet tamarind products in three southern border provinces have distinctive appearance and specific food in the area, but lack of information and new product development. The objectives of this study were i) To study raw materials, composition of physical and chemical properties, nutritional values of velvet tamarinds in the three southern border provinces, ii) To develop the process of raw preparation after the harvest of velvet tamarind drying process by combined Infrared-Solar dryer, iii) To develop the products, cost and the product quality that were accepted by consumers, iv) To investigate marketing information regarding velvet tamarinds in the three southern border provinces and v) To transfer technology to SME-Small and Medium Enterprise of the community. The study was found that the raw materials of velvet tamarinds have capacity for 30 tons per year, producing approximately 50-88 kg per tree, and the price of black fresh velvet tamarinds was 50-150 baht/kg. The results showed that the composition of velvet tamarinds were vitamin C (22.85-27.98 mg/100 ml), antioxidant compounds ( $IC_{50}$  26.15-27.13  $\mu$ g/ml), total phenolic compounds (340.67-350.5723 mgGA/ml) and potassium (1,073.54-1281.48 mg/100) respectively. The preparations of raw materials before processing by drying of red velvet tamarind were contaminated. Therefore, the solution was applied by combined infrared-solar dryer producing capacity approximately 6 kg /once with temperature of 60 °C taking 77 minutes. The use of the oven can reduce the amount of moisture in the sample of velvet tamarinds around 8-10% and provide better quality than the traditional hot air drying and sun drying.

The optimum ratio of concentrated velvet tamarind juice result showed that the optimum ratio of velvet tamarind pulp to water was 1:3, whereas the optimum ratio of velvet tamarind juice was 1:10. The formula development was divided into 2 parts. (1) The experimental results suggested that the acceptable concentrated velvet tamarind juice was 60 °Brix total soluble solids and 0.3% salt. The effect of xanthan gum and CMC were at various levels to the quality of concentrated velvet tamarind juice. To prevent sedimentation and preserve cloudiness, the mixture of 0.2% xanthan gum and 0.2% CMC were included. (2) The experimental results suggested that the acceptable velvet tamarind juice was 18°Brix in total soluble

solids and 0.3% salt. The effect of xanthan gum was at various levels to the quality of velvet tamarind juice. The findings showed that the xanthan gum 0.1%, the concentration velvet tamarind juice and ready to drink velvet tamarind juice obtained through the pasteurization process yielded the test scores in the level of most acceptance. When the velvet tamarind juice was packed into PET and glass bottles through the process of pasteurization and stored in the temperature of 4 °C, for 6 months, it was found that the quality of product microbial Yeasts, fungi, coliform and *E. coli* after 6 month storage both at 4°C were acceptable according to the minimum requirement specified by the industrial food product standard and the notification from the Velvet tamarind drink (Thai community product standard 1438/2552) as mentioned earlier. The results on the optimum ratio of the products concentrated velvet tamarind juice towards dilution with water consists of four types of sensory quality assessment. The average test scores of those attributes: color, sweetness, sourness of salinity specialized excessively viscous smell, taste, sedimentation of aggregate preferences vary significantly ( $p \leq 0.05$ ). It was found that the products concentrated velvet tamarind juice diluted with cold water as formula 4 (ratio of concentrated velvet tamarind juice to water was 1:2.33) was considered to be the most preferable 7.53. (Moderate level). The results regarding consumers in the three southern border provinces and foreigners showed that 97.0, 89.0% were accepted and 96.7, 86.0% decided to buy the product. When considering the production cost only raw material. PET and glass bottle size and 250, 180 ml of products concentrated velvet tamarind juice and drink velvet tamarind juice found to contain production costs, the price of 34.59 , 39.16 and 12.21 , 15.91baht per bottle, respectively.

The development of products from the study of marketing information from entrepreneurs and consumers found that chewy velvet tamarind products were designed according to the needs of operators and consumers. The result of study chewy products have taste natural flavor, Sweet and Round shape or rectangle. Chewy velvet tamarind product ingredients were velvet tamarind juice(400 g), white sugar (260 g), salt (2 g), glucose syrup (100 g), tapioca (80 g) water (70 g; for dissolving flour) and water (200 g; for blending), gelatin (9%), tartaric acid (2%) and glycerin (1%), respectively. The shelf life of products can be stored in AL bag for more than 4

months at room temperature, which sensory quality was acceptable to the tester overall scores for AL bags were  $6.85 \pm 0.59$  (moderate level) and consumer safety because the quality of the microorganisms does not exceed  $1 \times 10^4$  colonies/ g. Result of consumer in the area 3 southern and foreigners test had shown that 92.77% decided to buy the product. The cost of production per unit was 780 g per 225.75 baht. One pack of product in AL, 5x6 cm bags, net weight 45 g were costs 14.11 bath. This product can be sold at a price of 25 baht, which profit was 77.18 percent gain.

**Keywords:** Chewy velvet tamarind products, Velvet tamarind juice, Infrared-solar dryer

## สารบัญ

|                | หัวข้อ                                                                                                      | หน้า      |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|                | บทสรุปผู้บริหาร                                                                                             | (3)       |
|                | บทคัดย่อภาษาไทย                                                                                             | (6)       |
|                | บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                                                                                          | (8)       |
|                | สารบัญ                                                                                                      | (11)      |
|                | สารบัญตาราง                                                                                                 | (13)      |
|                | สารบัญภาพ                                                                                                   | (18)      |
| <b>บทที่ 1</b> | <b>บทนำ</b>                                                                                                 | <b>1</b>  |
|                | 1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา                                                                              | 2         |
|                | 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย                                                                                 | 5         |
|                | 1.3 ขอบเขตของการวิจัย                                                                                       | 5         |
|                | 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ                                                                     | 5         |
|                | 1.5 แผนการพัฒนาบุคลากรวิจัย                                                                                 | 6         |
| <b>บทที่ 2</b> | <b>การทบทวนวรรณกรรม</b>                                                                                     | <b>7</b>  |
|                | 2.1 เทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวลูกหิ                                                                             | 8         |
|                | 2.2 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์                                                                          | 11        |
|                | 2.3 ผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิพร้อมดื่มและน้ำสกัดลูกหิเข้มข้น                                                    | 17        |
|                | 2.4 ผลิตภัณฑ์ลูกหิเคี้ยวหนุบ                                                                                | 22        |
|                | 2.5 บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์                                                                                  | 25        |
|                | 2.6 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์                                                                            | 27        |
|                | 2.7 แนวทางการศึกษาทางการตลาด                                                                                | 30        |
| <b>บทที่ 3</b> | <b>วิธีดำเนินการวิจัย</b>                                                                                   | <b>32</b> |
|                | 3.1 ศึกษาข้อมูลวัตถุดิบ องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี และคุณค่าทางโภชนาการลูกหิในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ | 33        |
|                | 3.2 พัฒนาระบบการเตรียมวัตถุดิบหลังเก็บเกี่ยวอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมรังสีอินฟราเรดและแสงอาทิตย์        | 36        |
|                | 3.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ต้นทุนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากลูกหิเป็นที่ยอมรับทางการตลาดของผู้บริโภค                | 39        |
|                | 3.4 ศึกษาต้นทุนการผลิต                                                                                      | 66        |
|                | 3.5 ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนและวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อย                              | 66        |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                                    | หัวข้อ                                                                                                | หน้า       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>บทที่ 4</b>                                                                                     | <b>ผลและอภิปรายผลการวิจัย</b>                                                                         | <b>67</b>  |
| 4.1                                                                                                | ข้อมูลวัตถุดิบ องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี และคุณค่าทางโภชนาการลูกหอยในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้   | 69         |
| 4.2                                                                                                | พัฒนากระบวนการเตรียมวัตถุดิบหลังการเก็บเกี่ยวอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมรังสีอินฟราเรดและแสงอาทิตย์ | 81         |
| 4.3                                                                                                | การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ต้นทุนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากลูกหอยเป็นที่ยอมรับทางการตลาดของผู้บริโภค             | 90         |
| 4.4                                                                                                | ข้อมูลเชิงการตลาดของผลิตภัณฑ์ลูกหอยในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้                                    | 177        |
| 4.5                                                                                                | ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนและวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม                            | 183        |
| <b>บทที่ 5</b>                                                                                     | <b>สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ</b>                                                                   | <b>185</b> |
| 5.1                                                                                                | สรุปผลการวิจัย                                                                                        | 186        |
| 5.2                                                                                                | ข้อเสนอแนะ                                                                                            | 189        |
| <b>บรรณานุกรม</b>                                                                                  |                                                                                                       | <b>190</b> |
| <b>ภาคผนวก</b>                                                                                     |                                                                                                       | <b>208</b> |
| ก                                                                                                  | การดำเนินการวิจัย                                                                                     | 209        |
| ข                                                                                                  | กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์                                                 | 213        |
| ค                                                                                                  | บทความตีพิมพ์ในวารสาร                                                                                 | 220        |
| ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ |                                                                                                       | 233        |
| ตารางเปรียบเทียบ Output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและได้จริง                                          |                                                                                                       | 234        |

## สารบัญตาราง

| หัวข้อ         |     |                                                                                                          | หน้า |
|----------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>บทที่ 2</b> |     |                                                                                                          |      |
| ตารางที่       | 2.1 | อาหารแต่ละประเภทมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน                            | 28   |
| ตารางที่       | 2.2 | ประเภทของจุลินทรีย์แบ่งตามช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต                                        | 28   |
| <b>บทที่ 3</b> |     |                                                                                                          |      |
| ตารางที่       | 3.1 | อัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำชนิดต่างๆ                             | 45   |
| ตารางที่       | 3.2 | ปริมาณส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ                                                                      | 53   |
| ตารางที่       | 3.3 | อัตราส่วนของปริมาณน้ำตาลในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ                                               | 54   |
| ตารางที่       | 3.4 | อัตราส่วนผสมของการใช้แป้งแต่ละชนิดในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ                                     | 55   |
| ตารางที่       | 3.5 | อัตราส่วนผสมของการใช้เจลาตินในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ                                           | 56   |
| ตารางที่       | 3.6 | การออกแบบสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบลูกหยีตามปริมาณของน้ำลูกหยีและวิธีการต่างกัน                    | 57   |
| ตารางที่       | 3.7 | อัตราส่วนของอัตราส่วนเนื้อลูกหยีและน้ำ ปริมาณน้ำตาล และกลูโคสไซรัปในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ | 59   |
| ตารางที่       | 3.8 | อัตราส่วนของการเติมชนิดและปริมาณกรดในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ                                    | 61   |
| ตารางที่       | 3.9 | อัตราส่วนของการเติมกรดและกลีเซอรินในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ                                     | 63   |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| หัวข้อ         |                                                                                                                                    | หน้า |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>บทที่ 4</b> |                                                                                                                                    |      |
| ตารางที่ 4.1   | ลูกหยีที่ผ่านการคัดคุณภาพจากการสุ่มตัวอย่างหลังการเก็บเกี่ยวจากผู้ประกอบการ                                                        | 72   |
| ตารางที่ 4.2   | ปริมาณผลผลิตของลูกหยีอบแห้ง                                                                                                        | 73   |
| ตารางที่ 4.3   | การคำนวณสัดส่วนผลผลิตของลูกหยีสดและลูกหยีที่ผ่านการเตรียมโดยวิธีต่างกัน                                                            | 74   |
| ตารางที่ 4.4   | การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของลูกหยีสดและลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง                                                             | 76   |
| ตารางที่ 4.5   | ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสลูกหยีที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีการต่าง ๆ                                                                   | 77   |
| ตารางที่ 4.6   | การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของเนื้อลูกหยีสดและเนื้อลูกหยีแห้ง                                                               | 79   |
| ตารางที่ 4.7   | ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของคุณค่าทางโภชนาการของลูกหยีสดและลูกหยีแห้งจากผู้ประกอบการ                                            | 80   |
| ตารางที่ 4.8   | ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง                                                                                    | 86   |
| ตารางที่ 4.9   | การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของลูกหยีสดและลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง                                                                    | 87   |
| ตารางที่ 4.10  | การสรุปเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนและเครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมรังสีอินฟราเรดและพลังงานแสงอาทิตย์ | 89   |
| ตารางที่ 4.11  | อัตราส่วนที่เหมาะสมและปริมาณผลผลิตของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น                                                                          | 91   |
| ตารางที่ 4.12  | การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นจากลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำแตกต่างกัน                 | 92   |
| ตารางที่ 4.13  | การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นจากลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำแตกต่างกัน       | 94   |
| ตารางที่ 4.14  | การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของการพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นแตกต่างกัน                                                     | 96   |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| หัวข้อ         |                                                                                                                                            | หน้า |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>บทที่ 4</b> |                                                                                                                                            |      |
| ตารางที่ 4.15  | การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของการพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นแตกต่างกัน                                                   | 97   |
| ตารางที่ 4.16  | การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผู้บริโภคของแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นแตกต่างกัน | 99   |
| ตารางที่ 4.17  | การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นแตกต่างกัน   | 101  |
| ตารางที่ 4.18  | การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำชนิดต่างๆ แตกต่างกัน               | 104  |
| ตารางที่ 4.19  | อัตราส่วนที่เหมาะสมและปริมาณผลผลิตของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม                                                                                | 105  |
| ตารางที่ 4.20  | การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มจากลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำแตกต่างกัน                       | 106  |
| ตารางที่ 4.21  | การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มจากลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำแตกต่างกัน             | 108  |
| ตารางที่ 4.22  | การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มแตกต่างกัน                                                              | 111  |
| ตารางที่ 4.23  | การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของการพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มแตกต่างกัน                                                 | 113  |
| ตารางที่ 4.24  | การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อของแซนแทนกัมที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มแตกต่างกัน                                 | 117  |
| ตารางที่ 4.25  | การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของแซนแทนกัมที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มแตกต่างกัน                          | 119  |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| หัวข้อ         |                                                                                                                                                 | หน้า |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>บทที่ 4</b> |                                                                                                                                                 |      |
| ตารางที่ 4.26  | การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิยเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่มที่ 4 องศาเซลเซียสแตกต่างกัน     | 121  |
| ตารางที่ 4.27  | การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของการศึกษาอายุที่การเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิยเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่มที่ 4 องศาเซลเซียสแตกต่างกัน    | 123  |
| ตารางที่ 4.28  | การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิยเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่มที่ 4 องศาเซลเซียสแตกต่างกัน | 126  |
| ตารางที่ 4.29  | คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิยเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่มแตกต่างกัน                                                            | 129  |
| ตารางที่ 4.30  | ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้วิธีการ hedonics scale และ Jar ปริมาณส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ลูกหิยเคี้ยวหนุบ                                            | 132  |
| ตารางที่ 4.31  | ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้วิธีการ hedonics scale ร่วมกับ Just about right ปริมาณส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ลูกหิยเคี้ยวหนุบ                           | 133  |
| ตารางที่ 4.32  | ผลของแป้งแต่ละชนิดต่อคะแนนการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหิยเคี้ยวหนุบ                                                          | 134  |
| ตารางที่ 4.33  | ผลของปริมาณเจลาตินต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหิยเคี้ยวหนุบ                                                                   | 135  |
| ตารางที่ 4.34  | ผลของปริมาณน้ำลูกหิยและกรรมวิธีการเตรียมน้ำลูกหิยต่อคะแนนการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหิยเคี้ยวหนุบ                           | 138  |
| ตารางที่ 4.35  | ผลของปริมาณน้ำลูกหิยและกรรมวิธีการเตรียมน้ำลูกหิยต่อคะแนนสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ลูกหิยเคี้ยวหนุบแต่ละระดับ                        | 141  |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| หัวข้อ         |                                                                                                                        | หน้า |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>บทที่ 4</b> |                                                                                                                        |      |
| ตารางที่ 4.36  | ผลของอัตราส่วนเนื้อลูกหยีและน้ำ ปริมาณน้ำตาล และกลูโคสไซรัป ต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ | 145  |
| ตารางที่ 4.37  | ผลของชนิดเนื้ออัตราส่วนเนื้อลูกหยีและน้ำ ปริมาณน้ำตาลและกลูโคสไซรัปต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ               | 148  |
| ตารางที่ 4.38  | ผลของชนิดและปริมาณกรดต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ                                       | 149  |
| ตารางที่ 4.39  | ผลของชนิดและปริมาณกรดต่อสมบัติทางกายภาพและเคมี และสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ                       | 151  |
| ตารางที่ 4.40  | ผลของชนิดและปริมาณกรดต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ                                               | 153  |
| ตารางที่ 4.41  | ผลการทดสอบทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ                                                                 | 156  |
| ตารางที่ 4.42  | ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน         | 162  |
| ตารางที่ 4.43  | ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน        | 169  |
| ตารางที่ 4.44  | ผลการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน            | 173  |
| ตารางที่ 4.45  | ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน          | 176  |
| ตารางที่ 4.46  | ต้นทุนการผลิตของการพัฒนาเครื่องอบแห้งและผลิตภัณฑ์จากลูกหยี                                                             | 182  |

## สารบัญภาพ

| หัวข้อ         |     |                                                                                                                                                                                                | หน้า |
|----------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>บทที่ 1</b> |     |                                                                                                                                                                                                |      |
| ภาพที่         | 1.1 | กรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย                                                                                                                                                                      | 4    |
| <b>บทที่ 2</b> |     |                                                                                                                                                                                                |      |
| ภาพที่         | 2.1 | การสูญหายของรังสีอินฟราเรดเมื่อมีการกระทบกับวัตถุ                                                                                                                                              | 14   |
| <b>บทที่ 3</b> |     |                                                                                                                                                                                                |      |
| ภาพที่         | 3.1 | ขั้นตอนการผลิตภัณฑ์ลูกหยาเคี้ยวหนุบตามปริมาณของน้ำลูกหยาและวิธีการต่างกัน                                                                                                                      | 58   |
| ภาพที่         | 3.2 | ขั้นตอนการผลิตภัณฑ์ลูกหยาเคี้ยวหนุบตามอัตราส่วนเนื้อลูกหยาและน้ำ ปริมาณน้ำตาล และกลูโคสไซรัป                                                                                                   | 60   |
| ภาพที่         | 3.3 | ขั้นตอนการผลิตภัณฑ์ลูกหยาเคี้ยวหนุบตามชนิดและปริมาณกรด                                                                                                                                         | 62   |
| ภาพที่         | 3.4 | ขั้นตอนการผลิตภัณฑ์ลูกหยาเคี้ยวหนุบตามปริมาณของกรดและกลีเซอริน                                                                                                                                 | 64   |
| <b>บทที่ 4</b> |     |                                                                                                                                                                                                |      |
| ภาพที่         | 4.1 | ความสัมพันธ์การจัดการวัตถุดิบและการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากลูกหยาสู่ผู้บริโภคเป้าหมาย                                                                                                                 | 68   |
| ภาพที่         | 4.2 | การสำรวจและเก็บเกี่ยวลูกหยาในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้                                                                                                                                     | 70   |
| ภาพที่         | 4.3 | การเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏของผลลูกหยาระหว่างการพัฒนาของผล ตั้งแต่ระยะเริ่มแก่ เขียว (3 เดือน หลังดอกบาน) จนถึงสุกเต็มแก่ที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ (5 เดือนหลังดอกบาน)                              | 71   |
| ภาพที่         | 4.4 | ลักษณะการสูญเสียทางกายภาพของเปลือกที่แตกจากการตกกระแทก (a) แมลงเจาะกิน (b) และการขึ้นเชื้อราในตัวอย่างลูกหยา (c)                                                                               | 72   |
| ภาพที่         | 4.5 | ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบต่อปริมาณความชื้นที่ลดลง                                                                                                                          | 82   |
| ภาพที่         | 4.6 | การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นในการอบแห้งลูกหยาด้วยการอบแห้งด้วยพลังงาน ความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรด และการอบแห้งด้วยพลังงานจากรังสีอินฟราเรดอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส | 83   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

|                |      | หัวข้อ                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | หน้า |
|----------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>บทที่ 4</b> |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |
| ภาพที่         | 4.7  | กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาและความชื้นของการอบแห้งระหว่างการอบแห้งด้วย พลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กับการตากแห้งแบบเกษตรกรทั่วไป                                                                                                                             | 84   |
| ภาพที่         | 4.8  | ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเฉลี่ยภายในของเครื่องอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส (รังสีอินฟราเรดอย่างเดียว) และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม                                                                                                                                                                            | 85   |
| ภาพที่         | 4.9  | กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความชื้นแสงอาทิตย์กับอุณหภูมิภายนอกเครื่องอบแห้งที่เวลาการอบแห้งต่างๆ                                                                                                                                                                                                                  | 88   |
| ภาพที่         | 4.10 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในและภายนอกเครื่องอบแห้งกับอุณหภูมิภายในและภายนอกเครื่องอบแห้งที่เวลาการอบแห้งต่างๆ                                                                                                                                                                         | 88   |
| ภาพที่         | 4.11 | เครื่องอบแห้งต้นแบบและการทดลองการอบลูกหยี                                                                                                                                                                                                                                                                     | 90   |
| ภาพที่         | 4.12 | น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำ (ภาพ ก : อัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำที่ 1:1, ภาพ ข : อัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำที่ 1:2, ภาพ ค : อัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำที่ 1:3)                                                                                      | 93   |
| ภาพที่         | 4.13 | ปริมาณของแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น                                                                                                                                                                                                                     | 98   |
| ภาพที่         | 4.14 | น้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำ ( ภาพ ก : อัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำที่ 1:4 , ภาพ ข : อัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำที่ 1:6, ภาพ ค : อัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำที่ 1:8, ภาพ ง : อัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำที่ 1:10, ภาพ จ : อัตราส่วนเนื้อต่อน้ำที่ 1:2) | 107  |
| ภาพที่         | 4.15 | ปริมาณของแซนแทนกัมที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม                                                                                                                                                                                                                                            | 114  |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| หัวข้อ      |                                                                                                                                                      |  | หน้า |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------|
| บทที่ 4     |                                                                                                                                                      |  |      |
| ภาพที่ 4.16 | ลักษณะปรากฏของรูปร่างของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ผลิตจาก<br>อัตราส่วนที่แตกต่างกัน                                                                |  | 144  |
| ภาพที่ 4.17 | คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยว<br>หนุบลูกหยีที่มีอัตราส่วนแตกต่างกัน                                                           |  | 144  |
| ภาพที่ 4.18 | บรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ลูกหยี                                                                                                      |  | 157  |
| ภาพที่ 4.19 | การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน ผู้ประกอบการ เกี่ยวกับกระบวนการ<br>ผลิตและองค์ความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำ<br>สกัดลูกหยีพร้อมดื่ม |  | 184  |

บทที่ 1

บทนำ

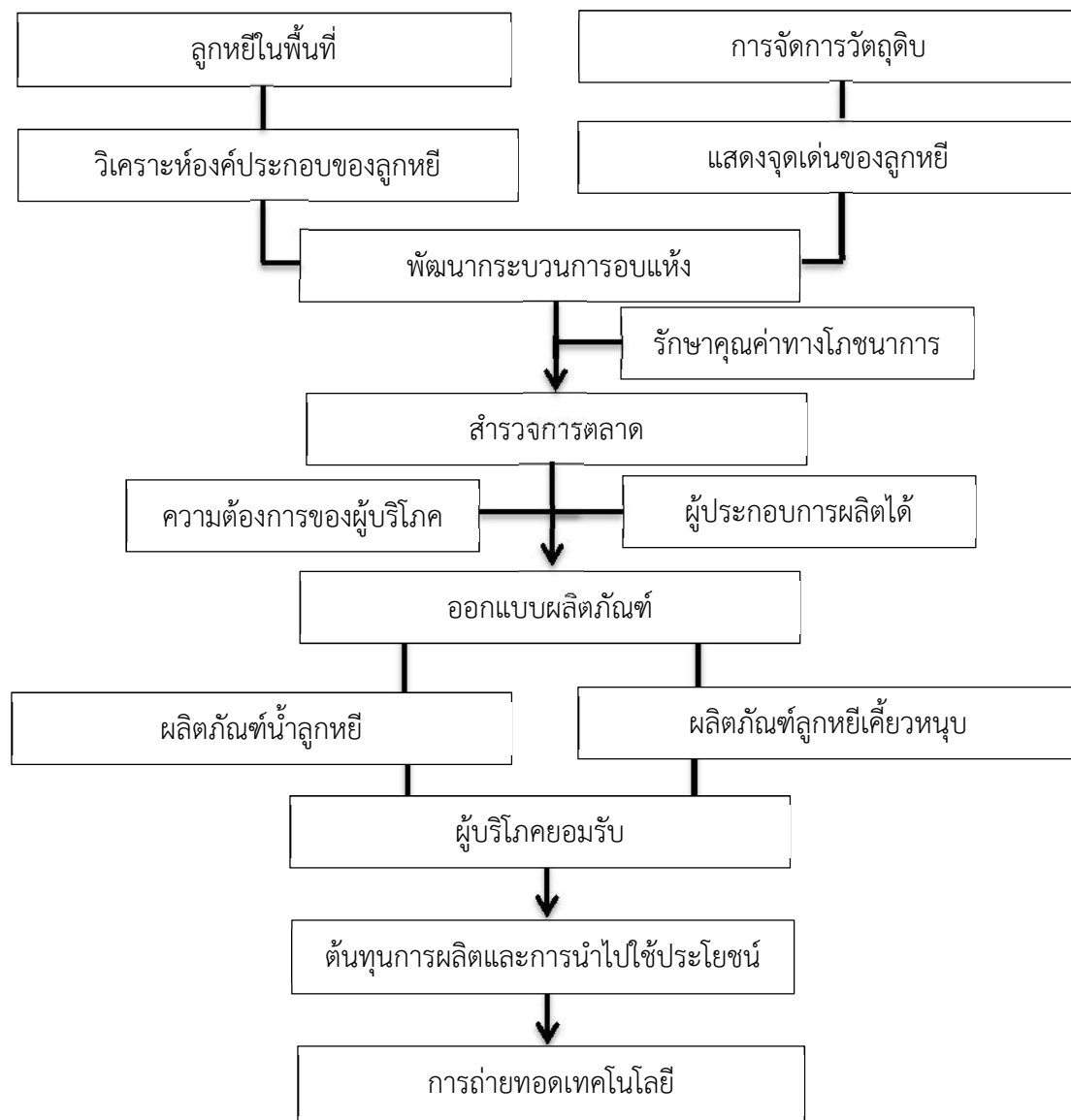
## 1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

การพัฒนาระบบเศรษฐกิจ 3 เหลี่ยมเศรษฐกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยมีเมืองต้นแบบอำเภอหนองจิก จังหวัดปัตตานี สามเหลี่ยมมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน ซึ่งเป็นการพัฒนาเกษตรอุตสาหกรรมก้าวหน้าผสมผสาน (agricultural industry city) การยกระดับการใช้ผลิตผลทางการเกษตรในการพัฒนาพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ซึ่งสร้างความเป็นอัตลักษณ์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์จากลูกหยี ซึ่งต้องให้ความสำคัญต่อการใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกหยีต้องได้รับการสนับสนุนจากนักวิจัย และผู้ประกอบการในพื้นที่ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด ซึ่งพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ มีการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ลูกหยีทั้งในและต่างประเทศ แต่ขาดข้อมูลสนับสนุนองค์ประกอบทางเคมี คุณค่าทางโภชนาการ สารต้านอนุมูลอิสระของลูกหยี เพื่อเป็นการแสดงถึงลักษณะเฉพาะของลูกหยีที่มีความโดดเด่น ซึ่งมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง (สุวลี, 2549) และต้นหยีเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถทำรายได้แก่เกษตรกรเป็นอย่างดี ซึ่งมีมากในภาคใต้ของประเทศไทย (นิตดา และทวีทอง, 2550) โดยเฉพาะใน 3 จังหวัด คือ ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส โดยมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ลูกหยีกวน ลูกหยีฉาบ ลูกหยีทรงเครื่อง ลูกหยีไม่มีเมล็ด และน้ำผลไม้ เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ทางกายภาพและสารต้านอนุมูลอิสระ ในการสนับสนุนข้อมูลในกระบวนการจัดการและบริหารวัตถุดิบหลังการเก็บเกี่ยว โดยทั่วไปจากการลงพื้นที่เพื่อสำรวจความต้องการของกลุ่มเกษตรกร ผู้ประกอบการแปรรูปลูกหยี ปัจจุบันมีผู้ประกอบการใหม่ที่แปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกหยีเพิ่มขึ้นแต่ละปี ส่งผลให้ไม่มีองค์ความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการผลิต และผู้ประกอบการที่เปิดกิจการอยู่เดิมยังขาดกระบวนการผลิตที่ถูกสุขลักษณะ เช่น การนำลูกหยีที่ผ่านการปอกเปลือกตากแดดในพื้นที่โล่งแจ้ง ทำให้มีการปนเปื้อนของฝุ่นละออง แมลง เศษหิน ทราายและเชื้อจุลินทรีย์ หลังจากตากแห้งบรรจุถุงพลาสติกสามารถเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 ปี เพื่อให้ทันต่อรอบของผลผลิตในปีถัดไป เนื่องจากวัตถุดิบสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตต่อปีเพียง 1 ครั้งเท่านั้น ดังนั้นต้องมีการบริหารจัดการวัตถุดิบให้เพียงพอตลอดทั้งปี จึงต้องมีการพัฒนาระบบบริหารจัดการจัดการวัตถุดิบ โดยการผลิตเครื่องมือในการอบแห้ง เพื่อใช้ในการช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนดังกล่าวจากการลงพื้นที่เกษตรกรมีความต้องการในการพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งที่มีต้นทุนของเครื่องต่ำ ผู้วิจัยเห็นควรสนับสนุนพัฒนาให้มีกระบวนการผลิตที่ดีและยกระดับคุณภาพของลูกหยีให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งทุกผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแปรรูปจะมีการนำลูกหยีให้แห้งก่อนนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ และกระบวนการที่ใช้อยู่นั้น ผู้ประกอบการบางแห่งจะใช้ตู้อบลมร้อน แต่ผู้ผู้ประกอบการบางแห่งยังคงใช้การตากแดดแบบเดิม เพราะต้องการลดต้นทุนในการผลิต ซึ่งยากที่จะใช้ตู้อบลมร้อนที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายจากค่าไฟฟ้าสูง ดังนั้นทีมวิจัยมีการพัฒนา เครื่องอบแห้งที่มีต้นทุนในการอบแห้งที่ประหยัดและใช้ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ได้ โดยใช้พลังงานจากรังสีอินฟราเรด ซึ่งมีข้อดีคือทำให้ผลิตภัณฑ์ถ่ายโอนน้ำที่ผิวได้ดี เมื่อใช้พลังงานความร้อน

ร่วมกัน สามารถจะทำให้ผลิตภัณฑ์แห่งได้เร็วมากยิ่งขึ้น สามารถใช้ได้ในทุกสภาพอากาศ การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมอินฟราเรด และแสงอาทิตย์ที่มีแผงควบคุมสามารถกำหนดเวลาในการอบแห้งเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับวัตถุดิบทางการเกษตรอื่นๆ ได้อีกด้วย

เมื่อเตรียมวัตถุดิบของลูกหยีแห้งแล้วต้องนำผลลูกหยีแห้งจัดเก็บเพื่อเตรียมความพร้อมในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ซึ่งผลิตภัณฑ์ลูกหยีมีการจัดจำหน่ายในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ได้แก่ ลูกหยีกวนและลูกหยีเคลือบน้ำตาล เป็นต้น ผลิตภัณฑ์จากลูกหยีเป็นสินค้าภายในท้องถิ่นซึ่งจัดเป็นโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์หรือโอท็อป (one tambon one product; OTOP) ลำดับต้นๆ ในจังหวัดปัตตานี โดยเฉพาะจังหวัดปัตตานีมีคำขวัญของจังหวัด ความว่า “บูดูสะอาด หาดทรายสวย รวยน้ำตก นกเขาดี ลูกหยีอร่อย หอยแครงสด” ผู้บริโภคนิยมเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ลูกหยีเป็นของฝากจากการท่องเที่ยวในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ส่งผลให้เกิดธุรกิจการค้า เพิ่มมูลค่าและรายได้ในพื้นที่ ช่วยสร้างรายได้ให้ผู้ประกอบการได้เป็นอย่างดี ทำให้ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเป็นสินค้าที่ได้รับความนิยมสามารถบริโภคได้ทุกเพศทุกวัย เนื่องจากมีรสชาติที่โดดเด่น อร่อย รวมทั้งลูกหยีมีลักษณะเนื้อคล้ายกับเนื้อมะขาม กระบวนการแปรรูปของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด มีลักษณะที่โดดเด่นและรสชาติต่างกัน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ ลูกหยี 3 รส ซึ่งมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันตามอัตราส่วนผสมแต่ละพื้นที่ แต่อย่างไรก็ตามมีวิธีการแปรรูปหลักที่เหมือนกัน ต้องพัฒนาผลิตภัณฑ์นั้นอยู่บนพื้นฐานของความต้องการของผู้บริโภคและความเป็นไปได้ของการผลิตในเชิงธุรกิจ จึงต้องมีการสำรวจทางการตลาดของผู้ประกอบการและกลุ่มเป้าหมายของผู้บริโภคเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป ข้อมูลการบริโภคอาหาร ความต้องการในการเลือกบริโภคอาหารประเภทใด รวมถึงรสชาติและรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ ด้านราคา ปัจจัยการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีและลูกหยีเคี้ยวหนุบ และมีการสำรวจความเป็นไปได้ในการผลิตของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมหรือเอสเอ็มอี (small and medium enterprises; SME) รวมถึงความต้องการผลิตภัณฑ์ในรูปแบบที่สามารถผลิตจริง การลงทุนและความคุ้มค่า ทีมวิจัยมีการทดลองการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากลูกหยี 2 ผลิตภัณฑ์ คือน้ำลูกหยีและผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยี ผ่านกระบวนการให้ความร้อนและระยะเวลาการเก็บรักษา โดยศึกษาสูตรและกระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำลูกหยีในระหว่างการเก็บรักษา เพื่อทราบถึงความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีจึงต้องนำมาวิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภคอย่างแท้จริง แล้วนำไปเป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาน้ำลูกหยี เพื่อให้ผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีสามารถเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการและมีคุณภาพดีมีศักยภาพที่จะผลิตเป็นอุตสาหกรรม เพื่อขยายตลาดน้ำผลไม้ให้เพิ่มขึ้นทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ ส่งผลให้เกษตรกรชาวสวนลูกหยีมีตลาดรองรับผลผลิตมากขึ้น นอกจากนี้จะทำการเผยแพร่ความรู้ในกระบวนการผลิตน้ำลูกหยีให้เป็นประโยชน์ต่อชุมชนอีกด้วย ส่วนผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ทางการตลาดจากผู้ประกอบการและ

สำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ ในการออกแบบผลิตภัณฑ์เบื้องต้น เพื่อนำข้อมูลมาศึกษาสูตรต้นแบบและมีการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ คัดเลือกและพัฒนาปรับปรุงตามความต้องการของผู้บริโภคโดยศึกษาอัตราส่วนและสมบัติต่อความยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ ศึกษาบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ รวมถึงการศึกษาต้นทุนการผลิตและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนและผู้ประกอบการเกี่ยวกับกระบวนการผลิตและองค์ความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ เพื่อพัฒนาสินค้าท้องถิ่นให้ได้คุณภาพและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สามารถเป็นสินค้าเชิงการท่องเที่ยวเข้าสู่ประชาคมอาเซียนต่อไป



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาข้อมูลวัตถุดิบ องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี และคุณค่าทางโภชนาการลูกหี ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

1.2.2 เพื่อพัฒนากระบวนการเตรียมวัตถุดิบหลังการเก็บเกี่ยวอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วม รังสีอินฟราเรดและแสงอาทิตย์

1.2.3 เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ต้นทุนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากลูกหีเป็นที่ยอมรับทางการตลาดของผู้บริโภค

1.2.4 เพื่อศึกษาข้อมูลเชิงการตลาดของผลิตภัณฑ์ลูกหีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

1.2.5 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนและวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การดำเนินการวิจัยที่ตอบสนองความต้องการของผู้ประกอบการและผู้บริโภค โดยการศึกษาตั้งแต่ ต้นน้ำ ปลายน้ำ ได้แก่ ศึกษาข้อมูลวัตถุดิบ การพัฒนาต่อบนในการจัดการวัตถุดิบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์จาก ลูกหี ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ลูกหีเคี้ยวหนุบ น้ำลูกหี ที่ผ่านการออกแบบตามความต้องการของผู้บริโภคและผู้ประกอบการ รวมถึงการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการในลำดับต่อไป

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

1.4.1 ทราบข้อมูลวัตถุดิบ องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี คุณค่าทางโภชนาการของ ลูกหีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

1.4.2 ทราบกระบวนการเตรียมวัตถุดิบหลังการเก็บเกี่ยวอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมรังสี อินฟราเรดและแสงอาทิตย์

1.4.3 ได้ผลิตภัณฑ์ ต้นทุนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากลูกหีเป็นที่ยอมรับทางการตลาดของผู้บริโภค

1.4.4 ทราบข้อมูลเชิงการตลาดของผลิตภัณฑ์ลูกหีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

1.4.5 ได้เทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชน วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

## 1.5 แผนการพัฒนาบุคลากรวิจัย

การบริหารแผนการวิจัยมีการพัฒนาบุคลากรของทีมวิจัยในการเข้าร่วมการประชุมทางวิชาการ และเปิดโอกาสให้นำเสนอและตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติ

### กลยุทธ์ของแผนงานวิจัย

การวิจัยในแผนงานวิจัยมีการรวมบุคลากรจาก 2 สถาบันการศึกษาในพื้นที่วิจัยให้มีส่วนร่วมในการวางแผนและดำเนินการวิจัยในรอบวิจัยที่กำหนดไว้ในโครงการย่อยที่จะตรงตามเป้าหมายของแผนการวิจัย มีการติดตามและประเมินโครงการย่อยให้เป็นไปตามระยะเวลาที่ได้กำหนดในแผนการดำเนินงาน หากโครงการย่อยไม่สามารถดำเนินการหรือผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยมิได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ อันเนื่องจากความเป็นไปได้ของการวิจัยหรือวิธีการไม่บรรลุผลมีการประชุม เพื่อแก้ไขและให้เป็นไปตามประสงค์ของแผนงานวิจัยให้มากที่สุด

## บทที่ 2

---

### การทบทวนวรรณกรรม

การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากลูกหยีให้มีความพร้อมในด้านวัตถุดิบ การบริหารและการจัดการที่เกี่ยวข้องกับลูกหยีตั้งแต่ต้นน้ำและปลายน้ำ โดยการศึกษาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวลูกหยี การพัฒนาเครื่องอบแห้ง และพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกหยี 3 แบบ คือน้ำลูกหยีพร้อมดื่ม น้ำลูกหยีเข้มข้น และผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ ซึ่งต้องมีกระบวนการพัฒนาขั้นตอนอย่างเป็นระบบอย่างมีแบบแผน เพื่อให้ยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลูกหยีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นชื่อและเป็นผลิตภัณฑ์ฮาลาล (halal product)

## 2.1 เทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวลูกหยี

การจัดการวัตถุดิบและประกันคุณภาพลูกหยีในพื้นที่โดยการสำรวจปริมาณวัตถุดิบจะใช้เทคโนโลยีหลักการเก็บเกี่ยว เพื่อให้วัตถุดิบที่ได้นั้นมีคุณภาพลดการเสื่อมเสียทางกายภาพและเคมีน้อยที่สุด ได้แก่ การกระเทาะเปลือกด้วยเครื่องมือ การนำเมล็ดลูกหยีออกจากเนื้อลูกหยี การอบลูกหยีด้วยเครื่องอบด้วยพลังงานความร้อนร่วมอินฟราเรดและแสงอาทิตย์ เพื่อใช้ในการเตรียมวัตถุดิบลูกหยีสำหรับการเก็บรักษา แล้วนำวัตถุดิบแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกหยีมีความสำคัญต่อการเพิ่มทางเลือกซื้อสินค้าให้กับผู้บริโภค และสามารถกระจายสินค้าให้เป็นที่ยอมรับทางการตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ อย่างไรก็ตามต้องมีการพิจารณาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้นานหรือยืดอายุการเก็บรักษา แต่ยังคงรักษาคุณภาพเทียบเท่ากับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตใหม่ อย่างไรก็ตามข้อมูลลูกหยีไม่เป็นที่รู้จักนัก และการศึกษาที่มีน้อยจึงมีความจำเป็นในการนำเสนอข้อมูลพื้นฐานของลูกหยี กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ รวมทั้งผลิตภัณฑ์ลูกหยี บรรจุภัณฑ์ และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ลูกหยี แสดงรายละเอียดดังนี้

### 2.1.1 ข้อมูลพื้นฐานและคุณค่าทางโภชนาการของลูกหยี

ต้นไม้ยืนต้นชนิดหนึ่งที่มีอยู่ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ อาจจะมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันตามภูมิภาคของประเทศไทย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Dialium Indum Linn* ชื่อวงศ์ *LEGUMINOSAE-CAESALPINIOIDEA* ส่วนชื่อสามัญนั้นมีชื่อเรียก เขลง (ภาคกลาง) เขลียง เคง นางดำ อีต่าง (นครราชสีมา) หมากเคง กากหยี (มลายู-ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส) หยี (ภาคใต้) ต้นมีลักษณะที่มีความเฉพาะและมีเฉพาะพื้นที่เท่านั้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2560)

**ลักษณะทางพฤกษศาสตร์:** ไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูงถึง 20-30 เมตร

**ใบ :** ใบเป็นช่อ แกนช่อใบยาว 5-12 เซนติเมตร ไม่มีขนปกคลุม ช่อใบมีใบย่อย 5-9 ใบขึ้นเยื้องสลับกันและมีใบย่อยที่ปลายแกนช่อใบ ทรงใบรูปไข่ป้อมถึงรูปมนกว้าง 1.5-4.5 เซนติเมตร ยาว 4-8

เซนติเมตร ปลายใบเรียวแหลมหรือมนเส้นแขนงใบด้านข้างมี 6-10 คู่ ปลายเส้นเชื่อมติดกันใกล้ขอบใบ ก้านใบย่อยยาว 4-5 มิลลิเมตร

**ดอก :** ดอกขนาดเล็ก ออกเป็นช่อใหญ่ ยาว 10-30 เซนติเมตร มีขนคลุมบางๆ ก้านดอกย่อยยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ดอกตูมรูปไข่ ยาว 3-4 เซนติเมตร กลีบรองกลีบดอกรูปมนยาว ประมาณ 4 มิลลิเมตร ด้านนอกมีขนสีเทาคลุมบางๆ ด้านในเกลี้ยงไม่มีขน ก้านเกสรตัวผู้สั้นมาก ยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร รังไข่ มีขนนุ่มเป็นมันปกคลุม

**ผล :** ผลรูปไข่ กว้าง 10 มิลลิเมตร ยาว 15 มิลลิเมตร ผิวนอกมีขนละเอียดคลุมประปราย เมล็ดรูปมน กว้าง 6 มิลลิเมตร ยาว 9 มิลลิเมตร มีริ้วตามทางยาว ผลแก่ระหว่างเดือนมิถุนายน-พฤศจิกายน

**นิเวศวิทยา :** ขึ้นอยู่ตามป่าดิบแล้งและป่าเบญจพรรณขึ้นทั่วไปใกล้ลำธาร พบมากทางภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้พบขึ้นห่างๆ ตามป่าโปร่ง หรือป่าทุ่ง ที่มีปริมาณฝนสูงพอควร เช่น ภาคใต้

**การขยายพันธุ์:** เพาะเมล็ด

**การนำไปใช้ประโยชน์:** รากช่วยรักษาแผล บำรุงน้ำนม และช่วยเจริญอาหาร เปลือกช่วยแก้ท้องเสีย และรักษาโรคจิตสับสน ส่วนยอดอ่อน เป็นยาระบาย เมล็ด และรักษาโรคผิวหนัง

### 2.1.2 การเก็บเกี่ยวลูกหิและการบริหารจัดการ

การเก็บเกี่ยวลูกหิโดยใช้แรงงานคนปีนขึ้นตัดกิ่งที่มีลูกหิอยู่ลงสู่พื้น ซึ่งขั้นตอนนี้มีความสำคัญต่อคุณภาพของลูกหิ รวมถึงการตัดกิ่งต้องพิจารณาความสุกแก่ที่เหมาะสม การเก็บเกี่ยวผลลูกหิดำจากกิ่งแล้วบรรจุลงในกระสอบผ้าหรือพลาสติก นำไปตากแห้ง เพื่อให้เปลือกลูกหิแห้งและเปราะแตกหักได้ง่ายสามารถกระเทาะเปลือกแยกเปลือกและลูกหิแดงออกจากกัน ผู้ประกอบการนำลูกหิแดงตากแห้งอีกรอบเพื่อให้มีปริมาณความชื้นต่ำลง จึงนำลูกหิแดงที่ได้บรรจุในถุงพลาสติก ปิดผนึกเก็บรักษาในห้องเก็บที่แห้งและปราศจากแสง โดยวัตถุดิบลูกหิเรียงลำดับก่อนหลังอย่างชัดเจน เพื่อนำวัตถุดิบมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในอนาคต หากในช่วงการเก็บรักษาอาจจะมีปริมาณความชื้นเข้าไป สามารถนำลูกหิตากแห้งเพื่อรักษาคุณภาพของวัตถุดิบ บางผู้ประกอบการเก็บรักษาโดยแกะเมล็ดออก ซึ่งช่วยในการเก็บรักษาได้นานขึ้น ซึ่งขั้นตอนนี้มีความสำคัญต่อการเข้าสู่กระบวนการแปรรูปอาหารในลำดับต่อไป

### 2.1.3 ผลิตภัณฑ์จากลูกหิ

ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้มีการนำลูกหิที่ผ่านการตากแห้งทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มาช้านานแล้ว ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีการพัฒนาและยกระดับทั้งด้านการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ บรรจุภัณฑ์ที่

มีคุณภาพ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีจำหน่ายทั้งในพื้นที่และต่างภูมิภาคอื่นๆ การนำเนื้อลูกหิทำการแปรรูป โดยทั่วไปลูกหิสดมีลักษณะที่มีเนื้อนุ่ม รสชาติหวานอมเปรี้ยว ละลายในปาก และรสชาติแต่ละปีที่แตกต่างกันเล็กน้อย เมื่อทำการแปรรูปมีลักษณะของสีและกลิ่นรสเปลี่ยนจากเดิม อย่างไรก็ตามลูกหิมีลักษณะเด่นถึงแม้ผ่านการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการ มีปริมาณวิตามินซีสูง และมีสารอาหารชนิดอื่น ๆ เช่น โยอาหาร น้ำตาล คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เกลือแร่ และไขมัน (Obasi *et al.*, 2013) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกหิให้มีรสชาติที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคนั้น ต้องคำนึงถึงปัจจัยการเลือกซื้อของลูกค้าหรือผู้บริโภค ในโอกาสการท่องเที่ยว ซื้อเป็นของฝาก หรือบริโภคเอง โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้มีหลายชนิด ได้แก่ ลูกหิหวาน ลูกหิเคลือบน้ำตาล ลูกหิสด ลูกหิ 3 รส และลูกหิไร้เมล็ด เป็นต้น ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันทั้งรูปร่าง รสชาติและเนื้อสัมผัส มีรายละเอียดดังนี้

**2.1.3.1 ลูกหิหวาน** การแปรรูปลูกหิหวานจะใช้ลูกหิที่ผ่านการนำเมล็ดออก โดยการนำมากวนไม่มีเมล็ดแบบเนื้อหยาบโดยมีส่วนผสม คือ น้ำตาลทราย น้ำผึ้ง ลูกหิไร้เมล็ด เกลือ และพริกชี้หนูแดง ที่ผ่านการบดละเอียด

#### ขั้นตอนการผลิต

1. นำลูกหิที่ผ่านการตากแห้งแกะเอาเมล็ดออกด้วยมีดแกะสลัก หรือใช้เครื่องแยกในการนำเมล็ดออก
2. เตรียมส่วนผสมตามที่กำหนด แล้วนำลูกหิผสมน้ำตาลทราย น้ำผึ้ง เกลือ พริกชี้หนูปั่น ลงในกระทะเคี่ยวไฟอ่อนๆ ประมาณ 10-15 นาที
3. นำเนื้อลูกหิที่ไม่มีเมล็ด เทลงในกะละมังที่มีส่วนผสม แล้วคลุกให้ทั่วประมาณ 10 นาที ทำการปั้นด้วยมือขณะที่อุ่น ๆ เพื่อช่วยในการก่อตัวของเนื้อเป็นก้อนได้ดี
4. นำกระดาษแก้วหรือกระดาษห่อลูกหิหวานตามขนาดความเหมาะสม แล้วบรรจุลงในถุงพลาสติกอีกชั้นหนึ่ง

**2.1.3.2 ลูกหิ 3 รส** ผลิตภัณฑ์ลูกหิมีรสชาติ หวาน เค็ม และเผ็ด อัตราส่วนมีความแตกต่างกันตามผู้ประกอบการ โดยมีส่วนผสมของ ลูกหิมีเมล็ด น้ำตาลทราย เกลือ และพริกสด

#### ขั้นตอนการผลิต

1. นำส่วนผสมต่างๆ น้ำตาลทราย เกลือ และพริกบดละเอียด ผสมเข้าด้วยกัน แล้วใส่น้ำปริมาณที่เหมาะสมตั้งไฟอ่อนๆ ทำการเคี่ยวจนได้น้ำเชื่อมมีลักษณะข้นหนืดคล้ายยางมะตูมประมาณ 5-10 นาที

2. นำกระทะลงจากเตาแก๊สหรือปิดแก๊สแล้วนำลูกหยี ทำการกวนอย่างรวดเร็วให้เนื้อลูกหยีและส่วนผสมเข้าได้ดี

3. นำลูกหยีที่ได้แบ่งใส่ถาดพลาสติก (plastic tray) หรือถาดสแตนเลส (stainless steel tray) นำน้ำตาลทรายบดละเอียดหรือไม่ผ่านการบดละเอียดอีกครั้ง แล้วทำการกวนให้น้ำตาลผสมกันให้ทั่ว ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วบรรจุถุงพลาสติกมัดปากต่อไป

## 2.2 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องอบแห้งมีบทบาทในการแปรรูปอาหารหลายประเภทในปัจจุบัน แต่ต้องเลือกให้มีความเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน มีความประหยัดพลังงานและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการอบผลิตผลทางการเกษตร ปัจจุบันการอบลูกหยีให้แห้งนั้นผู้ประกอบการใช้วิธีการตากแห้งตามธรรมชาติ ซึ่งมีปัญหาของการปนเปื้อนของฝุ่นละออง เศษไม้ และใบไม้ เป็นต้น จึงมีความสำคัญในการใช้เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งชนิดต่าง ๆ ซึ่งทางเลือกที่สามารถพัฒนาเครื่องอบแห้งที่มีศักยภาพและเป็นที่ต้องการของผู้ประกอบการ แสดงรายละเอียดดังนี้

### 2.2.1 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (solar dryer) จัดเป็นวิธีการถนอมอาหารที่เก่าแก่วิธีหนึ่งสามารถถนอมอาหารที่มีต้นทุนต่ำ ใช้พลังงานน้อย และเป็นวิธีที่ง่าย แม้ว่าวิธีนี้จะใช้มาเป็นพันๆ ปีแล้วก็ตาม แต่การศึกษาอย่างจริงจังถึงปรากฏการณ์อย่างแท้จริงที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้เริ่มขึ้นเพียงทศวรรษที่แล้ว (Thisyamondol, 1965) การศึกษานี้ได้รับแรงกระตุ้นจากผลผลิตทางการเกษตรโดยเฉพาะธัญพืช ผัก และผลไม้ จะทำแห้งโดยการตากแดด ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้นอกจากการบริโภคภายในประเทศแล้วยังสามารถส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้อีกด้วย การทำแห้งโดยการตากแดด นอกจากจะมีความสำคัญต่อประเทศไทยแล้ว ประเทศออสเตรเลียและประเทศอื่นๆ ในแถบเอเชีย แอฟริกา ยังใช้วิธีนี้ในการถนอมอาหารอยู่ (Yaciuk, 1982) แม้ว่าการตากแห้งด้วยแสงแดดจะเป็นวิธีที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะไม่ถูกสุขลักษณะ เพราะมีการปนเปื้อนจากแมลง ฝุ่น และจุลินทรีย์ รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการลดลงหรือโครงสร้างของอาหารมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิม เช่น สี กลิ่น และรสชาติ อาจสูญเสียและถูกทำลาย (จรรยา และพิพัฒน์, 2523) และไม่สามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพต่ำ ไม่ได้มาตรฐานตามที่ตลาดต้องการ นอกจากนี้ปัญหาในการตากยังขึ้นอยู่กับฤดูกาล จากปัญหาเหล่านี้จึงต้องใช้เครื่องมือตากแห้งที่มีประสิทธิภาพมาทดแทนวิธีการตากแบบพื้นบ้าน (Shirmer *et al*, 1995) มีการปรับปรุงวิธีการตากแดดแห้งโดยใช้แสงแดด โดยอาศัยหลักการเกี่ยวกับวัตถุที่มีสี ซึ่งสามารถสะสมความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุที่มีสีดำสามารถดูดและเก็บความร้อนได้ดีมาก ส่วนการตากแห้งในตู้อบพลังงาน

แสงอาทิตย์จะใช้เวลาน้อย เพราะอุณหภูมิภายในตู้เป็นการป้องกันการเจริญเติบโตของพวกจุลินทรีย์ได้ดี คือไม่เกิดการเน่าเสียในระหว่างการตาก ไม่มีการปนเปื้อนจากฝุ่น แมลง นก แม้ว่าจะมีไข่แมลงหรือแมลงเล็ดลอดเข้าไปก็ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ จึงสะอาดและสะดวกกว่า โดยไม่จำเป็นต้องเก็บ เมื่อฝนตกจึงเป็นการประหยัดแรงงาน และยังเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงหรือไฟฟ้าด้วย (จรรยา และพิพัฒน์, 2523)

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นกระบวนการที่อาศัยหลักการของปรากฏการณ์เรือนกระจก ซึ่งเป็นรูปแบบการเก็บกักความร้อนแบบหนึ่ง โดยมีการจัดการให้ความร้อนจากดวงอาทิตย์ผ่านชั้นบรรยากาศมาให้ความอบอุ่นยังพื้นโลก แต่จะไม่ให้ความร้อนสะท้อนจากพื้นผิวโลกกลับไปยังชั้นบรรยากาศได้ เนื่องจากความร้อนที่ผ่านมายังพื้นผิวโลกจะแตกต่างกับความร้อนที่กลับอลออกไปจากพื้นผิวโลก เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ก็นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในการอบแห้งในลักษณะดังกล่าว (วิจิตร, 2524) และ Szulmayer (1971) ได้ให้นิยามการอบแห้งด้วยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ว่า เป็นกระบวนการผสมผสานระหว่างการตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์กับการควบคุมอุณหภูมิ และควบคุมการไหลของกระแสลม ซึ่งการทำเช่นนี้จะเป็นการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์แล้ว ยังเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการการทำแห้งอีกด้วย

การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการอบแห้งผลผลิตโดยใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อระเหยน้ำจากผลผลิตผลึกหยาบ โดยทั่วไปจะอาศัยหลักการพาความร้อน (convection heat transfer) สามารถแบ่งการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อนได้เป็น 2 แบบคือ แบบการไหลตามธรรมชาติ (natural convection circulation) ซึ่งอาศัยแรงลอยตัว เนื่องจากการพาความร้อนและแบบการไหลเป็นแบบบังคับอากาศ (forced-convection circulation) ซึ่งอาศัยแรงดันจากพัดลมในการพาความร้อนไปยังผลผลิตเป็นเครื่องอบแห้งที่มีการพัฒนาโดยอาศัยหลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบตู้ โดยการใช้แสงแดดเป็นพลังงานความร้อนให้กับตู้อบ ซึ่งมีความเหมาะสมกับประเทศไทย ทำให้ไม่ต้องเสียต้นทุนพลังงาน ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กับตู้อบแสงอาทิตย์ สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้มากและรวดเร็วขึ้น เช่น เครื่องอบแห้งระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบแอคทีฟ (active solar-energy drying systems) เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ และเครื่องอบแห้งระบบไฮบริดส์ (hybrid dryer systems) เป็นต้น (สมบัติ, 2544)

### 2.2.2 หลักการทำงาน

พลังงานที่ต้องการสำหรับการอบแห้งผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ สามารถตรวจสอบได้จากปริมาณความชื้นเริ่มต้น และความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์หรือผลผลิตผลทางการเกษตรแต่ละชนิด อัตราการอบแห้งและการใช้อุณหภูมิแตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัย พลังงานที่

เหมาะสมต่อการอบแห้ง เพื่อง่ายต่อการคำนวณพื้นที่ของโซลาร์พาเนล (solar panel) ที่ต้องการเพื่อผลิตความร้อนอย่างเพียงพอ เพื่อทดแทนพลังงานจากเชื้อเพลิงด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ใช้อบแห้ง ซึ่งใส่ตัวอย่างที่ต้องการอบแห้ง และส่วนที่เป็นตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ เพื่อให้อากาศภายในเครื่องอบลมร้อน นอกจากนี้ อาจมีส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น พัดลม ในการช่วยในการกระจายความร้อนหรือระบายอากาศ

แผงรับรังสีเป็นอุปกรณ์รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยดูดพลังงานแสงอาทิตย์ และแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน และแผงรับแสงอาทิตย์เป็นแผ่นแบนราบ (flat plate collector) ทำหน้าที่เป็นตัวดูดพลังงาน (absorber plate) โดยรับพลังงานจากแสงอาทิตย์และแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อนให้กับอากาศ เพื่อประสิทธิภาพในการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์จึงทาแผ่นดูดพลังงานด้วยสีดำด้าน ทำให้มีค่าการดูดรังสีสูงที่ความยาวคลื่นของรังสีต่ำ แต่ให้การส่งออก (emissivity) ต่ำที่ความยาวคลื่นรังสีสูง และเพื่อเป็นการป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนกระจายภายในจึงต้องมีแผ่นกันด้านบน (top cover) เป็นแผ่นพลาสติกใส (ธีระชัยและคณะ, 2532)

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบการไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของระดับที่จุดเข้า ออกของเครื่องอบแห้ง ความแตกต่างของความหนาแน่นของอากาศภายนอกและภายในเครื่องอบแห้ง การอบแห้งแบบการไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ เหมาะกับงานขนาดเล็กในโรงนาหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก ทั้งนี้เพราะเครื่องอบแห้งแบบนี้มีราคาถูก สร้างได้ง่าย ส่วนการอบแห้งแบบการไหลของอากาศเป็นแบบบังคับเหมาะกับงานทั้งขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ ต้องลงทุนมากขึ้น (วินัส, 2542) การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบที่ 2 คือ แบบการไหลของอากาศเป็นแบบบังคับ ซึ่งโดยทั่วไปใช้พัดลมเป็นตัวสร้างความแตกต่างของความดันรวมระหว่างทางเข้า และทางออกของเครื่องอบแห้ง

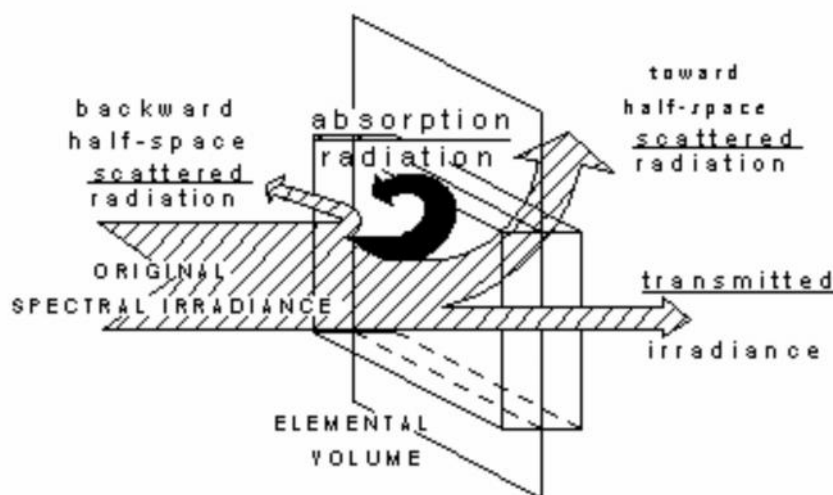
### 2.2.3 การอบแห้งโดยการแผ่รังสีอินฟราเรด

การอบแห้งด้วยการใช้แท่งอินฟราเรดเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน ซึ่งมีคุณสมบัติในการกระจายรังสีพลังงาน ทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นรังสีอินฟราเรดในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน มีความทนทานต่ออุณหภูมิที่สูง เหมาะในการใช้งานติดต่อกันเป็นเวลานาน ถ่ายเทความร้อนได้ดี แผ่ความร้อนได้สม่ำเสมอ แข็งแรงทนทาน และบำรุงรักษาง่าย ซึ่งวัสดุจะถูกทำให้ร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อน คลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากแท่งอินฟราเรดสามารถเจาะทะลุเข้าถึงเนื้อภายในวัสดุ โดยขนาดความลึกที่เจาะเข้าไปได้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุ และความยาวคลื่นที่แผ่ออกไป ซึ่งรังสีอินฟราเรดจะมีความยาวคลื่น

ในช่วง 0.78–1000 ไมโครเมตร โดยแบ่งย่อยได้เป็น 3 ระดับ คือ รังสีอินฟราเรดใกล้ (near infrared, NIR) ความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.75–3 ไมโครเมตร รังสีอินฟราเรดกลาง (middle infrared, Mid-IR) ความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 3–25 ไมโครเมตร และ รังสีอินฟราเรดไกล (far infrared; FIR) ความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 25–100 ไมโครเมตร โดยที่คลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เจาะทะลุเข้าไปในวัสดุ จะไปกระตุ้นโมเลกุลน้ำภายในวัสดุ ทำให้สั่น และเกิดความร้อนขึ้น ทำให้อุณหภูมิภายในวัสดุสูงกว่าอุณหภูมิที่ผิวนอก จุดเด่นตรงนี้สามารถลดปัญหาการเกิดรอยเหี่ยวย่นและรอยไหม้ภายนอกผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดยังทำให้อุณหภูมิ ภายในเนื้อวัสดุกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอ ซึ่งช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงอัตรา การอบแห้งลดลง ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งด้วยวิธีนี้จึงมีคุณภาพดี (วัชริน, 2556)

#### 2.2.4 กลไกการแผ่รังสีอินฟราเรด

เมื่อรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตกกระทบและแพร่กระจาย (propagate) ผ่านวัสดุ ทำให้เกิด การสูญเสียของรังสี (extinction of radiation) เนื่องจากรังสีบางส่วนจะถูกวัสดุดูดกลืน (absorption) และเปลี่ยนแปลงไปเป็นพลังงานความร้อนภายในตัววัสดุ บางส่วนเกิดการกระเจิง (scattering) ทำให้รังสีมีทิศทางแตกต่างจากทิศทางของรังสีจากแหล่งกำเนิดแสดงดังรูปที่ 2.1 (นัสตยา และภาวดี, 2555)



ภาพที่ 2.1 การสูญเสียของรังสีอินฟราเรดเมื่อมีการกระทบกับวัตถุ

ที่มา: สุทธิชัย (2550)

### 2.2.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง

กระบวนการทำแห้งในอาหารโดยทั่วไป มีปัจจัยหลายประการที่ทำให้การอบแห้งนั้นเกิดได้เร็วและช้า ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้ (นิธิยา, 2543)

**1. ลักษณะธรรมชาติของอาหาร** อาหารที่มีลักษณะเป็นรูปพรุนมากๆ จะมีอัตราการอบแห้งเร็วกว่าอาหารที่ไม่มีรูปพรุน นอกจากนั้นพื้นที่ผิวของอาหารมีผลต่ออัตราการอบแห้งมาก อาหารที่มีพื้นที่ผิวมากๆ การอบแห้งก็จะทำได้เร็ว

**2. ขนาดและรูปร่างของอาหาร** การอบแห้งส่วนใหญ่จะคำนึงถึงเฉพาะความหนาของอาหาร เนื่องจากอัตราการอบแห้งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร ยิ่งอาหารมีความหนามากขึ้น การอบแห้งก็จะเกิดได้ช้าลง

**3. ปริมาณอาหาร** อาหารที่ใส่ในเครื่องอบแห้งและการจัดเรียงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งการใส่ปริมาณอาหารมากเกินไปในเครื่องอบแห้งจะทำให้การอบแห้งทำได้ไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะบริเวณช่วงกลางๆ น้ำจะระเหยออกได้ไม่ดี ความร้อนเข้าไปไม่ค่อยถึง ยิ่งถ้าจัดเรียงไม่ดีแล้ว จะทำให้อัตราการอบแห้งเกิดได้ช้ามาก

**4. ปริมาณความชื้นสมดุล** เมื่อทำการอบแห้งโดยใช้อากาศที่สภาวะคงที่ ความชื้นของผลผลิตจะลดต่ำลงจนถึงจุดๆ หนึ่ง ซึ่งผลผลิตมีค่าความชื้นคงที่หรือความชื้นในผลผลิตมีความดันไอของอากาศที่อยู่รอบๆ เรียกความชื้นนี้ว่า “ปริมาณความชื้นสมดุล” ค่าปริมาณความชื้นสมดุลจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลผลิต อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

**5. คุณสมบัติอากาศชื้น** อากาศชื้นประกอบด้วย อากาศแห้งและไอน้ำ โดยปกติจะใช้เป็นตัวกลางในกระบวนการอบแห้ง ส่วนอากาศที่ไม่มีไอน้ำอยู่ เรียกว่า “อากาศแห้ง”

**6. ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ** ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วม ความชื้นของอากาศเป็นสิ่งสำคัญ การระเหยนํ้าออกจะทำได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความชื้นของอากาศ และความเร็วม

**7. ความดันที่เกี่ยวข้องเนื่องกับการระเหยของน้ำ** เนื่องจากที่ความดันต่ำๆ น้ำจะเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำลง ดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันจะทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น

### 2.2.6 การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง

การอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับธรรมชาติของอาหารและสภาวะที่ใช้ในการอบแห้งดังนี้ คือ (สุทธิชัย, 2550)

**1. การหตตัว** ตัวอย่างอาหารมีการเสียน้ำทำให้เซลล์หตตัวจากผิวนอกส่วนที่แข็งจะคงสภาพอยู่ได้ ส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป อาหารที่มีน้ำมากจะหตตัวแล้วบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะหตตัว น้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้าๆ

**2. การเปลี่ยนสีหลังจากอบ** การแปรรูปผลไม้ที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการต่าง ๆ ส่งผลต่อ สีของ ตัวอย่างอาหารเข้มข้น เนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมี การเกิดสีน้ำตาล อุณหภูมิและช่วงเวลาที่ อาหารมีความชื้น ร้อยละ 10-20 ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิสูงในการอบในช่วงความชื้นนี้ การ แก้ปัญหาควรมีการอบแห้งแบบสุญญากาศ เพื่อลดอุณหภูมิในการทำแห้งและลดระยะเวลาในการอบด้วย

**3. การสูญเสียความสามารถในการคั้นสภาพของอาหาร** อาหารแห้งบางชนิดต้องนำมาคั้นสภาพ แต่การคั้นสภาพ โดยการเติมน้ำจะไม่ได้สภาพเหมือนเดิม เพราะเซลล์อาหารเสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ และโปรตีนเสียความสามารถในการดูดน้ำ อาหารที่ทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็งจะมีความสามารถในการคั้น สภาพที่ดีที่สุด เพราะไม่ได้ให้ความร้อนที่จะทำให้ลายผนังเซลล์หรือเปลี่ยนโครงสร้างของโปรตีน

**4. การเกิดเปลือกแข็งบนผิวของอาหาร** กระบวนการแปรรูปโดยการอบแห้งมีข้อเสียและปัญหา ค่อนข้างจะมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในการทำการอบแห้งที่มีอุณหภูมิที่สูงจะทำให้ผิวของผลไม้มี ลักษณะแข็งแต่ข้างในยังมีความชื้นสูงอยู่ ซึ่งปัญหานี้เกิดได้จากในช่วงแรกให้น้ำระเหยเร็วเกินไปจน น้ำด้านในเนื้อผลไม้ เคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน ทำให้สารละลายของน้ำตาลโปรตีนเคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิว สามารถหลีกเลี่ยงโดยไม่ใช้อุณหภูมิสูงและใช้อากาศที่มีความชื้นสูง เพื่อไม่ให้ผิวอาหารแห้งก่อนเวลาอันควร

**5. การเสียคุณค่าทางอาหารและสารระเหย** เกิดจากการเสื่อมสลายของวิตามินซี (vitamin C) และ แคโรทีน (beta carotene) จากปฏิกิริยาออกซิเดชันไรโบฟลาวิน (riboflavin oxidation reaction) จากแสงไทอะมิน (thiamine) จากความร้อน ยิ่งใช้เวลาทำแห้งนานการสูญเสียก็ยิ่งมาก โปรตีนมีการสูญเสีย บางส่วนด้วยความร้อนเช่นกัน การสูญเสียสารระเหยเนื่องจากความร้อนทำให้กลิ่นของอาหารแห้งลด น้อยลงหรือแตกต่างไปจากเดิม

**6. การเกิดสีน้ำตาลหรือความเสียหายเนื่องจากความร้อน** การอบแห้งทำให้มีการสูญเสียน้ำใน ตัวอย่างอาหาร และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีของอาหาร เนื่องจากมีการเกิดสีน้ำตาลจากการให้ ความร้อนจนไหม้ บางครั้งเป็นความต้องการของผู้บริโภค ได้แก่ การเกิดสีน้ำตาลไหม้บนผิวหน้าขนมปังอบ การเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้นส่งผลต่อการให้เกิดกลิ่น รส ความสามารถในการคั้นตัวและปริมาณกรด แอสคอร์บิก (ascorbic acid) ลดลงไปด้วยเนื่องจากเป็นวิตามินที่มีการสูญเสียได้ง่าย เมื่อได้รับความร้อนสูง การเกิดสีน้ำตาลโดยประเมนจากอุณหภูมิและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นด้วย เช่น อาหารที่มีความไวต่ออุณหภูมิอาจจะทนอุณหภูมิได้สูงถึง 33 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่านี้ได้ เพียง 2-3 วินาที โดยไม่เกิดความเสียหาย แต่สามารถสังเกตเห็นสีน้ำตาลนี้ได้ถ้าหากใช้เวลานาน 8-10 ชั่วโมง ที่ 49

องศาเซลเซียส อัตราการเกิดสีน้ำตาลยังขึ้นกับปริมาณความชื้นในอาหารปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ในระบบที่ซับซ้อนที่มีสารละลายอย่างเจือจาง แต่ถ้าสารละลายนี้เข้มข้นขึ้น อันเนื่องมาจากการอบแห้ง ปฏิกิริยาจะเกิดอย่างรวดเร็ว ในกระบวนการอบแห้งอัตราการเกิดสีน้ำตาลจะสูงสุดที่ความชื้นอยู่ระดับปานกลางคือ ในช่วงระหว่าง ร้อยละ 15–20 เมื่ออาหารมีลักษณะแห้งอย่างสมบูรณ์การเกิดสีน้ำตาลจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ การอบแห้งที่มีความชื้นประมาณ ร้อยละ 1–2 จะสามารถเก็บได้เป็นเวลานาน แม้ว่าจะเก็บที่อุณหภูมิสูงแต่ปฏิกิริยาการเสื่อมเสียอื่นๆ เช่น การเกิดกลิ่นหืนจะกลายเป็นปัจจัยจำกัดของการเก็บอาหารนี้

## 2.3 ผลิภัณฑ์น้ำลูกหยีพร้อมดื่มและน้ำลูกหยีเข้มข้น

การผลิตน้ำลูกหยีในระดับอุตสาหกรรมอาหารจัดเป็นกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารจากผลิตผลทางการเกษตร (agro Industry) ก่อให้เกิดผลเชื่อมโยงยังอุตสาหกรรมอื่นๆ โดยมีผลเชื่อมโยงไปข้างหลัง (backward linkage) ถึงภาคการเกษตร ได้แก่ การปลูกผลไม้ต่าง ๆ และมีผลเชื่อมโยงไปข้างหน้า (forward linkage) ถึงอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์และการขนส่ง เป็นต้น ปัจจุบันการผลิตน้ำผลไม้โดยตรงอย่างจริงจังมากขึ้นโดยมีน้ำสับปรดเป็นน้ำผลไม้ที่ถือเป็นผลิตภัณฑ์หลัก ส่วนน้ำผลไม้ประเภทอื่นๆ นั้น เริ่มมีการผลิตกันอย่างต่อเนื่องมากขึ้นเป็นที่สังเกตว่าน้ำผลไม้เป็นที่นิยมของตลาดต่างประเทศมากกว่าภายในประเทศ ซึ่งจะเห็นได้จาก การที่มูลค่าการส่งออกโดยเฉลี่ย ในช่วงปี 2532-2536 สูงถึงประมาณปีละ 2,193.16 ล้านบาท โดยเป็นการส่งออกน้ำสับปรดมากที่สุด ส่วนตลาดภายใน ประเทศนั้นก็นับได้ว่าเริ่มมีอัตราการเติบโตที่สูงขึ้น เนื่องจากพฤติกรรมผู้บริโภคที่หันมานิยมเครื่องดื่ม เพื่อสุขภาพมากขึ้น ทั้งนี้จะสังเกตได้จากการที่อัตราการเติบโตของการบริโภคน้ำผลไม้ภายในประเทศ โดยรวมในปี 2536 ที่ผ่านมานั้นอยู่ในระดับที่สูงประมาณ ร้อยละ 25 และคาดว่าในปี 2537 อัตราการเติบโตถึงประมาณ ร้อยละ 50 ทั้งนี้เป็นที่คาดว่า การผลิตน้ำผลไม้เพื่อการบริโภคภายในประเทศจะยังคงเติบโตต่อไปอีกเรื่อย ๆ ในอนาคตตามความต้องการของตลาดที่กำลังขยายตัวเพิ่มสูงขึ้น (สมคิด, 2537)

### 2.3.1 ประเภทน้ำผลไม้

น้ำผลไม้ที่มีจำหน่ายในปัจจุบันสามารถแบ่งประเภทน้ำผลไม้เป็น 3 ประเภท โดยใช้เกณฑ์ของแหล่งของน้ำผลไม้ที่เป็นของแท้ การดัดแปลง และการใช้น้ำผลไม้เทียม แสดงได้ดังนี้ (ไพโรจน์, 2535)

### 2.3.1.1 เครื่องตีม้น้ำผลไม้แท้นิตพร้อมตีมและชนิดเข้มขัน

เครื่องตีมประเภทน้ำผลไม้แท้นิตพร้อมตีมจัดเป็นเครื่องตีม้น้ำผลไม้ที่ไม่มีการเจือจางด้วยน้ำของเหลวทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบได้จากผลไม้จริง ๆ นอกจากนี้ยังไม่มีการปรุงรสชาติ กลิ่น หรือ สี อื่นลงในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ซึ่งที่มีการผลิตจะมีทั้งที่ใส และข้น ทั้งนี้ขึ้นกับชนิด สายพันธุ์ของผลไม้ที่ตามธรรมชาติของวัตถุดิบ และกรรมวิธีการผลิต เช่น น้ำส้ม น้ำสับปะรด และน้ำองุ่น เป็นต้น เครื่องตีม้น้ำผลไม้แท้นิตเข้มขันเป็นเครื่องตีมที่มีความเข้มขันสูงต้องผสมกับน้ำก่อนการบริโภค โดยหลักการที่เครื่องตีม้น้ำผลไม้แท้นิตพร้อมตีมเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูงทำให้มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity;  $a_w$ ) สูง ก่อให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ ทั้งจากเชื้อแบคทีเรีย และยีสต์ ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทนี้เพื่อให้มีการเก็บรักษาที่ยาวนานจึงเกิดขึ้นโดยใช้หลักการลดปริมาณน้ำ เพื่อลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ดังกล่าวเพื่อแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น เมื่อต้องการตีม้น้ำผลไม้เข้มขัน สามารถนำมาเติมน้ำในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการบริโภคต่อไป ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เช่น น้ำส้มเข้มขัน น้ำสับปะรดเข้มขัน และน้ำองุ่นเข้มขัน เป็นต้น

### 2.3.1.2 เครื่องตีม้น้ำผลไม้ดัดแปลง

เครื่องตีมประเภทนี้ได้จากการนำน้ำผลไม้ปรุงรส โดยการใช้หลักการที่ว่าต้องการกลิ่นและรสชาติของผลไม้ที่มีปริมาณน้ำน้อยในธรรมชาติของมัน การนำมาผลิตเป็นน้ำผลไม้แท้นิตยอมกระทำได้ หากเพราะมีปริมาณน้ำที่ต้องการน้อยมาก และถ้าต้องการทำก็เป็นการสิ้นเปลืองวัตถุดิบ ดังนั้นจึงต้องมีการเติมน้ำลงไป ในปริมาณที่เหมาะสม และทำการผสมให้เข้ากันดี อาจจะมีการให้ความร้อนเพื่อเป็นการสกัดกลิ่นจากวัตถุดิบ บางกรณีอาจมีการเติมเอนไซม์ด้วย แล้วผ่านการบีบคั้น ทำให้น้ำผลไม้ออกมาแล้วทำการปรุงรส โดยการเติมน้ำตาล และกรดอินทรีย์ที่สามารถบริโภคได้ เพื่อเพิ่ม กลิ่น รสชาติของความหวานและเปรี้ยว ให้แก่ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว อาจจะมีการแต่งสีโดยการเติมสีผสมอาหาร นอกจากนี้ยังอาจมีการเติมสารกันเสียลงไปอีกด้วยแต่ต้องอยู่ในปริมาณที่กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ในอาหารเท่านั้น เช่น การผลิตน้ำกระเจียบ น้ำมะยม น้ำมะขาม เนกตาร์น้ำผลไม้ (fruit nectar) ชนิดต่าง ๆ เนกตาร์จะต้องประกอบด้วย น้ำผลไม้แท้นิตอย่างน้อย ร้อยละ 40 มีค่าความหนืด ไม่ควรน้อยกว่า 30 วินาที น้ำผลไม้ดัดแปลงสควอช (squash) ชนิดต่างๆ สควอชจะมีลักษณะ คล้ายเนกตาร์ แต่มีองค์ประกอบของน้ำผลไม้ไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 25 ความข้นของเครื่องตีม สควอช จะน้อยกว่าเนกตาร์ มีปริมาณของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 40 มีความเป็นกรด อยู่ในช่วง ร้อยละ 1.2-1.5 อาจมีการเติมสารกันเสีย เช่น โซเดียมเบนโซเอท (sodium benzoate) ร้อยละ 0.1 หรือ 1000 พีพีเอ็ม (part per million; ppm) น้ำผลไม้คอร์ดียาล (cordial) คอร์ดียาล มีลักษณะคล้ายๆเครื่องตีมสควอชต่างที่เรื่องความใส เครื่องตีมคอร์ดียาลจะมีความใสมากกว่า

เครื่องตีประเภนี้ เป็นเครื่องตีผสมของน้ำผลไม้ ที่มีความเข้มข้นของน้ำผลไม้ ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 25 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 30 ความเป็นกรดค่อนข้างสูง ประมาณร้อยละ 1.2-2.5 เก็บรักษาด้วยสารกันเสียประเภทโซเดียมหรือโปแตสเซียมเบนโซเอท (sodium/potassium benzoate) ไม่เกิน 1000 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักตัวอย่าง 1 กิโลกรัม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 พ.ศ.2527

### 2.3.1.3 น้ำผลไม้เทียมชนิดพร้อมดื่มและชนิดเข้มข้น

น้ำผลไม้ประเภนี้จัดเป็นเครื่องดื่มที่พยายามทำการเลียนแบบน้ำผลไม้แท้ โดยการนำน้ำมาทำการผสมกับน้ำตาล กรดอินทรีย์ และสีที่บริโภคได้ในสัดส่วนที่ต้องการและทำการเติมสารให้กลิ่นของผลไม้แล้วแต่ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ กลิ่นดังกล่าว อาจเป็นกลิ่นสังเคราะห์ หรือกลิ่นที่สกัดมาจากผลไม้โดยตรงก็ได้

## 2.3.2 คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำผลไม้

คุณสมบัติของน้ำผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปเป็นน้ำผลไม้ประเภทต่าง ๆ ควรมีคุณสมบัติที่กำหนดไว้ เพื่อสามารถช่วยในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น และสามารถเลือกวิธีการแปรรูปให้มีความเหมาะสมกับชนิดและประเภทของน้ำผลไม้ ดังนี้ (มณฑาทิพย์, 2538)

**2.3.2.1 ความเป็นกรด (acidity)** ความเป็นกรดของอาหารเกิดจากกรดอินทรีย์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากที่สุดของน้ำผลไม้ มักมีปริมาณกรดสูง จึงทำให้น้ำผลไม้มีค่าพีเอช (Potential of Hydrogen ion; pH) ในช่วง 2.0-4.5 มีผลทำให้มีรสชาติเปรี้ยว โดยทั่วไปมีความสำคัญทำให้อาหารมีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น และการคงตัวของน้ำผลไม้ ได้แก่ กรดซิตริก (citric acid) กรดทาร์ทาริก (tartaric acid) กรดมาลิก (malic acid) และวิตามินซี (vitamin C) เป็นต้น

**2.3.2.2 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity;  $a_w$ )** ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ในตัวอย่างของน้ำผลไม้มีบทบาทสำคัญต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ น้ำผลไม้โดยเฉพาะน้ำผลไม้เข้มข้นมีปริมาณน้ำตาลสูงอยู่ในช่วง ร้อยละ 40-65 ทำให้มีค่า วอเตอร์แอคทิวิตีต่ำกว่า 0.90 หรือต่ำกว่าขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำผลไม้แต่ละชนิด

**2.3.2.3 สารอาหาร** น้ำผลไม้ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตปริมาณค่อนข้างสูง จัดเป็นน้ำตาลประเภทย่อยง่าย เช่น กลูโคส (glucose) ฟรุคโตส (fructose) และเพนโทน (pantone) เป็นต้น น้ำ

ผลไม้พอลิแซ็กคาไรด์ประเภทเพกทิน (pectin) เป็นสารช่วยทำให้ลดอาการท้องเสียได้ และมีกรดอินทรีย์ปริมาณสูงสามารถแปรเปลี่ยนได้ ส่งผลต่อค่าพีเอช ซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนที่ดีของเชื้อยีสต์และรา ภายใต้สภาวะที่มีอากาศ และไนโตรเจนแต่เพียงเล็กน้อย ร้อยละ 0.05-0.15 ประมาณร้อยละ 60 ของไนโตรเจนอยู่ในรูปกรดอะมิโนอิสระ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น โพแทสเซียม (potassium) ค่อนข้างสูง แล้วยังมีปริมาณของแคลเซียม (calcium) ฟอสฟอรัส (phosphorus) คลอรีน (chlorine) ซัลเฟอร์ (sulfur) และโซเดียม (sodium) มีปริมาณปานกลางขณะที่ธาตุเหล็ก และคอปเปอร์ (copper) พบในน้ำผลไม้เล็กน้อยแต่มีประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งในน้ำผลไม้มีวิตามินซีค่อนข้างสูง ผลไม้บางชนิดมีปริมาณวิตามินซี อยู่ในช่วง 1-3000 มิลลิกรัม/100 กรัม แต่น้ำผลไม้บางชนิดต้องเติมวิตามินซีเสริมลงไปเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารและมีการปรับแต่งกลิ่นรส รสชาติ ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและมีการทำให้เกิดความคงตัวของสีในตัวอย่างน้ำผลไม้

### 2.3.3 การใช้ความร้อนในการแปรรูป

การใช้ความร้อนเป็นวิธีที่สำคัญที่สุดวิธีหนึ่งในการแปรรูปอาหาร ทั้งนี้เพื่อให้อาหารมีคุณภาพการบริโภคตามความต้องการ โดยทั่วไปเราจะบริโภคอาหารในรูปที่ผ่านความร้อนแล้วการใช้ความร้อนเป็นวิธีในการถนอมรักษาอาหาร โดยวัตถุประสงค์หลักเพื่อยับยั้งการเน่าเสียของสารอาหารและการสร้างสารพิษจากจุลินทรีย์ในอาหารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่อยู่ในอาหาร (วิล, 2545) ซึ่งระดับความร้อนสามารถจำแนกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ การให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์ (pasteurization) และการให้ความร้อนระดับสเตอริไลส์ (sterilization)

#### 2.3.3.1 การพาสเจอร์ไรส์

หลักการของการพาสเจอร์ไรส์เป็นกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก ซึ่งใช้อุณหภูมิประมาณ 72-84 องศาเซลเซียส ตามความเหมาะสมของน้ำผลไม้และค่าพีเอชของน้ำผลไม้ โดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และการทำลายจุลินทรีย์ที่มีความทนทานต่อความร้อนต่ำ เช่น แบคทีเรียพวกที่ไม่สร้างสปอร์ ยีสต์ และรา (ทนง, 2540) การพาสเจอร์ไรส์เป็นการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่แต่ไม่ใช่จุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร วัตถุประสงค์หลักในการพาสเจอร์ไรส์อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำคือ การทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ขณะที่น้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูงคือการทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ เวลาและอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรส์ขึ้นอยู่กับความทนทานความร้อนของเซลล์จุลินทรีย์หรือเชื้อโรคที่ต้องการทำลายและความไวต่อความร้อนของผลิตภัณฑ์ (วิล, 2545) ดังนั้น

อาหารที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้วต้องเข้าสู่กระบวนการต่อไปหรือการเก็บรักษาในสภาวะที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ เช่น การเก็บรักษาน้ำผลไม้พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส

การพาสเจอร์ไรส์ต้องคำนึงถึงอุณหภูมิและระยะเวลา และค่าพีเอช การแบ่งกลุ่มอาหารตามค่าพีเอชสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ โดยพีเอช มากกว่า 4.5 กลุ่มอาหารที่มีความเป็นกรดหรือกลุ่มอาหารที่มีความเป็นกรดปานกลางโดยมีค่าพีเอช อยู่ระหว่าง 3.7-4.5 และกลุ่มอาหารที่มีความเป็นกรดสูง โดยมีค่าพีเอช น้อยกว่า 3.7 (Ramaswamy and Chen, 2002)

ประเภทของการพาสเจอร์ไรส์ แบ่งเป็น 2 ประเภท ตามระบบให้ความร้อนคือ (วิไล, 2545)

1. วิธีใช้ความร้อนต่ำ-เวลานาน (low temperature long time: LTLT) เป็นระบบที่ให้ความร้อนไม่สูงมากนักแต่ใช้เวลานาน เช่น การใช้อุณหภูมิ 79 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แล้วทำให้เย็นทันที เป็นวิธีที่ง่ายและสามารถทำได้ในครัวเรือน (ทนง, 2540) แต่อย่างไรก็ตามยังคงต้องมีการเก็บรักษาของอาหารที่อุณหภูมิต่ำเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโต

2. วิธีใช้ความร้อนสูง-เวลาสั้น (high temperature short time: HTST) เป็นระบบที่ให้ความร้อนในระดับที่สูงขึ้นแต่ใช้เวลาสั้นลง เช่น อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที แล้วทำให้เย็นลงโดยทันที มักทำเป็นระบบต่อเนื่องโดยให้อาหารต่อเนื่อง เช่น นำนม น้ำผลไม้ ไหลผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนในช่วงเวลาที่กำหนดตามชนิดของผลิตภัณฑ์ (ทนง, 2540)

สำหรับน้ำผลไม้ที่มีพีเอช ต่ำกว่า 4.5 ซึ่งเป็นสภาพที่สปอร์ของจุลินทรีย์เป็นอันตรายไม่สามารถเจริญเติบโตได้ การใช้อุณหภูมิ 71.1-78.9 องศาเซลเซียส เวลา 15 วินาที เพียงพอต่อการทำลายเชื้อแบคทีเรีย ราและยีสต์ได้ ในโรงงานน้ำผลไม้แบบใหม่จะใช้พาสเจอร์ไรส์แบบต่อเนื่องเรียกว่า “แฟลชพาสเจอร์ไรส์” (flash pasteurization) โดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงประมาณ 82.2-90.6 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วินาที แล้วทำให้เย็นลงทันที วิธีการนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของน้ำผลไม้น้อยมาก (ทนง, 2540)

วิธีการพาสเจอร์ไรส์น้ำผลไม้ สามารถแบ่งได้ 2 วิธี คือ

1. การพาสเจอร์ไรส์อาหารที่ผ่านการบรรจุแล้ว เป็นการพาสเจอร์ไรส์หลังการบรรจุอาหารลงภาชนะ โดยบรรจุน้ำผลไม้ลงในขวด ปิดผนึก แล้วให้ความร้อนโดยใช้อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แล้วลดอุณหภูมิลง

2. การพาสเจอร์ไรส์อาหารก่อนการบรรจุ อาจทำให้การพาสเจอร์ไรส์น้ำผลไม้ที่อุณหภูมิ 85-95 องศาเซลเซียส แล้วคงอุณหภูมินี้ไว้ไม่กี่นาทีแล้วลดอุณหภูมิเหลือเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส บรรจุในภาชนะและปิดผนึกคว่ำกระป๋องลงเพื่อฆ่าเชื้อที่ส่วนผานาน 1-2 นาที แล้วลดอุณหภูมิลงโดยเร็ว

### 2.3.3.2 ผลของการพาสเจอร์ไรส์ต่อคุณภาพของน้ำผลไม้

การพาสเจอร์ไรส์เป็นกระบวนการที่เป็นการใช้ความร้อนที่ไม่สูงมากนักจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านโภชนาการและประสาทสัมผัสของอาหารน้อยมาก โดยวิธีนี้สามารถยืดอายุของผลิตภัณฑ์ไปได้หลายวันหรือหลายอาทิตย์ (วิไล, 2545)

Paris (1998) ศึกษาคุณภาพของน้ำส้มภายหลังการใช้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 75 และ 98 องศาเซลเซียส นาน 10 วินาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า การใช้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส มีผลให้น้ำส้มมีความข้นคงตัวไม่แยกชั้นตกตะกอนได้ดีกว่าการใช้อุณหภูมิที่ระดับ 75 องศาเซลเซียส เคยมีการรายงานโดย Yeom *et al.* (2000) ศึกษาคุณภาพของน้ำส้มภายหลังการใช้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์โดยการให้น้ำส้มไหลผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนที่อุณหภูมิ 94.6 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าน้ำส้มมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ  $6 \log$  (cfu/ml) และหลังการแปรรูป พบว่า มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงน้อยกว่า  $1 \log$  (cfu/ml) ตลอดระยะเก็บรักษานาน 112 วัน เมื่อพิจารณากิจกรรมของเอนไซม์เพคตินเมทิลเอสเทอเรส (pectin methyl esterase) พบว่า ภายหลังการพาสเจอร์ไรส์มีผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ลดลง ร้อยละ 98 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส้ม นอกจากนี้ น้ำส้มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์จะมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ลดลง แต่มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นหลังจากการเก็บรักษานาน 28 วัน

## 2.4 ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบมีรูปแบบของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับใช้อมหรือเคี้ยว ที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก เนื้อผลไม้ และอาจมีส่วนประกอบอื่น ๆ ได้แก่ กัม (gum) ประเภทต่างๆ เพื่อปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยหรือไม่ก็ได้และน้ำตาลที่ใช้ น้ำตาลทราย กลูโคสไซรัป (glucose syrup) มาหวานจนเหนียวได้ที่ แล้วทำให้เป็นรูปร่างตามต้องการของผู้ผลิต อาจปรุงแต่งสี กลิ่นรส หรือเนื้อสัมผัสด้วยส่วนประกอบอื่นที่เหมาะสม เช่น เกลือ กะทิ ถั่วลิสงด้วยก็ได้ ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดได้เริ่มมีมาตั้งแต่เมื่อสองพันปีก่อนคริสตกาล ชาวอียิปต์เป็นชาติแรกที่มีศิลปะในการทำผลิตภัณฑ์และประดิษฐ์เครื่องมือขึ้นมาใช้ ซึ่งผลิตภัณฑ์ชนิดแรกที่ผลิต ขึ้นมาเรียกว่า สวีทมีทส์ (sweetmeats) ทำจากการนำผลไม้แห้ง (nut) สมุนไพรรสหวาน และเครื่องเทศ มาผสมกับน้ำผึ้ง ต่อมาชนชาติกรีก (Greece) ได้นำแป้งเปียกมาช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงรูปมากขึ้น สิ่งที่ให้ รสหวานในสมัยแรกนั้นจะเป็นน้ำผึ้ง เนื่องจากยังไม่มีการผลิตน้ำตาลทรายและส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์เหล่านี้ก็มีไม่มาก (สุวรรณา, 2543) และปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตลูกกวาดมีการแพร่หลายมีระดับการผลิตตั้งแต่ขนาดเล็กขนาดตั้งแต่การผลิตภายในครัวเรือนจนอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ลูกกวาดที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลักมีอายุการเก็บ

รักษาที่ยาวนาน โดยไม่ต้องทำการแช่เย็น และสามารถวางขายในตลาดได้คราวละหลายปี (Edwards, 2000)

#### 2.4.1 ผลิตรภัณฑ์ลูกกวาดสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม ดังนี้ (เกศรินทร์, 2555)

1. ชูก้า คอนฟัก ทีโอนารี (sugar confectionery) เป็นผลิตรภัณฑ์ที่ทำจากน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ รวมถึงผลิตรภัณฑ์ที่เคลือบด้วยน้ำตาล เช่น ลูกอมขนมหวานชนิดแข็ง (high boiled sweet) ทอฟฟี่ (toffee) ฟัดจ์ (fudge) ฟองดอง (fondant) และ เยลลี่ (jellies) เป็นต้น
2. ช็อกโกแลต คอนฟัก ทีโอนารี (chocolate confectionery) เป็นผลิตรภัณฑ์ที่ทำจากช็อกโกแลต ทั้งในรูปแท่งหรือแผ่น และรวมถึงพวกที่เคลือบผิวด้วยช็อกโกแลต
3. เฟลา เออร์ คอนฟัก ทีโอนารี (flour confectionery) เป็นผลิตรภัณฑ์ที่อาจจัดอยู่ในพวกขนมอบ ส่วนใหญ่จะเป็นขนม เค้กชนิดพิเศษ หรืออยู่ในรูปแบบที่แปลกออกไปและอาจรวมถึงบิสกิต (biscuit) ด้วย

#### 2.4.2 ลูกกวาดแบ่งตามลักษณะทางกายภาพได้ 3 ประเภท คือ (เกศรินทร์, 2555)

1. ลูกกวาด (hard candies) เป็นผลิตรภัณฑ์ที่มีลักษณะแข็ง เมื่อเคี้ยวจะแตก อาจมีการสอดไส้ด้วยก็ได้ ซึ่งผลิตโดยการละลายน้ำตาล กลูโคสไซรัป น้ำ นำมาเคี่ยวจนได้ที่ นวดผสมกัน แล้วรีดอัดเป็นเม็ด
2. ขนมเคี้ยว (chewy candies) ได้แก่ คาราเมล (caramel) ที่มีลักษณะนิ่มจนถึงค่อนข้างแข็ง ผลิตโดยการนำน้ำตาลกลูโคสไซรัป น้ำ ไขมัน หรือส่วนประกอบอื่นผสมให้เข้ากันจนมีลักษณะเป็นอิมัลชัน ก่อน จึงนำมาเคี่ยวจนได้ที่ นวดผสม และรีดอัดเม็ด
3. ซอฟต์แคนดี้ (soft candies) ได้แก่ ครีม (creams), ฟัดจ์ (fudges), มาร์ชเมลโล (marshmallow) ผลิตรภัณฑ์จะมีลักษณะนิ่มอ่อนตัวมากกว่าขนมเคี้ยว เนื่องจากมีปริมาณความชื้นมากกว่า (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2550)

ในประเทศสหรัฐอเมริกานิยมใช้คำว่า แคนดี้ (candies) มากกว่าคำว่า คันเฟคเชียนนอรี (confectionery) และสามารถ แบ่งกลุ่มของลูกกวาดตามลักษณะทางกายภาพของผลิตรภัณฑ์ได้ ดังนี้

- 1) ลูกกวาดชนิดแข็ง (hard candies หรือ high boiled sweets) จัดเป็นลูกกวาดที่มีรูปร่างคงที่ แน่นทนตามความต้องการ มีปริมาณความชื้นในผลิตรภัณฑ์ต่ำ ร้อยละ 1 ผลิตรภัณฑ์ที่เกิดจากการเคี้ยว น้ำตาลให้ความเข้มข้นสูงๆ จากนั้นทำให้เย็นตัวลง โดยมีส่วนผสมน้ำตาลอินเวิร์ต (invert sugar) หรือ กลูโคสไซรัป (glucose syrup) เสริมเข้าไปกับน้ำตาลทรายหรืออาจใช้ทั้ง 2 อย่างร่วมกันทั้งนั้นขึ้นกับ คุณสมบัติของผลิตรภัณฑ์ที่ต้องการ สัดส่วน โดยทั่วไปจะประกอบด้วยน้ำตาลทราย 70 ส่วน ผสมกลูโคสไซรัป 30 ส่วน และทำการเคี้ยวให้เข้มข้นในแบบดั้งเดิม แต่ถ้าทำการเคี้ยวภายใต้สุญญากาศจะใช้น้ำตาล

ทราย 60 ส่วน ผสมกลูโคสไซรัป 40 ส่วน ถ้าต้องการให้ลูกกวาดละลายช้าๆ จะใช้สัดส่วนของ กลูโคสไซรัป สูงขึ้น จากลักษณะทางกายภาพของลูกกวาดนี้ยังแบ่งตามลักษณะเนื้อสัมผัส ได้ 2 พวก คือ พวกที่แตกผลึก (grained type) จะมีลักษณะขุ่นขาว เนื่องจากมีฟองอากาศกระจายไปทั่ว และแข็งน้อยกว่าชนิดที่ไม่แตกผลึก (non grained type) ซึ่งจะมีลักษณะโปร่งใส โปร่งแสง และมีความแข็งสูงกว่า สำหรับลูกกวาดแบบที่แตกผลึก นิยมทำในผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า อาฟเตอร์ ดินเนอร์ มินท์ (after dinner mint) และทำเพื่อสอดไส้ด้วยแยม หรือช็อกโกแลตชั้น (chocolate paste) กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีการสอดไส้ 4 เรียกว่า บอน บอนส์ (bonbons)

2) ลูกกวาดแบบเคี้ยว (chewy confections) เป็นลูกกวาดที่มีส่วนประกอบต่างไปจาก ประเภทแรก เนื่องจากมีส่วนของไขมันและของแข็งในนม (milk solid) เข้ามาผสมกับน้ำตาลทรายและ กลูโคสไซรัป แล้วเคี้ยวจนมีความชื้นเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 12-15 จึงทำให้มี ลักษณะไม่แข็งมากนัก ในการอมลูกกวาดประเภทนี้จึงต้องเคี้ยวร่วมด้วย เนื่องจากลูกกวาดชนิดนี้มีลักษณะเหนียวหนึบ และจะต้องมีลักษณะเนื้อสัมผัสเนียน ไม่หยาบ ชนิดของแบะแซหรือกลูโคสไซรัปชนิดนี้จะมีค่าสมมูลเดกซ์โทรส (Dextrose Equivalent; DE) ค่า D.E. เท่ากับ 42 เพราะช่วยให้เนื้อสัมผัสเหมาะกับการเคี้ยวได้ดี (chew ability) ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ ได้แก่ คาราเมลที่ไม่มีผลึก (non grain caramel หรือ chewy caramel) กัม และเยลลี่ทั้งเพกตินเยลลี่ (jelly of pectin) สตาร์ชเยลลี่ (jelly of starch) และเยลลี่จากวุ้น (jelly of agar)

3) ลูกกวาดแบบมีฟองอากาศ (aerated confections) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเคี่ยวน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูง แต่จะไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน ยังคงมี 2 ส่วนผสมกันอยู่คือ ส่วนที่เป็น น้ำเชื่อมหรือของเหลวอื่นๆ ซึ่งมักเรียกว่า เฟสต่อเนื่อง (continuous phase) กับส่วนที่เป็นฟองอากาศหรือฟองก๊าซกระจายอยู่เรียกว่า เฟสกระจาย (disperse phase) ในส่วนนี้ อาจมีผลึกน้ำตาลที่เป็นของแข็งกระจายอยู่ด้วย ผลิตภัณฑ์ในรูปนี้บางสูตรจำเป็นต้องอาศัยสารลดแรงตึงผิว (surface active agent) เข้าช่วยทำหน้าที่ควบคุมความคงตัวของฟอง ก๊าซให้คงสภาพอยู่ และไม่เกิดการรวมตัวขึ้น ความหนืดและลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะขึ้นกับความเข้มข้นของเฟสต่อเนื่อง และขนาดของฟองก๊าซที่กระจายอยู่ ผลของการเติมอากาศ (aeration) จะทำให้ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ลดลงเหลือประมาณ 0.2 ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่า เพราะเมื่อมองด้วยตาจะมีขนาดใหญ่ขึ้นในน้ำหนักที่เท่ากันและยังมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสในแง่ความรู้สึกในปาก (mouth feel) ที่แตกต่างไป อีกทั้งยังมีผลกระทบต่อกลิ่นรสด้วย แต่อายุการเก็บรักษาจะเปลี่ยนไป เนื่องจากผลของปฏิกิริยา ออกซิเดชัน ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ เช่น ช็อกโกแลตที่มีฟองอากาศและมาร์ชเมลโล (อัจฉรา, 2549)

### 2.4.3 ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบต้องการพิจารณาส่วนผสมเบื้องต้นของการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความยอมรับ มีคุณภาพและตรงตามที่ข้อกำหนดของมาตรฐานอาหารอุตสาหกรรม โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ผ่านการผลิตนั้น มีส่วนประกอบหลักแสดงดังรายละเอียดนี้ (เกศรินทร์, 2555; สุวรรณ. 2543)

1. น้ำตาล เป็นสารที่ให้ความหวานในผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ ซึ่งสารให้ความหวานที่อนุญาตให้ใช้ตาม มาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) 236-2521 มีหลายชนิด ได้แก่ น้ำตาลซูโครส (sucrose) น้ำตาลอินเวิร์ต (invert sugar) อินเวิร์ตไซรัป (invert syrup) เดกซ์โทรส (dextrose) ฟรุคโตสไซรัป (fructosesyrup) กลูโคสไซรัป (glucose syrup) และดรายกลูโคสไซรัป (dried glucose syrup)

2. สารเพิ่มความเป็นกรดและควบคุมความเป็นกรดต่าง (acidifying และ pH regulating agents) ในการปรับความเป็นกรด-ต่าง ตามมอก. 263-2521 ได้กำหนดสารที่ใช้เพิ่ม และควบคุมความเป็นกรด-ต่าง ได้แก่ กรดซิตริก (citric acid) กรดมาลิก (malic acid) กรดแลกติก (lactic acid) กรดฟูมาริก (fumatic acid) และเกลือโซเดียม โปตัสเซียมและแคลเซียมของกรดเหล่านี้ โซเดียมและโปตัสเซียมไบคาร์บอเนต (sodium/potassium carbonate)

3. สี กลิ่นรส หรือน้ำผลไม้ จะช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะที่น่ารับประทานเพิ่มขึ้น น้ำผลไม้ที่ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ ต้องเป็นน้ำผลไม้แท้ หรือน้ำที่สกัดได้จากผลไม้ที่ผ่านการกรอง เพื่อให้ใส ปราศจากชิ้นหรือเศษของผลไม้ และอาจทำให้ขึ้นโดยการระเหยน้ำออก และปริมาณน้ำผลไม้หรือน้ำที่สกัดจากผลไม้ที่ใช้ต้องไม่น้อยกว่า ร้อยละ 20 ของน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2521)

4. สารที่ทำให้เกิดเจล ในการผลิตผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ ใช้แบ่งในการทำให้เกิดเจลและขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์โดยใช้แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียวและแป้งดัดแปร ซึ่งแป้งแต่ละชนิดมีองค์ประกอบของปริมาณสัดส่วนของอะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพคติน (amylopectin) ที่แตกต่างกันส่งผลต่อการยึดเกาะและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นั้นแตกต่างกันด้วย

## 2.5 บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแล้วต้องมีการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลูกหยี โดยการพิจารณาองค์ประกอบของอาหารรูปร่างลักษณะภายนอก โดยเลือกบรรจุภัณฑ์ชนิดพลาสติกมีความแข็งแรง ทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ซึ่งบรรจุภัณฑ์พลาสติกทำจาก วัสดุประเภทพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถทำให้ไหล (flow) และหล่อขึ้นรูป (mould) ได้

โดยใช้ความร้อนหรือความดันหรือทั้ง 2 อย่างร่วมกันโดยอุณหภูมิที่ใช้ต่ำกว่าการขึ้นรูปแก้วและโลหะมาก (งามทิพย์, 2550)

### 2.5.1 พอลิเอทิลีน

พอลิเอทิลีน (polyethylene; PE) เป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรมบรรจุ เนื่องจากราคาต่ำ และมีสมบัติทางการบรรจุที่ดีหลายประการ การผลิตพอลิเอทิลีนจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของเอทิลีนมอนอเมอร์ (ethylene monomer) สามารถควบคุมให้มีโครงสร้างแบบกิ่ง หรือเชิงเส้นได้ และสามารถผลิตได้ทั้งโฮโมพอลิเมอร์ (homopolymer) และโคพอลิเมอร์ (copolymer) จะใช้ โคมอนอเมอร์ประเภท แอลคีน (alkene) ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ขึ้นได้แก่ พรอพิลีน (propylene) บิวทิลีน (butylene) เฮกซีน (hexene) หรือ ออกทีนพอลิเอทิลีนที่มีโครงสร้างเชิงเส้นจะเป็นโครงสร้างผลึกมากกว่า พอลิเอทิลีนที่มีโครงสร้างแบบกิ่งโครงสร้างแบบผลึกทำให้ค่าความหนาแน่นสูงขึ้นจุดหลอมเหลวสูงขึ้นความแข็งแรงเชิงกลส่วนใหญ่สูงขึ้น และป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำดีขึ้น พอลิเอทิลีนมีความเฉื่อยต่อสารเคมีค่อนข้างสูง และมีความเป็นขั้วต่ำ ทำให้ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ได้ดี แต่ยอมให้ออกซิเจนซึมผ่านได้ง่ายป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำดีขึ้น (งามทิพย์, 2550) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene ; LDPE) เป็นพลาสติกที่ใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรมบรรจุ ทั้งในรูปวัสดุอ่อนตัว และภาชนะบรรจุคงรูปสมบัติทั่วไปของ LDPE คือ เหนียว โปร่งแสงทนทานต่อแรงดึงขาดได้ดีป้องกันการซึมผ่านของน้ำและไอน้ำได้ดี แต่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนไม่ดี ซึ่งเหมาะสมสำหรับการบรรจุอาหารแช่แข็งมาก เนื่องจาก LDPE ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีแต่ไม่เหมาะกับการบรรจุอาหารร้อนอุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส และไม่เหมาะกับการบรรจุอาหารที่มีไขมันมาก เนื่องจากไขมันจะซึมผ่านพลาสติกนี้ออกมาได้

### 2.5.2 พอลิโพรไพลีน

พอลิโพรไพลีน (polypropylene; PP) เป็นพลาสติกในตระกูลโพลิโอเลฟินส์ (polyolefin) เช่นเดียวกับ พอลิเอทิลีน และมีการใช้มากในอุตสาหกรรมบรรจุ ได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ของมอนอเมอร์พรอพิลีนมีทั้งโฮโมพอลิเมอร์และโคพอลิเมอร์ ซึ่งโฮโมพอลิเมอร์พอลิโพรไพลีน ที่ใช้ทางการบรรจุส่วนใหญ่จะเป็น ไอโซแทกติกพอลิโพรไพลีน (isotactic polypropylene) ผลิตจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของมอนอเมอร์โพรไพลีนโดยใช้ ตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกลอร์-นัตตา (ziegler-natta catalyst) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการจัดเรียงตามที่เป็นระเบียบทำให้เกิดผลึกได้ง่าย พิล์มพอลิโพรไพลีนที่ใช้ในการบรรจุมีทั้งฟิล์มเป่า (blown film) และ ฟิล์มหล่อ (cast film) ถ้าต้องการเพิ่มความใสความ

แข็งแรง และการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซไอน้ำ และไขมัน จะใช้ในรูป (oriented polypropylene; OPP) ซึ่งเหมาะสมการพิมพ์ด้วย จึงนิยมใช้เป็นวัสดุหลักการทำซองบรรจุอาหารแห้ง ขนมขบเคี้ยว และใช้เป็นฟิล์มหดรัดได้ด้วยฟิล์มพอลิโพรไพลีน ไม่เหมาะที่จะใช้บรรจุอาหารแช่เย็นหรือแช่แข็ง เพราะจะกรอบเปราะและเป็นสีขาวขุ่น ซึ่งฟิล์มพอลิโพรไพลีนที่ต้องการความใสมาก ๆ และแข็งแรงขึ้น (งามทิพย์, 2550)

### 2.5.3 ฟิล์มลามิเนต

ลามิเนต (laminate) ตามความหมายใน พจนานุกรม มีความหมายว่า “การทำให้เป็นแผ่นบางๆ ประกอบด้วยชั้นบางๆ” เช่นเดียวกับฟิล์มพลาสติกลามิเนต หมายถึง แผ่นฟิล์มพลาสติกที่ผ่านกระบวนการลามิเนตโดยการนำฟิล์มพลาสติกหลายๆ ชั้นมาเคลือบติดเข้าด้วยกันเป็นฟิล์มแผ่นเดียว หรือการเคลือบฟิล์มพลาสติกเข้ากับวัสดุอื่นๆ เช่น กระดาษหรือโลหะฟอยล์ (aluminum) โดยทำการยึดติดระหว่างชั้นฟิล์มด้วยการใช้ความร้อน หรือใช้กาว (adhesive) โดยฟิล์มลามิเนตจะมีจำนวนชั้นของฟิล์มมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ผลิต (เว็บไซต์ข้อมูลพลาสติกไทย, 2556)

## 2.6 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีส่วนในการถนอมอาหารให้สามารถเก็บได้นานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการเก็บรักษามีวันหมดอายุและเก็บได้ระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น อาหารย่อมมีการเสียสภาพและมีการเปลี่ยนแปลงภายในอาหารเองและมีปัจจัยภายนอกนั้นคือจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโต ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียได้ การเสื่อมเสียของอาหารมีความแตกต่างกันอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร ความชื้น ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น ระยะเวลาการเก็บ อุณหภูมิการเก็บและบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น อาหารประเภทผักและผลไม้ มีส่วนประกอบของ ความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และวิตามิน ในปริมาณที่แตกต่างกัน ส่งผลให้มีค่าพีเอชและค่าออกซิเดชันที่ต่างกัน ทำให้อาหารแต่ละประเภทมีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่เหมือนกันแสดงดังตารางที่ 2.1 โดยพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ (งามทิพย์, 2550)

**ตารางที่ 2.1** อาหารแต่ละประเภทมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน

| ประเภทอาหาร                  | ชนิดของจุลินทรีย์                                                  |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| การเสื่อมเสียของนม           | <i>Micrococcus, Streptococcus, Pseudomonas</i>                     |
| การเสื่อมเสียของผักและผลไม้  | <i>Erwinia, Botrytis, Penicillium, Bacillus, Escherichia</i>       |
| การเสื่อมเสียของน้ำผลไม้     | <i>Escherichia, Clostridium, Lactobacillus, Leuconostoc, ยีสต์</i> |
| การเสื่อมเสียของเมล็ดธัญพืช  | รา (mold) ยีสต์ (yeast)                                            |
| การเสื่อมเสียของอาหารแห้ง    | <i>Bacillus, Clostridium</i> , รา (mold)                           |
| การเสื่อมเสียของอาหารกระป๋อง | <i>Clostridium nigrificans, Desulfotomaculum nigrificans</i>       |

ที่มา: ดัดแปลงจาก พิมพ์เพ็ญและนิธิยา (2556)

**2.6.1 อุณหภูมิ** ช่วงอุณหภูมิที่ตรวจพบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีค่าตั้งแต่ -10 ถึง 80 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์แต่ละชนิดเจริญเติบโตได้ดีเฉพาะช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมเท่านั้น จึงสามารถแบ่งประเภทของจุลินทรีย์ออกได้ 3 ประเภท ตามช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตดังแสดงในตารางที่ 2.2

**ตารางที่ 2.2** ประเภทของจุลินทรีย์แบ่งตามช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต

| กลุ่ม                  | อุณหภูมิ (°C) |         |         |
|------------------------|---------------|---------|---------|
|                        | Minimum       | Optimum | Maximum |
| Obligate Psychrophiles | -10           | 10-15   | 20      |
| Psychrophiles          | -10           | 20-30   | 42      |
| Mesophiles             | 5             | 28-43   | 52      |
| Thermophiles           | 30            | 50-65   | 70      |
| Extreme Thermophiles   | 60            | 80-90   | 100     |

ที่มา: สุจิตรา (2535)

เมื่อจุลินทรีย์อยู่ในรูปที่อุณหภูมิไม่เหมาะสมจะเจริญได้จำกัด เนื่องจากแล็กเฟส (lag phase) จะเพิ่มขึ้น และความชันของเอกซ์โพเนนเชียลเฟส (Exponential phase) จะลดลง

### 2.6.2 ค่าความเป็นกรด-เบส

จุลินทรีย์แต่ละชนิดเจริญเติบโตได้ดี เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีค่าความเป็นกรด-เบสเหมาะสม โดยทั่วไปแบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่เป็นกลาง (พีเอช 6.0-7.5) ยกเว้นบางสายพันธุ์ เช่น *Clostridium pasteurianum*, *Clostridium butyricum* และ *Bacillus coagulans* สามารถเจริญได้ที่ พีเอช 4.0-4.5 สำหรับยีสต์เจริญเติบโตได้ในสภาพที่เป็นกรดและด่าง (พีเอช 2.0-8.5) แต่ส่วนใหญ่จะชอบในสภาพที่เป็นกรดมากกว่า

### 2.6.3 ปริมาณออกซิเจน

จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตเรียก “แอโรบิก ออแกนิซึม” (aerobic organism) ส่วนที่ไม่ต้องการออกซิเจนเรียก “แอนแอโรบิกออแกนิซึม” (anaerobic organism) สำหรับจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ ทั้งในสภาพที่มีหรือไม่มีออกซิเจนเรียก “แฟคคัลเททีฟ ออแกนิซึม” (facultative Aerobic organism) แบคทีเรียที่พบในอาหารจะมีทั้ง 3 ประเภท ยีสต์ส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในที่มีออกซิเจน ยกเว้นบางสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดการหมักจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพไม่มีออกซิเจน ส่วนราจะเจริญเติบโตในที่มีออกซิเจนเพียงพอเท่านั้น ดังนั้นการควบคุมปริมาณออกซิเจนในสภาพแวดล้อมสามารถ ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางสายพันธุ์ได้

### 2.6.4 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้

แบคทีเรียทั่วไปเจริญเติบโตได้ดีในอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (water activity;  $a_w$ ) สูงตั้งแต่ 0.94 ยกเว้นบางสายพันธุ์ เช่น *Micrococcus* และ *Streptococcus* ที่เจริญได้ที่ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ 0.86 และ *Halococcus* เจริญได้ที่ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ 0.75 ยีสต์และราสามารถเจริญได้ที่ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ ต่ำกว่า ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (0.61-0.90) ยกเว้นบางสายพันธุ์ที่เจริญได้ที่ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ 0.60-0.62 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ต่ำสุดที่จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบของผลิตภัณฑ์อาหารจำแนกเป็น 2 ประเภทคือ จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (Spoilage Microorganisms) และจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเป็นโรค (Pathogens) อาหารที่เน่าเสียส่วนใหญ่สามารถสังเกตได้จากกลิ่น รสหรือสีที่ผิดปกติการมีเมือกหรือฟองอากาศ เป็นต้น ซึ่งเป็นอันตรายมากต่อผู้บริโภค

### 2.6.5 ปริมาณจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย

จำนวนจุลินทรีย์มีผลต่อการเน่าเสียของอาหารแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของอาหาร โดยทั่วไปจำนวนจุลินทรีย์ ซึ่งตรวจพบทำให้เกิดสีกลิ่นรสที่ผิดปกติ ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค มีจำนวนประมาณ  $10^6$  -  $10^9$  โคโลนี/กรัม หรือต่อ มิลลิลิตรหรือ ตารางเซนติเมตร แต่ในผลิตภัณฑ์อาหารหมัก (fermented food) จะมีปริมาณจุลินทรีย์สูง เป็นปกติแต่ไม่จัดเป็นการเน่าเสียของอาหาร เพราะทำให้เกิดคุณลักษณะที่ต้องการ ในอาหารในกรณีที่อาหารมีจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) ปริมาณของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดอาการของโรค ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ ซึ่งเรียกว่า แอคแฟกทีฟโดส (infective dose) เชื้อแบคทีเรียก่อโรคบางชนิด เช่น ชิเจลลา (shigella) มีปริมาณจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคต่ำมาก คือ มีแอคแฟกทีฟโดส เพียง 10-100 โคโลนี/กรัมของอาหาร ก็ทำให้เกิดอาการของโรคได้ แต่แบคทีเรียก่อโรคบางชนิดก็มีปริมาณแอคแฟกทีฟโดส สูงถึง  $10^9$  โคโลนี/กรัมของอาหาร

## 2.7 แนวทางการศึกษาทางการตลาด

การตลาดเป็นกิจกรรมที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้บริโภค มีความสัมพันธ์เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการมีความรู้เกี่ยวกับงานการตลาดมากบ้างน้อยบ้าง น่าจะมีประโยชน์ต่อการ ดำรงชีวิตของผู้บริโภคและต่อการประกอบอาชีพเพื่อการดำรงชีวิตได้อย่างเป็นสุข มีข้อมูลสำคัญ 3 ประการ ที่บ่งชี้ให้เห็นความจำเป็นที่จะต้องมีความรู้เรื่องการตลาด คือ (วันทนี, 2552)

1. ต้นทุนการตลาดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในสัดส่วนของค่าใช้จ่ายส่วนบุคคล (personal expenditure) ในการซื้อหาสินค้าอุปโภคบริโภคต่าง ๆ ทุกวันนี้ ต้นทุนการผลิตของสิ่งที่เราซื้อจะน้อยกว่าต้นทุนการตลาด เสื้อตัวหนึ่งต้นทุนของผ้าวัสดุต่าง ๆ ค่าแรงงานเย็บ จนสำเร็จเป็นตัวเสื้อ อาจจะมีต้นทุนเพียง 30 บาท แต่หลังจากนั้นต้องมีค่าขนส่ง ค่าโฆษณา ค่าจ้างพนักงานขาย ส่วนลด ให้คนกลางต่าง ๆ จนขายไป ให้ผู้บริโภคคนสุดท้ายได้ ต้องตั้งราคาขาย 200 บาท เป็นตัวอย่างที่ เห็นได้ว่า เราจ่ายค่าต้นทุนการตลาด มากกว่าต้นทุนการผลิต ในการซื้อหาสินค้าบริการต่าง ๆ ดังนั้น การมีความรู้เกี่ยวกับงานการตลาด จะได้ทำให้เรารู้จักหลีกเลี่ยงในการจ่ายต้นทุน การตลาดที่ไม่จำเป็นได้

2. ในธุรกิจต่าง ๆ กิจกรรมที่เกี่ยวกับการตลาดจะมีไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 30-40 ของงานต่าง ๆ ในกิจการธุรกิจจะเห็นได้ว่า การเรียนการตลาดทำให้หางานทำได้ง่าย แม้แต่เวลาเศรษฐกิจหดตัว นักการตลาด จะเป็นกลุ่มบุคคลที่กิจการจะยุบเลิกหรือลดจำนวนคน น้อยกว่าหน่วยงานอื่น ๆ เป็นหน่วยงานที่หารายได้เข้ามาในกิจการ

3. ความเจริญเติบโตทางการตลาดทำให้สามารถเกิดแรงสนับสนุนด้านสวัสดิการ สังคม ต่าง ๆ ได้เพิ่มขึ้นการเรียนรู้งานการตลาดทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับประโยชน์ที่จะนำไปใช้ สำหรับบุคคลทั่วไป อาจ

ใช้การอ่านหนังสือต่าง ๆ การสอบถามจากผู้รู้ในระดับต่าง ๆ การไปฝึกงานก็ดี การทดลองทำการค้าก็ดี ไปเข้าโรงเรียนหรือสถานศึกษาใด ๆ เพื่อฟังการสอนหรือการอบรมสัมมนา ต่าง ๆ ล้วนเป็นวิธีที่จะทำให้รู้งานการตลาด อาจแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ การเรียนการตลาด ภาควิชา และเรียนภาคปฏิบัติจากประสบการณ์สำหรับผู้อยู่ในธุรกิจ มีหน้าที่จะต้องทำการตัดสินใจต่าง ๆ ในงานที่เกี่ยวกับการตลาด จะมีวิธีศึกษางานการตลาดได้ 4 วิธี คือ

3.1 ศึกษาจากผลิตภัณฑ์ (product approach) เป็นการศึกษารายละเอียดด้านการตลาดจากผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดแต่ละรายการ

3.2 ศึกษาจากสถาบันการค้า (institutional approach) เป็นการศึกษาถึงลักษณะขององค์กร หรือหน่วยงานที่เข้ามาเกี่ยวข้องในระบบการตลาด เช่น ศึกษาเรื่องธุรกิจห้างสรรพสินค้า ร้านอาหาร สะดวกซื้อ หรือกิจการประกันชีวิต เป็นต้น

3.3 ศึกษาจากหน้าที่ทางการตลาด (functional approach) เป็นการศึกษาถึงกลุ่ม กิจกรรมทางการตลาดกลุ่มหนึ่งว่ามีรายละเอียดการปฏิบัติงานอย่างไร เช่น การจัดซื้อ การขนส่ง หรือการคลังสินค้า

3.4 ศึกษาจากภารกิจด้านการตัดสินใจ (decision-making approach) ในฐานะเป็นผู้บริหารระดับสูงขององค์กรธุรกิจหนึ่ง จะต้องทำหน้าที่ในการวางแผนงานล่วงหน้าอยู่เสมอ ดังนั้นจึงต้องเลือกการเรียนรู้งานการตลาด โดยเริ่มต้นมองภาพรวม ๆ ของกิจการ เพื่อค้นหาจุดเฉพาะที่ทำให้เกิดปัญหาในการดำเนินงาน เมื่อค้นพบแล้วจึงค่อยเจาะรายละเอียดของส่วนนั้นๆ เพื่อค้นหาสาเหตุที่แน่ชัด จะได้ตัดสินใจได้ถูกต้อง วิธีที่ 1-3 จะทำให้เสียเวลาที่จะต้องปฏิบัติงานซ้ำๆ หลายๆ ครั้ง เพราะกิจการ ไม่ได้มีสินค้าชนิดเดียว รายการเดียว แต่มีจำนวนชนิดหลากหลาย หรือลักษณะของธุรกิจแต่ละชนิดจะไม่เหมือนกัน จึงต้องเสียเวลาในการศึกษาและค้นหามาก ส่วนการศึกษาตามหน้าที่ในกิจการเดียวกัน ก็จะปฏิบัติงานซ้ำ ๆ กว่าจะครบทุกหน้าที่ในองค์กร ดังนั้น ในกรณีริบด่วนที่กิจการมี ปัญหาต้องแก้ไข รอเวลาไม่ได้หรือเสียค่าใช้จ่ายไม่คุ้ม ผู้บริหารจะต้องเลือกใช้วิธีที่ 4 ให้หน่วยงานต่างๆ สืบสวนในส่วนของตนเอง แล้วรายงานเข้ามาที่หัวหน้าหรือผู้บริหารระดับสูง เพื่อทำการตัดสินใจแต่ทุกวิธีล้วนมีประโยชน์ยิ่ง เมื่อเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ คือการศึกษาจากผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดให้ละเอียด ตั้งแต่การผลิตจนถึงวิธีการจัดจำหน่ายที่เหมาะสมจะนำไปใช้ได้ดีในกรณีที่ต้องการจะออกผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์เก่า การศึกษาจากสถาบัน เหมาะสำหรับใช้ในกรณีที่ต้องการเลือกช่องทางจำหน่ายหรือต้องการจะเปิดกิจการใหม่ การศึกษาจากหน้าที่ทางการตลาด เหมาะสำหรับในกรณีที่กิจการต้องการปรับปรุงโครงสร้างขององค์กร เปลี่ยนแปลงเพิ่มหน่วยงานใหม่ ๆ ขึ้นในกิจการเดิม เพื่อให้เกิดการคล่องตัวเพิ่มขึ้นในการดำเนินงาน เป็นต้น

## บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

### 3.1 ศึกษาข้อมูลวัตถุดิบ องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี และคุณค่าทางโภชนาการลูกหยีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

#### 3.1.1 ศึกษากระบวนการเก็บเกี่ยวและการจัดการลูกหยีดำหลังการเก็บเกี่ยว

1.) ลงพื้นที่ภาคสนามสำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิตลูกหยีดำจากต้น กรณีศึกษา 2 ผู้ประกอบการในพื้นที่จังหวัดยะลา คือ อามานีลูกหยี และแบียกายี ช่วงเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 โดยทำการบินถ่ายภาพ สัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้ประกอบการและผู้รับจ้างขึ้นต้นลูกหยีเกี่ยวกับกระบวนการเก็บเกี่ยวลูกหยี ข้อมูลวัตถุดิบลูกหยี ปริมาณผลผลิตของลูกหยีที่ได้หลังจากเก็บเกี่ยวแต่ละต้น ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวลูกหยีจากต้น การจัดจ้างและราคาของวัตถุดิบลูกหยีดำ

2.) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของลูกหยีก่อนการเก็บเกี่ยวลูกหยีตั้งแต่ช่วงเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 เพื่อทราบระยะเวลาที่เหมาะสมที่สามารถเก็บเกี่ยวลูกหยีได้ พร้อมกับถ่ายภาพการเปลี่ยนแปลงของลูกหยีและสอบถามข้อมูลจากเจ้าของต้นลูกหยีเกี่ยวกับระยะเวลาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลูกหยี

3.) วิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผล สรุปขั้นตอนกระบวนการเก็บเกี่ยวลูกหยีและการจัดการลูกหยีหลังการเก็บเกี่ยว

#### 3.1.2 ศึกษาข้อตำหนิและร้อยละผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวของลูกหยี

1.) ลงพื้นที่จังหวัดยะลาพร้อมกับผู้ประกอบการและผู้รับจ้างป็นต้นลูกหยี โดยลงพื้นที่ในการเก็บผลผลิตลูกหยีจากต้น จำนวน 5 ครั้ง แล้วทำการจัดจำแนกผลผลิตของลูกหยีดำที่ผ่านการเก็บเกี่ยวบรรจุลงในกระสอบพลาสติกของผู้ประกอบการ 2 ราย คืออามานีลูกหยี และแบียกายี ทำการสุ่มตัวอย่างของลูกหยีดำในกระสอบปริมาณ 1 กิโลกรัม จำนวน 3 ซ้ำ จำแนกลูกหยีที่มีตำหนิ เช่น เปลือกแตก การร้าว ตำหนิจากแมลง เชื้อราและอื่น ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของลูกหยี แล้วชั่งตัวอย่างลูกหยี คำนวณร้อยละผลผลิตที่มีคุณภาพและข้อตำหนิต่าง ๆ

2.) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ t-test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำหนักหลังคัดแยกวัตถุดิบที่มีคุณภาพ และน้ำหนักวัตถุดิบที่มีตำหนิจากผู้ประกอบการ 2 ราย หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากต้นลูกหยี

### 3.1.3 ศึกษาการเตรียมผลผลิตก่อนการแปรรูปต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี และทดสอบทางประสาทสัมผัสหลังการเก็บเกี่ยว

1.) น้ำลูกหยีที่ผ่านการตากแดดที่ไม่มีการแกะเมล็ดออกและลูกหยีสดจากผู้ประกอบการ อามานีลูกหยี ตำบลลำใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดยะลา จากต้นลูกหยีหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตภายใน 2 วัน แล้วคัดเกรดและขนาดโดยคัดลูกหยีที่มีตำหนิออก นำเฉพาะลูกหยีสดปริมาณ 300 กรัม บรรจุลงในถาดอลูมิเนียม โดยมี 5 ชุดการทดลองคือ นำไปอบแห้งที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 ( $D_{60}$ ) และ 50 ( $D_{50}$ ) องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 1,400 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง (2 ชุดการทดลอง) และลูกหยีตากแดด ( $S_{50}$ ) นาน 4 ชั่วโมง (1 ชุดการทดลอง) โดยมีการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์ เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนำลูกหยีดังกล่าวมาเปลี่ยนลูกหยีตากจนได้น้ำลูกหยีแดง เปรียบเทียบกับลูกหยีจากที่ได้การศึกษากับลูกหยีจากผู้ประกอบการ (O) และลูกหยีสด (F) (2 ชุดการทดลอง)

2.) แกะเมล็ดโดยใช้มีดแกะสลักกรีดเอาเมล็ดลูกหยีออก นำเนื้อลูกหยีแดงวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี ได้แก่ วัดค่าสี วิเคราะห์ปริมาณความชื้น  $a_w$  ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เยื่อใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน โดยวิธีการ AOAC. (2000)

3.) น้ำลูกหยีที่ได้จากการอบแห้งที่สภาวะต่าง ๆ ที่ผ่านการกะเทาะแล้ว ทดสอบทางประสาทสัมผัสลูกหยีสดและลูกหยีจากผู้ประกอบการเปรียบเทียบกับการใช้นักศึกษาและผู้บริโภคทั่วไปที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จากมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลาและบุคคลในพื้นที่ จำนวน 30 คน โดยใช้วิธี 9 - point hedonic scale (Meilgaard *et al.*, 1999) ได้แก่ สี ความกรอบ กลิ่น ความเปรี้ยว รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

4.) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของชุดการทดลองโดยใช้ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### 3.1.4 ศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมี และคุณค่าทางโภชนาการลูกของลูกหยีสดและลูกหยีที่ผ่านการเตรียมจากผู้ประกอบการในพื้นที่

1.) วิเคราะห์ปริมาณเกลือแร่และวิตามินของลูกหยีแห้งและลูกหยีสดจากผู้ประกอบการในพื้นที่ตำบลลำใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดยะลา ได้แก่ แมกนีเซียม (magnesium) โซเดียม (sodium) ธาตุเหล็ก (iron) แคลเซียม (calcium) โพแทสเซียม (potassium) (วิธีสเปกโตรสโกปีการดูดกลืนแสงของอะตอม

(atomic absorption spectrophotometer method; AAS)) วิตามินซี (AOAC., 2000) วิตามินเอ (AOAC., 2000) และวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอช (DPPH radical scavenging capacity assay) (ดัดแปลงจากวิธีการของ Shimada *et al.*, 1992) และ วิเคราะห์ วิเคราะห์หาปริมาณฟีนอล โดยรวม (total phenolics content; TPC) โดยใช้ folin-ciocalteau reagent (Piljac *et al.*, 2005)

2.) นำลูกหยีสดและลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง (ในท้องตลาด) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัดค่าสี วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC., 2000)  $a_w$  (AOAC., 2000) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (AOAC., 2000) เยื่อใยอาหาร (AOAC., 2000) คาร์โบไฮเดรต (AOAC., 2000) ไขมัน (AOAC., 2000) และโปรตีน (AOAC., 2000) วิเคราะห์ปริมาณเกลือแร่และวิตามิน ได้แก่ แมกนีเซียม (magnesium) โซเดียม (sodium) ธาตุเหล็ก (iron) แคลเซียม (calcium) โพแทสเซียม (potassium) (วิธี atomic absorption spectrophotometer method; AAS) วิตามินซี (AOAC., 2000) วิตามินเอ (AOAC., 2000) และ วิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging capacity assay (ดัดแปลงจากวิธีการของ Shimada *et al.*, 1992) และ วิเคราะห์ total phenolics content โดยใช้ folin-ciocalteau reagent (Piljac *et al.*, 2005)

3.) การวิเคราะห์ปริมาณกรดอินทรีย์ โดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) ดัดแปลงวิธีการวิเคราะห์จาก Agilent Technologies (2012) และการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) ด้วยวิธี Lane and Eynon (AOAC., 2000) วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid; TSS) นำเนื้อลูกหยีสดและเนื้อลูกหยีแห้ง อย่างละ 50 กรัม และผสมกับน้ำ 10 มิลลิลิตร มาโฮโมจีไนซ์ (Homogenizer) จากนั้นไปวัดโดยเครื่อง โดยใช้ hand refractometer (AOAC., 2000) และวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) นำเนื้อลูกหยีสดและเนื้อลูกหยีแห้ง อย่างละ 50 กรัม และผสมกับน้ำ 10 มิลลิลิตร มาโฮโมจีไนซ์ (homogenizer) จากนั้นไป โดยใช้เครื่อง pH meter (AOAC., 2000)

4.) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ ค่า t-test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างวัตถุดิบลูกหยีสดและลูกแห้ง จากผู้ประกอบการ

## 3.2 พัฒนาระบบการเตรียมวัตถุดิบหลังเก็บเกี่ยวอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมรังสีอินฟราเรดและแสงอาทิตย์

### 3.2.1 การศึกษาข้อมูลจากผู้ประกอบการในพื้นที่ 3

1.) การสอบถามข้อมูลทั่วไปและความคิดเห็นของผู้บริโภคในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ (ปัตตานี ยะลา นราธิวาส) เกี่ยวกับการออกแบบเครื่องตู้อบแห้ง ความต้องการของการใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมพลังงานรังสีอินฟราเรด และวิธีการเตรียมลูกหยี

2.) ทดบทเรียนจากการลงพื้นที่ สรุปรูป และสังเคราะห์ข้อมูลในการลงพื้นที่

3.) สร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมอินฟราเรดประดิษฐ์เครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรดขนาดห้องอบแห้งประมาณ  $35 \times 76 \times 68$  ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และหลอดรังสีอินฟราเรด 1 หลอด ขนาด 220 โวลต์ 350 วัตต์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 14 มิลลิเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และพัดลมดูดอากาศจำนวน 4 ตัว ขนาด 12 โวลต์ 0.18 แอมแปร์ ช่องลม 2.2 นิ้ว

### 3.2.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งลูกหยีจากพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรด

#### 3.2.2.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรด

1.) การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพในการอบแห้งในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ นำผลลูกหยีที่เก็บได้ตามพื้นที่ใกล้เคียงนำมากะเทาะเปลือกแล้วชั่งน้ำหนักให้ได้ 1,000 กรัม จากนั้นแยกเป็นกองๆ ละ 100 กรัม นำไปวางในตู้อบแห้งพลังงานความร้อนร่วม จากนั้นอบแห้งภายใต้อุณหภูมิ 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ บันทึกน้ำหนักทุกๆ 10 นาที แล้ววิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงความชื้นในรูปของความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายกับระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งซึ่งความชื้นในวัสดุ

$$M_d = \frac{[w-d]}{d} \times 100$$

เมื่อ  $M_w$  = ความชื้นมาตรฐานเปียก [% w.b.]  
 $w$  = มวลของวัสดุเริ่มต้น [กิโลกรัม]  
 $M_d$  = ความชื้นมาตรฐานแห้ง [% d.b.]  
 $d$  = มวลแห้งของวัสดุ [กิโลกรัม]

2.) วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของเนื้อลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง ทุก ๆ 10 นาที จนมีปริมาณความชื้นสุดท้าย ร้อยละ 8

### **3.2.2.2. ศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งลูกหยีระหว่างการอบแห้งลูกหยีด้วยพลังงานความร้อนร่วม แสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรดกับการอบแห้งลูกหยีด้วยพลังงานจากรังสีอินฟราเรดอย่างเดียว**

1.) นำสภาวะการอบอุณหภูมิที่เหมาะสมจาก 3.2.2.1 นำลูกหยีที่แกะเปลือกแล้วศึกษา โดยการศึกษาคูการทดลอง 1) อบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรด อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 2) อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดอย่างเดียว 60 องศาเซลเซียส โดยนำผลลูกหยีที่เก็บได้ตามพื้นที่ใกล้เคียงนำมาแกะเปลือกแล้วชั่งน้ำหนักให้ได้ 1,000 กรัม จากนั้นแยกเป็นกองๆ ละ 100 กรัม นำไปวางในตู้อบแห้งพลังงานความร้อนร่วม

2.) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC., 2000) ของเนื้อลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง ทุก ๆ 10 นาที จนถึง 60 นาที วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ t-test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของวิธีการดังกล่าว

### **3.2.2.3 การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งระหว่างการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรดกับการตากแห้งแบบเกษตรกรทั่วไป**

1.) นำสภาวะการอบอุณหภูมิที่เหมาะสมจาก 3.2.2.2 นำลูกหยีที่แกะเปลือกแล้วศึกษา โดยการศึกษาคูการทดลอง 1) อบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรดขนาดใช้งานจริง อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 2) กระบวนการอบแห้งของเกษตรกรทั่วไป โดยนำผลลูกหยีที่เก็บได้ตามพื้นที่ใกล้เคียงนำมาแกะเปลือกแล้วชั่งน้ำหนักให้ได้ 1,000 กรัม จากนั้นแยกเป็นกองๆ ละ 100 กรัม นำไปวางในตู้อบแห้งพลังงานความร้อนร่วม และนำลูกหยีตากแดดด้วยกระบวนการอบแห้งของเกษตรกรทั่วไป จนได้ปริมาณความชื้นสุดท้ายร้อยละ 8

2.) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC., 2000) ของเนื้อลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง ทุก ๆ 10 นาที จนถึง 60 นาที วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ t-test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของวิธีการดังกล่าว

### **3.2.2.4 การวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในและภายนอกของเครื่องอบแห้งที่ผลิตขึ้นและการตากแห้งแบบเกษตรกรทั่วไป**

1.) ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมอินฟราเรด และวิธีการตากแดดของเกษตรกร โดยการศึกษา คูการทดลอง 1) อบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรด อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 2) กระบวนการอบแห้งของเกษตรกรทั่วไป โดยนำผลลูกหยีที่เก็บได้ตามพื้นที่ใกล้เคียงนำมาแกะเปลือกแล้วชั่งน้ำหนักให้ได้ 1,000 กรัม จากนั้นแยกเป็น

กองๆ ละ 100 กรัม นำไปวางในตู้อบแห้งพลังงานความร้อนร่วม และนำลูกหยีตากแดดด้วยกระบวนการอบแห้งของเกษตรกรทั่วไป เป็นระยะเวลา 240 นาที จนได้ปริมาณความชื้นสุดท้าย ร้อยละ 8

2.) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC., 2000) ของเนื้อลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง ทุก ๆ 10 นาที จนถึง 240 นาที วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ t-test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของวิธีการดังกล่าว

### 3.2.2.5 การศึกษาลักษณะคุณภาพการอบแห้งด้วยเครื่องแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมพลังงานอินฟราเรด

1.) นำลูกหยีทำการอบแห้งด้วยเครื่องแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมพลังงานอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 นาที (ชุดควบคุมการตากแดด)

2.) นำลูกหยีอบแห้งทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสด้านรสชาติ สี กลิ่น และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบตัวแทนวิสาหกิจชุมชน จำนวน 30 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (ระดับคะแนน 1= ไม่ชอบอย่างยิ่ง, 9= ชอบอย่างยิ่ง) (Meilgaard *et al*, 2007) คุณภาพด้าน สี ความกรอบ กลิ่น ความเปรี้ยว รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

3.) การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของลูกหยีสดและลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง ได้แก่ ค่าสี (AOAC., 2000) ค่า hardness (N) และ ค่า  $a_w$  (AOAC., 2000)

4) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point Hedonic scaling test วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) ทำการคัดเลือกวิธีการเตรียมน้ำลูกหยีที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

### 3.2.3 การปรับปรุงพัฒนาเครื่องอบแห้งเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ได้กำลังการผลิตสูงสุด

1.) การพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องอบจากการทดสอบการใช้งานจริงจากเกษตรกรและผู้ประกอบการ โดยการปรับเพื่อให้เครื่องอบแห้งมีประสิทธิภาพสูงสุดจึงได้ปรับปรุงและพัฒนาการทำงานโดยใช้วงจรควบคุมเพิ่มเติม

2.) ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งของอุณหภูมิภายในและอุณหภูมิภายนอกของเครื่องโดยการวัดอุณหภูมิ และความเข้มแสงอาทิตย์ ที่ระยะเวลา 13 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 6.00-21.00 น.

### 3.2.4 คำนวณพลังงานและข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

การคิดคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับอินฟราเรด ที่สภาวะการอบแห้งที่เหมาะสม ทั้งด้านต้นทุนการผลิตเครื่องการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิต และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

## 3.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ต้นทุนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากลูกหยีเป็นที่ยอมรับทางการตลาดของผู้บริโภค

### 3.3.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำลูกหยีพร้อมบริโภค

#### 3.3.1.1 ศึกษาข้อมูลทางการตลาดคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ และพฤติกรรมของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยี

1.) การศึกษาโดยมีกลุ่มเป้าหมายในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ใช้แบบสอบถามเพื่อสอบถามถึงปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยี ซึ่งมีการสำรวจแบบสอบถาม 2 ส่วน คือ

1.1) การสอบถามข้อมูลทั่วไปและความคิดเห็นของผู้บริโภคในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ (ปัตตานี ยะลา นราธิวาส) และผู้ประกอบการในพื้นที่อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี โดยมีผู้ประกอบการเข้าร่วม 4 ผู้ประกอบการ เกี่ยวกับความต้องการรูปแบบของผลิตภัณฑ์และผลต่อการพิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยี เมื่อมีการพิจารณาแล้วให้คะแนนตามระดับความสำคัญ 1-7 โดยที่ 1 สำคัญน้อยที่สุด 4 สำคัญปานกลาง และ 7 สำคัญมากที่สุด (กัลยา, 2551) ดังนี้ ลักษณะปรากฏสี กลิ่นรสชาติ รูปแบบบรรจุภัณฑ์ ปริมาณที่เหมาะสม เนื้อสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการ ลักษณะปรากฏ ยี่ห้อ ความสะอาด ความปลอดภัยในการบริโภค อายุการเก็บรักษา ความสะดวกในการบริโภค ราคา ความสะดวกในการหาซื้อ ความสะดวกในการพกพา และการโฆษณาผลิตภัณฑ์

1.2) การทดสอบผู้บริโภคนั้นจะใช้ผู้บริโภคมมีการเก็บข้อมูลแบบผสม (mix-methodology) โดยเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามจำนวนทั้งหมด 400 ตัวอย่างและสัมภาษณ์กลุ่ม (focus group) ผู้ประกอบการ โดยมีผู้เข้าร่วม 4 ผู้ประกอบการ พร้อมกันนี้ดำเนินการเก็บแบบสอบถามก่อนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง 100 ชุด ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูล การรับรู้ ทัศนคติและความคิดเห็นของผู้บริโภค

### 1.2.1) ขอบเขตประชากร

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้คือผู้บริโภคมลพิษทางอากาศซึ่งไม่ทราบจำนวนที่แน่นอนผู้ศึกษาจึงได้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณกรณีไม่ทราบขนาดของประชากรโดยใช้สูตรของ Cochran (สัทธ, 2551) ดังนี้

$$n = \frac{Z^2 p (1-p)}{e^2}$$

โดยที่ N แทนจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

Z แทนค่าสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดไว้ (กำหนด Z ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่าเท่ากับ 1.96)

E แทนค่าความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง (ในที่นี้กำหนด  $e = 0.05$ )

P แทนสัดส่วนของประชากรที่บริโภคผลิตภัณฑ์ลูกหยี (เนื่องจากไม่สามารถคาดคะเนสัดส่วนของประชากรได้จึงกำหนดให้  $p = 0.50$ ) เมื่อแทนค่าตัวแปรในสมการจะได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$$n = \frac{(1.96)^2 0.50 (1 - 0.50)}{(0.05)^2}$$

$$n = \frac{0.9604}{0.0025}$$

$$n = 384 \text{ ตัวอย่าง}$$

หมายเหตุ: เพื่อให้สะดวกในการเก็บข้อมูลจึงใช้ผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 400 ตัวอย่าง

### 1.2.2) ขนาดตัวอย่างและวิธีการคัดเลือกตัวอย่าง

ในการศึกษาครั้งนี้เนื่องจากไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอนจึงเลือกการสุ่ม ตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น (non-probabilistic sampling) โดยอาศัยวิธีการสุ่มแบบตามสะดวก (convenience sampling) สอบถามเฉพาะผู้บริโภเคยบริโภคผลิตภัณฑ์ลูกหยี ในจังหวัดปัตตานี ใช้ขนาดการสุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คนเลือกเก็บตัวอย่างจาก สถานที่ออกกำลังกายทั้งกลางแจ้งและในร่มสำนักงาน (office) ซูเปอร์มาร์เก็ตและร้านค้าปลีกในจังหวัดปัตตานี

### 1.2.3) ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) ใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ จำนวน 400 รายโดยใช้แบบสอบถาม (questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง

### 1.2.4) เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิคือแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถามได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพและรายได้เฉลี่ยต่อเดือน

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้บริโภคในการบริโภคผลิตภัณฑ์ลูกหยี ได้แก่ ใครอยู่ในตลาด เป้าหมาย (who) ผู้บริโภคซื้ออะไร (What) ทำไมผู้บริโภคจึงซื้อ (why) ใครมีส่วนร่วมในการตัดสินใจซื้อ (whom) ผู้บริโภคซื้อเมื่อใด (when) ซื้อที่ไหน (where) และซื้ออย่างไร (how)

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่สำคัญต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ลูกหยี ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ด้านราคา ด้านช่องทางจัดจำหน่ายและด้านการส่งเสริมการตลาด

1.3) การวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการจำแนกกลุ่มตัวแปรด้วยเทคนิค factor analysis วิเคราะห์ทิศทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยี ซึ่งพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลทั่วไปเพื่อหากลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายด้วย chi-square tests กับข้อมูลที่ได้จากการรู้จักผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีเห็นด้วยกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

### 3.3.1.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น

#### 3.3.1.2.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น

1) ชั่งน้ำหนักเนื้อลูกหยี และบันทึก ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเนื้อลูกหยีต่อน้ำต่างๆ ในการสกัดน้ำลูกหยีเข้มข้น ดังนี้ เนื้อลูกหยีต่อน้ำ 1:1, 1:2 และ 1:3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) สกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วนำสารสกัดลูกหยีมากรองด้วยผ้า จากนั้นหาผลผลิตของน้ำลูกหยี

2) ทำการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าสี รายงานผลเป็น  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  (AOAC., 2000) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC., 2000) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดทาร์ทาริก โดยวิธีการไทเทรต ด้วย 0.1 NaOH (AOAC., 2000) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (AOAC., 2000) สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้กับปริมาณกรดที่ไทเทรต (Brix : acid ratio) ปริมาณวิตามินซี (AOAC., 2000) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (AOAC., 2000)

3) ทดสอบความชอบด้วยวิธีการ 9-point hedonic scaling test (ระดับคะแนน 1=ไม่ชอบอย่างยิ่ง, 9= ชอบอย่างยิ่ง) (Meilgaard *et al.*, 2007) พิจารณาคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรส ความชอบโดยรวม ด้วยผู้ทดสอบ 30 คน

4) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scaling test วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) ทำการคัดเลือกวิธีการเตรียมน้ำลูกหยีที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

#### 3.3.1.2.2 ศึกษาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมต่อสมบัติของการสกัดน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น

1) นำน้ำลูกหยีที่ได้จากข้อ 3.3.1.2.1 หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น ทำการศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 3 ระดับ คือ ละลายได้ทั้งหมด 3 ระดับ คือ 60, 63 และ 66 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ มี 2 ระดับ คือ ปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.1 และปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.3 ดัดแปลงจากนวรรัตน์ (2541) โดยการนำน้ำลูกหยีที่สกัดได้เติมส่วนผสมน้ำตาลและเกลือ ต้มต่อที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ประมาณ 1-2 นาที จากนั้นบรรจุใส่ขวดแก้วที่สะอาดขณะร้อน (hot fill) ปิดฝาให้แน่น ทำให้เย็นลงทันที (ดัดแปลงมาจากวิธีการของธีรวัลย์ และคณะ, 2545)

2) วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมีของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นโดยการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี รายงานผลเป็น  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  (AOAC., 2000), และการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC., 2000) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดทาร์ทาริก (AOAC., 2000), ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (AOAC., 2000) ค่าสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้กับปริมาณกรดที่ไเตรต (Brix : acid ratio) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (AOAC., 2000), การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี (AOAC., 2000)

3) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point Hedonic scaling test โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน (Lawless and Heymann, 1999) โดยมีคุณลักษณะในการพิจารณาดังกล่าว ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ ความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT)

### 3.3.1.2.3 การศึกษาปริมาณของแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อสมบัติของ น้ำสั้กัตุลหยี้ซั่มซั่ม

1) ศึกษาปริมาณของแซนแทนกัม (xanthan gam) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose, CMC) ระดับต่างๆ ของน้ำสั้กัตุลหยี้ซั่มซั่ม โดยแปรปริมาณแซนแทนกัม 2 ระดับ ร้อยละ 0.15 และ 0.2 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 2 ระดับ ร้อยละ 0.2, และ 0.25 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ดัดแปลงจากวิจัยของธัญนิก (2011) โดยเตรียมน้ำสั้กัตุลหยี้ซั่มซั่ม จากผลการทดลองที่ 3.3.1.2.2 ซึ่งในระหว่างการต้ม ต้องค่อยๆ เติมแซนแทนกัม (xanthan gam) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส พร้อมกับคนตลอดเวลา เพื่อไม่ให้จับตัวเป็นก้อนของแซนแทนกัม จากนั้นบรรจุใส่ขวด แก้วที่สะอาดขณะร้อน (hot fill) ปิดฝาให้แน่น ทำให้เย็นลงทันที

2) วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมีของน้ำสั้กัตุลหยี้ซั่มซั่มโดยการ วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี รายงานผลเป็น  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  (AOAC., 2000) และการวิเคราะห์ สมบัติทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC., 2000) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรด ทาร์ทริก (AOAC., 2000) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (AOAC., 2000) ค่าสัดส่วนปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้กับปริมาณกรดที่ไทเตรต (Brix : acid ratio), ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (AOAC., 2000), การ วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี (AOAC., 2000)

3) ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำสั้กัตุลหยี้ซั่มซั่มของตัวอย่างน้ำสั้กัตุลหยี้ที่หาปริมาณ ของแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน (Lawless and Heymann, 1999) ทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale (1=ไม่ชอบ มากที่สุดและ 9 ชอบมากที่สุด) ในด้าน สี กลิ่นรสรสชาติและความชอบโดยรวม

4) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการ ทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และ วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scaling test วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT)

### 3.3.1.2.4 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำชนิดต่างๆ

1.) นำน้ำลูกหยีที่ได้จากข้อ 3.3.1.2.4 หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำลูกหยีเข้มข้นเจือจางของด้วยน้ำ 2 ชนิด คือ น้ำเปล่า (อุณหภูมิห้อง ตรา คริสตัล) น้ำเย็น ซึ่งเติมน้ำเพื่อเป็นการปรับให้มีความเข้มข้นเป็น 12, 14, 16, 18 องศาบริกซ์ โดยมีทั้งหมด 4 สูตร ดังตารางที่ 3.1

2.) วิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน (Lawless and Heymann, 1999) โดยมีคุณลักษณะในการพิจารณาดังกล่าว ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น รส รสชาติ ความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) และคัดเลือกชุดการทดลองที่เหมาะสมที่สุดในการทดสอบทางการตลาดต่อไป

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำชนิดต่างๆ

| สูตรที่ | ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°brix) | อัตราส่วนน้ำลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำ 2 ชนิด |                            |
|---------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------|
|         |                                         | น้ำลูกหยีเข้มข้น (ร้อยละ)                            | น้ำเปล่า, น้ำเย็น (ร้อยละ) |
| 1       | 12                                      | 20.00                                                | 80.00                      |
| 2       | 14                                      | 23.33                                                | 76.67                      |
| 3       | 16                                      | 26.67                                                | 73.33                      |
| 4       | 18                                      | 30.00                                                | 70.00                      |

ที่มา: ดัดแปลงจากเชษฐา (2544)

### 3.3.1.3 พัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม

#### 3.3.1.3.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม

1.) นำลูกหยีแห้งโดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเนื้อลูกหยีต่อน้ำในการสกัดน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม โดยออกแบบชุดการทดลองอัตราส่วนเนื้อลูกหยีและน้ำ คือ 1:4, 1:6, 1:8, 1:10 และ 1:12 (น้ำหนักต่อปริมาตร) สกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วนำสารสกัดลูกหยีมากรองด้วยผ้ากรอง จากนั้นหาผลผลิตของน้ำลูกหยี

2) ทำการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าสี รายงานผลเป็น  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  (AOAC., 2000) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC., 2000) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดทาร์ทาริก โดยวิธีการไทเทรต ด้วย 0.1 NaOH (AOAC., 2000) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (AOAC., 2000) สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้กับปริมาณกรดที่ไทเทรต (Brix : Acid ratio) ปริมาณวิตามินซี (AOAC., 2000) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (AOAC., 2000)

3) ทดสอบความชอบด้วยวิธีการ 9-point hedonic scaling test (ระดับคะแนน 1=ไม่ชอบอย่างยิ่ง, 9= ชอบอย่างยิ่ง) (Meilgaard *et al.*, 2007) พิจารณาคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรส ความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน (Lawless and Heymann, 1999) โดยมีคุณลักษณะในการพิจารณาดังกล่าว ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม

4) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และ วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point Hedonic scaling test วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) เพื่อทำการคัดเลือกวิธีการเตรียมน้ำลูกหยีที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

### 3.3.1.3.2 การศึกษาปริมาณน้ำตาลและเกลือต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูก

#### หิพพร้อมดื่ม

1.) นำน้ำลูกหยีที่ได้จากข้อ 3.3.1.3.1 หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำสกัดลูกหิพพร้อมดื่ม ทำการศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 3 ระดับ คือ ละลายได้ทั้งหมด 3 ระดับ คือ 12, 14, 16 และ 18 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ มี 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.1 และ 0.3 ตามลำดับ ดัดแปลงจาก นวรัตน์ (2541) โดยการนำน้ำลูกหยีที่สกัดได้เติมส่วนผสมน้ำตาลและเกลือ ต้มต่อที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ประมาณ 1-2 นาที จากนั้นบรรจุใส่ขวดแก้วที่สะอาดขณะร้อน (hot fill) ปิดฝาให้แน่น ทำให้เย็นลงทันที (ดัดแปลงมาจากวิธีการของจิรวลัย และคณะ, 2545)

2.) วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมีของน้ำสกัดลูกหิพเข้มข้นโดยการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี รายงานผลเป็น  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  (AOAC., 2000) และการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC., 2000) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดทาร์ทาริก (AOAC., 2000) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (AOAC., 2000) ค่าสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้กับปริมาณกรดที่ไทเทรต (Brix : acid ratio) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (AOAC., 2000) การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี (A.O.A.C., 2000)

3.) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scaling test โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน (Lawless and Heymann, 1999) โดยมีคุณลักษณะในการพิจารณาดังกล่าว ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม

4.) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scaling test โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน (Lawless and Heymann, 1999) โดยมีคุณลักษณะในการพิจารณาดังกล่าว ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ ความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT)

### 3.3.1.3.3 การศึกษาปริมาณของแซนแทนกัมต่อสมบัติของน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่ม

1.) ศึกษาปริมาณของแซนแทนกัมในการผลิตน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่ม โดยแปรปริมาณแซนแทนกัม 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0.05, 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ โดยเตรียมน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่มจากผลการทดลองที่ 3.3.1.3.2 โดยนำแซนแทนกัมตามปริมาณที่กำหนดแต่ละสิ่งทดลองลงในบีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้แท่งแก้วคนให้แซนแทนกัมเพื่อไม่ให้จับตัวเป็นก้อน จากนั้นเติมน้ำตาลและเกลือ ต้มต่อประมาณ 1-2 นาที จากนั้นบรรจุใส่ขวดแก้วที่สะอาดขณะร้อน (hot fill) ปิดฝาให้แน่น ทำให้เย็นลงทันที

2.) วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมีของน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่มโดยการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี รายงานผลเป็น  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  (AOAC., 2000) และการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC., 2000) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดทาร์ทาริก (AOAC., 2000) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (AOAC., 2000) ค่าสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้กับปริมาณกรดที่ไเตรต (Brix : acid ratio) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (AOAC., 2000) การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี (AOAC., 2000)

3.) ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่ม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale (1=ไม่ชอบมากที่สุดและ 9 ชอบมากที่สุด) ในด้าน สี กลิ่นรส รสชาติและความชอบโดยรวม

4.) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT)

### 3.3.1.4 ศึกษาสมบัติและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม

1.) นำน้ำลูกหยีที่ได้จากข้อน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำลูกหยีพร้อมบริโภค 3.3.1.2.4 และ 3.3.1.3.3 ศึกษาสมบัติและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ของลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม โดยการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี รายงานผลเป็น  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  (AOAC., 2000) ค่าสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้กับปริมาณกรดที่ไทเทรต (Brix : Acid ratio) และการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC., 2000), การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (AOAC., 2000) ค่าสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้กับปริมาณกรดที่ไทเทรต (Brix : acid ratio), ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (AOAC., 2000) การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี (AOAC., 2000) วิตามินเอ (AOAC., 2000) วิตามินบี1 (AOAC., 2000) วิตามินบี2 (AOAC., 2000) sodium, iron, calcium (A.O.A.C, 2012) ความชื้น (AOAC., 2000) ค่า  $a_w$  (AOAC., 2000) เยื่อใยอาหาร (AOAC., 2000) คาร์โบไฮเดรต (AOAC., 2000) ไขมัน (AOAC., 2000) และ โปรตีน (AOAC., 2000)

2.) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT)

### 3.3.1.5 การศึกษาอายุการเก็บรักษาต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำลูกหยีพร้อมดื่ม

ผลิตน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำลูกหยีพร้อมบริโภค 3.3.1.2.4 และ 3.3.1.3.3 ผ่านกระบวนการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์ แล้วเก็บรักษาและวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ แสดงรายละเอียดดังนี้

#### 1. การให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์ของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น

1.1) นำน้ำลูกหยีที่ผ่านการเตรียมที่มีส่วนผสม น้ำตาล เกลือ แชนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ต้มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นทำให้น้ำลูกหยีเข้มข้นโดยผ่านกระบวนการระเหยภายใต้สุญญากาศ ดังการทดลองที่ 3.1.2.4

1.2) ทำการบรรจุน้ำลูกหยีขณะร้อน (อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส) ลงในขวดแก้วและขวดพลาสติก PET ขนาด 180 มิลลิลิตรที่มีฝาปิด นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 5

นาที่ แล้วทำการลดอุณหภูมิของน้ำลูกหยีลงทันที โดยนำน้ำลูกหยีเข้มข้นที่บรรจุขวดแล้ว ลงในน้ำเย็น อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เมื่อขวดเย็นตัวแล้ว ทำให้ขวดแห้งโดยการใช้ลมเป่า

1.3) นำผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีที่บรรจุขวดพลาสติกและขวดแก้วเก็บรักษาไว้ในที่อุณหภูมิ ประมาณ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง

1.4) เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้ว นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี คุณภาพของเชื้อจุลินทรีย์และทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงรายละเอียดดังนี้

- วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (รายงานผลเป็น  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$ ) ความขุ่นใน รูปของการทะลุผ่านของแสงที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร (Farnworth *et al.*, 2001)

- วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช (กรด-ด่าง) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้หมด ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ปริมาณวิตามินซี (AOAC., 2000) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (AOAC., 2000) ค่าสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้กับปริมาณกรดที่ไเตรต (Brix : acid ratio)

- การวิเคราะห์คุณภาพของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำลูกหยี ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งหมด (BAM, 2001) โดยวิธี spread plate การตรวจหาปริมาณยีสต์และรา (AOAC., 2000) โดยวิธี spread plate การตรวจเชื้อโคลิฟอร์ม (AOAC., 2000) การตรวจเชื้ออี.โคไล (AOAC., 2000) การ ตรวจหาปริมาณยีสต์และรา (AOAC., 2000) เพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนด โดย อ้างอิงจากประกาศฯ กระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 356 พ.ศ.2556 และ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำลูกหยี ฉบับที่ 1492 พ.ศ. 2552

1.5 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเปรียบเทียบคุณภาพน้ำลูกหยีที่ผ่านการบรรจุขวดพลาสติก และ ขวดแก้วใส (2 ชนิด) ตามระยะเวลาเก็บรักษา 6 เดือน (7 ระยะ) โดยการวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design, CRD ทดลอง 3 ซ้ำ และทดสอบความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) (Steel and Torrie, 1980)

## 2 การให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์ของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม

2.1) นำน้ำลูกหยีที่ผ่านการเตรียมที่มีส่วนผสม น้ำตาล เกลือ แชนแทนกัม ต้มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ดังการทดลองที่ 3.3.1.3.3

2.2) ทำการบรรจุน้ำลูกหยีขณะร้อน (อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส) ลงในขวด พลาสติก PET และขวดแก้วขนาด 180 มิลลิลิตรที่มีฝาปิด นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน

5 นาที แล้วทำการลดอุณหภูมิของน้ำลูกหยีลงทันที โดยแช่บรรจุขวดแล้วลงในน้ำเย็นอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เมื่อขวดเย็นตัวแล้ว ทำให้ขวดแห้งโดยการใช้ลมเป่า

2.3) นำผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีที่บรรจุขวดพลาสติกและขวดแก้วเก็บรักษาไว้ในที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน

2.4) เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้ว นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี คุณภาพของเชื้อจุลินทรีย์และทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงรายละเอียดดังนี้

- วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (รายงานผลเป็น  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$ ) ความขุ่น ในรูปของการทะลุผ่านของแสงที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร (Farnworth *et al.*, 2001)

- วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช (กรด-ด่าง) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้หมด ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ปริมาณวิตามินซี (AOAC., 2000) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ (AOAC., 2000) และค่าสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้กับปริมาณกรดที่ไทเทรต (Brix : Acid ratio)

- การวิเคราะห์คุณภาพของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำลูกหยี ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2001) โดยวิธี spread plate การตรวจหาปริมาณยีสต์และรา (AOAC., 2000) โดยวิธี spread plate การตรวจเชื้อโคลิฟอร์ม (AOAC., 2000) การตรวจเชื้ออี.โคไล (AOAC., 2000) เพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนด โดยอ้างอิงจากประกาศ กระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 356 พ.ศ.2556 และ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำลูกหยี ฉบับที่ 1492 พ.ศ. 2552

2.5) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเปรียบเทียบคุณภาพน้ำลูกหยีที่ผ่านการบรรจุขวด พลาสติก และ ขวดแก้วใส (2 ชนิด) ตามระยะเวลาเก็บรักษา 6 เดือน (7 ระยะ) โดยการวางแผนการทดลอง แบบ Completely randomized design, CRD ทดลอง 3 ซ้ำและทดสอบความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) (Steel and Torrie, 1980)

### 3.3.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ

#### 3.3.2.1 ศึกษาทางการตลาดโดยการสำรวจความต้องการคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

1.) การศึกษาโดยมีกลุ่มเป้าหมาย 2 กลุ่ม คือ ผู้ประกอบการ SME กลุ่มผู้บริโภควัยเด็กและวัยรุ่น ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ แสดงรายละเอียดดังนี้

1.1 กลุ่มผู้ประกอบการ ลงพื้นที่จัดสนทนากลุ่มของผู้ประกอบการในพื้นที่อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี โดยมีผู้เข้าร่วม 4 ผู้ประกอบการ เกี่ยวกับความต้องการรูปแบบของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ ความเป็นไปได้ของการผลิตของผลิตภัณฑ์ รูปแบบของผลิตภัณฑ์ ความพร้อมของการลงทุน ปริมาณวัตถุดิบ แหล่งของวัตถุดิบ การจัดการและการตลาด และใช้แบบสอบถามเพื่อสอบถามถึงข้อมูลทั่วไปของผู้ประกอบการ ได้แก่ กำลังการผลิต ปัญหาอุปสรรคต่อการผลิตและการพัฒนาผลิตภัณฑ์

1.2 กลุ่มผู้บริโภค ลงพื้นที่ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ (จังหวัดปัตตานี ยะลาและนราธิวาส) โดยมีกลุ่มเป้าหมายผู้บริโภคช่วงอายุประมาณ 15-30 ปี สํารวจโดยใช้เครื่องมือแบบทดสอบจำนวน 400 ชุด การออกแบบทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ ซึ่งมีแบบสอบถาม 3 ส่วน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.2.1 ส่วนที่ 1 การสอบถามข้อมูลทั่วไปและความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีผลต่อการพิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ อาชีพ รายได้ รายจ่าย น้ำหนัก ส่วนสูง และระดับการศึกษา เป็นต้น

1.2.2 ส่วนที่ 2 สํารวจปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบของผู้บริโภค เมื่อมีการพิจารณาแล้วให้คะแนนตามระดับความสำคัญ 1-7 โดยที่ 1 สำคัญน้อยที่สุด 4 สำคัญปานกลาง และ 7 สำคัญมากที่สุด (กัลยา, 2552) และมีการกำหนดปัจจัยสำหรับการพิจารณา 20 ปัจจัยคือ รสชาติ เนื้อสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการ ลักษณะปรากฏ ยี่ห้อ ความสะอาด ความปลอดภัยในการบริโภค อายุการเก็บรักษา ความสะดวกในการบริโภค ราคา ความหลากหลายของขนาดบรรจุ รูปแบบบรรจุภัณฑ์ ความสะดวกในการหาซื้อ ความสะดวกในการพกพา ลดราคา ของสมนาคุณ สี กลิ่น รสหวาน และการโฆษณาผลิตภัณฑ์

1.2.3 ส่วนที่ 3 คุณลักษณะที่ต้องการของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ ได้แก่ ความเฉพาะของ รสชาติ ความเปรี้ยวหวาน การยืดเกาะเนื้อ และลักษณะรูปร่างของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ เป็นต้น

เกณฑ์ในการคัดเลือกประชากรในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ลูกหยี ซึ่งไม่ทราบจำนวนที่แน่นอน จึงได้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณกรณีไม่ทราบขนาดของประชากร โดยใช้สูตรของ Cochran (สิทธิ, 2551) ดังนี้

$$n = \frac{Z^2 p (1-p)}{e^2}$$

โดยที่ N แทนจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

Z แทนค่าสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดไว้ (กำหนด Z ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่าเท่ากับ 1.96)

E แทนค่าความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง (ในที่นี้กำหนด  $e = 0.05$ )

P แทนสัดส่วนของประชากรที่บริโภคผลิตภัณฑ์ลูกหยี (เนื่องจากไม่สามารถคาดคะเนสัดส่วนของประชากรได้จึงกำหนดให้  $p = 0.50$ ) เมื่อแทนค่าตัวแปรในสมการจะได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$$n = \frac{(1.96)^2 0.50 (1 - 0.50)}{(0.05)^2}$$

$$n = \frac{0.9604}{0.0025}$$

$$n = 384 \text{ ตัวอย่าง}$$

หมายเหตุ: เพื่อให้สะดวกในการเก็บข้อมูลจึงใช้ผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 400 ตัวอย่าง

2.) นำข้อมูลจากการสนทนากลุ่มของผู้ประกอบการและกลุ่มผู้บริโภคดังกล่าว วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการจำแนกกลุ่มตัวแปรด้วยเทคนิค factor analysis วิเคราะห์ทิศทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ ซึ่งพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลทั่วไปเพื่อหากกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายด้วย chi-square tests กับข้อมูลที่ได้กับการรู้จักผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบเห็นด้วยกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

### 3.3.2.2 ศึกษาสูตรต้นแบบและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยี เคี้ยวหนุบ

#### 3.3.2.2.1 การออกแบบสูตรเบื้องต้น

1.) นำข้อมูลจากการวิเคราะห์การตลาดของผลิตภัณฑ์ ในประเด็นของรสชาติ ความหวาน และเปรี้ยว รูปร่างและขนาดผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบโดยการออกแบบสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ ซึ่งมีส่วนผสมหลักคือ ลูกหยี น้ำตาล กลูโคสไซรัป แป้งมันสำปะหลังและน้ำ ในอัตราส่วนผสมปริมาณ 100, 100, 50, 80 และ 200 กรัม ตามลำดับ

2.) ผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ โดยนำเนื้อมะเขือเทศบดละเอียด นำกระทะทองเหลืองตั้งไฟอ่อน นำน้ำและเนื้อมะเขือเทศใส่ลงในกระทะ แล้วใส่แป้ง น้ำตาล และ กลูโคสไซรัป เคี้ยวประมาณ 15 นาที ให้เนื้อมะเขือเทศเหนียว ตั้งให้เย็นเล็กน้อย นำเนื้อส่วนผสมเทลงในถาดอลูมิเนียม นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ปั่นขึ้นรูปทรงกลมห่อด้วยกระดาษแก้ว ผูกหัวและท้าย

3.) ทดสอบชิมโดยประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบเบื้องต้น ด้านเนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ ความหวาน และความเหนียวหนุบ ในการพัฒนาในลำดับต่อไป

#### 3.3.2.2.2 การพัฒนาสูตรที่มีความพอดีของผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ

1.) นำสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบเบื้องต้นปรับส่วนผสมโดยการเพิ่มแป้งมันสำปะหลัง 80 กรัม และเพิ่มน้ำตาลทราย 150 กรัม (ตารางที่ 3.2) โดยนำเนื้อมะเขือเทศบดผสมน้ำกับเครื่องปั่นผสมนาน 3 นาที นำกระทะทองเหลืองตั้งไฟอ่อน นำน้ำและเนื้อมะเขือเทศใส่ลงในกระทะแล้วใส่แป้ง น้ำตาล และ กลูโคสไซรัป ควบคุมอุณหภูมิในช่วง 85-90 องศาเซลเซียส กวนประมาณ 15 นาที ให้เนื้อมะเขือเทศเหนียว ตั้งให้เย็นเล็กน้อย

**ตารางที่ 3.2** ปริมาณส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ

| ส่วนผสม                      | ปริมาณ (กรัม) |
|------------------------------|---------------|
| ลูกหยี                       | 100           |
| น้ำตาลทรายขาว                | 150           |
| เกลือ                        | 2             |
| กลูโคสไซรัป                  | 100           |
| แป้งมันสำปะหลัง              | 80            |
| น้ำ (สำหรับละลายแป้ง)        | 70            |
| น้ำ (สำหรับปั่นผสมกับลูกหยี) | 200           |

2.) นำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบตัดเป็น 4 เหลี่ยม แล้วทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค กลุ่มเป้าหมายที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (ระดับคะแนน 1=ไม่ชอบอย่างยิ่ง, 9= ชอบอย่างยิ่ง) (Meilgaard *et al.*, 2007) โดยประเมินทางด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ การยึดเกาะของเนื้อ ความเหนียว ความง่ายของการกลืน และความชอบโดยรวม เพื่อประเมินผลิตภัณฑ์ในการปรับปรุงสูตรและใช้ส่วนผสมที่เหมาะสมตามความต้องการของผู้บริโภค และประเมินปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยการทดสอบความพอดี (just about right, JAR) ในการทดสอบชิม ตัวอย่างและทำการให้ความเห็นของแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่าง เพื่อประเมินความชอบในด้านสี กลิ่นรส รสชาติ การยึดเกาะของเนื้อ ความเหนียว ความง่ายของการกลืน และความชอบโดยรวม ที่ตรงกับความรู้สึกของผู้ทดสอบ โดยใช้ค่าในการตัดสินใจ ร้อยละ 70 (cut off point >70%) (เพ็ญขวัญ, 2550)

3.) วิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale และคำนวณการประเมิน just about right scales (JAR) ให้เป็นร้อยละความพอดีให้มีค่ามากกว่า 70 ในด้านต่าง ๆ เพื่อเป็นการออกแบบการพัฒนาสูตรในลำดับต่อไป

### 3.3.2.2.3 การศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลต่อความยอมรับของผู้บริโภค

1.) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบเพื่อทดสอบความพอดีของสูตร โดยปรับความหวานและรสชาติ รวมทั้งการปรับชนิดของแป้งและเจลาตินในการแก้ปัญหาการยึดเกาะและความเหนียวหนุบของผลิตภัณฑ์ โดยปรับความหวานใช้น้ำตาลทราย ที่ระดับ 3 ระดับ คือ 200, 230 และ 260 กรัม ทำการผลิตผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ (ตารางที่ 3.3 ) โดยนำเนื้อลูกหยีปั่นละเอียดผสมน้ำ นำกระทะทองเหลืองตั้งไฟอ่อน นำนํ้าและเนื้อลูกหยีลงในกระทะแล้วเติมแป้ง น้ำตาล และกลูโคสไซรัป ควบคุมอุณหภูมิในช่วง 85-90

องศาเซลเซียส เคี้ยวประมาณ 15 นาที ให้เนื้อลูกหอยเหนียว นำเนื้อส่วนผสมเทลงในภาดอลูมิเนียม นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมงตั้งให้เย็นเล็กน้อย

**ตารางที่ 3.3** อัตราส่วนของปริมาณน้ำตาลในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหอยเคี้ยวหนุบ

| สูตรต้นแบบ                   | สูตรที่ 1<br>(น้ำตาล 200 กรัม) | สูตรที่ 2<br>(น้ำตาล 230 กรัม) | สูตรที่ 3<br>(น้ำตาล 260 กรัม) |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| ลูกหอย                       | 100                            | 100                            | 100                            |
| น้ำตาลทรายขาว                | 200                            | 230                            | 260                            |
| เกลือ                        | 2                              | 2                              | 2                              |
| กลูโคสไซรัป                  | 100                            | 100                            | 100                            |
| แป้งมันสำปะหลัง              | 80                             | 80                             | 80                             |
| น้ำ (สำหรับละลายแป้ง)        | 70                             | 70                             | 70                             |
| น้ำ (สำหรับปั่นผสมกับลูกหอย) | 200                            | 200                            | 200                            |

2.) นำผลิตภัณฑ์ลูกหอยเคี้ยวหนุบตัดเป็น 4 เหลี่ยม ขนาด 1x1 เซนติเมตร แล้วทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (ระดับคะแนน 1=ไม่ชอบอย่างยิ่ง, 9= ชอบอย่างยิ่ง) (Meilgaard *et al.*, 2007) โดยประเมินทางด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ การยึดเกาะของเนื้อ ความเหนียว ความยากง่ายของการกลืน และความชอบโดยรวม

3.) วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คัดเลือกชุดการทดลองที่มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสดีเหมาะสมที่สุดในการศึกษาในลำดับต่อไป

#### 3.3.2.2.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกหอยเคี้ยวหนุบ

##### 1. การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยแป้งชนิดต่าง ๆ

1.1 นำสูตรจากข้อ 3.3.2.2.3 ในการพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวหนุบโดยใช้สารให้ความคงตัวที่ช้ำาลาล ซึ่งศึกษาอัตราส่วนของส่วนผสมที่ผ่านการออกแบบผลิตภัณฑ์ลูกหอยเคี้ยวหนุบ

โดยมีการศึกษาปัจจัยชนิดของแป้ง 4 ชนิด คือ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และแป้งสาลี (ตารางที่ 3.4) โดยนำเนื้อลูกหิปปั่นละเอียดผสมน้ำ นำกระทะทองเหลืองตั้งไฟอ่อน นำน้ำและเนื้อลูกหิยกลงในกระทะแล้วเติมแป้ง น้ำตาล และ กลูโคสไซรัป กวนประมาณ 15 นาที ให้เนื้อลูกหิเหนียว นำเนื้อส่วนผสมเทลงในถาดอลูมิเนียม นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมงตั้งให้เย็นเล็กน้อย ทำแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely randomized factorial design) ทำการศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหิเคี้ยวหนุบตามตัวแปรดังกล่าว 3 ซ้ำ

**ตารางที่ 3.4** อัตราส่วนผสมของการใช้แป้งแต่ละชนิดในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหิเคี้ยวหนุบ

| ส่วนผสม               | ปริมาณส่วนผสม (กรัม) |          |              |                |
|-----------------------|----------------------|----------|--------------|----------------|
|                       | แป้งมันสำปะหลัง      | แป้งสาลี | แป้งข้าวเจ้า | แป้งข้าวเหนียว |
| ลูกหิ                 | 100                  | 100      | 100          | 100            |
| น้ำตาลทรายขาว         | 230                  | 230      | 230          | 230            |
| เกลือ                 | 2                    | 2        | 2            | 2              |
| กลูโคสไซรัป           | 100                  | 100      | 100          | 100            |
| แป้งมันสำปะหลัง       | 80                   | 80       | 80           | 80             |
| น้ำ (ละลายแป้ง)       | 70                   | 70       | 70           | 70             |
| น้ำ (ปั่นผสมกับลูกหิ) | 200                  | 200      | 200          | 200            |

1.2 นำผลิตภัณฑ์ลูกหิเคี้ยวหนุบทดสอบผู้บริโภครุ่นเป้าหมายที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (ระดับคะแนน 1=ไม่ชอบ อย่างยิ่ง, 9= ชอบอย่างยิ่ง) (Meilgaard *et al.*, 2007) โดยประเมินทางด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ การยึดเกาะของเนื้อ ความเหนียว ความง่ายของการกลืน และความชอบโดยรวม และประเมินความต้องการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

1.3 วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คัดเลือกชุดการทดลองที่มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ดีและเหมาะสมที่สุดในการศึกษาในลำดับต่อไป

## 2. การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยแป้งและเจลาติน

2.1 นำสูตรในการพัฒนาที่ใช้แป้งที่เหมาะสมต้องมีการปรับความเหนียวหนุบยังไม่ได้เท่าที่ควร จึงมีความจำเป็นต้องมีการพัฒนาโดยใช้เจลาตินฮาลาลในการปรับสูตร โดยศึกษาปริมาณของเจลาตินในการผลิตผลิตภัณฑ์เค้กวนุบซึ่งใช้ปริมาณของเจลาติน ร้อยละ 1.5, 3, 4.5, 6, 7.5 และ 9 ตามลำดับ ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยาเคียวหนุบ (ตารางที่ 3.5) โดยนำเนื้อลูกหยาปั่นละเอียดผสมน้ำ นำกระทะทองเหลืองตั้งไฟอ่อน นำน้ำและเนื้อลูกหยาลงในกระทะแล้วเติมแป้ง น้ำตาล กลูโคสไซรัป และเจลาติน กวนประมาณ 15 นาที ให้เนื้อลูกหยาเหนียว นำเนื้อส่วนผสมลงในถาดอลูมิเนียม นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ตั้งให้เย็นเล็กน้อย

ตารางที่ 3.5 อัตราส่วนผสมของการใช้เจลาตินในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยาเคียวหนุบ

| ส่วนผสม                | ปริมาณส่วนผสม (กรัม) |           |           |           |           |           |
|------------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                        | สูตรที่ 1            | สูตรที่ 2 | สูตรที่ 3 | สูตรที่ 4 | สูตรที่ 5 | สูตรที่ 6 |
| ลูกหยา                 | 100                  | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       |
| น้ำตาลทรายขาว          | 230                  | 230       | 230       | 230       | 230       | 230       |
| เกลือ                  | 2                    | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         |
| กลูโคสไซรัป            | 100                  | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       |
| แป้งมันสะปะหลัง        | 80                   | 80        | 80        | 80        | 80        | 80        |
| น้ำ (ละลายแป้ง)        | 70                   | 70        | 70        | 70        | 70        | 70        |
| น้ำ (ปั่นผสมกับลูกหยา) | 200                  | 200       | 200       | 200       | 200       | 200       |
| เจลาติน (%)            | 1.5                  | 3         | 4.5       | 6         | 7.5       | 9         |

2.2 นำผลิตภัณฑ์ลูกหยาเคียวหนุบทดสอบผู้บริโภครุ่นเป้าหมายที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (ระดับคะแนน 1=ไม่ชอบอย่างยิ่ง, 9= ชอบอย่างยิ่ง) (Meilgaard *et al.*, 2007) โดยประเมินทางด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ การยึดเกาะของเนื้อ ความเหนียว ความง่ายของการกลืน และความชอบโดยรวม

2.3 วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่

ระดับความเข้มข้นร้อยละ 95 คัดเลือกชุดการทดลองที่มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ดีและเหมาะสมที่สุดในการศึกษาในลำดับต่อไป

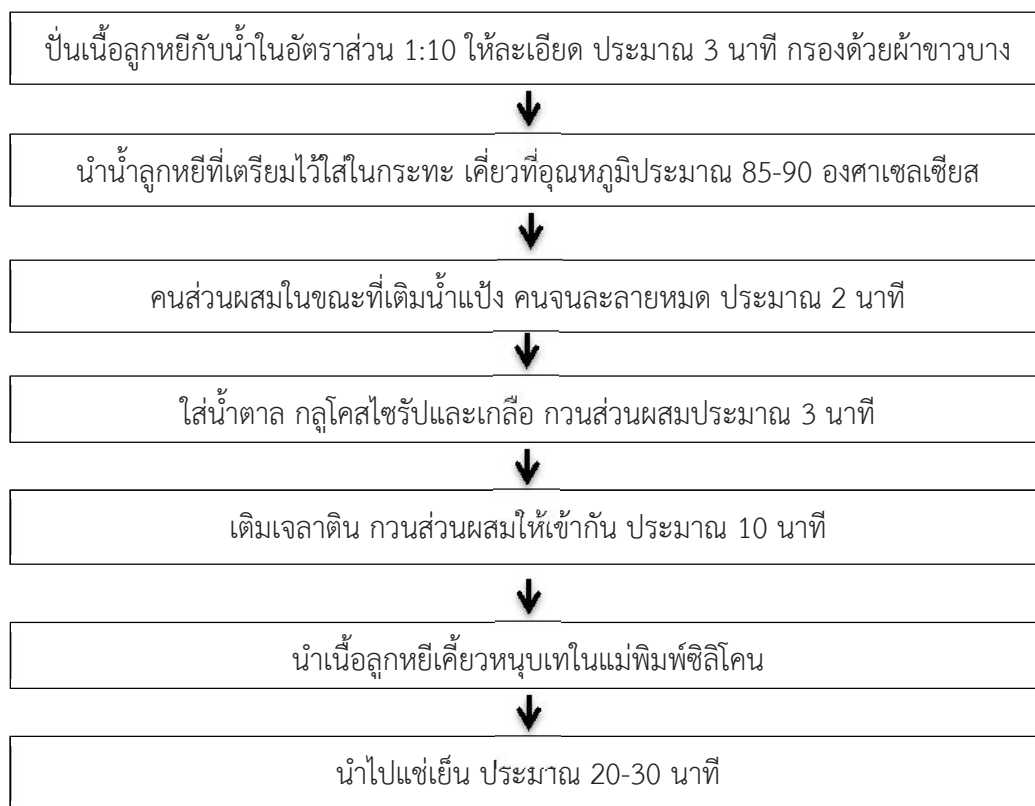
### 3.3.2.2.5 การปรับรูปแบบและปริมาณน้ำลูกหยี

1.) นำสูตรในการเติมปริมาณเจลาตินทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยเตรียมน้ำลูกหยีมีความเข้มข้น ร้อยละ 10 (น้ำ 1000 กรัม ต่อเนื้อลูกหยี 100 กรัม ศึกษาปริมาณของน้ำลูกหยี 3 ระดับ คือ 200, 300 และ 400 กรัม และศึกษากระบวนการผลิต 2 รูปแบบ (ตารางที่ 3.6) คือการกรองและไม่กรองน้ำลูกหยี

**ตารางที่ 3.6** การออกแบบสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบลูกหยีตามปริมาณของน้ำลูกหยีและวิธีการต่างกัน

| อัตราส่วน/สูตร  | น้ำลูกหยีที่ผ่านการกรอง |                         |                         | น้ำลูกหยีที่ไม่ผ่านการกรอง |                         |                         |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                 | สูตรที่ 1<br>(200 กรัม) | สูตรที่ 2<br>(300 กรัม) | สูตรที่ 3<br>(400 กรัม) | สูตรที่ 4<br>(200 กรัม)    | สูตรที่ 5<br>(300 กรัม) | สูตรที่ 6<br>(400 กรัม) |
| น้ำลูกหยี       | 200                     | 300                     | 400                     | 200                        | 300                     | 400                     |
| น้ำตาลทรายขาว   | 230                     | 230                     | 230                     | 230                        | 230                     | 230                     |
| เกลือ           | 2                       | 2                       | 2                       | 2                          | 2                       | 2                       |
| กลูโคสไซรัป     | 100                     | 100                     | 100                     | 100                        | 100                     | 100                     |
| แป้งมันสำปะหลัง | 80                      | 80                      | 80                      | 80                         | 80                      | 80                      |
| น้ำ (ละลายแป้ง) | 70                      | 70                      | 70                      | 70                         | 70                      | 70                      |
| เจลาติน (%)     | 9                       | 9                       | 9                       | 9                          | 9                       | 9                       |

2.) ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ โดยนำเนื้อลูกหยีปั่นละเอียดผสมน้ำ นำกระทะทองเหลืองตั้งไฟอ่อน นำน้ำและเนื้อลูกหยีลงในกระทะแล้วเติมแป้ง น้ำตาล กลูโคสไซรัป และเจลาติน โดยวัดอุณหภูมิของเนื้อลูกหยีในกระทะ 85-90 องศาเซลเซียส กวนประมาณ 15 นาที (ภาพที่ 3.1) นำเนื้อผลิตภัณฑ์ตักด้วยช้อนใส่ในแม่พิมพ์ซิลิโคน ตั้งให้เย็นแล้วนำแช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตภัณฑ์ลูกหีเคี้ยวหนุบตามปริมาณของน้ำลูกหีและวิธีการต่างกัน

3.) นำผลิตภัณฑ์ลูกหีเคี้ยวหนุบวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ความชื้น ค่าพีเอช  $a_w$  และวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ปริมาณวิตามินซี เยื่อใยอาหาร ปริมาณของแข็งทั้งหมด โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต (AOAC., 2000) วิเคราะห์ตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Radical Scavenging Capacity Assay (ดัดแปลงจากวิธีการของ Shimada *et al.*, 1992) และวิเคราะห์ total phenolic content โดยใช้ folin-ciocalteau reagent (Piljac *et al.*, 2005) และทดสอบผู้บริโภคร่วมเป้าหมายที่ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-point Hedonic scale (ระดับคะแนน 1=ไม่ชอบอย่างยิ่ง, 9= ชอบอย่างยิ่ง) (Meilgaard *et al.*, 2007) โดยประเมินทางด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ การยึดเกาะของเนื้อ ความเหนียว ความง่ายของการกลืน และความชอบโดยรวม และประเมินความต้องการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

4.) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูล

ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) คัดเลือกชุดการทดลองที่มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ดีและเหมาะสมที่สุดในการศึกษาในลำดับต่อไป

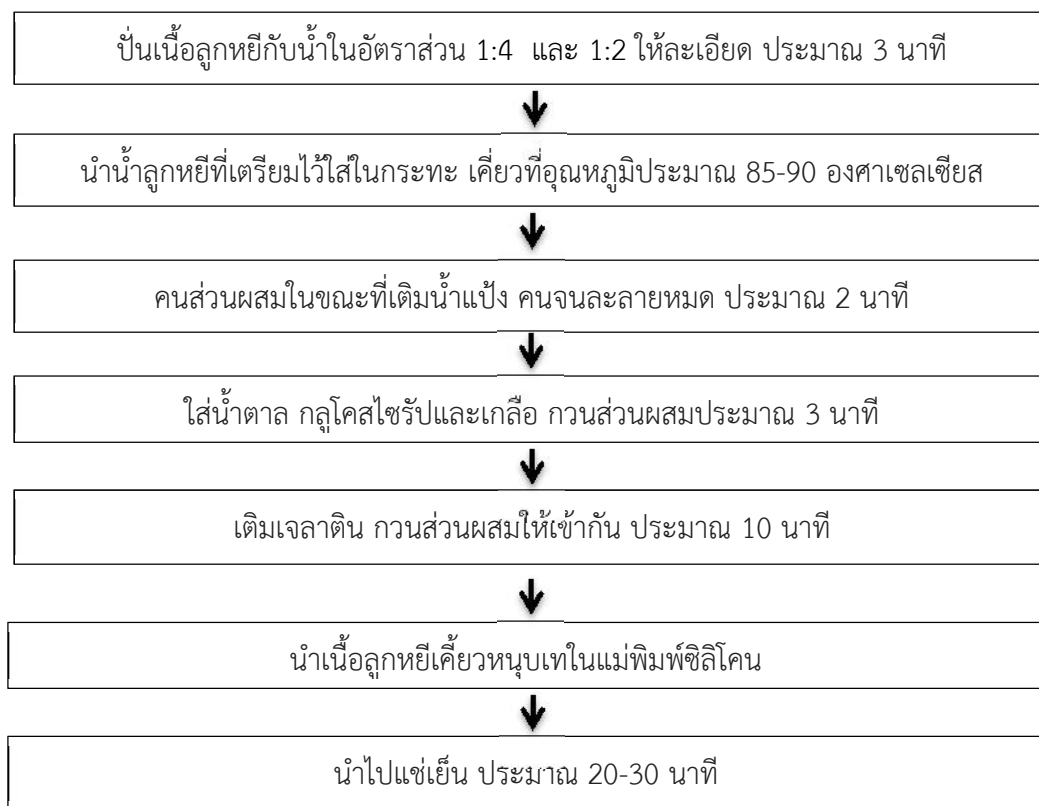
### 3.3.2.2.6 การปรับอัตราส่วนเนื้อมูกหีและน้ำ ปริมาณน้ำตาล และกลูโคสไซรัป

1.) การศึกษาอัตราส่วนของเนื้อมูกหีและน้ำ 2 ระดับคือ 1:4 และ 1:2 ปริมาณน้ำตาลทราย 230 และ 260 กรัม และกลูโคสไซรัป 100 และ 150 กรัม (ตารางที่ 3.7) ต่อความยอมรับของผู้บริโภค และพัฒนาสูตรให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

**ตารางที่ 3.7** อัตราส่วนของอัตราส่วนเนื้อมูกหีและน้ำ ปริมาณน้ำตาล และกลูโคสไซรัปในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ลูกหีเคี้ยวหนุบ

| อัตราส่วน/<br>สูตร  | สูตรที่ 1<br>(1:4) | สูตรที่ 2<br>(1:4) | สูตรที่ 3<br>(1:2) | สูตรที่ 4<br>(1:2) | สูตรที่ 5<br>(1:4) | สูตรที่ 6<br>(1:4) | สูตรที่ 7<br>(1:2) | สูตรที่ 8<br>(1:2) |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| เนื้อมูกหี          | 400                | 400                | 400                | 400                | 400                | 400                | 400                | 400                |
| น้ำตาล              | 230                | 230                | 230                | 230                | 260                | 260                | 260                | 260                |
| ทรายขาว             |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| เกลือ               | 2                  | 2                  | 2                  | 2                  | 2                  | 2                  | 2                  | 2                  |
| กลูโคสไซรัป         | 100                | 150                | 100                | 150                | 100                | 150                | 100                | 150                |
| แป้งมัน             | 80                 | 80                 | 80                 | 80                 | 80                 | 80                 | 80                 | 80                 |
| สำปะหลัง            |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| น้ำ (ละลาย<br>แป้ง) | 70                 | 70                 | 70                 | 70                 | 70                 | 70                 | 70                 | 70                 |
| เจลาติน (%)         | 9                  | 9                  | 9                  | 9                  | 9                  | 9                  | 9                  | 9                  |

2.) ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหีเคี้ยวหนุบ โดยนำเนื้อมูกหีปั่นละเอียดผสมน้ำ นำกระทะทองเหลืองตั้งไฟอ่อน นำน้ำและเนื้อมูกหีลงในกระทะแล้วใส่แป้ง น้ำตาล กลูโคสไซรัป และเจลาติน โดยวัดอุณหภูมิของเนื้อมูกหีในกระทะ 85-90 องศาเซลเซียส กวนประมาณ 15 นาที (ภาพที่ 3.2) นำเนื้อผลิตภัณฑ์ตักด้วยช้อนใส่ในแม่พิมพ์ซิลิโคน ตั้งให้เย็นแล้วนำแช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง



**ภาพที่ 3.2** ขั้นตอนการผลิตลูกหยีเคี้ยวหนุบตามอัตราส่วนเนื้อลูกหยีและน้ำ ปริมาณน้ำตาลและกลูโคสไซรัป

3.) นำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ความชื้น ค่าพีเอช  $a_w$  และวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ปริมาณวิตามินซี เยื่อใยอาหาร ปริมาณของแข็งทั้งหมด โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต (AOAC., 2000) วิเคราะห์ตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging capacity assay (ดัดแปลงจากวิธีการของ Shimada *et al.*, 1992) และวิเคราะห์ total phenolic content โดยใช้ folin-ciocalteau reagent (Piljac *et al.*, 2005) และทดสอบผู้บริโภครายกลุ่มเป้าหมายที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-point Hedonic scale (ระดับคะแนน 1=ไม่ชอบอย่างยิ่ง, 9= ชอบอย่างยิ่ง) (Meilgaard *et al.*, 2007) โดยประเมินทางด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ การยึดเกาะของเนื้อ ความเหนียว ความง่ายของการกลืน และความชอบโดยรวม และประเมินความต้องการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

4.) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีโดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) คัดเลือกชุดการทดลองที่มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ดีและเหมาะสมที่สุดในการศึกษาในลำดับต่อไป

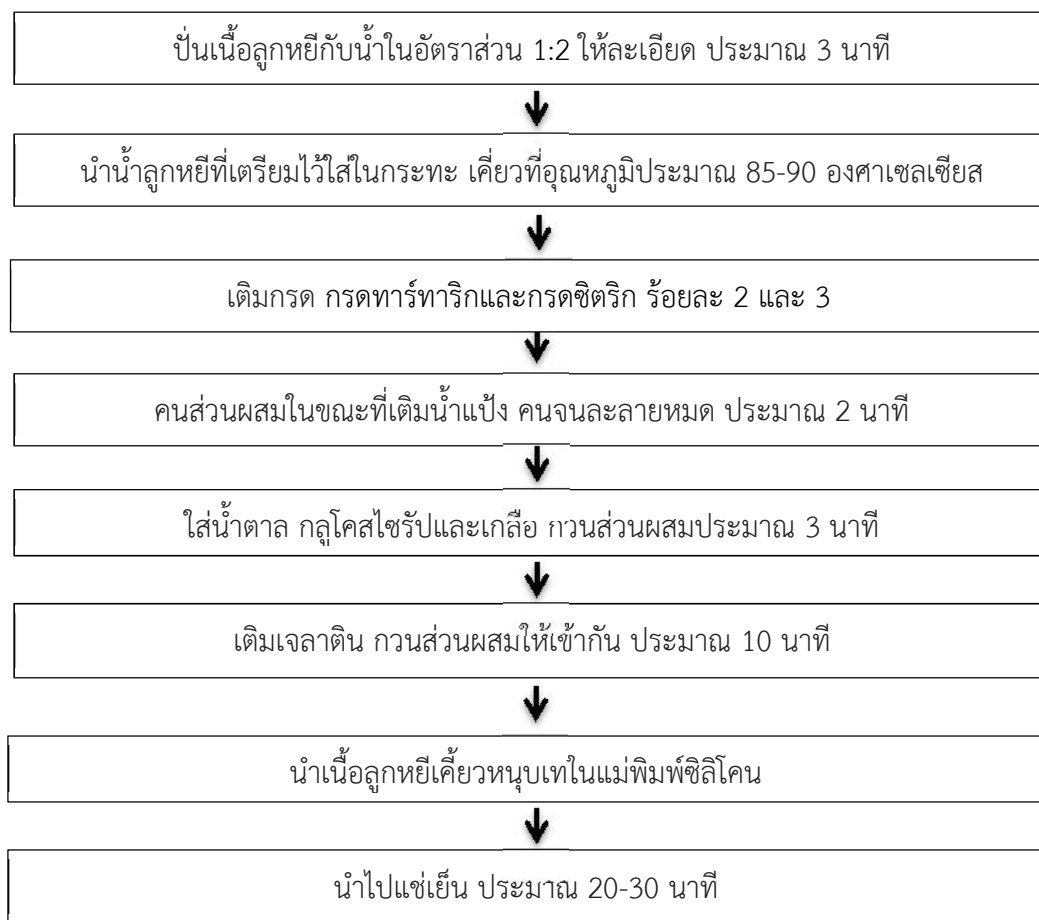
### 3.3.2.2.7 การปรับชนิดและปริมาณกรด

1.) การศึกษาปริมาณกรดทาร์ทาริกและกรดซิตริก ศึกษา 2 ระดับคือ ร้อยละ 2 และ ร้อยละ 3 (สรรรถี, 2552) (ตารางที่ 2.31) ต่อความยอมรับของผู้บริโภค (ตารางที่ 3.8)

**ตารางที่ 3.8** อัตราส่วนของเติมชนิดและปริมาณกรดในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

| อัตราส่วน/สูตร  | ชุดควบคุม<br>(ไม่เติมกรด) | กรดทาร์ทาริก แต่ละระดับ |          | กรดซิตริก แต่ละระดับ |          |
|-----------------|---------------------------|-------------------------|----------|----------------------|----------|
|                 |                           | ร้อยละ 2                | ร้อยละ 3 | ร้อยละ 2             | ร้อยละ 3 |
| น้ำลูกหยี       | 400                       | 400                     | 400      | 400                  | 400      |
| น้ำตาลทรายขาว   | 260                       | 260                     | 260      | 260                  | 260      |
| เกลือ           | 2                         | 2                       | 2        | 2                    | 2        |
| กลูโคสไซรัป     | 100                       | 100                     | 100      | 100                  | 100      |
| น้ำมันสำปะหลัง  | 80                        | 80                      | 80       | 80                   | 80       |
| น้ำ (ละลายแป้ง) | 70                        | 70                      | 70       | 70                   | 70       |
| เจลาติน (%)     | 9                         | 9                       | 9        | 9                    | 9        |

2.) ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ โดยนำเนื้อมะพร้าวป่นละเอียดผสมน้ำ นำกระทะทองเหลืองตั้งไฟอ่อน นำน้ำและเนื้อมะพร้าวลงในกระทะแล้วเติมน้ำตาล กลูโคสไซรัป และเจลาติน โดยวัดอุณหภูมิของเนื้อมะพร้าวในกระทะ 85-90 องศาเซลเซียส กวนประมาณ 15 นาที (ภาพที่ 3.3) นำเนื้อมะพร้าวที่ตากด้วยข้อในแม่พิมพ์ซิลิโคน ตั้งให้เย็นแล้วนำแช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบตามชนิดและปริมาณกรด

3.) นำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ความชื้น ค่าพีเอช  $a_w$  และวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ปริมาณวิตามินซี เยื่อใยอาหาร ปริมาณของแข็งทั้งหมด โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต (AOAC., 2000) วิเคราะห์ตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging capacity assay (ดัดแปลงจากวิธีการของ Shimada *et al.*, 1992) และวิเคราะห์ total phenolic content โดยใช้ folin-ciocalteau reagent (Piljac *et al.*, 2005) และทดสอบผู้บริโภครุ่นเป้าหมายที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (ระดับคะแนน 1=ไม่ชอบอย่างยิ่ง, 9= ชอบอย่างยิ่ง) (Meilgaard *et al.*, 2007) โดยประเมินทางด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ การยึดเกาะของเนื้อ ความเหนียว ความยากง่ายของการกลืน และความชอบโดยรวม และประเมินความต้องการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

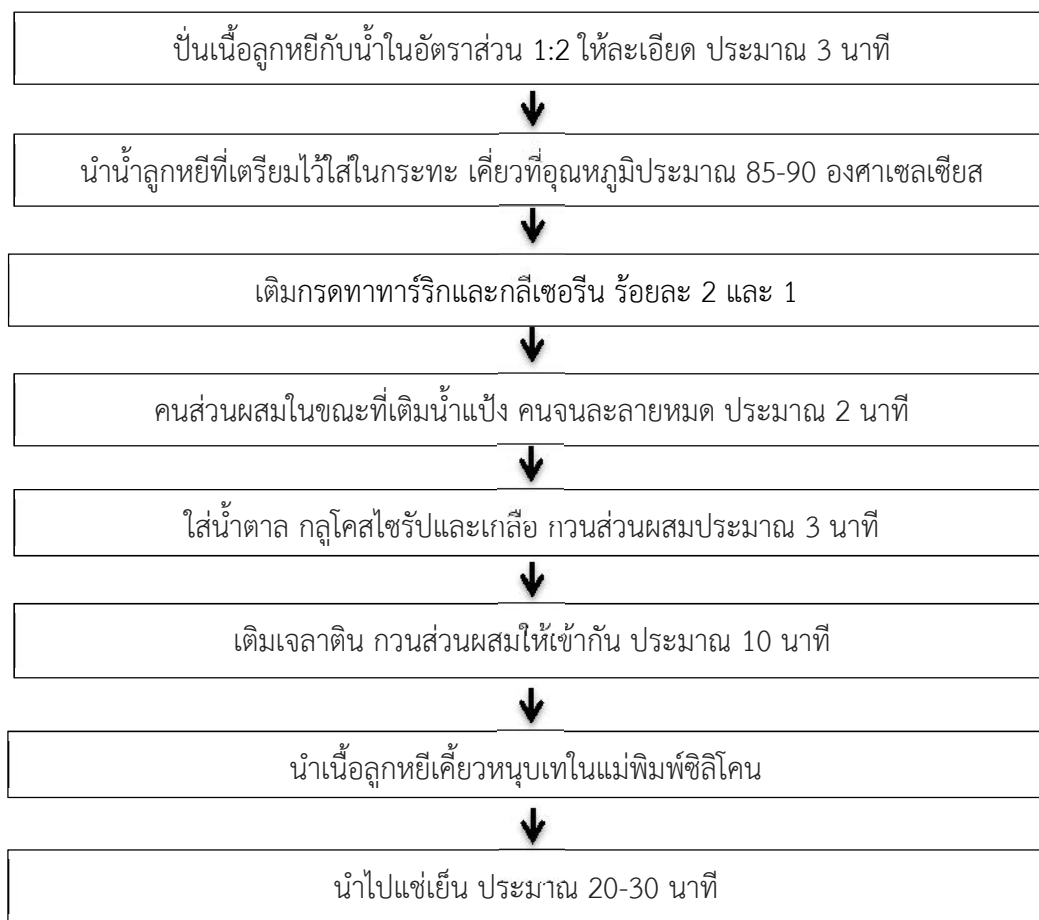
4.) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีโดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) คัดเลือกชุดการทดลองที่มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ดีและเหมาะสมที่สุดในการศึกษาในลำดับต่อไป

### 3.3.2.2.8 การลดปริมาณค่าออกเตอร์แอคทวิตี้ด้วยกลีเซอริน

1.) การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ โดยการนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการคัดเลือก 3 สูตร มาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ทางด้านเคมี ทางด้านกายภาพและทางด้านจุลชีววิทยา ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ (ตารางที่ 3.9) ใช้ปริมาณของกลีเซอริน ร้อยละ 1 (วรรณศิริ และคณะ, 2555) โดยนำเนื้อลูกหยีปั่นละเอียดผสมน้ำ นำกระทะทองเหลืองตั้งไฟอ่อน นำน้ำและเนื้อลูกหยีลงในกระทะแล้วเคี่ยว น้ำตาล กลูโคสไซรัป และเจลาติน โดยวัดอุณหภูมิของเนื้อลูกหยีในกระทะ 85-90 องศาเซลเซียส กวนประมาณ 15 นาที (ภาพที่ 3.4) นำเนื้อผลิตภัณฑ์ตักด้วยช้อนใส่ในแม่พิมพ์ซิลิโคน ตั้งให้เย็นแล้วนำแช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 3.9 อัตราส่วนของการเติมกรดและกลีเซอรินในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

| อัตราส่วน/สูตร  | ชุดควบคุม<br>(ไม่เติมกรดและ<br>กลีเซอริน) | ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบแต่ละสูตร |                       |                                               |
|-----------------|-------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------|
|                 |                                           | กรดทาร์ทาริก<br>ร้อยละ 2           | กลีเซอริน<br>ร้อยละ 1 | กรดทาร์ทาริกร้อยละ 2<br>และกลีเซอริน ร้อยละ 1 |
| น้ำลูกหยี       | 400                                       | 400                                | 400                   | 400                                           |
| น้ำตาลทรายขาว   | 260                                       | 260                                | 260                   | 260                                           |
| เกลือ           | 2                                         | 2                                  | 2                     | 2                                             |
| กลูโคสไซรัป     | 100                                       | 100                                | 100                   | 100                                           |
| แป้งมันสำปะหลัง | 80                                        | 80                                 | 80                    | 80                                            |
| น้ำ (ละลายแป้ง) | 70                                        | 70                                 | 70                    | 70                                            |
| เจลาติน (%)     | 9                                         | 9                                  | 9                     | 9                                             |



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยาบเคี้ยวหนุบตามปริมาณของกรดและกรีเซอริน

3.) นำผลิตภัณฑ์ลูกหยาบเคี้ยวหนุบวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ความชื้น ค่าพีเอช  $a_w$  และวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ปริมาณวิตามินซี เยื่อใยอาหาร ปริมาณของแข็งทั้งหมด โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต (AOAC., 2000) วิเคราะห์ตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging capacity assay (ดัดแปลงจากวิธีการของ Shimada *et al.*, 1992) และวิเคราะห์ total phenolic content โดยใช้ folin-ciocalteau reagent (Piljac *et al.*, 2005) และทดสอบผู้บริโภครายกลุ่มเป้าหมายที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (ระดับคะแนน 1=ไม่ชอบอย่างยิ่ง, 9= ชอบอย่างยิ่ง) (Meilgaard *et al.*, 2007) โดยประเมินทางด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ การยึดเกาะของเนื้อ ความเหนียว ความง่ายของการกลืน และความชอบโดยรวม และประเมินความต้องการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

4.) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี โดยวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) คัดเลือกชุดการทดลองที่มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ดีและเหมาะสมที่สุดในการศึกษาในลำดับต่อไป

### 3.3.2.2.9 ศึกษาบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยว

#### หุบ

1.) ผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหุบจากสูตรที่เหมาะสมที่สุดตามข้อ 3.4.6.2.8 แล้วบรรจุลงชนิด PP และบรรจุลงลามิเนตฟอยล์ (AL) ปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน

2.) เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด นำผลิตภัณฑ์วิเคราะห์สมบัติ ได้แก่ ความชื้น (AOAC., 2000) ปริมาณวิตามินซี (AOAC., 2000) ค่าสี (AOAC., 2000) และคุณภาพของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด วิเคราะห์ปริมาณเชื้อยีสต์และรา วิเคราะห์ตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging capacity assay (ดัดแปลงจากวิธีการของ Shimada *et al.*, 1992) และ วิเคราะห์ total phenolic content โดยใช้ folin-ciocalteau reagent (Piljac *et al.*, 2005) และทดสอบผู้บริโภครุ่นเป้าหมายที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-point Hedonic scale (ระดับคะแนน 1=ไม่ชอบอย่างยิ่ง, 9= ชอบอย่างยิ่ง) (Meilgaard *et al.*, 2007) โดยประเมินทางด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ การยืดเกาะของเนื้อ ความเหนียว ความง่ายของการกลืน และความชอบโดยรวม และประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

3.) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี โดยวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) คัดเลือกชุดการทดลองที่มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ดีและเหมาะสมที่สุดในการศึกษาในลำดับต่อไป

### 3.4 ศึกษาต้นทุนการผลิต

ประเมินต้นทุนการผลิตตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น น้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม และผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ โดยการคำนวณต้นทุนการผลิต ได้แก่ วัสดุออกแบบ เครื่องอบแห้ง วัตถุดิบ บรรจุภัณฑ์ การเสียมราคา ค่าจ้าง ค่าน้ำ และค่าไฟฟ้า

### 3.5 ศึกษาข้อมูลเชิงการตลาดของผลิตภัณฑ์ลูกหยีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

#### 3.5.1 ข้อมูลทางการตลาดผลิตภัณฑ์ลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม

ผลิตน้ำลูกหยีทำการทดสอบการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคในพื้นที่ 3 จังหวัดภาคใต้ และนักท่องเที่ยวภายในประเทศ ต่างประเทศ จำนวน 300 คน ออกแบบสอบถามที่เกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม พฤติกรรมการบริโภค และความชอบของผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธีการ 5-point hedonic scale (คะแนน 5 หมายถึง ชอบมาก และคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมาก) (Lawless and Heymann, 1999) วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการตัดสินใจเลือกบริโภคและปัจจัยที่ผลต่อการเก็บเกี่ยวลูกหยี

#### 3.5.2 ข้อมูลทางการตลาดผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ

ผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบโดยศึกษาการยอมรับทางการตลาด โดยทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีซีแอลที (central location test; CLT) ของนักท่องเที่ยวที่เที่ยวในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ นักท่องเที่ยวมาเลเซีย นักท่องเที่ยวต่างภูมิภาค และผู้บริโภควัย 15-35 ปี จำนวน 300 คน ออกแบบสอบถามที่เกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม พฤติกรรมการบริโภค และความชอบของผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธีการ 9-point hedonic scale (ระดับคะแนน 1=ไม่ชอบอย่างยิ่ง, 9= ชอบอย่างยิ่ง) (Lawless and Heymann, 1999) ต่อผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบให้คะแนนความด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

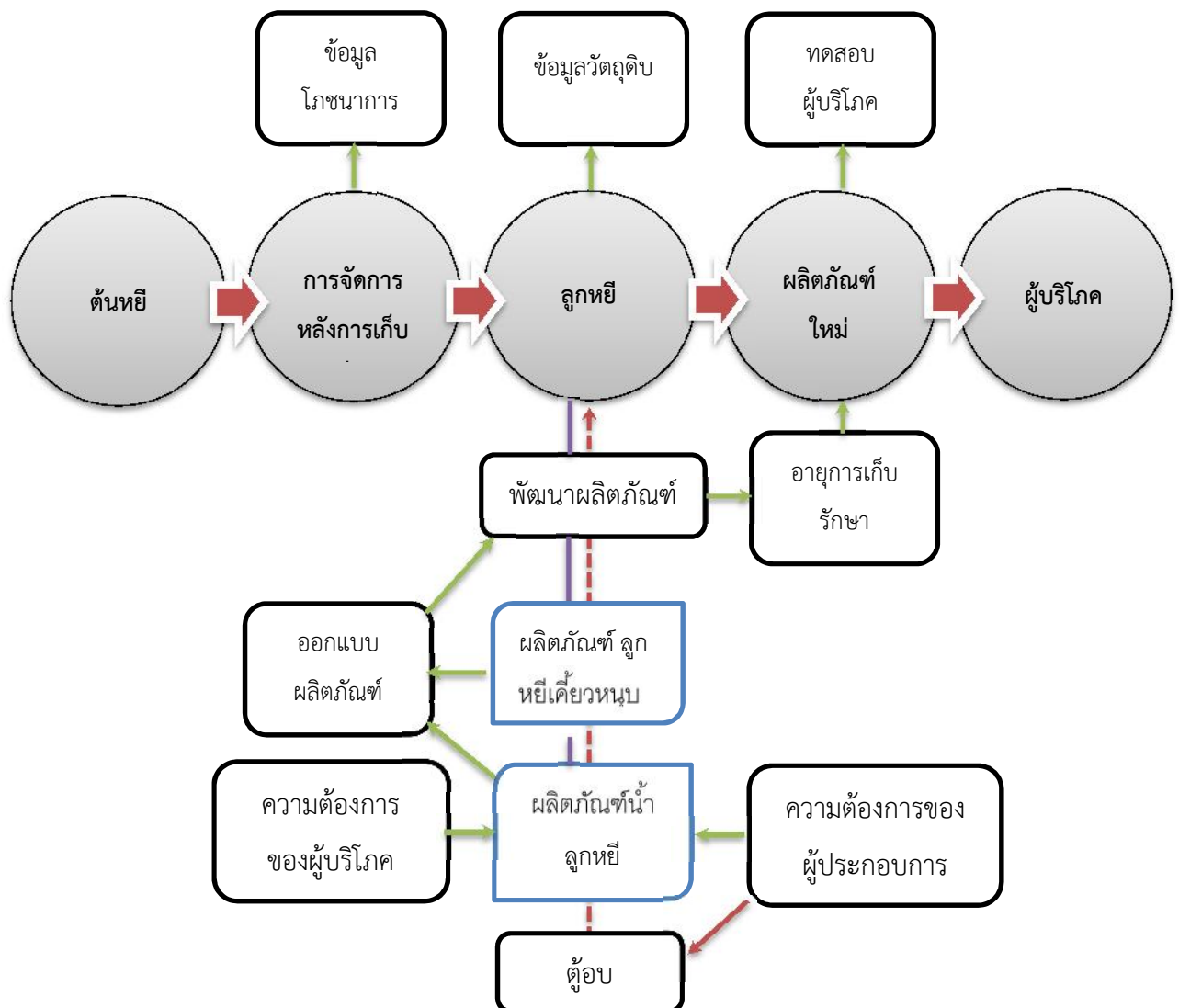
### 3.6 ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนและวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนผู้ประกอบการเกี่ยวกับกระบวนการผลิตและองค์ความรู้เกี่ยวกับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด ผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม และผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ ส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย และประเมินผลการส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี

## บทที่ 4

# ผลและอภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนากระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าลูกหีในพื้นที่ 3 จังหวัด โดยการศึกษาข้อมูลวัตถุดิบในพื้นที่ จัดการวัตถุดิบหลังการเก็บเกี่ยว การเตรียมวัตถุดิบก่อนการแปรรูปด้วยการออกแบบเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับรังสีอินฟราเรด การศึกษาข้อมูลทางการตลาดเกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์ร่วมกับสถานประกอบการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ การผลิตน้ำสกัดลูกหีพร้อมดื่ม การพัฒนาน้ำสกัดลูกหีเข้มข้น และการพัฒนาผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ (ภาพที่ 4.1) เพื่อตอบโจทย์เพิ่มผลิตภัณฑ์ให้กับผู้ประกอบการและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ผ่านการศึกษาทางการตลาด และคำนวณต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์และตู้อบ ซึ่งสามารถช่วยในการยกระดับข้อมูลเชิงวิชาการ วิสาหกิจชุมชน ในการนำผลการวิจัยใช้ประโยชน์จากองค์ความรู้จากการออกแบบเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมพลังงานรังสีอินฟราเรดและสูตรการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใช้กับสถานประกอบการได้ซึ่งผลการศึกษาแสดงรายละเอียด ดังนี้



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์การจัดการวัตถุดิบและการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากลูกหีสู่ผู้บริโภคเป้าหมาย

#### 4.1 ข้อมูลวัตถุดิบ องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี และคุณค่าทางโภชนาการลูกหยีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

ข้อมูลจากการศึกษาวัตถุดิบของลูกหยีสตที่ผ่านการเก็บเกี่ยวจากต้นลูกหยี วิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี มีคุณค่าทางโภชนาการที่โดดเด่น มีปริมาณเส้นใยอาหารสูง และมีปริมาณของแร่ธาตุบางชนิด เช่น โพแทสเซียม และแคลเซียม เป็นต้น

##### 4.1.1 กระบวนการเก็บเกี่ยวลูกหยีและการจัดการลูกหยีหลังการเก็บเกี่ยว

การลงพื้นที่ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ เพื่อหาแหล่งของผู้ประกอบการในการลงเก็บเกี่ยวลูกหยีจากต้น โดยติดตามการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงฤดูผลผลิตประมาณเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการขนาดเล็กชื่อว่า “อามานีลูกหยี” และ “แบยิกายี” ในพื้นที่ตำบลลำใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดยะลา โดยมีขั้นตอนการเก็บเกี่ยวลูกหยีจากต้น ดังนี้

1.) การตกลงราคาซื้อขายและราคาลูกหยีจากต้นหยี ตกลงราคาเพื่อการขายมี 2 วิธี ได้แก่ 1) การขายแบบเหมาจ่ายทั้งต้นตามราคาที่ตกลงไว้ เช่น ทั้งต้นราคา 3,000 บาท และ 2) การขายโดยชั่งน้ำหนักจริงผลผลิต ลูกหยีที่ได้จากการตัดกิ่งต้นหยี ราคาอาจแตกต่างกันไปในแต่ละปี ประจำปี 2559 ราคาลูกหยีสตประมาณ 50-70 บาท (ภาพที่ 4.2 a, b)

2.) ค่าจ้างการป็นเพื่อเก็บเกี่ยวผลลูกหยี โดยผู้ประกอบการ จ้างผู้รับจ้างป็นขึ้นต้นหยีเพื่อตัดกิ่งที่มีผลลูกหยี รอบละ 1,000 บาท ต่อ 1 ต้น หรือตามปริมาณงานที่ตกลงกัน (ประมาณ 1,500-2,000 บาท) หรือการคิดตามน้ำหนักผลผลิตของลูกหยีที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในราคา 15 บาทต่อกิโลกรัม ภายหลังตกลงราคา ผู้รับจ้างจะป็นขึ้นตัดกิ่งลูกหยี โดยการใช้เชือกนำเพื่อการไต่ป็นต้น การใช้เชือกยังช่วยให้มีความปลอดภัยต่อผู้ป็น ผู้ป็นการตัดเฉพาะกิ่งที่มีลูกหยีให้ตกลงสู่พื้นดิน (ภาพที่ 4.2 c)

3.) การรวบรวมลูกหยีดำ ออกจากกิ่งโดยการลูบหรือเด็ดผลลูกหยีราคา 6 บาทต่อกิโลกรัม และบรรจุลงในกระสอบขาว ชั่งน้ำหนักของลูกหยีที่ได้จากแต่ละต้น แต่ละต้นเก็บลูกหยีได้ ประมาณ 50-80 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับขนาดของต้นและจำนวนกิ่งของต้นหยี (ภาพที่ 4.2 d)

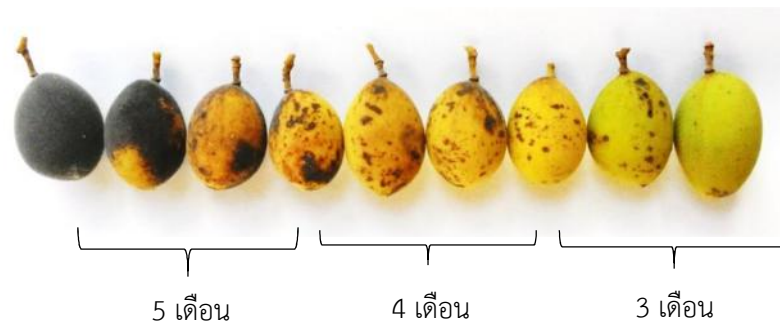


**ภาพที่ 4.2** การสำรวจและเก็บเกี่ยวลูกหยีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

- a) การลงพื้นที่สำรวจต้นและจับจองตอนที่ลูกหยียังไม่สุกและตกลงราคาซื้อขายก่อนตัดลูกหยี
- b) ต้นหยีที่มีผลลูกหยีพร้อมจะเก็บเกี่ยว
- c) การขึ้นต้นหยีต้องอาศัยความชำนาญการ
- d) ขั้นตอนการลูบหรือการเก็บลูกหยีดำแล้วบรรจุลงกระสอบ

#### 4.1.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการพัฒนาของผลลูกหยี

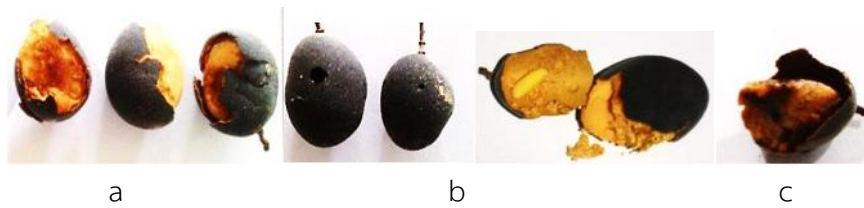
การเก็บเกี่ยวลูกหยีจากต้นต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับระยะเวลาสุกของผลที่เหมาะสม เนื่องจากลูกหยีที่เก็บเกี่ยวมาแล้วต้องผ่านการตากแห้งและตามด้วยการกะเทาะเปลือกต่อไป การเปลี่ยนแปลงของผิวเปลือกลูกหยี บ่งชี้ถึงคุณภาพ และการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างภายในของเนื้อลูกหยี กรณีที่ลูกหยีสุกบนต้นมากเกินไปจะส่งผลให้เกิดการหลุดร่วงจากต้นตกสู่บริเวณรอบ ๆ ต้น ซึ่งทำให้ได้ผลผลิตลูกหยีลดลง แต่หากลูกหยีไม่สุกเท่าที่ควรจะทำให้เปลือกสีดำติดแน่นกับเนื้อลูกหยี ทำให้มีความยุ่งยากในขั้นตอนการกะเทาะเปลือกส่งผลต่อปัญหาในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสีดำ ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับและยังทำให้เนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงของลูกหยีมีลักษณะสีเขียวที่ยังไม่สุก (ภาพที่ 4.3 ระยะเวลา 3 เดือน) มีการเปลี่ยนแปลงจนสุกเต็มที่ (ภาพที่ 4.3 ระยะเวลา 5 เดือน) ระยะเวลาการพัฒนาดังแต่่ออกดอกจนผลลูกหยีสุกเต็มที่ใช้เวลาประมาณ 5 เดือน ตลอดระยะเวลาการสุกของลูกหยีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ แต่ละพื้นที่ไม่พร้อมกัน เนื่องจากการออกดอกของต้นลูกหยีไม่พร้อมกัน ซึ่งนับเป็นข้อดีสำหรับผู้เก็บเกี่ยวที่จะสามารถวางแผนการตัดลูกหยีได้และผู้รับซื้อลูกหยีสำหรับการจัดเตรียมการตากแห้งและเตรียมการแปรรูปลูกหยีในลำดับต่อไป



**ภาพที่ 4.3** การเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏของผลลูกหยีระหว่างการพัฒนาของผล ตั้งแต่ระยะเริ่มแก่เขียว (3 เดือน หลังดอกบาน) จนถึงสุกเต็มที่ที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ (5 เดือนหลังดอกบาน)

#### 4.1.3 ข้อตำหนิและคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว

จากการคัดเลือกและประกันคุณภาพของวัตถุดิบหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า ลูกหยีที่ผ่านการตัดจากต้นมีสิ่งเจือปน เช่น เศษใบไม้ เศษหญ้า และดิน ในปริมาณเล็กน้อย เมื่อสุ่มตัวอย่างจากลูกหยีสด 1 กิโลกรัม ผลลูกหยีมีข้อตำหนิจากความเสียหายจากการกระแทก (ภาพที่ 4.4) ขณะตกจากที่สูงการลูบเก็บลูกหยี และการบรรจุลงถุงกระสอบ การวิเคราะห์คัดเลือกวัตถุดิบลูกหยีจากผู้ประกอบ 2 ราย เกี่ยวกับคุณภาพและข้อตำหนิ พบว่า น้ำหนักของลูกหยีที่ได้คุณภาพและผลที่มีตำหนิแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยได้ลูกหยีมีคุณภาพจากผู้ประกอบการอามานีลูกหยี ปริมาณ ร้อยละ  $68.00 \pm 2.67$  สูงกว่าผู้ประกอบการแบยิกายีมีปริมาณ ร้อยละ  $63.00 \pm 2.14$  (ตารางที่ 4.1) มีการแตก ร้อยละ  $32.00 \pm 2.67$  -  $37.00 \pm 2.14$  (ภาพที่ 4.4 a และตารางที่ 4.1) เนื่องจากสถานประกอบการอามานีลูกหยีเก็บเกี่ยวใช้ผู้รับจ้างป็นต้นลูกหยีและผู้รับจ้างการลูบลูกหยีออกจากกิ่งคนละชุดกับผู้ประกอบการแบยิกายี จึงทำให้ความสมบูรณ์ของผลลูกหยีสดแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเนื้อภายในของลูกหยีที่มีตำหนิจากการกระแทกยังมีคุณภาพดีพอสำหรับการเตรียมลูกหยีแดงต่อไปได้ ส่วนของตำหนิจากการขึ้นราและแมลง (ภาพที่ 4.3 b และ c) เนื่องจากแต่ละแหล่ง มีการจ้างตัดลูกหยี ซึ่งมีขนาดและความสูงของต้นต่างกัน ส่งผลต่อการตกของกิ่งลูกหยีทำให้ได้รับการกระแทก รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความชำนาญของผู้ตัด การวางแผนการเก็บผลผลิตระหว่างการลูบลูกหยี และการบรรจุกระสอบจึงทำให้คุณภาพของลูกหยีแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.4 ลักษณะการสูญเสียทางกายภาพของเปลือกที่แตกจากการตกกระแทก (a) แผลงเงาเกิน (b) และการขึ้นเชื้อราในตัวอย่างลูกหยา (c)

ตารางที่ 4.1 ลูกหยาที่ผ่านการคัดคุณภาพจากการสุ่มตัวอย่างหลังการเก็บเกี่ยวจากผู้ประกอบการ

| ผู้ประกอบการ | ปริมาณลูกหยาต่อ<br>การเก็บเกี่ยว<br>ลูกหยา (กิโลกรัม) | น้ำหนักลูกหยาสดที่<br>ใช้ในการคัด<br>คุณภาพ (กรัม) | ร้อยละการคัดคุณภาพของลูกหยา |                    |
|--------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------|
|              |                                                       |                                                    | น้ำหนักหลังคัดแยก           | น้ำหนักข้อตำหนิ    |
| อามานีลูกหยา | 60, 66, 72                                            | 1,000                                              | $68.00 \pm 2.67^a$          | $32.00 \pm 2.67^a$ |
| แบยิกายี     | 65, 68                                                | 1,000                                              | $63.00 \pm 2.14^b$          | $37.00 \pm 2.14^b$ |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

$\pm$  หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

#### 4.1.4 การเตรียมผลผลิตก่อนการแปรรูปต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกหยาหลังการเก็บเกี่ยว

##### 4.1.4.1 การสูญเสียน้ำหนักจากการทำแห้ง

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมวัตถุดิบของลูกหยาด้วยวิธีการตากแห้งตามปกติของผู้ประกอบการและการใช้ตู้อบลมร้อนที่ 50 ( $D_{50}$ ) และ 60 องศาเซลเซียส ( $D_{60}$ ) นาน 4 ชั่วโมง ความเร็วลมที่ 1,400 รอบ/วินาที การตากแดด ( $S_{50}$ ) ลูกหยาจากผู้ประกอบการ (O) และลูกหยาสด (F; ชุดควบคุม) พบว่า การใช้ตู้อบลมร้อนและการตากแห้ง มีผลต่อการระเหยน้ำในตัวอย่างลูกหยาแตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ร้อยละ  $14.49 \pm 0.17$  ขณะที่การอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพียงร้อยละ  $12.54 \pm 0.28$  ส่วนวิธีดั้งเดิมโดยการตากแห้งระเหยออกไปเพียง ร้อยละ  $11.36 \pm 0.19$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) การอบที่อุณหภูมิสูงกว่าช่วยในการระเหยน้ำออกจากลูกหยาได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนมีค่าสูงกว่าทำให้ความร้อนสามารถถ่ายเทจากอากาศร้อนไปสู่ผิวเปลือกลูกหยา เพื่อใช้ในการระเหยน้ำได้

มากกว่า จึงทำให้การระเหยน้ำในการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงเกิดขึ้นได้เร็วกว่าการระเหยน้ำที่อุณหภูมิต่ำ (จารุวรรณ และคณะ, 2550)

**ตารางที่ 4.2** ปริมาณผลผลิตของลูกหยีอบแห้ง

| สภาวะการ<br>อบลูกหยี | น้ำหนักเริ่มต้น<br>(กรัม) | น้ำหนักหลังอบ/<br>ตากแห้ง(กรัม) | น้ำหนักที่สูญเสีย<br>(กรัม) | การสูญเสีย<br>น้ำหนัก (ร้อยละ) |
|----------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| D <sub>50</sub>      | 200.16±0.096 <sup>a</sup> | 175.05±0.48 <sup>b</sup>        | 25.11±0.57 <sup>b</sup>     | 12.54±0.28 <sup>b</sup>        |
| D <sub>60</sub>      | 200.07±0.083 <sup>a</sup> | 171.07±0.27 <sup>c</sup>        | 29.00±0.36 <sup>a</sup>     | 14.49±0.17 <sup>a</sup>        |
| S <sub>50</sub>      | 200.17±0.084 <sup>a</sup> | 177.43±0.38 <sup>a</sup>        | 22.74±0.37 <sup>c</sup>     | 11.36±0.19 <sup>c</sup>        |
| O                    | 200.14±0.072 <sup>a</sup> | 171.86±1.30 <sup>c</sup>        | 28.28±1.33 <sup>a</sup>     | 14.13±0.66 <sup>a</sup>        |
| F                    | -                         | -                               | -                           | -                              |

**หมายเหตุ :** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

D<sub>50</sub> ชุดการทดลองการอบด้วยเครื่องอบร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

D<sub>60</sub> ชุดการทดลองการอบด้วยเครื่องอบร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

S<sub>50</sub> ชุดการทดลองการอบด้วยการตากแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

O ชุดการทดลองลูกหยีจากผู้ประกอบการ

F ชุดการทดลองลูกหยีสอดไม่ได้ผ่านการอบแห้ง

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์องค์ประกอบของคุณภาพทางกายภาพของลูกหยีดำที่ผ่านการเตรียมก่อนเข้าสู่กระบวนการแปรรูป โดยการเปรียบเทียบการเตรียมลูกหยีดำตากแห้งกับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส และคำนวณสัดส่วนผลผลิตเนื้อมากหยีที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการแปรรูปต่อไป พบว่า ลูกหยีสอดมีปริมาณของเนื้อมากหยี ร้อยละ  $33.66 \pm 0.56$  (ตารางที่ 4.3) ซึ่งปริมาณสัดส่วนของผลผลิตที่ใช้ได้น้อย ขณะที่มีส่วนของเปลือกลูกหยีและเมล็ดมีน้ำหนักรวมถึง ร้อยละ 66 การเตรียมลูกหยีดำเป็นลูกหยีแดง โดยการอบแห้งแต่ละวิธีการมีผลต่อปริมาณผลผลิตลูกหยีแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยการอบแห้งให้เนื้อมากหยีภายหลังการเอาเมล็ดออกที่ ร้อยละ 36.92-37.87 การอบแห้งมีผลทำให้ผิวของเปลือกลูกหยีได้รับความร้อน และลมร้อนทำให้ความชื้นจากเปลือกลดลง และมีการแพร่ของน้ำจากเมล็ดไปสู่เนื้อ มีผลทำให้ร้อยละผลผลิตของเนื้อมากหยีเพิ่มขึ้น

**ตารางที่ 4.3** การคำนวณสัดส่วนผลผลิตของลูกหิยีสต์และลูกหิยีสต์ที่ผ่านการเตรียมโดยวิธีต่างกัน

| สภาวะการเตรียม  | ปริมาณ (ร้อยละ)          |                         |                         |
|-----------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                 | เนื้อลูกหิยีสต์          | เปลือกลูกหิยีสต์        | เมล็ดลูกหิยีสต์         |
| D <sub>50</sub> | 36.92±0.73 <sup>ab</sup> | 30.67±0.22 <sup>a</sup> | 32.40±0.50 <sup>b</sup> |
| D <sub>60</sub> | 37.87±0.08 <sup>b</sup>  | 30.26±0.33 <sup>a</sup> | 31.87±0.24 <sup>b</sup> |
| S <sub>40</sub> | 38.64±1.90 <sup>a</sup>  | 30.46±0.36 <sup>a</sup> | 31.55±0.11 <sup>b</sup> |
| O               | 37.79±0.72 <sup>ab</sup> | 30.23±0.11 <sup>a</sup> | 31.97±0.67 <sup>b</sup> |
| F               | 33.66±0.56 <sup>c</sup>  | 30.59±0.61 <sup>a</sup> | 35.75±1.16 <sup>a</sup> |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

D<sub>50</sub> ชุดการทดลองการอบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

D<sub>60</sub> ชุดการทดลองการอบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

S<sub>50</sub> ชุดการทดลองการอบด้วยการตากแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

O ชุดการทดลองลูกหิยีสต์จากผู้ประกอบการ

F ชุดการทดลองลูกหิยีสต์ไม่ได้ผ่านการอบแห้ง

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

#### 4.1.4.2 การเตรียมผลผลิตก่อนการแปรรูปต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีและทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกหิยีสต์

การวิเคราะห์คุณภาพลูกหิยีสต์ที่ผ่านการอบแห้ง (ในท้องตลาดที่จำหน่ายในพื้นที่ 3 จังหวัด) ลูกหิยีสต์ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 50 องศาเซลเซียส และลูกหิยีสต์ตากแห้งนาน 4 ชั่วโมง พบว่า แหล่งที่มาของลูกหิยีสต์และลูกหิยีสต์ตากแดดและลูกหิยีสต์อบแห้งมีค่าสี ค่าพีเอช (pH) ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) เยื่อใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และ เถ้า ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 4.4)

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของลูกหิยีสต์ที่ผ่านการตากแห้งและอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าสีของเนื้อลูกหิยีสต์มีความแตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่เนื้อลูกหิยีสต์จากแหล่งของผู้ประกอบการอามานีลูกหิยีสต์และแบยิกายี มีค่าความสว่างน้อยกว่าเนื้อลูกหิยีสต์และเนื้อลูกหิยีสต์ที่ผ่านการอบแห้ง ( $p \leq 0.05$ ) เนื่องจากลูกหิยีสต์ที่นำมาจากแหล่งของผู้ประกอบการเป็นลูกหิยีสต์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1-2 ปี ซึ่งมีผลจากการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างและสีจากการตากแดดของลูกหิยีสต์ระยะเวลานานกว่าการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 4.4) และ ค่า  $a^*$  มีค่าเพิ่มขึ้น ลูกหิยีสต์จะมีลักษณะสีแดงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ตากและอบแห้ง โดยเฉพาะลูกหิยีสต์จากผู้ประกอบการ มีค่า  $a^*$  มีค่า

14.47±0.01 การเปลี่ยนแปลงของสีในเนื้อลูกหยีเกิดจากแอนโทไซยานิน เมื่อทำการตากแดดและอบแห้งทำให้น้ำระเหยออก ทำให้ลูกหยีมีสภาวะความเป็นกรดและสารมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น การแสดงออกของสารนี้เห็นได้ชัด

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีในการประเมินการเปลี่ยนแปลงของลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง โดยใช้วิธีดั้งเดิมและการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน พบว่า เนื้อลูกหยีมีค่าความเป็นกรดสูง ลูกหยีสดมีค่า pH 2.78±0.01 เมื่อผ่านการอบแห้ง จะทำให้ค่าความเป็นกรดลดลง เนื่องจากกระบวนการผลิตมีการใช้ความร้อนและเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน ทำให้เกิดการสูญเสียของวิตามินซี จึงทำให้ค่า pH สูงขึ้น เป็น 2.83±0.005 (อบที่ 50 องศาเซลเซียส) และ 2.98±0.01 (ลูกหยีจากแหล่งผู้ประกอบการ) ตามลำดับ ขณะที่ลูกหยีสดมีปริมาณความชื้นและวอเตอร์แอคทิวิตี ( $a_w$ ) สูงที่สุด และ จะลดลงตามการอบแห้ง โดยวัตถุดิบที่ผู้ประกอบการเก็บไว้เป็นเวลานานมีความชื้นต่ำ ที่ร้อยละ 6.59±0.74 และมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง ร้อยละ 69.32-83.25 ซึ่งมีปริมาณสูง เนื่องจากเป็นกลุ่มของเส้นใยอาหารสูง สอดคล้องกับการศึกษาของ Gnansounou *et al.* (2013) รายงานปริมาณ คาร์โบไฮเดรตในตัวอย่างลูกหยีอาฟริกามีปริมาณ ร้อยละ 80 ดังนั้นการอบแห้งที่ระดับความชื้นอยู่ในระดับนั้นต้องมีการอบลูกหยีแดง เพื่อการกะเทาะเปลือกเท่านั้น ซึ่งทำให้เนื้อลูกหยีมีความชื้นอยู่ในช่วง 10.10±3.80-15.56±0.50 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Asoiro *et al.* (2017) ที่รายงานปริมาณความชื้นในตัวอย่างลูกหยีสายพันธุ์ *Dialium guineense* ที่กะเทาะ จากประเทศไนจีเรียเท่ากับ ร้อยละ 19.03±1.52 การใช้ตู้อบลมร้อนที่ใช้อุณหภูมิ ที่ 50-60 องศาเซลเซียส จะช่วยให้การลดปริมาณความชื้นได้เร็วกว่าและลดความชื้นได้มากกว่าการตากแห้งแบบวิธีดั้งเดิมแตกต่างกัน (ตารางที่ 4) รวมทั้งสามารถใช้ในการป้องกันการปนเปื้อนทางกายภาพและเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับ Osanaiye *et al.* (2013) ซึ่งได้เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง *Dialium guineense* จากอาฟริกา และพบว่ามีความชื้น ร้อยละ 10.53 เนื้อลูกหยี มีปริมาณของไขมันและโปรตีนต่ำ (จริงแท้และธีรนุต, 2549) ในขณะที่มีปริมาณเส้นใยอาหาร ร้อยละ 4.30±0.096-5.14±0.51 ซึ่งสามารถช่วยในการขับถ่ายได้เป็นอย่างดี การศึกษาของ Adepoju (2009) เพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลไม้ในป่าทางตะวันตกเฉียงใต้และแถบกลางของประเทศไนจีเรีย ได้แก่ *Mombin Spondias*, *Dialium guineense* และ *Mordii whytii* โดยการวิเคราะห์ด้วย วิธียมาตรฐาน AOAC พบว่า มีปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่าง 2.6-8.3 กรัม ไขมัน 1.6-2.0 กรัม เยื่อใย 0.6 -11.8 และ ปริมาณเถ้า 1.0-6.8 กรัม/100 กรัม ดังนั้นลูกหยีมีความแตกต่างของสมบัติทางกายภาพและเคมีขึ้นอยู่กับชนิดของสายพันธุ์แต่ละพื้นที่ สภาพภูมิอากาศ และธาตุอาหารของพืชที่ได้รับจึงทำให้ลูกหยีแตกต่างกัน

**ตารางที่ 4.4** การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของลูกหยีสตและลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง

| การวิเคราะห์              |                       | ชุดการทดลอง              |                          |                          |                         |                          |
|---------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                           |                       | D <sub>50</sub>          | D <sub>60</sub>          | S <sub>40</sub>          | O                       | F                        |
| ค่าสี                     | <i>L</i> <sup>*</sup> | 30.00±0.02 <sup>b</sup>  | 26.41±1.04 <sup>c</sup>  | 28.68±0.39 <sup>d</sup>  | 22.38±1.02 <sup>d</sup> | 41.68±0.84 <sup>a</sup>  |
|                           | <i>a</i> <sup>*</sup> | 11.28±0.51 <sup>b</sup>  | 11.65±0.39 <sup>b</sup>  | 11.29±0.05 <sup>b</sup>  | 14.47±0.01 <sup>a</sup> | 11.51±0.25 <sup>b</sup>  |
|                           | <i>b</i> <sup>*</sup> | 8.36±0.53 <sup>d</sup>   | 9.47±0.69 <sup>c</sup>   | 8.36±0.04 <sup>d</sup>   | 12.17±0.02 <sup>b</sup> | 15.37±0.67 <sup>a</sup>  |
|                           |                       |                          |                          |                          |                         |                          |
| ค่า pH                    |                       | 2.83±0.005 <sup>b</sup>  | 2.85±0.01 <sup>b</sup>   | 2.85±0.07 <sup>b</sup>   | 2.98±0.01 <sup>a</sup>  | 2.77±0.01 <sup>c</sup>   |
| ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี       |                       | 0.61±0.01 <sup>b</sup>   | 0.49±0.005 <sup>c</sup>  | 0.62±0.01 <sup>ab</sup>  | 0.46±0.01 <sup>d</sup>  | 0.63±0.005 <sup>a</sup>  |
| ความชื้น (%)              |                       | 15.56±0.50 <sup>c</sup>  | 10.10±3.80 <sup>d</sup>  | 15.80±0.09 <sup>b</sup>  | 6.59±0.74 <sup>e</sup>  | 20.55±3.42 <sup>a</sup>  |
| น้ำตาลทั้งหมด (°Brix)     |                       | 6.62±0.07 <sup>a</sup>   | 7.14±0.04 <sup>b</sup>   | 6.58±0.11 <sup>c</sup>   | 11.02±0.02 <sup>a</sup> | 6.59±0.04 <sup>a</sup>   |
| เยื่อใยอาหาร (%)          |                       | 4.51±0.077 <sup>c</sup>  | 4.85±0.094 <sup>b</sup>  | 4.48±0.05 <sup>c</sup>   | 5.14±0.51 <sup>a</sup>  | 4.30±0.096 <sup>d</sup>  |
| คาร์โบไฮเดรต <sup>*</sup> |                       | 73.79±6.14 <sup>bc</sup> | 78.31±4.12 <sup>ab</sup> | 76.60±5.52 <sup>ab</sup> | 83.25±0.11 <sup>a</sup> | 69.32±3.79 <sup>c</sup>  |
| ไขมัน (%)                 |                       | 1.04±0.05 <sup>c</sup>   | 1.15±0.03 <sup>b</sup>   | 1.09±0.12 <sup>c</sup>   | 1.29±0.55 <sup>a</sup>  | 1.00±0.02 <sup>c</sup>   |
| โปรตีน (%)                |                       | 1.63±0.066 <sup>c</sup>  | 1.86±0.065 <sup>b</sup>  | 1.77±0.33 <sup>d</sup>   | 2.37±0.19 <sup>a</sup>  | 1.54±0.062 <sup>cd</sup> |
| เถ้า (%)                  |                       | 1.25±0.025 <sup>ab</sup> | 1.33±0.045 <sup>a</sup>  | 1.20±0.07 <sup>bc</sup>  | 1.36±0.10 <sup>a</sup>  | 1.11±0.060 <sup>c</sup>  |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

<sup>\*</sup> ปริมาณจากการคำนวณ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9- point hedonic scale ของลูกหยีดำที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 50, 60 องศาเซลเซียส ลูกหยีสต และลูกหยีที่ผ่านการตากแห้ง แล้วการกะเทาะเปลือกเป็นลูกหยีแดง พบว่าสี ความกรอบ กลิ่น ความเปรี้ยว เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) ขณะที่รสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) (ตารางที่ 4.5) คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส ลูกหยีอบแห้งทุกวิธีแตกต่างกับลูกหยีสต เนื่องจากการทำแห้ง ทำให้ปริมาณของความชื้นลดลงและสีเปลี่ยนไป โดยมีสีแดงมากขึ้นและเพิ่มความกรอบของเนื้อลูกหยี แต่จะลดเนื้อสัมผัสและความเปรี้ยวของเนื้อลูกหยีลง การใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนด้านความกรอบลูกหยีที่ยอมรับมากกว่า การตากแห้งลูกหยีแบบดั้งเดิมแตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยมีคะแนนการทดสอบเท่ากับ  $7.56 \pm 0.81$  และ  $6.83 \pm 0.65$  ตามลำดับ ดังนั้นการนำลูกหยีใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป ควรเลือกใช้ลูกหยีให้มีความเหมาะสม เช่น การผลิตลูกหยีเคลือบน้ำตาลควรใช้ลูกหยีที่เก็บรักษาประมาณ 1 ปี หรือลูกหยีใหม่ ส่วนเนื้อลูกหยีที่มีอายุมากกว่าอาจใช้ในการผลิตลูกหยีกวนหยابและละเอียด เป็นต้น

**ตารางที่ 4.5** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสลูกหยีที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีการต่าง ๆ

| การทดสอบทางประสาทสัมผัส | ชุดการทดลอง            |                         |                        |                         |                          |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                         | D <sub>50</sub>        | D <sub>60</sub>         | S <sub>40</sub>        | O                       | F                        |
| สี                      | 6.33±0.71 <sup>b</sup> | 7.26±0.67 <sup>a</sup>  | 7.10±0.71 <sup>a</sup> | 7.33±0.66 <sup>a</sup>  | 7.23±0.67 <sup>a</sup>   |
| ความกรอบ                | 7.86±0.77 <sup>a</sup> | 4.63±0.66 <sup>c</sup>  | 7.56±0.81 <sup>a</sup> | 7.10±0.66 <sup>b</sup>  | 6.83±0.65 <sup>b</sup>   |
| กลิ่น                   | 6.30±0.83 <sup>b</sup> | 7.43±0.77 <sup>a</sup>  | 7.10±0.70 <sup>a</sup> | 7.13±0.81 <sup>a</sup>  | 7.13±0.93 <sup>a</sup>   |
| ความเปรี้ยว             | 6.50±0.97 <sup>a</sup> | 6.40±1.00 <sup>ab</sup> | 5.86±1.01 <sup>c</sup> | 5.90±0.95 <sup>bc</sup> | 6.26±0.78 <sup>abc</sup> |
| รสชาติ                  | 6.43±1.10 <sup>a</sup> | 6.26±1.08 <sup>a</sup>  | 5.86±1.10 <sup>a</sup> | 5.93±1.11 <sup>a</sup>  | 5.83±1.26 <sup>a</sup>   |
| เนื้อสัมผัส             | 6.73±0.69 <sup>b</sup> | 7.50±0.50 <sup>a</sup>  | 7.00±0.74 <sup>b</sup> | 6.70±0.59 <sup>b</sup>  | 6.96±0.66 <sup>b</sup>   |
| ความชอบโดยรวม           | 6.46±0.73 <sup>b</sup> | 7.03±0.71 <sup>a</sup>  | 6.56±0.62 <sup>a</sup> | 6.70±0.65 <sup>ab</sup> | 6.70±0.66 <sup>ab</sup>  |

**หมายเหตุ :** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

#### 4.1.5 ศึกษาองค์ประกอบของเนื้อลูกหยี

เมื่อนำลูกหยีสดที่มีเปลือกดำและลูกหยีแห้งที่ผ่านการตากแดด จากผู้ประกอบการอำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี แล้วกะเทาะเปลือกออก แยกเนื้อลูกหยีออกจากเมล็ด วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี ดังตารางที่ 4.6 พบว่า ปริมาณกรดอินทรีย์ เช่น กรดทาร์ทาริก กรดกลูคูโรนิก ค่าสี ค่า pH ค่า  $a_w$  ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณวิตามินซี การต้านอนุมูลอิสระ ( $\text{IC}_{50}$ ) และสารประกอบฟีนอลทั้งหมด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ด้านค่าสี พบว่า ความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ของเนื้อลูกหยีสดและลูกหยีแห้งมีความแตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยเนื้อลูกหยีสดมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) มากที่สุด เท่ากับ 30.59 และรองลงเนื้อลูกหยีแห้ง เท่ากับ 15.77 เนื่องจากเนื้อลูกหยีแห้งมีความสว่างน้อยกว่าเนื้อลูกหยีสด เพราะผ่านกระบวนการตากแดด เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1-2 ปี ซึ่งมีผลต่อโครงสร้างของสี และสำหรับค่าสี ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) พบว่าเนื้อลูกหยีแห้งมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 14.45 และ 12.79 รองลงมา เนื้อลูกหยีสด เท่ากับ 7.63 และ 5.24 ตามลำดับ ซึ่งเนื้อลูกหยีที่ผ่านกระบวนการตากแดดและเก็บรักษาส่งผลต่อสีแดงมาก จากการดูดกลืนแสงและสารที่อยู่ในลูกหยีเข้มข้น จากการระเหยน้ำออกด้วยความร้อน

จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีของเนื้อลูกหยีสด และเนื้อลูกหยีแห้ง พบว่าปริมาณของกรดอินทรีย์ 2 ชนิด คือ กรดทาร์ทาริกในเนื้อลูกหยีแห้งมากที่สุดเท่ากับ 8.99 กรัม/100 กรัม และรองลงมาเนื้อลูกหยีสดเท่ากับ 7.86 กรัม/100 กรัม และกรดกลูคูโรนิกในเนื้อลูกหยีสดเท่ากับ 1.14 กรัม/100 กรัม และรองลงมาเนื้อลูกหยีแห้งเท่ากับ 0.59 กรัม/100 กรัม แต่ไม่พบกรดแลกติก กรด

มาลิก กรดซัคซินิกและกรดแอสคอร์บิก เป็นผลจากความจำเพาะของคอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่ไม่สามารถแยกสารประกอบกรดอินทรีย์กลุ่มนี้ได้ หรือไม่มีกรดอินทรีย์กลุ่มนี้อยู่ ซึ่งกรดอินทรีย์ที่พบในเนื้อลูกหยีมีคุณสมบัติให้น้ำผลไม้รสเปรี้ยว (De Caluwe *et al.*, 2009) ส่วนค่า pH ของเนื้อลูกหยีสตมิต่ำความเป็นกรดสูง เท่ากับ 2.70 เนื่องจากไม่ได้ผ่านการตากแดด ส่งผลต่อความเป็นกรดส่วนเนื้อลูกหยีแห้งมีค่าความเป็นกรดเท่ากับ 3.05 ซึ่งลูกหยีแห้งได้ผ่านกระบวนการตากแดด ซึ่งส่งผลต่อค่าความเป็นกรดลดลง ส่วนค่าความชื้นและค่า  $a_w$  พบว่า เนื้อลูกหยีสตมิตมามีปริมาณความชื้น และค่า  $a_w$  สูงกว่าเนื้อลูกหยีแห้ง โดยมีค่าความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 19.47 และ 10.84 และค่า  $a_w$  เท่ากับ 0.67 และ 0.56 ตามลำดับ จากการรายงานการวิจัยของ Abiodun *et al.*, (2017) พบว่าปริมาณความชื้นมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 10.53 และจากการรายงานการวิจัยของ Adamu *et al.*, (2015) พบว่าปริมาณความชื้นมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 30.00 ของเนื้อลูกหยี ซึ่งองค์ประกอบของเนื้อลูกหยีขึ้นกับสายพันธุ์ ภูมิศาสตร์สภาพภูมิอากาศ และความแตกต่างของฤดูกาลและในส่วนวัตถุแห้ง (dry matter) ของเนื้อลูกหยีแห้งสูงกว่าเนื้อลูกหยีสตมิตเท่ากับ ร้อยละ 89.16 และ 80.53 ตามลำดับ นอกจากนี้ได้มีการรายงานการวิจัยของ Osanaiye *et al.*, (2013) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อลูกหยี (*Dialium guineense*) จากแอฟริกา พบว่า ปริมาณความชื้นในส่วนของเนื้อลูกหยีมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 10.53 และวัตถุแห้ง (dry matter) มีค่าเท่ากับร้อยละ 88.40 โดยปริมาณความชื้นขึ้นขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความสูงและฤดูกาลของการเก็บผลผลิตของลูกหยี สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่าเนื้อลูกหยีแห้งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมากกว่าเนื้อลูกหยีสตมิตมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 11.17, 10.67 องศาบริกซ์ แต่เมื่อคำนวณค่า TSS ต่อน้ำหนักแห้งของเนื้อลูกหยีสตมิตเท่ากับ 0.27 และค่า TSS ต่อน้ำหนักแห้งของเนื้อลูกหยีแห้งเท่ากับ 0.25 และส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเนื้อลูกหยีแห้งมากกว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเนื้อลูกหยีสตมิตมีค่าเท่ากับ 14.88%, 13.70% เมื่อคำนวณค่า TSS ต่อน้ำหนักแห้งของเนื้อลูกหยีสตมิตเท่ากับ 0.34 และค่า TSS ต่อน้ำหนักแห้งของเนื้อลูกหยีแห้งเท่ากับ 0.33 ผลจากการที่เนื้อลูกหยีแห้งถูกเก็บรักษาเป็นระยะเวลาและกระบวนการตากแดด ส่งผลเกิดการสลายตัวของน้ำตาล ซึ่งเป็นองค์ประกอบของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ส่วนปริมาณวิตามินซี พบว่า ในเนื้อลูกหยีสตมิตมีปริมาณวิตามินซีมากกว่าเนื้อลูกหยีแห้งมีค่าเท่ากับ 27.98 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร และ 22.85 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนฤทธิ์การกำจัดอนุมูล DPPH ( $IC_{50}$ ) และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด พบว่าเนื้อลูกหยีสตมิตมีค่า  $IC_{50}$  ของการกำจัดอนุมูล DPPH น้อยกว่าเท่ากับ 26.15 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และเนื้อลูกหยีแห้งมีค่า  $IC_{50}$  ของการกำจัดอนุมูล DPPH เท่ากับ 27.13 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และส่วนการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด พบว่าเนื้อลูกหยีสตมิตมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าเท่ากับ 350 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/มิลลิลิตร และเนื้อลูกหยีแห้งมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 340.67 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/มิลลิลิตรของตัวอย่างของตัวอย่าง ตามลำดับ

**ตารางที่ 4.6** การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของเนื้อลูกหิีสตและเนื้อลูกหิีแห้ง

| ลักษณะคุณภาพ                                         | ค่าที่วัดได้             |                          |
|------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                                                      | เนื้อลูกหิีสต            | เนื้อลูกหิีแห้ง          |
| <b>คุณภาพทางกายภาพ</b>                               |                          |                          |
| <b>ค่าสี</b>                                         |                          |                          |
| ความสว่าง (L*)                                       | 30.59±0.01 <sup>b</sup>  | 15.77±0.01 <sup>a</sup>  |
| ค่าสีแดง (a*)                                        | 7.63±0.02 <sup>a</sup>   | 14.45±0.01 <sup>b</sup>  |
| ค่าสีเหลือง (b*)                                     | 5.24±0.01 <sup>b</sup>   | 12.79±0.01 <sup>a</sup>  |
| <b>คุณภาพทางเคมี</b>                                 |                          |                          |
| ปริมาณกรดทาร์ทาริก (g/100g)                          | 7.86±0.04 <sup>a</sup>   | 8.99±0.02 <sup>b</sup>   |
| ปริมาณกรดมาลิก (g/100g)                              | ND                       | ND                       |
| ปริมาณกรดแลกติก (g/100g)                             | ND                       | ND                       |
| ปริมาณกรดซัคซินิก (g/100g)                           | ND                       | ND                       |
| ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (g/100g)                         | ND                       | ND                       |
| ปริมาณกรดกลูโครนิก (g/100g)                          | 1.14±0.09 <sup>b</sup>   | 0.59±0.04 <sup>a</sup>   |
| ความเป็นกรด-ด่าง (pH)                                | 2.70±0.01 <sup>a</sup>   | 3.05±0.01 <sup>b</sup>   |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)              | 10.67±0.06 <sup>a</sup>  | 11.17±0.06 <sup>b</sup>  |
| ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)                         | 13.70±0.27 <sup>a</sup>  | 14.88±0.56 <sup>b</sup>  |
| ค่า a <sub>w</sub>                                   | 0.67±0.02 <sup>b</sup>   | 0.56±0.01 <sup>a</sup>   |
| ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)                              | 19.47±0.07 <sup>b</sup>  | 10.84±0.02 <sup>a</sup>  |
| วัตถุแห้ง (Dry matter) (ร้อยละ)                      | 80.53±0.02 <sup>a</sup>  | 89.16±0.01 <sup>b</sup>  |
| ปริมาณวิตามินซี (mg/100ml)                           | 27.98±0.015 <sup>b</sup> | 22.85±0.21 <sup>a</sup>  |
| ฤทธิ์การกำจัดอนุมูล DPPH (IC <sub>50</sub> ) (µg/ml) | 26.15±0.08 <sup>b</sup>  | 27.13±0.02 <sup>a</sup>  |
| สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/ml)                    | 350.57±0.01 <sup>b</sup> | 340.67±0.01 <sup>a</sup> |

**หมายเหตุ :** a, b คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

: ND คือ ตรวจไม่พบ

:ปริมาณวิตามินซี มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตรของน้ำ

:ฤทธิ์การกำจัดอนุมูล DPPH (IC<sub>50</sub>) ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ของน้ำ

:สารประกอบฟีนอลทั้งหมด มิลลิกรัมกรดแกลลิก/มิลลิลิตร ของน้ำ

#### 4.1.6 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของแร่ธาตุในลูกหยี

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของลูกหยีสดและลูกหยีที่ผ่านการเก็บรักษาของผู้ประกอบการในพื้นที่ อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี การวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณของวิตามินซีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระจะลดลงจากลูกหยีสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ขณะที่คุณค่าของเกลือต่างเพิ่ม เนื่องจากการวิเคราะห์ลูกหยีแห้งมีปริมาณของความชื้นที่น้อยกว่าลูกหยีสดและไม่ถูกทำลายระหว่างการเก็บรักษาหรือการเตรียมวัตถุดิบลูกหยีก่อนการแปรรูป ได้แก่ แคลเซียม (calcium) โพแทสเซียม (potassium) เหล็ก (Iron) และ แมกนีเซียม (magnesium) ลูกหยีแห้งมีปริมาณของโพแทสเซียม มีปริมาณสูง 1,073.54-1281.48 มิลลิกรัม/100 กรัม องค์ประกอบของสารอาหารที่มีรูปแบบสารอาหารคล้ายกัน Ofosuet *al.* (2013) ทำการศึกษาองค์ประกอบแร่ธาตุในลูกหยีโดยแยกชนิดของเนื้อลูกหยี เมล็ดและเปลือกนอกของลูกหยี (*Dialiu guineense*) จากการศึกษาการวิเคราะห์โดยการอาบนิวตรอน พบว่า เนื้อผลลูกหยี เมล็ดและเปลือกนอกของลูกหยี มีปริมาณของแมงกานีส เท่ากับ  $23.40 \pm 1.57$  ไมโครกรัม/กรัม คลอรีน เท่ากับ  $205.40 \pm 37.59$  ไมโครกรัม/กรัม แคลเซียม เท่ากับ  $5,671.00 \pm 2,132.30$  ไมโครกรัม/กรัม โซเดียม เท่ากับ  $332.95 \pm 8.76$  ไมโครกรัม/กรัม และโพแทสเซียมเท่ากับ  $6,190.00 \pm 711.85$  ไมโครกรัม/กรัม ขณะที่การศึกษาของ Arogba *et al.* (1994) พบว่า เนื้อลูกหยี มีรสชาติดหวาน (น้ำตาลรวม 582.1 กรัมต่อ กิโลกรัม) มีสถานะเป็นกรด (พีเอช 3.3) และมีปริมาณของโปรตีนน้อย (61.3 กรัมต่อ กิโลกรัม) และน้ำมัน (70 กรัมต่อ กิโลกรัม) ส่วนเมล็ดของลูกหยี แต่มีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย (พีเอช 5.5) ในน้ำมันน้อย (60.1 กรัมต่อ กิโลกรัม (ตารางที่ 4.7)

**ตารางที่ 4.7** ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของคุณค่าทางโภชนาการของลูกหยีสดและลูกหยีแห้งจากผู้ประกอบการ

| ผลการวิเคราะห์                 | ลูกหยีสด               | ลูกหยีแห้ง           |
|--------------------------------|------------------------|----------------------|
| วิตามินเอ as B carotene (ug/g) | $3.37 \pm 0.13^b$      | $5.18 \pm 0.19^a$    |
| calcium (mg/100g)              | $39.67 \pm 1.32^b$     | $52.30 \pm 0.26^a$   |
| sodium (mg/100g)               | $37.30 \pm 0.57^b$     | $54.83 \pm 0.14^a$   |
| potassium (mg/100g)            | $1,073.54 \pm 19.86^b$ | $1281.48 \pm 1.94^a$ |
| iron (mg/100g)                 | $1.38 \pm 0.06^b$      | $1.95 \pm 0.09^a$    |
| magnesium (mg/100g)            | $28.49 \pm 0.56^b$     | $38.05 \pm 1.73^a$   |

**หมายเหตุ :** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

## 4.2 พัฒนาระบบการเตรียมวัตถุดิบหลังการเก็บเกี่ยวอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมรังสีอินฟราเรดและแสงอาทิตย์

### 4.2.1 การประชุมหารือความร่วมมือกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกหยีระดับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

การศึกษาข้อมูลในพื้นที่ของผู้ประกอบการในการออกแบบเครื่องอบแห้งร่วมกับผู้ประกอบการเพื่อใช้องค์ความรู้ผลิตเครื่องอบแห้งเบื้องต้น จากผู้ประกอบการระดับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดปัตตานี ยะลา และนราธิวาส จำนวน 9 ราย ในเขตจังหวัดปัตตานี 6 ราย นราธิวาส 2 และยะลา 1 ราย โดยการใช้ประโยชน์ของเครื่องอบแห้งที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดของผู้ประกอบการ ผู้ประกอบการยินดีที่จะให้ความร่วมมือกับคณะวิจัยที่จะสนับสนุนในการทดลองวิจัยและสนใจที่จะนำเครื่องอบแห้งที่ได้พัฒนาเอาไปใช้ในการแปรรูปจริง เนื่องจากเครื่องอบแห้งมีความจำเป็นและก่อผลดีต่อการดำเนินกิจการ โดยที่ผู้ประกอบการขนาดใหญ่มีความจำเป็นและต้องมีการพัฒนาเครื่องอบแห้งมากที่สุดต่อการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อวัตถุดิบและมูลค่าของสินค้า แสดงรายละเอียดดังนี้

**1. ผู้ประกอบการขนาดใหญ่** คือ มีการรับซื้อลูกหยีดำ (ยังไม่ได้กะเทาะเปลือก) ต้องได้รับการตากแดดหรือเข้าเครื่องอบแห้งกรณีที่ไม่มีแดด (ฝนตก) และลูกหยีแดง (ที่ผ่านการกะเทาะเปลือกและตากแดดแล้ว) นำไปเก็บ เพื่อสะสมไว้หรือนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทันที โดยมีจำนวนปริมาณที่เก็บสะสมและนำไปแปรรูปเป็นจำนวนมาก ต้องมีการตรวจสอบปริมาณความชื้นและนำมาอบแห้งหรือตากแดด เพื่อรักษาคุณภาพของลูกหยีแดง

**2. ผู้ประกอบการขนาดเล็กหรือรายย่อย** คือรับซื้อลูกหยีดำหรือเก็บจากต้น นำไปตากแดดหนึ่งวันแล้วทำการกะเทาะเปลือก ตากแดดอีกครั้งจนแห้ง แล้วนำไปจำหน่ายให้กับผู้ประกอบการที่รับซื้อต่อไป

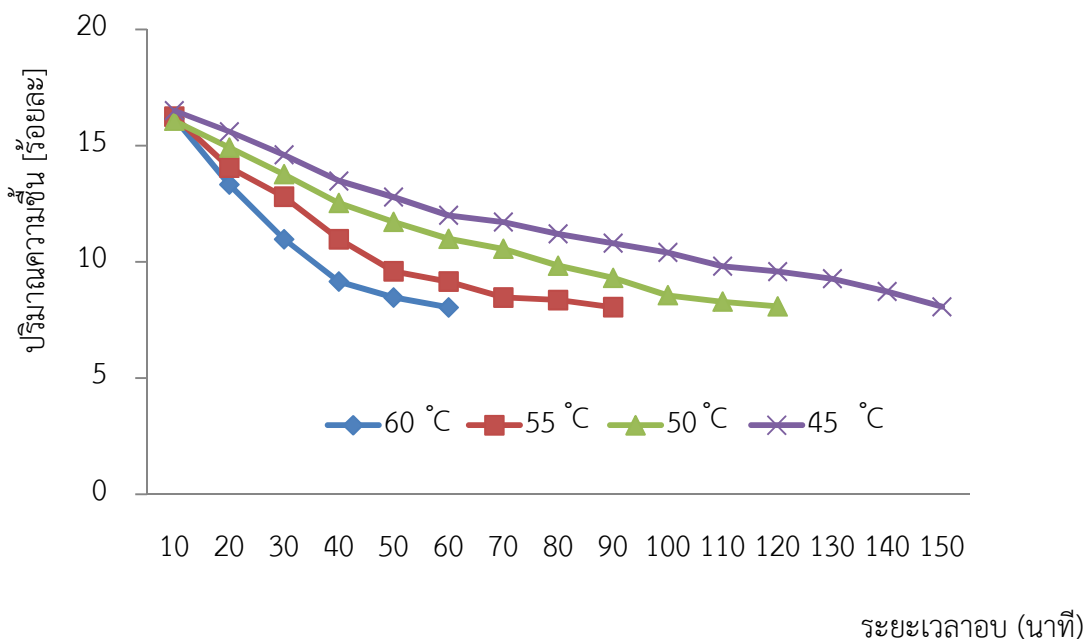
**3. ผู้ประกอบวิสาหกิจชุมชน** คือ จัดตั้งเป็นกลุ่ม โดยผ่านการจดทะเบียนถูกต้อง สมาชิกจะมีการรวมกลุ่มในการประกอบการแปรรูปผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่รับซื้อลูกหยีดำ นำไปตากแดดเป็นลูกหยีแดงแล้วนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นโดยสมาชิกของกลุ่ม

การประดิษฐ์เครื่องอบแห้งสำหรับการอบแห้งลูกหยี โดยได้ดำเนินการสั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องอบแห้งขนาดทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว รอการศึกษาในลำดับต่อไปประมาณในเดือนกรกฎาคม ลูกหยีสดเข้าสู่ฤดูเก็บเกี่ยวผลผลิต

#### 4.2.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรด

##### 4.2.2.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรด

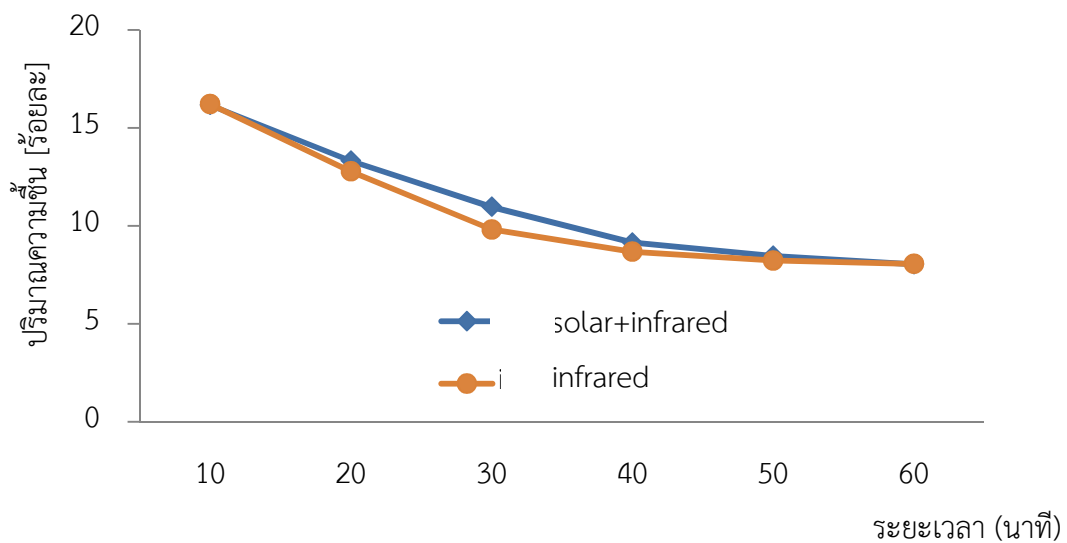
การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพในการอบแห้งในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ โดยใช้หลักการพิจารณาลดปริมาณของความชื้นในตัวอย่างลูกหยีให้เร็วที่สุด โดยการลดปริมาณความชื้นที่ใกล้เคียงกับปริมาณความชื้นของลูกหยีแห้งที่ผู้ประกอบการเก็บรักษาได้ระยะเวลานาน นำมาวิเคราะห์ซึ่งมีปริมาณของความชื้นประมาณ ร้อยละ 8 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งโดยอุณหภูมิการอบแห้งที่ 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่า การใช้อุณหภูมิการอบลูกหยีที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาที่ 77 นาที (ภาพที่ 4.5) เพราะว่าเป็นช่วงที่ใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด แต่ยังคงมีการสนับสนุนข้อมูลของการทดสอบในการนำตัวอย่างวัตถุดิบแปรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในพื้นที่ ได้แก่ ลูกหยีกวน และลูกหยีเคลือบน้ำตาล เป็นต้น รวมถึงการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ตลอดการใช้เครื่องเปรียบเทียบกับเครื่องอบที่มีการจำหน่ายทั่วไป การใช้อุณหภูมิที่สูงประมาณ 60 องศาเซลเซียส อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของวิตามินซีในตัวอย่างของลูกหยีได้



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบต่อปริมาณความชื้นที่ลดลง

#### 4.2.2.2 ศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งลูกหยีระหว่างการอบแห้งลูกหยีด้วยพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรดกับการอบแห้งลูกหยีด้วยพลังงานจากรังสีอินฟราเรดอย่างเดียว

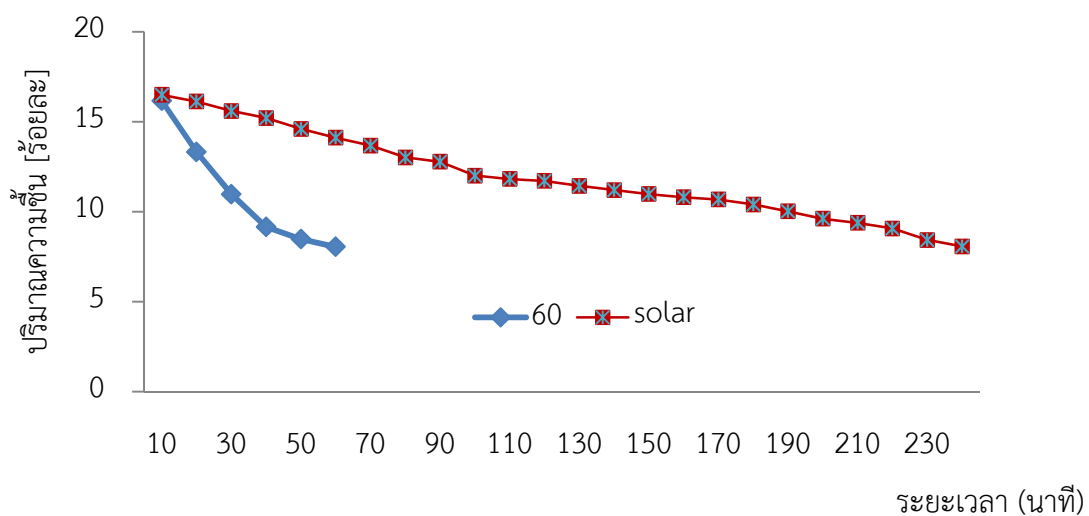
การศึกษากระบวนการทำงานของเครื่องอบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรดอย่างเดียวในการรองรับการทำงาน กรณีที่สภาวะภูมิอากาศไม่มีแสงแดดหรือแดดอ่อนหรือฝนตก เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องภายในการทำงานแหล่งกำเนิดความร้อน โดยใช้รังสีอินฟราเรดอย่างเดียว และมีการทำงานร่วมกับพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรด การปรับอุณหภูมิการทำงานที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสช่วยในการลดปริมาณของความชื้นในลูกหยีเร็วที่สุด จากการศึกษา พบว่าการใช้รังสีอินฟราเรดอย่างเดียวช่วยในการลดปริมาณของความชื้นได้ดีกว่าแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) (ภาพที่ 4.6) แต่จะใช้ปริมาณของกระแสไฟฟ้าสูงกว่าการใช้อินฟราเรดอย่างเดียวร่วมแสงอาทิตย์ ดังนั้นการศึกษาใช้พลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์จะประหยัดค่าไฟฟ้าและให้ผลผลิตของลูกหยีที่ได้จากการอบมีคุณภาพของเนื้อและลักษณะปรากฏ รวมถึงต้นทุนในการผลิตต่อน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตู้อบที่มีจำหน่ายโดยทั่วไป



ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นในการอบแห้งลูกหยีด้วยการอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรดและการอบแห้งด้วยพลังงานจากรังสีอินฟราเรดอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

#### 4.2.2.3 การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งระหว่างการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง พลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรดกับการตากแห้งแบบเกษตรกรทั่วไป

การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของเครื่องอบแห้งและกระบวนการอบแห้งของเกษตรกรทั่วไป จากการศึกษา พบว่า ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งจะช่วยประหยัดระยะเวลาในการตากแดดลดลง โดยการใช้เครื่องอบใช้เวลาเพียง 1 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.7) โดยมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณความชื้นได้เร็วกว่าและลดการปนเปื้อนของเศษหิน และฝุ่นละอองจากอากาศ เป็นต้น การตากแดดเป็นระยะเวลานานมีผลต่อปริมาณของวิตามินซีลดลง รวมถึงปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในลูกหิยิลลดลง

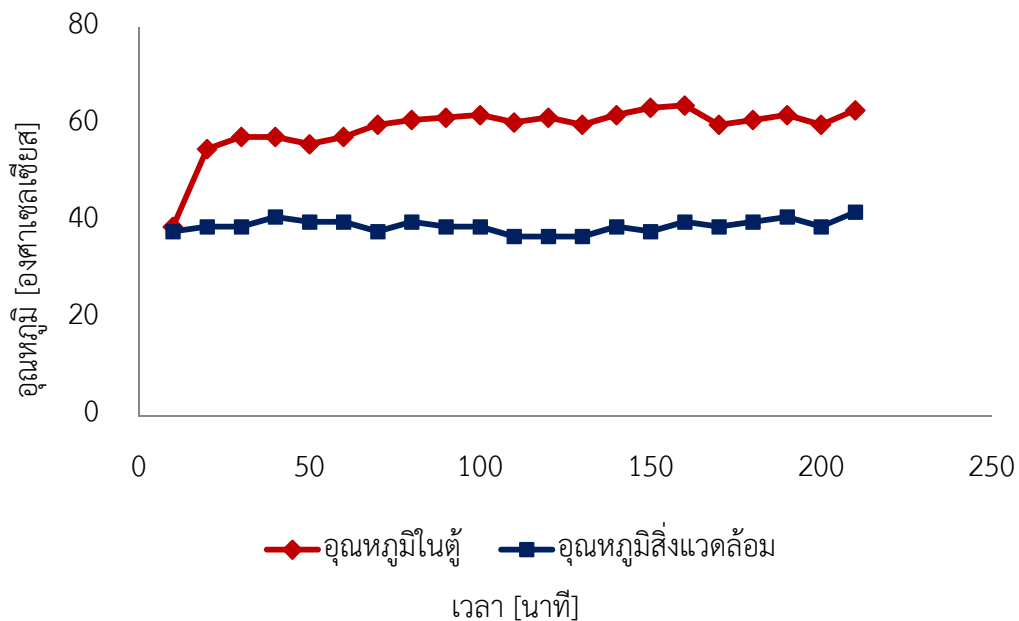


ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาและความชื้นของการอบแห้งระหว่างการอบแห้งด้วย พลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กับการตากแห้งแบบเกษตรกรทั่วไป

#### 4.2.2.4 การวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในและภายนอกของเครื่องอบแห้งที่ผลิตขึ้นและการตากแห้งแบบเกษตรกรทั่วไป

การควบคุมคุณภาพของเครื่องโดยการศึกษาคงความสม่ำเสมอของอุณหภูมิภายในเครื่องอบ โดยเปรียบเทียบกับผลการตากแดดของเกษตรกรทั่วไป จากการศึกษาความสม่ำเสมอ โดยทดสอบที่สภาวะ อุณหภูมิ 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบมีความสม่ำเสมอมากกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมนอกเครื่องตู้อบ ดังนั้นประสิทธิภาพในการควบคุมสภาวะอุณหภูมิของเครื่องอบและสามารถอบผลิตภัณฑ์ลูกหิยิลที่มีความคงที่ของอุณหภูมิมีคุณภาพและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความ

ใกล้เคียงกันและทำให้ได้ลูกหยีที่มีคุณภาพ (ภาพที่ 4.8) ไม่แตกต่างกันกับการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งโดยทั่วไป



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอุณหภูมิเฉลี่ยภายในของเครื่องอบแห้ง ที่ 60 องศาเซลเซียส (รังสีอินฟราเรดอย่างเดียว) และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

#### 4.2.2.5 การศึกษาลักษณะคุณภาพการอบแห้งด้วยเครื่องแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมพลังงานอินฟราเรด

##### 4.2.2.5.1 การทดลองทางประสาทสัมผัสของลูกหยีลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง

การประเมินทางประสาทสัมผัสของลูกหยีที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งจากตัวแทนผู้ประกอบการทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9- point hedonic scale การอบใช้พลังงานร้อนจากอินฟราเรดร่วมแสงอาทิตย์ การตากแห้งและอบแห้งที่อุณหภูมิ 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่า ความกรอบ กลิ่น ความเปรี้ยว เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 4.8) โดยที่การอบลูกหยีที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กับกระบวนการทำแห้งลูกหยีด้วยวิธีการตากแห้งตามกรรมวิธีดั้งเดิมของผู้ประกอบการไม่มีความแตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) (ตารางที่ 4.8) มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านความชอบโดยรวม  $8.70 \pm 0.63$  (ระดับพอใจระดับดี) ซึ่งผู้ประกอบการต้องการลูกหยีแห้งที่มีลักษณะแห้ง สีไม่เข้มจนเกินไป และเนื้อสัมผัสกรอบ ดังนั้นจึงต้องใช้สภาวะการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งให้ใกล้เคียงกับการตากแดดมากที่สุด

**ตารางที่ 4.8** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง

| การทดสอบทางประสาทสัมผัส | ชุดการทดลอง (องศาเซลเซียส) |                        |                        |                        |                        |
|-------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                         | 45                         | 50                     | 55                     | 60                     | ตากแดด                 |
| สี                      | 4.33±0.61 <sup>d</sup>     | 5.26±0.77 <sup>c</sup> | 6.10±0.61 <sup>b</sup> | 8.33±0.56 <sup>a</sup> | 8.23±0.62 <sup>a</sup> |
| ความกรอบ                | 5.86±0.67 <sup>d</sup>     | 5.63±0.76 <sup>c</sup> | 7.56±0.71 <sup>b</sup> | 8.10±0.56 <sup>a</sup> | 8.13±0.63 <sup>a</sup> |
| กลิ่น                   | 4.30±0.73 <sup>d</sup>     | 5.43±0.87 <sup>c</sup> | 7.10±0.67 <sup>b</sup> | 8.13±0.71 <sup>a</sup> | 8.13±0.73 <sup>a</sup> |
| ความเปรี้ยว             | 4.50±0.87 <sup>d</sup>     | 5.40±1.03 <sup>c</sup> | 6.86±1.05 <sup>b</sup> | 7.30±0.85 <sup>a</sup> | 7.26±0.88 <sup>a</sup> |
| รสชาติ                  | 4.43±1.12 <sup>d</sup>     | 5.26±1.09 <sup>c</sup> | 5.86±1.17 <sup>b</sup> | 7.93±1.14 <sup>a</sup> | 7.83±1.26 <sup>a</sup> |
| เนื้อสัมผัส             | 4.73±0.59 <sup>d</sup>     | 5.50±0.51 <sup>c</sup> | 7.00±0.64 <sup>b</sup> | 7.70±0.49 <sup>a</sup> | 7.96±0.56 <sup>a</sup> |
| ความชอบโดยรวม           | 4.46±0.63 <sup>d</sup>     | 5.03±0.74 <sup>c</sup> | 6.56±0.52 <sup>b</sup> | 8.70±0.63 <sup>a</sup> | 8.70±0.56 <sup>a</sup> |

**หมายเหตุ :** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

#### 4.2.2.5.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของลูกหยีสดและลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของลูกหยีที่ผ่านการตากแห้งและอบแห้งที่อุณหภูมิ 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าสีของเนื้อลูกหยีมีความแตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่เนื้อลูกหยีที่ผ่านการอบแห้งมีค่าความสว่างน้อยกว่าเนื้อลูกหยีสด ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 4.9) ซึ่งมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ที่อุณหภูมิการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส คือ  $23.28 \pm 1.01$  ขณะที่ผลลูกหยีสดมีค่าความสว่าง  $41.58 \pm 0.74$  เนื่องจากลูกหยีที่ผ่านการอบแห้งมีผลจากการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างและสีจากการตากแดด ส่งผลต่อลูกหยีมีลักษณะปรากฏสีแดง เนื้อสัมผัสกรอบ และแตกได้ง่าย มีค่าสีแดง ( $a^*$ ) เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าสีแดง ( $a^*$ )  $14.19 \pm 0.05$  (อบที่ 55 องศาเซลเซียส) และ  $15.37 \pm 0.01$  (อบที่ 60 องศาเซลเซียส) ตามลำดับ ขณะที่ลูกหยีสดมีค่าสีแดง คือ  $12.41 \pm 0.15$  น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการอบแห้งที่อุณหภูมิอบแห้งแตกต่างกัน เนื่องจากการอบแห้งมีผลต่อการทำให้ปริมาณน้ำในเนื้อลูกหยีลดลงทำให้ลูกหยีมีสภาวะความเป็นกรดและสารมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีปฏิกิริยาเมลลาร์ดและการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ (Marty-Audouin และ Rocha-Mier, 1999) ส่วนคุณสมบัติค่าความแข็งของลูกหยี (hardness) ที่ผ่านการตากแดดและอบแห้งที่อุณหภูมิ 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่า ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าใกล้เคียงกับการตากแดด และที่สภาวะอุณหภูมิที่ต่ำลงค่าจะลดลง เพราะผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงกว่า ซึ่งค่าสอดคล้องกับค่า  $a_w$  ที่สูง

**ตารางที่ 4.9** การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของลูกหยีสดและลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง

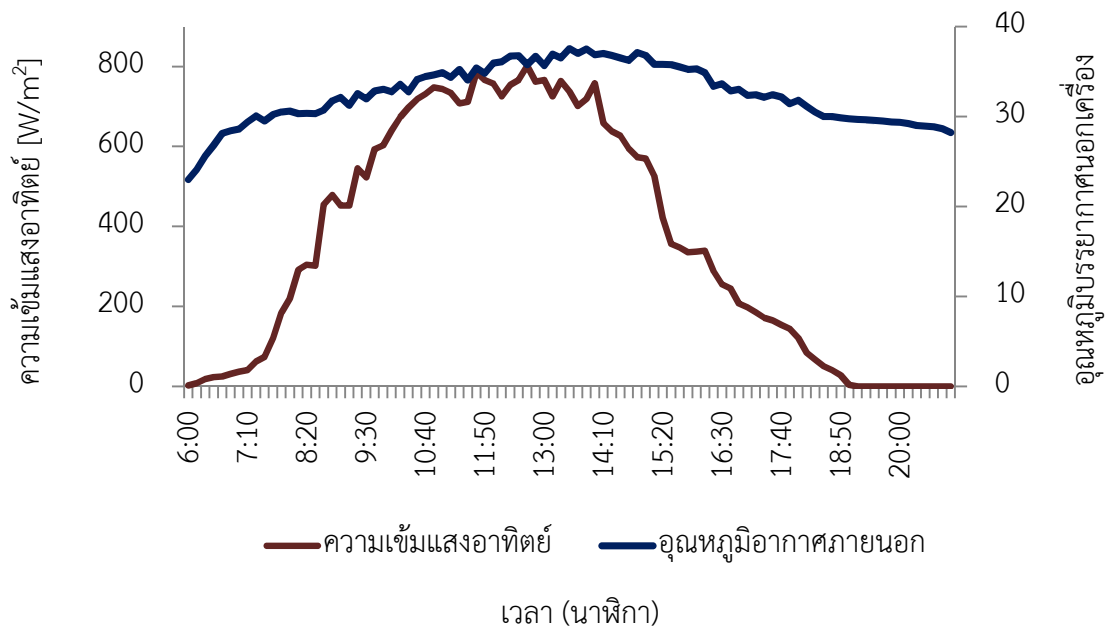
| การวิเคราะห์       |                       | ชุดการทดลอง (องศาเซลเซียส) |                         |                         |                         |                         |                         |
|--------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                    |                       | สด                         | 45                      | 50                      | 55                      | 60                      | ตากแดด                  |
| ค่าสี              | <i>L</i> <sup>*</sup> | 41.58±0.74 <sup>a</sup>    | 31.00±0.01 <sup>b</sup> | 27.31±1.03 <sup>c</sup> | 29.58±0.49 <sup>d</sup> | 23.28±1.01 <sup>e</sup> | 23.05±1.02 <sup>e</sup> |
|                    | <i>a</i> <sup>*</sup> | 12.41±0.15 <sup>d</sup>    | 12.18±0.41 <sup>d</sup> | 13.55±0.29 <sup>c</sup> | 14.19±0.05 <sup>b</sup> | 15.37±0.01 <sup>a</sup> | 15.43±0.02 <sup>a</sup> |
|                    | <i>b</i> <sup>*</sup> | 16.27±0.57 <sup>a</sup>    | 9.26±0.43 <sup>d</sup>  | 10.37±0.59 <sup>c</sup> | 9.36±0.04 <sup>d</sup>  | 13.27±0.02 <sup>b</sup> | 13.14±0.09 <sup>b</sup> |
| ค่า hardness (N)   |                       | 1.07±0.01 <sup>e</sup>     | 1.13±0.005 <sup>d</sup> | 1.45±0.01 <sup>c</sup>  | 1.85±0.07 <sup>b</sup>  | 2.28±0.01 <sup>a</sup>  | 2.19±0.04 <sup>a</sup>  |
| ค่า a <sub>w</sub> |                       | 0.62±0.006 <sup>a</sup>    | 0.53±0.02 <sup>b</sup>  | 0.48±0.006 <sup>c</sup> | 0.44±0.02 <sup>d</sup>  | 0.40±0.02 <sup>d</sup>  | 0.42±0.06 <sup>d</sup>  |

**หมายเหตุ :** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

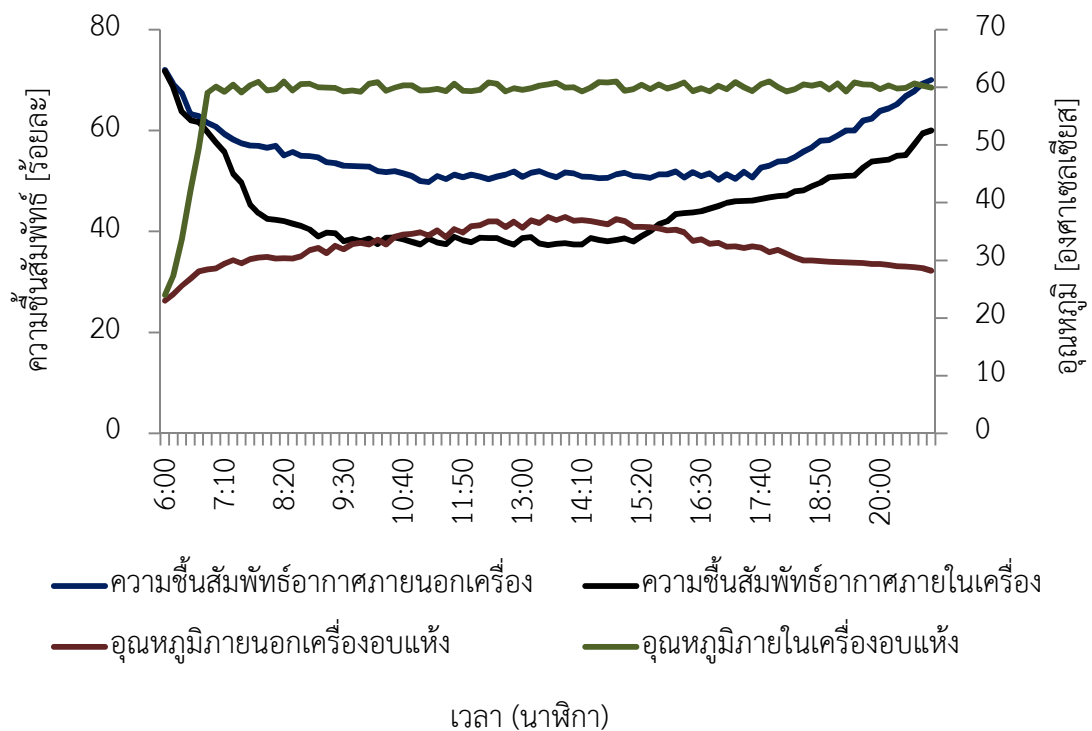
± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

#### 4.2.3 การปรับปรุงพัฒนาเครื่องอบแห้งเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ได้กำลังการผลิตสูงสุด

การพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งมีความจำเป็น โดยเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งซึ่งได้สภาวะที่ดีที่สุดคือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนั้น เพื่อให้เครื่องอบแห้งมีประสิทธิภาพสูงสุดจึงได้ปรับปรุงและพัฒนาการทำงานโดยใช้วงจรควบคุมเพิ่มเติมคือ วงจรควบคุมอุณหภูมิ 4 จุด วงจรควบคุมความชื้นภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง และเพิ่มจำนวนพัดลมในการระบาย (ความเร็วลมเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้ง 1,800 รอบต่อนาที) โดยกลไกที่ใช้ไม่ซับซ้อนคือ วงจรควบคุมอุณหภูมิจะควบคุมการทำงานของแท่งอินฟราเรด ซึ่งจะตัดไฟฟ้าเมื่ออุณหภูมิถึง 60 องศาเซลเซียส ส่วนวงจรควบคุมความชื้นจะเปิดไฟฟ้าให้พัดลมทำงานเมื่อความชื้นภายในตู้ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้คือ ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 50 และในการอบแห้งจะมีการเกลี่ยผลลูกหยี เพื่อกลับผลเมื่อทำการอบแห้งไปแล้ว 35 นาที แล้วจึงทำการอบต่อรวมเวลาที่ดำเนินการทดสอบทั้งหมดเป็นเวลา 18 ชั่วโมง โดยมีผลการวัดตัวแปรที่ส่งผลต่อการอบแห้งคือ ความแตกต่างของความชื้นภายในและภายนอกเครื่อง การกระจายตัวของอุณหภูมิในเครื่อง อุณหภูมิภายนอกเครื่อง การเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิภายในเครื่องอบ เมื่อพัดลมทำงานเพิ่มขึ้นหลายตัว และมีข้อมูลความเข้มของแสงแดดประกอบการศึกษาอีกด้วย



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มแสงอาทิตย์กับอุณหภูมิภายนอกเครื่องอบแห้งที่เวลาการอบแห้งต่างๆ



ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในและภายนอกเครื่องอบแห้งกับอุณหภูมิภายในและภายนอกเครื่องอบแห้งที่เวลาการอบแห้งต่างๆ

#### 4.2.4 ข้อมูลการคำนวณพลังงานและข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

การคิดคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับอินฟราเรด ที่สภาวะอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในการอบแห้งซึ่งจะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดคือ 1 ชั่วโมง แต่ในทางปฏิบัติแล้ว เครื่องจะทำงานและใช้ไฟฟ้าไม่ได้เต็มชั่วโมงจริงทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศด้านความชื้นความเข้มแสงแดดและอุณหภูมิของอากาศ ดังนั้นจึงคำนวณโดยประมาณกรณีที่เครื่องทำงานตลอดหนึ่งชั่วโมงการใช้งาน โดยมีการเปรียบเทียบกับเครื่องอบลมร้อน ซึ่งใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า ค่าบำรุงรักษาต่อ ปี 3,500 บาท/ปี และค่าใช้จ่ายต่อหน่วยการผลิต 9.00 บาท/กิโลกรัม ผลผลิตแห้ง น้อยกว่าเครื่องอบปกติที่มีค่าบำรุงรักษาสูงกว่า 5,000 บาท/ปี และค่าใช้จ่ายต่อหน่วยการผลิต 11.70 บาท/กิโลกรัมผลผลิตแห้ง (ตารางที่ 4.10)

**ตารางที่ 4.10** การสรุปเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนและเครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมรังสีอินฟราเรดและพลังงานแสงอาทิตย์

| รายละเอียด                                  | เครื่องอบแห้งลมร้อน          | เครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วม |
|---------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด kWh                         | 5.00 หน่วย                   | 1.05648 หน่วย                    |
| เงินลงทุนในการสร้างประกอบเครื่องอบแห้งรายปี | 16,100.17 บาท/ปี             | 11,270.12 บาท/ปี                 |
| มูลค่าซากรายปี                              | 635.02 บาท/ปี                | 444.51 บาท/ปี                    |
| ค่าบำรุงรักษา                               | 5,000 บาท/ปี                 | 3,500 บาท/ปี                     |
| ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้ารายปี             | 22,240.00 บาท/ปี             | 4,714.88 บาท/ปี                  |
| ค่าจ้างแรงงานรายปี                          | 60,000 บาท/ปี                | 60,000 บาท/ปี                    |
| ค่าต้นทุนวัตถุดิบรายปี                      | 960,000 บาท/ปี               | 960,000 บาท/ปี                   |
| รวมต้นทุนรายปี                              | 1,062,705.15 บาท/ปี          | 1,039,040.49 บาท/ปี              |
| รายรับรายปี                                 | 1,766,400.00 บาท/ปี          | 1,766,400.00 บาท/ปี              |
| กำไรสุทธิรายปี                              | 1,586,894.85 บาท/ปี          | 1,610,559.51 บาท/ปี              |
| ระยะเวลาคืนทุน                              | 0.142107051 ปี               | 0.096238516 ปี                   |
| ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยการผลิต                   | 11.70 บาท/กิโลกรัมผลผลิตแห้ง | 9.00 บาท/กิโลกรัมผลผลิตแห้ง      |



ภาพที่ 4.11 เครื่องอบแห้งต้นแบบและการทดลองการอบลูกหยี

### 4.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ต้นทุนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากลูกหยีเป็นที่ยอมรับทาง การตลาดของผู้บริโภค

#### 4.3.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม

การศึกษาข้อมูลของผู้ประกอบการและกลุ่มบริโภคเป้าหมายของการออกแบบผลิตภัณฑ์ น้ำลูกหยีพร้อมบริโภคและน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น มีความสำคัญต่อการออกแบบให้ตรงกับความสามารถในการผลิตของผู้ประกอบการและผู้บริโภคในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ ทั้ง 2 กลุ่มมีความเห็นต่อผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกันและสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จำหน่ายในท้องตลาดได้ในอนาคต ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

##### 4.3.1.1 การสำรวจความต้องการของผู้ประกอบการและผู้บริโภค

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำลูกหยีพร้อมบริโภคตามความต้องการของผู้ประกอบการและผู้บริโภค โดยการศึกษาข้อมูลจากผู้ประกอบการจากการสอบถามและสนทนากลุ่ม พบว่า ผู้ประกอบการและผู้บริโภคต้องการบรรจุในภาชนะประเภท ขวดพลาสติกมากที่สุด สำหรับน้ำลูกหยีพาสเจอร์ไรส์ รองลงมา คือขวดแก้ว โดยมีรูปทรงที่น่าสนใจต้องดึงดูดสายตาของผู้บริโภค ขนาดและปริมาณบรรจุในการวางขายที่ขนาดระหว่าง 180-199 มิลลิลิตร และ 200-219 มิลลิลิตร คิดเป็น ร้อยละ 40 ส่วนลักษณะของเนื้อและน้ำลูกหยี โดยมีสัดส่วนของน้ำลูกหยีปานกลาง น้ำลูกหยีสีเข้ม และมีกลิ่นตามธรรมชาติ มีรสเค็มเล็กน้อย มีรสชาติของความหวานปานกลางและมีความเปรี้ยว

ปานกลาง มีอายุการเก็บรักษาระยะเวลานาน 12 เดือน จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการผลิตของการผลิตน้ำลูกหยีของผู้ประกอบการ พบว่า มีความเป็นไปได้มากที่สุดของการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีในระดับเอสเอ็มอี (SME) และผู้ประกอบการมีความพร้อม ร้อยละ 75 ส่วนของวัตถุดิบมีความเพียงพอต่อการผลิตน้ำลูกหยี และสามารถจัดการทางการตลาดของผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยี ถ้ามีผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยี ผู้บริโภคสนใจลองชิมในระดับปานกลาง หากในอนาคตมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีผู้บริโภคจะเลือกให้มีลักษณะสีปานกลางและกลิ่นตามธรรมชาติ รสชาติเค็ม หวานและเปรี้ยวปานกลาง นอกจากนี้ผู้บริโภคต้องการให้ผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีมีลักษณะชุ่มฉ่ำน้ำส้ม และน้ำสัปรด การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากผู้บริโภค ที่เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีพบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการตัดสินใจเลือกซื้อ โดยมีปัจจัยสำคัญมากที่สุด ในการซื้อผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยี คือ รสชาติ คุณค่าทางโภชนาการ ยี่ห้อ ความสะอาด ความปลอดภัยในการบริโภค และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

#### 4.3.1.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น

##### 4.3.1.2.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมต่อสมบัติของการสกัดน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น

##### ปริมาณน้ำที่สกัดจากลูกหยี

นำข้อมูลจากการศึกษาทางการตลาดทั้งผู้ประกอบการและผู้บริโภค ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเนื้อลูกหยีต่อน้ำ ในการสกัดน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นที่อัตราส่วนของเนื้อลูกหยีต่อน้ำเท่ากับ 1:1, 1:2 และ 1:3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) มีปริมาณผลผลิตของน้ำลูกหยี ร้อยละ 40.5, 42.71, 54.05 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 อัตราส่วนที่เหมาะสมและปริมาณผลผลิตของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น

| สิ่ง<br>ทดลอง | เนื้อลูกหยี:<br>น้ำ | เนื้อลูกหยี<br>(กรัม) | น้ำ<br>(กรัม) | ปริมาณน้ำลูกหยีที่<br>สกัดได้ (กรัม) | ผลผลิตของน้ำ<br>ลูกหยี (ร้อยละ) |
|---------------|---------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| 1             | 1:1                 | 50                    | 50            | 40.50±0.12 <sup>a</sup>              | 40.50±0.01 <sup>a</sup>         |
| 2             | 1:2                 | 50                    | 100           | 64.07±0.10 <sup>b</sup>              | 42.71±0.03 <sup>b</sup>         |
| 3             | 1:3                 | 50                    | 150           | 108.10±0.08 <sup>c</sup>             | 54.05±0.02 <sup>c</sup>         |

หมายเหตุ : ตัวเลขปริมาณผลผลิตของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นที่สกัดได้หลังจากผ่านการกรองด้วยผ้ากรองเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูล 3 ซ้ำ

#### การทดสอบทางประสาทสัมผัส

เมื่อทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผู้บริโภคของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น ที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำเท่ากับ 1:1, 1:2 และ 1:3 (น้ำหนักต่อ

ปริมาตร) ดังแสดงตารางที่ 4.12 พบว่า ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนการยอมรับในด้านสี รสเปรี้ยว ความหนืด ความเข้มข้น กลิ่นรส การตกตะกอน และความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบมากที่สุดคือ การสกัดน้ำลูกหยีด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำเท่ากับ 1:3 โดยมีคะแนนด้านสีระดับ 7.50 รสเปรี้ยวระดับ 6.93 ความหนืดระดับ 6.93 ความเข้มข้นระดับ 6.43 กลิ่นรสระดับ 6.47 การตกตะกอนระดับ 6.67 และความชอบโดยรวมระดับ 7.60 รองลงมา การสกัดเนื้อลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำเท่ากับ 1:1 และ 1:2

คุณภาพของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น ที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำเท่ากับ 1:3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นในการพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น เมื่อเทียบกับปริมาณการนำเนื้อลูกหยีในกระบวนการผลิต โดยมีปริมาณผลผลิตของน้ำลูกหยี ร้อยละ 54.05 และมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง 7.60

**ตารางที่ 4.12** การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นจากลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำแตกต่างกัน

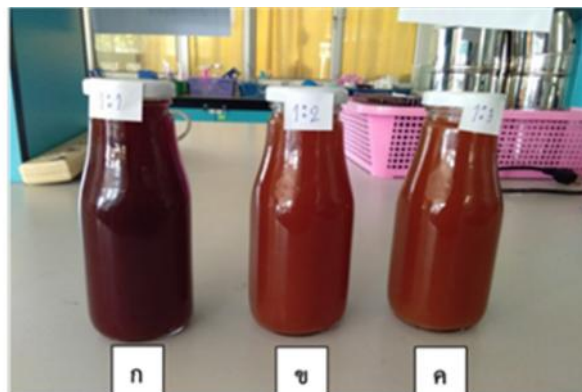
| คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส | อัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำ (กรัม:มิลลิลิตร) |                        |                        |
|--------------------------|---------------------------------------------|------------------------|------------------------|
|                          | 1:1                                         | 1:2                    | 1:3                    |
| สี                       | 6.80±1.69 <sup>b</sup>                      | 5.70±0.84 <sup>a</sup> | 7.50±1.55 <sup>b</sup> |
| รสเปรี้ยว                | 6.03±2.20 <sup>a</sup>                      | 5.63±0.96 <sup>a</sup> | 6.93±1.80 <sup>b</sup> |
| ความหนืด                 | 5.90±1.49 <sup>ab</sup>                     | 5.27±0.74 <sup>a</sup> | 6.17±1.56 <sup>b</sup> |
| ความเข้มข้น              | 6.03±1.50 <sup>ab</sup>                     | 5.63±0.96 <sup>a</sup> | 6.43±1.41 <sup>b</sup> |
| กลิ่นรส                  | 6.43±1.25 <sup>b</sup>                      | 5.47±1.17 <sup>a</sup> | 6.47±1.20 <sup>b</sup> |
| การตกตะกอน               | 6.53±1.38 <sup>b</sup>                      | 5.23±1.01 <sup>a</sup> | 6.67±1.37 <sup>b</sup> |
| ความชอบโดยรวม            | 6.73±1.23 <sup>b</sup>                      | 5.70±0.92 <sup>a</sup> | 7.60±1.04 <sup>c</sup> |

**หมายเหตุ :** a, b และ c คือตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

**สมบัติทางกายภาพและเคมี** คุณภาพของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น ที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำเท่ากับ 1:1, 1:2 และ 1:3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ดังแสดงตารางที่ 4.13 จากผลการทดลองน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น ที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อ

ลูกหยีต่อน้ำเท่ากับ 1:1, 1:2 และ 1:3 เมื่อนำมาวัดค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ของน้ำสกัดลูกหยีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) จะเห็นเมื่ออัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำเท่ากับ 1:1, 1:2 และ 1:3 น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นที่ได้มีค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำเพิ่มขึ้น น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำเท่ากับ 1:1, 1:2 และ 1:3 มีค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) เท่ากับ 13.81, 13.85 และ 14.13 ตามลำดับ และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) เท่ากับ 3.30, 3.48 และ 3.33 ตามลำดับ ในส่วนของค่าสีแดง ( $a^*$ ) ลดลงตามอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าสีแดง ( $a^*$ ) เท่ากับ 4.75, 3.77, 3.72 ตามลำดับ โดยเฉดสีแดงเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม เป็นสีแดงสว่าง ดังภาพที่ 4.12 ส่วนสมบัติทางเคมี เมื่ออัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำเพิ่มขึ้นจาก 1:1, 1:2 และ 1:3 จะทำให้น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นมีปริมาณกรดทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งอยู่ในช่วง 1.79-1.85 สอดคล้องกับค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งอยู่ในช่วง 2.52-2.62 ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณวิตามินซี มีค่าลดลง ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 25.01, 22.25 และ 19.57 °Brix ตามลำดับ ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ ร้อยละ 10.04, 9.50 และ 8.31 ตามลำดับ และปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 0.18, 0.15 และ 0.14 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับปริมาณกรดทั้งหมดที่ได้จากการไตเตรตและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำสกัด ลูกหยีเข้มข้นที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำเท่ากับ 1:1, 1:2 และ 1:3 เมื่อคำนวณค่าสัดส่วนปริมาณ °Brix : Acid ratio มีค่าลดลงเท่ากับ 13.52, 12.11 และ 10.96 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13)



**ภาพที่ 4.12** น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำ (ภาพ ก : อัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำที่ 1:1, ภาพ ข : อัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำที่ 1:2, ภาพ ค : อัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำที่ 1:3)

**ตารางที่ 4.13** การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นจากลูกหิ่แห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหิ่ต่อน้ำแตกต่างกัน

| ลักษณะคุณภาพ |                                         | อัตราส่วนเนื้อลูกหิ่ต่อน้ำ (กรัม:มิลลิลิตร) |                         |                         |
|--------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|              |                                         | 1:1                                         | 1:2                     | 1:3                     |
| ค่าสี        | ความสว่าง ( $L^*$ )                     | 13.81±0.11a                                 | 13.85±0.10a             | 14.13±0.03b             |
|              | ค่าสีแดง ( $a^*$ )                      | 4.75±0.00c                                  | 3.77±0.04b              | 3.72±0.02a              |
|              | ค่าสีเหลือง ( $b^*$ )                   | 3.30±0.03a                                  | 3.33±0.01a              | 3.48±0.04b              |
|              | ความเป็นกรด-ด่าง (pH)                   | 2.52±0.00 <sup>a</sup>                      | 2.55±0.01 <sup>b</sup>  | 2.62±0.01 <sup>c</sup>  |
|              | ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)               | 1.85±0.03 <sup>b</sup>                      | 1.84±0.01 <sup>b</sup>  | 1.79±0.01 <sup>a</sup>  |
|              | ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) | 25.01±0.00 <sup>c</sup>                     | 22.25±0.00 <sup>b</sup> | 19.57±0.00 <sup>a</sup> |
|              | สัดส่วน°Brix : Acid ratio               | 13.52±0.02 <sup>c</sup>                     | 12.11±0.01 <sup>b</sup> | 10.96±0.01 <sup>a</sup> |
|              | ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)            | 10.04±0.00 <sup>b</sup>                     | 9.50±0.00 <sup>b</sup>  | 8.31±0.01 <sup>a</sup>  |
|              | ปริมาณวิตามินซี (mg/100ml)              | 0.18±0.02 <sup>b</sup>                      | 0.15±0.01 <sup>ab</sup> | 0.14±0.01 <sup>a</sup>  |

**หมายเหตุ :** a, b และ c คือตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

ดังนั้นน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหิ่แห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหิ่ต่อน้ำเท่ากับ 1:1, 1:2 และ 1:3 ส่งผลต่อความเป็นกรด-ด่าง และส่วนของปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และเมื่อคำนวณค่าสัดส่วนปริมาณ°Brix : Acid ratio และปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) มีค่าลดลงตามลำดับ

#### 4.3.1.2.2 ปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมต่อสมบัติของการสกัดน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้น

น้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหิ่แห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหิ่ต่อน้ำเท่ากับ 1:3 ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้น้ำตาลทรายในการเพิ่มความหวานที่ระดับปริมาณน้ำตาล 3 ระดับ คือ 60, 63 และ 66 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ มี 2 ระดับ คือ ปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.1 และ 0.3 กรัม มีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสและสมบัติทางกายภาพและเคมีแสดงดังนี้

##### การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การศึกษามลผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผู้บริโภคของการพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นประกอบไปด้วยทั้งหมด 6 สูตรต่อคะแนน ความเปรี้ยวและความเค็มแตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ )

ขณะที่ด้าน ความชื้นหนืด กลิ่นรส การตกตะกอน และความชอบโดยรวม ( $p>0.05$ ) (ตารางที่ 4.14) จากการพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหิยเข้มข้นโดยการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดด้วยน้ำตาลทรายในการเพิ่มความหวานที่ระดับปริมาณน้ำตาล 3 ระดับ และปริมาณเกลือมี 2 ระดับ พบว่า การปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ 60 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.3 ของสูตรที่ 2 ซึ่งปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 0.08 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 0.28 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เท่ากับ 5.63 และมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย 6.80 ดังนั้น การพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหิยเข้มข้น จึงเลือกสูตรที่ 2 ใช้ในการศึกษาต่อไป

#### สมบัติทางกายภาพและเคมี

การพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหิยเข้มข้นเมื่อปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดด้วยน้ำตาลทรายในการเพิ่มความหวานที่ระดับปริมาณน้ำตาล 3 ระดับคือ 60, 63 และ 66 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือมี 2 ระดับคือปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.1 และปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.3 ซึ่งประกอบไปด้วยทั้งหมด 6 สูตร เมื่อวัดค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ ) พบว่า ค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) ส่วนค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีความสว่างเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแข็งที่ละลายหมดที่ 60, 63 และ 66 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.1 และ 0.3 (ทั้ง 6 สูตร) เท่ากับ 11.27, 11.79, 12.54, 13.7 และ 13.78, 13.98 ตามลำดับ ส่วนค่าสีแดง ( $a^*$ ) เท่ากับ 0.71, 0.71, 0.74, 0.72, 0.72, 0.73 และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) เท่ากับ 2.98, 3.76, 4.18, 3.19, 2.56 และ 3.78 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15) ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายหมดที่ 60, 63 และ 66 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.1 และ 0.3 มีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณของแข็งละลายหมด ในส่วนของค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) ส่วนค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) แสดงให้เห็นน้ำสกัดลูกหิยเข้มข้นมีสีที่เข้มข้น และการวิเคราะห์คุณภาพเคมี พบว่า เมื่อมีการปรับปริมาณความหวาน และปริมาณเกลือ ซึ่งส่งผลต่อค่าความเป็นค่า pH ที่อยู่ในช่วงเท่ากับ 2.45 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) ที่อยู่ในช่วงเท่ากับ 66.313-60.303 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ อยู่ในช่วงเท่ากับ 5.16-6.92 มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณความหวานและปริมาณเกลือ แต่ส่วนของปริมาณกรดทั้งหมด ที่อยู่ในช่วง 0.25-0.29 มีค่าลดลง แต่เมื่อคำนวณค่าสัดส่วนปริมาณ  $^{\circ}\text{Brix} : \text{Acid ratio}$  อยู่ในช่วงเท่ากับ 210.17-268.20 (ตารางที่ 4.15) เมื่อพิจารณาในส่วนปริมาณวิตามินซี อยู่ในช่วงเท่ากับ 0.06-0.08 (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ ) โดยมีค่าลดลง เนื่องจากในระหว่างการพัฒนาความหวาน และปริมาณเกลือในกระบวนการผลิตน้ำสกัดลูกหิยเข้มข้น สัมผัสกับความร้อน แสง และเวลาที่นานขึ้น มีผลทำให้วิตามินซีสูญเสีย เนื่องจากวิตามินซีมีความไวต่อความร้อนจึงสลายได้ง่าย (จินตนา, 2543) พบว่า ในส่วนของสูตรที่ 2 มีปริมาณวิตามินซีมากที่สุดเท่ากับ 0.08 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายหมดที่ 60 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.3 (ตารางที่ 4.15)

ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของการพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นแตกต่างกัน

| ลักษณะคุณภาพ<br>ทางประสาทสัมผัส | สูตรน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น |                         |                         |                         |                        |                         |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
|                                 | สูตรที่ 1                | สูตรที่ 2               | สูตรที่ 3               | สูตรที่ 4               | สูตรที่ 5              | สูตรที่ 6               |
| ลักษณะปรากฏ <sup>*ns</sup>      | 6.67± 1.34               | 6.60±1.05               | 6.53± 1.40              | 6.40± 1.40              | 6.47± 0.91             | 6.80± 1.04              |
| สี <sup>*ns</sup>               | 5.93±1.53                | 6.53± 1.64              | 6.13± 1.40              | 5.93± 1.79              | 6.33± 1.63             | 6.66± 1.67              |
| ความเปรี้ยว                     | 6.66± 1.34 <sup>ab</sup> | 7.00±1.06 <sup>ab</sup> | 6.33±1.47 <sup>a</sup>  | 7.46±0.74 <sup>b</sup>  | 6.13±0.91 <sup>a</sup> | 6.66±1.23 <sup>ab</sup> |
| ความหวาน <sup>*ns</sup>         | 6.13±1.24                | 6.73±0.79               | 6.26±0.88               | 6.26±1.43               | 6.13±2.13              | 6.33±1.29               |
| 5gvb ความเค็ม                   | 5.93±1.48 <sup>ab</sup>  | 6.67±1.49 <sup>b</sup>  | 5.58±1.26 <sup>ab</sup> | 6.46±1.18 <sup>ab</sup> | 5.60±0.98 <sup>a</sup> | 6.40±1.05 <sup>ab</sup> |
| ความข้นหนืด <sup>*ns</sup>      | 6.40±1.24                | 6.40±1.05               | 6.86±1.06               | 6.46±1.30               | 7.26±1.33              | 6.66±1.45               |
| กลิ่นรส <sup>*ns</sup>          | 6.86±1.35                | 6.53±1.68               | 6.53±1.06               | 6.73±1.48               | 6.33±1.39              | 6.20±1.56               |
| การตกตะกอน <sup>*ns</sup>       | 7.33±1.34                | 7.20±1.75               | 7.13±1.70               | 6.80±1.82               | 6.66±1.00              | 6.80±1.78               |
| ความชอบโดยรวม <sup>*ns</sup>    | 6.73±1.38                | 6.80±1.10               | 6.40±1.45               | 6.46±1.45               | 6.53±0.83              | 6.73±1.16               |

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของการพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นแตกต่างกัน

| ลักษณะคุณภาพ                            | สูตรน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น |                          |                           |                          |                          |                          |
|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                                         | สูตรที่ 1                | สูตรที่ 2                | สูตรที่ 3                 | สูตรที่ 4                | สูตรที่ 5                | สูตรที่ 6                |
| <b>คุณภาพทางกายภาพ</b>                  |                          |                          |                           |                          |                          |                          |
| <b>ค่าสี</b>                            |                          |                          |                           |                          |                          |                          |
| ความสว่าง (L*)                          | 11.27±0.03 <sup>a</sup>  | 11.79±0.05 <sup>b</sup>  | 12.54±0.04 <sup>d</sup>   | 13.71±0.04 <sup>c</sup>  | 13.78±0.11 <sup>e</sup>  | 13.98±0.01 <sup>e</sup>  |
| ค่าสีแดง (a*)                           | 0.71±0.00 <sup>a</sup>   | 0.71±0.0 <sup>a</sup>    | 0.74±0.01 <sup>c</sup>    | 0.72±0.03 <sup>b</sup>   | 0.72±0.01 <sup>b</sup>   | 0.73±0.03 <sup>d</sup>   |
| ค่าสีเหลือง (b*)                        | 2.98±0.01 <sup>b</sup>   | 3.76±0.03 <sup>e</sup>   | 4.18±0.02 <sup>f</sup>    | 3.19±0.07 <sup>d</sup>   | 2.56±0.04 <sup>a</sup>   | 3.78±0.01 <sup>c</sup>   |
| <b>คุณภาพทางเคมี</b>                    |                          |                          |                           |                          |                          |                          |
| ความเป็นกรด-ด่าง (pH)                   | 2.53±0.03 <sup>cd</sup>  | 2.51±0.01 <sup>a</sup>   | 2.54±0.01 <sup>a</sup>    | 2.58±0.01 <sup>b</sup>   | 2.59±0.01 <sup>a</sup>   | 2.43±0.01 <sup>a</sup>   |
| ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)               | 0.29±0.01 <sup>b</sup>   | 0.28±0.02 <sup>ab</sup>  | 0.27±0.01 <sup>ab</sup>   | 0.26±0.02 <sup>a</sup>   | 0.26±0.02 <sup>a</sup>   | 0.25±0.01 <sup>a</sup>   |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) | 60.23±0.06 <sup>b</sup>  | 60.33±0.06 <sup>a</sup>  | 63.47±0.15 <sup>c</sup>   | 63.77±0.06 <sup>d</sup>  | 66.23±0.06 <sup>e</sup>  | 66.33±0.12 <sup>e</sup>  |
| สัดส่วน°Brix : Acid ratio               | 210.17±0.06 <sup>a</sup> | 211.73±0.06 <sup>a</sup> | 232.26 ±0.15 <sup>b</sup> | 248.52±0.06 <sup>b</sup> | 248.14±0.06 <sup>b</sup> | 268.20±0.12 <sup>c</sup> |
| ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)            | 5.16±0.14 <sup>a</sup>   | 5.63±0.28 <sup>b</sup>   | 5.88±0.00 <sup>b</sup>    | 6.32±0.24 <sup>c</sup>   | 6.25±0.27 <sup>c</sup>   | 6.92±0.16 <sup>d</sup>   |
| ปริมาณวิตามินซี (mg/100ml)              | 0.07±0.02 <sup>b</sup>   | 0.08±0.01 <sup>c</sup>   | 0.06±0.00 <sup>a</sup>    | 0.07±0.01 <sup>b</sup>   | 0.06±0.01 <sup>b</sup>   | 0.06±0.01 <sup>b</sup>   |

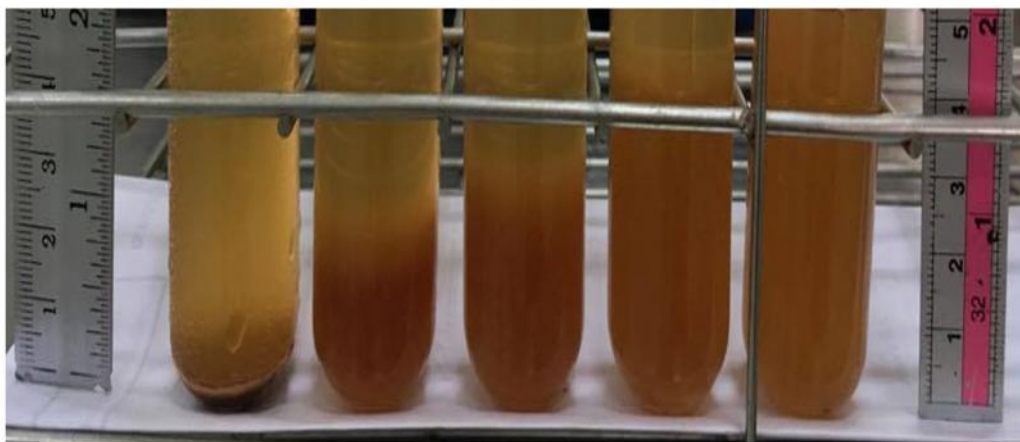
หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

#### 4.3.1.2.3 ผลของแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ต่อสมบัติของน้ำ

##### สกัดลูกหิ่เข้มข้น

ศึกษาผลของแซนแทนกัม และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ระดับต่างๆ ของน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้น โดยแปรปริมาณแซนแทนกัม 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.15 และ 0.2 (w/v) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 2 ระดับ ร้อยละ 0.2 และ 0.25 (w/v) ดังภาพที่ 4.13 เพื่อป้องกันการตกตะกอนและเพิ่มความหนืด (cloudiness) ของน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้น โดยผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังตารางที่ 4.16 และ 4.17



|            |   |      |      |     |      |
|------------|---|------|------|-----|------|
| แซนแทนกัม% | 0 | 0.15 | 0.15 | 0.2 | 0.2  |
| CMC %      | 0 | 0.2  | 0.25 | 0.2 | 0.25 |

ภาพที่ 4.13 ปริมาณของแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้น

##### การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การศึกษาลักษณะการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผู้บริโภคของแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้น และต่อคะแนนความชอบของคุณลักษณะความเปรี้ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ส่วนคุณลักษณะปรากฏ สี ความหวาน ความเค็ม ความกลมกล่อม ความข้นหนืด กลิ่นรส การตกตะกอน ความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) (ตารางที่ 4.16) จากปริมาณของแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้น โดยแปรปริมาณแซนแทนกัม 2 ระดับ และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 2 ระดับ พบว่า ปริมาณของแซนแทนกัม ร้อยละ 0.2 (w/v) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.2 (w/v) ที่เหมาะสมต่อความชอบมีคะแนนระดับชอบเล็กน้อย 6.70 ส่วนปริมาณ

วิตามินซีเท่ากับ 0.09 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 1.73 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เท่ากับ 3.68 ดังนั้น จึงเลือกปริมาณแซนแทนกัม ร้อยละ 0.2 (w/v) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.2 (w/v) ใช้ในการศึกษาต่อไป

**ตารางที่ 4.16** การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผู้บริโภคของแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสักดลูกหิยี่เข้มข้นแตกต่างกัน

| ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส  | ร้อยละของปริมาณแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (w/v) |                        |                        |                        |
|------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                              | 0.15/0.2                                                | 0.15/0.25              | 0.2/0.2                | 0.2/0.25               |
| ลักษณะปรากฏ <sup>*ns</sup>   | 6.16± 1.24                                              | 6.20±1.28              | 6.58± 1.34             | 6.43± 1.32             |
| สี <sup>*ns</sup>            | 6.40±1.45                                               | 6.27± 1.47             | 6.40± 1.52             | 6.27± 1.57             |
| ความเปรี้ยว                  | 6.30± 1.24 <sup>ab</sup>                                | 6.10±1.53 <sup>a</sup> | 6.20±1.55 <sup>a</sup> | 5.80±1.37 <sup>a</sup> |
| ความหวาน <sup>*ns</sup>      | 5.67±1.15                                               | 5.87±1.13              | 6.00±1.04              | 5.63±1.18              |
| ความเค็ม <sup>*ns</sup>      | 5.30±1.08                                               | 5.50±1.84              | 5.80±1.05              | 5.40±1.11              |
| ความกลมกล่อม <sup>*ns</sup>  | 6.33±1.03                                               | 6.30±1.26              | 6.30±1.04              | 5.77±1.53              |
| ความข้นหนืด <sup>*ns</sup>   | 5.97±1.31                                               | 6.00±1.08              | 6.67±1.34              | 6.73±1.29              |
| กลิ่นรส <sup>*ns</sup>       | 6.80±1.26                                               | 6.47±1.43              | 6.40±1.31              | 6.37±1.76              |
| การตกตะกอน <sup>*ns</sup>    | 5.90±1.30                                               | 5.80±1.56              | 6.27±1.21              | 6.10±1.64              |
| ความชอบโดยรวม <sup>*ns</sup> | 6.60±1.27                                               | 6.47±1.18              | 6.70±1.03              | 6.57±1.24              |

**หมายเหตุ :** ระดับคะแนนของการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส : 1=ไม่ชอบมากที่สุด, 2= ไม่ชอบมาก, 3=ไม่ชอบปานกลาง, 4=ไม่ชอบเล็กน้อย, 5=เฉยๆ, 6=ชอบเล็กน้อย, 7=ชอบปานกลาง, 8=ชอบมาก และ 9=ชอบมากที่สุด  
a, b และ c คือ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )  
± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

#### สมบัติทางกายภาพและเคมี

ผลของแซนแทนกัม และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ระดับต่างๆ ของน้ำสักดลูกหิยี่เข้มข้นโดยแปรปริมาณแซนแทนกัม 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.15 และ 0.2 (w/v) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 2 ระดับ ร้อยละ 0.2 และ 0.25 (w/v) จะเห็นได้ว่าแซนแทนกัมที่ ร้อยละ 0.2 และ ร้อยละ CMC 0.25 ไม่มีตะกอนเกิดขึ้นในน้ำสักดลูกหิยี่เข้มข้น และความเป็นกลุ่มห่อกลดลง ในขณะที่ความหนืดไม่ได้ลดลง ซึ่งจากการรายงานของสุนทรี (2553) พบว่า การเติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.05 หรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

ร้อยละ 0.4 เพียงอย่างเดียวไม่มีผลต่อความหนืดและเนื้อสัมผัสของกากน้ำตาล ( $p>0.05$ ) แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแซนแทนกัมเป็น ร้อยละ 0.1 หรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็น ร้อยละ 0.8 มีผลให้ความหนืดความสามารถในการเกาะตัวกัน และความสามารถในการยึดเป็นสายของกากน้ำตาลเพิ่มขึ้น การใช้แซนแทนกัมร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ให้ผลแบบเสริมกัน (synergistic) ในการทำให้ความหนืดและค่าเนื้อสัมผัสต่าง ๆ ของกากน้ำตาลเพิ่มขึ้น และจากผลการวิจัย ชันชนก (2011) การเติมแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เพื่อเป็นการลดความหนืดและรักษาเสถียรภาพของกลุ่มหมอก โดยผสมส่วนของแซนแทนกัม ร้อยละ 0.1 และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.15-0.25 ให้น้ำมั่งคุดมีความหนืด และมีความเป็นกลุ่มหมอกต่ำที่สุด แต่เมื่อศึกษาผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของการวัดค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ ) พบว่า ค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) มีความสว่างลดลงตามการเพิ่มปริมาณแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ในขณะที่ค่าสีแดง ( $a^*$ ) มีสีแดงเพิ่มขึ้น และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีสีเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการแปรปริมาณแซนแทนกัม และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ ของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นมีสีเข้มข้น ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพเคมี เมื่อพิจารณาคุณภาพทางเคมี พบว่า ค่า pH ซึ่งอยู่ในช่วง 2.23-2.26 และความเป็นกรดทั้งหมด ซึ่งอยู่ในช่วง 1.58-1.89 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq 0.05$ ) (ตารางที่ 4.17) เมื่อสังเกตจะเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณของแซนแทนกัมมีผลให้ความหนืด ความสามารถในการเกาะตัวกัน เนื่องจากสารเพิ่มความข้นหนืดจะทำให้หน้าที่ช่วยเพิ่มความหนืดของน้ำ ซึ่งเป็นส่วน continuous phase โดยเมื่อสารเพิ่มความข้นหนืดมีการละลายหรือกระจายตัวในน้ำทำให้เกิดความหนืด จึงมีบทบาทเป็นตัวเสริมของเยื่อใย น้ำเคลื่อนที่ช้าลงจึงช่วยชะลอหรือกีดขวางการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำ เยื่อใยและอื่นๆ เข้าหากัน ไม่สามารถชนกันหรือรวมตัวกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ (Petrowski, 1976) ซึ่งสอดคล้องการรายงานของคุชฎีและน้องนุช (2548) แซนแทนกัมละลายได้ทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง ทนต่อการย่อย ด้วยเอนไซม์มีความคงตัวสูงต่อความร้อนและค่า pH ความหนืดของสารละลาย แซนแทนกัมจะคงที่ถึงแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0-100 องศาเซลเซียส หรือค่า pH จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 1-13 ก็ตาม นอกจากนั้นสารละลายแซนแทนกัมยังมีคุณสมบัติเป็น pseudoplastic ซึ่งมีความสำคัญต่อกลิ่น ลักษณะปรากฏ และความรู้สึกเมื่ออาหารอยู่ในปาก (mouth feel) การผสมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เพื่อให้ได้ความข้นหนืดและมีอนุภาคแขวนลอยได้ตามที่ต้องการ (นิธิยา, 2545) ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด สัดส่วน°Brix : Acid ratio และปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 60.25, 60.25, 60.42, และ 60.33 ตามลำดับ ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 3.20, 3.46, 3.68, และ 3.71 ตามลำดับ และปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 0.08, 0.09, 0.09 และ 0.09 (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) ตามลำดับ สำหรับปริมาณกรดทั้งหมดที่ได้จากการไตเตรตและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น เมื่อนำมาคำนวณค่าสัดส่วนปริมาณ°Brix : Acid ratio มีค่าลดลงเท่ากับ 32.48, 32.15, 33.16 และ 31.93 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.17)

**ตารางที่ 4.17** การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นแตกต่างกัน

| ลักษณะคุณภาพ                            | ร้อยละปริมาณแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (w/v) |                         |                         |                         |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                         | 0.15/0.2                                             | 0.15/0.25               | 0.2/0.2                 | 0.2/0.25                |
| <b>คุณภาพทางกายภาพ</b>                  |                                                      |                         |                         |                         |
| <b>ค่าสี</b>                            |                                                      |                         |                         |                         |
| ความสว่าง ( $L^*$ )                     | 14.15±0.06 <sup>c</sup>                              | 14.23±0.05 <sup>d</sup> | 13.80±0.01 <sup>b</sup> | 13.75±0.02 <sup>a</sup> |
| ค่าสีแดง ( $a^*$ )                      | 4.57±0.02 <sup>a</sup>                               | 4.89±0.02 <sup>b</sup>  | 4.93±0.02 <sup>c</sup>  | 5.01±0.03 <sup>d</sup>  |
| ค่าสีเหลือง ( $b^*$ )                   | 4.12±0.01 <sup>a</sup>                               | 4.53±0.01 <sup>b</sup>  | 5.39±0.01 <sup>c</sup>  | 6.14±0.02 <sup>d</sup>  |
| <b>คุณภาพทางเคมี</b>                    |                                                      |                         |                         |                         |
| ความเป็นกรด-ด่าง (pH)                   | 2.25±0.01 <sup>bc</sup>                              | 2.24±0.01 <sup>ab</sup> | 2.23±0.01 <sup>a</sup>  | 2.26±0.01 <sup>c</sup>  |
| ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)               | 1.86±0.10 <sup>b</sup>                               | 1.58±0.01 <sup>b</sup>  | 1.73±0.11 <sup>ab</sup> | 1.89±0.08 <sup>b</sup>  |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) | 60.25±0.25 <sup>a</sup>                              | 60.25±0.25 <sup>a</sup> | 60.42±0.14 <sup>a</sup> | 60.33±0.14 <sup>a</sup> |
| สัดส่วน °Brix : Acid ratio              | 32.48±0.08 <sup>b</sup>                              | 32.15±0.09 <sup>a</sup> | 33.16±0.16 <sup>c</sup> | 31.93±0.17 <sup>a</sup> |
| ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)            | 3.20±0.07 <sup>a</sup>                               | 3.46±0.04 <sup>b</sup>  | 3.68±0.05 <sup>c</sup>  | 3.71±0.08 <sup>c</sup>  |
| ปริมาณวิตามินซี (mg/100ml)              | 0.08±0.55 <sup>a</sup>                               | 0.09±0.01 <sup>ab</sup> | 0.09±0.01 <sup>ab</sup> | 0.09±0.01 <sup>ab</sup> |

หมายเหตุ : a, b และ c คือตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

#### 4.3.1.2.5 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำชนิดต่างๆ

การศึกษาผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผู้บริโภคของอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำ 2 ชนิด คือ น้ำเปล่า น้ำเย็น โดยเติมน้ำเพื่อเป็นการปรับให้มีความเข้มข้นเป็น 12, 14, 16, 18 องศาบริกซ์ โดยมีทั้งหมด 4 สูตร โดยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนต่อความชอบของคุณลักษณะปรากฏ สี ความหวาน ความเค็ม ความกลม กล่อม ความข้นหนืด การตกตะกอน ความเปรี้ยว กลิ่นรส และความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยมีรายละเอียดดังนี้

**ลักษณะปรากฏ** เมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผู้บริโภคอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำ 2 ชนิด พบว่า คุณลักษณะปรากฏของ ทั้ง 4 สูตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 4.18) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนของอัตราส่วนน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำเปล่า และน้ำเย็น ทั้ง 4 สูตร พบว่า อัตราส่วนน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำเย็น สูตรที่ 4 ของการเติมน้ำเพื่อปรับให้มีความเข้มข้นเป็น 18 องศาบริกซ์ มีระดับคะแนนมากที่สุด 6.93 รองลงมาอัตราส่วนน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำเย็น สูตรที่ 3 มีคะแนน 6.43

**สี** การศึกษาผลทางประสาทสัมผัสอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำ 2 ชนิด ทั้ง 4 สูตร พบว่าคุณลักษณะด้านสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า อัตราส่วนน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำเย็น สูตรที่ 4 ของการเติมน้ำเพื่อปรับให้มีความเข้มข้นเป็น 18 องศาบริกซ์ มีคะแนนระดับมากที่สุด 7.13 (ตารางที่ 4.18)

**ความเปรี้ยว** การศึกษาผลทางประสาทสัมผัสอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำ 2 ชนิด ทั้ง 4 สูตร ของการเติมน้ำเพื่อปรับให้มีความเข้มข้นเป็น 18 องศาบริกซ์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า สูตรที่ 4 ของอัตราส่วนน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำเย็น มีคะแนนระดับมากที่สุด 6.80 และรองลงมาอัตราส่วนน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำเปล่า มีคะแนน 6.30 (ตารางที่ 4.18)

**ความหวาน** การศึกษาผลทางประสาทสัมผัสอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำ 2 ชนิด ทั้ง 4 สูตร พบว่า ความหวานส่งผลต่อความชอบอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยอัตราส่วนน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำเย็นของสูตรที่ 4 ของการเติมน้ำเพื่อปรับให้มีความเข้มข้นเป็น 18 องศาบริกซ์ มีคะแนนระดับมากที่สุด 6.77 (ตารางที่ 4.18)

**ความเค็ม** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำ 2 ชนิด ทั้ง 4 สูตร พบว่า ความเค็มส่งผลต่อความชอบอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า คะแนนอัตราส่วนน้ำสกัดลูกหิ่เข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำเย็นของสูตรที่

4 ของการเติมน้ำเพื่อปรับให้มีความเข้มข้นเป็น 18 องศาบริกซ์ มีคะแนนระดับมากที่สุด 6.67 (ตารางที่ 4.18)

**ความกลมกล่อม** อัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำ 2 ชนิด ทั้ง 4 สูตรส่งผลต่อความชอบอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ดังนั้นระดับคะแนนความกลมกล่อมของอัตราส่วนน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำเย็นของสูตรที่ 4 มีคะแนนระดับมากที่สุด 6.83 รองลงมาน้ำเปล่าของสูตรที่ 4 ของการเติมน้ำเพื่อปรับให้มีความเข้มข้นเป็น 18 องศาบริกซ์ (ตารางที่ 4.18)

**ความข้นหนืด** การศึกษาผลทางประสาทสัมผัสอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำ 2 ชนิด ทั้ง 4 สูตร ความข้นหนืดส่งผลต่อความชอบอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า คะแนนของอัตราส่วนน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำเย็นของสูตรที่ 4 ของการเติมน้ำเพื่อปรับให้มีความเข้มข้นเป็น 18 องศาบริกซ์ ซึ่งมีระดับคะแนนมากที่สุด 6.40 (ตารางที่ 4.18)

**กลิ่นรส** การศึกษาผลทางประสาทสัมผัสอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำ 2 ชนิด ทั้ง 4 สูตร กลิ่นรสส่งผลต่อความชอบอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า คะแนนของอัตราส่วนน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำเย็นของสูตรที่ 4 ของการเติมน้ำเพื่อปรับให้มีความเข้มข้นเป็น 18 องศาบริกซ์ ซึ่งมีระดับคะแนนมากที่สุด 6.37 (ตารางที่ 4.18)

**การตกตะกอน** การศึกษาผลทางประสาทสัมผัสอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำ 2 ชนิด ทั้ง 4 สูตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า คะแนนความชอบของการตกตะกอนมีคะแนนระดับมากที่สุด 6.60 ของอัตราส่วนน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำเย็นของสูตรที่ 4 ของการเติมน้ำเพื่อปรับให้มีความเข้มข้นเป็น 18 องศาบริกซ์ (ตารางที่ 4.18)

**ความชอบโดยรวม** ทดสอบด้านประสาทสัมผัสอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำ 2 ชนิด ทั้ง 4 สูตร ส่งผลต่อคะแนนความชอบของด้านคุณลักษณะปรากฏ สี ความเปรี้ยว ความหวาน ความเค็ม ความกลมกล่อม ความข้นหนืด กลิ่นรส การตกตะกอน ความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำเย็นของสูตรที่ 4 ของการเติมน้ำเพื่อปรับให้มีความเข้มข้นเป็น 18 องศาบริกซ์ ความชอบโดยรวมมากที่สุด 7.53 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18) ดังนั้นอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำเย็น สูตรที่ 4 ในการบริโภคต่อไป

**ตารางที่ 4.18** การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำชนิดต่างๆ แตกต่างกัน

| ลักษณะทางประสาทสัมผัส | อัตราส่วนน้ำลูกหยีเข้มข้นต่อการเจือจางด้วยน้ำ 2 ชนิด |                          |                           |                           |                          |                          |                           |                         |
|-----------------------|------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
|                       | สูตรที่ 1                                            |                          | สูตรที่ 2                 |                           | สูตรที่ 3                |                          | สูตรที่ 4                 |                         |
|                       | น้ำเปล่า                                             | น้ำเย็น                  | น้ำเปล่า                  | น้ำเย็น                   | น้ำเปล่า                 | น้ำเย็น                  | น้ำเปล่า                  | น้ำเย็น                 |
| ลักษณะปรากฏ           | 5.80± 1.21 <sup>a</sup>                              | 5.83±1.70 <sup>a</sup>   | 5.87± 1.38 <sup>a</sup>   | 6.27± 1.46 <sup>ab</sup>  | 6.07± 1.26 <sup>a</sup>  | 6.43± 1.38 <sup>ab</sup> | 6.23± 1.36 <sup>ab</sup>  | 6.93± 1.36 <sup>b</sup> |
| สี                    | 5.57±1.31 <sup>a</sup>                               | 5.73± 1.84 <sup>ab</sup> | 5.97± 1.30 <sup>abc</sup> | 6.47± 1.22 <sup>abc</sup> | 6.43± 1.52 <sup>b</sup>  | 6.63± 1.61 <sup>cd</sup> | 6.43± 1.43 <sup>abc</sup> | 7.13± 1.48 <sup>d</sup> |
| ความเปรี้ยว           | 5.23± 1.65 <sup>a</sup>                              | 5.50±1.61 <sup>ab</sup>  | 5.80±1.47 <sup>ab</sup>   | 5.97±1.65 <sup>abc</sup>  | 6.23±1.22 <sup>ab</sup>  | 6.13±1.28 <sup>ab</sup>  | 6.30±1.26 <sup>bc</sup>   | 6.80±1.65 <sup>c</sup>  |
| ความหวาน              | 5.40±1.73 <sup>a</sup>                               | 5.43±1.79 <sup>ab</sup>  | 6.00±1.41 <sup>abcd</sup> | 5.53±1.59 <sup>abc</sup>  | 6.23±1.04 <sup>abc</sup> | 6.30±1.24 <sup>bc</sup>  | 6.30±1.12 <sup>cd</sup>   | 6.77±1.61 <sup>d</sup>  |
| ความเค็ม              | 5.33±1.84 <sup>a</sup>                               | 5.57±1.91 <sup>a</sup>   | 5.90±1.52 <sup>ab</sup>   | 5.80±1.73 <sup>ab</sup>   | 5.93±1.23 <sup>ab</sup>  | 6.17±1.34 <sup>ab</sup>  | 6.00±1.17 <sup>ab</sup>   | 6.67±1.40 <sup>b</sup>  |
| ความกลมกล่อม          | 5.53±1.83 <sup>a</sup>                               | 6.00±1.38 <sup>ab</sup>  | 6.10±1.51 <sup>ab</sup>   | 5.97±1.65 <sup>ab</sup>   | 6.50±1.14 <sup>b</sup>   | 6.37±1.52 <sup>ab</sup>  | 6.60±1.19 <sup>b</sup>    | 6.83±1.56 <sup>b</sup>  |
| ความข้นหนืด           | 5.53±1.36 <sup>ab</sup>                              | 5.87±1.50 <sup>ab</sup>  | 5.57±1.57 <sup>ab</sup>   | 5.47±1.98 <sup>a</sup>    | 6.07±1.51 <sup>ab</sup>  | 5.83±1.26 <sup>ab</sup>  | 6.03±1.27 <sup>ab</sup>   | 6.40±1.69 <sup>b</sup>  |
| กลิ่นรส               | 5.80±1.13 <sup>a</sup>                               | 5.90±1.27 <sup>a</sup>   | 5.59±0.94 <sup>ab</sup>   | 5.60±1.65 <sup>a</sup>    | 6.13±1.07 <sup>a</sup>   | 5.90±1.35 <sup>a</sup>   | 6.13±1.36 <sup>a</sup>    | 6.37±1.54 <sup>a</sup>  |
| การตกตะกอน            | 6.03±1.35 <sup>ab</sup>                              | 5.97±1.38 <sup>ab</sup>  | 5.90±1.21 <sup>ab</sup>   | 5.57±1.24 <sup>a</sup>    | 5.87±1.14 <sup>ab</sup>  | 5.70±1.37 <sup>a</sup>   | 6.03±1.33 <sup>ab</sup>   | 6.60±1.61 <sup>b</sup>  |
| ความชอบโดยรวม         | 5.70±1.56 <sup>a</sup>                               | 6.30±1.29 <sup>ab</sup>  | 6.23±1.22 <sup>ab</sup>   | 6.07±1.36 <sup>ab</sup>   | 6.20±1.30 <sup>ab</sup>  | 6.50±1.33 <sup>b</sup>   | 6.60±1.22 <sup>b</sup>    | 7.53±1.28 <sup>c</sup>  |

**หมายเหตุ :** a, b และ c คือ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

#### 4.3.1.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม

##### 4.3.1.3.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเนื้อลูกหยีต่อน้ำ ในการสกัดน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มที่อัตราส่วนของเนื้อลูกหยีต่อน้ำเท่ากับ 1:4, 1:6, 1:8, 1:10 และ 1:12 (น้ำหนักต่อปริมาตร) มีปริมาณผลผลิตของน้ำลูกหยี ร้อยละ 54.25, 62.88, 66.22, 70.25 และ 71.51 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.19)

ตารางที่ 4.19 อัตราส่วนที่เหมาะสมและปริมาณผลผลิตของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม

| สิ่ง<br>ทดลอง | เนื้อลูกหยี:<br>น้ำ | เนื้อลูกหยี<br>(กรัม) | น้ำ<br>(กรัม) | ปริมาณน้ำลูกหยีที่<br>สกัดได้ (กรัม) | ผลผลิตของน้ำ<br>ลูกหยี (ร้อยละ) |
|---------------|---------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| 1             | 1:4                 | 50                    | 200           | 135.62±0.13 <sup>a</sup>             | 54.25±0.03 <sup>a</sup>         |
| 2             | 1:6                 | 50                    | 300           | 220.1±0.80 <sup>b</sup>              | 62.88±0.13 <sup>b</sup>         |
| 3             | 1:8                 | 50                    | 400           | 298.02±0.01 <sup>c</sup>             | 66.22±0.02 <sup>c</sup>         |
| 4             | 1:10                | 50                    | 500           | 386.36±0.80 <sup>d</sup>             | 70.25±0.20 <sup>d</sup>         |
| 5             | 1:12                | 50                    | 600           | 464.80±0.03 <sup>e</sup>             | 71.51±0.03 <sup>e</sup>         |

หมายเหตุ : ตัวเลขปริมาณผลผลิตของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มที่สกัดได้หลังจากผ่านการกรองด้วยผ้ากรองเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูล 3 ซ้ำ

#### การทดสอบทางประสาทสัมผัส

เมื่อทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผู้บริโภคของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม ที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำเท่ากับ 1:4, 1:6, 1:8, 1:10 และ 1:12 (น้ำหนักต่อปริมาตร) พบว่า ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนการยอมรับในด้านสี รสเปรี้ยว ความหนืด ความเข้มข้น กลิ่นรส การตกตะกอน และความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยให้คะแนนความชอบมากที่สุด การสกัดเนื้อลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:10 โดยมีคะแนนด้านสีระดับ 7.67 รสเปรี้ยวระดับ 7.30 ความหนืดระดับ 7.10 ความเข้มข้นระดับ 7.57 กลิ่นรสระดับ 7.00 การตกตะกอนระดับ 7.60 และความชอบโดยรวมระดับ 7.87 รองลงมาการสกัดเนื้อลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำเท่ากับ 1:8, 1:12, 1:6, และ 1:4 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.20) จากน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม ที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำเท่ากับ 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มในการพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม เมื่อเทียบกับปริมาณการนำเนื้อลูกหยีในกระบวนการผลิต โดยมีปริมาณผลผลิตของน้ำลูกหยี ร้อยละ 70.25 และมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง 7.87 (ตารางที่ 4.22)

**ตารางที่ 4.20** การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำสกัดลูกหิ้วยพร้อมดื่มจาก ลูกหิยแห้งด้วย น้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหิยต่อน้ำแตกต่างกัน

| การทดสอบทาง<br>ประสาทสัมผัส | อัตราส่วนเนื้อลูกหิยต่อน้ำ<br>(กรัม:มิลลิลิตร) |                         |                         |                        |                         |
|-----------------------------|------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
|                             | 1:4                                            | 1:6                     | 1:8                     | 1:10                   | 1:12                    |
| สี                          | 5.63±1.54 <sup>a</sup>                         | 6.33±1.24 <sup>b</sup>  | 7.40±1.22 <sup>c</sup>  | 7.67±1.12 <sup>c</sup> | 6.97±1.50 <sup>bc</sup> |
| รสเปรี้ยว                   | 4.93±2.13 <sup>a</sup>                         | 5.53±2.01 <sup>a</sup>  | 6.97±1.33 <sup>b</sup>  | 7.30±1.06 <sup>b</sup> | 6.83±0.99 <sup>b</sup>  |
| ความหนืด                    | 6.07±1.39 <sup>a</sup>                         | 6.30±1.29 <sup>ab</sup> | 6.83±1.12 <sup>bc</sup> | 7.10±1.06 <sup>c</sup> | 6.77±0.97 <sup>bc</sup> |
| ความเข้มข้น                 | 5.67±1.40 <sup>a</sup>                         | 5.83±1.37 <sup>a</sup>  | 7.17±1.18 <sup>b</sup>  | 7.57±0.97 <sup>b</sup> | 7.20±0.89 <sup>b</sup>  |
| กลิ่นรส                     | 6.20±1.16 <sup>a</sup>                         | 6.40±1.13 <sup>ab</sup> | 6.90±0.06 <sup>b</sup>  | 7.00±1.17 <sup>b</sup> | 6.83±1.05 <sup>b</sup>  |
| การตกตะกอน                  | 5.60±1.33 <sup>a</sup>                         | 6.07±1.14 <sup>a</sup>  | 7.57±0.86 <sup>b</sup>  | 7.60±1.04 <sup>b</sup> | 7.23±1.04 <sup>b</sup>  |
| ความชอบโดยรวม               | 5.40±1.57 <sup>a</sup>                         | 6.03±1.47 <sup>b</sup>  | 7.77±0.90 <sup>c</sup>  | 7.87±0.82 <sup>c</sup> | 7.27±0.94 <sup>c</sup>  |

**หมายเหตุ :** a, b และ c คือ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

#### สมบัติทางกายภาพและเคมี

คุณภาพของน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่ม ที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหิยแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหิยต่อน้ำเท่ากับ 1:4, 1:6, 1:8, 1:10 และ 1:12 (น้ำหนักต่อปริมาตร) (ตารางที่ 4.21) จากผลการทดลองน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่ม ที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหิยแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหิยต่อน้ำเท่ากับ 1:4, 1:6, 1:8, 1:10 และ 1:12 เมื่อนำมาวัดค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ของน้ำสกัดลูกหิยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) จะเห็นเมื่ออัตราส่วนเนื้อลูกหิยต่อน้ำเท่ากับ 1:4, 1:6, 1:8, 1:10 และ 1:12 น้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่มที่ได้มีค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนเนื้อลูกหิยต่อน้ำเพิ่มขึ้น น้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่มที่ได้ จากการสกัดเนื้อลูกหิยแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหิยต่อน้ำเท่ากับ 1:4, 1:6, 1:8, 1:10 และ 1:12 มีค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) เท่ากับ 14.81, 14.97, 15.11, 15.92 และ 17.07 ตามลำดับ เท่ากับ ในส่วนของค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ลดลงตามอัตราส่วนเนื้อลูกหิยต่อน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าสีแดง ( $a^*$ ) เท่ากับ 0.12, 0.06, 0.05, 0.02 และ 0.03 ตามลำดับ และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) เท่ากับ 0.54, 0.35, 0.18, 0.14 และ 0.12 ดังภาพที่ 4.14 ส่วนคุณภาพทางเคมี เมื่ออัตราส่วนเนื้อลูกหิยต่อน้ำเพิ่มขึ้นจาก 1:4, 1:6, 1:8, 1:10 และ 1:12 จะทำให้น้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่มมีปริมาณกรดทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งอยู่ในช่วง 1.70-0.81 สอดคล้องกับค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งอยู่ในช่วง 2.59-2.80 ในที่ขณะปริมาณ

ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) มีค่าลดลง ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 10.17, 8.50, 8.00, 6.17 และ 5.00 ตามลำดับ ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 7.62, 6.83, 5.91, 5.11 และ 4.12 ตามลำดับ และปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 0.06, 0.06, 0.05, 0.04 และ 0.03 (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) ตามลำดับ สำหรับปริมาณกรดทั้งหมดที่ได้จากการไตเตรตและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำสกัดลูกหิพร้อมดื่มที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหิแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหิต่อน้ำเท่ากับ 1:4, 1:6, 1:8, 1:10 และ 1:12 เมื่อคำนวณค่าสัดส่วนปริมาณ°Brix : Acid ratio มีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.71, 5.44, 6.89, 6.46 และ 6.17 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.21)

ดังนั้น น้ำสกัดลูกหิพร้อมดื่มที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหิแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหิต่อน้ำเท่ากับ 1:4, 1:6, 1:8, 1:10 และ 1:12 ส่งผลต่อปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) มีค่าลดลงตามปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น และในขณะเดียวกันส่งผลต่อ pH เมื่อคำนวณค่าสัดส่วนปริมาณ°Brix : Acid ratio มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ (ตารางที่ 4.21)



**ภาพที่ 4.14** น้ำสกัดลูกหิพร้อมดื่มที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหิแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหิต่อน้ำ ( ภาพ ก : อัตราส่วนเนื้อลูกหิต่อน้ำที่ 1:4, ภาพ ข : อัตราส่วนเนื้อลูกหิต่อน้ำที่ 1:6, ภาพ ค : อัตราส่วนเนื้อลูกหิต่อน้ำที่ 1:8, ภาพ ง : อัตราส่วนเนื้อลูกหิต่อน้ำที่ 1:10, ภาพ จ : อัตราส่วนเนื้อต่อน้ำที่ 1:12)

**ตารางที่ 4.21** การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม จากลูกหยีแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำแตกต่างกัน

| ลักษณะคุณภาพ                           | อัตราส่วนเนื้อลูกหยีต่อน้ำ (กรัม: มิลลิลิตร) |                         |                          |                          |                         |
|----------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                                        | 1:4                                          | 1:6                     | 1:8                      | 1:10                     | 1:12                    |
| <b>คุณภาพทางกายภาพ</b>                 |                                              |                         |                          |                          |                         |
| <b>ค่าสี</b>                           |                                              |                         |                          |                          |                         |
| ความสว่าง ( $L^*$ )                    | 14.81±0.40 <sup>b</sup>                      | 14.97±0.01 <sup>b</sup> | 15.11±0.05 <sup>ab</sup> | 15.92±0.05 <sup>ab</sup> | 17.07±0.02 <sup>a</sup> |
| ค่าสีแดง ( $a^*$ )                     | 0.12±0.05 <sup>ab</sup>                      | 0.06±0.05 <sup>c</sup>  | 0.05±0.01 <sup>c</sup>   | 0.02±0.01 <sup>d</sup>   | 0.03±0.03 <sup>d</sup>  |
| ค่าสีเหลือง( $b^*$ )                   | 0.54±0.00 <sup>b</sup>                       | 0.35±0.00 <sup>c</sup>  | 0.18±0.02 <sup>d</sup>   | 0.14±0.01 <sup>d</sup>   | 0.12±0.00 <sup>e</sup>  |
| <b>คุณภาพทางเคมี</b>                   |                                              |                         |                          |                          |                         |
| ความเป็นกรด-ด่าง (pH)                  | 2.59±0.06 <sup>a</sup>                       | 2.79±0.01 <sup>b</sup>  | 2.86±0.00 <sup>c</sup>   | 2.91±0.05 <sup>d</sup>   | 2.80±0.11 <sup>e</sup>  |
| ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)              | 1.78±0.05 <sup>e</sup>                       | 1.56±0.09 <sup>d</sup>  | 1.16±0.01 <sup>c</sup>   | 0.95±0.01 <sup>b</sup>   | 0.81±0.00 <sup>a</sup>  |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(°Brix) | 10.17±0.29 <sup>e</sup>                      | 8.50±0.00 <sup>d</sup>  | 8.00±0.00 <sup>c</sup>   | 6.17±0.14 <sup>b</sup>   | 5.00±0.00 <sup>a</sup>  |
| สัดส่วน°Brix : Acid ratio              | 5.71±0.03 <sup>b</sup>                       | 5.44±0.02 <sup>a</sup>  | 6.89±0.06 <sup>e</sup>   | 6.46±0.04 <sup>d</sup>   | 6.17±0.00 <sup>c</sup>  |
| ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)           | 7.62±0.33 <sup>e</sup>                       | 6.83±0.17 <sup>d</sup>  | 5.91±0.23 <sup>c</sup>   | 5.11±0.02 <sup>b</sup>   | 4.12±0.10 <sup>a</sup>  |
| ปริมาณวิตามินซี (mg/100ml)             | 0.06±0.01 <sup>c</sup>                       | 0.06±0.01 <sup>c</sup>  | 0.05±0.01 <sup>ce</sup>  | 0.04±0.01 <sup>e</sup>   | 0.03±0.00 <sup>e</sup>  |

**หมายเหตุ :** a,b และ c คือตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

#### 4.3.1.3.2 ปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมต่อสมบัติของการสกัดน้ำสกัดลูกหิพร้อม ดื่ม

การพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหิพร้อมดื่มจากผลการทดลองที่ 4.3.1.3.1 ซึ่งน้ำสกัดลูกหิพร้อมดื่มที่ได้จากการสกัดเนื้อลูกหิแห้งด้วยน้ำในอัตราส่วนเนื้อลูกหิต่อน้ำเท่ากับ 1:10 มาปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ด้วยน้ำตาลทรายในการเพิ่มความหวานที่ระดับปริมาณน้ำตาล 4 ระดับ คือ 12, 14, 16 และ 18 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ มี 2 ระดับ คือ ปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.1 และ 0.3 กรัม มีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส และสมบัติทางกายภาพและเคมี

##### การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การศึกษาลักษณะการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผู้บริโภคของการพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหิพร้อมดื่มประกอบไปด้วยทั้งหมด 8 สูตรต่อคะแนนความชอบของคุณลักษณะปรากฏ สี ความเปรี้ยว ความหวาน ความเค็ม ความกลมกล่อม ความข้นหนืด กลิ่นรส การตกตะกอน และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) มีรายละเอียดดังนี้

**ลักษณะปรากฏ** เมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผู้บริโภคการพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหิพร้อมดื่ม พบว่า คุณลักษณะปรากฏของการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ 12, 14, 16 และ 18 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ 0.1 และ 0.3 กรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 4.22) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสูตรที่ 8 โดยมีคะแนนระดับมากที่สุด 7.47 ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ 18 องศาบริกซ์ และปรับปริมาณเกลือ 0.3 กรัม

**สี** การศึกษาลักษณะทางประสาทสัมผัสของพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหิพร้อมดื่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อมีการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดและปริมาณเกลือ ซึ่งส่งผลต่อความชอบ โดยสูตรที่ 1 มีคะแนนระดับมากที่สุด 6.90 ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ 12 องศาบริกซ์ และปรับปริมาณเกลือ 0.1 กรัม (ตารางที่ 4.22)

**ความเปรี้ยว** การศึกษาลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ของการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดและปริมาณเกลือของแต่ละสูตร ส่งผลต่อความชอบและช่วยลดปริมาณความเปรี้ยวลง จะเห็นได้ว่าสูตรที่ 7 มีคะแนนระดับมากที่สุด 6.70 ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ 16 องศาบริกซ์ และปรับปริมาณเกลือ 0.3 กรัม รองลงเป็นสูตรที่ 8 มีคะแนนระดับ 6.36 ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ 18 องศาบริกซ์ และปรับปริมาณเกลือ 0.1 กรัม (ตารางที่ 4.22)

**ความหวาน** การปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งความหวานส่งผลต่อความชอบ จะเห็นได้ว่าผลทางประสาทสัมผัสของการพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหิพร้อมดื่ม ระดับคะแนนของสูตรที่ 8 มีคะแนนมากที่สุด 6.53 และรองมา คือ สูตรที่ 6 มีระดับคะแนน 6.43 (ตารางที่ 4.22)

**ความเค็ม** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหิ้วยพร้อมดื่มพบว่า ความเค็มไม่ส่งผลต่อความชอบอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) คะแนนสูตรที่ 4 มีคะแนนระดับมากที่สุดคือ 6.10 (ตารางที่ 4.22)

**ความกลมกล่อม** การปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ 12, 14, 16, 18 องศาบริกซ์ของการเพิ่มความหวาน และปริมาณเกลือ 0.1 และ 0.3 กรัม ไม่ส่งผลต่อความชอบอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ดังนั้นระดับคะแนนความกลมกล่อมของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิ้วยพร้อมดื่มที่มีระดับคะแนนมากที่สุดคือสูตรที่ 8 มีคะแนน 7.47 (ตารางที่ 4.22)

**ความข้นหนืด** การศึกษาผลทางประสาทสัมผัสของพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหิ้วยพร้อมดื่มไม่ส่งผลต่อความชอบอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า คะแนนสูตรที่ 8 มีคะแนนระดับมากที่สุด 6.87 รองลงมาคือสูตรที่ 5 มีระดับคะแนน 6.26 (ตารางที่ 4.22)

**กลิ่นรส** พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ 12, 14, 16, และ 18 องศาบริกซ์ ของความหวานที่เติมน้ำตาลทราย 1.39, 4.5, 5, 7, 8, 10 และ 13.5 กรัมและปริมาณเกลือ 0.1 และ 0.3 กรัม พบว่า คะแนนสูตรที่ 8 มีคะแนนระดับมากที่สุด 6.46 (ตารางที่ 4.22)

**การตกตะกอน** การศึกษาผลทางประสาทสัมผัสของพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหิ้วยพร้อมดื่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) จากทั้งหมด 8 สูตร การตกตะกอนส่งผลต่อความชอบโดยสูตรที่ 4 มีคะแนนระดับมากที่สุด 6.80 และรองลงมาคือสูตรที่ 6 และ 8 มีคะแนน 6.50 (ตารางที่ 4.22)

**ความชอบโดยรวม** ทดสอบด้านประสาทสัมผัสของการพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหิ้วยพร้อมดื่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า การทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนจากทั้งหมด 8 สูตรเห็นได้ว่าสูตรที่ 8 ได้คะแนนระดับที่มากที่สุด 6.63 ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ 18 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ 0.3 เห็นได้ว่าคะแนนคุณลักษณะปรากฏ สี ความเปรี้ยว ความหวาน ความกลมกล่อม ความข้นหนืด กลิ่นรส การตกตะกอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) แต่การปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดในการเพิ่มความหวานและปริมาณเกลือ ไม่ส่งผลต่อคะแนนคุณลักษณะความเค็ม ความข้นหนืดอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 4.22)

จากการพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหิ้วยเข้มข้นโดยการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดด้วยน้ำตาลทรายในการเพิ่มความหวานที่ระดับปริมาณน้ำตาล 4 ระดับ และปริมาณเกลือมี 2 ระดับ พบว่า การปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ 18 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.3 ซึ่งปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 0.03 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 1.28 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เท่ากับ 8.80 และมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย 6.63 ดังนั้นการพัฒนสูตรน้ำสกัดลูกหิ้วยพร้อมดื่ม จึงเลือกสูตรที่ 8 ใช้ในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 4.22 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำสักดลูกหยีพร้อมดื่มแตกต่างกัน

| ลักษณะทางประสาทสัมผัส      | สูตรน้ำสักดลูกหยีพร้อมดื่ม |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                            | สูตรที่ 1                  | สูตรที่ 2                | สูตรที่ 3                | สูตรที่ 4                | สูตรที่ 5                | สูตรที่ 6                | สูตรที่ 7                | สูตรที่ 8                |
| ลักษณะปรากฏ                | 6.90± 1.51 <sup>a</sup>    | 6.20±0.96 <sup>a</sup>   | 6.53± 0.93 <sup>a</sup>  | 7.20± 0.88 <sup>b</sup>  | 7.30± 1.05 <sup>b</sup>  | 6.00± 0.94 <sup>a</sup>  | 6.23± 1.16 <sup>a</sup>  | 7.47± 1.07 <sup>b</sup>  |
| สี                         | 6.90±1.51 <sup>b</sup>     | 6.73±1.12 <sup>ab</sup>  | 6.80± 1.34 <sup>ab</sup> | 6.57± 1.52 <sup>ab</sup> | 6.87± 1.36 <sup>b</sup>  | 6.37± 1.56 <sup>ab</sup> | 7.00± 1.05 <sup>b</sup>  | 6.60± 1.42 <sup>ab</sup> |
| ความเปรี้ยว                | 5.76± 2.03 <sup>bcd</sup>  | 5.20±1.78 <sup>ab</sup>  | 5.07±2.09 <sup>ab</sup>  | 6.20±1.64 <sup>cde</sup> | 5.70±1.68 <sup>bcd</sup> | 6.70±1.26 <sup>e</sup>   | 5.93±1.52 <sup>cde</sup> | 6.36±1.86 <sup>de</sup>  |
| ความหวาน                   | 4.60±1.63 <sup>abc</sup>   | 5.40±1.94 <sup>cd</sup>  | 4.90±1.68 <sup>abc</sup> | 6.00±1.64 <sup>de</sup>  | 5.33±1.80 <sup>cd</sup>  | 6.43±1.43 <sup>e</sup>   | 5.60±1.79 <sup>cde</sup> | 6.53±1.90 <sup>e</sup>   |
| ความเค็ม <sup>*ns</sup>    | 5.53±1.53                  | 5.43±1.38                | 5.60±1.35                | 6.10±1.65                | 5.67±1.60                | 5.97±1.82                | 5.60±1.45                | 5.73±1.85                |
| ความกลมกล่อม               | 5.80±0.88 <sup>a</sup>     | 6.10±0.92 <sup>a</sup>   | 6.30±0.91 <sup>a</sup>   | 7.06±0.91 <sup>b</sup>   | 7.20±1.12 <sup>b</sup>   | 6.00±0.94 <sup>a</sup>   | 6.10±1.18 <sup>a</sup>   | 7.47±1.07 <sup>b</sup>   |
| ความข้นหนืด <sup>*ns</sup> | 5.90±1.5                   | 6.06±1.43                | 6.00±1.36                | 6.07±1.41                | 6.03±1.27                | 6.17±1.55                | 6.03±1.27                | 6.26±1.38                |
| กลิ่นรส                    | 5.97±1.26 <sup>abc</sup>   | 5.60±1.32 <sup>a</sup>   | 6.37±1.06 <sup>bcd</sup> | 6.53±0.97 <sup>d</sup>   | 6.27±1.20 <sup>bcd</sup> | 6.37±1.06 <sup>bcd</sup> | 6.23±1.33 <sup>bcd</sup> | 6.43±0.89 <sup>cd</sup>  |
| การตกตะกอน                 | 5.96±1.75 <sup>ab</sup>    | 6.20±1.51 <sup>ab</sup>  | 5.80±1.68 <sup>a</sup>   | 6.80±1.24 <sup>b</sup>   | 6.133±1.67 <sup>ab</sup> | 6.50±1.54 <sup>ab</sup>  | 6.23±1.50 <sup>ab</sup>  | 6.50±1.30 <sup>ab</sup>  |
| ความชอบโดยรวม              | 4.73±2.21 <sup>abc</sup>   | 5.47±1.87 <sup>cde</sup> | 4.43±1.67 <sup>ab</sup>  | 6.20±1.51 <sup>ef</sup>  | 5.56±2.01 <sup>de</sup>  | 6.27±2.04 <sup>ef</sup>  | 5.80±1.76 <sup>ef</sup>  | 6.63±1.92 <sup>f</sup>   |

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

### วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของการพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม เมื่อปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดด้วยน้ำตาลทรายในการเพิ่มความหวานที่ระดับปริมาณน้ำตาล 4 ระดับคือ 12, 14, 16 และ 18 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือมี 2 ระดับคือ ปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.1 และปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.3 ซึ่งประกอบไปด้วยทั้งหมด 8 สูตร ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ด้านค่าของความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และ ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า ค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) ส่วนค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีค่าเพิ่มขึ้นมีตามปริมาณของแข็งที่ละลายหมดที่ 12, 14, 16, 18 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.1 และ 0.3 ของทั้งหมด 8 สูตร ค่าของความสว่าง ( $L^*$ ) เท่ากับ 10.46, 10.95, 11.30, 11.79, 11.89, 11.99, 12.59 และ 12.90 ตามลำดับ ส่วนส่วนค่าสีแดง ( $a^*$ ) เท่ากับ 0.29, 0.29, 0.34, 0.37, 0.37, 0.38, 0.39 และ 0.39 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) เท่ากับ 0.36, 0.38, 0.35, 0.37, 0.42, 0.49, 0.52 และ 0.57 ตามลำดับ พบว่า มีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณของแข็งละลายหมด ในส่วนของค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) ส่วนค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) แสดงให้เห็นน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มมีสีที่เข้มขึ้น ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพเคมี เมื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพเคมี พบว่า เมื่อมีการปรับปริมาณความหวาน และปริมาณเกลือ ส่งผลต่อค่า pH ที่อยู่ในช่วงเท่ากับ 2.66-2.78 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) ที่อยู่ในช่วงเท่ากับ 12.33-18.20 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ อยู่ในช่วงเท่ากับ 4.06-8.80 มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณความหวานและปริมาณเกลือ แต่ส่วนของปริมาณกรดทั้งหมด ที่อยู่ในช่วง 1.33- 1.28 มีค่าลดลง แต่เมื่อคำนวณค่าสัดส่วนปริมาณ  $^{\circ}\text{Brix} : \text{Acid ratio}$  อยู่ในช่วงเท่ากับ 9.44-14.03 มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาในส่วนปริมาณวิตามินซี อยู่ในช่วงเท่ากับ 0.02-0.03 (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$  ) เนื่องจากในระหว่างการเพิ่มความหวาน และปริมาณเกลือในกระบวนการผลิตน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม สัมผัสกับความร้อน แสง เวลาที่นานขึ้น มีผลทำให้วิตามินซีสูญเสีย เนื่องจากวิตามินซีมีความไวต่อความร้อนจึงสลายได้ง่าย (จินตนา, 2543)

ตารางที่ 4.23 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของการพัฒนาสูตรน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มแตกต่างกัน

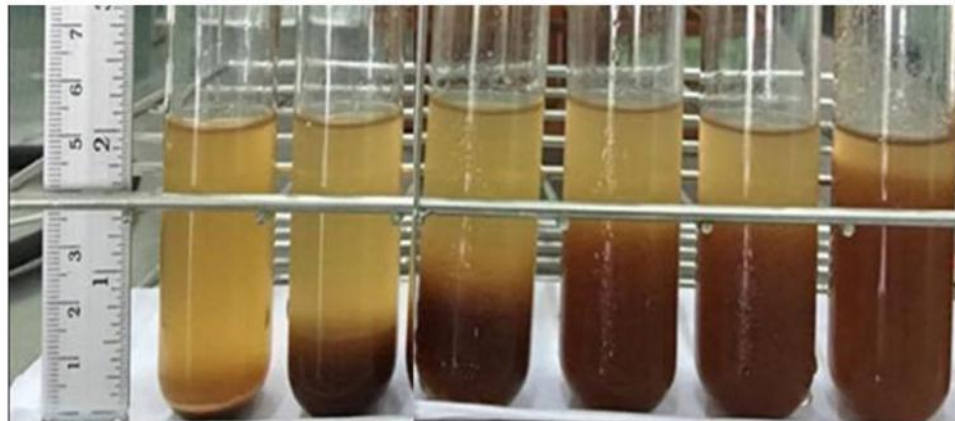
| ลักษณะคุณภาพ                            | สูตรน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
|-----------------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                         | สูตรที่ 1                  | สูตรที่ 2               | สูตรที่ 3               | สูตรที่ 4               | สูตรที่ 5               | สูตรที่ 6               | สูตรที่ 7               | สูตรที่ 8               |
| <b>คุณภาพทางกายภาพ</b>                  |                            |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| <b>ค่าสี</b>                            |                            |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| ความสว่าง(L*)                           | 10.46±0.01 <sup>e</sup>    | 10.95±0.02 <sup>b</sup> | 11.30±0.00 <sup>c</sup> | 11.79±0.02 <sup>f</sup> | 11.89±0.01 <sup>d</sup> | 11.99±0.01 <sup>a</sup> | 12.59±0.04 <sup>d</sup> | 12.90±0.01 <sup>d</sup> |
| ค่าสีแดง (a*)                           | 0.29±0.03 <sup>a</sup>     | 0.29±0.05 <sup>a</sup>  | 0.34±0.09 <sup>b</sup>  | 0.37±0.02 <sup>a</sup>  | 0.37±0.00 <sup>b</sup>  | 0.38±0.02 <sup>b</sup>  | 0.39±0.01 <sup>c</sup>  | 0.39±0.02 <sup>c</sup>  |
| ค่าสีเหลือง (b*)                        | 0.36±0.02 <sup>d</sup>     | 0.38±0.01 <sup>c</sup>  | 0.35±0.01 <sup>s</sup>  | 0.37±0.02 <sup>e</sup>  | 0.42±0.01 <sup>a</sup>  | 0.49±0.01 <sup>b</sup>  | 0.52±0.01 <sup>b</sup>  | 0.57±0.01 <sup>f</sup>  |
| <b>คุณภาพทางเคมี</b>                    |                            |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| ความเป็นกรด-ด่าง (pH)                   | 2.66±0.01 <sup>a</sup>     | 2.67±0.02 <sup>a</sup>  | 2.68±0.06 <sup>a</sup>  | 2.73±0.06 <sup>b</sup>  | 2.74±0.02 <sup>ab</sup> | 2.76±0.08 <sup>c</sup>  | 2.77±0.06 <sup>c</sup>  | 2.78±0.02 <sup>a</sup>  |
| ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)               | 1.33±0.01 <sup>b</sup>     | 1.31±0.05 <sup>a</sup>  | 1.27±0.00 <sup>c</sup>  | 1.26±0.02 <sup>a</sup>  | 1.29±0.02 <sup>d</sup>  | 1.27±0.05 <sup>d</sup>  | 1.28±0.04 <sup>e</sup>  | 1.28±0.05 <sup>e</sup>  |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) | 12.53±0.02 <sup>a</sup>    | 12.53±0.00 <sup>a</sup> | 14.10±0.01 <sup>b</sup> | 14.20±0.02 <sup>b</sup> | 16.37±0.01 <sup>c</sup> | 16.50±0.03 <sup>c</sup> | 18.13±0.02 <sup>d</sup> | 18.20±0.02 <sup>d</sup> |
| สัดส่วน°Brix : Acid ratio               | 9.44±0.06 <sup>a</sup>     | 9.58±0.21 <sup>a</sup>  | 11.07±0.10 <sup>b</sup> | 11.30±0.00 <sup>c</sup> | 12.72±0.12 <sup>d</sup> | 12.96±0.00 <sup>e</sup> | 14.17±0.06 <sup>f</sup> | 14.03±0.10 <sup>f</sup> |
| ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)            | 4.06 ±0.09 <sup>a</sup>    | 5.16±0.06 <sup>b</sup>  | 4.49±0.01 <sup>a</sup>  | 6.77±0.01 <sup>c</sup>  | 6.44±0.06 <sup>c</sup>  | 7.71±0.04 <sup>d</sup>  | 7.51±0.06 <sup>d</sup>  | 8.80±0.02 <sup>e</sup>  |
| ปริมาณวิตามินซี (mg/100ml)              | 0.03±0.01 <sup>bc</sup>    | 0.04±0.00 <sup>c</sup>  | 0.03±0.01 <sup>ab</sup> | 0.03±0.00 <sup>ab</sup> | 0.02±0.00 <sup>a</sup>  | 0.02±0.00 <sup>a</sup>  | 0.03±0.01 <sup>bc</sup> | 0.03±0.00 <sup>ab</sup> |

หมายเหตุ : a, b และ c คือตัวอักษรที่ต่างกันในแนวแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

#### 4.3.1.3.3 ผลของแซนแทนกัมต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่ม

นำน้ำสกัดลูกหิยเข้มข้นจากการทดลองที่ 4.7 ศึกษาผลของแซนแทนกัมระดับต่างๆ ของน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่ม โดยแปรปริมาณแซนแทนกัม 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 (w/v) ดังภาพที่ 4.15 เพื่อป้องกันการตกตะกอน ซึ่งมีคุณภาพทางประสาทสัมผัส และผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีแตกต่างกัน



แซนแทนกัม% 0 0.05 0.1 0.2 0.3 0.4

ภาพที่ 4.15 ปริมาณของแซนแทนกัมที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่ม

#### การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การศึกษาลักษณะการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผู้บริโภคของแซนแทนกัมที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่ม และต่อคะแนนความชอบของคุณลักษณะปรากฏ สี ความเปรี้ยว กลิ่นรส ความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนคุณลักษณะความหวาน ความเค็ม ความกลมกล่อม ความข้นหนืด และการตกตะกอน ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) มีรายละเอียดดังนี้

**ลักษณะปรากฏ** เมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผู้บริโภคของแซนแทนกัมที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่ม พบว่า คุณลักษณะปรากฏของการแปรปริมาณของแซนแทนกัมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ดังตารางที่ 4.24 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนของแซนแทนกัมที่ระดับต่างๆ พบว่า ปริมาณแซนแทนกัม ร้อยละ 0.1 (w/v) โดยมีคะแนนระดับมากที่สุด 6.83 รองลงมา ปริมาณแซนแทนกัม ร้อยละ 0.05 (w/v) โดยมีระดับคะแนน 6.67

**สี** การศึกษาผลทางประสาทสัมผัสแซนแทนกัมที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่ม พบว่า คุณลักษณะด้านสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ของปริมาณของแซน

แทนกัม ร้อยละ 0.05, 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 (w/v) ส่งผลต่อความชอบ โดยปริมาณแซนแทนกัม ร้อยละ 0.1 (w/v) โดยมีคะแนนระดับมากที่สุด 6.77

**ความเปรี้ยว** การศึกษาผลทางประสาทสัมผัส พบว่า มีความแตกต่างกันนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ของการแปรปริมาณของแซนแทนกัม ร้อยละ 0.05, 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 (w/v) ส่งผลต่อความชอบ จะเห็นได้ว่าปริมาณของแซนแทนกัม ร้อยละ 0.1 (w/v) มีคะแนนระดับมากที่สุดคือ 6.60 (ตารางที่ 4.24)

**ความหวาน** การศึกษาผลทางประสาทสัมผัสของแซนแทนกัมที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสักดลูกหยีพร้อมดื่ม พบว่า ความหวานไม่ส่งผลต่อความชอบอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยปริมาณของแซนแทนกัม ร้อยละ 0.2 (w/v) มีคะแนนระดับมากที่สุด 6.47 (ตารางที่ 4.24)

**ความเค็ม** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแซนแทนกัมระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสักดลูกหยีพร้อมดื่ม พบว่า ความเค็มไม่ส่งผลต่อความชอบอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) คะแนนปริมาณของแซนแทนกัม ร้อยละ 0.1 (w/v) มีคะแนนระดับมากที่สุด 6.17 และรองลงมาปริมาณของแซนแทนกัม ร้อยละ 0.05 (w/v) มีระดับคะแนน 5.87 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.24)

**ความกลมกล่อม** ของการแปรปริมาณของแซนแทนกัม ร้อยละ 0.05, 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 (w/v) ไม่ส่งผลต่อความชอบอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ดังนั้นระดับคะแนนความกลมกล่อมของผลิตภัณฑ์น้ำสักดลูกหยีพร้อมดื่ม ที่มีปริมาณของแซนแทนกัม ร้อยละ 0.1 (w/v) ซึ่งมีระดับคะแนนมากที่สุด 6.63 (ตารางที่ 4.24)

**ความข้นหนืด** การศึกษาผลทางประสาทสัมผัสของแซนแทนกัมระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสักดลูกหยีพร้อมดื่ม ความข้นหนืดไม่ส่งผลต่อความชอบอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า คะแนนของปริมาณแซนแทนกัม ร้อยละ 0.1 (w/v) ซึ่งมีระดับคะแนนมากที่สุด 6.50 รองลงมาคือ ปริมาณแซนแทนกัม ร้อยละ 0.2 (w/v) มีระดับคะแนน 6.40 (ตารางที่ 4.24)

**กลิ่นรส** การศึกษาผลทางประสาทสัมผัสของแซนแทนกัมระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสักดลูกหยีพร้อมดื่ม กลิ่นรสส่งผลต่อความชอบอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า คะแนนของปริมาณแซนแทนกัม ร้อยละ 0.05 (w/v) ซึ่งมีระดับคะแนนมากที่สุด 6.43 (ตารางที่ 4.24)

**การตกตะกอน** การศึกษาผลทางประสาทสัมผัสของแซนแทนกัมระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสักดลูกหยีพร้อมดื่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า คะแนนความชอบของการตกตะกอนมีคะแนนระดับมากที่สุด 6.63 ของปริมาณแซนแทนกัม ร้อยละ 0.1 (w/v) (ตารางที่ 4.24)

**ความชอบโดยรวม** ทดสอบด้านประสาทสัมผัสของแซนแทนกัมระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสักดลูกหยีพร้อมดื่ม ส่งผลต่อคะแนนความชอบของคุณลักษณะปรากฏ สี ความเปรี้ยว กลิ่นรส ความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนคุณลักษณะความหวาน ความ

เค็ม ความกลมกล่อม ความข้นหนืด การตกตะกอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนด้านความชอบโดยรวม พบว่า ปริมาณแซนแทนกัม ร้อยละ 0.1 (w/v) มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด 7.20 ตามลำดับดัง (ตารางที่ 4.24)

จากปริมาณของแซนแทนกัมที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม โดยแปรปริมาณแซนแทนกัม 5 ระดับ พบว่า ปริมาณของแซนแทนกัม ร้อยละ 0.1 (w/v) เหมาะสมต่อความชอบมีคะแนนระดับชอบเล็กน้อย 7.20 ส่วนปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 0.04 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 0.97 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เท่ากับ 9.07 ดังนั้น จึงเลือกปริมาณแซนแทนกัม ร้อยละ 0.1 (w/v) ใช้ในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 4.24 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของแซนแทนกัมที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มแตกต่างกัน

| ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส | ร้อยละของปริมาณแซนแทนกัม (w/v) |                         |                          |                         |                         |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                             | 0.05                           | 0.1                     | 0.2                      | 0.3                     | 0.4                     |
| ลักษณะปรากฏ                 | 6.67± 1.04 <sup>bc</sup>       | 6.83±1.08 <sup>c</sup>  | 6.13± 1.26 <sup>ab</sup> | 5.70± 1.18 <sup>a</sup> | 5.80± 1.20 <sup>a</sup> |
| สี                          | 6.57±1.25 <sup>ab</sup>        | 6.77± 1.36 <sup>b</sup> | 6.13± 1.41 <sup>ab</sup> | 5.90± 1.53 <sup>a</sup> | 5.73± 1.54 <sup>a</sup> |
| ความเปรี้ยว                 | 5.93± 1.32 <sup>ab</sup>       | 6.60±1.46 <sup>b</sup>  | 6.03±1.52 <sup>ab</sup>  | 5.80±1.25 <sup>ab</sup> | 5.53± 1.35 <sup>a</sup> |
| ความหวาน                    | 5.93±1.12 <sup>a</sup>         | 6.47±1.15 <sup>a</sup>  | 6.03±1.08 <sup>a</sup>   | 5.83±1.16 <sup>a</sup>  | 5.57± 1.11 <sup>a</sup> |
| ความเค็ม                    | 5.87±1.15 <sup>a</sup>         | 6.17±1.24 <sup>a</sup>  | 5.70±1.09 <sup>a</sup>   | 5.73±1.20 <sup>a</sup>  | 5.60± 1.51 <sup>a</sup> |
| ความกลมกล่อม                | 6.47±1.24 <sup>a</sup>         | 6.63±1.31 <sup>a</sup>  | 6.10±1.29 <sup>a</sup>   | 5.87±1.42 <sup>a</sup>  | 5.93± 1.30 <sup>a</sup> |
| ความข้นหนืด                 | 6.30±1.46 <sup>a</sup>         | 6.50±1.52 <sup>a</sup>  | 6.40±1.26 <sup>a</sup>   | 5.80±1.44 <sup>a</sup>  | 5.77± 1.21 <sup>a</sup> |
| กลิ่นรส                     | 6.43±1.26 <sup>ab</sup>        | 6.90±1.43 <sup>b</sup>  | 6.20±1.31 <sup>ab</sup>  | 5.90±1.76 <sup>a</sup>  | 5.70± 1.54 <sup>a</sup> |
| การตกตะกอน                  | 6.37±1.20 <sup>a</sup>         | 6.63±1.24 <sup>a</sup>  | 6.17±1.17 <sup>a</sup>   | 6.07±1.43 <sup>a</sup>  | 6.07± 1.17 <sup>a</sup> |
| ความชอบโดยรวม               | 6.60±1.35 <sup>ab</sup>        | 7.20±1.21 <sup>b</sup>  | 6.37±1.19 <sup>a</sup>   | 6.23±1.52 <sup>a</sup>  | 5.87± 1.36 <sup>a</sup> |

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

### วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

ผลของแซนแทนกัมระดับต่างๆ ของน้ำสกัดลูกหิพพร้อมดื่ม โดยแปรปริมาณแซนแทนกัม 5 ระดับคือ ร้อยละ 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 (w/v) ผลจากการทดลองเมื่อเพิ่มปริมาณแซนแทนกัมที่ระดับ ร้อยละ 0.05-0.2 จะเห็นได้ว่ายังคงมีปริมาณของตะกอนเกิดขึ้น มีผลต่อความหนืดน้อยมาก เมื่อเทียบกับน้ำสกัดลูกหิพพร้อมดื่มไม่เติมแซนแทนกัม แต่เพิ่มปริมาณแซนแทนกัมตั้ง ร้อยละ 0.3-0.4 จะเห็นได้ว่าไม่มีตะกอนเกิดขึ้น และน้ำสกัดลูกหิพพร้อมดื่ม แต่ในขณะเดียวกันจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการรายงานสุนทรี (2553) พบว่า การใช้แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นต่ำๆ 0.05-0.4 ไม่มีผลต่อความหนืดของกากน้ำตาล และการรายงานของอรุณี (2538) พบว่า การเพิ่มปริมาณความเข้มข้นแซนแทนกัม ส่งผลต่อความหนืดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อศึกษาผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของการวัดค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่าค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) มีความสว่างลดลงตามการเพิ่มปริมาณแซนแทนกัม เท่ากับ 22.88, 22.28, 18.95, 17.23 และ 16.81 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าสีแดง ( $a^*$ ) มีสีแดงเพิ่มขึ้น เท่ากับ 2.00, 2.53, 2.97, 2.75 และ 3.04 ตามลำดับ และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีสีเหลืองเพิ่มขึ้น เท่ากับ 4.48, 5.72, 7.07, 7.02 และ 6.04 ตามลำดับ ซึ่งอาจเกิดจากการแปรปริมาณแซนแทนกัมที่ระดับต่างๆ ของน้ำสกัดลูกหิพพร้อมดื่มมีสีเข้มขึ้น ส่วนวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี เมื่อพิจารณาคุณภาพทางเคมี พบว่า ค่า pH ซึ่งอยู่ในช่วง 2.51-2.60 และความเป็นกรดทั้งหมด ซึ่งอยู่ในช่วง 0.75-0.97 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 4.25) เมื่อสังเกตจะเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณของ แซนแทนกัมมีผลให้ความหนืด ความสามารถในการเกาะตัวกัน เนื่องจากสารเพิ่มความข้นหนืดจะทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความหนืดของน้ำ ซึ่งเป็นส่วน continuous phase โดยเมื่อสารเพิ่มความข้นหนืดมีการละลายหรือกระจายตัวในน้ำทำให้เกิดความหนืด จึงมีบทบาทเป็นตัวเสริมของเยื่อใย น้ำเคลื่อนที่ช้าลง จึงช่วยชะลอหรือกีดขวางการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำ เยื่อใยและอื่นๆ เข้าหากัน ไม่สามารถชนกันหรือรวมตัวกันเป็นอนุภาคนาขนาดใหญ่ (Petrowski, 1976) ซึ่งสอดคล้องการรายงานของดุขุฎี และน้องนุช (2548) แซนแทนกัมละลายได้ทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง ทนต่อการย่อย ด้วยเอนไซม์ มีความคงตัวสูงต่อความร้อนและ pH ความหนืดของสารละลาย แซนแทนกัมจะคงที่ถึงแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0-100 องศาเซลเซียส หรือ pH จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 1-13 ก็ตาม ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) และส่วนปริมาณวิตามินซี และค่าสัดส่วนปริมาณ °Brix : Acid ratio มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) พบว่า ปริมาณวิตามินซี อยู่ในช่วง 0.03-0.04 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ สำหรับปริมาณกรดทั้งหมดที่ได้จากการไตเตรตและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำสกัด ลูกหิพพร้อมดื่ม เมื่อคำนวณค่าสัดส่วนปริมาณ °Brix : Acid ratio มีค่าลดลงเท่ากับ 21.32, 18.81, 24.48, 24.33 และ 18.53 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.25 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของแซนแทนกัมที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มแตกต่างกัน

| ลักษณะคุณภาพ                            | ร้อยละของปริมาณแซนแทนกัม (w/v) |                         |                         |                         |                         |
|-----------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                         | 0.05                           | 0.1                     | 0.2                     | 0.3                     | 0.4                     |
| <b>คุณภาพทางกายภาพ</b>                  |                                |                         |                         |                         |                         |
| <b>ค่าสี</b>                            |                                |                         |                         |                         |                         |
| ความสว่าง ( $L^*$ )                     | 22.88±0.01 <sup>e</sup>        | 22.28±0.02 <sup>d</sup> | 18.95±0.01 <sup>c</sup> | 17.23±0.18 <sup>b</sup> | 16.81±0.21 <sup>c</sup> |
| ค่าสีแดง ( $a^*$ )                      | 2.00±0.02 <sup>a</sup>         | 2.53±0.02 <sup>b</sup>  | 2.97±0.07 <sup>e</sup>  | 2.75±0.04 <sup>c</sup>  | 3.04±0.02 <sup>d</sup>  |
| ค่าสีเหลือง ( $b^*$ )                   | 4.48±0.01 <sup>a</sup>         | 5.72±0.01 <sup>b</sup>  | 7.07±0.01 <sup>e</sup>  | 7.02±0.04 <sup>d</sup>  | 6.04±0.02 <sup>c</sup>  |
| <b>คุณภาพทางเคมี</b>                    |                                |                         |                         |                         |                         |
| ความเป็นกรด-ด่าง (pH)                   | 2.51±0.00 <sup>a</sup>         | 2.55±0.01 <sup>b</sup>  | 2.59±0.00 <sup>c</sup>  | 2.58±0.00 <sup>c</sup>  | 2.60±0.01 <sup>d</sup>  |
| ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)               | 0.85±0.02 <sup>a</sup>         | 0.97±0.01 <sup>d</sup>  | 0.75±0.02 <sup>a</sup>  | 0.75±0.05 <sup>a</sup>  | 0.97±0.02 <sup>d</sup>  |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) | 18.23±0.25 <sup>a</sup>        | 18.18±0.16 <sup>a</sup> | 18.28±0.30 <sup>a</sup> | 18.17±0.15 <sup>a</sup> | 18.10±0.17 <sup>a</sup> |
| สัดส่วน°Brix : Acid ratio               | 21.32±0.52 <sup>b</sup>        | 18.81±0.23 <sup>1</sup> | 24.48±0.16 <sup>d</sup> | 24.33±0.07 <sup>d</sup> | 18.53±0.33 <sup>d</sup> |
| ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)            | 8.57±0.37 <sup>a</sup>         | 9.07±0.56 <sup>a</sup>  | 8.63±0.21 <sup>a</sup>  | 8.58±0.47 <sup>a</sup>  | 8.53±0.15 <sup>a</sup>  |
| ปริมาณวิตามินซี (mg/100ml)              | 0.03±0.01 <sup>a</sup>         | 0.04±0.01 <sup>b</sup>  | 0.04±0.01 <sup>b</sup>  | 0.04±0.01 <sup>b</sup>  | 0.04±0.01 <sup>b</sup>  |

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานของค่าเฉลี่ย

#### 4.3.1.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิยเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่ม

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิยเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่ม ในระหว่างการเก็บรักษา โดยนำผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิยเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่มสำเร็จรูป บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิยเข้มข้น บรรจุในบรรจุภัณฑ์ในขวดแก้ว และพลาสติก PET และส่วนผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่มบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 ประเภท คือ ขวดแก้ว ขวดพลาสติก PET โดยผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ ทำการบรรจุน้ำลูกหิยขณะร้อน ลงในขวดพลาสติก PET และขวดแก้วคว่ำขวดเพื่อเป็นการฆ่าเชื้อบริเวณฝาขวด ประมาณ 2-3 นาที แล้วทำการลดอุณหภูมิของน้ำลูกหิยลงทันที โดยแช่บรรจุขวดลงในน้ำเย็นอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เมื่อขวดเย็นตัวแล้วทำให้ขวดแห้งโดยการใช้ลมเป่าเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ เพื่อศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน โดยทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพค่าคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และเชื้อจุลินทรีย์ แสดงดังนี้

##### คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมี

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านกายภาพของการพาสเจอร์ไรส์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิยเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่มที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ ขวดแก้ว และขวดพลาสติก PET ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน พบว่าบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 4.26) โดยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ส่วนค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) มีแนวโน้มลดลง และส่วนค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) มีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น เกิดจากสารสีในผลลูกหิยเกิดการเสื่อมสลาย และอาจมาจากแสงที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ สอดคล้องกับ ปารมี (2549) พบว่า น้ำกระเจี๊ยบสกัดเข้มข้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน มีค่าสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

**ตารางที่ 4.26** การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิยเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหิยพร้อมดื่มที่ 4 องศาเซลเซียส  
แตกต่างกัน

| ลักษณะทางกายภาพ          | ผลิตภัณฑ์น้ำลูกหิย | สภาวะการเก็บรักษา | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) |                         |                         |                          |                          |                         |                         |
|--------------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                          |                    |                   | 0                            | 1                       | 2                       | 3                        | 4                        | 5                       | 6                       |
| ความสว่าง<br>( $L^*$ )   | เข้มข้น            | ขวดแก้ว           | 15.09±0.06 <sup>g</sup>      | 13.66±0.24 <sup>f</sup> | 12.87±0.09 <sup>e</sup> | 12.85±0.04 <sup>d</sup>  | 12.83±0.08 <sup>c</sup>  | 12.21±0.03 <sup>b</sup> | 11.85±0.01 <sup>a</sup> |
|                          |                    | PET               | 15.09±0.06 <sup>g</sup>      | 13.56±0.10 <sup>d</sup> | 12.60±0.05 <sup>c</sup> | 12.38±0.05 <sup>bc</sup> | 12.26±0.05 <sup>bc</sup> | 12.13±0.05 <sup>b</sup> | 11.54±0.04 <sup>a</sup> |
|                          | พร้อมดื่ม          | ขวดแก้ว           | 17.25±0.02 <sup>e</sup>      | 17.33±0.00 <sup>g</sup> | 17.29±0.02 <sup>f</sup> | 16.58±0.02 <sup>a</sup>  | 16.87±0.04 <sup>d</sup>  | 16.64±0.02 <sup>c</sup> | 16.59±0.01 <sup>b</sup> |
|                          |                    | PET               | 17.25±0.02 <sup>e</sup>      | 17.25±0.02 <sup>f</sup> | 17.20±0.01 <sup>e</sup> | 16.50±0.01 <sup>d</sup>  | 15.71±0.03 <sup>c</sup>  | 14.86±0.04 <sup>b</sup> | 14.46±0.05 <sup>a</sup> |
| ค่าสีแดง<br>( $a^*$ )    | เข้มข้น            | ขวดแก้ว           | 3.64±0.06 <sup>g</sup>       | 3.57±0.04 <sup>f</sup>  | 3.23±0.01 <sup>e</sup>  | 2.67±0.04 <sup>d</sup>   | 2.39±0.01 <sup>c</sup>   | 2.36±0.02 <sup>b</sup>  | 1.93±0.02 <sup>a</sup>  |
|                          |                    | PET               | 3.64±0.06 <sup>g</sup>       | 3.50±0.00 <sup>f</sup>  | 3.16±0.05 <sup>e</sup>  | 2.50±0.05 <sup>d</sup>   | 2.29±0.06 <sup>c</sup>   | 2.29±0.01 <sup>b</sup>  | 1.80±0.01 <sup>a</sup>  |
|                          | พร้อมดื่ม          | ขวดแก้ว           | 2.49±0.01 <sup>g</sup>       | 2.54±0.01 <sup>f</sup>  | 2.50±0.01 <sup>e</sup>  | 2.46±0.03 <sup>d</sup>   | 2.43±0.03 <sup>c</sup>   | 1.60±0.02 <sup>b</sup>  | 1.40±0.01 <sup>a</sup>  |
|                          |                    | PET               | 2.49±0.01 <sup>g</sup>       | 2.49±0.01 <sup>f</sup>  | 2.43±0.01 <sup>a</sup>  | 2.22±0.02 <sup>d</sup>   | 2.19±0.00 <sup>c</sup>   | 1.27±0.01 <sup>b</sup>  | 1.57±0.01 <sup>a</sup>  |
| ค่าสีเหลือง<br>( $b^*$ ) | เข้มข้น            | ขวดแก้ว           | 6.15±0.05 <sup>d</sup>       | 5.81±0.02 <sup>e</sup>  | 4.33±0.41 <sup>d</sup>  | 4.26±0.01 <sup>c</sup>   | 3.54±0.03 <sup>b</sup>   | 3.38±0.02 <sup>a</sup>  | 3.38±0.01 <sup>a</sup>  |
|                          |                    | PET               | 6.15±0.05 <sup>d</sup>       | 5.70±0.00 <sup>e</sup>  | 4.27±0.00 <sup>d</sup>  | 4.18±0.01 <sup>c</sup>   | 3.34±0.04 <sup>b</sup>   | 3.30±0.00 <sup>b</sup>  | 3.02±0.04 <sup>a</sup>  |
|                          | พร้อมดื่ม          | ขวดแก้ว           | 5.68±0.04 <sup>g</sup>       | 5.82±0.01 <sup>f</sup>  | 5.76±0.02 <sup>e</sup>  | 4.99±0.00 <sup>d</sup>   | 4.94±0.04 <sup>c</sup>   | 4.92±0.03 <sup>b</sup>  | 2.28±0.01 <sup>a</sup>  |
|                          |                    | PET               | 5.68±0.04 <sup>g</sup>       | 5.68±0.04 <sup>f</sup>  | 5.48±0.01 <sup>e</sup>  | 4.33±0.01 <sup>d</sup>   | 4.31±0.01 <sup>c</sup>   | 4.25±0.01 <sup>b</sup>  | 2.15±0.02 <sup>a</sup>  |

**หมายเหตุ:** a, b และ c คือตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำสักดลูกหิยี่เข้มข้นและน้ำสักดลูกหิยี่พร้อมดื่มที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ ขวดแก้ว และขวดพลาสติก PET ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน โดยวัดค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด สัดส่วน°Brix : Acid ratio ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณวิตามินซี ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.27 จากผลการทดลองเมื่อวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำสักดลูกหิยี่เข้มข้น และน้ำสักดลูกหิยี่พร้อมดื่ม พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น มีผลต่อค่า pH อย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำสักดลูกหิยี่เข้มข้น และส่วนผลิตภัณฑ์น้ำสักดลูกหิยี่พร้อมดื่ม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2, 3, 4 และ 6 เดือน มีค่า pH ลดลงเล็กน้อย (ตารางที่ 4.27) มีการรายงานของ Fellows (2000) และ Rapisarda *et al.*, (2008) กล่าวว่าเม็ดสีในธรรมชาติ เช่น คลอโรฟิลล์ จะถูกทำลายได้จากกระบวนการให้ความร้อน การเปลี่ยนแปลงค่า pH หรือออกซิไดซ์ในระหว่างการเก็บรักษา ในขณะเดียวกันค่าปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด สัดส่วน°Brix : Acid ratio ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณวิตามินซี ของผลิตภัณฑ์น้ำสักดลูกหิยี่เข้มข้นและน้ำสักดลูกหิยี่พร้อมดื่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด สัดส่วน°Brix : Acid ratio ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณวิตามินซีมีค่าลดลงเล็กน้อย (ตารางที่ 4.27) ซึ่งสอดคล้องกับ ผลการศึกษาของหทัยรัตน์และเพ็ญขวัญ (2543) ที่พบว่า น้ำผลไม้ผสมระหว่างน้ำส้ม:น้ำสับปะรด:น้ำฝรั่ง อัตราส่วน 40:20:40 ค่า pH ไม่แตกต่างกันในช่วงสัปดาห์เริ่มต้นของการเก็บน้ำผลไม้ผสมจนถึงสัปดาห์ที่ 6 ซึ่งเป็นสัปดาห์สุดท้ายในการเก็บผลิตภัณฑ์ อาจมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาที่นานขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกิดการออกซิเดชัน เช่น กรดซิตริก กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก และ กรดแลกติก เป็นต้น (Martins *et al.*, 2003 ) มีการรายงานของ Giuseppe และคณะ (2008) พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส Kimball (1991 อ้างโดย Yeom *et al.*, 2000) รายงานว่าสภาวะบรรยากาศที่มีออกซิเจนในภาชนะบรรจุจะมีผลต่อการสูญเสียวิตามินซีเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียวิตามินซีในน้ำส้มที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ ได้แก่ อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา (Kabasakalis *et al.*, 2000) คุณสมบัติในการซึมผ่านออกซิเจนของภาชนะบรรจุ

ดังนั้น อาจสรุปได้ว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำสักดลูกหิยี่เข้มข้นและน้ำสักดลูกหิยี่พร้อมดื่มไว้นานขึ้น สมบัติของสารในน้ำลูกหิยี่เกิดการสลายตัวในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น แสง อุณหภูมิ จะมีผลเร่งให้เกิดการสลายตัวของสารบางตัวในระหว่างการเก็บรักษา

**ตารางที่ 4.27** การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของการศึกษาอายุที่การเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหิยี่เข้มข้นและน้ำสกัดลูกหิยี่พร้อมดื่มที่ 4 องศาเซลเซียส  
แตกต่างกัน

| ลักษณะทางเคมี                           | ผลิตภัณฑ์น้ำลูกหิยี่ | สภาวะการเก็บรักษา | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) |                          |                          |                          |                           |                          |                         |
|-----------------------------------------|----------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                                         |                      |                   | 0                            | 1                        | 2                        | 3                        | 4                         | 5                        | 6                       |
| ความเป็นกรด-ด่าง (pH)                   | เข้มข้น              | ขวดแก้ว           | 2.20±0.03 <sup>c</sup>       | 2.20±0.00 <sup>c</sup>   | 2.20±0.01 <sup>c</sup>   | 2.20±0.01 <sup>c</sup>   | 2.20±0.01 <sup>c</sup>    | 2.19±0.01 <sup>b</sup>   | 2.18±0.01 <sup>a</sup>  |
|                                         |                      | PET               | 2.20±0.03 <sup>c</sup>       | 2.20±0.00 <sup>c</sup>   | 2.20±0.00 <sup>c</sup>   | 2.19±0.05 <sup>b</sup>   | 2.19±0.06 <sup>b</sup>    | 2.19±0.03 <sup>b</sup>   | 2.18±0.08 <sup>a</sup>  |
|                                         | พร้อมดื่ม            | ขวดแก้ว           | 2.47±0.01 <sup>e</sup>       | 2.45±0.01 <sup>d</sup>   | 2.44±0.01 <sup>c</sup>   | 2.44±0.01 <sup>c</sup>   | 2.44±0.01 <sup>c</sup>    | 2.44±0.01 <sup>b</sup>   | 2.43±0.00 <sup>a</sup>  |
|                                         |                      | PET               | 2.47±0.01 <sup>e</sup>       | 2.44±0.01 <sup>c</sup>   | 2.44±0.00 <sup>c</sup>   | 2.44±0.00 <sup>c</sup>   | 2.44±0.00 <sup>c</sup>    | 2.43±0.01 <sup>b</sup>   | 2.43±0.01 <sup>a</sup>  |
| ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)               | เข้มข้น              | ขวดแก้ว           | 1.81±0.04 <sup>f</sup>       | 1.74±0.02 <sup>e</sup>   | 1.72±0.01 <sup>d</sup>   | 1.54±0.04 <sup>c</sup>   | 1.54±0.01 <sup>c</sup>    | 1.53±0.02 <sup>b</sup>   | 1.52±0.02 <sup>a</sup>  |
|                                         |                      | PET               | 1.81±0.04 <sup>f</sup>       | 1.70±0.01 <sup>b</sup>   | 1.67±0.03 <sup>b</sup>   | 1.51±0.07 <sup>a</sup>   | 1.46±0.05 <sup>a</sup>    | 1.45±0.05 <sup>a</sup>   | 1.43±0.02 <sup>a</sup>  |
|                                         | พร้อมดื่ม            | ขวดแก้ว           | 0.88±0.01 <sup>c</sup>       | 0.86±0.01 <sup>e</sup>   | 0.85±0.00 <sup>d</sup>   | 0.79±0.04 <sup>c</sup>   | 0.74±0.02 <sup>b</sup>    | 0.74±0.02 <sup>b</sup>   | 0.73±0.01 <sup>a</sup>  |
|                                         |                      | PET               | 0.88±0.01 <sup>c</sup>       | 0.88±0.01 <sup>e</sup>   | 0.86±0.03 <sup>d</sup>   | 0.82±0.01 <sup>c</sup>   | 0.75±0.06 <sup>b</sup>    | 0.73±0.01 <sup>a</sup>   | 0.72±0.02 <sup>a</sup>  |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) | เข้มข้น              | ขวดแก้ว           | 60.26±0.06                   | 60.23±0.02 <sup>cd</sup> | 60.24±0.00 <sup>cd</sup> | 60.23±0.01 <sup>cd</sup> | 60.20±0.02 <sup>c</sup>   | 60.13±0.06 <sup>b</sup>  | 60.04±0.02 <sup>a</sup> |
|                                         |                      | PET               | 60.26±0.06                   | 60.23±0.00 <sup>a</sup>  | 60.23±0.02 <sup>a</sup>  | 60.21±0.00 <sup>a</sup>  | 60.19±0.01 <sup>a</sup>   | 60.19±0.01 <sup>a</sup>  | 60.01±0.02 <sup>a</sup> |
|                                         | พร้อมดื่ม            | ขวดแก้ว           | 18.23±0.01 <sup>c</sup>      | 18.20±0.00 <sup>ab</sup> | 18.19±0.00 <sup>ab</sup> | 18.17±0.01 <sup>ab</sup> | 18.16±0.02 <sup>ab</sup>  | 18.13±0.06 <sup>a</sup>  | 18.12±0.07 <sup>a</sup> |
|                                         |                      | PET               | 18.23±0.01 <sup>c</sup>      | 18.23±0.01 <sup>c</sup>  | 18.19±0.00 <sup>bc</sup> | 18.18±0.02 <sup>bc</sup> | 18.16±0.02 <sup>abc</sup> | 18.10±0.10 <sup>ab</sup> | 18.00±0.02 <sup>a</sup> |

หมายเหตุ: a, b และ c คือตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

**ตารางที่ 4.27** (ต่อ) การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของของการศึกษาอายุที่การเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มที่ 4 องศาเซลเซียสแตกต่างกัน

| ลักษณะ<br>คุณภาพ<br>ทางเคมี       | ตัวอย่าง<br>น้ำลูกหยี | สภาวะการ<br>เก็บรักษา | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) |                          |                         |                          |                         |                         |                         |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                   |                       |                       | 0                            | 1                        | 2                       | 3                        | 4                       | 5                       | 6                       |
| สัดส่วน°Brix :<br>Acid ratio      | เข้มข้น               | ขวดแก้ว               | 33.35±0.10 <sup>a</sup>      | 34.67±0.12 <sup>b</sup>  | 35.09±0.12 <sup>c</sup> | 39.20±0.15 <sup>d</sup>  | 39.09±0.01 <sup>d</sup> | 39.30±0.11 <sup>d</sup> | 39.22±0.08 <sup>d</sup> |
|                                   |                       | PET                   | 33.35±0.10 <sup>a</sup>      | 35.42±0.15 <sup>b</sup>  | 35.92±0.15 <sup>b</sup> | 39.85±0.15 <sup>cd</sup> | 41.20±0.15 <sup>d</sup> | 41.80±0.15 <sup>d</sup> | 42.85±0.15 <sup>e</sup> |
|                                   | พร้อมดื่ม             | ขวดแก้ว               | 20.79±0.14 <sup>a</sup>      | 21.07±0.14 <sup>ab</sup> | 21.31±0.14 <sup>b</sup> | 23.09±0.17 <sup>c</sup>  | 24.65±0.19 <sup>b</sup> | 24.72±0.14 <sup>d</sup> | 24.99±0.19 <sup>d</sup> |
|                                   |                       | PET                   | 20.79±0.14 <sup>a</sup>      | 20.79±0.14 <sup>a</sup>  | 21.24±0.15 <sup>a</sup> | 22.08±0.16 <sup>b</sup>  | 24.32±0.18 <sup>c</sup> | 24.96±0.13 <sup>d</sup> | 25.28±0.07 <sup>d</sup> |
| ปริมาณน้ำตาล<br>รีดิวซ์ (ร้อยละ)  | เข้มข้น               | ขวดแก้ว               | 14.53±0.05 <sup>f</sup>      | 14.09±0.02 <sup>e</sup>  | 13.99±0.04 <sup>e</sup> | 12.44±0.02 <sup>d</sup>  | 11.85±0.01 <sup>c</sup> | 11.05±0.05 <sup>b</sup> | 10.18±0.01 <sup>a</sup> |
|                                   |                       | PET                   | 14.53±0.05 <sup>f</sup>      | 14.02±0.11 <sup>e</sup>  | 13.88±0.01 <sup>e</sup> | 12.35±0.02 <sup>d</sup>  | 11.83±0.01 <sup>c</sup> | 10.93±0.02 <sup>b</sup> | 10.03±0.05 <sup>a</sup> |
|                                   | พร้อมดื่ม             | ขวดแก้ว               | 13.05±0.25 <sup>g</sup>      | 12.94±0.27 <sup>f</sup>  | 12.63±0.27 <sup>e</sup> | 10.59±0.27 <sup>d</sup>  | 8.87±0.27 <sup>c</sup>  | 7.30±0.05 <sup>b</sup>  | 7.04±0.09 <sup>a</sup>  |
|                                   |                       | PET                   | 13.05±0.25 <sup>g</sup>      | 13.05±0.25 <sup>f</sup>  | 12.63±0.27 <sup>e</sup> | 10.39±0.27 <sup>d</sup>  | 9.77±0.27 <sup>c</sup>  | 8.56±0.16 <sup>b</sup>  | 7.71±0.08 <sup>a</sup>  |
| ปริมาณ<br>วิตามินซี<br>(mg/100ml) | เข้มข้น               | ขวดแก้ว               | 0.08±0.02 <sup>d</sup>       | 0.07±0.02 <sup>c</sup>   | 0.07±0.01 <sup>c</sup>  | 0.07±0.002 <sup>c</sup>  | 0.06±0.04 <sup>ab</sup> | 0.06±0.00 <sup>a</sup>  | 0.06±0.00 <sup>b</sup>  |
|                                   |                       | PET                   | 0.08±0.02 <sup>d</sup>       | 0.07±0.08 <sup>b</sup>   | 0.07±0.02 <sup>b</sup>  | 0.06±0.06 <sup>a</sup>   | 0.05±0.05 <sup>a</sup>  | 0.05±0.04 <sup>a</sup>  | 0.04±0.04 <sup>a</sup>  |
|                                   | พร้อมดื่ม             | ขวดแก้ว               | 0.03±0.02 <sup>c</sup>       | 0.03±0.02 <sup>c</sup>   | 0.03±0.01 <sup>c</sup>  | 0.03±0.02 <sup>c</sup>   | 0.02±0.01 <sup>b</sup>  | 0.02±0.01 <sup>a</sup>  | 0.02±0.01 <sup>a</sup>  |
|                                   |                       | PET                   | 0.03±0.02 <sup>c</sup>       | 0.03±0.02 <sup>c</sup>   | 0.03±0.01 <sup>c</sup>  | 0.03±0.01 <sup>c</sup>   | 0.03±0.01 <sup>c</sup>  | 0.02±0.01 <sup>b</sup>  | 0.02±0.01 <sup>a</sup>  |

หมายเหตุ: a, b และ c คือตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

### คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีเข้มข้นและน้ำลูกหยีพร้อมดื่ม ภายใต้สภาวะการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ขวด PET และขวดแก้ว ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องมาตรฐานเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุปิดสนิท (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2556) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำลูกหยี (มผช.1438/2552) ซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีเข้มข้น ทั้งนี้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำลูกหยี (มผช.1438/2552) ได้กำหนดไว้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน  $1 \times 10^4$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร และปริมาณยีสต์และรา น้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร และจากผลการวิเคราะห์พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีเข้มข้น และน้ำลูกหยีพร้อมดื่ม มีปริมาณ จุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราไม่เกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำลูกหยี และเชื้อโคลิฟอร์ม (MPN/g) เอสเชอริเชีย โคไล (MPN/g) ตรวจไม่พบ ทั้งนี้ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำลูกหยี (มผช.1438/2552) ได้กำหนดไว้ว่า เชื้อโคลิฟอร์ม (MPN/g) ต้องน้อยกว่า 2.2 ต่อตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร และเชื้อเอสเชอริเชีย โคไล (MPN/g) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร นอกจากนี้ยังมีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุปิดสนิท (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2556) ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีเข้มข้นและน้ำลูกหยีพร้อมดื่มนี้จัดอยู่ในอาหารประเภทที่มีความเป็นกรด ( $\text{pH} < 3.0$ ) ดังตารางที่ 4.28 จึงทำให้แบคทีเรียที่กรดและทนต่ออุณหภูมิในการฆ่าเชื้อในระดับที่ไม่สูงพอสามารถมีชีวิตรอด และเจริญอย่างช้าๆ ในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้พวกยีสต์และรา แต่ก็ไม่สามารถทนต่อความร้อนสูงในระดับเดือด ที่ใช้ในกระบวนการต้มฆ่าเชื้อได้ โดยส่วนใหญ่ยีสต์และราจะถูกทำลายที่อุณหภูมิ 65 -70 องศาเซลเซียส ในเวลาไม่กี่นาที (สุมาลี, 2541) การที่ตรวจพบจุลินทรีย์ดังกล่าว ในผลิตภัณฑ์อาจเป็นผลมาจากสปอร์ที่สามารถทนความร้อนได้เหลือรอดจากการฆ่าเชื้อ และเจริญอย่างช้าๆ ในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นผลิตภัณฑ์ลูกหยีเข้มข้นและน้ำลูกหยีพร้อมดื่มสามารถเก็บรักษาต่อเนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ยังมีปริมาณไม่เกินตามข้อกำหนดมาตรฐานของเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท และเชื้อโคลิฟอร์ม (MPN/g) เอสเชอริเชีย โคไล (MPN/g) ตรวจไม่พบ ทั้งนี้ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำกระเจี๊ยบเข้มข้น (มผช.887/2557) ได้กำหนดไว้ว่า เชื้อโคลิฟอร์ม (MPN/g) ต้องน้อยกว่า 2.2 และเชื้อเอสเชอริเชีย โคไล (MPN/g) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ ภาณุมาศ (2554) การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมะเมาะ 2 ชนิด ได้แก่ น้ำมะเมาะเข้มข้น 100% น้ำมะเมาะพร้อมดื่ม ในบรรจุภัณฑ์ชนิดขวดแก้ว ที่ทำการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มะเมาะเข้มข้น 100% ได้นาน 240 วัน และส่วนน้ำมะเมาะพร้อมดื่ม ในบรรจุภัณฑ์ชนิดขวดแก้ว ได้นาน 240 วัน

**ตารางที่ 4.28** การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในผลิตภัณฑ์น้ำสัດลูกหยีเข้มข้นและน้ำสัດลูกหยีพร้อมดื่มที่ 4 องศาเซลเซียส  
แตกต่างกัน

| ลักษณะคุณภาพ<br>ทางเคมี      | ตัวอย่าง<br>น้ำลูกหยี | สภาวะการเก็บ<br>รักษา | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) |     |     |     |     |     |     |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                              |                       |                       | 0                            | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
| จุลินทรีย์ทั้งหมด<br>(CFU/g) | เข้มข้น               | ขวดแก้ว               | ≤10                          | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 |
|                              |                       | PET                   | ≤10                          | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 |
|                              | พร้อมดื่ม             | ขวดแก้ว               | ≤10                          | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 |
|                              |                       | PET                   | ≤10                          | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 |
| ยีสต์และรา<br>(CFU/g)        | เข้มข้น               | ขวดแก้ว               | ≤10                          | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 |
|                              |                       | PET                   | ≤10                          | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 |
|                              | พร้อมดื่ม             | ขวดแก้ว               | ≤10                          | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 |
|                              |                       | PET                   | ≤10                          | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 |
| โคลิฟอร์ม<br>(MPN/g)         | เข้มข้น               | ขวดแก้ว               | ND                           | ND  | ND  | ND  | ND  | ND  | ND  |
|                              |                       | PET                   | ND                           | ND  | ND  | ND  | ND  | ND  | ND  |
|                              | พร้อมดื่ม             | ขวดแก้ว               | ND                           | ND  | ND  | ND  | ND  | ND  | ND  |
|                              |                       | PET                   | ND                           | ND  | ND  | ND  | ND  | ND  | ND  |

126

**หมายเหตุ :** a, b และ c คือตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

**ตารางที่ 4.28** (ต่อ) การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ในผลิตภัณฑ์น้ำสักดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสักดลูกหยีพร้อมดื่มที่ 4 องค์กรเชื้อสแตกต่างกัน

| ลักษณะคุณภาพทางเคมี | ตัวอย่างน้ำลูกหยี | สภาวะการเก็บรักษา | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) |    |    |    |    |    |    |
|---------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|----|----|----|----|----|----|
|                     |                   |                   | 0                            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  |
| เอสเชอริเชีย        | เข้มข้น           | ขวดแก้ว           | ND                           | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
|                     |                   | PET               |                              | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| โคไล (MPN/g)        | พร้อมดื่ม         | ขวดแก้ว           | ND                           | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
|                     |                   | PET               |                              | ND | ND | ND | ND | ND | ND |

**หมายเหตุ :** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

#### 4.3.1.5 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งอาจเกิดจากขั้นตอนกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เมื่อศึกษาคุณภาพกายภาพด้านค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเข้มข้นมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) น้อยกว่าน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม ส่วนผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มากกว่าผลิตภัณฑ์ลูกหยีเข้มข้น แต่เมื่อศึกษาคุณภาพด้านเคมีของปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า เส้นใย ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด พลังงาน ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด วิตามินซี แคลเซียม เหล็ก โซเดียม pH ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด สัดส่วน°Brix : Acid ratio ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น มีปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า เส้นใย ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด พลังงาน ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด วิตามินซี แคลเซียม เหล็ก โซเดียม สูงกว่าผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม แต่จะไม่พบวิตามิน เอ วิตามินบี1 และวิตามินบี2 ของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม ในขณะเดียวกันมีการศึกษาองค์ประกอบแร่ธาตุในลูกหยีโดยแยกชนิดของเนื้อลูกหยี เมล็ดและเปลือกนอกของ ลูกหยี (*Dialium guineense*) จากการศึกษาด้วย Neutron Activation Analysis พบว่า เนื้อผลลูกหยี เมล็ดและเปลือกนอกของลูกหยี มีปริมาณของแมงกานีส เท่ากับ  $23.40 \pm 1.57$  ไมโครกรัม/กรัม คลอรีน เท่ากับ  $205.40 \pm 37.59$  ไมโครกรัม/กรัม แคลเซียม เท่ากับ  $5,671.00 \pm 2,132.30$  ไมโครกรัม/กรัม โซเดียม เท่ากับ  $332.95 \pm 8.76$  ไมโครกรัม/กรัม และโพแทสเซียมเท่ากับ  $6,190.00 \pm 711.85$  ไมโครกรัม/กรัม ขณะที่การศึกษาของ Arogba et al. (1994) พบว่า ผลของ *Dialium guineense* L. ในส่วนของเนื้อ ซึ่งมีปริมาณความชื้น 196.1 กรัม/กิโลกรัม ไขมัน 70.0 กรัม/กิโลกรัม, โปรตีน 61.กรัม/กิโลกรัม, คาร์โบไฮเดรต 652.7 และเมล็ดมีปริมาณความชื้น 100.5 กรัม/กิโลกรัม ไขมัน 60.1 กรัม/กิโลกรัม โปรตีน 148.8 กรัม/กิโลกรัม คาร์โบไฮเดรต 757.3 กรัม/กิโลกรัม แต่ในของค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด สัดส่วน°Brix : Acid ratio ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ดังตารางที่ 4.29

**ตารางที่ 4.29** คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มแตกต่างกัน

| ลักษณะคุณภาพผลิตภัณฑ์                   | น้ำลูกหยีเข้มข้น         | น้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม  |
|-----------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| คุณภาพทางด้านกายภาพ                     |                          |                         |
| ค่าสี                                   |                          |                         |
| ความสว่าง ( $L^*$ )                     | 15.12±0.06 <sup>b</sup>  | 17.28±0.02 <sup>a</sup> |
| ค่าสีแดง ( $a^*$ )                      | 3.62±0.06 <sup>b</sup>   | 2.50±0.01 <sup>a</sup>  |
| ค่าสีเหลือง ( $b^*$ )                   | 6.11±0.05 <sup>b</sup>   | 5.69±0.04 <sup>a</sup>  |
| คุณภาพทางด้านเคมี                       |                          |                         |
| โปรตีน (g/100g)                         | 0.04±0.00 <sup>b</sup>   | 0.01±0.00 <sup>a</sup>  |
| ไขมัน (g/100g)                          | 0.03±0.03 <sup>b</sup>   | 0.008±0.00 <sup>a</sup> |
| ความชื้น (g/100g)                       | 40.54±0.12 <sup>b</sup>  | 82.16±0.00 <sup>a</sup> |
| เถ้า (g/100g)                           | 0.63±0.02 <sup>b</sup>   | 0.16±0.00 <sup>a</sup>  |
| เส้นใย (g/100g)                         | 0.05±0.00 <sup>b</sup>   | 0.01±0.00 <sup>a</sup>  |
| ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (g/100g)      | 58.76±0.00 <sup>b</sup>  | 14.69±0.00 <sup>a</sup> |
| พลังงาน (kcal/100g)                     | 235.47±0.00 <sup>b</sup> | 58.87±0.00 <sup>a</sup> |
| ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (g/100g)            | 56.43±0.00 <sup>b</sup>  | 9.99±0.00 <sup>a</sup>  |
| วิตามินเอ (เรตินอยด์)                   | ND                       | ND                      |
| วิตามินบี 1                             | ND                       | ND                      |
| วิตามินบี 2 (ไรโบฟลาวิน)                | ND                       | ND                      |
| วิตามินซี (mg/100ml)                    | 0.08±0.02 <sup>b</sup>   | 0.03±0.02 <sup>a</sup>  |
| แคลเซียม (g/100g)                       | 0.010±0.00 <sup>b</sup>  | 0.003±0.00 <sup>a</sup> |
| เหล็ก (mg/100g)                         | 2.048±0.00 <sup>b</sup>  | 0.512±0.00 <sup>a</sup> |
| โซเดียม (g/100g)                        | 0.094±0.00 <sup>b</sup>  | 0.024±0.00 <sup>a</sup> |
| ความเป็นกรด-ด่าง (pH)                   | 2.20±0.03 <sup>b</sup>   | 2.47±0.01 <sup>a</sup>  |
| ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)               | 1.80±0.04 <sup>b</sup>   | 0.89±0.01 <sup>a</sup>  |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) | 60.28±0.06 <sup>b</sup>  | 18.24±0.01 <sup>a</sup> |
| สัดส่วน°Brix : Acid ratio               | 33.48±0.00 <sup>b</sup>  | 20.49±0.01 <sup>a</sup> |
| ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)            | 14.54±0.05 <sup>b</sup>  | 13.06±0.25 <sup>a</sup> |

**หมายเหตุ :** a และ b คือตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย: ND คือ ตรวจไม่พบ

### 4.3.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ

#### 4.3.2.1 ศึกษาทางการตลาดโดยการสำรวจความต้องการคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

การลงพื้นที่ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้จังหวัดปัตตานี ยะลาและนราธิวาส โดยมีกลุ่มเป้าหมายผู้บริโภควัยอายุประมาณ 15-30 ปี สํารวจโดยใช้เครื่องมือแบบทดสอบจำนวน 400 ชุด โดยสถานที่เลือกลงพื้นที่ ได้แก่ ห้างสรรพสินค้า ตลาดนัด โรงเรียน ชุมชนตามหมู่บ้าน สวนสาธารณะ วิทยาลัยและมหาวิทยาลัย การศึกษาข้อมูลความต้องการของกลุ่มผู้บริโภค พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นหญิง ร้อยละ 67.5 ซึ่งอยู่ในวัยรุ่นอายุ 15-20 ปี คิดเป็น ร้อยละ 50.00 และอายุ 21-25 ปี ร้อยละ 27.5 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบตามเป้าหมาย ส่วนใหญ่กำลังศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ร้อยละ 30.3 จากการศึกษาผู้บริโภคนิยมเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบในร้านค้าสะดวกซื้อและร้านขายของชำทั่วไป ร้อยละ 41.3 และ 37.8 ตามลำดับ โดยเหตุผลที่เลือกซื้อร้านดังกล่าว เนื่องจากสะดวกหรือใกล้ตัว มีให้เลือกได้หลายชนิดหลายยี่ห้อ และเป็นอาหารฮาลาล วัตถุประสงค์สำคัญของการบริโภคผลิตภัณฑ์ลูกอมเคี้ยวหนุบ เนื่องจากติดใจในรสชาติ เพื่อระงับกลิ่นปากและชุ่มคอ ระงับอาการระคายคอ โดยที่ตนเองมีการตัดสินใจเองในการเลือกซื้อ

การพิจารณาเพศชายและหญิงที่มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ พบว่า เพศมีผลต่อความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์ลูกอมเคี้ยวหนุบและวัตถุประสงค์ในการบริโภคผลิตภัณฑ์ลูกอมเคี้ยวหนุบแตกต่างกัน โดยที่เพศหญิงจะบริโภคที่มีความถี่สูงกว่าเพศชาย ขณะที่พฤติกรรมการบริโภคของเพศต่อลักษณะหรือแบบร้านที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ลูกอมเคี้ยวหนุบ จำนวนครั้งที่ซื้อผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบต่อครั้งและค่าใช้จ่ายในการซื้อผลิตภัณฑ์ลูกอมเคี้ยวหนุบทั้งเพศชายและหญิงไม่แตกต่างกัน ซึ่งการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีข้อดีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตรงกับความต้องการและไม่ขึ้นอยู่กับเพศ สามารถจำหน่ายได้ทุกเพศทุกวัย

การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากผู้บริโภคลูกหยีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ จังหวัดปัตตานี ยะลาและนราธิวาส พบว่า ถ้ามีผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบคุณจะให้ความสนใจลองชิมในระดับปานกลางและสนใจมาก ร้อยละ 36.3 และ 35.8 หากมีการจำหน่ายในอนาคต พบว่า ผู้บริโภคจะเลือกซื้อ ร้อยละ 66.00 และไม่แน่ใจ ร้อยละ 27.75 โดยที่ผู้บริโภคต้องการรูปแบบของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ มีลักษณะกลม และสีเหลี่ยม ร้อยละ 29.5 และ 38.5 ตามลำดับ โดยที่ผู้บริโภคชอบรสหวานอมเปรี้ยว ร้อยละ 59.0 มีลักษณะของสีปานกลาง ร้อยละ 53.5 กลิ่นตามธรรมชาติ ร้อยละ 81.5 เนื้อนุ่มปานกลางไม่แข็ง ร้อยละ 39.8 มีความเค็มเล็กน้อย ร้อยละ 40.0 และความง่ายในการเคี้ยวไม่ติดฟัน ร้อยละ 40.5 และเคี้ยวง่าย ร้อยละ 32.3

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรของจังหวัด เพศ อายุ การศึกษา อาชีพที่มีผลต่อการทดลองชิมลูกหยีเคี้ยวหนุบในอนาคต การเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ รูปแบบของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบรสชาติ สี กลิ่นรส ความนุ่ม ความเค็มและความยากง่ายของการเคี้ยว พบว่า พื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ จังหวัดปัตตานี ยะลาและนราธิวาส มีความสนใจในการเลือกชิมผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบแตกต่างกัน ซึ่งจังหวัดนราธิวาสสนใจมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับจังหวัดอื่น ๆ ส่วนเพศชายและหญิงให้ผลความต้องการชอบผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน

#### 4.3.2.2 ศึกษาสูตรต้นแบบและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

##### 1.) การออกแบบสูตรเบื้องต้น

ออกแบบสูตรต้นแบบเบื้องต้นผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบเบื้องต้นจากข้อมูลผู้ประกอบการและผู้บริโภค ในรูปแบบและคุณลักษณะประสาทสัมผัส ด้านรสชาติ ความหวานและเปรี้ยว รูปร่างและขนาดผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ โดยการออกแบบสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ ซึ่งมีส่วนผสมหลักคือ เนื้อลูกหยี น้ำตาล กลูโคสไซรัป แป้งมันสำปะหลัง และน้ำ ปริมาณ 100, 100, 50, 80 และ 20 กรัม ตามลำดับ ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ พบว่า ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่มีสีเข้มและกลิ่น (พอดี) กลิ่นตามธรรมชาติ (พอดี) ขณะที่คุณลักษณะประสาทสัมผัสด้าน รสชาติ ความหวานความเปรี้ยวเท่าที่ควร (น้อย) และมีเนื้อสัมผัสหยาบ (หยาบมากไป) เนื้อนุ่มแต่ร่วน (นุ่มเกินไป) ยังขาดรสเค็ม ดังนั้นต้องมีการปรับปรุงพัฒนาให้มีความเปรี้ยวโดยเพิ่มปริมาณของเนื้อลูกหยีเพิ่มขึ้น และเพิ่มเนื้อสัมผัสให้เนียนโดยการนำเนื้อลูกหยีปั่นผสมกับน้ำ ความหนุบของผลิตภัณฑ์โดยการใช้สารให้ความคงตัว ได้แก่ ชนิดของแป้ง และเจลาติน เป็นต้น ในลำดับต่อไป

##### 2.) การพัฒนาสูตรที่มีความพอดีของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

การพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจากสูตรเบื้องต้นตามความเหมาะสม โดยปรับปริมาณน้ำตาลและเกลือ ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยการทดสอบความพอดี (just about right, JAR) เพื่อประเมินความชอบในด้านลักษณะสี กลิ่นรส รสชาติ การยึดเกาะของเนื้อ ความเหนียวหนุบ ความยากง่ายของการกลืน ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวม ที่ตรงกับความรู้สึกของผู้ทดสอบ โดยใช้ค่าในการตัดสินที่ ร้อยละ 70 (cut off point >ร้อยละ 70) (เพ็ญขวัญ, 2550) จากการศึกษา พบว่า คุณลักษณะด้าน รสชาติ การยึดเกาะของเนื้อ ความเหนียวหนุบและความหวานของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบมีระดับความพอดีน้อยกว่า ร้อยละ 70 ส่วนลักษณะสี กลิ่นรส ความยากง่ายของการกลืน ความเค็ม และความเปรี้ยว ยังคงใช้อัตราส่วนเท่าเดิมเนื่องจากความพอดิมากกว่า ร้อยละ 70 (ตารางที่ 4.30) ดังนั้นต้องมีการพัฒนาโดยเพิ่มน้ำตาล

ทรายในการเพิ่มความหวานและรสชาติ การปรับชนิดของแป้งและเจลาตินในการแก้ปัญหาการยึดเกาะ และความเหนียวหนุบและของผลิตภัณฑ์

**ตารางที่ 4.30** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้วิธีการ hedonics scale และ Jar ปริมาณส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

| คุณลักษณะ          | ทิศทางการปรับปรุง |      |          |         |              |           |           |           |
|--------------------|-------------------|------|----------|---------|--------------|-----------|-----------|-----------|
|                    | คะแนน             | ลดลง | ลดลง     | ลดลง    | พอดี/ไม่     | เพิ่มขึ้น | เพิ่มขึ้น | เพิ่มขึ้น |
|                    | ความชอบเฉลี่ย     | มาก  | เล็กน้อย | ปานกลาง | ต้องปรับปรุง | เล็กน้อย  | ปานกลาง   | มาก       |
| ลักษณะสี           | 6.24±0.87         | 0.00 | 0.00     | 12.00   | <b>72.00</b> | 16.00     | 0.00      | 0.00      |
| กลิ่นรส            | 6.32±1.05         | 0.00 | 0.00     | 2.00    | <b>76.00</b> | 22.00     | 0.00      | 0.00      |
| รสชาติ             | 5.78±0.54         | 0.00 | 0.00     | 0.00    | 0.00         | 20.00     | 46.00     | 12.00     |
| การยึดเกาะของเนื้อ | 6.22±0.84         | 0.00 | 0.00     | 0.00    | 46.00        | 40.00     | 14.00     | 0.00      |
| ความเหนียวหนุบ     | 5.80±0.63         | 0.00 | 0.00     | 0.00    | 0.00         | 36.00     | 28.00     | 24.00     |
| ความง่ายของการกลืน | 6.12±0.96         | 0.00 | 0.00     | 4.00    | <b>70.00</b> | 26.00     | 0.00      | 0.00      |
| ความหวาน           | 5.92±0.92         | 0.00 | 0.00     | 0.00    | 20.00        | 32.00     | 40.00     | 8.00      |
| ความเค็ม           | 6.52±0.99         | 0.00 | 0.00     | 0.00    | <b>82.00</b> | 18.00     | 0.00      | 0.00      |
| ความเปรี้ยว        | 6.26±0.69         | 0.00 | 0.00     | 10.00   | <b>76.00</b> | 14.00     | 0.00      | 0.00      |
| ความชอบโดยรวม      | 6.34±0.62         |      |          |         |              |           |           |           |

### 3.) ผลของปริมาณน้ำตาลต่อความยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

การผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ โดยการใช้น้ำตาลทรายในการเพิ่มความหวาน 3 ระดับ คือ 200, 230 และ 260 กรัม ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ พบว่า การเพิ่มปริมาณของน้ำตาลมีผลต่อความยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านรสชาติ ความเหนียวหนุบ ความง่ายของการกลืน ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวม แตกต่างกัน โดยเลือกปริมาณน้ำตาลที่ระดับ 230 กรัม มีลักษณะปรากฏสีน้ำตาลเข้ม และมีระดับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยสูงสุด 7.08 (ชอบปานกลาง) (ตารางที่ 4.31) ในการศึกษาในลำดับต่อไป

**ตารางที่ 4.31** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้วิธีการ hedonics scale ร่วมกับ just about right ปริมาณส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

| สูตรต้นแบบ                        | สูตรที่ 1<br>(น้ำตาล 200 กรัม) | สูตรที่ 2<br>(น้ำตาล 230 กรัม) | สูตรที่ 3<br>(น้ำตาล 260 กรัม) |
|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| ลักษณะสี <sup>*ns</sup>           | 6.92±1.27 <sup>ns</sup>        | 7.32±1.55 <sup>ns</sup>        | 7.08±0.89 <sup>ns</sup>        |
| กลิ่นรส <sup>*ns</sup>            | 6.62±1.25 <sup>ns</sup>        | 6.80±1.42 <sup>ns</sup>        | 7.04±0.83 <sup>ns</sup>        |
| รสชาติ                            | 6.36±0.92 <sup>b</sup>         | 7.24±0.82 <sup>a</sup>         | 6.68±1.09 <sup>b</sup>         |
| การยืดเกาะของเนื้อ <sup>*ns</sup> | 7.16±1.18 <sup>ns</sup>        | 7.32±1.44 <sup>ns</sup>        | 7.30±0.86 <sup>ns</sup>        |
| ความเหนียวหนุบ                    | 6.04±0.83 <sup>b</sup>         | 6.82±0.66 <sup>a</sup>         | 6.80±0.88 <sup>a</sup>         |
| ความง่ายของการกลืน <sup>*ns</sup> | 7.16±1.05 <sup>ns</sup>        | 7.36±1.17 <sup>ns</sup>        | 7.40±0.78 <sup>ns</sup>        |
| ความหวาน                          | 6.32±0.81 <sup>b</sup>         | 7.14±1.06 <sup>a</sup>         | 6.80±1.02 <sup>a</sup>         |
| ความเค็ม                          | 6.46±0.86 <sup>b</sup>         | 6.90±0.64 <sup>a</sup>         | 6.40±0.92 <sup>b</sup>         |
| ความเปรี้ยว                       | 6.24±0.86 <sup>c</sup>         | 7.16±0.81 <sup>a</sup>         | 6.72±1.03 <sup>b</sup>         |
| ความชอบโดยรวม                     | 6.54±0.90 <sup>b</sup>         | 7.08±0.96 <sup>a</sup>         | 6.86±0.69 <sup>a</sup>         |

**หมายเหตุ :** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

<sup>\*ns</sup> ในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

#### 4.3.2.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ โดยการศึกษาอัตราส่วนและสมบัติต่อความยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ สามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือการใช้ปริมาณของแป้งในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ และการใช้เจลาตินในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทลูกหยีเคี้ยวหนุบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

##### การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยแป้งชนิดต่าง ๆ

การใช้แป้งในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบสามารถทดแทนการใช้เจลาตินในการทดแทนสารต้องสงสัยในผลิตภัณฑ์อาหารอาฮาล จากการศึกษา พบว่า การใช้ชนิดแป้ง 4 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวเหนียว ซึ่งปริมาณการใช้แป้ง 80 กรัม (ร้อยละ 10.23 ของน้ำหนักทั้งหมด) โดยที่ใช้แป้งแต่ละชนิดการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละด้านไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.32) ดังนั้นการศึกษานี้เลือกชนิดของแป้งที่นำมาใช้ คือ แป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย

**ตารางที่ 4.32** ผลของแป้งแต่ละชนิดต่อคะแนนการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

| คุณลักษณะผลิตภัณฑ์                | แป้งแต่ละชนิด          |                         |                         |                        |
|-----------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
|                                   | มันสำปะหลัง            | สาเก                    | ข้าวเจ้า                | ข้าวเหนียว             |
| ลักษณะสี <sup>*ns</sup>           | 6.47±1.18              | 6.74±1.24               | 6.80±1.01               | 6.85±1.18              |
| กลิ่นรส <sup>*ns</sup>            | 6.71±1.05              | 6.84±1.07               | 6.50±1.10               | 6.60±0.99              |
| รสชาติ                            | 7.35±0.81 <sup>a</sup> | 7.05±0.60 <sup>ab</sup> | 6.95±0.83 <sup>ab</sup> | 6.60±0.89 <sup>b</sup> |
| การยืดเกาะของเนื้อ <sup>*ns</sup> | 6.84±0.96              | 6.83±0.86               | 6.76±0.97               | 6.68±1.16              |
| ความเหนียวหนุบ <sup>*ns</sup>     | 7.11±1.17              | 6.84±0.88               | 6.68±0.95               | 6.80±1.24              |
| ความง่ายของการกลืน                | 6.63±1.12              | 6.90±0.97               | 6.35±1.23               | 6.55±0.89              |
| ความหวาน <sup>*ns</sup>           | 6.95±1.03              | 6.74±0.99               | 6.89±1.08               | 6.90±0.85              |
| ความเค็ม <sup>*ns</sup>           | 6.68±1.00              | 6.22±1.35               | 6.11±0.88               | 6.11±0.74              |
| ความเปรี้ยว <sup>*ns</sup>        | 6.55±1.19              | 6.65±1.00               | 7.05±0.91               | 6.32±0.67              |
| ความชอบโดยรวม                     | 7.50±0.69 <sup>a</sup> | 7.00±0.65 <sup>b</sup>  | 7.25±0.85 <sup>ab</sup> | 6.90±0.79 <sup>b</sup> |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

#### การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยแป้งและเจลาติน

การพัฒนาโดยการนำสูตรที่ผ่านการพัฒนา จากข้างต้น โดยใช้เจลาตินในการผลิตผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบโดยใช้ปริมาณของเจลาติน ร้อยละ 1.5, 3, 4.5, 6, 7.5 และ 9 การเพิ่มปริมาณของเจลาตินเพิ่มขึ้นส่งผลต่อความยอมรับของผู้บริโภคทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะสี การยืดเกาะของเนื้อ ความเหนียวหนุบ ความง่ายของการกลืน ความหวาน และความเปรี้ยว โดยมีระดับคะแนนความยอมรับทางด้านความชอบโดยรวม คือ  $6.75 \pm 1.92$  (ชอบปานกลาง) ปริมาณของเจลาติน ร้อยละ 9 เหมาะสมมากที่สุดในการศึกษานี้ (ตารางที่ 4.33)

ตารางที่ 4.33 ผลของปริมาณเจลาตินต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

| คุณลักษณะผลิตภัณฑ์           | คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส |                         |                          |                         |                          |                         |
|------------------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                              | ร้อยละ 1.5                   | ร้อยละ 3                | ร้อยละ 4.5               | ร้อยละ 6                | ร้อยละ 7.5               | ร้อยละ 9                |
| ลักษณะสี                     | 6.80±1.06 <sup>a</sup>       | 5.90±1.02 <sup>ab</sup> | 6.10±1.37 <sup>ab</sup>  | 5.35±1.50 <sup>b</sup>  | 5.90±1.33 <sup>ab</sup>  | 6.45±1.47 <sup>a</sup>  |
| กลิ่นรส <sup>*ns</sup>       | 6.10±1.45                    | 6.25±0.79               | 6.15±1.27                | 5.65±1.23               | 5.60±1.57                | 5.90±1.33               |
| รสชาติ <sup>*ns</sup>        | 6.40±1.43                    | 6.50±1.00               | 6.15±1.31                | 5.75±1.29               | 5.75±1.42                | 5.75±1.62               |
| การยืดเกาะของเนื้อ           | 6.70±1.22 <sup>a</sup>       | 6.30±1.08 <sup>ab</sup> | 6.35±1.14 <sup>ab</sup>  | 5.60±1.93 <sup>b</sup>  | 6.35±0.93 <sup>ab</sup>  | 6.30±0.92 <sup>ab</sup> |
| ความเหนียวหนุบ               | 6.55±1.36 <sup>a</sup>       | 6.10±1.12 <sup>ab</sup> | 6.20±1.01 <sup>ab</sup>  | 5.60±1.43 <sup>b</sup>  | 6.15±1.35 <sup>ab</sup>  | 6.65±0.99 <sup>a</sup>  |
| ความง่ายของการกลืน           | 6.70±1.03 <sup>a</sup>       | 6.15±0.99 <sup>ab</sup> | 6.00±1.01 <sup>ab</sup>  | 5.35±1.66 <sup>b</sup>  | 5.55±1.28 <sup>b</sup>   | 6.05±1.50 <sup>ab</sup> |
| ความหวาน                     | 6.75±0.64 <sup>a</sup>       | 5.80±1.36 <sup>c</sup>  | 6.30±1.30 <sup>abc</sup> | 5.90±1.17 <sup>bc</sup> | 6.00±1.08 <sup>abc</sup> | 6.65±1.27 <sup>ab</sup> |
| ความเค็ม <sup>*ns</sup>      | 6.50±0.89                    | 6.05±1.23               | 6.25±0.97                | 5.75±1.16               | 6.00±1.08                | 6.35±1.31               |
| ความเปรี้ยว                  | 6.60±1.27 <sup>ab</sup>      | 6.10±1.33 <sup>ab</sup> | 6.55±1.19 <sup>ab</sup>  | 5.80±1.28 <sup>b</sup>  | 6.15±1.14 <sup>ab</sup>  | 6.80±1.44 <sup>a</sup>  |
| ความชอบโดยรวม <sup>*ns</sup> | 6.60±1.67                    | 6.10±1.48               | 6.65±1.46                | 5.80±1.85               | 5.80±1.54                | 6.75±1.92               |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

<sup>\*ns</sup> ในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

#### 4.3.2.4 การปรับรูปแบบและปริมาณน้ำลูกหยี

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบกูกหยี โดยใช้ศึกษาน้ำลูกหยีมีความเข้มข้น ร้อยละ 10 (อัตราส่วนของเนื้อลูกหยีและน้ำ 1:10) และปริมาณเจลาติน 60 กรัม (ร้อยละ 10.13) ศึกษาปริมาณของน้ำลูกหยี 3 ระดับ คือ 200, 300 และ 400 กรัม และศึกษากระบวนการผลิต 2 รูปแบบ คือการกรองและไม่กรองน้ำลูกหยี ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสผู้ทดสอบให้คะแนนความยอมรับ ลักษณะสี กลิ่นรส รสชาติ การยืดเกาะของเนื้อ ความเหนียวหนุบ ความยากง่ายของการกลืน ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวม แตกต่างกัน โดยเฉพาะลักษณะ สี ของน้ำลูกหยีที่ไม่ผ่านการกรองจะมีลักษณะที่มีสีเข้มและเป็นสีน้ำตาลเข้ม ขณะที่การผลิตผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบที่มีการกรองมีสีใสและเหลืองอ่อน และมีกลิ่นรส รสชาติที่แตกต่างกัน โดยที่ผู้ทดสอบให้ระดับคะแนนการผลิตผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบที่ใช้น้ำลูกหยีที่ไม่ผ่านการกรองยอมรับมากกว่า เนื่องจากมีรสชาติและสีใกล้เคียงกับลูกหยีจากธรรมชาติ ส่วนลักษณะทางประสาทด้านอื่นมีความใกล้เคียงกัน

##### การทดสอบทางประสาทสัมผัส

**สี** ลักษณะสีของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ผลิตจากน้ำลูกหยีที่ผ่านกรรมวิธีการกรองและไม่กรอง พบว่า ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนที่มีการเพิ่มน้ำลูกหยี 400 กรัม และไม่ผ่านการกรองมากที่สุดให้คะแนนในระดับ  $7.04 \pm 1.95$  (ตารางที่ 4.34) เนื่องจากผู้ทดสอบมีความเคยชินกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นลูกหยีที่ต้องมีสีเข้มและออกสีน้ำตาลดำ

**กลิ่นรส** กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ พบว่า การเพิ่มปริมาณของน้ำลูกหยีทำให้ผู้ทดสอบได้รับกลิ่นรสของเนื้อลูกหยีซึ่งเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำลูกหยี ที่ปริมาณ 400 กรัม มีระดับคะแนน  $6.26 \pm 1.27$  (ชอบปานกลาง) มีลักษณะกลิ่นรสเฉพาะส่งผลต่อการให้คะแนนของผู้ทดสอบสูงสุดสำหรับการใส่ปริมาณของน้ำลูกหยีที่เพิ่มตามลำดับที่ปริมาณ 200 กรัม จะแตกต่างกับที่ระดับปริมาณของน้ำลูกหยี 300 และ 400 กรัม ซึ่งที่ระดับ 300 และ 400 กรัม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) (ตารางที่ 4.34)

**รสชาติ** รสชาติของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ พบว่า ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ใช้น้ำลูกหยีที่ผ่านการกรองปริมาณ 200 กรัม ซึ่งใช้น้ำลูกหยีปริมาณน้อยส่งผลต่อรสชาติมีระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสคะแนนต่ำคือ ระดับคะแนน  $4.68 \pm 2.18$  (ไม่ชอบเล็กน้อย) เมื่อเทียบกับชุดของน้ำลูกหยีที่ผ่านการกรอง เช่นเดียวกันที่ระดับปริมาณน้ำลูกหยี 400 กรัม ซึ่งมีระดับคะแนน  $6.52 \pm 1.45$  (ชอบปานกลาง) เมื่อพิจารณาการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบลูกหยีที่ผลิตจากน้ำลูกหยีที่ไม่ผ่านการกรอง ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนใกล้เคียงกันคือ  $6.44 \pm 1.79$  (ตารางที่ 4.34)

**การยืดเกาะของเนื้อ** การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อสัมผัสด้านการยืดเกาะของเนื้อผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ พบว่า ปริมาณและกรรมวิธีการกรองและไม่กรองน้ำลูกหยีมีผลต่อการยืดเกาะของเนื้อ โดยที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจากน้ำลูกหยีที่ไม่กรองน้ำลูกหยีมีคะแนนการทดสอบ

น้อยการยืดเกาะของเนื้อเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ผ่านกระบวนการ โดยที่การใช้น้ำลูกหยีที่ผ่านการกรองมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดคือมีระดับคะแนน  $6.46 \pm 1.61$  (ตารางที่ 4.34)

**ความเหนียวหนุบ** ความเหนียวหนุบของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจะให้ผลคะแนนที่สอดคล้องกับการทดสอบทางด้านการยืดเกาะของเนื้อ โดยที่น้ำลูกหยีปริมาณเพิ่มขึ้นและผ่านการกรองจะมีผลต่อความเหนียวหนุบมากขึ้น ขณะที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ใช้น้ำลูกหยีที่ไม่ผ่านการกรองจะส่งผลต่อคะแนนการทดสอบน้อยลง เนื่องจากมีปริมาณของกากเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นจึงมีส่วนในการขัดขวางการเกิดตาข่ายและการเกิดเซตเจลของเจลาติน (ตารางที่ 4.34)

**ความง่ายของการกลืน** การผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ผ่านการผลิตจากน้ำลูกหยีที่ผ่านการกรองและไม่กรอง และปริมาณของน้ำลูกหยี 200 300 และ 400 กรัม มีผลต่อความง่ายของการกลืนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่ปริมาณของการใช้น้ำลูกหยีที่ระดับ 400 กรัม และไม่ผ่านการกรองผู้ทดสอบให้คะแนนการทดสอบสูงที่สุดคือ  $6.58 \pm 2.33$  (ตารางที่ 4.34)

**ความหวาน** การทดสอบทางความหวานของผลิตภัณฑ์ พบว่า น้ำลูกหยีที่ผ่านการกรองและไม่กรอง และปริมาณของน้ำลูกหยี 200, 300 และ 400 กรัม มีผลต่อความยอมรับของผู้ทดสอบแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.36) โดยที่ปริมาณน้ำลูกหยี 400 กรัม และกรรมวิธีที่ไม่ผ่านการกรองให้คะแนนความยอมรับสูงที่สุด คือ  $6.74 \pm 2.10$  (ขอบปานกลาง) (ตารางที่ 4.34)

**ความเค็ม** การพัฒนารสชาติโดยการเพิ่มปริมาณเกลือ 2 กรัม ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์โดยพบว่า น้ำลูกหยีที่ผ่านการกรองและไม่กรอง และปริมาณของน้ำลูกหยี 200 300 และ 400 กรัม มีผลต่อความยอมรับของผู้ทดสอบแตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งสูตรที่ใช้ปริมาณของน้ำลูกหยี 400 กรัมและไม่ผ่านการกรองมีระดับคะแนนการทดสอบมากที่สุด คือ  $6.10 \pm 1.40$  (ตารางที่ 4.34)

**ความเปรี้ยว** การเพิ่มปริมาณของน้ำลูกหยีและกรรมวิธีไม่ผ่านการกรองมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ โดยผู้ทดสอบให้คะแนนการทดสอบสูตรที่ 6 (น้ำลูกหยี 400 คือมีระดับคะแนน  $6.64 \pm 2.10$  (ตารางที่ 4.34)

**ความชอบโดยรวม** การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบโดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบโดยรวม พบว่า สูตรที่ 6 มีผู้ทดสอบให้คะแนนสูงที่สุด ด้านคุณลักษณะความชอบโดยรวม  $6.90 \pm 2.17$  (ขอบปานกลาง) (ตารางที่ 4.34)

การพิจารณาการคัดเลือกชุดการทดสอบโดยใช้เกณฑ์ของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านการยืดเกาะของเนื้อ ความเหนียวหนุบ และความชอบโดยรวม ซึ่งชุดการทดลองสูตรที่ 6 ให้คะแนนทั้ง 3 ด้านสูงที่สุดในการคัดเลือกในการศึกษาในลำดับต่อไป

ตารางที่ 4.34 ผลของปริมาณน้ำลูกหยีและกรรมวิธีการเตรียมน้ำลูกหยีต่อคะแนนการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

| คุณลักษณะผลิตภัณฑ์    | น้ำลูกหยีที่ผ่านการกรอง |                          |                         | น้ำลูกหยีที่ไม่ผ่านการกรอง |                         |                         |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                       | สูตรที่ 1               | สูตรที่ 2                | สูตรที่ 3               | สูตรที่ 4                  | สูตรที่ 5               | สูตรที่ 6               |
|                       | (200 กรัม)              | (300 กรัม)               | (400 กรัม)              | (200 กรัม)                 | (300 กรัม)              | (400 กรัม)              |
| ลักษณะสี              | 5.60±1.55 <sup>d</sup>  | 6.12±1.19 <sup>bcd</sup> | 6.34±1.33 <sup>cd</sup> | 6.52±1.84 <sup>ab</sup>    | 5.84±1.43 <sup>cd</sup> | 7.04±1.95 <sup>a</sup>  |
| กลิ่นรส               | 4.74±2.03 <sup>b</sup>  | 6.34±1.21 <sup>a</sup>   | 6.22±1.00 <sup>a</sup>  | 5.84±1.57 <sup>a</sup>     | 6.00±1.12 <sup>a</sup>  | 6.26±1.27 <sup>a</sup>  |
| รสชาติ                | 4.68±2.18 <sup>c</sup>  | 5.66±1.41 <sup>b</sup>   | 6.52±1.45 <sup>a</sup>  | 6.12±1.99 <sup>ab</sup>    | 6.12±1.36 <sup>ab</sup> | 6.44±1.79 <sup>a</sup>  |
| การยึดเกาะของเนื้อ    | 5.78±1.68 <sup>a</sup>  | 4.72±2.27 <sup>b</sup>   | 6.46±1.61 <sup>a</sup>  | 6.40±2.42 <sup>a</sup>     | 6.30±2.05 <sup>a</sup>  | 5.86±1.95 <sup>a</sup>  |
| ความเหนียวหนุบ        | 5.14±1.99 <sup>b</sup>  | 5.26±1.65 <sup>b</sup>   | 6.32±1.42 <sup>a</sup>  | 5.80±2.16 <sup>ab</sup>    | 6.48±2.37 <sup>a</sup>  | 5.78±1.85 <sup>ab</sup> |
| ความยากง่ายของการกลืน | 4.60±2.76 <sup>c</sup>  | 5.54±1.22 <sup>b</sup>   | 6.02±1.76 <sup>ab</sup> | 5.98±2.03 <sup>ab</sup>    | 6.24±1.84 <sup>ab</sup> | 6.58±2.33 <sup>a</sup>  |
| ความหวาน              | 4.64±2.69 <sup>b</sup>  | 6.02±1.33 <sup>a</sup>   | 6.50±1.30 <sup>a</sup>  | 6.74±2.10 <sup>a</sup>     | 6.56±1.57 <sup>a</sup>  | 6.54±1.73 <sup>a</sup>  |
| ความเค็ม              | 4.38±2.46 <sup>b</sup>  | 5.48±1.16 <sup>a</sup>   | 5.46±1.57 <sup>a</sup>  | 5.96±1.48 <sup>a</sup>     | 4.16±2.57 <sup>b</sup>  | 6.10±1.40 <sup>a</sup>  |
| ความเปรี้ยว           | 4.54±2.13 <sup>b</sup>  | 6.06±1.32 <sup>a</sup>   | 5.92±1.18 <sup>a</sup>  | 6.38±1.78 <sup>a</sup>     | 6.14±1.28 <sup>a</sup>  | 6.64±2.10 <sup>a</sup>  |
| ความชอบโดยรวม         | 4.82±2.29 <sup>d</sup>  | 5.70±1.59 <sup>c</sup>   | 5.96±1.93 <sup>bc</sup> | 6.58±2.22 <sup>ab</sup>    | 6.90±2.10 <sup>a</sup>  | 6.90±2.17 <sup>a</sup>  |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

### วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

การใช้เจลาตินในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่แตกต่างกัน ศึกษาปริมาณน้ำลูกหยีและกรรมวิธีการเตรียมน้ำลูกหยีที่มีผลต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ โดยผลิตผลิตภัณฑ์จากปริมาณของน้ำลูกหยี 3 ระดับ คือ 200 300 และ 400 กรัม และกรรมวิธี 2 รูปแบบ คือการกรองและไม่กรองน้ำลูกหยี จากการศึกษา พบว่า ปริมาณของน้ำลูกหยีและการกรองและไม่กรองมีผลต่อค่าสี ปริมาณความชื้น ค่า  $a_w$  และค่า pH แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

**ค่าสี** ปริมาณน้ำลูกหยีและกรรมวิธีมีผลต่อค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจากการกรองน้ำลูกหยีทำให้เนื้อของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบมีลักษณะที่ใส เมื่อวัดค่าสีพบว่า ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ผ่านการกรองค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ในช่วง  $35.41 \pm 0.5 - 41.11 \pm 1.25$  ขณะที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ผลิตจากที่ไม่กรองจะทำให้ลูกหยีสีเข้มออกน้ำตาลดำ ซึ่งมีค่าสี ความสว่าง ( $L^*$ ) เท่ากับ  $13.82 \pm 0.04 - 22.77 \pm 1.04$  เมื่อพิจารณาน้ำลูกหยีที่ไม่ผ่านการกรอง ที่ระดับปริมาณน้ำลูกหยีที่เพิ่มขึ้นจาก 300 เป็น 400 กรัม เนื้อผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบลูกหยีมีสีเข้มขึ้นตามลำดับ ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 4.35)

**ความชื้น** การเพิ่มปริมาณน้ำลูกหยีในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจะมีความแตกต่างกันของการนำน้ำลูกหยีที่ผ่านการกรองและไม่ผ่านการกรองแตกต่างกัน โดยที่น้ำลูกหยีที่ผ่านการกรองมีปริมาณความชื้นสูงกว่าผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ไม่ผ่านการกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งมีค่าปริมาณความชื้นในช่วง ร้อยละ  $9.99 \pm 1.44 - 11.33 \pm 1.15$  และ  $4.96 \pm 1.02 - 7.04 \pm 2.33$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.35)

**ค่า  $a_w$**  การวัดค่า  $a_w$  การใช้น้ำลูกหยีในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ผ่านการกรองและไม่กรอง พบว่า ค่า  $a_w$  ที่ผ่านการกรองมีค่าสูงกว่าแตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยค่า  $a_w$  อยู่ในช่วง  $0.68 \pm 0.02 - 0.71 \pm 0.01$  และ  $0.66 \pm 0.01 - 0.69 \pm 0.01$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.35)

**ค่า pH** ค่าความเป็นกรด-ด่างมีความสำคัญต่อการเก็บรักษาของการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบลูกหยี จากการศึกษา พบว่า ค่า pH ที่ใช้น้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการกรองมีความแตกต่างกัน โดยผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ใช้น้ำลูกหยีที่ไม่ผ่านการกรองมีค่า pH ต่ำกว่า เนื่องจากยังมีเนื้อและกากลูกหยีในตัวอย่างน้ำลูกหยีอยู่ ส่งผลให้มีความเปรี้ยวของน้ำและยังถูกสกัดออกมาได้ในระหว่างการผลิต (ตารางที่ 4.35) โดยปกติความเป็นกรด-ด่าง มาตรฐานของผลิตภัณฑ์เยลลี่อยู่ระหว่าง 2.8-3.5 ส่วนความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอยู่ที่ 3.2 ตามมอก. 263-2521

**ปริมาณของแข็งทั้งหมด** ค่าของแข็งทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบมีความแตกต่างกัน โดยผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ใช้น้ำลูกหยีที่ผ่านการกรองมีค่าของแข็งทั้งหมดที่สูงกว่า เนื่องจากมีการกำจัดกากในขั้นตอนการกรอง ส่งผลให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบมีค่าของแข็งทั้งหมดมากกว่าการใช้น้ำลูกหยีที่ไม่ผ่านการกรอง (ตารางที่ 4.35)

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (ด้วยวิธี DPPH) การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการศึกษากาปริมาณน้ำลูกหยีและกรรมวิธี พบว่า ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามปริมาณของน้ำลูกหยีที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่า DPPH assay ( $IC_{50}$ ) ในช่วง  $89.11 \pm 4.54 - 109.46 \pm 7.87$  ไมโครกรัม/มิลลิลิตร เมื่อใช้น้ำลูกหยีที่ไม่ผ่านการกรองในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบส่งผลให้ค่า DPPH assay ( $IC_{50}$ ) เพิ่มขึ้นที่สัดส่วนของปริมาณลูกหยีที่เท่ากัน ซึ่งค่า DPPH assay ( $IC_{50}$ ) เท่ากับ  $6.53 \pm 0.19 - 10.99 \pm 0.37$  ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (ตารางที่ 4.35)

**วิตามินซี (vitamin c)** ปริมาณวิตามินซีที่ผ่านการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ พบว่า ปริมาณน้ำลูกหยีและกรรมวิธีการเตรียมน้ำลูกหยี มีผลต่อปริมาณวิตามินซีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ปริมาณน้ำลูกหยี 400 กรัม และไม่ผ่านการกรอง มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด คือ ปริมาณ  $10.99 \pm 0.37$  มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร (ตารางที่ 4.35) วิตามินซึ่งจะลดลงจากการให้ความร้อน ส่งผลให้วิตามินซีเสื่อมสภาพไป เพราะวิตามินซีไม่คงทนต่อความร้อน หากภาชนะไม่มีฝาครอบและการหุงต้มใช้เวลานาน (สนใจ, 2521)

**ปริมาณฟีนอลรวม (total phenolics content)** จากการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณน้ำลูกหยีและกรรมวิธีการเตรียมน้ำลูกหยี มีผลต่อค่าสารฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่ปริมาณของสารฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดที่สูตร 6 ที่ใช้ปริมาณน้ำลูกหยี 400 กรัม และไม่ผ่านการกรอง มีค่า  $163.21 \pm 0.02$  มิลลิกรัมของกรดแกลลิก (ตารางที่ 4.35)

ตารางที่ 4.35 ผลของปริมาณน้ำลูกหยีและกรรมวิธีการเตรียมน้ำลูกหยีต่อคะแนนสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบแต่ละระดับ

| คุณลักษณะผลิตภัณฑ์                     | น้ำลูกหยีที่ผ่านกรอง     |                         |                          | น้ำลูกหยีที่ไม่ผ่านกรอง |                         |                          |
|----------------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                                        | สูตรที่ 1                | สูตรที่ 2               | สูตรที่ 3                | สูตรที่ 4               | สูตรที่ 5               | สูตรที่ 6                |
|                                        | (200 กรัม)               | (300 กรัม)              | (400 กรัม)               | (200 กรัม)              | (300 กรัม)              | (400 กรัม)               |
| ค่าสี                                  |                          |                         |                          |                         |                         |                          |
| $L^*$                                  | 41.11±1.25 <sup>a</sup>  | 33.94±1.13 <sup>b</sup> | 35.41±0.56 <sup>b</sup>  | 22.77±1.04 <sup>c</sup> | 21.02±1.30 <sup>c</sup> | 13.82±0.04 <sup>d</sup>  |
| $a^*$                                  | 1.28±0.12 <sup>e</sup>   | 1.95±0.27 <sup>d</sup>  | 3.04±0.20 <sup>c</sup>   | 6.36±0.21 <sup>a</sup>  | 3.57±0.18 <sup>b</sup>  | 3.02±0.09 <sup>c</sup>   |
| $b^*$                                  | 10.51±0.02 <sup>a</sup>  | 10.54±0.67 <sup>a</sup> | 10.92±0.57 <sup>a</sup>  | 6.27±0.27 <sup>b</sup>  | 2.58±0.13 <sup>c</sup>  | 1.92±0.05 <sup>c</sup>   |
| ความชื้น (%)                           | 9.99±1.44 <sup>a</sup>   | 10.40±1.28 <sup>a</sup> | 11.33±1.15 <sup>a</sup>  | 7.04±2.33 <sup>b</sup>  | 5.77±1.43 <sup>b</sup>  | 4.96±1.02 <sup>b</sup>   |
| $a_w$                                  | 0.68±0.02 <sup>c</sup>   | 0.69±0.01 <sup>b</sup>  | 0.71±0.01 <sup>a</sup>   | 0.69±0.01 <sup>b</sup>  | 0.69±0.01 <sup>b</sup>  | 0.66±0.01 <sup>d</sup>   |
| pH                                     | 4.41±0.01 <sup>a</sup>   | 4.18±0.01 <sup>b</sup>  | 4.18±0.02 <sup>b</sup>   | 4.01±0.01 <sup>d</sup>  | 4.03±0.02 <sup>c</sup>  | 4.18±0.02 <sup>b</sup>   |
| ของแข็งทั้งหมด (°Brix)                 | 5.80±0.10 <sup>c</sup>   | 6.53±0.32 <sup>b</sup>  | 7.77±0.35 <sup>a</sup>   | 5.90±0.10 <sup>c</sup>  | 4.40±0.10 <sup>d</sup>  | 4.67±0.31 <sup>d</sup>   |
| วิตามินซี (mg/100ml)                   | 0.960±0.21 <sup>f</sup>  | 3.27±0.12 <sup>e</sup>  | 6.22±0.56 <sup>d</sup>   | 6.53±0.19 <sup>c</sup>  | 8.29±0.63 <sup>b</sup>  | 10.99±0.37 <sup>a</sup>  |
| DPPH assay (IC <sub>50</sub> ) (µg/ml) | 109.46±7.87 <sup>a</sup> | 96.37±1.96 <sup>b</sup> | 89.11±4.54 <sup>b</sup>  | 73.64±4.16 <sup>c</sup> | 64.64±1.25 <sup>d</sup> | 53.64±0.95 <sup>e</sup>  |
| TPC (mg GAE/g sample)                  | 7.94±0.42 <sup>f</sup>   | 42.06±0.01 <sup>e</sup> | 130.52±0.02 <sup>b</sup> | 67.06±0.04 <sup>d</sup> | 74.75±0.05 <sup>c</sup> | 163.21±0.02 <sup>a</sup> |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

#### 4.3.2.5 การปรับอัตราส่วนเนื้อลูกหยีและน้ำ ปริมาณน้ำตาล และกลูโคสไซรัป

การศึกษาอัตราส่วนของน้ำและเนื้อลูกหยี 2 ระดับ คือ 10:2.5 และ 10:5 ปริมาณน้ำตาลทราย 230 และ 260 กรัม และกลูโคสไซรัป 100 และ 150 กรัม ต่อความยอมรับของผู้บริโภค พบว่า การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่นรส รสชาติ การยึดเกาะของเนื้อ ความเหนียวหนุบ ความหวาน ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวมแตกต่างกัน

##### การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การศึกษาอัตราส่วนของเนื้อลูกหยี และน้ำ 2 ระดับ คือ 1:4 และ 1:2 ปริมาณน้ำตาลทราย 230 และ 260 กรัม และกลูโคสไซรัป 100 และ 150 กรัม ต่อความยอมรับของผู้บริโภค พบว่า การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่นรส รสชาติ การยึดเกาะของเนื้อ ความเหนียวหนุบ ความหวาน ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ในขณะที่การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะสี ความยากง่ายของการกลืนและความเค็มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) (ตารางที่ 4.36) โดยมีรายละเอียดดังนี้

**สี** ลักษณะสีของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ผลิตจากอัตราส่วนเนื้อลูกหยีและน้ำ น้ำตาลและกลูโคสไซรัป พบว่า ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนสูตรที่ 7 มีคะแนน  $6.88 \pm 1.04$  (ชอบปานกลาง) ซึ่งผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบน้ำตาลดำ มีอัตราส่วนของเนื้อลูกหยี 1:2 น้ำตาล 260 กรัม และกลูโคสไซรัป 100 กรัม (ตารางที่ 4.36 และ ภาพที่ 4.16)

**กลิ่นรส** การเพิ่มปริมาณของอัตราส่วนของเนื้อลูกหยี น้ำตาล และกลูโคสไซรัปในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ ส่งผลต่อความยอมรับของผู้ทดสอบเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามต้องมีการใช้อัตราส่วนผสมทั้งหมดมีความเหมาะสม โดยสูตรที่ 7 (อัตราส่วนของเนื้อลูกหยีและน้ำ 1:2 น้ำตาล 260 และกลูโคสไซรัป 100 กรัม) ผู้ทดสอบให้ระดับคะแนนมากที่สุด คือ  $6.86 \pm 0.97$  (ชอบปานกลาง) (ตารางที่ 4.36)

**รสชาติ** รสชาติผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบเกิดจากส่วนประกอบของอาหารและอัตราส่วนของการเติมที่เหมาะสม การเพิ่มปริมาณน้ำตาลและกลูโคสไซรัป มีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 4.36) โดยที่สูตรที่ 7 ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสชอบโดยรวมเฉลี่ย  $6.76 \pm 0.97$  (ชอบปานกลาง)

**การยึดเกาะของเนื้อ** ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ผ่านการผลิตจากการใช้อัตราส่วนเนื้อลูกหยีเพิ่มขึ้นการยึดเกาะของเนื้อผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจะน้อยลงตามลำดับ เนื่องจากมีปริมาณของเส้นใยอาหารเป็นตัวแทรกในระหว่างของเจลเจลาตินการยึดเกาะไม่แน่นเท่าที่ควร โดยที่อัตราส่วนที่เหมาะสมที่ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสสูตรที่ 7 มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส  $6.46 \pm 1.23$  (ชอบปานกลาง) (ตารางที่ 4.36)

**ความเหนียวหนุบ** ความเหนียวหนุบของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบเกิดจากการเติมของเจลาติน จากการศึกษาโดยใช้ปริมาณของเจลาตินที่เท่ากัน ซึ่งตัวแปรจากอัตราส่วนเนื้อลูกหยีและน้ำที่ไม่ผ่านการกรองมีผลต่อการทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเหนียวหนุบลดลง อย่างไรก็ตามแต่การผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบต้องการรักษาความเป็นอัตลักษณ์ของลูกหยีทั้งสีและรสชาติ (ตารางที่ 4.36)

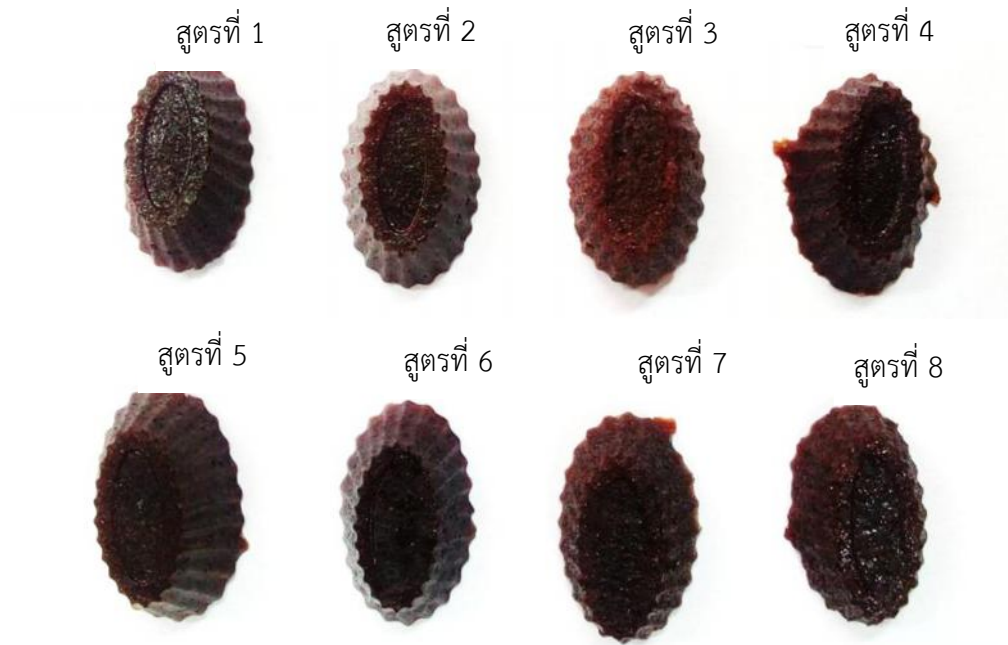
**ความง่ายของการกลืน** การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบพบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 6 มีคะแนนการทดสอบสูงสุด คือ  $6.86 \pm 1.03$  โดยที่ปริมาณของการใช้เนื้อลูกหยีและน้ำ 1:2 และน้ำตาลและกลูโคสไซรัป 260 และ 150 กรัม ตามลำดับ เนื่องจากการใช้ปริมาณของเนื้อลูกหยีน้อย ส่งผลให้ปริมาณของกากน้อยกว่าที่อัตราส่วนเนื้อและน้ำ 1:2 จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เมื่อมีการกลืนจะง่ายกว่าที่มีกากอาหารสูง (ตารางที่ 4.36)

**ความหวาน** ปริมาณความหวานที่ได้จากผลิตภัณฑ์คือน้ำตาลทรายและกลูโคสไซรัป การเพิ่มปริมาณน้ำตาลมีผลต่อความยอมรับของผู้ทดสอบมากขึ้นตามลำดับ (ตารางที่ 4.36) โดยที่ระดับความเหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

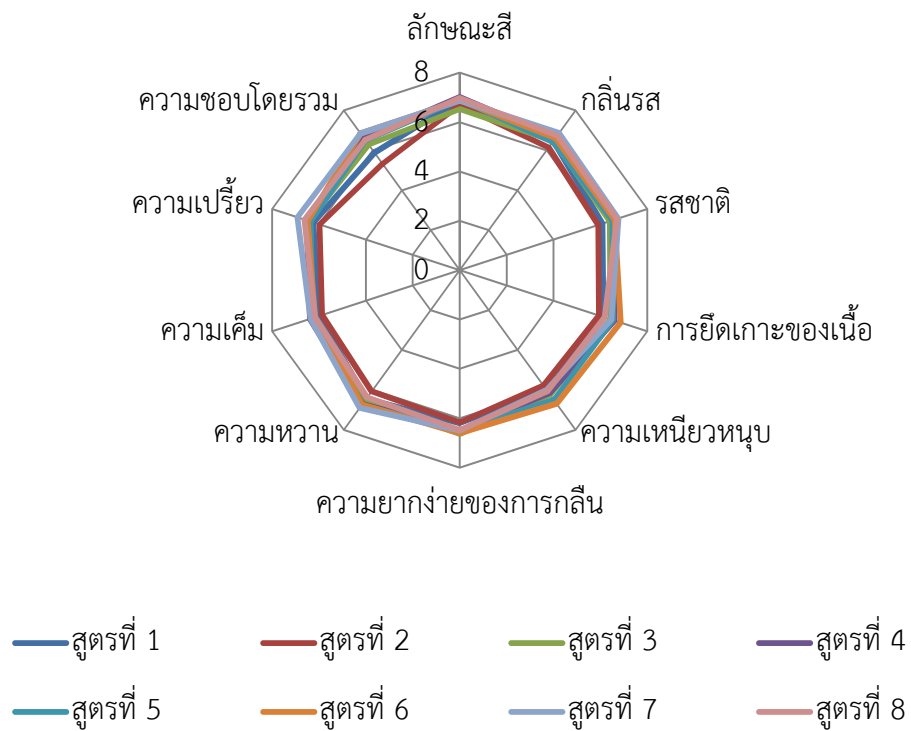
**ความเค็ม** การศึกษาอัตราส่วนของเนื้อลูกหยี และน้ำ 2 ระดับคือ 1:4 และ 1:2 ปริมาณน้ำตาลทราย 230 และ 260 กรัม และกลูโคสไซรัป 100 และ 150 กรัม พบว่า อัตราส่วนและปริมาณน้ำตาลและกลูโคสไซรัป ไม่มีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเค็มของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการพัฒนารสชาติโดยการเพิ่มปริมาณเกลือ 2 กรัม ที่เท่ากันทุกสูตร (ตารางที่ 4.36)

**ความเปรี้ยว** การเพิ่มปริมาณเนื้อลูกหยีน้ำลูกหยีเพิ่มขึ้น มีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน ความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีคะแนนความชอบเฉลี่ยของสูตรที่ 7 สูงที่สุด คือ  $6.92 \pm 1.39$  (ชอบปานกลาง) (ตารางที่ 4.36)

**ความชอบโดยรวม** การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้คะแนนชอบโดยรวมในการตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์ในการศึกษาต่อ โดยมีระดับคะแนนความชอบโดยรวมแตกต่างกัน โดยสูตรที่ 6 และ 7 มีระดับคะแนนความยอมรับไม่แตกต่างกัน คือ  $6.84 \pm 1.54$  และ  $6.84 \pm 1.62$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.36) แต่มีระดับคะแนนการทดสอบด้านอื่นมากกว่า ดังนั้นการศึกษานี้เลือกสูตรที่ 7 ในการศึกษาต่อไป



ภาพที่ 4.16 ลักษณะปรากฏของรูปร่างของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ผลิตจากอัตราส่วนที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.17 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบลูกหยีที่มีอัตราส่วนแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.36 ผลของอัตราส่วนเนื้อลูกหยีและน้ำ ปริมาณน้ำตาล และกลูโคสไซรัปต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

| คุณลักษณะ<br>ผลิตภัณฑ์                | คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส |                        |                          |                          |                          |                          |                          |                         |
|---------------------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                                       | สูตรที่ 1<br>(1:4)           | สูตรที่ 2<br>(1:4)     | สูตรที่ 3<br>(1:2)       | สูตรที่ 4<br>(1:2)       | สูตรที่ 5<br>(1:4)       | สูตรที่ 6<br>(1:4)       | สูตรที่ 7<br>(1:2)       | สูตรที่ 8<br>(1:2)      |
| ลักษณะสี <sup>*ns</sup>               | 6.90±1.25                    | 6.70±1.42              | 6.52±1.31                | 7.02±1.06                | 6.92±1.08                | 6.88±1.17                | 6.88±1.04                | 6.98±1.15               |
| กลิ่นรส                               | 6.46±1.15 <sup>ab</sup>      | 6.14±1.16 <sup>b</sup> | 6.46±1.07 <sup>ab</sup>  | 6.62±1.32 <sup>ab</sup>  | 6.42±1.03 <sup>ab</sup>  | 6.60±0.95 <sup>ab</sup>  | 6.86±0.97 <sup>a</sup>   | 6.74±1.03 <sup>a</sup>  |
| รสชาติ                                | 6.08±1.4 <sup>bc</sup>       | 5.90±1.36 <sup>c</sup> | 6.40±1.31 <sup>abc</sup> | 6.66±1.10 <sup>a</sup>   | 6.50±1.15 <sup>ab</sup>  | 6.60±1.14 <sup>ab</sup>  | 6.76±1.06 <sup>a</sup>   | 6.70±1.13 <sup>a</sup>  |
| การยึดเกาะของเนื้อ                    | 6.12±1.39 <sup>bc</sup>      | 5.94±1.46 <sup>c</sup> | 6.42±1.28 <sup>abc</sup> | 6.60±1.25 <sup>ab</sup>  | 6.54±1.01 <sup>ab</sup>  | 6.86±1.03 <sup>a</sup>   | 6.46±1.23 <sup>abc</sup> | 6.18±1.37 <sup>bc</sup> |
| ความเหนียวหนุบ                        | 6.02±1.53 <sup>bc</sup>      | 5.78±1.74 <sup>c</sup> | 6.24±1.29 <sup>abc</sup> | 6.18±1.51 <sup>abc</sup> | 6.50±1.23 <sup>ab</sup>  | 6.68±1.00 <sup>a</sup>   | 6.00±1.43 <sup>bc</sup>  | 6.06±1.42 <sup>bc</sup> |
| ความง่ายของ<br>การกลืน <sup>*ns</sup> | 6.20±1.53                    | 6.18±1.62              | 6.64±1.10                | 6.50±1.50                | 6.50±1.39                | 6.60±1.28                | 6.50±1.27                | 6.48±1.25               |
| ความหวาน                              | 6.44±1.37 <sup>ab</sup>      | 6.08±1.29 <sup>b</sup> | 6.50±1.05 <sup>ab</sup>  | 6.70±1.13 <sup>a</sup>   | 6.76±1.04 <sup>a</sup>   | 6.74±1.12 <sup>a</sup>   | 6.90±1.22 <sup>a</sup>   | 6.38±1.18 <sup>ab</sup> |
| ความเค็ม <sup>*ns</sup>               | 6.00±1.36                    | 5.86±1.32              | 6.28±1.14                | 6.38±1.34                | 6.26±1.14                | 6.16±1.25                | 6.36±1.08                | 6.16±1.18               |
| ความเปรี้ยว                           | 6.24±1.41 <sup>bc</sup>      | 5.98±1.55 <sup>c</sup> | 6.44±1.25 <sup>abc</sup> | 6.52±1.36 <sup>abc</sup> | 6.36±1.22 <sup>abc</sup> | 6.48±1.22 <sup>abc</sup> | 6.92±1.37 <sup>a</sup>   | 6.62±1.23 <sup>ab</sup> |
| ความชอบโดยรวม                         | 5.88±2.01 <sup>bc</sup>      | 5.32±2.13 <sup>c</sup> | 6.28±1.60 <sup>ab</sup>  | 6.60±1.64 <sup>ab</sup>  | 6.50±1.49 <sup>ab</sup>  | 6.84±1.54 <sup>a</sup>   | 6.84±1.62 <sup>a</sup>   | 6.52±1.98 <sup>ab</sup> |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

<sup>\*ns</sup> ในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

### วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

การศึกษาอัตราส่วนของเนื้อลูกหิและน้ำ 2 ระดับคือ 1:4 และ 1:2 ปริมาณน้ำตาลทราย 230 และ 260 กรัม และกลูโคสไซรัป 100 และ 150 กรัม ต่อ สมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าสี ปริมาณความชื้น ค่า  $a_w$  ค่า pH และปริมาณของแข็งทั้งหมด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

**ค่าสี** ผลผลิตลูกหิเคี้ยวหนุบ ค่าสี ( $L^*$ ) ความสว่างน้อยลง (สีเข้มขึ้น) ของผลผลิตลูกหิเคี้ยวหนุบเกิดจากการเพิ่มปริมาณลูกหิที่สูตรที่ 1 กับสูตรที่ 3 และสูตรที่ 2 กับสูตรที่ 4 (ตารางที่ 4.37) ส่วนน้ำตาลทรายมีผลต่อค่าสี เนื่องจากการให้ความร้อนก่อให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ขณะที่กลูโคสไซรัปไม่มีผลต่อการก่อให้เกิดสีเข้มในผลผลิตลูกหิเคี้ยวหนุบ

**ความชื้น** ปริมาณความชื้นการเพิ่มอัตราส่วนของเนื้อลูกหิและปริมาณน้ำตาลทรายมีผลต่อปริมาณของความชื้น ขณะที่ปริมาณของกลูโคสไซรัปไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น (ตารางที่ 4.37) การศึกษาปริมาณความชื้นที่วิเคราะห์ในช่วง  $10.09 \pm 2.52 - 12.79 \pm 0.38$

**ค่า  $a_w$**  การวิเคราะห์ค่า  $a_w$  ในผลผลิตลูกหิเคี้ยวหนุบการใช้อัตราส่วนลูกหิเพิ่มมีผลต่อค่า  $a_w$  เพิ่ม เนื่องจากมีปริมาณของกากใยอาหารที่สามารถอุ้มน้ำได้ และเป็นตัวขัดขวางการเกิดเจลของเจลาติน ค่า  $a_w$  อยู่ในช่วง  $0.31 \pm 0.24 - 0.63 \pm 0.01$  (ตารางที่ 4.37)

**ค่า pH** ค่าความเป็นกรด-ด่างของอัตราส่วนของเนื้อลูกหิและน้ำ ปริมาณน้ำตาลและกลูโคสไซรัป พบว่า มีผลต่อค่า pH โดยที่ผลผลิตลูกหิเคี้ยวหนุบที่ค่า pH  $3.31 \pm 0.01 - 3.59 \pm 0.01$  ซึ่งอยู่ในมาตรฐานของผลิตภัณฑ์เยลลี่อยู่ระหว่าง 2.8-3.5 ส่วนความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอยู่ที่ 3.2 ตาม มอก. 263-2521 (ตารางที่ 4.37)

**ปริมาณของแข็งทั้งหมด** ค่าของแข็งทั้งหมดของผลผลิตลูกหิเคี้ยวหนุบลูกหิมีความแตกต่างกัน โดยปัจจัยที่มีมากที่สุดคือปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มในส่วนผสมของผลผลิตลูกหิเคี้ยวหนุบลูกหิ และจะลดลงอัตราส่วนของเนื้อลูกหิเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.37)

**ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (ด้วยวิธี DPPH)** พบว่า อัตราส่วนของเนื้อลูกหิและน้ำ ปริมาณน้ำตาลและกลูโคสไซรัป มีผลต่อปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระ  $34.05 \pm 0.83 - 50.66 \pm 0.57$  แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่สูตรที่ 3 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงถึง  $34.05 \pm 0.83$  ไมโครกรัม/มิลลิลิตร การลดสัดส่วนของน้ำลูกหิทำให้ค่าที่ได้ต่ำลง เนื่องจากส่วนผสมถูกเจือจางลงและความแปรปรวนของวัตถุดิบที่ไม่แน่นอน (ตารางที่ 4.37)

**วิตามินซี (vitamin c)** อัตราส่วนของเนื้อลูกหิและน้ำ ปริมาณน้ำตาลและกลูโคสไซรัป พบว่า อัตราส่วนของเนื้อลูกหิและน้ำ ปริมาณน้ำตาลและกลูโคสไซรัป มีผลต่อปริมาณวิตามินซี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่ผลผลิตที่ใช้ปริมาณน้ำลูกหิ 400 กรัม (ตารางที่ 4.37)

**ปริมาณฟีนอลรวม (total phenolic content)** จากการวิเคราะห์ พบว่า อัตราส่วนของเนื้อลูกหิและน้ำ ปริมาณน้ำตาลและกลูโคสไซรัป มีผลต่อค่าสารฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่ปริมาณของสารฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดสูตรที่ 8 มีค่า  $122.83 \pm 0.02$  มิลลิกรัม สมมูลของกรดแกลลิก/กรัมตัวอย่าง (ตารางที่ 4.37)

จากการศึกษาอัตราส่วนของน้ำและเนื้อลูกหยี ปริมาณน้ำตาลทราย และกลูโคสไซรัปมาแล้ว ข้างต้น ผู้บริโภคให้การยอมรับสูตรที่ 7 คือ เนื้อลูกหยีและน้ำที่ระดับ 1:2 น้ำตาลทรายที่น้ำหนัก 260 กรัม และกลูโคสไซรัปที่น้ำหนัก 100 กรัม มากที่สุด จึงนำสูตรดังกล่าวเพื่อทำการพัฒนาต่อไป

ตารางที่ 4.37 ผลของชนิดเนื้ออัตราส่วนเนื้อลูกหยีและน้ำ ปริมาณน้ำตาลและกลูโคสไซรัปต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

| คุณลักษณะ<br>ผลิตภัณฑ์                    | สูตรที่ 1<br>(1:4)       | สูตรที่ 2<br>(1:4)      | สูตรที่ 3<br>(1:2)       | สูตรที่ 4<br>(1:2)       | สูตรที่ 5<br>(1:4)       | สูตรที่ 6<br>(1:4)       | สูตรที่ 7<br>(1:2)      | สูตรที่ 8<br>(1:2)       |
|-------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| ค่าสี $L^*$                               | 18.56±0.17 <sup>a</sup>  | 19.07±0.91 <sup>a</sup> | 17.88±1.05 <sup>a</sup>  | 17.93±2.49 <sup>a</sup>  | 14.96±0.96 <sup>b</sup>  | 14.66±0.94 <sup>b</sup>  | 13.84±1.74 <sup>b</sup> | 13.37±0.64 <sup>b</sup>  |
| $a^*$                                     | 2.95±0.51 <sup>a</sup>   | 2.34±0.46 <sup>ab</sup> | 3.00±0.34 <sup>a</sup>   | 1.31±0.20 <sup>c</sup>   | 2.35±0.34 <sup>ab</sup>  | 2.04±0.28 <sup>b</sup>   | 2.40±0.39 <sup>ab</sup> | 2.70±0.02 <sup>ab</sup>  |
| $b^*$                                     | 1.75±0.46 <sup>a</sup>   | 1.20±0.43 <sup>a</sup>  | 1.70±0.21 <sup>a</sup>   | 0.31±0.15 <sup>b</sup>   | 1.71±0.31 <sup>a</sup>   | 1.37±0.27 <sup>a</sup>   | 1.38±0.24 <sup>a</sup>  | 1.45±0.02 <sup>a</sup>   |
| ความชื้น (%)                              | 10.09±2.52 <sup>b</sup>  | 10.24±0.84 <sup>b</sup> | 12.37±0.88 <sup>ab</sup> | 12.74±0.21 <sup>a</sup>  | 10.77±1.48 <sup>ab</sup> | 10.53±0.68 <sup>ab</sup> | 12.89±1.70 <sup>a</sup> | 12.79±0.38 <sup>a</sup>  |
| pH                                        | 3.59±0.01 <sup>a</sup>   | 3.60±0.01 <sup>a</sup>  | 3.42±0.11 <sup>c</sup>   | 3.30±0.02 <sup>d</sup>   | 3.53±0.01 <sup>ab</sup>  | 3.51±0.01 <sup>b</sup>   | 3.31±0.01 <sup>d</sup>  | 3.32±0.01 <sup>d</sup>   |
| $a_w$                                     | 0.46±0.01 <sup>d</sup>   | 0.47±0.01 <sup>d</sup>  | 0.64±0.01 <sup>a</sup>   | 0.62±0.01 <sup>b</sup>   | 0.57±0.01 <sup>c</sup>   | 0.64±0.01 <sup>a</sup>   | 0.63±0.01 <sup>b</sup>  | 0.63±0.01 <sup>b</sup>   |
| ปริมาณของแข็ง<br>ทั้งหมด (°Brix)          | 6.83±0.12 <sup>bcd</sup> | 6.13±0.81 <sup>d</sup>  | 6.83±0.31 <sup>bcd</sup> | 6.63±0.21 <sup>cd</sup>  | 9.03±0.65 <sup>a</sup>   | 7.06±0.10 <sup>b</sup>   | 7.20±0.30 <sup>bc</sup> | 9.30±0.17 <sup>a</sup>   |
| วิตามินซี<br>(mg/100ml)                   | 0.87±0.24 <sup>e</sup>   | 2.25±0.23 <sup>d</sup>  | 12.15±0.57 <sup>a</sup>  | 11.81±0.21 <sup>ab</sup> | 1.39±0.32 <sup>e</sup>   | 1.11±0.21 <sup>e</sup>   | 12.36±0.26 <sup>a</sup> | 10.01±0.21 <sup>c</sup>  |
| DPPH assay<br>(IC <sub>50</sub> ) (µg/ml) | 46.52±0.64 <sup>b</sup>  | 50.66±0.57 <sup>a</sup> | 34.05±0.83 <sup>f</sup>  | 38.15±1.26 <sup>e</sup>  | 47.31±1.14 <sup>b</sup>  | 52.12±1.81 <sup>a</sup>  | 40.51±0.62 <sup>d</sup> | 42.84±0.73 <sup>c</sup>  |
| TPC (mg GAE/g<br>sample)                  | 57.44±0.01 <sup>h</sup>  | 65.14±0.01 <sup>e</sup> | 101.67±0.70 <sup>c</sup> | 155.52±0.0 <sup>a</sup>  | 63.21±0.19 <sup>f</sup>  | 61.29±0.01 <sup>g</sup>  | 95.90±0.05 <sup>d</sup> | 122.83±0.02 <sup>b</sup> |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

#### 4.3.2.6 การปรับชนิดและปริมาณกรด

##### การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบโดยมีการเพิ่มความเปรี้ยวในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ใช้กรด 2 ชนิด ได้แก่ กรดทาร์ทริก และ กรดซิตริก ที่ระดับ ร้อยละ 2 และ 3 จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ชนิดและปริมาณของกรดที่เพิ่มมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่นรส รสชาติ ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ขณะที่คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะสี การยึดเกาะของเนื้อ ความเหนียวหนุบ ความยากง่ายของการกลืน ความหวาน และความเค็ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) (ตารางที่ 4.38) การใช้กรดทาร์ทริกที่ระดับ ร้อยละ 2 ให้คะแนนเฉลี่ยด้าน ความชอบโดยรวมสูงที่สุด  $7.65 \pm 0.83$  คะแนน (ความชอบระดับค่อนข้างดี) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ (ตารางที่ 4.38) จากการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกการใช้กรดทาร์ทริกและกรดซิตริกในความเข้มข้นแต่ละระดับ ข้างต้น พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดทาร์ทริก ความเข้มข้น ร้อยละ 2 มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม  $7.65 \pm 0.83$  (ชอบค่อนข้างมาก) ดังนั้นจึงนำกรดดังกล่าว เพื่อทำการปรับสูตรในขั้นต่อไป

**ตารางที่ 4.38** ผลของชนิดและปริมาณกรดต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

| ลักษณะคุณภาพ                         | ชุดควบคุม         | กรดทาร์ทริก       |                   | กรดซิตริก            |                   |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
|                                      |                   | ร้อยละ 2          | ร้อยละ 3          | ร้อยละ 2             | ร้อยละ 3          |
| ลักษณะสี <sup>*ns</sup>              | $7.14 \pm 1.07$   | $7.42 \pm 0.68$   | $7.39 \pm 1.08$   | $7.41 \pm 0.89$      | $7.43 \pm 0.87$   |
| กลิ่นรส                              | $7.42 \pm 0.97^a$ | $7.15 \pm 0.94^b$ | $7.19 \pm 0.82^b$ | $7.01 \pm 0.74^b$    | $7.03 \pm 0.98^b$ |
| รสชาติ                               | $7.52 \pm 0.76^a$ | $7.63 \pm 1.01^a$ | $7.28 \pm 1.07^a$ | $6.76 \pm 0.65^b$    | $6.56 \pm 0.81^b$ |
| การยึดเกาะของเนื้อ <sup>*ns</sup>    | $7.26 \pm 1.12$   | $7.26 \pm 1.02$   | $7.29 \pm 1.04$   | $7.13 \pm 1.07$      | $7.24 \pm 1.10$   |
| ความเหนียวหนุบ <sup>*ns</sup>        | $7.36 \pm 0.76$   | $7.29 \pm 0.87$   | $7.23 \pm 0.91$   | $7.12 \pm 1.02$      | $7.03 \pm 1.14$   |
| ความยากง่ายของการกลืน <sup>*ns</sup> | $7.44 \pm 0.87$   | $7.58 \pm 0.87$   | $7.47 \pm 1.03$   | $7.36 \pm 1.19$      | $7.43 \pm 1.01$   |
| ความหวาน <sup>*ns</sup>              | $7.12 \pm 1.24$   | $6.83 \pm 1.02$   | $6.88 \pm 1.06$   | $6.84 \pm 1.03$      | $6.84 \pm 1.02$   |
| ความเค็ม <sup>*ns</sup>              | $6.94 \pm 0.86$   | $6.78 \pm 1.07$   | $6.64 \pm 0.98$   | $6.69 \pm 1.08$      | $6.79 \pm 1.09$   |
| ความเปรี้ยว                          | $7.44 \pm 1.23^a$ | $7.55 \pm 1.01^a$ | $7.14 \pm 1.02^b$ | $7.16 \pm 1.07^b$    | $7.04 \pm 1.21^b$ |
| ความชอบโดยรวม                        | $7.32 \pm 1.06^a$ | $7.65 \pm 0.83^a$ | $7.24 \pm 0.85^a$ | $7.01 \pm 0.76^{ab}$ | $6.57 \pm 0.71^b$ |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

<sup>\*ns</sup> ในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

### วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

การศึกษาปริมาณกรดทาร์ทาริกและกรดซิตริก ศึกษา 2 ระดับคือ ร้อยละ 2 และ ร้อยละ 3 ต่อความยอมรับของผู้บริโภค พบว่า สมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าสี ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ( $a_w$ ) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ปริมาณวิตามินซีและปริมาณฟีนอลรวม (total phenolics content) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

**ปริมาณความชื้น** ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดทาร์ทาริกและกรดซิตริกทั้ง 2 ระดับพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดทาร์ทาริกมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดซิตริก ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง  $17.21 \pm 0.83$ - $17.35 \pm 0.12$  โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดซิตริกมีค่าอยู่ในช่วง  $20.61 \pm 0.53$ - $22.05 \pm 1.45$  (ตารางที่ 4.39)

**ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)** ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดทาร์ทาริกและกรดซิตริกทั้ง 2 ระดับ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดทาร์ทาริก มีค่า pH อยู่ในช่วง  $3.06 \pm 0.01$ - $3.12 \pm 0.01$  และผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดซิตริก มีค่า pH อยู่ในช่วง  $3.16 \pm 0.01$ - $3.10 \pm 0.01$  (ตารางที่ 4.39)

**ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ( $a_w$ )** การวัด ค่า  $a_w$  การใช้กรดทาร์ทาริกและกรดซิตริกทั้ง 2 ระดับในผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ พบว่า ค่า  $a_w$  มีค่าความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยค่า  $a_w$  อยู่ในช่วง  $0.82 \pm 0.01$ - $0.84 \pm 0.01$  (ตารางที่ 4.39)

**ค่าสี** วัดค่าสี ผลิตภัณฑ์การใช้กรดทาร์ทาริกและกรดซิตริกทั้ง 2 ระดับ พบว่า ปริมาณกรด ร้อยละ 2 มีผลต่อจะมีสีเข้มมากกว่า ปริมาณกรด ร้อยละ 3 (ตารางที่ 4.41) ผลการวิเคราะห์ค่า  $L^*$  (ค่าความสว่าง) อยู่ในช่วง  $13.86 \pm 0.01$ - $17.75 \pm 0.01$  ค่า  $a^*$  (บวก หมายถึง สีแดง และ ลบ หมายถึง สีเขียว) อยู่ในช่วง  $0.45 \pm 0.01$ - $1.78 \pm 0.02$  และ ค่า  $b^*$  (บวก หมายถึง สีแดง และ ลบ หมายถึง สีเขียว) อยู่ในช่วง  $0.02 \pm 0.02$ - $1.18 \pm 0.02$  (ตารางที่ 4.39)

**ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (ด้วยวิธี DPPH)** ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดทาร์ทาริกและกรดซิตริกทั้ง 2 ระดับ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดทาร์ทาริกมีสารต้านอนุมูลอิสระ อยู่ในช่วงระหว่าง  $43.13 \pm 1.02$  -  $45.29 \pm 0.79$  ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดซิตริก มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง  $45.50 \pm 0.63$ - $48.05 \pm 1.29$  ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จากการวิเคราะห์การใช้กรดซิตริก จะมีค่าสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการใช้กรด ทาร์ทาริก (ตารางที่ 4.39)

**วิตามินซี (vitamin c)** ผลิตภัณฑ์การใช้กรดทาร์ทาริกและกรดซิตริก ทั้ง 2 ระดับ พบว่า มีปริมาณวิตามินซี อยู่ในช่วง  $7.82 \pm 0.87$ - $10.06 \pm 0.01$  มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร (ตารางที่ 4.39) โดยจะเห็นว่าปริมาณวิตามินซีลดลงทั้ง 2 ระดับ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ผ่านการฆ่าเชื้อและผ่านการเคี้ยวโดยใช้ความร้อน

เป็นเวลานาน ส่งผลให้วิตามินซีเสื่อมสภาพไป เพราะวิตามินซีไม่คงทนต่อความร้อน หากภาชนะไม่มีฝาครอบและการหุงต้มใช้เวลานาน (สมใจ, 2521)

**ปริมาณฟีนอลรวม (total phenolic content)** จากการวิเคราะห์ พบว่า ผลผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดทาร์ทาริก ร้อยละ 2 มีปริมาณฟีนอลรวมสูงสุด เท่ากับ  $70.19 \pm 0.45$  มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมตัวอย่าง รองลงมา ได้แก่ ผลผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดทาร์ทาริก ร้อยละ 3 เท่ากับ  $70.13 \pm 3.41$  มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมตัวอย่าง ส่วนผลผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดซิตริก มีปริมาณฟีนอลรวมน้อยที่สุด ซึ่งอยู่ในช่วง  $61.00 \pm 6.25 - 67.23 \pm 3.25$  มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมตัวอย่าง (ตารางที่ 4.39)

**ตารางที่ 4.39** ผลของชนิดและปริมาณกรดต่อสมบัติทางกายภาพและเคมี และสารต้านอนุมูลอิสระของผลผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

| ลักษณะคุณภาพ                           | ชุดควบคุม          | กรดทาร์ทาริก แต่ละระดับ |                      | กรดซิตริก แต่ละระดับ |                      |
|----------------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                                        |                    | ร้อยละ 2                | ร้อยละ 3             | ร้อยละ 2             | ร้อยละ 3             |
| ความชื้น                               | $16.55 \pm 0.60^b$ | $17.21 \pm 0.83^b$      | $17.35 \pm 0.12^b$   | $20.61 \pm 0.53^a$   | $22.05 \pm 1.45^a$   |
| pH                                     | $3.35 \pm 0.05^c$  | $3.06 \pm 0.01^d$       | $3.12 \pm 0.01^{bc}$ | $3.16 \pm 0.01^b$    | $3.10 \pm 0.01^{cd}$ |
| $a_w$                                  | $0.63 \pm 0.01^d$  | $0.82 \pm 0.01^c$       | $0.83 \pm 0.01^{ab}$ | $0.83 \pm 0.01^{ab}$ | $0.84 \pm 0.01^a$    |
| ค่าสี                                  |                    |                         |                      |                      |                      |
| $L^*$                                  | $13.74 \pm 0.50^c$ | $11.02 \pm 0.01^d$      | $17.75 \pm 0.01^a$   | $14.86 \pm 0.01^b$   | $13.86 \pm 0.01^c$   |
| $a^*$                                  | $2.33 \pm 0.20^a$  | $1.78 \pm 0.02^b$       | $0.45 \pm 0.01^d$    | $0.64 \pm 0.02^c$    | $0.47 \pm 0.03^d$    |
| $b^*$                                  | $1.43 \pm 0.10^a$  | $1.18 \pm 0.02^b$       | $0.07 \pm 0.02^d$    | $0.17 \pm 0.01^c$    | $0.02 \pm 0.02^d$    |
| วิตามินซี (mg/100ml)                   | $11.23 \pm 1.12^a$ | $10.06 \pm 0.01^b$      | $9.67 \pm 0.15^b$    | $8.72 \pm 0.13^b$    | $7.82 \pm 0.87^b$    |
| DPPH assay (IC <sub>50</sub> ) (μg/ml) | $41.45 \pm 1.19^c$ | $43.13 \pm 1.02^c$      | $45.29 \pm 0.79^b$   | $45.50 \pm 0.63^b$   | $48.05 \pm 1.29^a$   |
| TPC (mg GAE/g sample)                  | $95.41 \pm 1.65^a$ | $70.19 \pm 0.45^b$      | $67.23 \pm 3.25^b$   | $70.13 \pm 3.41^b$   | $61.00 \pm 6.25^b$   |

**หมายเหตุ :** ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

<sup>\*ns</sup> ในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

#### 4.3.2.7 การลดปริมาณค่าออกเตอร์แอคทีวิตีด้วยกลีเซอริน

##### การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้กรดและกลีเซอริน โดยการคัดเลือกสูตร 3 สูตร ได้แก่ 1) กรดทาร์ทาริก ร้อยละ 2 2) กลีเซอริน ร้อยละ 1 3) กรดทาร์ทาริก ร้อยละ 2 และกลีเซอริน ร้อยละ 1 ต่อความยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า การทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นรส รสชาติ ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ในขณะที่ทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะสี การยี้ดเกาะของเนื้อ ความเหนียวหนุบ ความง่ายต่อการกลืน และความหวาน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) โดยมีรายละเอียดดังนี้

**ลักษณะสี** สีของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ ทั้ง 3 สูตร มีสีน้ำตาลเข้ม เนื่องจากในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์มีลูกหยีและน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อได้รับความร้อนทำให้โมเลกุลของน้ำตาลสลาย (thermolysis) และเกิดโพลีเมอร์ไรเซชันของสารประกอบคาร์บอน ได้เป็นสารสีน้ำตาล ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการเมลเลเซชัน (caramelization) (ระวีวรรณ, 2551) คะแนนการยอมรับด้านลักษณะสี พบว่า ลักษณะสีของแต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) โดยคะแนนอยู่ในช่วง  $7.28 \pm 0.93$  -  $7.50 \pm 0.91$  (ตารางที่ 4.40)

**กลิ่นรส** ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่มีการเพิ่มกรด เพิ่มกลีเซอรินมีผลต่อคะแนนกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ลดลงจากชุดควบคุมผลิตภัณฑ์ยังคงมีกลิ่นรสของลูกหยีคงเดิม ซึ่งคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรส พบว่า กลิ่นรสของแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยคะแนนอยู่ในช่วง  $6.98 \pm 1.24$  -  $7.26 \pm 0.88$  (ตารางที่ 4.40)

**รสชาติ** รสชาติของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ พบว่า รสชาติทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งสูตรกรดมีคะแนนการยอมรับสูงที่สุด สูตรเติมกรด สูตรกลีเซอริน สูตรกรดและกลีเซอริน  $7.64 \pm 1.23$ ,  $7.23 \pm 1.09$  และ  $7.12 \pm 1.05$  ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.40)

**การยี้ดเกาะของเนื้อ** การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสทางด้านการยี้ดเกาะของเนื้อผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ 3 สูตร พบว่า การยี้ดเกาะของเนื้อผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ 3 สูตร มีคะแนนการยอมรับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) โดยคะแนนอยู่ในช่วง  $6.98 \pm 1.57$  -  $7.24 \pm 1.39$  (ตารางที่ 4.40)

**ความเหนียวหนุบ** ความเหนียวหนุบของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบเกิดจากการเติมของเจลาติน โดยใช้ปริมาณของเจลาตินที่เท่ากันทั้ง 3 สูตร ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสทางด้านความเหนียวหนุบ พบว่า คะแนนการทดสอบด้านความเหนียวหนุบของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยคะแนนอยู่ในช่วง  $7.16 \pm 1.21$  -  $7.28 \pm 1.29$  (ตารางที่ 4.40)

**ความหวาน** ปริมาณความหวานที่ได้จากผลิตภัณฑ์คือน้ำตาลทรายและกลูโคสไซรัป โดยผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบทั้ง 3 สูตร มีคะแนนการยอมรับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) โดยคะแนนอยู่ในช่วง  $6.78\pm1.43$ - $6.88\pm1.66$  (ตารางที่ 4.40)

**ความเปรี้ยว** การเพิ่มกรดทาร์ทาริกมีผลต่อความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์และช่วยในเรื่องการลดค่า pH ในผลิตภัณฑ์ด้วย ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสทางด้านความเปรี้ยว พบว่า ความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยคะแนนอยู่ในช่วง  $7.12\pm1.49$ - $7.54\pm1.31$  (ตารางที่ 4.40)

**ความชอบโดยรวม** การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้คะแนนความชอบโดยรวมในการตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร โดยมีระดับคะแนนความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq0.05$ ) โดยสูตรกรดมีคะแนนสูงที่สุด ( $7.98\pm0.94$ ) รองลงมา คือ สูตรกลีเซอริน ( $7.74\pm1.05$ ) และสูตรกรดกับกลีเซอริน ( $7.48\pm1.39$ ) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.40)

**ตารางที่ 4.40** ผลของชนิดและปริมาณกรดต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

| คุณลักษณะ                         | ชุดควบคุม          | ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบแต่ละสูตร |                    |                 |
|-----------------------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------|-----------------|
|                                   |                    | กรด                                | กลีเซอริน          | กรดและกลีเซอริน |
| ลักษณะสี <sup>*ns</sup>           | $7.24\pm1.13$      | $7.50\pm0.91$                      | $7.44\pm0.95$      | $7.28\pm0.93$   |
| กลิ่นรส                           | $7.36\pm0.85^a$    | $7.26\pm0.88^b$                    | $7.18\pm1.02^b$    | $6.98\pm1.24^b$ |
| รสชาติ                            | $7.57\pm0.68^a$    | $7.64\pm1.23^a$                    | $7.23\pm1.09^b$    | $7.12\pm1.05^b$ |
| การยึดเกาะของเนื้อ <sup>*ns</sup> | $7.28\pm1.08$      | $7.24\pm1.39$                      | $7.16\pm1.15$      | $6.98\pm1.57$   |
| ความเหนียวหนุบ <sup>*ns</sup>     | $7.26\pm0.86$      | $7.28\pm1.29$                      | $7.16\pm1.21$      | $7.18\pm1.33$   |
| ความง่ายของการกลืน <sup>*ns</sup> | $7.42\pm0.87$      | $7.54\pm0.73$                      | $7.36\pm1.24$      | $7.24\pm1.27$   |
| ความหวาน <sup>*ns</sup>           | $7.01\pm1.02$      | $6.78\pm1.43$                      | $6.88\pm1.66$      | $6.80\pm1.37$   |
| ความเค็ม <sup>*ns</sup>           | $7.06\pm0.98$      | $6.54\pm1.27$                      | $6.64\pm1.29$      | $6.48\pm1.18$   |
| ความเปรี้ยว                       | $7.44\pm1.23^a$    | $7.54\pm1.31^a$                    | $7.12\pm1.49^b$    | $7.16\pm1.65^b$ |
| ความชอบโดยรวม                     | $7.72\pm1.25^{ab}$ | $7.98\pm0.94^a$                    | $7.74\pm1.05^{ab}$ | $7.48\pm1.39^b$ |

**หมายเหตุ :** ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\leq0.05$ )

<sup>\*ns</sup> ในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ )

### วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบทั้งสูตร 3 สูตร ได้แก่ 1) กรดทาร์ทาริก ร้อยละ 2 2) กลีเซอริน ร้อยละ 1 3) กรดทาร์ทาริก ร้อยละ 2 และกลีเซอริน ร้อยละ 1 ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) ค่าสี ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ปริมาณวิตามินซีและปริมาณฟีนอลรวม (total phenolics content) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

**ปริมาณความชื้น** ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบทั้ง 3 สูตร พบว่า ปริมาณความชื้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง  $14.33 \pm 3.11$ – $42.41 \pm 7.29$  และสูตรที่ 3 มีปริมาณความชื้นต่ำสุดเท่ากับ  $14.33 \pm 3.11$  สูตรที่ 1 และ 2 มีปริมาณความชื้นสูงสุดเท่ากับ  $42.41 \pm 7.29$  และ  $35.23 \pm 2.26$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.41)

**ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)** ผลการวิเคราะห์ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบทั้ง 3 สูตร พบว่า ค่า pH มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร มีค่า pH อยู่ระหว่าง  $2.94 \pm 0.02$ – $3.28 \pm 0.01$  โดยสูตรที่ 1 มีค่า pH ต่ำที่สุดเท่ากับ  $2.94 \pm 0.02$  สูตรที่ 2 และ 3 มีค่า pH สูงสุดเท่ากับ  $3.28 \pm 0.01$  และ  $2.97 \pm 0.01$  ตามลำดับ วิลาสินี (2552) กล่าวว่า ถ้า pH น้อยกว่า 4 จะมีความแข็งแรงของเจลเจลาติน ซึ่งจากตารางที่ 4.41 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบทั้ง 3 สูตร มีค่า pH ต่ำกว่า 4 กรดนอกจากจะช่วยในเรื่องของกลิ่นรสแล้ว ยังมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วย กรดจะมีผลต่อการเกิดเจล และการเกิดอินเวอร์ชันในระหว่างการผลิตด้วย (ศิวาพร, 2535)

**ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ )** ผลการวิเคราะห์ค่า  $a_w$  ของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบทั้ง 3 สูตร พบว่า ค่า  $a_w$  มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยค่า  $a_w$  ของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.85–0.89 และสูตรที่ 3 มีค่า  $a_w$  ต่ำสุดเท่ากับ  $0.085 \pm 0.01$  สูตรที่ 1 และ 2 มีค่า  $a_w$  สูงสุดเท่ากับ  $0.89 \pm 0.01$  และ  $0.87 \pm 0.01$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.41) ปริมาณเจลาติน มีผลต่อปริมาณความชื้นอิสระ ( $a_w$ ) ของผลิตภัณฑ์ เมื่อเพิ่มปริมาณเจลาตินขณะที่ส่วนประกอบอื่นๆมีปริมาณคงที่ มีผลทำให้ปริมาณความชื้นอิสระ ( $a_w$ ) สูงขึ้น (เศรษฐิณี และคณะ, 2558)

**ค่าสี** ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ พบว่า ค่า  $L^*$  มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยมีค่า  $L^*$  อยู่ในช่วงระหว่าง 16.68–17.51 สูตรที่ 1 มีค่า  $L^*$  ต่ำที่สุดเท่ากับ  $16.68 \pm 0.01$  สูตรที่ 3 และ 2 มีค่าสูงสุดเท่ากับ  $17.51 \pm 0.01$  และ  $17.20 \pm 0.01$  ตามลำดับ ค่า  $a^*$  อยู่ในช่วงระหว่าง 1.01–1.96 โดยสูตรที่ 1 และ 3 มีค่า  $a^*$  ต่ำสุดเท่ากับ  $1.01 \pm 0.01$  ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ในขณะที่สูตรที่ 2 มีค่า  $a^*$  สูงที่สุดเท่ากับ 1.96 ค่า  $b^*$  พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.02-0.63 สูตรที่ 1 มีค่า  $b^*$  ต่ำที่สุดเท่ากับ  $0.02\pm 0.02$  สูตรที่ 2 และ 3 มีค่าสูงสุดเท่ากับ  $0.63\pm 0.01$  และ  $0.34\pm 0.01$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.41)

**ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (ด้วยวิธี DPPH)** ผลการวิเคราะห์ค่าสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบทั้ง 3 สูตร พบว่า ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง  $41.21\pm 0.99$ - $43.45\pm 0.98$  โดยสูตรที่ 4 เติมกรดและกลีเซอริน และกรดอย่างเดียว มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุดเท่ากับ  $43.45\pm 0.98$  และ  $43.16\pm 1.04$  ตามลำดับ ส่วนสูตรที่เติมกลีเซอรินอย่างเดียวมีสารต้านไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $42.98\pm 0.76$  และ  $41.21\pm 0.99$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.41) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระหรือสารต้านออกซิเดชัน (Antioxidant) คือ สารที่ทำหน้าที่ยับยั้งหรือต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือสามารถกำจัดอนุมูลอิสระออกจากร่างกาย แบ่งตามกลไกของการยับยั้งออกซิเดชันได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ สารกลุ่มป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ (Preventive antioxidant) สารกลุ่มทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น (Scavenging antioxidant) และสารกลุ่มทำให้ลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระสิ้นสุดลง (Chain breaking antioxidant) (ปิยะศิริ, 2551)

**วิตามินซี (Vitamin c)** ผลการวิเคราะห์ค่าวิตามินซีของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบทั้ง 3 สูตร พบว่า ปริมาณวิตามินซีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) โดยค่า ปริมาณวิตามินซีของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง  $8.46\pm 0.25$ - $10.153\pm 0.25$  มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร โดยสูตรที่ 3 มีปริมาณวิตามินซีต่ำที่สุดเท่ากับ  $8.46\pm 0.25$  มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร (ตารางที่ 4.41)

ผลการวิเคราะห์ค่าฟีนอลรวมของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบทั้ง 3 สูตร พบว่า ปริมาณฟีนอลรวมของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง  $70.13\pm 2.15$ - $79.012\pm 5.14$  มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมตัวอย่าง ปริมาณฟีนอลรวม (Total phenolics content) สารประกอบฟีนอลิกประเภทโพลีฟีนอลมีประโยชน์หลายประการ เช่น มีส่วนช่วยป้องกันมะเร็ง ป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือดสมองเนื่องจากช่วยลดโคเลสเตอรอลชนิดแอลดีแอลและไตรกลีเซอไรด์ และช่วยเพิ่มระดับน้ำตาลในเลือด (จารนัย และคณะ, 2007) (ตารางที่ 4.41)

**ตารางที่ 4.41** ผลการทดสอบทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

| ลักษณะคุณภาพ                              | ชุดควบคุม<br>(ไม่เติมกรด<br>และกลีเซอริน) | ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบแต่ละสูตร |                          |                         |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                                           |                                           | กรด                                | กลีเซอริน                | กรดและกลีเซอริน         |
| ความชื้น                                  | 16.56±0.48 <sup>b</sup>                   | 42.41±7.29 <sup>a</sup>            | 35.23±2.26 <sup>a</sup>  | 14.32±3.11 <sup>b</sup> |
| pH                                        | 3.37±0.08 <sup>a</sup>                    | 2.94±0.02 <sup>c</sup>             | 3.28±0.01 <sup>c</sup>   | 2.97±0.01 <sup>c</sup>  |
| a <sub>w</sub>                            | 0.64±0.01 <sup>d</sup>                    | 0.89±0.01 <sup>a</sup>             | 0.87±0.01 <sup>b</sup>   | 0.85±0.01 <sup>c</sup>  |
| ค่าสี                                     |                                           |                                    |                          |                         |
| L*                                        | 13.67±0.01 <sup>c</sup>                   | 16.68±0.01 <sup>b</sup>            | 17.20±0.01 <sup>a</sup>  | 17.51±0.01 <sup>a</sup> |
| a*                                        | 2.36±0.23 <sup>a</sup>                    | 1.01±0.01 <sup>c</sup>             | 1.9567±0.01 <sup>b</sup> | 1.01±0.01 <sup>c</sup>  |
| b*                                        | 1.46±0.11 <sup>a</sup>                    | 0.02±0.02 <sup>d</sup>             | 0.63±0.01 <sup>b</sup>   | 0.34±0.01 <sup>c</sup>  |
| วิตามินซี (mg/100ml)                      | 13.14±0.10 <sup>a</sup>                   | 10.153±0.25 <sup>b</sup>           | 11.23±0.15 <sup>b</sup>  | 8.46±0.25 <sup>b</sup>  |
| DPPH assay (IC <sub>50</sub> )<br>(µg/ml) | 41.21±0.99 <sup>b</sup>                   | 43.16±1.04 <sup>a</sup>            | 42.98±0.76 <sup>ab</sup> | 43.45±0.98 <sup>a</sup> |
| TPC (mg GAE/g<br>sample)                  | 93.74±1.63 <sup>a</sup>                   | 70.13±2.15 <sup>b</sup>            | 79.012±5.14 <sup>b</sup> | 74.23±3.87 <sup>b</sup> |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

#### 4.3.3. บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

การศึกษาอายุการเก็บรักษาเบื้องต้น โดยเอาผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบเก็บที่สภาวะอุณหภูมิห้องใช้บรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ถุงออลูมิเนียมฟอยล์ และถุงโพลีโพรไพลีน ระยะเวลาเก็บ 4 เดือน เนื้อและลักษณะปรากฏยังไม่มีเปลี่ยนแปลง ยังรักษารูปของผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบทั้ง 2 บรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 4.18 บรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ลูกหยา

#### 4.7.1 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะด้านสี กลิ่นรส รสชาติ การยืดเกาะของเนื้อ ความเหนียวหนุบ ความยากง่ายของการกลืน ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยวและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ลูกหยาเคี้ยวหนุบ ทั้ง 4 สูตร ภายใต้สภาวะการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (AL) และถุงพอลิโพรไพลีน (PP) ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน แสดงผลดังตารางที่ 4.42

**ลักษณะสี** เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกหยาเคี้ยวหนุบจากสูตรที่เหมาะสม คือ 1.) ชุดควบคุม 2.) การเติมกรด 3.) การเติมกลีเซอริน และ 4.) การเติมกรดและกลีเซอริน บรรจุในถุง PP และ AL ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่การเก็บรักษาในถุง AL สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าถุงชนิด PP ทุกระยะเวลาเก็บ 1-6 เดือน ซึ่งคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มน้อยลงตามระยะเวลาที่เก็บ โดยที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยาเคี้ยวหนุบที่มีการเติมกรดและกลีเซอริน ไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุมที่ระยะเวลา 1-5 เดือน ขณะที่ระยะเวลา 6 เดือน คะแนน จะแตกต่างจากชุดควบคุม เนื่องจากมีการเติมกรดและกลีเซอรินมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลง ให้สีเข้มขึ้น ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนน้อยลง โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมกรดและกลีเซอริน ระยะเก็บรักษา 6 เดือน มีช่วงคะแนนการทดสอบ  $5.28 \pm 0.33$ - $5.40 \pm 0.46$  ส่วนชุดควบคุมมีคะแนน  $6.46 \pm 0.47$ - $6.58 \pm 0.36$  เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน คะแนนการทดสอบด้านสีจะมีความแตกต่างกันเริ่มที่ระยะเวลา 5 เดือน เมื่อเทียบกับระยะเวลา 0 เดือน ทั้งชุดควบคุม และชุดการเติมกรดและ กลีเซอริน จากคะแนนการทดสอบที่

ระยะเวลา 0 เดือน อยู่ในช่วง  $7.11 \pm 0.38$ - $7.48 \pm 0.50$  เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 5 เดือน ทั้งงู PP และ AL มีคะแนนอยู่ในช่วง  $6.66 \pm 0.33$ - $6.83 \pm 0.30$  ซึ่งมีระดับคะแนนดังกล่าวแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด

**กลีนิรส** การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคียวหนูที่บรรจุในถุง PP และ AL ที่ผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 0-6 เดือน พบว่า ระดับคะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบด้านกลีนิรส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคียวหนูที่เติมกรดทาร์ทาริกและกลีเซอริน สามารถรักษากลีนิรสไม่แตกต่างกับชุดควบคุมตลอดอายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน แต่จะแตกต่างที่ระยะเวลาที่ 6 เดือน ทั้งการเก็บผลิตภัณฑ์ในถุง PP และ AL โดยที่การเก็บรักษาในถุง AL สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าถุงชนิด PP ทุกระยะเวลาเก็บ 1-6 เดือน ซึ่งคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มน้อยลงตามระยะเวลาที่เก็บ โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมกรดและกลีเซอริน ที่ระยะเวลาเก็บ 6 เดือน คือมีช่วงคะแนน  $6.07 \pm 0.46$ - $6.31 \pm 0.27$  ส่วนชุดควบคุมมีคะแนน  $6.41 \pm 0.53$ - $6.44 \pm 0.51$  เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน คะแนนการทดสอบด้านกลีนิรส จะมีความแตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 เดือน เมื่อเทียบกับระยะเวลา 0 เดือน ทั้งชุดควบคุมและชุดการเติมกรดและกลีเซอริน จากคะแนนการทดสอบที่ 0 เดือน อยู่ในช่วง  $7.04 \pm 0.27$ - $7.39 \pm 0.40$  เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 5 เดือน ทั้งงู PP และ AL อยู่ในช่วง  $5.82 \pm 0.55$ - $6.44 \pm 0.51$  (ตารางที่ 4.42)

**รสชาติ** เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคียวหนูจากสูตรที่เหมาะสม คือ 1.) ชุดควบคุม 2.) การเติมกรด 3.) การเติมกลีเซอริน และ 4.) การเติมกรดและกลีเซอริน บรรจุในถุง PP และ AL ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่การเก็บรักษาในถุง AL สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าถุงชนิด PP ทุกระยะเวลาเก็บ 1-6 เดือน ซึ่งคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มน้อยลงตามระยะเวลาที่เก็บ โดยที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคียวหนูที่มีการเติมกรดและกลีเซอริน ไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุมที่ระยะเวลา 1-6 เดือน โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมกรด และกลีเซอริน ที่ระยะ 6 เดือน คือช่วงคะแนน  $5.54 \pm 0.40$ - $5.80 \pm 0.49$  ส่วนชุดควบคุมมีคะแนน  $5.53 \pm 0.64$ - $6.53 \pm 0.64$  เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน คะแนนการทดสอบด้านรสชาติจะมีความแตกต่างกันเริ่มที่ระยะเวลา 4 เดือน เมื่อเทียบกับระยะเวลา 0 เดือน ทั้งชุดควบคุมและชุดการเติมกรดและกลีเซอริน จากคะแนนการทดสอบที่ 0 เดือน อยู่ในช่วง  $7.01 \pm 0.22$ - $7.42 \pm 0.31$  เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 4 เดือน ทั้งงู PP และ AL อยู่ในช่วง  $5.97 \pm 0.43$ - $6.53 \pm 0.62$  (ตารางที่ 4.42)

**การยืดเกาะของเนื้อ** เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคียวหนูจากสูตรที่เหมาะสม คือ 1.) ชุดควบคุม 2.) การเติมกรด 3.) การเติมกลีเซอริน และ 4.) การเติมกรดและกลีเซอริน บรรจุในถุง PP และ AL ที่สภาวะ

อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยัดเกาะของเนื้อของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มน้อยลงตามระยะเวลาที่เก็บ โดยที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่มีการเติมกรดและกลีเซอริน ไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุมที่ระยะเวลา 1-3 เดือน ขณะที่ระยะเวลา 4-6 เดือน คะแนนจะแตกต่างจากชุดควบคุม เนื่องจากมีการเติมกรดและกลีเซอรินมีผลต่อของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ การปรับสภาวะของให้เป็นกรดสูงขึ้นส่งผลต่อความแข็งแรงของเจลลาตินที่เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ลดการยัดเกาะของเนื้อผลิตภัณฑ์ต่ำลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนน้อยลง โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมกรดและกลีเซอริน ที่ระยะ 6 เดือน คือช่วงคะแนน  $4.11 \pm 0.27 - 4.30 \pm 0.30$  ส่วนชุดควบคุมมีคะแนน  $5.14 \pm 0.57 - 6.03 \pm 0.31$  เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน คะแนนการทดสอบด้านสีจะมีความแตกต่างกันเริ่มที่ระยะเวลา 4 เดือน เมื่อเทียบกับระยะเวลา 0 เดือน ทั้งชุดควบคุมและชุดการเติมกรดและกลีเซอริน จากคะแนนการทดสอบที่ 0 เดือน อยู่ในช่วง  $6.83 \pm 0.28 - 7.36 \pm 0.38$  เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 4 เดือน ทั้งชุด PP และ AL อยู่ในช่วง  $4.57 \pm 0.55 - 6.44 \pm 0.39$  (ตารางที่ 4.42)

**ความเหนียวหนุบ** เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจากสูตรที่เหมาะสม คือ 1.) ชุดควบคุม 2.) การเติมกรด 3.) การเติมกลีเซอริน และ 4.) การเติมกรดและกลีเซอริน บรรจุในถุง PP และ AL ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียวหนุบ ของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มน้อยลงตามระยะเวลาที่เก็บ โดยที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่มีการเติมกรดและกลีเซอริน ไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุมที่ระยะเวลา 1-6 เดือน โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมกรดและกลีเซอริน ที่ระยะ 6 เดือน คือช่วงคะแนน  $5.78 \pm 0.66 - 5.87 \pm 0.64$  ส่วนชุดควบคุมมีคะแนน  $5.82 \pm 0.46 - 6.49 \pm 0.46$  เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน คะแนนการทดสอบด้านความเหนียวหนุบ จะมีความแตกต่างกันเริ่มที่ระยะเวลา 6 เดือน (ที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ PP) เมื่อเทียบกับระยะเวลา 0 เดือน ทั้งชุดควบคุมและชุดการเติมกรดและกลีเซอริน จากคะแนนการทดสอบที่ 0 เดือน อยู่ในช่วง  $6.84 \pm 0.36 - 7.41 \pm 0.43$  เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 6 เดือน ทั้งชุด PP และ AL อยู่ในช่วง  $5.71 \pm 0.66 - 6.49 \pm 0.46$  (ตารางที่ 4.42)

**ความง่ายของการกลืน** เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจากสูตรที่เหมาะสม คือ 1.) ชุดควบคุม 2.) การเติมกรด 3.) การเติมกลีเซอริน และ 4.) การเติมกรดและกลีเซอริน บรรจุในถุง PP และ AL ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความง่ายของการกลืนของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน คะแนนการทดสอบด้านสีจะมีความแตกต่างกันเริ่มที่ระยะเวลา 5 เดือน เมื่อ

เทียบกับระยะเวลา 0 เดือน ทั้งชุดควบคุมและชุดการเติมกรดและกลีเซอริน จากคะแนนการทดสอบที่ 0 เดือน อยู่ในช่วง  $7.11 \pm 0.48 - 7.25 \pm 0.64$  เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 6 เดือน ทั้งถุง PP และ AL อยู่ในช่วง  $5.88 \pm 0.63 - 6.81 \pm 0.54$  (ตารางที่ 4.42)

**ความหวาน** เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจากสูตรที่เหมาะสม คือ 1.) ชุดควบคุม 2.) การเติมกรด 3.) การเติมกลีเซอริน และ 4.) การเติมกรดและกลีเซอริน บรรจุในถุง PP และ AL ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความหวานของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่มีการเติมกรดและกลีเซอริน ไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุมที่ระยะเวลา 1-6 เดือน โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมกรดและกลีเซอริน ที่ระยะ 6 เดือน คือช่วงคะแนน  $5.55 \pm 0.61 - 5.61 \pm 0.74$  ส่วนชุดควบคุมมีคะแนน  $6.56 \pm 0.70 - 6.75 \pm 0.54$  เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน อยู่ในช่วง  $6.73 \pm 0.50 - 7.44 \pm 0.48$  เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 6 เดือน ทั้งถุง PP และ AL อยู่ในช่วง  $5.64 \pm 0.38 - 6.75 \pm 0.54$  (ตารางที่ 4.42)

**ความเค็ม** เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจากสูตรที่เหมาะสม คือ 1.) ชุดควบคุม 2.) การเติมกรด 3.) การเติมกลีเซอริน และ 4.) การเติมกรดและกลีเซอริน บรรจุในถุง PP และ AL ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความหวานของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่มีการเติมกรด และ กลีเซอริน ไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุมที่ระยะเวลา 1-6 เดือน โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมกรดและกลีเซอริน ระยะ 6 เดือน คือช่วงคะแนน  $6.03 \pm 0.24 - 6.51 \pm 0.39$  ส่วนชุดควบคุมมีคะแนน  $6.40 \pm 0.80 - 6.59 \pm 0.66$  เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน อยู่ในช่วง  $6.71 \pm 0.55 - 7.08 \pm 0.34$  เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 6 เดือน ทั้งถุง PP และ AL อยู่ในช่วง  $5.88 \pm 0.63 - 6.59 \pm 0.66$  (ตารางที่ 4.42)

**ความเปรี้ยว** เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจากสูตรที่เหมาะสม คือ 1.) ชุดควบคุม 2.) การเติมกรด 3.) การเติมกลีเซอริน และ 4.) การเติมกรดและกลีเซอริน บรรจุในถุง PP และ AL ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่มีการเติมกรดและกลีเซอริน ไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุมที่ระยะเวลา 1-6 เดือน โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมกรดและกลีเซอริน ที่ระยะ 6 เดือน คือช่วงคะแนน  $5.94 \pm 0.70 - 5.91 \pm 0.48$  ส่วนชุดควบคุมมีคะแนน  $6.22 \pm 0.58 - 6.59 \pm 0.66$  เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน อยู่ในช่วง  $6.71 \pm 0.55 - 7.08 \pm 0.34$  เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 6 เดือน ทั้งถุง PP และ AL อยู่ในช่วง  $5.88 \pm 0.63 - 6.59 \pm 0.66$  (ตารางที่ 4.42)

**ความชอบโดยรวม** เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจากสูตรที่เหมาะสม คือ 1.) ชุดควบคุม 2.) การเติมกรด 3.) การเติมกลีเซอริน และ 4.) การเติมกรดและกลีเซอริน บรรจุในถุง PP และ AL ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่การเก็บรักษาในถุง AL สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าถุงชนิด PP ทุกระยะเวลาเก็บ 1-6 เดือน ซึ่งคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มน้อยลงตามระยะเวลาที่เก็บ โดยที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่มีการเติมกรดและกลีเซอริน ไม่แตกต่างกับชุดควบคุมที่ระยะเวลา 1-5 เดือน ขณะที่ระยะเวลา 6 เดือน คะแนนจะแตกต่างจากชุดควบคุม ที่ระยะ 6 เดือน คือช่วงคะแนน  $5.07 \pm 0.50$ - $5.92 \pm 0.73$  ส่วนชุดควบคุมมีคะแนน  $6.13 \pm 0.39$ - $6.48 \pm 0.58$  เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน คะแนนการทดสอบด้านความชอบโดยรวมจะมีความแตกต่างกันเริ่มที่ระยะเวลา 4 เดือน เมื่อเทียบกับระยะเวลา 0 เดือน ทั้งชุดควบคุมและชุดการเติมกรดและกลีเซอริน จากคะแนนการทดสอบที่ 0 เดือน อยู่ในช่วง  $7.13 \pm 0.28$ - $7.51 \pm 0.33$  เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 4 เดือน ทั้งถุง PP และ AL อยู่ในช่วง  $5.81 \pm 0.37$ - $6.85 \pm 0.59$  ซึ่งมีระดับคะแนนแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด (ตารางที่ 4.42)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ PP และ AL ดังนั้นการศึกษานี้ควรมีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบในถุง AL สามารถเก็บรักษาได้ 4 เดือน ยังคงให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสทุกด้านเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยมีการเติมกรดและกลีเซอริน

ตารางที่ 4.42 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน

| คุณลักษณะ | ตัวอย่างผลิตภัณฑ์<br>ลูกหยีเคี้ยวหนุบ | สภาวะการ<br>บรรจุ | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) |                          |                          |                            |                                                                |                          |                         |
|-----------|---------------------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
|           |                                       |                   | 0                            | 1                        | 2                        | 3                          | 4                                                              | 5                        | 6                       |
| ลักษณะสี  | ชุดควบคุม                             | PP                | 7.48±0.50 <sup>a</sup>       | 7.31±0.36 <sup>abc</sup> | 7.11±0.18 <sup>abc</sup> | 6.97±0.23 <sup>abc</sup>   | 6.65±0.27 <sup>abc</sup>                                       | 6.57±0.37 <sup>bc</sup>  | 6.58±0.36 <sup>bc</sup> |
|           |                                       | AL                | 7.38±0.54 <sup>ab</sup>      | 7.30±0.61 <sup>abc</sup> | 6.79±0.71 <sup>abc</sup> | 6.91±0.27 <sup>abc</sup>   | 6.70±0.61 <sup>abc</sup>                                       | 6.83±0.30 <sup>abc</sup> | 6.46±0.47 <sup>c</sup>  |
|           | กรด <sup>**ns</sup>                   | PP                | 7.41±0.33                    | 7.44±0.47                | 7.12±0.23                | 6.99±0.36                  | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                          |                         |
|           |                                       | AL                | 7.49±0.37                    | 7.31±0.38                | 7.27±0.37                | 7.30±0.40                  |                                                                |                          |                         |
|           | กลีเซอริน                             | PP                | 7.11±0.38 <sup>ab</sup>      | 6.94±0.55 <sup>ab</sup>  | 6.97±0.25 <sup>ab</sup>  | 6.83±0.46 <sup>ab</sup>    | 6.22±0.91 <sup>bc</sup>                                        | 6.66±0.33 <sup>abc</sup> | 5.78±0.52 <sup>c</sup>  |
|           |                                       | AL                | 7.45±0.15 <sup>a</sup>       | 7.39±0.33 <sup>a</sup>   | 7.21±0.21 <sup>a</sup>   | 7.11±0.36 <sup>ab</sup>    | 6.78±0.71 <sup>ab</sup>                                        | 6.60±0.64 <sup>abc</sup> | 5.81±0.46 <sup>c</sup>  |
|           | กรด<br>และกลีเซอริน                   | PP                | 7.38±0.44 <sup>a</sup>       | 6.97±0.15 <sup>ab</sup>  | 6.87±0.33 <sup>abc</sup> | 6.84±0.3.0 <sup>abcd</sup> | 6.55±0.38 <sup>bcd</sup>                                       | 6.24±0.26 <sup>d</sup>   | 5.28±0.33 <sup>e</sup>  |
|           |                                       | AL                | 7.26±0.29 <sup>a</sup>       | 7.09±0.16 <sup>ab</sup>  | 7.02±0.18 <sup>ab</sup>  | 6.90±0.30 <sup>ab</sup>    | 6.76±0.30 <sup>abcd</sup>                                      | 6.28±0.50 <sup>cd</sup>  | 5.40±0.46 <sup>e</sup>  |
|           | ชุดควบคุม                             | PP                | 7.39±0.40 <sup>ab</sup>      | 6.89±0.44 <sup>abc</sup> | 6.96±0.25 <sup>abc</sup> | 6.98±0.50 <sup>abc</sup>   | 6.63±0.51 <sup>abc</sup>                                       | 6.55±0.52 <sup>abc</sup> | 6.41±0.53 <sup>c</sup>  |
|           |                                       | AL                | 7.44±0.51 <sup>a</sup>       | 7.41±0.52 <sup>ab</sup>  | 7.37±0.45 <sup>ab</sup>  | 6.64±0.41 <sup>abc</sup>   | 6.44±0.51 <sup>c</sup>                                         | 6.51±0.50 <sup>bc</sup>  | 6.44±0.51 <sup>c</sup>  |
| กลิ่นรส   | กรด                                   | PP                | 7.34±0.38 <sup>a</sup>       | 7.29±0.40 <sup>a</sup>   | 6.52±0.43 <sup>ab</sup>  | 6.21±0.22 <sup>b</sup>     | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                          |                         |
|           |                                       | AL                | 7.20±0.47 <sup>a</sup>       | 7.20±0.58 <sup>a</sup>   | 6.78±0.43 <sup>ab</sup>  | 6.11±0.83 <sup>b</sup>     |                                                                |                          |                         |
|           | กลีเซอริน                             | PP                | 7.04±0.27 <sup>abc</sup>     | 6.43±0.67 <sup>abc</sup> | 6.38±0.43 <sup>abc</sup> | 6.22±0.39 <sup>bc</sup>    | 6.39±0.74 <sup>abc</sup>                                       | 6.17±0.58 <sup>bc</sup>  | 6.08±0.44 <sup>bc</sup> |
|           |                                       | AL                | 7.26±0.31 <sup>a</sup>       | 7.27±0.30 <sup>a</sup>   | 6.80±0.40 <sup>abc</sup> | 6.23±0.59 <sup>bc</sup>    | 6.45±0.74 <sup>abc</sup>                                       | 6.39±0.44 <sup>abc</sup> | 5.82±0.55 <sup>c</sup>  |
|           | กรด<br>และกลีเซอริน                   | PP                | 7.16±0.29 <sup>a</sup>       | 6.93±0.30 <sup>ab</sup>  | 6.73±0.46 <sup>abc</sup> | 6.68±0.42 <sup>abc</sup>   | 6.46±0.54 <sup>abc</sup>                                       | 6.48±0.28 <sup>abc</sup> | 6.31±0.27 <sup>bc</sup> |
|           |                                       | AL                | 7.16±0.29 <sup>a</sup>       | 7.17±0.15 <sup>a</sup>   | 6.90±0.36 <sup>ab</sup>  | 6.67±0.42 <sup>abc</sup>   | 6. 60±0.52 <sup>abc</sup>                                      | 6.41±0.57 <sup>abc</sup> | 6.07±0.46 <sup>c</sup>  |

ตารางที่ 4.42 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน

| คุณลักษณะ              | ตัวอย่างผลิตภัณฑ์<br>ลูกหยีเคี้ยวหนุบ | สภาวะการ<br>บรรจุ | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) |                          |                          |                           |                                                                |                          |                          |
|------------------------|---------------------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                        |                                       |                   | 0                            | 1                        | 2                        | 3                         | 4                                                              | 5                        | 6                        |
| รสชาติ                 | ชุดควบคุม                             | PP                | 7.36±0.42 <sup>ab</sup>      | 6.89±0.39 <sup>abc</sup> | 6.71±0.61 <sup>bcd</sup> | 6.61±0.54 <sup>bcd</sup>  | 6.35±0.31 <sup>cd</sup>                                        | 6.25±0.23 <sup>cd</sup>  | 5.77±0.69 <sup>d</sup>   |
|                        |                                       | AL                | 7.68±0.39 <sup>a</sup>       | 7.34±0.35 <sup>ab</sup>  | 7.31±0.43 <sup>ab</sup>  | 6.81±0.45 <sup>abc</sup>  | 6.53±0.62 <sup>bcd</sup>                                       | 6.51±0.50 <sup>bcd</sup> | 6.53±0.64 <sup>bcd</sup> |
|                        | กรด                                   | PP                | 7.36±0.34 <sup>a</sup>       | 6.96±0.56 <sup>a</sup>   | 7.03±0.46 <sup>a</sup>   | 6.07±0.89 <sup>b</sup>    | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                          |                          |
|                        |                                       | AL                | 7.42±0.31 <sup>a</sup>       | 7.25±0.26 <sup>a</sup>   | 7.19±0.33 <sup>a</sup>   | 6.68±0.40 <sup>ab</sup>   |                                                                |                          |                          |
|                        | กลีเซอริน                             | PP                | 7.01±0.32 <sup>a</sup>       | 6.71±0.51 <sup>abc</sup> | 6.11±0.38 <sup>cd</sup>  | 6.31±0.51 <sup>abcd</sup> | 5.97±0.46 <sup>cd</sup>                                        | 6.00±0.20 <sup>cd</sup>  | 5.64±0.59 <sup>d</sup>   |
|                        |                                       | AL                | 7.05±0.38 <sup>a</sup>       | 6.97±0.26 <sup>ab</sup>  | 6.54±0.73 <sup>abc</sup> | 6.21±0.47 <sup>bcd</sup>  | 6.15±0.45 <sup>cd</sup>                                        | 5.97±0.36 <sup>cd</sup>  | 5.96±0.25 <sup>cd</sup>  |
|                        | กรด<br>และกลีเซอริน                   | PP                | 7.01±0.22 <sup>ab</sup>      | 6.88±0.34 <sup>abc</sup> | 6.85±0.31 <sup>abc</sup> | 6.83±0.48 <sup>abc</sup>  | 6.05±0.75 <sup>cd</sup>                                        | 5.60±0.41 <sup>d</sup>   | 5.54±0.49 <sup>d</sup>   |
|                        |                                       | AL                | 7.31±0.43 <sup>a</sup>       | 6.87±0.33 <sup>abc</sup> | 6.31±0.58 <sup>bcd</sup> | 6.20±0.70 <sup>bcd</sup>  | 6.00±0.20 <sup>d</sup>                                         | 6.01±0.20 <sup>d</sup>   | 5.80±0.44 <sup>d</sup>   |
| การยืดเกาะของ<br>เนื้อ | ชุดควบคุม                             | PP                | 7.15±0.48 <sup>ab</sup>      | 6.45±0.51 <sup>bc</sup>  | 6.90±0.27 <sup>abc</sup> | 6.52±0.51 <sup>abc</sup>  | 6.20±0.20 <sup>cd</sup>                                        | 5.42±0.56 <sup>de</sup>  | 5.14±0.57 <sup>e</sup>   |
|                        |                                       | AL                | 7.36±0.38 <sup>a</sup>       | 6.32±0.71 <sup>bc</sup>  | 6.24±0.55 <sup>bcd</sup> | 6.05±0.42 <sup>cd</sup>   | 6.44±0.39 <sup>bc</sup>                                        | 6.48±0.54 <sup>bc</sup>  | 6.03±0.31 <sup>cd</sup>  |
|                        | กรด <sup>**ns</sup>                   | PP                | 7.30±0.34                    | 6.82±0.45                | 6.49±0.56                | 6.55±0.51                 | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                          |                          |
|                        |                                       | AL                | 7.21±0.50                    | 7.03±0.33                | 6.89±0.50                | 6.62±0.54                 |                                                                |                          |                          |
|                        | กลีเซอริน                             | PP                | 6.90±0.32 <sup>ab</sup>      | 6.50±0.71 <sup>abc</sup> | 6.45±0.66 <sup>abc</sup> | 6.58±0.54 <sup>abc</sup>  | 4.57±0.55 <sup>d</sup>                                         | 4.44±0.66 <sup>d</sup>   | 4.31±1.10 <sup>d</sup>   |
|                        |                                       | AL                | 7.01±0.40 <sup>a</sup>       | 6.39±1.03 <sup>abc</sup> | 6.21±0.36 <sup>abc</sup> | 5.39±2.15 <sup>bcd</sup>  | 5.70±0.47 <sup>abcd</sup>                                      | 5.07±0.33 <sup>cd</sup>  | 4.62±0.52 <sup>d</sup>   |
|                        | กรด<br>และกลีเซอริน                   | PP                | 6.83±0.28 <sup>ab</sup>      | 6.80±0.26 <sup>ab</sup>  | 6.12±0.54 <sup>bc</sup>  | 5.94±0.53 <sup>cd</sup>   | 5.03±0.25 <sup>ef</sup>                                        | 4.64±0.54 <sup>efg</sup> | 4.11±0.27 <sup>g</sup>   |
|                        |                                       | AL                | 7.26±0.47 <sup>a</sup>       | 6.51±0.79 <sup>abc</sup> | 6.39±0.45 <sup>bc</sup>  | 6.08±0.67 <sup>bc</sup>   | 5.29±0.45 <sup>de</sup>                                        | 4.87±0.24 <sup>efg</sup> | 4.30±0.30 <sup>fg</sup>  |

ตารางที่ 4.42 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน

| คุณลักษณะ                 | ตัวอย่างผลิตภัณฑ์<br>ลูกหยีเคี้ยวหนุบ | สภาวะการ<br>บรรจุ | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) |                           |                           |                          |                                                                |                          |                          |
|---------------------------|---------------------------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                           |                                       |                   | 0                            | 1                         | 2                         | 3                        | 4                                                              | 5                        | 6                        |
| ความเหนียวหนุบ            | ชุดควบคุม                             | PP                | 7.31±0.43 <sup>a</sup>       | 7.05±0.30 <sup>a</sup>    | 6.97±0.36 <sup>a</sup>    | 7.01±0.22 <sup>a</sup>   | 6.58±0.41 <sup>ab</sup>                                        | 5.84±0.67 <sup>b</sup>   | 5.82±0.77 <sup>b</sup>   |
|                           |                                       | AL                | 7.41±0.43 <sup>a</sup>       | 7.12±0.58 <sup>a</sup>    | 7.14±0.36 <sup>a</sup>    | 7.10±0.39 <sup>a</sup>   | 6.88±0.43 <sup>a</sup>                                         | 6.69±0.51 <sup>ab</sup>  | 6.49±0.46 <sup>ab</sup>  |
|                           | กรด <sup>**ns</sup>                   | PP                | 7.38±0.33                    | 7.11±0.67                 | 7.05±0.66                 | 7.05±0.44                | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                          |                          |
|                           |                                       | AL                | 7.32±0.34                    | 7.23±0.69                 | 7.04±0.25                 | 6.92±0.47                |                                                                |                          |                          |
|                           | กลีเซอริน                             | PP                | 7.14±0.45 <sup>a</sup>       | 6.83±0.38 <sup>ab</sup>   | 6.59±0.60 <sup>ab</sup>   | 6.51±1.13 <sup>ab</sup>  | 6.35±0.68 <sup>ab</sup>                                        | 6.43±1.03 <sup>ab</sup>  | 5.71±0.66 <sup>b</sup>   |
|                           |                                       | AL                | 6.84±0.39 <sup>ab</sup>      | 6.81±0.45 <sup>ab</sup>   | 6.80±0.44 <sup>ab</sup>   | 6.75±0.45 <sup>ab</sup>  | 6.44±0.46 <sup>ab</sup>                                        | 6.39±0.44 <sup>ab</sup>  | 6.24±0.47 <sup>ab</sup>  |
|                           | กรด<br>และกลีเซอริน                   | PP                | 7.16±0.23 <sup>a</sup>       | 6.50±0.44 <sup>abcd</sup> | 6.51±0.29 <sup>abcd</sup> | 6.75±0.32 <sup>abc</sup> | 6.50±0.22 <sup>abcd</sup>                                      | 5.93±0.59 <sup>cd</sup>  | 5.78±0.66 <sup>d</sup>   |
|                           |                                       | AL                | 7.21±0.51 <sup>a</sup>       | 6.50±0.41 <sup>abcd</sup> | 6.56±0.49 <sup>abcd</sup> | 6.70±0.26 <sup>abc</sup> | 6.45±0.57 <sup>abcd</sup>                                      | 6.21±0.41 <sup>bcd</sup> | 5.87±0.64 <sup>cd</sup>  |
| ความยากง่ายของ<br>การกลืน | ชุดควบคุม                             | PP                | 7.44±0.47 <sup>a</sup>       | 7.33±0.28 <sup>ab</sup>   | 6.73±0.28 <sup>abc</sup>  | 6.55±0.57 <sup>bcd</sup> | 6.44±0.46 <sup>cd</sup>                                        | 6.41±0.33 <sup>cd</sup>  | 5.82±0.67 <sup>d</sup>   |
|                           |                                       | AL                | 7.43±0.46 <sup>ab</sup>      | 7.42±0.40 <sup>ab</sup>   | 6.95±0.28 <sup>abc</sup>  | 6.72±0.47 <sup>abc</sup> | 6.75±0.46 <sup>abc</sup>                                       | 6.45±0.59 <sup>cd</sup>  | 6.33±0.47 <sup>cd</sup>  |
|                           | กรด <sup>**ns</sup>                   | PP                | 7.25±0.64                    | 7.28±0.57                 | 7.19±0.44                 | 7.22±0.45                | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                          |                          |
|                           |                                       | AL                | 7.41±0.70                    | 7.27±0.63                 | 7.15±0.47                 | 7.24±0.77                |                                                                |                          |                          |
|                           | กลีเซอริน                             | PP                | 7.25±0.49 <sup>a</sup>       | 6.91±0.61 <sup>ab</sup>   | 6.89±0.54 <sup>ab</sup>   | 6.89±0.54 <sup>ab</sup>  | 6.67±0.42 <sup>ab</sup>                                        | 6.81±0.54 <sup>ab</sup>  | 6.18±0.40 <sup>b</sup>   |
|                           |                                       | AL                | 7.11±0.48 <sup>ab</sup>      | 7.02±0.65 <sup>ab</sup>   | 7.11±0.48 <sup>ab</sup>   | 6.92±0.55 <sup>ab</sup>  | 6.98±0.59 <sup>ab</sup>                                        | 6.95±0.65 <sup>ab</sup>  | 6.77±0.50 <sup>ab</sup>  |
|                           | กรด<br>และกลีเซอริน                   | PP                | 7.19±0.60 <sup>a</sup>       | 7.01±0.52 <sup>a</sup>    | 6.79±0.51 <sup>abc</sup>  | 6.88±0.33 <sup>abc</sup> | 6.26±0.54 <sup>abc</sup>                                       | 5.95±0.44 <sup>bc</sup>  | 5.88±0.63 <sup>c</sup>   |
|                           |                                       | AL                | 7.15±0.43 <sup>a</sup>       | 7.02±0.43 <sup>a</sup>    | 6.85±0.49 <sup>abc</sup>  | 6.90±0.61 <sup>ab</sup>  | 6.92±0.68 <sup>ab</sup>                                        | 6.85±0.59 <sup>abc</sup> | 6.81±0.54 <sup>abc</sup> |

ตารางที่ 4.42 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน

| คุณลักษณะ | ตัวอย่างผลิตภัณฑ์<br>ลูกหยีเคี้ยวหนุบ | สภาวะการ<br>บรรจุ | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) |                         |                         |                         |                                                                |                         |                         |
|-----------|---------------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|           |                                       |                   | 0                            | 1                       | 2                       | 3                       | 4                                                              | 5                       | 6                       |
| ความหวาน  | ชุดควบคุม <sup>**ns</sup>             | PP                | 7.44±0.48                    | 7.39±0.51               | 6.92±0.71               | 6.58±0.71               | 6.95±0.62                                                      | 6.83±0.45               | 6.56±0.70               |
|           |                                       | AL                | 7.18±0.35                    | 7.05±0.61               | 7.21±0.48               | 6.85±0.45               | 6.61±0.40                                                      | 6.72±0.54               | 6.75±0.54               |
|           | กรด                                   | PP                | 7.13±0.30 <sup>a</sup>       | 6.75±0.41 <sup>ab</sup> | 6.33±0.32 <sup>b</sup>  | 6.94±0.22 <sup>ab</sup> | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                         |                         |
|           |                                       | AL                | 7.10±0.32 <sup>a</sup>       | 7.05±0.38 <sup>a</sup>  | 6.85±0.49 <sup>ab</sup> | 6.95±0.47 <sup>ab</sup> |                                                                |                         |                         |
|           | กลีเซอริน <sup>**ns</sup>             | PP                | 6.79±0.46                    | 6.23±0.64               | 6.76±0.45               | 6.13±0.79               | 6.05±0.62                                                      | 6.03±0.92               | 5.64±0.65               |
|           |                                       | AL                | 6.69±0.36                    | 6.72±0.49               | 6.67±0.50               | 6.16±0.65               | 6.23±0.50                                                      | 6.05±0.78               | 6.12±0.38               |
|           | กรด<br>และกลีเซอริน                   | PP                | 6.73±0.50 <sup>ab</sup>      | 6.47±0.76 <sup>ab</sup> | 6.10±0.82 <sup>ab</sup> | 6.03±0.85 <sup>ab</sup> | 5.35±0.28 <sup>b</sup>                                         | 6.00±0.78 <sup>ab</sup> | 5.61±0.74 <sup>ab</sup> |
|           |                                       | AL                | 6.98±0.47 <sup>a</sup>       | 6.59±0.86 <sup>ab</sup> | 6.36±1.09 <sup>ab</sup> | 6.05±0.85 <sup>ab</sup> | 6.00±0.80 <sup>ab</sup>                                        | 5.91±0.70 <sup>ab</sup> | 5.55±0.61 <sup>ab</sup> |
| ความเค็ม  | ชุดควบคุม <sup>**ns</sup>             | PP                | 7.08±0.34                    | 6.60±0.35               | 6.57±0.62               | 6.71±0.55               | 6.55±0.68                                                      | 6.61±0.60               | 6.59±0.66               |
|           |                                       | AL                | 6.81±0.61                    | 6.73±0.55               | 6.77±0.45               | 6.73±0.63               | 6.64±0.43                                                      | 6.64±0.61               | 6.40±0.81               |
|           | กรด <sup>**ns</sup>                   | PP                | 6.99±0.41                    | 6.66±0.49               | 6.55±0.41               | 6.65±0.56               | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                         |                         |
|           |                                       | AL                | 6.85±0.43                    | 6.81±0.34               | 6.76±0.43               | 6.73±0.45               |                                                                |                         |                         |
|           | กลีเซอริน <sup>**ns</sup>             | PP                | 6.75±0.51                    | 6.11±0.48               | 6.01±0.71               | 6.10±0.46               | 6.05±0.66                                                      | 6.13±0.40               | 5.98±0.27               |
|           |                                       | AL                | 6.71±0.55                    | 6.69±0.49               | 6.18±0.53               | 6.03±0.73               | 6.01±0.74                                                      | 5.83±0.70               | 5.88±0.63               |
|           | กรด<br>และกลีเซอริน                   | PP                | 6.73±0.49 <sup>ab</sup>      | 6.59±0.36 <sup>ab</sup> | 6.27±0.70 <sup>ab</sup> | 6.26±0.40 <sup>ab</sup> | 6.14±0.32 <sup>ab</sup>                                        | 5.89±0.35 <sup>b</sup>  | 6.51±0.39 <sup>ab</sup> |
|           |                                       | AL                | 6.91±0.34 <sup>a</sup>       | 6.73±0.26 <sup>ab</sup> | 6.43±0.60 <sup>ab</sup> | 6.48±0.62 <sup>ab</sup> | 6.13±0.81 <sup>ab</sup>                                        | 6.05±0.48 <sup>ab</sup> | 6.03±0.24 <sup>ab</sup> |

ตารางที่ 4.42 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุ่ยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน

| คุณลักษณะ   | ตัวอย่างผลิตภัณฑ์<br>ลูกหยีเคี้ยวหนุ่ย | สภาวะการ<br>บรรจุ | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) |                          |                           |                          |                                                                |                           |                          |
|-------------|----------------------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
|             |                                        |                   | 0                            | 1                        | 2                         | 3                        | 4                                                              | 5                         | 6                        |
| ความเปรี้ยว | ชุดควบคุม                              | PP                | 7.40±0.71 <sup>a</sup>       | 7.05±0.27 <sup>ab</sup>  | 6.89±0.51 <sup>ab</sup>   | 6.76±0.39 <sup>ab</sup>  | 6.71±0.46 <sup>ab</sup>                                        | 6.66±0.66 <sup>ab</sup>   | 6.39±0.48 <sup>b</sup>   |
|             |                                        | AL                | 7.48±0.54 <sup>a</sup>       | 6.95±0.23 <sup>ab</sup>  | 6.98±0.59 <sup>ab</sup>   | 6.43±0.48 <sup>b</sup>   | 6.63±0.42 <sup>ab</sup>                                        | 6.65±0.43 <sup>ab</sup>   | 6.22±0.58 <sup>b</sup>   |
|             | กรด <sup>**ns</sup>                    | PP                | 7.38±0.58                    | 7.18±0.43                | 7.05±0.38                 | 6.93±0.64                | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                           |                          |
|             |                                        | AL                | 7.18±0.43                    | 7.11±0.38                | 7.06±0.40                 | 6.89±0.54                |                                                                |                           |                          |
|             | กลีเซอริน                              | PP                | 6.95±0.83 <sup>ab</sup>      | 6.87±0.50 <sup>abc</sup> | 6.71±0.41 <sup>abc</sup>  | 6.31±0.77 <sup>abc</sup> | 5.81±0.56 <sup>cd</sup>                                        | 5.78±0.69 <sup>cd</sup>   | 4.95±0.35 <sup>d</sup>   |
|             |                                        | AL                | 7.18±0.34 <sup>a</sup>       | 6.93±0.21 <sup>ab</sup>  | 6.81±0.45 <sup>abc</sup>  | 6.39±0.99 <sup>abc</sup> | 6.02±0.63 <sup>cd</sup>                                        | 6.14±0.39 <sup>abc</sup>  | 6.00±0.36 <sup>bc</sup>  |
|             | กรด <sup>**ns</sup><br>และกลีเซอริน    | PP                | 6.79±0.51                    | 6.94±0.39                | 6.49±0.60                 | 6.78±0.50                | 6.79±0.51                                                      | 6.58±0.59                 | 5.91±0.48                |
|             |                                        | AL                | 6.79±0.51                    | 6.64±0.73                | 6.82±0.55                 | 6.84±0.48                | 6.82±0.55                                                      | 6.77±0.59                 | 5.94±0.70                |
|             | ชุดควบคุม<br>โดยรวม                    | PP                | 7.30±0.48 <sup>a</sup>       | 6.87±0.42 <sup>abc</sup> | 6.84±0.48 <sup>abc</sup>  | 6.77±0.52 <sup>abc</sup> | 6.46±0.26 <sup>bc</sup>                                        | 6.11±0.36 <sup>c</sup>    | 6.13±0.39 <sup>c</sup>   |
|             |                                        | AL                | 7.34±0.32 <sup>a</sup>       | 7.02±0.33 <sup>ab</sup>  | 6.97±0.16 <sup>ab</sup>   | 6.70±0.56 <sup>abc</sup> | 6.69±0.48 <sup>abc</sup>                                       | 6.48±0.50 <sup>bc</sup>   | 6.48±0.58 <sup>bc</sup>  |
|             | กรด                                    | PP                | 7.51±0.33 <sup>a</sup>       | 6.91±0.54 <sup>ab</sup>  | 5.83±1.19 <sup>b</sup>    | 5.89±0.77 <sup>b</sup>   | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                           |                          |
|             |                                        | AL                | 7.43±0.50 <sup>a</sup>       | 7.41±0.42 <sup>a</sup>   | 6.86±0.50 <sup>ab</sup>   | 6.00±0.63 <sup>b</sup>   |                                                                |                           |                          |
|             | กลีเซอริน                              | PP                | 7.38±0.37 <sup>a</sup>       | 7.01±0.36 <sup>ab</sup>  | 6.78±0.83 <sup>abcd</sup> | 6.87±0.52 <sup>abc</sup> | 5.81±0.37 <sup>ef</sup>                                        | 6.07±0.41 <sup>cde</sup>  | 4.97±0.38 <sup>f</sup>   |
|             |                                        | AL                | 7.23±0.25 <sup>a</sup>       | 7.03±0.64 <sup>ab</sup>  | 6.97±0.56 <sup>abc</sup>  | 6.93±0.21 <sup>abc</sup> | 5.92±0.39 <sup>de</sup>                                        | 6.11±0.27 <sup>bcde</sup> | 5.45±0.85 <sup>ef</sup>  |
|             | กรด<br>และกลีเซอริน                    | PP                | 7.23±0.24 <sup>a</sup>       | 6.99±0.49 <sup>a</sup>   | 6.87±0.62 <sup>a</sup>    | 6.89±0.35 <sup>a</sup>   | 6.31±0.45 <sup>abc</sup>                                       | 5.31±0.81 <sup>d</sup>    | 5.07±0.50 <sup>d</sup>   |
|             |                                        | AL                | 7.13±0.23 <sup>a</sup>       | 6.96±0.45 <sup>a</sup>   | 6.73±0.64 <sup>ab</sup>   | 6.96±0.44 <sup>a</sup>   | 6.85±0.15 <sup>a</sup>                                         | 5.83±0.35 <sup>cd</sup>   | 5.92±0.73 <sup>bcd</sup> |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

<sup>\*ns</sup> ในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

### วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพและทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ ( $a_w$ ) ค่าสี (ค่า  $L^*$   $a^*$   $b^*$ ) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (ด้วยวิธี DPPH) วิตามินซี (Vitamin c) ปริมาณฟีนอลรวม (Total phenolics content) ดังนี้

**ปริมาณความชื้น** เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจากสูตรที่เหมาะสม คือ 1.) ชุดควบคุม 2.) การเติมกรด 3.) การเติมกลีเซอริน และ 4.) การเติมกรดและกลีเซอริน บรรจุในถุง PP และ AL ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่การเก็บรักษาในถุง AL สามารถป้องกันความชื้นและไอน้ำได้ดีกว่าถุงชนิด PP ทุกระยะเวลาเก็บ 1-6 เดือน ซึ่งปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บ ทั้งนี้เนื่องจากถุง AL สามารถป้องกันความชื้น ไอน้ำ และแสงได้ สามารถป้องกันไม่ให้อากาศเข้าได้ดีสามารถยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ได้ (ชาลินี และจิตติ, 2554) โดยที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่มีการเติมกรดและกลีเซอริน มีปริมาณความชื้นในตัวอย่างน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ ที่ระยะเวลา 6 เดือน ที่เก็บในถุง PP และ AL มีปริมาณความชื้นช่วง  $20.18 \pm 0.90$ - $25.03 \pm 0.95$  (ตารางที่ 4.43)

**ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)** เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจากสูตรที่เหมาะสม คือ 1.) ชุดควบคุม 2.) การเติมกรด 3.) การเติมกลีเซอริน และ 4.) การเติมกรดและกลีเซอริน บรรจุในถุง PP และ AL ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อค่า pH ต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบทั้ง 4 สูตร ที่ระยะเวลา 0 เดือน ผลิตภัณฑ์มีค่า pH อยู่ในช่วงระหว่าง  $2.98 \pm 0.02$ - $3.34 \pm 0.01$  เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่า pH มีค่าสูงขึ้นที่ระยะเวลา 6 เดือน ซึ่งมีค่า pH อยู่ในช่วง  $3.24 \pm 0.03$ - $3.42$  (ตารางที่ 4.43) ซึ่งค่า pH อยู่ในช่วงที่ต่ำกว่า 3.5 สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

**ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ ( $a_w$ )** เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจากสูตรที่เหมาะสม 1.) ชุดควบคุม 2.) การเติมกรด 3.) การเติมกลีเซอริน และ 4.) การเติมกรดและกลีเซอริน บรรจุในถุง PP และ AL ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อค่า  $a_w$  ของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบแตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่การเก็บรักษาในถุง AL สามารถป้องกันความชื้นและไอน้ำได้ดีกว่าถุงชนิด PP ทุกระยะเวลาเก็บ 1-6 เดือน ซึ่งค่า  $a_w$  มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บ ทั้งนี้เนื่องจากถุง AL สามารถป้องกันความชื้น ไอน้ำ และแสงได้ สามารถป้องกันไม่ให้อากาศเข้าได้ดีสามารถยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ได้ (ชาลินี และจิตติ, 2554) โดยที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่มีการเติมกรด

และกลีเซอริน มีค่า  $a_w$  ในตัวอย่างต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ ที่ระยะเวลา 6 เดือน ที่เก็บในถุง PP และ AL มีค่า  $a_w$  ช่วง  $0.57 \pm 0.03$ - $0.63 \pm 0.02$  (ตารางที่ 4.43)

**ค่าสี** วัดค่าสี (ค่า  $L^*$   $a^*$   $b^*$ ) ของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคียวหนุบ คือ 1.) ชุดควบคุม 2.) การเติมกรด 3.) การเติมกลีเซอริน และ 4.) การเติมกรดและกลีเซอริน บรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ถุง PP และ AL ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผล ค่า  $L^*$  ของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคียวหนุบ ทั้ง 4 สูตร โดยที่ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความเป็นคล้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งระยะเวลา 0 เดือน ที่เก็บในถุง PP และ AL มีค่า  $L^*$  อยู่ในช่วงระหว่าง  $15.21 \pm 0.06$ - $17.52 \pm 0.79$  เมื่อเก็บรักษา 6 เดือน มีค่า  $L^*$  อยู่ในช่วง  $12.22 \pm 0.07$ - $14.04$  (ตารางที่ 4.43) ซึ่งค่า  $L^*$  เป็นค่าความสว่าง เริ่มจากสีขาวที่มีค่า  $L^*$  เท่ากับ 100 จนถึงสีดำที่มี  $L^*$  เป็น 0 ในกรณีที่มีค่า  $L^*$  ที่วัดได้จากตัวอย่างที่มีค่าเพิ่มขึ้นแสดงว่าสีของตัวอย่างมีความสว่างมากขึ้นหรือตัวอย่างมีสีซีดลง ในทางกลับกันค่า  $L^*$  ที่ลดลงหมายถึงตัวอย่างมีสีคล้ำขึ้น (จรรยา และคณะ, 2555) ขณะที่ค่า สีเหลือง ( $b^*$ ) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ซึ่งค่า  $a^*$  เป็นบวก หมายถึง ความเป็นสีแดง ค่า  $a^*$  เป็นลบ หมายถึง ความเป็นสีเขียว และ ค่า  $b^*$  เป็นบวก หมายถึง ความเป็นสีเหลือง ค่า  $b^*$  เป็นลบ หมายถึง ความเป็นสีน้ำเงิน (กูรอซียะห์, 2549)

ตารางที่ 4.43 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน

| คุณลักษณะ | ตัวอย่างผลิตภัณฑ์<br>ลูกหยีเคี้ยวหนุบ | สภาวะการ<br>บรรจุ | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) |                         |                          |                          |                                                                |                         |                         |
|-----------|---------------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|           |                                       |                   | 0                            | 1                       | 2                        | 3                        | 4                                                              | 5                       | 6                       |
| ค่า pH    | ชุดควบคุม                             | PP                | 3.32±0.01 <sup>f</sup>       | 3.34±0.01 <sup>de</sup> | 3.35±0.01 <sup>cd</sup>  | 3.37±0.01 <sup>bc</sup>  | 3.38±0.01 <sup>b</sup>                                         | 3.38±0.01 <sup>b</sup>  | 3.41±0.01 <sup>a</sup>  |
|           |                                       | AL                | 3.34±0.01 <sup>ef</sup>      | 3.34±0.01 <sup>de</sup> | 3.35±0.01 <sup>cd</sup>  | 3.37±0.01 <sup>b</sup>   | 3.37±0.01 <sup>b</sup>                                         | 3.37±0.01 <sup>b</sup>  | 3.42±0.01 <sup>a</sup>  |
|           | กรด                                   | PP                | 2.85±1.18 <sup>c</sup>       | 2.95±0.03 <sup>bc</sup> | 3.01±0.05 <sup>ab</sup>  | 3.04±0.07 <sup>a</sup>   | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                         |                         |
|           |                                       | AL                | 2.91±0.03 <sup>c</sup>       | 2.94±0.02 <sup>bc</sup> | 2.95±0.04 <sup>bc</sup>  | 3.01±0.02 <sup>ab</sup>  |                                                                |                         |                         |
|           | กลีเซอริน                             | PP                | 3.11±0.02 <sup>ef</sup>      | 3.17±0.06 <sup>de</sup> | 3.22±0.07 <sup>cde</sup> | 3.33±0.09 <sup>abc</sup> | 3.30±0.07 <sup>bc</sup>                                        | 3.43±0.09 <sup>ab</sup> | 3.45±0.05 <sup>a</sup>  |
|           |                                       | AL                | 3.02±0.07 <sup>f</sup>       | 3.26±0.06 <sup>cd</sup> | 3.31±0.10 <sup>bc</sup>  | 3.33±0.06 <sup>abc</sup> | 3.30±0.10 <sup>cd</sup>                                        | 3.25±0.06 <sup>cd</sup> | 3.29±0.07 <sup>cd</sup> |
|           | กรด                                   | PP                | 2.97±0.03 <sup>b</sup>       | 3.06±0.04 <sup>ab</sup> | 3.04±0.05 <sup>b</sup>   | 3.05±0.04 <sup>ab</sup>  | 3.09±0.01 <sup>ab</sup>                                        | 3.17±0.01 <sup>ab</sup> | 3.35±0.11 <sup>a</sup>  |
|           | และกลีเซอริน                          | AL                | 2.98±0.02 <sup>b</sup>       | 2.96±0.58 <sup>b</sup>  | 3.07±0.06 <sup>ab</sup>  | 3.05±0.04 <sup>ab</sup>  | 3.06±0.03 <sup>ab</sup>                                        | 3.06±0.04 <sup>ab</sup> | 3.24±0.03 <sup>ab</sup> |
|           |                                       |                   |                              |                         |                          |                          |                                                                |                         |                         |
|           |                                       |                   |                              |                         |                          |                          |                                                                |                         |                         |

ตารางที่ 4.43 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน

| คุณลักษณะ | ตัวอย่างผลิตภัณฑ์<br>ลูกหยีเคี้ยวหนุบ | สภาวะการ<br>บรรจุ | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) |                           |                           |                           |                                                                |                           |                           |
|-----------|---------------------------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
|           |                                       |                   | 0                            | 1                         | 2                         | 3                         | 4                                                              | 5                         | 6                         |
| L*        | ชุดควบคุม                             | PP                | 15.21±0.06 <sup>a</sup>      | 14.98±0.14 <sup>b</sup>   | 14.32±0.09                | 13.37±0.11 <sup>de</sup>  | 13.20±0.10 <sup>e</sup>                                        | 12.31±0.13 <sup>h</sup>   | 12.22±0.07 <sup>h</sup>   |
|           |                                       | AL                | 15.22±0.10 <sup>a</sup>      | 15.22±0.11 <sup>a</sup>   | 14.86±0.15 <sup>b</sup>   | 13.47±0.10 <sup>c</sup>   | 13.21±0.10 <sup>e</sup>                                        | 12.76±0.12 <sup>f</sup>   | 12.51±0.06 <sup>g</sup>   |
|           | กรด                                   | PP                | 16.05±0.56 <sup>a</sup>      | 16.11±0.90 <sup>a</sup>   | 13.16±0.02 <sup>b</sup>   | 12.75±0.45 <sup>b</sup>   | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                           |                           |
|           |                                       | AL                | 16.53±0.46 <sup>a</sup>      | 16.11±0.80 <sup>a</sup>   | 13.24±0.15 <sup>b</sup>   | 12.83±0.28 <sup>b</sup>   |                                                                |                           |                           |
|           | กลีเซอริน                             | PP                | 17.07±1.01 <sup>a</sup>      | 16.30±1.13 <sup>abc</sup> | 15.21±1.06 <sup>cd</sup>  | 14.07±1.01 <sup>de</sup>  | 13.67±0.47 <sup>ef</sup>                                       | 13.45±0.48 <sup>ef</sup>  | 12.41±0.86 <sup>f</sup>   |
|           |                                       | AL                | 17.52±0.79 <sup>a</sup>      | 16.74±0.42 <sup>ab</sup>  | 16.39±0.27 <sup>abc</sup> | 15.49±0.43 <sup>bcd</sup> | 14.46±0.87 <sup>de</sup>                                       | 14.47±0.46 <sup>ed</sup>  | 14.04±1.00 <sup>de</sup>  |
|           | กรด<br>และกลีเซอริน                   | PP                | 16.86±0.64 <sup>a</sup>      | 16.68±0.42 <sup>a</sup>   | 14.91±0.51 <sup>b</sup>   | 14.49±0.75 <sup>bc</sup>  | 12.64±0.73 <sup>ef</sup>                                       | 13.11±0.74 <sup>def</sup> | 12.41±0.65 <sup>f</sup>   |
|           |                                       | AL                | 17.49±0.61 <sup>a</sup>      | 17.14±0.77 <sup>a</sup>   | 14.53±0.75 <sup>bc</sup>  | 13.94±0.78 <sup>bcd</sup> | 13.63±0.34 <sup>cde</sup>                                      | 13.55±0.27 <sup>def</sup> | 12.87±0.15 <sup>def</sup> |
|           | ชุดควบคุม                             | PP                | 2.13±0.02 <sup>a</sup>       | 2.12±0.04 <sup>a</sup>    | 1.83±0.10 <sup>b</sup>    | 1.76±0.11 <sup>bc</sup>   | 1.65±0.11 <sup>cd</sup>                                        | 1.55±0.04 <sup>de</sup>   | 1.47±0.07 <sup>ef</sup>   |
|           |                                       | AL                | 2.15±0.06 <sup>a</sup>       | 2.10±0.10 <sup>a</sup>    | 1.87±0.11 <sup>b</sup>    | 1.66±0.08 <sup>cd</sup>   | 1.66±0.09 <sup>cd</sup>                                        | 1.57±0.07 <sup>de</sup>   | 1.38±0.07 <sup>f</sup>    |
| a*        | กรด                                   | PP                | 1.27±0.42 <sup>d</sup>       | 1.46±0.31 <sup>cd</sup>   | 2.41±0.42 <sup>a</sup>    | 1.89±0.08 <sup>bc</sup>   | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                           |                           |
|           |                                       | AL                | 1.10±0.16 <sup>d</sup>       | 1.43±0.10 <sup>cd</sup>   | 2.31±0.19 <sup>ab</sup>   | 1.82±0.15 <sup>c</sup>    |                                                                |                           |                           |
|           | กลีเซอริน                             | PP                | 2.06±0.09 <sup>ab</sup>      | 1.82±0.07 <sup>bc</sup>   | 1.63±0.07 <sup>cd</sup>   | 1.55±0.09 <sup>d</sup>    | 1.20±0.15 <sup>ef</sup>                                        | 1.06±0.06 <sup>fg</sup>   | 1.04±0.18 <sup>fg</sup>   |
|           |                                       | AL                | 1.98±0.03 <sup>a</sup>       | 1.92±0.08 <sup>ab</sup>   | 1.66±0.10 <sup>cd</sup>   | 1.37±0.14 <sup>e</sup>    | 1.16±0.08 <sup>f</sup>                                         | 0.95±0.07 <sup>g</sup>    | 1.00±0.20 <sup>fg</sup>   |
|           | กรด<br>และกลีเซอริน                   | PP                | 1.05±0.05 <sup>cd</sup>      | 1.13±0.07 <sup>abcd</sup> | 1.12±0.18 <sup>abcd</sup> | 0.98±0.06 <sup>d</sup>    | 1.15±0.12 <sup>abcd</sup>                                      | 1.08±0.13 <sup>bcd</sup>  | 1.00±0.20 <sup>d</sup>    |
|           |                                       | AL                | 1.19±0.16 <sup>abcd</sup>    | 1.29±0.11 <sup>abc</sup>  | 1.31±0.06 <sup>abc</sup>  | 1.29±0.01 <sup>abc</sup>  | 1.33±0.10 <sup>ab</sup>                                        | 1.36±0.16 <sup>a</sup>    | 1.06±0.25 <sup>cd</sup>   |

ตารางที่ 4.43 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน

| คุณลักษณะ | ตัวอย่างผลิตภัณฑ์<br>ลูกหยีเคี้ยวหนุบ | สภาวะการ<br>บรรจุ | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) |                          |                         |                         |                                                                |                         |                        |
|-----------|---------------------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|
|           |                                       |                   | 0                            | 1                        | 2                       | 3                       | 4                                                              | 5                       | 6                      |
| b*        | ชุดควบคุม                             | PP                | 1.43±0.11 <sup>h</sup>       | 1.61±0.03 <sup>f</sup>   | 2.11±0.10 <sup>e</sup>  | 2.41±0.06 <sup>d</sup>  | 2.61±0.09 <sup>c</sup>                                         | 2.73±0.09 <sup>bc</sup> | 3.13±0.12 <sup>a</sup> |
|           |                                       | AL                | 1.45±0.11 <sup>gh</sup>      | 1.58±0.05 <sup>fg</sup>  | 2.07±0.06 <sup>e</sup>  | 2.59±0.09 <sup>c</sup>  | 2.61±0.08 <sup>c</sup>                                         | 2.79±0.09 <sup>b</sup>  | 3.14±0.06 <sup>a</sup> |
|           | กรด                                   | PP                | 0.50±0.78 <sup>c</sup>       | 2.65±0.72 <sup>e</sup>   | 2.24±0.07 <sup>ab</sup> | 2.20±0.05 <sup>ab</sup> | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                         |                        |
|           |                                       | AL                | 0.17±0.14 <sup>c</sup>       | 1.53±0.42 <sup>b</sup>   | 2.18±0.20 <sup>ab</sup> | 2.10±0.05 <sup>ab</sup> |                                                                |                         |                        |
|           | กลีเซอริน                             | PP                | 0.63±0.07 <sup>c</sup>       | 0.56±0.05 <sup>cde</sup> | 0.17±0.02 <sup>g</sup>  | 0.45±0.02 <sup>f</sup>  | 0.65±0.06 <sup>c</sup>                                         | 0.78±0.03 <sup>b</sup>  | 1.22±0.09 <sup>a</sup> |
|           |                                       | AL                | 0.65±0.10 <sup>c</sup>       | 0.53±0.04 <sup>def</sup> | 0.08±0.01 <sup>h</sup>  | 0.52±0.03 <sup>ef</sup> | 0.45±0.06 <sup>f</sup>                                         | 0.62±0.03 <sup>cd</sup> | 0.85±0.07 <sup>b</sup> |
|           | กรด                                   | PP                | 0.40±0.05 <sup>fg</sup>      | 0.32±0.08 <sup>gh</sup>  | 0.19±0.05 <sup>h</sup>  | 0.50±0.06 <sup>f</sup>  | 0.80±0.06 <sup>d</sup>                                         | 0.97±0.04 <sup>c</sup>  | 1.11±0.10 <sup>b</sup> |
|           | และกลีเซอริน                          | AL                | 0.44±0.17 <sup>fg</sup>      | 0.48±0.08 <sup>f</sup>   | 0.50±0.04 <sup>f</sup>  | 0.64±0.01 <sup>e</sup>  | 1.25±0.06 <sup>a</sup>                                         | 0.74±0.10 <sup>de</sup> | 1.33±0.10 <sup>a</sup> |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)  
\*ns ในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

### ผลการศึกษาคุนภาพสารต้านอนุมูลอิสระ

**ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (ด้วยวิธี DPPH)** เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจากสูตรที่เหมาะสม คือ 1. ชุดควบคุม 2 การเติมกรด 3 การเติมกลีเซอริน และ 4 การเติมกรดและกลีเซอริน บรรจุในถุง PP และ AL ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อค่าสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่การเก็บรักษาในถุง AL สามารถรักษาคุนภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าถุงชนิด PP ทุกระยะเวลาเก็บ 1-6 เดือน ซึ่งปริมาณค่าสารต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณลดลงจากสภาวะการเก็บทั้งความชื้น แสง และปัจจัยอื่น ๆ โดยที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่มีการเติมกรดและกลีเซอริน มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในระยะเวลา 0 เดือน  $41.89 \pm 0.60$ - $43.68 \pm 0.86$  เมื่อเก็บรักษา 6 เดือน ที่เก็บในถุง PP และ AL มีปริมาณความชื้นช่วง  $49.13 \pm 0.81$ - $53.71 \pm 0.42$  (ตารางที่ 4.44) ปริมาณฟีนอลรวม (Total phenolics content) เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจากสูตรที่เหมาะสม คือ 1. ชุดควบคุม 2 การเติมกรด 3 การเติมกลีเซอริน และ 4 การเติมกรดและกลีเซอริน บรรจุในถุง PP และ AL ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณ TPC ของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่การเก็บรักษาในถุง AL สามารถรักษาวิตามินซีของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าถุงชนิด PP ทุกระยะเวลาเก็บ 1-6 เดือน ซึ่งปริมาณ TPC มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณลดลงจากสภาวะการเก็บทั้งความชื้น แสง และปัจจัยอื่น ๆ โดยที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่มีการเติมกรดและกลีเซอริน มีปริมาณ TPC ในระยะเวลา 0 เดือน  $0.13 \pm 0.001$ - $7.22 \pm 0.12$  เมื่อเก็บรักษา 6 เดือน ที่เก็บในถุง PP และ AL มีปริมาณวิตามินซีช่วง  $0.02 \pm 0.001$ - $4.22 \pm 0.08$  (ตารางที่ 4.44)

**วิตามินซี (Vitamin c)** เมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจากสูตรที่เหมาะสม คือ 1. ชุดควบคุม 2 การเติมกรด 3 การเติมกลีเซอริน และ 4 การเติมกรดและกลีเซอริน บรรจุในถุง PP และ AL ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณวิตามินซีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่การเก็บรักษาในถุง AL สามารถรักษาวิตามินซีของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าถุงชนิด PP ทุกระยะเวลาเก็บ 1-6 เดือน ซึ่งปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณลดลงจากสภาวะการเก็บทั้งความชื้น แสง และปัจจัยอื่น ๆ โดยที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่มีการเติมกรดและกลีเซอริน มีปริมาณวิตามินซี ในระยะเวลา 0 เดือน  $0.01 \pm 0.005$ - $2.18 \pm 0.11$  เมื่อเก็บรักษา 6 เดือน ที่เก็บในถุง PP และ AL มีปริมาณวิตามินซีช่วง  $0.01 \pm 0.005$ - $1.57 \pm 0.06$  (ตารางที่ 4.44)

ตารางที่ 4.44 ผลการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน

| คุณลักษณะ                       | ตัวอย่างผลิตภัณฑ์<br>ลูกหยีเคี้ยวหนุบ | สถานะ<br>การบรรจุ | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) |                          |                          |                          |                                                                |                          |                          |
|---------------------------------|---------------------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                                 |                                       |                   | 0                            | 1                        | 2                        | 3                        | 4                                                              | 5                        | 6                        |
| DPPH assay<br>(IC50)<br>(µg/ml) | ชุดควบคุม                             | PP                | 41.89±0.60 <sup>h</sup>      | 43.59±0.56 <sup>fg</sup> | 45.49±0.39 <sup>e</sup>  | 47.16±0.82 <sup>d</sup>  | 48.82±0.97 <sup>c</sup>                                        | 50.16±0.87 <sup>b</sup>  | 51.49±0.66 <sup>a</sup>  |
|                                 |                                       | AL                | 42.03±0.54 <sup>h</sup>      | 42.58±0.34 <sup>hg</sup> | 43.35±0.66 <sup>fg</sup> | 44.35±0.35 <sup>f</sup>  | 46.01±0.63 <sup>e</sup>                                        | 48.01±0.64 <sup>cd</sup> | 49.01±0.84 <sup>c</sup>  |
|                                 | กรด                                   | PP                | 43.68±0.86 <sup>e</sup>      | 45.56±0.70 <sup>d</sup>  | 47.06±0.47 <sup>bc</sup> | 48.77±0.38 <sup>a</sup>  | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                          |                          |
|                                 |                                       | AL                | 43.63±0.43 <sup>e</sup>      | 44.83±0.45 <sup>d</sup>  | 46.72±0.53 <sup>c</sup>  | 48.11±0.83 <sup>ab</sup> |                                                                |                          |                          |
|                                 | กลีเซอริน                             | PP                | 43.21±0.24 <sup>i</sup>      | 44.89±0.46 <sup>h</sup>  | 46.64±0.61 <sup>f</sup>  | 48.49±0.84 <sup>ed</sup> | 49.96±0.64 <sup>c</sup>                                        | 51.93±0.61 <sup>b</sup>  | 53.71±0.42 <sup>a</sup>  |
|                                 |                                       | AL                | 43.11±0.47 <sup>i</sup>      | 44.00±0.68 <sup>hi</sup> | 45.11±0.35 <sup>gh</sup> | 45.01±0.90 <sup>h</sup>  | 46.13±0.70 <sup>fg</sup>                                       | 47.75±0.52 <sup>e</sup>  | 49.13±0.81 <sup>cd</sup> |
|                                 | กรด<br>และกลีเซอริน                   | PP                | 43.62±0.52 <sup>g</sup>      | 45.55±0.67 <sup>f</sup>  | 46.68±0.33 <sup>e</sup>  | 47.95±0.18 <sup>d</sup>  | 49.65±0.37 <sup>bc</sup>                                       | 50.52±0.71 <sup>b</sup>  | 51.48±0.50 <sup>a</sup>  |
|                                 |                                       | AL                | 43.62±0.51 <sup>g</sup>      | 44.85±0.43 <sup>f</sup>  | 45.53±0.58 <sup>f</sup>  | 46.85±0.56 <sup>e</sup>  | 47.94±0.52 <sup>d</sup>                                        | 49.21±0.44 <sup>c</sup>  | 50.08±0.83 <sup>bc</sup> |
|                                 | ชุดควบคุม                             |                   | 7.22±0.12 <sup>a</sup>       | 6.60±0.10 <sup>bc</sup>  | 6.45±0.05 <sup>c</sup>   | 5.69±0.08 <sup>f</sup>   | 5.10±0.10 <sup>g</sup>                                         | 4.13±0.11 <sup>i</sup>   | 3.73±0.11 <sup>j</sup>   |
|                                 |                                       |                   | 7.12±0.14 <sup>a</sup>       | 6.69±0.17 <sup>b</sup>   | 6.62±0.07 <sup>bc</sup>  | 6.11±0.10 <sup>d</sup>   | 5.91±0.09 <sup>e</sup>                                         | 4.72±0.08 <sup>h</sup>   | 4.22±0.08 <sup>i</sup>   |
| TPC<br>(mg GAE/g<br>sample)     | กรด                                   | PP                | 0.16±0.04 <sup>ab</sup>      | 0.21±0.09 <sup>a</sup>   | 0.18±0.06 <sup>ab</sup>  | 0.11±0.01 <sup>b</sup>   | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                          |                          |
|                                 |                                       | AL                | 0.16±0.04 <sup>ab</sup>      | 0.13±0.02 <sup>b</sup>   | 0.12±0.01 <sup>b</sup>   | 0.12±0.01 <sup>b</sup>   |                                                                |                          |                          |
|                                 | กลีเซอริน                             | PP                | 0.18±0.025 <sup>a</sup>      | 0.13±0.030 <sup>b</sup>  | 0.11±0.012 <sup>c</sup>  | 0.02±0.005 <sup>d</sup>  | 0.03±0.009 <sup>d</sup>                                        | 0.02±0.007 <sup>d</sup>  | 0.04±0.005 <sup>d</sup>  |
|                                 |                                       | AL                | 0.18±0.010 <sup>a</sup>      | 0.15±0.011 <sup>b</sup>  | 0.14±0.016 <sup>b</sup>  | 0.03±0.004 <sup>d</sup>  | 0.03±0.004 <sup>d</sup>                                        | 0.03±0.010 <sup>d</sup>  | 0.03±0.003 <sup>d</sup>  |
|                                 | กรด<br>และกลีเซอริน                   | PP                | 0.13±0.01 <sup>bc</sup>      | 0.13±0.02 <sup>bc</sup>  | 0.11±0.01 <sup>c</sup>   | 0.06±0.02 <sup>c</sup>   | 0.47±0.36 <sup>a</sup>                                         | 0.34±0.25 <sup>ab</sup>  | 0.05±0.02 <sup>c</sup>   |
|                                 |                                       | AL                | 0.15±0.02 <sup>bc</sup>      | 0.14±0.02 <sup>bc</sup>  | 0.14±0.01 <sup>bc</sup>  | 0.08±0.01 <sup>c</sup>   | 0.08±0.01 <sup>c</sup>                                         | 0.08±0.02 <sup>c</sup>   | 0.02±0.02 <sup>c</sup>   |

ตารางที่ 4.44 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน

| คุณลักษณะ               | ตัวอย่างผลิตภัณฑ์<br>ลูกหยีเคี้ยวหนุบ | สถานะ<br>การ<br>บรรจุ | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) |                           |                           |                           |                                                                |                           |                           |
|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                         |                                       |                       | 0                            | 1                         | 2                         | 3                         | 4                                                              | 5                         | 6                         |
| วิตามินซี<br>(mg/100ml) | ชุดควบคุม                             | PP                    | 2.14±0.15 <sup>a</sup>       | 2.15±0.14 <sup>a</sup>    | 1.75±0.05 <sup>b</sup>    | 1.66±0.10 <sup>bc</sup>   | 1.52±0.03 <sup>c</sup>                                         | 1.35±0.05 <sup>d</sup>    | 1.13±0.05 <sup>e</sup>    |
|                         |                                       | AL                    | 2.18±0.11 <sup>a</sup>       | 2.07±0.06 <sup>a</sup>    | 2.00±0.10 <sup>a</sup>    | 1.81±0.11 <sup>b</sup>    | 1.79±0.09 <sup>b</sup>                                         | 1.68±0.08 <sup>bc</sup>   | 1.57±0.06 <sup>c</sup>    |
|                         | กรด                                   | PP                    | 0.18±0.14 <sup>a</sup>       | 0.14±0.10 <sup>a</sup>    | 0.21±0.17 <sup>a</sup>    | 0.11±0.09 <sup>a</sup>    | ยุติการเก็บรักษาเนื่องจากมีปริมาณเชื้อเกินกว่า<br>มาตรฐานกำหนด |                           |                           |
|                         |                                       | AL                    | 0.17±0.14 <sup>a</sup>       | 0.11±0.08 <sup>a</sup>    | 0.09±0.06 <sup>a</sup>    | 0.07±0.05                 |                                                                |                           |                           |
|                         | กลีเซอริน                             | PP                    | 0.030±0.0016 <sup>ab</sup>   | 0.015±0.0036 <sup>b</sup> | 0.018±0.0015 <sup>b</sup> | 0.015±0.0026 <sup>b</sup> | 0.015±0.0037 <sup>b</sup>                                      | 0.015±0.0035 <sup>b</sup> | 0.018±0.0060 <sup>b</sup> |
|                         |                                       | AL                    | 0.014±0.0055 <sup>b</sup>    | 0.021±0.0058 <sup>b</sup> | 0.017±0.0045 <sup>b</sup> | 0.072±0.093 <sup>a</sup>  | 0.017±0.0046 <sup>b</sup>                                      | 0.016±0.0093 <sup>b</sup> | 0.021±0.0078 <sup>b</sup> |
|                         | กรด<br>และกลีเซอริน                   | PP                    | 0.03±0.03 <sup>b</sup>       | 0.03±0.01 <sup>b</sup>    | 0.02±0.01 <sup>b</sup>    | 0.08±0.01 <sup>a</sup>    | 0.02±0.01 <sup>b</sup>                                         | 0.02±0.009 <sup>b</sup>   | 0.02±0.01 <sup>b</sup>    |
|                         |                                       | AL                    | 0.01±0.01 <sup>b</sup>       | 0.03±0.01 <sup>b</sup>    | 0.02±0.001 <sup>b</sup>   | 0.02±0.01 <sup>b</sup>    | 0.02±0.01 <sup>b</sup>                                         | 0.02±0.01 <sup>b</sup>    | 0.01±0.01 <sup>b</sup>    |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

<sup>\*ns</sup> ในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

### ผลการศึกษาคุนภาพทางด้านจุลชีววิทยา

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบมีความสำคัญต่อการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นำผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบทั้งสูตร 3 สูตร ได้แก่ 1.) กรดทาร์ทาริก ร้อยละ 2 2.) กลีเซอริน ร้อยละ 1 3.) กรดทาร์ทาริก ร้อยละ 2 และกลีเซอริน ร้อยละ 1 บรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (AL) และถุงพอลิโพรไพลีน (PP) ที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ โดยที่การเก็บรักษาในถุง AL สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าถุงชนิด PP ทุกระยะเวลาเก็บ 1-6 เดือน ซึ่งปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรามีนแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณลดลงจากสภาวะการเก็บทั้งความชื้น แสง และปัจจัยอื่น ๆ โดยที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่มีการเติมกรดและกลีเซอริน มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา ในระยะเวลา 0 เดือน  $1.04 \times 10^3$  -  $3.2 \times 10^3$  และ  $\leq 10$  CFU/g ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษา 6 เดือน ที่เก็บในถุง PP และ AL มีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราช่วง  $4.4 \times 10^3$  -  $7.72 \times 10^5$  และ  $5.98 \times 10^3$  -  $7.77 \times 10^3$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.45) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรา เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เยลลี่เหลว เยลลี่อ่อน และเยลลี่แข็ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547) และใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ ทั้งนี้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนได้กำหนดไว้ว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน  $1 \times 10^4$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และปริมาณยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม จากผลการวิเคราะห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่เติมกรด มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน กำหนดไว้ จึงยุติการเก็บรักษาเพียงเท่านี้ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบสูตรที่ 2 และ 3 ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

ตารางที่ 4.45 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน

| คุณลักษณะ                                  | ตัวอย่าง<br>ผลิตภัณฑ์<br>ลูกหยีเคี้ยวหนุบ | สภาวะการ<br>บรรจุ | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                            |                                           |                   | 0                            | 1                  | 2                  | 3                  | 4                  | 5                  | 6                  |
| ปริมาณ<br>จุลินทรีย์<br>ทั้งหมด<br>(CFU/g) | ชุดควบคุม                                 | PP                | $2.45 \times 10^2$           | $1.23 \times 10^3$ | $2.78 \times 10^3$ | $3.62 \times 10^3$ | $4.71 \times 10^3$ | $5.98 \times 10^3$ | $6.83 \times 10^3$ |
|                                            |                                           | AL                | $1.32 \times 10^2$           | $2.65 \times 10^2$ | $2.29 \times 10^3$ | $3.01 \times 10^3$ | $3.97 \times 10^3$ | $4.35 \times 10^3$ | $5.27 \times 10^3$ |
|                                            | กรด                                       | PP                | $3.2 \times 10^2$            | $1.64 \times 10^3$ | $3.23 \times 10^3$ | $5.23 \times 10^3$ | $6.29 \times 10^4$ | $2.48 \times 10^5$ | $7.72 \times 10^5$ |
|                                            |                                           | AL                | $3.2 \times 10^3$            | $1.42 \times 10^3$ | $3.87 \times 10^3$ | $6.10 \times 10^3$ | $5.24 \times 10^4$ | $1.97 \times 10^5$ | $6.21 \times 10^5$ |
|                                            | กลีเซอริน                                 | PP                | $1.04 \times 10^3$           | $2.67 \times 10^3$ | $3.0 \times 10^3$  | $4.24 \times 10^3$ | $5.5 \times 10^3$  | $5.82 \times 10^3$ | $6.02 \times 10^3$ |
|                                            |                                           | AL                | $1.04 \times 10^3$           | $2.21 \times 10^3$ | $1.8 \times 10^3$  | $3.13 \times 10^3$ | $3.0 \times 10^3$  | $3.19 \times 10^3$ | $4.17 \times 10^3$ |
|                                            | กรด<br>และกลีเซอริน                       | PP                | $6.8 \times 10^3$            | $2.32 \times 10^3$ | $3.3 \times 10^3$  | $4.10 \times 10^3$ | $4.6 \times 10^3$  | $5.12 \times 10^3$ | $5.9 \times 10^3$  |
|                                            |                                           | AL                | $6.8 \times 10^3$            | $2.36 \times 10^3$ | $2.8 \times 10^3$  | $3.03 \times 10^3$ | $3.2 \times 10^3$  | $3.78 \times 10^3$ | $4.4 \times 10^3$  |
| ยีสต์และรา<br>(CFU/g)                      | ชุดควบคุม                                 | PP                | $\leq 10$                    | $1.55 \times 10$   | $1.78 \times 10$   | $2.25 \times 10$   | $3.25 \times 10$   | $3.96 \times 10$   | $7.49 \times 10$   |
|                                            |                                           | AL                | $\leq 10$                    | $1.31 \times 10$   | $1.62 \times 10$   | $1.80 \times 10$   | $2.45 \times 10$   | $4.21 \times 10$   | $6.20 \times 10$   |
|                                            | กรด                                       | PP                | $\leq 10$                    | $1.67 \times 10$   | $4.23 \times 10$   | $5.12 \times 10$   | $2.56 \times 10^2$ | $4.40 \times 10^2$ | $7.27 \times 10^3$ |
|                                            |                                           | AL                | $\leq 10$                    | $1.58 \times 10$   | $3.62 \times 10$   | $6.34 \times 10$   | $2.67 \times 10^2$ | $3.25 \times 10^2$ | $6.89 \times 10^3$ |
|                                            | กลีเซอริน                                 | PP                | $\leq 10$                    | $1.45 \times 10$   | $1.52 \times 10$   | $1.87 \times 10$   | $2.07 \times 10$   | $4.23 \times 10$   | $7.12 \times 10$   |
|                                            |                                           | AL                | $\leq 10$                    | $1.23 \times 10$   | $1.45 \times 10$   | $1.79 \times 10$   | $2.03 \times 10$   | $3.87 \times 10$   | $6.82 \times 10$   |
|                                            | กรด<br>และกลีเซอริน                       | PP                | $\leq 10$                    | $1.43 \times 10$   | $1.63 \times 10$   | $1.82 \times 10$   | $2.23 \times 10$   | $3.10 \times 10$   | $6.19 \times 10$   |
|                                            |                                           | AL                | $\leq 10$                    | $1.28 \times 10$   | $1.47 \times 10$   | $1.71 \times 10$   | $1.97 \times 10$   | $3.25 \times 10$   | $5.98 \times 10$   |

#### 4.4 ข้อมูลเชิงการตลาดของผลิตภัณฑ์ลูกหยีในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้

##### 4. 4.1 ข้อมูลเชิงการตลาดของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มและน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น

###### 4. 4.1.1 การทดสอบทางการตลาดของผู้บริโภคทั่วไป

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ในจังหวัดปัตตานี ยะลา นราธิวาส พบว่า เป็นเพศหญิงส่วนมาก ร้อยละ 70.7 ซึ่งในส่วนของอายุได้มีศึกษาก่อนลงพื้นที่จริงได้ สอบถาม และสัมภาษณ์ ผู้บริโภค อายุตั้งอยู่ต่ำกว่า 20 ปี จำนวน 300 คน ที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม โดยทำการทดสอบแบบ Central Location Test (CLT) พบว่า เป็นเพศหญิงคิดเป็น ร้อยละ 70.7 เพศชายคิดเป็น ร้อยละ 29.3 ช่วงอายุของผู้บริโภคส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 21-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 59.3 ตามลำดับ การศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี โดยคิดเป็น ร้อยละ 54.7 และตามด้วยต่ำกว่า ม.6 คิดเป็นร้อยละ 34.7 ตามลำดับ แล้วโดยส่วนใหญ่ยังเป็นนักเรียน นักศึกษามากที่สุด ร้อยละ 51.0 และตามด้วยลูกจ้าง ร้อยละ 21.0 ตามลำดับ โดยรายได้ไม่น้อยกว่า 5,000 บาท ร้อยละ 58.7 เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นนักเรียนและนักศึกษา

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ลูกหยี ถ้าในอนาคตมีผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและพร้อมดื่มผู้บริโภคให้ความสนใจดีมาก คิดเป็นร้อยละ 55.3 และส่วนใหญ่ผู้บริโภคมักซื้อที่ร้านค้าสะดวกซื้อ เช่น 7-eleven ร้อยละ 52.0 รองลงมา ร้านขายของชำทั่วไป ร้อยละ 33.7 ส่วนรูปแบบบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มที่เหมาะสม ซึ่งในส่วนของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มต้องการบรรจุภัณฑ์แบบขวดพลาสติกใสหรือขุ่น คิดเป็นร้อยละ 42.0 และตามด้วยขวดแก้วใส คิดเป็นร้อยละ 36.0 ตามลำดับ ส่วนน้ำลูกหยีเข้มข้นต้องการบรรจุภัณฑ์แบบขวดแก้วใส คิดเป็นร้อยละ 58.3 และตามด้วยขวดพลาสติกใสหรือขุ่นคิดเป็น ร้อยละ 24.7 ส่วนลักษณะฝาปิดบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม พบว่า น้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มแบบฝาเกลียวพลาสติกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 62.7 รองลงมาฝาเกลียวเปิดกว้าง คิดเป็นร้อยละ 19.7 และน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นแบบฝาเกลียวเปิดกว้าง คิดเป็นร้อยละ 41.3 และฝาเกลียวพลาสติกคิดเป็น ร้อยละ 37.0 เป็นต้น และผู้บริโภคต้องการขนาดบรรจุที่เหมาะสมของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มที่ขนาด 180-199 มิลลิลิตร คิดเป็นร้อยละ 71.7 และส่วนขนาดบรรจุที่เหมาะสมของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นที่ขนาด 200-350 มิลลิลิตร คิดเป็นร้อยละ 67.3 ตามลำดับ

ผลคะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและพร้อมดื่ม ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว ความกลมกล่อม ความข้นหนืด การตกตะกอน ความชอบโดยรวม ประเมินผลโดยวิธี 5 point hedonic scaling test (คะแนน 5 หมายถึง

ชอบมากที่สุด 4 หมายถึงชอบมาก 3 หมายถึง ชอบปานกลาง 2 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย และคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมาก) (Lawless และ Heymann, 1999) ซึ่งการจากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความชอบด้านต่างๆ ต่อผลิตภัณฑ์น้ำสักดลูกหิพร้อมดื่ม ผลการให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะมีคะแนนความชอบรสชาติ ความเปรี้ยว ความกลมกล่อม กลิ่นรส และความชอบโดยรวม อยู่ในระดับความชอบปานกลาง ส่วนในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี ความหวาน ความเค็ม ความขื่นหนืด การตกตะกอน และส่วนจากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความชอบด้านต่างๆ ต่อผลิตภัณฑ์น้ำสักดลูกหิเข้มข้น ผลการให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะมีคะแนนความชอบสี รสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวม อยู่ในระดับความชอบปานกลาง ส่วนในคุณลักษณะด้าน ลักษณะปรากฏ ความเปรี้ยว ความหวาน ความเค็ม ความกลมกล่อม ความขื่นหนืด และการตกตะกอน นอกจากนี้ ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำสักดลูกหิเข้มข้นและพร้อมดื่ม ร้อยละ 97.0 และตัดสินใจซื้อ ร้อยละ 96.7 และจุดประสงค์หลักในการซื้อน้ำผลไม้เพราะเพื่อสุขภาพมีประโยชน์ต่อร่างกาย ผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อดับกระหาย รสชาติอร่อย เพื่อความสดชื่น คิดเป็นร้อยละ 30.0, 18.7, 17.0 และ 16.7 ตามลำดับ

#### 4.4.1.2 การทดสอบทางการตลาดของนักท่องเที่ยว

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ที่เป็นชาวต่างชาติ นักท่องเที่ยว และอื่นๆ ซึ่งผู้บริโภคโดยส่วนใหญ่อายุมากกว่า 20 ปีขึ้นไปจำนวน 100 คน มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำสักดลูกหิเข้มข้นและน้ำสักดลูกหิพร้อมดื่ม โดยทำการทดสอบแบบ Central Location Test (CLT) พบว่า เป็นเพศหญิง คิดเป็น ร้อยละ 64.7 เพศชาย คิดเป็น ร้อยละ 36.7 ช่วงอายุของผู้บริโภคส่วนใหญ่อายุระหว่าง 21-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 80.0 ตามลำดับ การศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี โดยคิดเป็น ร้อยละ 99.0 แล้วโดยส่วนใหญ่ยังเป็นนักเรียน โดยรายได้น้อยกว่า 5,000 บาท เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นนักเรียนและนักศึกษาและภูมิลำเนาส่วนใหญ่ ราชอาณาจักรกัมพูชา คิดเป็นร้อยละ 32.0 และรองลงมาเป็นสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม คิดเป็นร้อยละ 25.0 และสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์ คิดเป็นร้อยละ 22.0 ตามลำดับ

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ลูกหิ ถ้ามีผลิตภัณฑ์น้ำสักดลูกหิเข้มข้นและพร้อมดื่มผู้บริโภคให้ความสนใจดีมาก คิดเป็นร้อยละ 41.0 และส่วนใหญ่ผู้บริโภคมักซื้อที่ร้านค้าสะดวกซื้อ เช่น 7-eleven ร้อยละ 50.0 รองลงมาร้านขายของชำทั่วไป ร้อยละ 38.0 ส่วนรูปแบบบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์น้ำสักดลูกหิเข้มข้นและน้ำสักดลูกหิพร้อมดื่มที่เหมาะสม ซึ่งในส่วนของน้ำสักดลูกหิพร้อมดื่มต้องการบรรจุภัณฑ์แบบขวดแก้วใส คิดเป็นร้อยละ 39.0 และตามด้วยขวดพลาสติกใสหรือขุ่น คิด

เป็นร้อยละ 23.0 ตามลำดับ ส่วนน้ำลูกหยีเข้มต้องการบรรจุภัณฑ์แบบขวดใส คิดเป็นร้อยละ 35.0 และตามด้วยขวดพลาสติกใสหรือซุ่นคิดเป็น ร้อยละ 29.0 ส่วนลักษณะฝาปิดบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม พบว่า น้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มแบบฝาเกลียวพลาสติกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 56.0 รองลงมาฝาแม่ชี-แคป คิดเป็นร้อยละ 17.0 และน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นแบบฝาเกลียวพลาสติกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 58.0 และฝาจิบ คิดเป็นร้อยละ 19.0 เป็นต้น และผู้บริโภคต้องการขนาดบรรจุที่เหมาะสมของน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มที่ขนาด 180-199 มิลลิลิตร คิดเป็นร้อยละ 90.33 รองลงมาขนาด 160-179 มิลลิลิตร คิดเป็นร้อยละ 6.33 ตามลำดับ และส่วนขนาดบรรจุที่เหมาะสมของน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นที่ขนาด 200-350 มิลลิลิตร คิดเป็นร้อยละ 84.67 และตามด้วยที่ขนาด 180-200 และ 550-600 มิลลิลิตร คิดเป็นร้อยละ 3.33 ตามลำดับ

ผลคะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและพร้อมดื่ม ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว ความกลมกล่อม ความข้นหนืด การตกตะกอน ความชอบโดยรวม ประเมินผลโดยวิธี 5 point hedonic scaling test (คะแนน 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด 4 หมายถึงชอบมาก 3 หมายถึง ชอบปานกลาง 2 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย และคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมาก) (Lawless และ Heymann, 1999) ซึ่งจากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความชอบด้านต่างๆ ต่อผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม ผลการให้คะแนนความชอบโดยรวม ในแต่ละคุณลักษณะ มีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับความชอบปานกลาง และส่วนของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น ผลการให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะ มีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับความชอบมาก นอกจากนี้ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและพร้อมดื่ม ร้อยละ 89.0 และตัดสินใจซื้อ ร้อยละ 86.0 และจุดประสงค์หลักในการซื้อน้ำผลไม้เพราะผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อสุขภาพมีประโยชน์ต่อร่างกาย รสชาติอร่อย ขจัดความง่วงนอน คิดเป็นร้อยละ 29.0, 24.0, 18.0 และ 11.0 ตามลำดับ

#### 4.4.2 ข้อมูลเชิงการตลาดของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

##### 4. 4.2.1 การทดสอบทางการตลาดของผลิตภัณฑ์ของกลุ่มผู้บริโภค

เพศของผู้ทดสอบความยอมรับของผู้บริโภคคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบลูกหยีในด้านความหวาน (คะแนน 1-9) อายุของผู้ทดสอบความยอมรับของผู้บริโภค ท่านรับประทานผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบบ่อยแค่ไหนต่อสัปดาห์ และ หากมีการผลิตผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบจากลูกหยี เพื่อจัดจำหน่าย คุณคิดว่าจะซื้อหรือไม่ อายุช่วง 21-30 ปี มีการตัดสินใจเลือกซื้อมากกว่า ร้อยละ 50.8 รายได้ต่อเดือนของผู้บริโภค มีผล

ต่อท่านชอบรับประทานผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบหรือไม่ และมีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ โดยการเลือกร้านสะดวกซื้อมากที่สุด ร้อยละ 68.3 ส่วนระดับการศึกษามีผลต่อการเลือกบริโภคในปริมาณ 1-2 ถูงต่อวัน และเลือกซื้อแหล่งที่มีผลิตภัณฑ์ ใกล้สถานที่ทำงาน/รร./ออกกำลังกาย ร้อยละ 61.7

#### 4.4.2.2 การทดสอบทางการตลาดของผู้บริโภคทั่วไป

การทดสอบทางการตลาดในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ มีผู้ทดสอบทางการตลาด 300 คน ช่วงอายุประมาณ 20-35 ปี จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่สำคัญในการตัดสินใจเลือกซื้อ เพื่อบริโภคผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ ร้อยละ 91.1 โดยที่เพศหญิงชื่นชอบมากกว่าชาย ร้อยละ 69.8 ซึ่งแสดงว่าผลิตภัณฑ์เป็นที่น่าสนใจและดึงดูดผู้บริโภค แต่ราคาของผู้บริโภคต้องการ 8-10 บาท มากที่สุด ร้อยละ 60.7 กลุ่มอาชีพหลักของผลิตภัณฑ์คือนักศึกษา นักเรียน และลูกจ้าง มีการศึกษาปริญญาตรี โดยการบริโภคผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยเลือกซื้อในร้านสะดวกซื้อ ซึ่งใช้ค่าใช้จ่ายในการซื้อประมาณ 8-10 บาท ซื้อครั้งละ 1-2 ถูง ผลิตภัณฑ์ของผู้ทดสอบทางการตลาดมีความยอมรับด้านสี รสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ เกณฑ์ในระดับชอบมาก ซึ่งมีข้อมูลที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์มีหลายปัจจัยคือ

1. พื้นที่แต่ละจังหวัดมีการเลือกทั้ง จังหวัด 3 จังหวัดมีผลต่อสถานที่ซื้อโดยเลือก ร้านสะดวกซื้อ มากที่สุด ร้อยละ 62.3 ในจำนวนนี้จังหวัดยะลาความนิยมของผู้บริโภคนิยมเลือกร้านสะดวกซื้อ มากที่สุด ร้อยละ 38.0 ของปริมาณการเลือกซื้อร้านสะดวกซื้อทั้ง 3 จังหวัด ซึ่งร้านสะดวกซื้อโดยเลือกสถานที่ใกล้ที่ทำงาน โรงเรียน สถานที่ออกกำลังกาย สูงถึงร้อยละ 6.17 มีผลต่อลักษณะรูปแบบของผลิตภัณฑ์โดยผู้บริโภคชอบรูปทรงวงรี สูงที่สุด ร้อยละ 32.0

2. เพศของผู้บริโภคมีผลต่อการทำให้การเลือกซื้อการใช้จ่ายในการเลือกราคาต่อถูงแตกต่างกัน และมีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่นรส รสชาติ และความง่ายของผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

3. อาชีพของการทดสอบทางการตลาดมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบต่อครั้ง ในการเลือกซื้อ ร้านที่เลือกซื้อ โดยเลือกซื้อจากร้านสะดวกซื้อ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการเลือกผลิตภัณฑ์จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้าน ความเหนียวหนุบของผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ และความหวานของผลิตภัณฑ์

4. รายได้ของการทดสอบทางการตลาด มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ สถานที่ซื้อของ ผลิตภัณฑ์และลักษณะสี กลิ่นรส รสชาติ การยืดเกาะ ความเหนียวหนุบ ความยากง่ายต่อการกลืน ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวม
5. การศึกษามีผลต่อค่าใช้จ่ายในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ ลักษณะรูปแบบของผลิตภัณฑ์เป็นแบบวงรี มากที่สุด และความยากง่ายของการกลืน

#### 4.4.2.3 การทดสอบทางการตลาดของนักท่องเที่ยวนักท่องเที่ยว

การทดสอบทางการตลาดของนักท่องเที่ยวในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้จำนวน 100 คน โดยที่กลุ่มนักท่องเที่ยวให้ความยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ผ่านการพัฒนาโดยคิด ร้อยละ 94.2 และไม่ยอมรับที่จะเลือกซื้อ ร้อยละ 5.8 โดยที่ปัจจัยสำคัญต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์คือเพศมีผลต่อการเลือกบริโภค ซึ่งเพศมีผลต่อสถานที่ซื้อ โดยหญิงมีรสนิยมเลือกซื้อร้านสะดวกซื้อมากกว่าเพศชายขณะที่ผู้ชายซื้อได้ตามความสะดวกมากกว่าหญิง โดยเพศหญิงกินบ่อยกว่าเพศชาย อายุของนักท่องเที่ยวมีผลต่อการเลือกผลิตภัณฑ์ทางด้านลักษณะสี การศึกษามีผลต่อการชอบของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการส่งออกผลิตภัณฑ์ประเภทเคี้ยวหนุบสามารถส่งออกได้หลายประเทศในอาเซียน ได้แก่ ลาว กัมพูชา มาเลเซีย และพม่า ขณะที่ประเทศแถบเอเชีย ได้แก่ ประเทศจีน เป็นต้น

#### 4.4.3 ต้นทุนการผลิตของเครื่องอบแห้ง ผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยี และลูกหยีเคี้ยวหนุบ

##### 4.4.3.1 เครื่องอบแห้ง

การผลิตเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับรังสีอินฟราเรดมีต้นทุนการผลิตประมาณ 50,000 บาท /เครื่อง (ตารางที่ 4.46) ซึ่งมีราคาที่ถูกกว่าเครื่องอบแห้งที่มีการจำหน่ายในท้องตลาดมากถึง ร้อยละ 50 ซึ่งปกติเครื่องอบชนิดราคาเริ่มต้นที่ระดับ 100,000 บาท ช่วยส่งเสริมให้ผู้ประกอบการประหยัดต้นทุนการผลิตและพลังงาน ลดค่าใช้จ่ายลง การดูแลรักษาของเครื่องมีความง่ายและการทำงานมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

##### 4.4.3.2 ผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยี

การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีเข้มข้น และน้ำลูกหยีพร้อมดื่มพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีเข้มข้น ที่สกัดได้จากเนื้อลูกหยีต่อน้ำที่ใช้ในการสกัดน้ำลูกหยีเข้มข้น 1:3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และปริมาณของแข็งที่ละลายหมดได้ทั้งหมด 60 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.3 และปริมาณแซนแทนกัม 0.2% (w/v) และคาร์บอนซีเมทิลเซลลูโลส 0.2% (w/v) โดยต้นทุนผลิตภัณฑ์

น้ำลูกหยีเข้มข้นบรรจุขวดแก้ว 39.16 บาท/ขวด และต้นทุนผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีเข้มข้นบรรจุขวด PET 34.59 บาท/ขวด ที่ปริมาตรบรรจุขวดขนาด 250 มิลลิลิตร ดังตารางที่ 4.62 ส่วนผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีพร้อมดื่ม พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีพร้อมดื่มที่สกัดได้จากเนื้อลูกหยีต่อน้ำที่ใช้ในการสกัดน้ำลูกหยีพร้อมดื่ม 1:10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และปริมาณของแข็งที่ละลายหมดได้ทั้งหมด 18 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.3 และปริมาณแซนแทนกัม 0.1% (w/v) โดยต้นทุนผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีพร้อมดื่มบรรจุขวดแก้ว 15.91 บาท/ขวดบรรจุขวด และต้นทุนผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีพร้อมดื่มบรรจุขวด PET 12.21 บาท/ขวด ที่ปริมาตรบรรจุขวดขนาด 180 มิลลิลิตร (ตารางที่ 4.46)

#### 4.4.3.3 ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

การคำนวณต้นทุนการผลิตและบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ พบว่า วิธีการเตรียมน้ำลูกหยีแบบไม่ผ่านการกรอง ช่วยลดต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบที่ผ่านการกรอง โดยการผลิตต่อครั้ง ให้ผลผลิต 160 ชิ้น ชิ้นละ 4.5 กรัม ต้นทุนการผลิตจากค่าแรง ค่าเสื่อมราคา ค่าไฟฟ้า และค่าแก๊ส 90 บาท/ครั้ง รวมเป็นเงิน 225.75 บาท เมื่อต้องการจำหน่ายในบรรจุภัณฑ์และค่าบรรจุภัณฑ์ AL ขนาด 5x6 เซนติเมตร จำหน่ายราคาถุงละ 14.11 บาท (ตารางที่ 4.46) ขายในตลาดราคา 25 บาท/ถุง ให้กำไร ร้อยละ 77.18 การบรรจุภัณฑ์ในถุง AL มีข้อดี คือบรรจุภัณฑ์จะมีลักษณะหนา ทนต่อการเกิดรอยขีดข่วน สามารถป้องกันอากาศและความชื้นซึมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ เมื่อขนส่งและจัดจำหน่ายจะมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า คุ่มทุนต่อการลงทุนและคงรักษาไว้ซึ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

ตารางที่ 4.46 ต้นทุนการผลิตของการพัฒนาเครื่องอบแห้งและผลิตภัณฑ์จากลูกหยี

| ผลิตภัณฑ์/เครื่อง                            | ราคาต่อทุน (บาท) | ราคาจำหน่าย (บาท) |
|----------------------------------------------|------------------|-------------------|
| เครื่องอบ                                    | 50,000           | 70,000            |
| น้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม 180 มิลลิลิตร ขวดแก้ว | 15.91            | 20                |
| น้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม 180 มิลลิลิตร ขวด PET | 12.21            |                   |
| น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น 250 มิลลิลิตร ขวดแก้ว   | 39.16            | 50                |
| น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น 250 มิลลิลิตร ขวด PET   | 34.59            |                   |
| ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ                    | 14.11            | 25                |

## 4.5 ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนและวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

### 4.5.1 เครื่องอบแห้ง

การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการในพื้นที่ อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี ได้แก่ ลูกหยีวีรวงศ์ 2 ฮามีตะห์ และแม่เลือน การนำองค์ความรู้ต่อผู้ประกอบการมีความสนใจและยินดีจะใช้องค์ความรู้ใช้ในการอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับรังสีอินฟราเรดให้กับสถานประกอบการ ซึ่งมีความพึงพอใจต่อเครื่องอบที่ผลิต เครื่องอบมีการใช้งานที่ง่ายและประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากที่ได้งานแล้วช่วยลดพลังงานพลังงานไฟฟ้าต่อปีเป็นเงิน 10,000 บาท

### 4.5.2 ผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยี

การถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยการลงพื้นที่สถานประกอบการ 4 ผู้ประกอบการ ได้แก่ วีรวงศ์ 2 แม่เลือน ฮามีตะห์ ชุมชน กลุ่มแม่บ้านในอำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี โดยมีผู้เข้าร่วมสนใจทั้งหมดจำนวน 11 คน ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน ผู้ประกอบการ เกี่ยวกับกระบวนการผลิตและองค์ความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม โดยมีการประเมินความพึงพอใจต่อการเข้าร่วมความพึงพอใจต่อการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ และมีความพึงพอใจการเข้าร่วมโครงการ คิดเป็นร้อยละ 4.05, 3.83, 4.65, 4.16 ตามลำดับ ซึ่งทางผู้ประกอบการต้องการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ นำสูตรและกระบวนการผลิตใช้ในสถานประกอบการได้ต่อไป

### 4.5.3 ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ

การถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยการลงพื้นที่สถานประกอบการ 4 ผู้ประกอบการ ได้แก่ วีรวงศ์ 2 แม่เลือน ฮามีตะห์ ในอำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี และอามานีลูกหยี ตำบลลำใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดยะลา ให้ผู้ประกอบการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ ผู้เข้าร่วมโครงการส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ซึ่งมีระดับความชอบต่อผลิตภัณฑ์โดยรวม  $8.43 \pm 0.76$  และถ่ายทอดองค์ความรู้และแลกเปลี่ยนนำไปใช้ประโยชน์ในการต่อยอดในการผลิต ซึ่งทางผู้ประกอบการต้องการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบเปิดช่องทางการเลือกซื้อของผู้บริโภค ร้อยละ 72 ในด้านนำสูตรและกระบวนการผลิตใช้ในสถานประกอบการได้ต่อไป ร้อยละ 86.00



ภาพที่ 4.19 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน ผู้ประกอบการ เกี่ยวกับกระบวนการผลิตและองค์ความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม

## บทที่ 5

---

สรุปผลการวิจัย และ

ข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาและยกระดับผลิตภัณท์ลูกหยีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ ซึ่งศึกษาการเก็บเกี่ยวของผลผลิตแต่ละปีในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ การเก็บเกี่ยว ปริมาณของต้นลูกหยี การตัดกิ่ง การเก็บรักษาวัตถุดิบหลังการเก็บเกี่ยว รวมทั้งการบริหารจัดการให้มีวัตถุดิบลูกหยีเพียงพอต่อการดำเนินการผลิตแต่ละปี ข้อมูลการเก็บเกี่ยวของผลผลิตวัตถุดิบการเก็บเกี่ยวลูกหยีสดบนต้นที่มีอายุของลูกหยีประมาณ 5 เดือน หลังจากการออกดอกโดยการเก็บ ลูกหยีแต่ละต้นให้ผลผลิตประมาณ 50-80 กิโลกรัม เมื่อนำมาเตรียมกะเทาะเปลือกที่ผ่านการตากแดดหรือการอบแห้งร้อยละผลผลิตของเนื้อลูกหยี ร้อยละ 36.92-37.87 ซึ่งวิเคราะห์สมบัติของลูกหยีที่กะเทาะเปลือกมีปริมาณความชื้น ในช่วงร้อยละ  $10.10 \pm 3.80$ - $15.56 \pm 0.50$  ซึ่งต้องผ่านการตากแดดหรืออบแห้งอีกรอบ เพื่อลดความชื้นให้ได้เท่ากับ  $6.59 \pm 0.74$  ซึ่งจะใกล้เคียงกับลูกหยีที่ผู้ประกอบการเก็บรักษาได้นาน ลูกหยีแห้งมีความเป็นกรดสูง ซึ่งมีค่า pH  $2.83$ - $2.98 \pm 0.01$  มีปริมาณเส้นใยอาหารที่อยู่ในระดับร้อยละ  $4.30 \pm 0.096$ - $5.14 \pm 0.51$  ซึ่งสามารถช่วยระบบขับถ่ายได้เป็นอย่างดี องค์ประกอบทางเคมี คุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระของลูกหยี ลูกหยีแห้งมีปริมาณความชื้น ร้อยละ  $6.59 \pm 0.74$  ค่าความสว่าง  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  เท่ากับ  $30.10 \pm 0.01$ ,  $14.49 \pm 0.01$  และ  $12.16 \pm 0.01$  ตามลำดับ ปริมาณไขมันในปริมาณน้อยเพียง ร้อยละ  $1.29 \pm 0.55$  ส่วนคุณค่าทางโภชนาการของเกลือแร่ พบว่า ลูกหยีแห้งมีปริมาณของโพแทสเซียม มีปริมาณสูง  $1281.48 \pm 1.94$  มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร รองลงมาปริมาณของแคลเซียม  $52.30 \pm 0.26$  มิลลิกรัม/100 มิลลิกรัม

การรักษาคุณภาพของลูกหยีหลังการเก็บเกี่ยวมีคุณภาพแตกต่างกัน และมีการใช้กระบวนการผลิตลูกหยีโดยการตากแห้งมีการปนเปื้อนของสิ่งเจือปนอื่น ๆ โดยการออกแบบเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับรังสีอินฟราเรด ในการช่วยลดต้นทุน และราคาเครื่องถูกกว่าในท้องตลาด โดยการใช้สารพาราฟินแว็กซ์เก็บความร้อนเพื่อการพัฒนา กลุ่มอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งลูกหยีที่สามารถให้คุณภาพของผลลูกหยีอบแห้งที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับการตากแดดแบบทั่วไปของเกษตรกรซึ่งมีการตรวจวัดคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการตรวจวัดทางกายภาพ โดยได้สภาวะในการอบแห้งที่ดีที่สุดคือ ใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และสามารถประหยัดเวลาในการอบแห้งให้ลดลงมาเพียงแค่หนึ่งชั่วโมงต่อหนึ่งรอบการผลิตลูกหยีอบแห้ง 6 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณความชื้นของลูกหยีเทียบเท่ากับเครื่องที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยให้ลูกหยีแห้งมีปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 8-12 เมื่อเปรียบเทียบกับในหนึ่งรอบการแปรรูประหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมและเครื่องอบแห้งลมร้อน จะมีกำไรสูงกว่าเครื่องอบแห้งลมร้อนอยู่ประมาณ 10 บาทขึ้นไป โดยขึ้นอยู่กับสภาวะภูมิอากาศที่เครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมจะไม่ทำงานตลอดการแปรรูปในวันที่มีแสงอาทิตย์และ

อุณหภูมิของสภาพอากาศสูง ซึ่งการแปรรูปด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมจะใช้พลังงานไฟฟ้าในการแปรรูปที่น้อยกว่าและยังสามารถคืนทุนได้เร็วกว่าอีกด้วย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความเหมาะสมต่อวัตถุดิบ โดยการนำวัตถุดิบใหม่ผลิตเป็นน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม และน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม ด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรส์ โดยการออกแบบผลิตภัณฑ์จากผู้ประกอบการและผู้บริโภค รูปแบบผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีต้องการบรรจุในภาชนะประเภท ขวดพลาสติกขวดแก้ว ความต้องการขนาดของบรรจุภัณฑ์ที่ขนาดระหว่าง 180-199 มิลลิลิตร และ 200-219 มิลลิลิตร และคุณลักษณะด้านกลิ่นรสลูกหยีให้คงกลิ่นรสตามธรรมชาติ รสชาติของน้ำลูกหยีต้องการให้มีความเค็มเล็กน้อย รสชาติและความหวานปานกลางและต้องการให้มีเปรี้ยวปานกลาง เปรี้ยวเล็กน้อย ในการสกัดน้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นที่ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวคั้น 1:3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยปรับปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด 60 องศาบริกซ์ มีการเติมปริมาณแซนแทนกัม และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.2 และ 0.2 เมื่อต้องการบริโภคเจอจากด้วยน้ำเย็น น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้น 1: 2.33 (น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นร้อยละ 30.00 และ น้ำเย็นร้อยละ 70.00) ซึ่งมีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด 7.53 (ชอบปานกลาง) ขณะที่น้ำลูกหยีพร้อมบริโภคในอัตราส่วนการสกัดน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่มที่ใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวคั้น 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด 18 องศาบริกซ์ และปริมาณเกลือ ร้อยละ 0.3 ปริมาณแซนแทนกัม ร้อยละ 0.1 เมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม บรรจุในขวดแก้ว และขวด PET ดังกล่าวผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน ซึ่งสำหรับคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม ของการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่ายังมีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำลูกหยี (มผช.1438/2552) ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค เมื่อทำการศึกษารายการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ในจังหวัด และนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ จากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความชอบด้านต่างๆ ต่อผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและพร้อมดื่ม ร้อยละ 97.0 และตัดสินใจซื้อ ร้อยละ 96.7 และในส่วนนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ พบว่า ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและพร้อมดื่ม ร้อยละ 89.0 และตัดสินใจซื้อ ร้อยละ 86.0 และเมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตเฉพาะวัตถุดิบ ขวด PET ขวดแก้วที่ขนาด 250 และ 180 มิลลิลิตร ของผลิตภัณฑ์น้ำสกัดลูกหยีเข้มข้นและน้ำสกัดลูกหยีพร้อมดื่ม พบว่า มีต้นทุนการผลิตที่ราคา 34.59 , 39.16 และ 12.21 , 15.91 บาทต่อขวด ตามลำดับ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากการศึกษาข้อมูลทางการตลาดจากผู้ประกอบการและผู้บริโภค พบว่า การออกแบบผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบตามความต้องการของผู้ประกอบการและผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบในรูปทรงรี กลมและเลียนแบบลูกหยีแดงสดหรืออาจจะทำเป็นเหลี่ยมก็ได้ สีแบบธรรมชาติ ไม่แต่งสี และกลื่น มีรสชาติเปรี้ยวอมหวาน เนื้อนุ่มปานกลาง มีความเค็มเล็กน้อย และมีความยากง่ายของการเคี้ยวไม่ติดฟัน ผู้ประกอบการมีความสามารถในการผลิตได้ ร้อยละ 100 หากทำเป็นเชิงธุรกิจเอสเอ็มอี (SME) และผู้บริโภคสนใจที่จะเลือกซื้อบริโภค ร้อยละ 66.00 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เริ่มจากการผลิตจากสูตรเบื้องต้นโดยใช้ส่วนผสมของ ลูกหยี, น้ำตาล, กลูโคสไซรัป, แป้งมันสำปะหลังและน้ำ ในอัตราส่วนปริมาณ 100, 100, 50, 80 และ 20 กรัม ตามลำดับ โดยใช้การทดสอบความพอดี (Just About Right, JAR) ในการทดสอบชิมตัวอย่างและทำการให้ความเห็นของแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่าง เพื่อประเมินความชอบใน ด้านลักษณะสี กลิ่นรส รสชาติ การยึดเกาะของเนื้อ ความเหนียวหนุบ ความยากง่ายของการกลืน ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวม แต่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีเนื้อสัมผัสไม่เหนียวหนุบจึงใช้เจลาติน (ฮาลาล) ในระดับต่าง ๆ โดยใช้ เจลาติน ร้อยละ 9 เป็นส่วนผสมที่เหมาะสม แต่ยังคงมีเนื้อสัมผัสไม่เซตตัวและมีความเหนียวหนุบ มีการปรับปริมาณของน้ำตาลและกลูโคสไซรัป ตามอัตราส่วนที่เหมาะสม ได้สูตรที่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบ ผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบใช้อัตราส่วนผสมของเนื้อ ลูกหยี 100 กรัม น้ำตาลทรายขาว 230 กรัม เกลือป่น 2 กรัม กลูโคสไซรัป 100 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 80 กรัม น้ำ (สำหรับละลายแป้ง) 70 กรัม และน้ำ (สำหรับปั่นผสมกับลูกหยี) 200 กรัม เจลาติน ร้อยละ 9 มีการเติมปริมาณกรดทาร์ทาริก ร้อยละ 2 และ กลีเซอริน ร้อยละ 1 เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาในถุง AL ได้นานกว่า 4 เดือน ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง โดยมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ โดยมีความชอบโดยรวมในการเก็บในถุง AL  $6.85 \pm 0.59$  (ชอบปานกลาง) และความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งคุณภาพของเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกินกว่าที่กฎหมายกำหนดที่ระดับ  $1 \times 10^4$  โคโลนี/กรัมอาหาร การทดสอบทางการตลาด ผู้บริโภคต้องการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 92.77 โดยต้นทุนของการผลิตในการผลิตต่อหน่วย 780 กรัมต่อ 225.75 บาท ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบจำนวน 160 ชิ้น ผลิตภัณฑ์สามารถจำหน่ายในราคา 1 ซองถุง AL ขนาด 5x6 เซนติเมตร 10 ชิ้น น้ำหนักสุทธิ 45 กรัม ต้นทุน 14.11 บาทต่อซอง AL จำหน่ายในราคา 25 บาทต่อ 1 ซอง ซึ่งได้กำไร ร้อยละ 77.18

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลของปริมาณของวัตถุดิบในพื้นที่ยังไม่มีข้อมูลของจำนวนต้นลูกหยีและปริมาณผลผลิตทั้งหมด ควรมีการศึกษาจำนวนผลผลิตกัญชงในพื้นที่ ชนิดของสายพันธุ์ การศึกษาการเพาะลูกหยี การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิต การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของลูกหยีในกระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับรังสีอินฟราเรด และเครื่องอบอื่น ๆ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากลูกหยีเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆมากขึ้น เพื่อส่งเสริมการเพาะปลูกและอนุรักษ์ต้นหยีที่มีอยู่คู่กับพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

บรรณานุกรม



- ภูฤกษ์ ศิริเลิศมุกด. 2547. เซลลูโลสจากเปลือกทุเรียน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :<http://www.material.chula.ac.th/RADIO47/September/radio9-4.htm>. (วันที่ค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2555).
- ก่องกาญจน์ อังสุภาณิช. 2532. การศึกษาการทำน้ำผลไม้ผสมเข้มข้น. ปัญหาพิเศษภาควิชาอุตสาหกรรม คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- กองโภชนาการ กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข. 2544. ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยใส่ส่วนที่กินได้ 100 กรัม. กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.
- กัลยา วาณิชยปัญญา. 2552. สถิติสำหรับงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กุลวดี ครอบพาณิชย์. 2530. อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีในการผลิตน้ำผักและน้ำผลไม้, น.5-10 ในเอกสารประกอบการสัมมนาเทคโนโลยีเพื่อการส่งออกสินค้าอุตสาหกรรม, 18-20 กันยายน 2530. กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, กรุงเทพฯ.
- กูรอชียะห์ ยามิรุติง. 2549. การประเมินคุณภาพโดยวิธีทางประสาทสัมผัส. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- คมชดลีออนไลน์. 2554. ลูกหยีะรังผลิตภัณฑ์ติดดาวอาชีพรายได้ชาวสะตาวา [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :<http://www.komchadluek.net/detail/20110225/89862/ลูกหยีะรังผลิตภัณฑ์ติดดาวอาชีพรายได้ชาวสะตาวา.html>. (วันที่ค้นข้อมูล 13 สิงหาคม 2558).
- คำรณ พัทธกิจ และคณะ. 2546. โครงการการส่งเสริมการสร้างสรค์นวัตกรรมเพื่อ SMEs เรื่อง เครื่องดื่มสมุนไพร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.
- งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. การบรรจุอาหาร. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช., 48:51-121.
- จรรยา วัฒนวิกุล และ พิพัฒน์ พันพาไพร. 2523. การตากแห้งโดยใช้ตู้อบแสงแดด. อาหาร, 12(1) : 60-65.
- จริยา สุขจันทร์, พาริตะ ปือราเฮง และคอรุณนิสา มะลุม. 2555. การพัฒนากระบวนการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้านเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- จารุวัฒน์ เจริญจิต. 2555. เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ และแนวทางการพัฒนา. วารสารวิจัย มข. 17(1): (110-124).

- จิตธนา แจ่มเมธ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2546. เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จินดาพร ภูริพัฒนางษ์. 2545. การเตรียมวัตถุดิบสมุนไพรในรูปสารสกัด. ในการพัฒนาคุณภาพวัตถุดิบสมุนไพร. พิมพ์ครั้งที่ 1. หน้า44-57. ภาควิชาเภสัชเวทและเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.
- จินตนา ดำรงนูล. 2543. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในน้ำผลไม้สำเร็จรูป. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชนัญญา บุญจวง, สิริยุภา เนตรมัย และจิตติศิลป์ กิจเชวงกล. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกอมชนิดแผ่นจากสับปะรดภูเก็ต (*Ananas comosus*) สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร. สำนักวิชาสหวิทยาการ. มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ชมพูนุช เผื่อนพิภพ และ ปรัชญา แพมมงคล. 2554. เครื่องดื่มน้ำมะนาวผสมโยเกิร์ตแบบพาสเจอร์ไรส์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- เชาวลิต อุบลาก, วไลกรณ์ สุทธา และปานทิพย์ ผดุงศิลป์. 2556. การศึกษากรรมวิธีการทำเปลือกแตงโมปรุงรส. สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- เชาวลิตร์ แซ่จ้ง และพรรัตน์ พลายทอง. 2546. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ผสมจากน้ำฝรั่ง. โครงการนักศึกษา คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ชากี นิเซ็ง. 2558. ผลการอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์กับรังสีอินฟราเรดในการแปรรูปบอระเพ็ดอัดแคปซูล. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 เรื่อง การวิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาท้องถิ่นสู่ประชาคมอาเซียน.
- เซเรบอส. 2550. เบอรี่รสกัดเข้มข้นและพ룬รสกัดเข้มข้น [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :<http://www.brandsworld.co.th/cms.www/main.html>. (วันที่ค้นข้อมูล 15 กรกฎาคม 2560).
- ฐานข้อมูลข่าวจังหวัดชายแดนภาคใต้. 2554. ลูกหยียะรังผลิตภัณฑ์ติดดาวอาชีพสร้างรายได้ชาวสะตาวา [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :<http://wbns.oas.psu.ac.th>. (วันที่ค้นข้อมูล 13 สิงหาคม 2558).
- ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร. บริษัทฟอร์แมท.
- ณัฐยา คนเชื้อ. 2544. การพัฒนากระบวนการผลิตมะม่วงแก้วอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 256 หน้า.

- ดรรรัตน์ บุตสบา และคณะ. 2550. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำฝักรองของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเข้าดิน [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.google.com>. (วันที่ค้นข้อมูล 15 กรกฎาคม 2556)
- ดุขฎิ อุตภาพ และน้องนุช เจริญกุล. (2548). เคมีและสมบัติของแป้ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/contact.html>. (วันที่ค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2553).
- ดุขฎิ อุตภาพ และน้องนุช เจริญกุล. 2555. บทที่ 4 สมบัติทางเคมีของคาร์โบไฮเดรต-ไฮโดรคอลลอยด์และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม. เทคโนโลยีของคาร์โบไฮเดรต Carbohydrate Technology สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/chapter4.html> (วันที่ค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2555).
- เต็ม สมิตินันท์. 2523. พรรณไม้แห่งประเทศไทย (ชื่อพฤกษศาสตร์-ชื่อพื้นเมือง). หจก. พันธุ์พืชบลีช กรุงเทพฯ. หน้า 117.
- ทนง ภัคธิ์พันธุ์. 2540. อุตสาหกรรมอาหารเครื่องดื่ม. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. บรรณาธิการ). หน้า 115-289.
- ธนวุฒิ บุญอานวย. 2557. การเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีจากสารสกัดจากเปลือกและเยื่อหุ้มเมล็ดของ ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* (Lour.) Oken) และเสาวรส (*Passif loralaurifolia* L.) โดยวิธีการไตเตรตแบบ Iodimetry. โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น.
- ธีรพงศ์ ศงสนันท์. 2553. การพัฒนาลูกอมโยเกิร์ตชนิดนุ่ม. วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต. สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ธีรวัลย์ ชาญฤทธิแสน, ภัทรภรณ์ ศีสมรรถการ, รัฐชัย เทียงสมบุรณ์ และวิมลศรี สนิพัฒนานกุล. 2545. ผลกระทบของสายต้น ความสุกแก่ และกระบวนการแปรรูปที่มีต่อคุณภาพของน้ำมะม่วงและไวน์มะม่วงจากมะม่วงสามปี. สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. ลำปาง.
- ธีระชัย ไชยศิริ บุญยงค์ วัฒนาโดชัย และ วิโรจน์ โรจนวิสูตร. 2532. เครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าพลังงานแสงอาทิตย์. โครงการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธีระพันธุ์ รัศมีเกียรติศักดิ์. มปป. การศึกษาปริมาณวิตามินซีในสับปะรด โดยเทคนิค Capillary Electrophoresis.

นฤทัย ดาวเรือง. 2540. การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีในน้ำผลไม้พื้นบ้าน.งานวิจัยสำหรับหลักสูตรเคมี  
ศึกษบัณฑิต. สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.เพชรบุรี

วันทนี แสนักดี. 2552. วิจัยตลาด. คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

นวรรณ์ จิระวงศ์ประภา. 2541. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมะขามหวานพร้อมดื่ม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นัสตยา โยเหลา, ภาวดี พันนาม, และชลลดา ศรีทวีภาศ. 2555. การศึกษาหาแนวทางการวัดความเข้มข้นของ  
รังสีอินฟราเรดด้วยเทอร์โมมิเตอร์. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ  
มหาสารคาม.

นารณพี แสนเกลี้ยง และโอบบั่ม ศรีสุดดี. 2551. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกอมจากกากฝรั่ง. แผนงาน  
พิเศษมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพฯ.

น้ำตาล. 2559. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://th.wikipedia.org/wiki/น้ำตาล>. (วันที่ค้นข้อมูล 20  
กรกฎาคม 2559).

น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป, สุขสมาน สังโยคะ และปวีนา น้อยทัพ. 2557. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีสมุนไพร ที่  
มีฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม มหาวิทยาลัยนเรศวร. หน้า  
34-41.

น้ำผึ้ง เอกศรีสกุล. 2550. การลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการผลิตเยลลี่ผสมเจลาติน.  
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

น้ำมะขามสูตรเครื่องดื่ม เมนูคลายร้อน. 2558. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :  
<http://nlovecooking.com/pineapple-juice/>. (วันที่ค้นข้อมูล : 6 สิงหาคม 2558).

นิดดา สกุลครูและทวีทอง หงส์วิวัฒน์. 2550. หยี่ในผลไม้ 111 ชนิด: คุณค่าอาหารและการกิน. กรุงเทพฯ.  
หน้า 255.

นิตยสาร BrandAge. 2545. ตลาดน้ำผลไม้พร้อมดื่ม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :  
<http://www.brandage.com/category/magazine> (วันที่ค้นข้อมูล: 10 ธันวาคม 2558).

นิธยา รัตนานนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2552. carboxy methyl cellulose cmc. [ออนไลน์].  
เข้าถึงได้จาก : <http://www.foodnetworksolution.com/vocab/word/>. (วันที่ค้นข้อมูล : 8  
มกราคม 2559).

นิธยา รัตนานนท์. 2543. ปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลในเคมีอาหาร. หน้า 307-322. ภาควิชา  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- นิธิยา รัตนานนท์. 2544. หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น. ภาควิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2545. ปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลในเคมีอาหาร. หน้า 307-322. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2549. เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2551. เคมีอาหาร. ภาควิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- นุชจริย ทวีกุลม และอัจฉริยา ช่วยเจริญ. 2538. การหาปริมาณวิตามินซีในส่วนเปลือกของผัก-ผลไม้. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- เบญจวรรณ ธรรมธรรักษ์ และคณะ. “กรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์แมงกะพรุนกึ่งสำเร็จรูป.” อนุสิทธิบัตร เลขที่ 4772 (อสป/200-ช), 2549.
- ประสิทธิ์ อติวีระกุล. 2527. เทคโนโลยีของผลไม้และผัก. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- ปราณี อ่านเปรื่อง. 2541. ทฤษฎีการผลิตน้ำผลไม้บรรจุขวดพร้อมดื่มและความรู้เกี่ยวกับการขอขึ้นทะเบียนตำรับอาหารและใบอนุญาตตั้งโรงงานผลิตอาหาร. อาหาร 28: 157-167.
- เปรมศิริ ไรจน์สัจจะกุล และณชัย ยอดดำเนิน. 2554. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไลโคปีนในน้ำผักขาวพร้อมดื่มบรรจุขวดที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนและระหว่างการเก็บรักษา. หลักสูตรเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี.
- พรพล รมย์นุกูร. 2545. การถนอมอาหาร. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์. 2545. ผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อการเสื่อมสลายไลโคปีนจากกากมะเขือเทศ. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.
- พัชรี อาดัม. 2544. การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของเจลาตินในการผลิตกัมมี่เยลลี่มะขามเปียก. มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์. (ม.ป.ป.). Gelatin/เจลาติน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/ord/1008/gelatin>. (วันที่ค้นข้อมูล: 5 กรกฎาคม 2556).
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนานนท์. 2556. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [www.foodnetworksolution.com/](http://www.foodnetworksolution.com/). (วันที่ค้นข้อมูล : 15 กันยายน 2557).

- พิรุณพร อินตา. 2553. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกอมมะขามหวาน. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.
- เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2550. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .
- ไพโรจน์ รียาจี. 2535. วิธีการอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. 2538. น้ำผลไม้. ในการฝึกอบรมหลักสูตรการแปรรูปผลิตภัณฑ์การเกษตรได้แก่เจ้าหน้าที่ศูนย์แปรรูปผลิตภัณฑ์การเกษตรในโครงการพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ, 2 ตุลาคม-20 ตุลาคม 2538. สถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 243 น.
- มลศิริ วิโรทัย. 2545. สารผสมอาหาร. ใน เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. หน้า 48-108. พัฒนาคุณภาพวิชาการ. กรุงเทพฯ.
- ยุทธนา ธรรมเจริญ. การวิเคราะห์ วางแผน และควบคุมทางการตลาด (พฤติกรรมผู้บริโภค). พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี : วิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2544
- รวิวรรณ สันตา. 2551. การพัฒนาสูตรลูกอมลำไยชนิดเคี้ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ระวิน สืบคำ. 2556. เทคโนโลยีการลดความชื้น. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 23 (2): รังสีอินฟราเรด. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 500-512.
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2535. วิศวกรรมอาหาร: หน่วยปฏิบัติการในอุตสาหกรรม, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 191-204
- โรคที่เกิดจากการขาดวิตามินซี. ม.ป.ป. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.huasenghong.co.th/index.php/newevent/81-81>. (วันที่ค้นข้อมูล : 1 กรกฎาคม 2558).
- ลูกหยีผลไม้ร้อยปีจากชายแดนใต้.ม.ป.ป.. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.oknation.net/blog/KTW/2007/11/01/entry-1> (วันที่ค้นข้อมูล : 20 พฤศจิกายน 2558).
- วชิระ เจริญทอง, ศิริญา ศรีประไพและสมเจตร อำนาจศิลป์เจริญ. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกอมกระท่อนชนิดนุ่ม. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

- วรรณิ์ เชษฐศุทธยางกูร. 2535. แนวทางพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้. ข้าวเศรษฐกิจการเกษตร38(434).6-22.
- วัชรื เทพโยธิน, วาสนา รุ่งตระกูลไทย และสายสมร บุตรพรม. 2013. การยอมรับของผู้บริโภคและคุณภาพของน้ำมะม่วงมหาชนกพร้อมดื่ม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- วัชรื มหัทธนพรค และรัตนา อัดตปัญญา. 2543. การพัฒนาวิธีการทำน้ำลำไยผงด้วยวิธีการอบแห้งแบบโฟม-แมท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- วัชรินทร์ ดงบัง. 2556. รังสีอินฟราเรดและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 18(2): 299-304.
- วัฒนา วิรุฒกร . 2554. ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณวิตามินซีและไลโคปีนในผลิตภัณฑ์น้ำมะเขือเทศผสมน้ำส้มเขียวหวาน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2559. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://th.wikipedia.org/wiki/เงลาดิน>. (วันที่ค้นข้อมูล : 31 กรกฎาคม 2559).
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2559. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://th.wikipedia.org/wiki/แป้งข้าวเจ้า>. (วันที่ค้นข้อมูล : 20 กรกฎาคม 2559).
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2559. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://th.wikipedia.org/wiki/แป้งข้าวเหนียว>. (วันที่ค้นข้อมูล 20 กรกฎาคม 2559).
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2559. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://th.wikipedia.org/wiki/แป้งสาลี>. (วันที่ค้นข้อมูล : 20 กรกฎาคม 2559).
- วิจิตร คงมูล. 2524. พลังงานกับชีวิต. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร.
- วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วิลาสณี ติปัญญา. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่มะขาม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- วิไล รังสาดทอง. 2543. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วิไล รังสาดทอง. 2545. กรรมวิธีการแปรรูปอาหารโดยใช้ความร้อน. พิมพ์ครั้งที่ 2 เท็กซ์แอนด์เจอร์นัลพับลิเคชั่น จำกัด. กรุงเทพฯ
- วิลรัตน์ จงหอมขจร. 2557. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกอมสมุนไพรชนิดแข็ง. วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- วินัส ทัดเนียม. 2542. การอบแห้งผักด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ไอน้ำเป็นพลังงานเสริมระดับ  
อุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาวิทยาลัยบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะ  
พลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- เว็บไซต์ข้อมูลพลาสติกไทย. 2556. รู้จักกับฟิล์มลามิเนต. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:  
<http://plastic.oie.go.th/Articles/2010/11/Plastic>. (วันที่ค้นข้อมูล : 30 ธันวาคม 2556).
- ศิมาภรณ์ มีแสง, ไพศาล วุฒิจำนงค์, รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต และสุนนรัตน์ ชื่นพุดิ. 2546. ผลของ  
เจลาติน อัตราส่วนของซูโครส/กลูโคสไซรัป และกรดซิตริก ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและ  
คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่. การประชุมทางวิชาการของ  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 3-7 ก.พ. 2546 หน้า 20-27 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิริลักษณ์ สีนวาลัย. 2535. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการ. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะ  
อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 264 น.
- ศิริวรรณ ดีภู่ออมร ไซยสัตย์ และปรีชา มั่นสลาย . มปป. การพัฒนาชุดตรวจสอบวิตามินซีในน้ำผลไม้. คณะ  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ศิลปวัฒนธรรมท่องเที่ยวธรรมะภาคใต้. ม.ป.ป.. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.siamsouth.com/smf/index.php?topic=248870>. (วันที่ค้นข้อมูล: 8 ธันวาคม 2558).
- ศิวาพร ศิวเวช. 2535. วัตถุดิบอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและการเกษตร  
แห่งชาติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- ศูนย์ข้อมูลกลางทางวัฒนธรรม กระทรวงวัฒนธรรม. 2555. การทำลูกหยีกวน [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :  
ศูนย์ข้อมูลกลางวัฒนธรรม [ออนไลน์]. <http://www.m-culture.in.th>. (วันที่สืบค้นข้อมูล:  
10 ธันวาคม 2558).
- เศรษฐินี แสงอ่อน, สุภาวดี ดาวดี และดวงกมล ศักดิ์เลิศสกุล. 2558. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่  
จากสารสกัดหมากเฒ่า. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สมคิด บุญล้นเหลือ. 2537. อุตสาหกรรมน้ำผลไม้. เศรษฐศาสตร์: ธนาคารนครหลวงไทยจำกัด 12(2):6-22.
- สมใจ ศิริเวช. 2521. ความร้อนกับคุณค่าอาหาร ในนิตยสารแม่บ้าน, ปีที่ 2 เล่มที่ 5: หน้า 35-38.
- สมชาติ ไสภณณฤทธิ. 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอม  
เกล้าธนบุรี.

- สมชาย จอมดวง, วสันต์ นัยภิรมย์, สมโภชน์ ป่านสุวรรณ, เสาวนีย์ อภิญญานุวัฒน์ และหทัย กาญจน์  
นํานานท์. 2553. กระบวนการผลิตที่เหมาะสมของน้ำหมอนสกัดเข้มข้นเสริมเกสรดอกไม้จากผึ้ง.  
โครงการวิจัยคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ร่วมกับ ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระ  
เกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ เชียงใหม่ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สมชาย จอมดวง, วสันต์ นัยภิรมย์, สมโภชน์ ป่านสุวรรณ, เสาวนีย์ อภิญญานุวัฒน์ และหทัยกาญจน์  
นํานานท์. 2551. การพัฒนาน้ำหมอนสกัดเข้มข้นโดยวิธีการทำให้เข้มข้นแบบแช่เหี่ยวแห้ง.  
รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2535. เทคโนโลยีการระเหยน้ำ. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.  
กรุงเทพมหานคร.
- สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2544. การใช้ตู้อบแห้ง Tray dryer และตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ในหลักสูตรการ  
อบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีการผลิตอาหารแห้ง สำหรับสถาบันราชภัฏ ระหว่างวันที่ 5-9  
มีนาคม พ.ศ. 2544 จัดโดยศูนย์พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์  
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.กระทรวงสาธารณสุข. 2544. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข  
ฉบับที่ 228.
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. กระทรวงอุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.  
265/2547.
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. กระทรวงอุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.  
519/2547.
- สำนักประชาสัมพันธ์เขต 4. 2556. ผลิตภัณฑ์แปรรูปจังหวัดปัตตานี. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก  
: [http://region4.prd.go.th/ewt\\_news.php?nid=33672&filename=index](http://region4.prd.go.th/ewt_news.php?nid=33672&filename=index) (วันที่ค้นข้อมูล :  
13 สิงหาคม 2558).
- สุจิตรา เลิศพฤกษ์. 2535. "เอกสารประกอบการบรรยาย วิชา ทอ 470.เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อ"  
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร.คณะธุรกิจการเกษตร.สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.
- สุทธิชัย ภมรมณี. 2550. การศึกษาการอบแห้งเนื้อปลานิลด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วม  
รังสีอินฟราเรด. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีพลังงาน  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

- สุนทร ตรีนันทวัน. 2555. फिल्मเคลือบผิวผลไม้จากเยื่อฟางข้าว CMC. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://edtech.ipst.ac.th/index.php/2011-07-29-04-02-00/18-2011-08-09-06-29-06/372012-07-09-02-32-53> (วันที่ค้นข้อมูล : 15 ธันวาคม 2555).
- สุพัตรา พูลพิชชนม์ .2553 . น้ำสับปะรดผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า . มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล  
ตะวันออก.
- สุภวรรณ ฐิระวณิชกุล, สากีนา ลาแมปะ และยุทธนา ฐิระวณิชกุล. 2012. การอบแห้งขนุนด้วย  
พลังงานความร้อนร่วมของรังสีอินฟราเรด/ไมโครเวฟ และลมร้อน: จลนพลศาสตร์ คุณภาพ  
และการทดสอบประสาทสัมผัส. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 17(1) : 117-129.
- สมาธิ เหลืองสกุล. 2541. จุลชีววิทยาการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ .  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. กรุงเทพฯ.
- สุวรรณ สุกิมารส. 2543. เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวลี โลวีกรณ. 2549. อาหารต้านอนุมูลอิสระกับสุขภาพ. วารสารศูนย์บริการวิชาการ. 14(30),  
17-22.
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2560. เอลง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :  
<http://www.tistr.or.th/sakaerat/plant%20in%20sakaerat/plant%20list/039%E0%B9%80%E0%B8%82%E0%B8%A5%E0%B8%87.pdf> (วันที่ค้นข้อมูล : 15 ตุลาคม 2560).
- ธีระชัย ไชยศิริ บุญยงค์ วัฒนาโตชัย และ วิโรจน์ โรจนวิสูตร. 2532. เครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าพลังงาน  
แสงอาทิตย์. โครงการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อดุลย์ จาตุรงค์กุล. 2534. พฤติกรรมผู้บริโภค.คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,  
กรุงเทพฯ. 522 น.
- อัจฉรา แซ่ไคว้, สุภวรรณ ฐิระวณิชกุลและ ยุทธนา ฐิระวณิชกุล. 2013. ปัจจัยของการอบแห้งด้วย  
แหล่งพลังงานความร้อนแบบการพาและการแผ่รังสีความร้อนที่มีต่อจลนพลศาสตร์ และ  
คุณภาพของพริกไทยดำ.วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 18 (1) : 166-180.
- อัจฉรา เทียมภักดี. 2549 "ผลของพีเอชเจลาติน เพกทิน น้ำตาล และน้ำผลไม้ ที่มีต่อลักษณะเนื้อ  
สัมผัสของกัมมีเยลลี่ วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
การอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- อัจฉราพร อภิวงศ์งาม. 2552. การศึกษาเปรียบเทียบอบแห้งใบโรสแมรี่ ดอกลาเวนเดอร์และกลีบดอก  
กุหลาบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดและเครื่องอบแห้ง  
ไมโครเวฟสุญญากาศ. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์  
และเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- โอภา วัชรคุปต์ และคณะ. 2549. สารต้านอนุมูลอิสระ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์. เอส. พรินท์, นนทบุรี.
- Achoba, I.I., Choba , J.A., Lori, J.A., Elegbede, J.A. and Kagbu, J.A. 1992. Nutrient  
composition of black (African) velvet tamarind seed and pulp from Nigeria. *Journal  
of Food Biochemistry* 16(4):229-233.
- Adepoju, O. T. 2009. Proximate composition and micronutrient potentials of three locally  
available wild fruits in Nigeria. *African Journal of Agricultural Research* 4(9): 887-892.
- Afzal T.M., Abe, T. and, Hikida Y. 1999. Energy and quality aspects of combined FIR-  
convection Drying of barley. *J Food Eng* 42:177-82.
- Agilent Technologies. 2012. The Essential Chromatography and Spectroscopy Catalog.  
Agilent Technologies. Inc, Canada.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis of the association of official analytical  
chemists, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Virginia.
- Alasavar, C., AL-Farsi, M., Quantick, P.C., Shahidi, F. and Wiktorowicz, R. 2004. Effect of cill  
storagr and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity,  
anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat  
shredded orange and purple carrot. *Journal of Food Chemistry*. 89:69-76.
- Arogb, S.S, Ajiboro, A. and Odukwe, I.1994. A physico-chemical study of Nigeria velvet  
Tamarind (*Dialium guineense*) fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*  
66(4): 533-534.
- Askar, A. and Treptow, H. 1993. Quality Assurance in Tropical Fruit Processing. Springer-  
Verlag. 233.

- Bakker-Arkema, F.W. and Hall, C.W., 1974. Drying Cereal Grains. AVT, Westport, Connecticut.
- Caro, A.D., Vacca, V. and Agabbio, M. 2004. Changes of flavonoids vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. *Food Chem.* 84:99-105
- De Caluwe, E., Halamova, K. and Van Damme, P. 2009. Tamarind (*Tamarindus indica* L.): a review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology. pp. 85–110 in H. R. Juliani, J. E. Simon and C. Ho, eds. *African natural plant products. American Chemical Society*, Washington.
- Dostie, M., Seguin, J.N., Maure, D., Tonthat, Q.A., and Chatingy R. 1989. Preliminary measurements on the drying of thick porous materials by combinations of intermittent infrared and continuous convection heating. In: Mujumdar AS, Roques MA, editors. *Drying'89*. New York: Hemisphere Press.
- Edwards, W.P. 2000. The science of sugar confectionery. The Royal Society of Chemistry, UK.
- Farnworth, E. R., Lagace, M., Couture, R., Yaylayan, V. and Stewart, B. 2001. Thermal processing storage conditions and the composition and physical properties of orange juice. *Food RES Int.* 34: 25-30
- Fellers, P.J. 1991. The relationship between the ratio of degrees brix to percent acid and sensory flavor in grapefruit juice. *Food Technol.* 6:68-75.
- Fennema, R.O. 1996. *Food Chemistry*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Gama, J.J.T. and Sylos, C.M.D. 2007. Effect of thermal pasteurization and concentration on carotenoid composition of Brazilian Valencia orange juice. *Food Chem*, 100:1 1686-1690.
- Giuseppe, M., Rizzo, V., Licciardello, F., Maccarone. 2008. Partial dehydration of cherry tomato at different temperature, and nutritional quality of the products. *Food Chem.* 111, 887-891.

- Glicksman, M. 1969. Gum Technology in Food Industry. Academic Press, New York.
- อ้างโดย วิลาสินี ดีปัญญา. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่มะขาม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- Grazon, G.A. and Wrolstad, R.E. 2002. Comparison of the stability of pelargonidin-base anthocyanins in strawberry juice and concentrate. *J. Food Sci.* 67:1288-1299.
- Hebbbar HU, Vishwanathan KH, Ramesh MN. 2004. Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables. *J Food Eng* 65:557-63.
- Jordan, R.B., Seelye, R.J., and McGlone, V.A. 2001. A sensory based alternative to ssc/acid ratio *Food Tech.* 55:36-44.
- Kathiravan, K., Harpreet K. K., Soojin, J., Joseph, I., and Ali, D. 2008. Infrared heating in food processing: an overview. *Food Science and Food Safety.*
- Kato, T., Shimoda, M., Suzuki, J., Kawaraya, A., Igura, N. and Hayakawa, I. 2003. Changes in the odors of squeezed apple juice during thermal processing. *Food Res. Inter.* 36:777-785.
- Kirca, C.A., Ozkan, M. and Cemeroglu, B. 2007. Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carot anthocyanins. *Food Chem.* 101: 212-218.
- Kotler, P. 1994. Marketing Management: Analysis, Planning Implementation and Control. 7<sup>th</sup> ed., Prentice-hall International, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 80s.
- Lambert, Y., Demazeau, G., Largeteau, A. and Bouvier, J. M. 1999. Changes in aromatic volatile composition of strawberry after high pressure treatment. *Food Chem.* 67: 7-16.
- Lawless, H.T. and Heymann, H. 1999. Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices. Chapman & Hall, Inc., New York. 819 p.
- Lee, H.S. and Coates, G.A. 2003. Effect of thermal pasteurization on Valencia orange juice color and pigments. *J. Lebensm. Wiss. Technol.* 36:153-156.
- Lee, R. and Jackson, E. B. 1973. Sugar Confectionery and Chocolate Manufacture. Leonard Hill Books, U.K. 295 p. อ้างโดย วิไลรัตน์ จงหอมขจร. 2557. การพัฒนา ผลิตภัณฑ์ลูกอมสมุนไพรชนิดแข็ง. วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- Lin, Y.P, Tsen, J.H., and King An-Erl, V. 2005. Effects of far-infrared radiation on the freeze-drying of sweet potato. *J Food Eng* 68:249–55.
- Marcrae, R., R. Robinson, K. and Sadler. M. J. 1993. *Encyclopedia of Food Science Food Technology and Nutrition*. Academic Press, Limited, London.
- Marsh, K., Attanayake, S., Walker, S., Gunson, A., Boldingh, H. and Mac Rae, E. 2004. Acidity and taste in kiwifruit. *Postharvest Bio. And Technol.* 32:159-168.
- Martins, S.I.F.S., Marcelis, A.T.M. and Van Boekel, N.A.J.S. 2003. Kinetic modeling of Amadori N-(1-deoxy-D-fructos-1-yl)-glycine degradation pathways. Part I-Reaction mechanism. *Carbohydrate Research*.338: 1651-1663.
- Marty-Audouin, C., Rocha-Mier, T., 1999, Influence of Drying on the Colour of Plant Products, pp. 207-233, in A.S. Mujumdar, S. Sirikayala (Eds.), *Developments in Drying Food dehydration* (Vol. 1), Bangkok, Kasetsart University Press, Thailand.
- Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 1999. *Sensory Evaluation Techniques*. 3rd ed., CRC Press, New York. 387p.
- Meyer, R.S. 1984. Eleven stage of successful new product development. *Food Techno.* 38(7) : 71-8, 98.
- Molyneux, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Science and Technology.*, 26: 211–219.
- Nathakaranakul, A., Jaiboon, P., and Soponronnarit, S. 2010. Far-infrared radiation assisted drying of longan fruit. *Journal of Food Engineering*, 100(4), 662-668.
- Nicolas, C. A., Cheikh, N., Mady, C., Mathieu, G., Mama, S. and Manuel, D. 2014. Nutritional potential of wild fruit *Dialium guineense*. *J. Food Compos. Anal.*
- Nowak, D. and Lewicki, P. 2004. Infrared drying of apple slices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5(3), 353-360.
- Obasi, N.E., Okorocho, C. and Orisakwe, O.F. 2013. Production and evaluation of Velvet tamarind (*DIALIUM GUINEESE WILD*) candy. *European Journal of Food Science and Technology*, 1(1):1-8.

- Ofosu, D.O., Opata, N.S., Gyampo, O. and Odamtten, G.T. 2013. Determination of the Elemental Composition of the Pulp, Seed and Fruit Coat of Black Velvet Tamarind (*Dialium guineense*) using Instrumental Neutron Activation Analysis. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 6(19): 3536-3539.
- Ogunbenle H. N. and Ebadan P. 2014. Nutritional Qualities and Amino Acid Profile of Velvet Tamarind (*Daliumguineense*) Pulp.BBB [2]:006-016.
- Ogunbenle, H.N. 2015. Analytical and Nutritional Evaluation of Velvet Tamarind (*Dialium guineense*) Pulps. American Chemical Science Journal, 6(2): 69-76.
- Osanaiye, F. G., Alabi, M. A., Sunday, R. M., Olowokere, T., Salami, E. T., Ekundayo, T., Otunla, T. A., and Odiaka, S. C. 2013. Proximate Composition of Whole Seeds and Pulp of African Black Velvet Tamarind (*Dialium guineense*). IOSR-JAVS 5 (3), 49-52.
- Parish, M.E. 1998. Orange Juice quality after treatment by thermal pasteurization or isostatic high pressure. Lebensm-Wiss. U. Technol. 31: 439-422.
- Piljac, J., Martinez, S., Valek, L. and Ganic, K.K. 2005. A comparison of methods used to define the phenolic content and antioxidant activity of Croatian wines. Food Technol. Biotechnol. 43: 271-276.
- Ragana, S. and Raghuramarish, B. 1970. Indian food packer. 24:14.
- Ramaswamy, H.S. and Chen, C.R. 2002. Maximising the Quality of Thermally Processed Fruits and Vegetables. In Fruit and Vegetable Processing. 1<sup>st</sup> ed. (Jongen, W., ed).p. 188-362. CRC Press. New York.
- Ridley, H.N. 1967. The flora of the Malay Penninsula. Vol.1. Polypetalae, L.Reeve & Co., Ltd. London. P.261-625.
- Sakai N, Hanzawa T. 1994. Applications and advances in far-infrared heating in Japan. Trends Food Sci Technol 5:357-62.
- Sharma, G. P., Verma, R. C., and Pathare, P. B. 2005. Thin-layer Infrared radiation drying of onion slices. Journal of Food Engineering, 67, 361-366.
- Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K. and Nakamura, T. 1992. Antioxidative Properties of Xanthans on the Autoxidation of Soybean Oil in Cyclodextrin Emulsion. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 40 (6): 945 – 948.

- Shirmer, P., Janjai, S., Esper, A., Smitabhindu, R. and Muhlbauer, W. (1995). Experimental Investigation of the performance of the solar tunnel dryer for drying bananas. *Renewable Energy*, 7(2), 119-129.
- Sodha, M.S., 1987. *Solar Crop Drying*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Steel, R. D. D. and Torrie, J. H. 1980. *Principles and Procedures of Statistic: A Biometrical Approach*. 2<sup>nd</sup> ed. P. 862. McGraw-Hill, Inc. New Delhi.
- Su, M.S. and Silva, J.L. 2006. Antioxidant activity, anthocyanins and phenolics of rabbiteye blueberry by-products as affected by fermentation. *Food Chem.* 97:447-451.
- Szulmayer, W. 1971. From sun drying to solar dehydration. I. Method and equipment. *Food technology in Australia*. 23, 440-443.
- Tannenbaum, S.R., Archer, M.C. and Young, U.R. 1985. Vitaminics and minerals. In Fennema, O.R. (ed), *Food Chemistry*, (2<sup>nd</sup> ed.,) pp. 488-493. Marcel. New York.
- Thisyamondol, Pantum, V Arromdee and M.F.Long. 1965. *Agricultural Credit in Thailand Theory Data, Policy*. Bangkok: Kasetsart University.
- Tulasidas, T.N., Raghavan, G. S. V. and Mujumdar, A.S. 1995. Microwave drying of grapes in a single mode at 2450 MHz-II and energy aspect. *Drying Technology*, 13, 1973-1992.
- Varith, J., Dijkanarukkul, P., Achariyaviriya, A., and Achariyaviriyab, S. 2007. Combined microwave hot air drying of peeled longan. *Journal of Food Engineering*, 81, 459-466.
- Wilson, C.W. 1980. Guava. In *Tropical and Subtropical Fruits: Composition, Properties and Users*. 1<sup>st</sup> ed. (Nagy, S. and Shaw, P.E. eds) p.279-295. The AVI Publishing Company, Inc. Connecticut.
- Winton, A.L. and K.B. Winton. 1949. *The Structure and Composition of Foods*. Vol. 3. 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc., New York. อ้างโดย วิลาสินี ดีปัญญา. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่มะขาม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- Wrolstad, R.E. and Putnam, T.B. 1969. Isolation of strawberry anthocyanonins pigments by adsorption on insoluble polyvinylpyrrolidone. *J. Food sic.* 34: 154—155.

- Yaciuk, G. 1982. Food Drying (Ed). Proceedings of a Workshop held at Edmonton Alberta, 6-9 July 1981. Ottawa, International Development Research Centre.
- Yeom, G.C. and Lin, H. T. 1999.Chenges in volatie flavor components of guava juice with high-pressure treatment and heat processing and during storage. J. Agric. Food Chem. 47:2082-2087.

ภาคผนวก



## ภาคผนวก ก.

## การดำเนินการวิจัย

1. ข้อมูลวัตถุดิบ องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี และคุณค่าทางโภชนาการลูกหิยในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้



การเก็บเกี่ยวลูกหิยสุ่งพื้น



ลูกหิยสดที่ผ่านการลูบออกจากกิ่ง



อบผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบที่อุณหภูมิ 55 องศา  
เซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง



ลูกหิยที่คัดแยกที่มีการแตกร้าวและมีข้อตำหนิ



การเตรียมวัตถุดิบก่อนการแปรรูปโดยการคำนวณ  
ร้อยละผลผลิตของลูกหิย



ลักษณะปรากฏของลูกหิยสดที่ผ่านการปอก  
เปลือกและเมล็ดของลูกหิย

## 2. พัฒนาระบบการเตรียมวัตถุดิบหลังเก็บเกี่ยวอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมรังสีอินฟราเรดและแสงอาทิตย์



เครื่องอบแห้งต้นแบบ



การทดลองใช้งานเครื่องอบแห้งต้นแบบ



ลูกหยีที่ก่อนการอบแห้ง



การอบลูกหยี ที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 77 นาที

## 3. การลงพื้นที่ในการออกแบบผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีพร้อมดื่ม น้ำลูกหยีเข้มข้น และผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ



การลงพื้นที่ของผู้ประกอบการ



การออกแบบผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภค

#### 4. การผลิตผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีพร้อมดื่ม น้ำลูกหยีเข้มข้น และผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ



ตัวอย่างน้ำลูกหยีเข้มข้น



ตัวอย่างน้ำลูกหยีพร้อมดื่ม



ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ



การเก็บรักษาลูกหยีเคี้ยวหนุบ



ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบที่ใช้เจลาตินแต่ละระดับ



ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

## 5. การทดสอบทางการตลาดของผลิตภัณฑ์



การทดสอบผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ



การทดสอบน้ำลูกหยีพร้อมดื่ม



การทดสอบน้ำลูกหยีเข้มข้น



การลงพื้นที่ในการทดสอบทางการตลาด

## ภาพผนวก ข.

## กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์



การจัดการทดสอบผลิตภัณฑ์และบริการวิชาการ  
งานวิทยาศาสตร์ มรย. 18-22 สิงหาคม 2559



การสาธิตและผลิตภัณฑ์ลูกหิยี้เคี้ยวหนุบ  
งานวิทยาศาสตร์ มรย. 18-22 สิงหาคม 2559

# ด่วนที่สุด

ที่ ศธ ๕๑๐๔.๑/๖๘๖



รับที่ 1877

วันที่ 3 เมษายน 2560

- ☐ กลุ่มบริหารงานทั่วไป
- ☐ กลุ่มส่งเสริมการศึกษา
- ☐ กลุ่มพัฒนาระบบบริหาร 1
- ☐ กลุ่มพัฒนาระบบบริหาร 2
- ☐ กลุ่มพัฒนาระบบบริหาร 3

สำนักงานเลขาธิการคุรุสภา  
กระทรวงศึกษาธิการ  
กทม. ๑๐๓๐๐

๓ เมษายน ๒๕๖๐

เรื่อง ผลการรับรองหลักสูตรการพัฒนาข้าราชการครูของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

เรียน เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

อ้างถึง หนังสือสำนักงานเลขาธิการคุรุสภา ที่ ศธ ๕๑๐๔.๑/๖๗๑ ลงวันที่ ๓๑ มีนาคม ๒๕๖๐

สิ่งที่ส่งมาด้วย ผลการรับรองหลักสูตร ฯ

จำนวน ๑ ฉบับ

ตามหนังสือที่อ้างถึงสำนักงานเลขาธิการคุรุสภาได้แจ้งผลการรับรองหลักสูตรการพัฒนาข้าราชการครูของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานในรอบแรก และยังมีอีกจำนวน ๗๗ หลักสูตร ที่ยังไม่ได้รับการประเมินเนื่องจากข้อมูลหลักสูตรเป็นเอกสารแยกจากหลักสูตรส่วนใหญ่ ซึ่งคณะทำงานประเมินเพื่อการรับรองหลักสูตรการพัฒนาข้าราชการครูของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จะดำเนินการประเมิน ฯ และส่งผลการรับรองทั้งหมดให้อีกครั้ง ภายในวันจันทร์ที่ ๓ เมษายน ๒๕๖๐ ความละเอียดแจ้งแล้ว นั้น

ในการนี้ คณะทำงานประเมินเพื่อการรับรองหลักสูตรการพัฒนาข้าราชการครูของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ประเมิน ฯ หลักสูตร ฯ ทั้ง ๗๗ หลักสูตร เรียบร้อยแล้ว สรุปได้ว่ามีหลักสูตรที่ขอรับการรับรองทั้งหมด จำนวน ๑,๖๘๗ หลักสูตร ผ่านเกณฑ์การรับรอง จำนวน ๑,๔๖๐ หลักสูตร ไม่ผ่านเกณฑ์การรับรอง จำนวน ๒๒๗ หลักสูตร รายละเอียดดังสิ่งที่ส่งมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(นายบุญผะทิศ พลอยสุวรรณ)  
รองเลขาธิการคุรุสภา ปฏิบัติการแทน  
เลขาธิการคุรุสภา

สำนักพัฒนาและส่งเสริมวิชาชีพ  
โทรศัพท์ - โทรสาร ๐ ๒๒๘๐ ๖๓๖๖

**รายชื่อหลักสูตรการพัฒนาข้าราชการครู  
ที่ผ่านเกณฑ์การรับรองโดยสถาบันคุรุพัฒนา**

| รหัสหลักสูตร | ชื่อหลักสูตร                                                                                                                     | หน่วยงานที่รับผิดชอบ                                                                                                                               |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 60000010     | พีแอลซี โพรอินวัน                                                                                                                | ศูนย์มาตรฐานวิชาชีพครู มรภ.สุรินทร์                                                                                                                |
| 60000011     | การสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (Professional Learning Community : PLC) เพื่อยกระดับการเรียนรู้ของผู้เรียน                | สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ<br>ภาควิชาหลักสูตรและวิธีสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร                                                         |
| 60000013     | จิตวิทยาท้องถิ่นสำหรับผู้บริหารโรงเรียนในศตวรรษที่ 21 (School Principals as Organizational Leaders)                              | Thammasat & Learn Education Academy (คณะวิทยาการการเรียนรู้และศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และ วิทยาลัยเพื่อสังคม บริษัท เลิร์น เอ็ดดูเคชั่น) |
| 60000014     | เปลี่ยนห้องเรียนเป็นเกมโชว์                                                                                                      | บริษัท วิชวัน อินโฟ จำกัด                                                                                                                          |
| 60000015     | หลักสูตรการจัดการเรียนรู้การออกแบบชิ้นงานสามมิติ                                                                                 | คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ                                                                                                          |
| 60000016     | โครสเวิร์ดเกม เอแม็ท คำคม และซูโดกุ เพื่อการเรียนรู้การสอนสำหรับครู                                                              | สมาคมโครสเวิร์ดเกม เอแม็ท คำคม และซูโดกุ แห่งประเทศไทย                                                                                             |
| 60000017     | โครงการ การอนุรักษ์ผลิตภัณฑ์จากลูกหยีสู่การเรียนรู้ชายแดนใต้                                                                     | มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา                                                                                                                              |
| 60000018     | การเสริมสร้างศักยภาพของครู สู่คุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน (หลักสูตรที่ 2)                                                       | คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ                                                                                                          |
| 60000019     | เทคนิคการจัดการใช้ Interactive Notebook เพื่อสืบเสาะเนื้อหาและพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 สำหรับห้องเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ | บริษัท วัฒนาเลิร์นนิ่งดีไซน์ จำกัด                                                                                                                 |
| 60000020     | การจัดการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างสำนึกรักบ้านเกิดในสังคมพหุวัฒนธรรม                                                            | คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ                                                                                                                   |
| 60000021     | การพัฒนาศักยภาพครูและบุคลากรทางการศึกษาด้านการแนะแนวให้คำปรึกษาและการพัฒนาเด็กที่มีความต้องการพิเศษตามหลักวิชาชีพ                | มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา                                                                                                                              |
| 60000022     | การออกแบบการเรียนรู้การตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับครูประถมศึกษา และมีธยมศึกษา                                                        | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม                                                                                                                            |

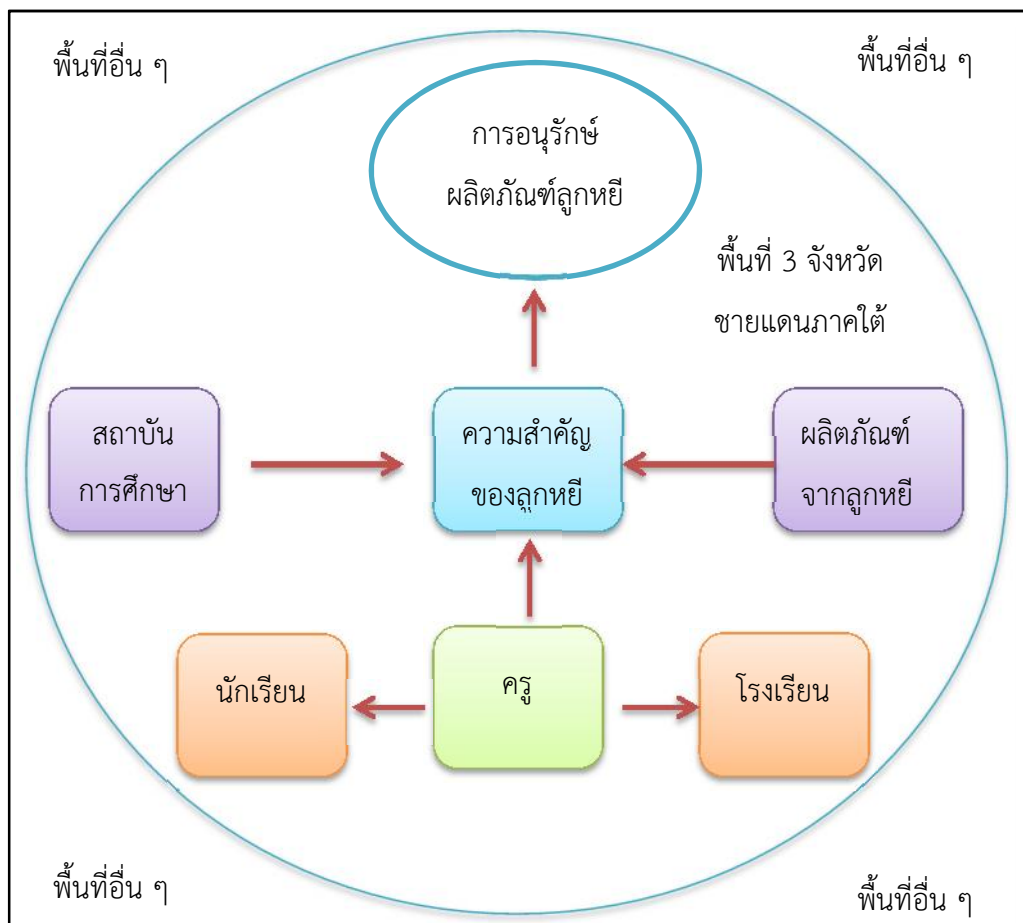
### โครงการ “การอนุรักษ์ผลิตภัณฑ์จากลูกหิฮึสู่การเรียนรู้ชายแดนใต้”

1. ชื่อโครงการ การอนุรักษ์ผลิตภัณฑ์จากลูกหิฮึสู่การเรียนรู้ชายแดนใต้

2. หัวหน้าโครงการ อาจารย์รอมลี เจดอเลาะ

3. หลักการและเหตุผล

กระบวนการจัดการเรียนรู้ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ต้องให้ความสำคัญกับครูให้เข้าใจกับวิถีชีวิตและศิลปวัฒนธรรมในบริบทวัฒนธรรม โดยเฉพาะการบริโภคอาหารที่มีความหลากหลายในพื้นที่ โดยเฉพาะอาหารประเภทผลไม้ที่มีแหล่งผลิตปริมาณน้อยและเป็นอัตลักษณ์ในพื้นที่นั้นเท่านั้น คือ ผลิตภัณฑ์จากลูกหิฮึ ซึ่งแนวโน้มผลผลิตลดลงและต้นหิฮึถูกตัดทำเป็นไม้ในการสร้างที่อยู่อาศัย และมีโอกาสการสูญหาย จึงควรได้รับการอนุรักษ์ต้นหิฮึ และส่งเสริมการปลูก โดยสามารถให้ความรู้ ปลูกจิตสำนึกเกี่ยวกับความสำคัญของต้นหิฮึ เพื่อนำลูกหิฮึผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร และสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ในรูปแบบใหม่ ๆ สร้างมูลค่าเพิ่ม และให้ลูกหิฮึมีจำหน่ายเป็นสินค้าส่งออก ดังนั้นโครงการนี้จัดการให้ความรู้ สร้างครูให้มีคุณสมบัติรักและห่วงหาต่อการอนุรักษ์สินค้าที่ผลิตจากพื้นที่ สร้างกิจกรรมให้เห็นความสำคัญของการนำลูกหิฮึเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ให้อยู่เคียงคู่กับ 3 จังหวัดชายแดนใต้ แล้วครูสามารถนำองค์ความรู้นี้เผยแพร่ต่อนักเรียนและผู้อื่น ๆ ในสังคมต่อไป



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ของครูร่วมอบรมต่อการอนุรักษ์ผลิตภัณฑ์ลูกหิฮึ

#### 4. วัตถุประสงค์

- 4.1 เพื่อสร้างองค์ความรู้สู่การอนุรักษ์ผลิตภัณฑ์ลูกหยีพื้นเมืองใน 3 จังหวัดชายแดนใต้
- 4.2 เพื่อสร้างความเข้าใจและอธิบายขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์จากลูกหยีพื้นเมือง
- 4.3 เพื่อนำองค์ความรู้ความสำคัญของลูกหยีจากผลิตภัณฑ์ลูกหยีพื้นเมืองถ่ายทอดสู่นักเรียนในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

#### 5. คุณสมบัติผู้เข้าอบรม

- 5.1 ครูที่สอนสังกัด สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
- 5.2 ครูผู้สอนในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ สุขศึกษาและพลศึกษา และการทำงานอาชีพและเทคโนโลยี

#### 6. สาระของหลักสูตร

- 6.1 ข้อมูลเกี่ยวกับประวัติความเป็นมาและความสำคัญของการอนุรักษ์ของลูกหยีพื้นเมืองผ่าน การเรียนรู้ผลิตภัณฑ์ลูกหยีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้
- 6.2 การเก็บเกี่ยวผลผลิต และการเก็บรักษาลูกหยีพื้นเมือง
- 6.3 การฝึกปฏิบัติการแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยีพาสเจอร์ไรส์และลูกหยีเคี้ยวหนุบ

#### 7. ความสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้

การอบรมนี้มีการบูรณาการหลายกลุ่มสาระ คือ 1) สาระที่ 5 ภูมิศาสตร์ (มาตรฐาน ส 5.2; ม. 2-6) 2) สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม (มาตรฐาน ว 2.2; ม. 4 - ม. 6) 3) สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับ กระบวนการดำรงชีวิต (มาตรฐาน ว 1.1) และ 4) สาระที่ 4 การสร้างเสริมสุขภาพ สมรรถภาพและการ ป้องกันโรค (มาตรฐาน พ 4.1; ป1-5, ม.1 และ ม.3)

#### 8. จำนวนผู้เข้ารับการอบรม

30 คน (ปิดรับสมัครเมื่อครบจำนวน/ 3 วันก่อนการอบรม)

#### 9. เปิดรับสมัคร

สมัครผ่าน email ที่ ramlee\_chedoloh@hotmail.com หรือสมัครทางไปรษณีย์ จัดส่งมาที่ อาจารย์รอมลี เจดอเลาะ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถ.เทศบาล 3 ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา 95000 สอบถามรายละเอียดได้ที่ 087-9119291

## 10. ระยะเวลาในการอบรม

อบรม 2 รุ่น รุ่นที่ 1 14-15 สิงหาคม 2560 และ รุ่นที่ 2 14-15 กันยายน 2560

## 11. สถานที่

ณ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถ.เทศบาล 3 ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา 95000

## 12. กำหนดการฝึกอบรม

| วันที่ 14 สิงหาคม 2560/14 กันยายน 2560 |                                                                                      |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 8.30-9.00 น.                           | ลงทะเบียน                                                                            |
| 9.00-10.00 น.                          | กิจกรรม “ประวัติและความสำคัญของลูกหยี”<br>โดย ผศ.จริยา สุขจันทร์                     |
| 10.00-10.30 น.                         | พักรับประทานอาหารว่าง                                                                |
| 10.30-12.00 น.                         | กิจกรรม “กว่าจะได้ลูกหยีมาบริโภค”<br>โดย อาจารย์รอมลี เจดอเลาะ                       |
| 12.00-13.00 น.                         | พักรับประทานอาหารกลางวัน                                                             |
| 13.00-15.00น.                          | กิจกรรม “เล่าสู่กันฟังจากผู้ประกอบการ”<br>โดย ผู้ประกอบการ อ.ยะรัง จ.ปัตตานี         |
| 15.100-15.30 น.                        | พักรับประทานอาหารว่าง                                                                |
| 15.30-16.30 น.                         | กิจกรรมลง “อภิปรายร่วมสถานการณ์ของลูกหยี ณ ปัจจุบัน”<br>โดย ดร.กูรอซียะห์ ยามิรูเต็ง |
| 16.30-17.00 น.                         | ถาม-ตอบ                                                                              |
| วันที่ 15 สิงหาคม 2560/15 กันยายน 2560 |                                                                                      |
| 8.30-9.00 น.                           | ลงทะเบียน                                                                            |
| 9.00-10.00 น.                          | กิจกรรม “ปฏิบัติการแปรรูปน้ำลูกหยีพาสเจอร์ไรส์”<br>โดย อาจารย์นุชนันดา ตาเย๊ะ        |
| 10.00-10.30 น.                         | พักรับประทานอาหารว่าง                                                                |
| 10.30-12.00 น.                         | กิจกรรม “ปฏิบัติการแปรรูปน้ำลูกหยีพาสเจอร์ไรส์”<br>โดย อาจารย์นุชนันดา ตาเย๊ะ        |
| 12.00-13.00 น.                         | พักรับประทานอาหารกลางวัน                                                             |
| 13.00-15.00น.                          | กิจกรรม “ปฏิบัติการแปรรูปผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบฮาลาล”                                   |

|                 |                                                                                 |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|                 | โดย อาจารย์รอมลี เจดอเลาะ                                                       |
| 15.100-15.30 น. | พักรับประทานอาหารว่าง                                                           |
| 15.30-16.30 น.  | กิจกรรม “ปฏิบัติการแปรรูปผลิตภัณฑ์เคี้ยวหนุบฮาลาล”<br>โดย อาจารย์รอมลี เจดอเลาะ |
| 16.30-17.00 น.  | ถาม-ตอบ                                                                         |

### 13. วิธีการจัดกิจกรรมการพัฒนาสูตร

การจัดการเรียนรู้โดยจัดกิจกรรมทำความเข้าใจเกี่ยวกับลูกหยีตั้งแต่ประวัติของลูกหยี การเก็บเกี่ยวของลูกหยี การจัดเตรียมวัตถุดิบ แล้วนำความรู้จากสถานประกอบการจริง และแปรรูปผลิตภัณฑ์โดยฝึกปฏิบัติการ 2 ผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อให้เห็นถึงความสำคัญสามารถนำองค์ความรู้ การอนุรักษ์ต้นหยีที่มีอยู่ และพัฒนาการเพาะปลูกต้นหยี ซึ่งตัวบ่งชี้ความสำเร็จครูสามารถนำองค์ความรู้ถ่ายทอดองค์ความรู้ต่อนักเรียนในสาระการเรียนรู้การทำงานอาชีพและเทคโนโลยี และสร้างครูให้รู้ถึงความสำคัญและการบริโภคอาหารในท้องถิ่น ซึ่งสามารถให้ครูเป็นแบบอย่างให้กับนักเรียนในอนาคตได้

### 14. ตัวบ่งชี้ความสำเร็จ

| ตัวบ่งชี้         | การแสดงผล                                               |
|-------------------|---------------------------------------------------------|
| ผลผลิต (output)   | องค์ความรู้และความสำคัญของลูกหยีตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ |
| ผลลัพธ์ (outcome) | การให้ความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์จากลูกหยี                    |
| ผลกระทบ (impact)  | การอนุรักษ์ผลิตภัณฑ์ท้องถิ่น                            |

### 15. กำหนดวิธีการวัดและประเมินผลการพัฒนาของหลักสูตร

การติดตามประเมินผลจากการได้รับองค์ความรู้ก่อนและหลังการเข้าร่วมโครงการ และติดตามผลการเกิดพัฒนาหลังจากกลับเข้าสู่โรงเรียน โดยใช้การประเมินจากนักเรียนต่อผลของครูที่ได้จากการเข้าร่วมโครงการ โดยจัดการประเมินลงพื้นที่กลุ่มผู้อบรมปีละ 1 ครั้ง

### 16. อัตราค่าลงทะเบียนของหลักสูตรต่อครูหนึ่งคน/ปี

ค่าลงทะเบียน 1,000 บาท ต่อครูหนึ่งคน ซึ่งเป็นค่าอาหารกลางวัน อาหารว่าง ค่าวัสดุวัตถุดิบ อุปกรณ์การอบรม เอกสารการอบรม และค่าวิทยากร

ภาพผนวก ค.

บทความส่งวารสาร

## การศึกษาการจัดการหลังเก็บเกี่ยวของผลลูกหยีดำสดและวิธีการทำแห้ง ต่อสมบัติและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลลูกหยีแห้ง

## Study of Post-harvest Management of Fresh Black Velvet Tamarind and Dehydrating Methods on the Properties and Sensory Test the Pre-processed Product

รอมลี เจดอเลาะ<sup>1\*</sup>

Romlee chedoloh

### บทคัดย่อ

การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผลลูกหยีดำ (*Dialium Indum Linn*) มีความสำคัญต่อการยกระดับผลิตภัณฑ์ลูกหยีพื้นเมืองใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการการเก็บเกี่ยวและการจัดการผลลูกหยีสดหลังการเก็บเกี่ยวจนถึงวิธีการทำผลลูกหยีแห้ง จากการศึกษาพบว่าฤดูผลผลิตลูกหยีอยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายน มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 50-80 กิโลกรัมต่อต้น เมื่อคัดเกรดของผลลูกหยีสดหลังการเก็บ พบว่า มีปริมาณคุณภาพผลผลิต ร้อยละ 63.00-68.00 วิธีการและอุณหภูมิการอบผลก่อนการแปรรูป มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ และเคมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยการใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ส่งผลต่อปริมาณความชื้นออกจากลูกหยีสูงที่สุด ร้อยละ 14.49 ค่าสีของเนื้อลูกหยีดำจากแหล่งของผู้ประกอบการมีค่าความสว่างน้อยกว่าเนื้อลูกหยีสดและเนื้อลูกหยีดำใหม่ที่ผ่านมาการอบแห้ง ( $p < 0.05$ ) การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีพบว่า ค่า pH อยู่ในช่วง 2.83-2.98 ปริมาณความชื้นและ  $a_w$  อยู่ในช่วง ร้อยละ 10.10-15.56 และ 0.46-0.63 ตามลำดับ ปริมาณเส้นใยอาหารสูง ร้อยละ 4.30-5.14 การทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยของลูกหยีอบแห้ง และของผู้ประกอบการลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อลูกหยีสด ดังนั้นการจัดการวัตถุดิบหลังการเก็บเกี่ยวและการใช้ตู้อบลมร้อนในการอบลูกหยีมีความสำคัญต่อคุณภาพลูกหยีและการนำเข้าสู่กระบวนการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

**คำสำคัญ:** ลูกหยี, คุณค่าทางโภชนาการ, การทดสอบทางประสาทสัมผัส, การอบแห้ง

<sup>1</sup> คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

<sup>1</sup> Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Muang, Yala 92150, Thailand.

\* ผู้รับผิดชอบประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): romalee.c@yru.ac.th

## Abstract

Improvement of the Post-harvested technologies of Fresh Black Velvet Tamarind (*Dialium Indum Linn*) is important for entrepreneurs in order to upgrade the local food products in the Three boundary Provinces of Southern Thailand. This study aimed to study of the processes started from harvesting procedures, Post-harvest management until dehydrating techniques for Black Velvet Tamarind. It was found that the production of Velvet Tamarind started from July to November, which produced average 50-88 kilograms/tree. There was only 63.00-68.00% acceptance of Harvested Black Velvet Tamarind fruit by traditional collections.%. Dehydration of Black Velvet Tamarind before privatization showed that the methods and drying temperatures significantly affected physically and chemically properties ( $p \leq 0.05$ ). Using an incubation in hot air oven at  $60^{\circ}\text{C}$  for 4 hours was best to reduce the moisture contents (14.49%). The colors of Black Velvet Tamarind meat from entrepreneurs was less brightness than fresh meat ( $p \leq 0.05$ ). Chemical properties analysis showed that pH range of the meat were 2.83-2.98, the moisture content and  $a_w$  values were 10.10-15.56 and 0.46-0.63% respectively, whereas the fibers were highest at 4.30-5.14%. The sensory evaluations of overall samples of dried samples from hot air oven and from entrepreneurs, were less than the fresh meat. Thus, the Post-harvest management and using an incubation in hot air oven were important for Velvet Tamarind quality and development of raw material will be benefit to create the products.

**Keywords:** Velvet Tamarind, Nutrition Value, Sensory Evaluation, Drying

## บทนำ

พื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้มีความหลากหลายทางชีวภาพของพืชพันธุ์นานาชนิด ขณะที่ต้นหิยเป็นต้นไม้ยืนต้นแต่มีจำนวนไม่มาก ส่งผลต่อปริมาณของวัตถุดิบ ลูกหิยเป็นอัตลักษณ์เฉพาะในพื้นที่ภาคใต้ โดยเฉพาะจังหวัดปัตตานีมีการใช้เป็นส่วนหนึ่งคำขวัญของจังหวัด ความว่า “บูดูสะอาด หาดทรายสวย รวยน้ำตก นกเขาดี ลูกหิยอร่อย หอยแครงสด” โดยลูกหิยมีลักษณะเด่นคือมีคุณค่าทางโภชนาการ มีวิตามินซีสูง และมีสารอาหารอื่น เช่น โยอาหาร น้ำตาล คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เกลือแร่ และไขมัน (Obasi *et al.*, 2013) ซึ่งมีการดำเนินกิจการและธุรกิจที่เกี่ยวกับลูกหิยมาเป็นเวลานานมากกว่า 100 ปี การผลิตสินค้าจากลูกหิยจำเป็นต้องมีการจัดการวัตถุดิบตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การบริหารจัดการเกี่ยวกับการเก็บผลผลิตจากต้นลูกหิยดำ (ลูกหิยที่ไม่ได้กะเทาะเปลือก) ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีเปลือกที่อ่อนและแตกง่าย เสี่ยงต่อการปนเปื้อนของสิ่งแปลกปลอมทั้งกายภาพ รวมทั้งการเตรียมลูกหิยดำเป็นลูกหิยแดง (ลูกหิยที่ผ่านการตากแห้งและกะเทาะเปลือกออก) ของผู้ประกอบการแตกต่างกันส่งผลต่อคุณภาพของลูกหิยต่างกันด้วย ต้นลูกหิยจะออกผลผลิตในช่วงปลายปี ประมาณ

ช่วงเดือน สิงหาคม-ธันวาคม ของทุกปี ขณะที่อาจมีผลผลิตปีเว้นปี บางปีมีผลผลิตสูงทำให้ราคาตกต่ำซึ่งมีราคาเพียง 30 บาทต่อกิโลกรัม ขณะที่บางปีมีผลผลิตน้อยราคาอยู่ในช่วง 30-150 บาทต่อกิโลกรัม ผลลูกหยีสดมีราคาสูงถึง 150 บาทต่อกิโลกรัม ผู้ประกอบการขนาดเล็กเก็บเกี่ยวลูกหยีโดยการจ้างผู้ชำนาญการโดยเฉพาะ เพื่อปิ่นและตัดกิ่งที่มีผลของต้นลูกหยีลงสู่พื้น ซึ่งต้องอาศัยความสามารถเฉพาะตัวและความชำนาญเป็นอย่างสูง เมื่อกิ่งตกลงสู่พื้นจะทำให้ลูกหยีกระทบกับกิ่งไม้อื่น หรือกระแทกกับพื้นดิน ทำให้ลูกหยีมีการแตกและชำได้ ส่งผลให้ได้ผลผลิตลูกหยีต่ำสดมีคุณภาพน้อยลง รวมถึงขั้นตอนการลูบลูกหยีดำออกจากกิ่งของผู้รับจ้าง อาจทำให้ลูกหยีเกิดการแตกและเสียหายมากขึ้นได้ตามด้วยการเก็บบรรจุลูกหยีดำในกระสอบพลาสติกหรือกระสอบผ้า เพื่อเตรียมเข้าสู่กระบวนการผลิตลูกหยีแดงโดยการตากแห้งนานประมาณ 1 วัน กระบวนการนี้ มีความสำคัญต่อการรักษาผลผลิตของลูกหยี แต่เนื่องจากผลลูกหยีที่แตก และมีความชื้นจะเกิดการเสื่อมเสียคุณภาพด้านเชื้อจุลินทรีย์เนื่องจากการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยเฉพาะในช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวที่เป็นฤดูฝนซึ่งทำให้การเตรียมวัตถุดิบด้วยการตากแห้งมีปัญหา นอกจากนี้การตากแดดของผู้ประกอบการเป็นการทำแบบเปิดกอง ที่ไม่มีการคลุมป้องกัน มักมีผลต่อการปนเปื้อนของเศษดิน หยาหรือสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงน่าจะมีความจำเป็นที่ต้องใช้เครื่องอบลมร้อนเพื่อทำแห้งลูกหยีดำ รวมไปถึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางกายภาพและเคมีในระหว่างการตากแห้งและการอบแห้งของลูกหยี ขณะที่ในประเทศไทยข้อมูลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการลูกหยีมีไม่มากนัก ดังนั้นการศึกษานี้ ศึกษากระบวนการเก็บเกี่ยวและการจัดการลูกหยีดำหลังการเก็บเกี่ยว ศึกษาข้อตำหนิและปริมาณผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว และศึกษาการเตรียมผลผลิตก่อนการแปรรูปต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีและทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลลูกหยีดำแห้ง เพื่อนำไปสู่การจัดการวัตถุดิบลูกหยีให้มีปริมาณเพียงพอต่อการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการจำหน่ายเป็นของฝากในรูปแบบของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในลำดับต่อไป

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. ศึกษากระบวนการเก็บเกี่ยวและการจัดการลูกหยีดำหลังการเก็บเกี่ยว

1.1) เก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อศึกษาการเก็บเกี่ยวลูกหยีดำจากต้น สายพันธุ์ *Dialium Indum* Linn ขนาดต้นเส้นรอบวง 1-2 เมตร ความสูงประมาณ 20-30 เมตร ซึ่งปลูกเป็นพืชผสม จากผู้ประกอบการ จำนวน 2 ราย ในพื้นที่ตำบลลำใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดยะลา ได้แก่ 1) อามานีลูกหยี และ 2) แบียกายี ซึ่งเป็นผู้ประกอบการรายย่อยในการเก็บเกี่ยวผลลูกหยีและส่งให้ผู้ประกอบการรายใหญ่ในรูปแบบของลูกหยีสดหรือลูกหยีแดงตากแห้ง ในช่วงเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 โดยการบันทึกภาพ สัมภาษณ์เชิงลึกเกี่ยวกับกระบวนการเก็บเกี่ยวลูกหยีจากผู้ประกอบการและผู้รับจ้างปิ่นต้นลูกหยี ปริมาณลูกหยีที่ได้หลังจากเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวลูกหยีจากต้น การจัดจ้างและราคาของวัตถุดิบลูกหยีดำ

1.2) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลลูกหยีสดในระหว่างเดือน กรกฎาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นระยะก่อนการเก็บเกี่ยวลูกหยี ไปจนถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวลูกหยี การเปลี่ยนแปลงของลูกหยี และการสอบถามข้อมูลระยะเวลาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลูกหยีจากเจ้าของต้นหยี

1.3) วิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผล โดยสรุปขั้นตอนกระบวนการเก็บเกี่ยวลูกหยีและการจัดการลูกหยีหลังการเก็บเกี่ยว

## 2. ศึกษาข้อตำหนิและสัดส่วนของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวของลูกหิ

2.1) ลงพื้นที่ ตำบลลำพะยา ตำบลเปาะเส้ง ตำบลลำใหม่ อำเภอเมือง ตำบลยะหา อำเภอยะหา ใน จังหวัดยะลา และตำบลป่าไร่ อำเภอแม่ลาน จังหวัดปัตตานี เพื่อเก็บตัวอย่าง พร้อมกับผู้ประกอบการ 2 ราย คือ อามานี ลูกหิ และแบียกายี และผู้รับจ้างป็นต้นลูกหิ ทำการเก็บผลผลิตลูกหิจากต้น จำนวน 5 ต้น โดย เก็บเกี่ยวจากผู้รับจ้างป็นต้นลูกหิ จากนั้นจำแนกผลผลิตลูกหิดำที่ได้จากการเก็บเกี่ยว แล้วบรรจุลงใน กระสอบพลาสติก สุ่มตัวอย่างของลูกหิดำในแต่ละกระสอบปริมาณ 1 กิโลกรัม จำนวน 3 ซ้ำ จำแนกลูกหิที่มีตำหนิ เช่น เปลือกแตก การร้าว ตำหนิจากแมลง เชื้อราและอื่น ๆ คำนวณร้อยละผลผลิตที่มีคุณภาพและข้อตำหนิต่าง ๆ

2.2) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ t-test เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำหนักลูกหิที่มีคุณภาพ และข้อตำหนิจากผู้ประกอบการทั้ง 2 ราย

## 3. ศึกษาการเตรียมผลผลิตก่อนการแปรรูปต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี และทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกหิหลังการเก็บเกี่ยว

3.1) นำผลลูกหิที่ผ่านการตากแห้งที่ยังไม่แกะเมล็ดออกและลูกหิสดจากต้นของผู้ประกอบการ อามานีลูกหิ และแบียกายี ที่ได้หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตภายใน 2 วัน คัดขนาดโดยคัดลูกที่มีตำหนิออก นำลูกหิสดน้ำหนัก 300 กรัม บรรจุลงในภาดอลูมิเนียม เพื่อเตรียมการทำแห้ง โดยมี 5 ชุดการทดลองได้แก่ 1) D<sub>50</sub> คือลูกหิดำอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1,400 รอบต่อนาที นาน 4 ชั่วโมง 2) D<sub>60</sub> คือ ลูกหิดำอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1,400 รอบต่อนาที นาน 4 ชั่วโมง 3) S<sub>40</sub> คือ ลูกหิดำตากแดด ที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส (วัดอุณหภูมิบรรยากาศด้วย เทอร์โมมิเตอร์) นาน 4 ชั่วโมง 4) O คือ ลูกหิตากแห้งจากผู้ประกอบการ ตากแห้ง 1 วัน และ 5) F คือ ลูกหิสด เมื่อทำแห้งครบระยะเวลาที่กำหนดจึงกะเทาะเปลือกลูกหิดำออกจนได้เนื้อลูกหิแดง จากนั้นจึง เปรียบเทียบกับลูกหิตากแห้งจากผู้ประกอบการ และลูกหิสด

3.2) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของเนื้อลูกหิ โดยใช้มีดแกะสลักกรีดเอาเมล็ดลูกหิออก นำเนื้อลูกหิแดงมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าสี ความชื้น (AOAC, 2000) ค่า a<sub>w</sub> (AOAC, 2000) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (AOAC, 2000) เยื่อใยอาหาร (AOAC, 2000) คาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000) ไขมัน (AOAC, 2000) และโปรตีน (AOAC, 2000)

3.3) การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยนำลูกหิที่ได้จากการอบแห้งที่สภาวะต่าง ๆ ลูกหิสดและลูกหิจากผู้ประกอบการ ที่ผ่านการกะเทาะแล้ว ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้นักศึกษาและผู้บริโภคทั่วไปที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (Untrained Panel) จากมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลาและบุคคลในพื้นที่ จำนวน 30 คน โดยใช้วิธี 9 - point Hedonic scale (Meilgaard *et al.*, 1999) เพื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ได้แก่ สี ความกรอบ กลิ่น ความเปรี้ยว รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

3.4) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของชุดการทดลองโดยใช้ Duncan' new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (รอมลี และสะอาด, 2560)

## ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

### 1. กระบวนการเก็บเกี่ยวลูกหิและการจัดการลูกหิหลังการเก็บเกี่ยว

การลงพื้นที่ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ เพื่อหาแหล่งของผู้ประกอบการในการลงเก็บเกี่ยวลูกหิจากต้น โดยติดตามการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงฤดูผลผลิตประมาณเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการขนาดเล็กชื่อว่า “อามานิลูกหิ” และ “แบยิกายี” ในพื้นที่ตำบลลำใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดยะลา โดยมีขั้นตอนการเก็บเกี่ยวลูกหิจากต้น ดังนี้

1.1) การตกลงราคาซื้อขายและราคารูกลูกหิจากการติดตาม ตกลงราคาเพื่อการขายมี 2 วิธี ได้แก่ 1) การขายแบบเหมาจ่ายทั้งต้นตามราคาที่ตกลงไว้ เช่น ทั้งต้นราคา 3,000 บาท และ 2) การขายโดยชั่งน้ำหนักจริงผลผลิต ลูกหิที่ได้จากการตัดกิ่งต้นหิ ราคาอาจแตกต่างกันไปในแต่ละปี ประจำปี 2559 ราคารูกลูกหิสดประมาณ 50-70 บาท (ภาพที่ 1 a, b)

1.2) ค่าจ้างการป็นเพื่อเก็บเกี่ยวผลลูกหิ โดยผู้ประกอบการจ้างผู้รับจ้างคนป็นขึ้นต้นเพื่อตัดกิ่งที่มีผลลูกหิ รอบละ 1,000 บาท ต่อ 1 ต้น หรือตามปริมาณงานที่ตกลงกัน (ประมาณ 1,500-2,000 บาท) หรือการคิดตามน้ำหนักผลผลิตของลูกหิที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในราคา 15 บาทต่อกิโลกรัม ภายหลังตกลงราคา ผู้รับจ้างจะป็นขึ้นตัดกิ่งลูกหิ โดยการใช้เชือกนำเพื่อการไต่ป็นต้น การใช้เชือกยังช่วยให้มีความปลอดภัยต่อผู้ป็นตัดส่ง การตัดเฉพาะกิ่งที่มีลูกหิ ให้ตกลงสู่พื้นดิน (ภาพที่ 1 c)

1.3) การรวบรวมลูกหิ การรวบรวมลูกหิดำ ออกจากกิ่งโดยการลูบหรือเด็ดผลลูกหิราคา 6 บาทต่อกิโลกรัม และบรรจุลงในกระสอบขาว ชั่งน้ำหนักของลูกหิที่ได้จากแต่ละต้น แต่ละต้นเก็บลูกหิได้ประมาณ 50-80 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับขนาดของต้นและจำนวนกิ่งของต้นหิ (ภาพที่ 1 d)

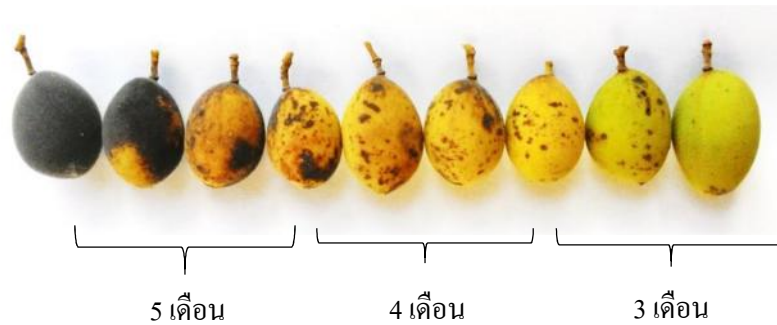


ภาพที่ 1 การสำรวจและเก็บเกี่ยวลูกหยีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

- a) การลงพื้นที่สำรวจต้นลูกหยีในการจับจองตอนที่ลูกหยียังไม่สุกและตกลงราคาก่อนตัดลูกหยีเมื่อลูกหยีสุก
- b) ต้นลูกหยีที่มีผลลูกหยีพร้อมจะเก็บเกี่ยว
- c) การเตรียมตัวสำหรับการขึ้นตัดลูกหยีและการขึ้นต้นหยีต้องอาศัยความชำนาญการ
- d) ขั้นตอนการลูบหรือการเก็บลูกหยีดำแล้วบรรจุลงกระสอบ

## 2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลลูกหยีระหว่างการพัฒนาของผล

การเก็บเกี่ยวลูกหยีจากต้นต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับระยะเวลาสุกของผลที่เหมาะสม เนื่องจากลูกหยีที่เก็บเกี่ยวมาแล้วต้องไปผ่านการตากแห้งและตามด้วยการกะเทาะเปลือกต่อไป การเปลี่ยนของผิวเปลือก ลูกหยี บ่งชี้ถึงคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างภายในของเนื้อลูกหยี กรณีที่ลูกหยีสุกบนต้นมากเกินไป จะส่งผลให้เกิดการหลุดร่วงจากต้นตกสู่บริเวณรอบ ๆ ต้น ซึ่งทำให้ได้ผลผลิตลูกหยีลดลง แต่หากลูกหยีไม่สุกเท่าที่ควรจะทำให้เปลือกสีดำติดแน่นกับเนื้อลูกหยี ทำให้มีความยุ่งยากในขั้นตอนการลอกออกยากตอนกะเทาะเปลือกต่อปัญหาในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสีดำทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับและยังทำให้เนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงของลูกหยีมีลักษณะสีเขียวที่ยังไม่สุก (ภาพที่ 2 ระยะเวลา 3 เดือน) มีการเปลี่ยนแปลงจนสุกเต็มที่ (ภาพที่ 2 ระยะเวลา 5 เดือน) ระยะเวลาการพัฒนาตั้งแต่ออกดอกจนผลลูกหยีสุกเต็มที่ใช้เวลาประมาณ 5 เดือน ตลอดระยะการสุกของลูกหยีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ แต่ละพื้นที่ไม่พร้อมกัน เนื่องจากการออกดอกของต้นหยีไม่พร้อมกัน ซึ่งนับเป็นข้อดีสำหรับผู้เก็บเกี่ยวที่จะสามารถวางแผนการตัดลูกหยีได้และผู้รับซื้อลูกหยีสำหรับการจัดเตรียมการตากแห้งและเตรียมการแปรรูปลูกหยีในลำดับต่อไป



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏของผลลูกหยีระหว่างการพัฒนาของผล ตั้งแต่ระยะเริ่มแก่เขียว (3 เดือน หลังดอกบาน) จนถึงสุกเต็มแก่ที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ (5 เดือนหลังดอกบาน)

### 3. ข้อตำหนิและคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว

#### 3.1 ข้อตำหนิของลูกหยีหลังการเก็บเกี่ยว

จากการคัดเลือกและประกันคุณภาพของวัตถุดิบหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า ลูกหยีที่ผ่านการตัดจากต้น มีสิ่งเจือปน เช่น เศษใบไม้ เศษหญ้า และดิน ในปริมาณเล็กน้อย เมื่อสุ่มตัวอย่างจากลูกหยีสต 1 กิโลกรัม ผลลูกหยีมีข้อตำหนิจากความเสียหายจากการกระแทก (ภาพที่ 3) ขณะตกจากที่สูง การลูบเก็บลูกหยี และการบรรจุลงถุงกระสอบ การวิเคราะห์คัดเลือกวัตถุดิบลูกหยีจากผู้ประกอบ 2 ราย เกี่ยวกับคุณภาพและข้อตำหนิพบว่า น้ำหนักของลูกหยีที่ได้คุณภาพและผลที่มีตำหนิแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยได้ลูกหยีมีคุณภาพจากผู้ประกอบการอามานีลูกหยี ปริมาณ ร้อยละ  $68.00 \pm 2.67$  สูงกว่าผู้ประกอบการแบยิกายีมี ปริมาณร้อยละ  $63.00 \pm 2.14$  (ตารางที่ 1) มีการแตก ร้อยละ  $32.00 \pm 2.67$  -  $37.00 \pm 2.14$  (ภาพที่ 3 a และ ตารางที่ 1) เนื่องจากสถานประกอบการอามานีลูกหยี เก็บเกี่ยวใช้ผู้รับจ้างป็นต้นลูกหยีและผู้รับจ้างการลูบลูกหยีออกจากกิ่งคนละชุดกับผู้ประกอบการแบยิกายี จึงทำให้ความสมบูรณ์ของผลลูกหยีสตแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเนื้อภายในของลูกหยีที่มีตำหนิจากการกระแทกยังมีคุณภาพดีพอสำหรับการเตรียมลูกหยีแดงต่อไปได้ ส่วนข้อตำหนิจากการขึ้นราและแมลง (ภาพที่ 3 b. และ c) เนื่องจากแต่ละแหล่ง มีการจ้างตัดลูกหยีซึ่งมีขนาดและความสูงต่างกัน ส่งผลต่อการตกของกิ่งลูกหยีทำให้ได้รับการกระแทกต่างกัน รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความชำนาญของผู้ตัดและการวางแผนการเก็บผลผลิตระหว่างการลูบลูกหยี และการบรรจุกระสอบจึงทำให้คุณภาพของลูกหยีแตกต่างกัน



ภาพที่ 3 ลักษณะการสูญเสียทางกายภาพของเปลือกที่แตกจากการตกกระแทก (a) แมลงเจาะกิน (b) และการขึ้น เชื้อราในตัวอย่างลูกหยี (c)

**ตารางที่ 1** ลูกหยีที่ผ่านการคัดคุณภาพจากการสุ่มตัวอย่างหลังการเก็บเกี่ยวจากผู้ประกอบการ

| ผู้ประกอบการ | น้ำหนักสด<br>(กรัม) | ปริมาณลูกหยีต่อการ<br>เก็บเกี่ยว (กิโลกรัม) | สัดส่วนคุณภาพของลูกหยี        |                             |
|--------------|---------------------|---------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
|              |                     |                                             | น้ำหนักหลังคัดแยก<br>(ร้อยละ) | น้ำหนักข้อตำหนิ<br>(ร้อยละ) |
| อามานีลูกหยี | 1000                | 66.00±6.00 <sup>a</sup>                     | 68.00±2.67 <sup>a</sup>       | 32.00±2.67 <sup>a</sup>     |
| แบยิกายี     | 1000                | 66.50±2.12 <sup>a</sup>                     | 63.00±2.14 <sup>b</sup>       | 37.00±2.14 <sup>b</sup>     |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

#### 4. การเตรียมผลผลิตก่อนการแปรรูปต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกหยีหลังการเก็บเกี่ยว

##### 4.1 การสูญเสียน้ำหนักจากการทำแห้ง

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมวัตถุดิบของลูกหยีดำด้วยวิธีการตากแห้งตามปกติของผู้ประกอบการและการใช้ตู้อบลมร้อนที่ 50 และ 60 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ความเร็วลมที่ 1,400 รอบ/วินาที พบว่า การใช้ตู้อบลมร้อนและการตากแห้ง มีผลต่อการระเหยน้ำในตัวอย่างลูกหยีดำแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) โดยการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ร้อยละ 14.49±0.17 ขณะที่การอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพียงร้อยละ 12.54±0.28 ส่วนวิธีดั้งเดิมโดยการตากแห้งระเหยออกไปเพียง ร้อยละ 11.36±0.19 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) การอบที่อุณหภูมิสูงกว่าช่วยในการระเหยน้ำออกจากลูกหยีดำได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนมีค่าสูงกว่าทำให้ความร้อนสามารถถ่ายเทจากอากาศร้อนไปสู่ผิวเปลือกลูกหยี เพื่อใช้ในการระเหยน้ำได้มากกว่า จึงทำให้การระเหยน้ำในการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงเกิดขึ้นได้เร็วกว่าการระเหยน้ำที่อุณหภูมิต่ำ (จารุวรรณ และคณะ, 2550)

**ตารางที่ 2** ปริมาณผลผลิตจากลูกหยีอบแห้ง

| สภาวะการอบลูก<br>หยี | น้ำหนักเริ่มต้น<br>(กรัม) | น้ำหนักหลังอบ/ตาก<br>แห้ง (กรัม) | น้ำหนักที่สูญเสีย<br>(กรัม) | การสูญเสียน้ำหนัก<br>(ร้อยละ) |
|----------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| D <sub>50</sub>      | 200.16±0.096 <sup>a</sup> | 175.05±0.48 <sup>b</sup>         | 25.11±0.57 <sup>b</sup>     | 12.54±0.28 <sup>b</sup>       |
| D <sub>60</sub>      | 200.07±0.083 <sup>a</sup> | 171.07±0.27 <sup>c</sup>         | 29.00±0.36 <sup>a</sup>     | 14.49±0.17 <sup>a</sup>       |
| S <sub>50</sub>      | 200.17±0.084 <sup>a</sup> | 177.43±0.38 <sup>a</sup>         | 22.74±0.37 <sup>c</sup>     | 11.36±0.19 <sup>c</sup>       |
| O                    | 200.14±0.072 <sup>a</sup> | 171.86±1.30 <sup>c</sup>         | 28.28±1.33 <sup>a</sup>     | 14.13±0.66 <sup>a</sup>       |
| F                    | -                         | -                                | -                           | -                             |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

ชุดการทดลอง F เป็นลูกหยีสดไม่ได้ผ่านการอบแห้ง

การวิเคราะห์องค์ประกอบของคุณภาพทางกายภาพของลูกหยีดำที่ผ่านการเตรียมก่อนเข้าสู่กระบวนการแปรรูป โดยการเปรียบเทียบการเตรียมลูกหยีดำตากแห้งกับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส และคำนวณสัดส่วนผลผลิตเนื้อลูกหยีที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการแปรรูปต่อไป พบว่า ลูกหยีสดมีปริมาณของ เนื้อลูกหยี ร้อยละ  $33.66 \pm 0.56$  (ตารางที่ 3) ซึ่งปริมาณสัดส่วนของผลผลิตที่ใช้ได้น้อยลงขณะที่มีส่วนของเปลือกลูกหยีและเมล็ดมีน้ำหนักรวมถึง ร้อยละ 66 การเตรียมลูกหยีดำเป็นลูกหยีแดงโดยการอบแห้งแต่ละวิธีการมีผลต่อปริมาณผลผลิตลูกหยีแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยการอบแห้งให้เนื้อลูกหยีภายหลังการเอาเมล็ดออก ที่ร้อยละ 36.92-37.87 การอบแห้งมีผลทำให้ผิวของเปลือก ลูกหยีได้รับความร้อน และลมร้อนทำให้ความชื้นจากเปลือกลดลง และมีการแพร่ของน้ำจากเมล็ดไปสู่เนื้อ มีผลทำให้ร้อยละผลผลิตของเนื้อลูกหยีเพิ่มขึ้น

**ตารางที่ 3** การคำนวณสัดส่วนผลผลิตของลูกหยีสดและลูกหยีดำที่ผ่านการเตรียมโดยวิธีต่างกัน

| สภาวะการเตรียม  | ปริมาณ (ร้อยละ)       |                    |                    |
|-----------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
|                 | เนื้อลูกหยี           | เปลือกลูกหยี       | เมล็ดลูกหยี        |
| D <sub>50</sub> | $36.92 \pm 0.73^{ab}$ | $30.67 \pm 0.22^a$ | $32.40 \pm 0.50^b$ |
| D <sub>60</sub> | $37.87 \pm 0.08^b$    | $30.26 \pm 0.33^a$ | $31.87 \pm 0.24^b$ |
| S <sub>40</sub> | $38.64 \pm 1.90^a$    | $30.46 \pm 0.36^a$ | $31.55 \pm 0.11^b$ |
| O               | $37.79 \pm 0.72^{ab}$ | $30.23 \pm 0.11^a$ | $31.97 \pm 0.67^b$ |
| F               | $33.66 \pm 0.56^c$    | $30.59 \pm 0.61^a$ | $35.75 \pm 1.16^a$ |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

#### 4.2 การเตรียมผลผลิตก่อนการแปรรูปต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีและทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกหยีดำ

การวิเคราะห์คุณภาพลูกหยีสดลูกหยีดำที่ผ่านการอบแห้ง (ในห้องตลาดที่จำหน่ายในพื้นที่ 3 จังหวัด) ลูกหยี ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 50 องศาเซลเซียส และลูกหยีตากแห้ง นาน 4 ชั่วโมง พบว่า แหล่งที่มาของลูกหยีสดและลูกหยีตากแดดและลูกหยีอบแห้งมีค่าสี ค่า pH ค่า  $a_w$  ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (B°) เยื่อใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต\* ไขมัน โปรตีน และเถ้า ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) (ตารางที่ 4)

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของลูกหยีที่ผ่านการตากแห้งและอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าสีของเนื้อลูกหยีมีความแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) โดยที่เนื้อลูกหยีจากแหล่งของผู้ประกอบการอามานีลูกหยีและแบยการียี มีค่าความสว่างน้อยกว่าเนื้อลูกหยีสดและเนื้อลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง ( $p < 0.05$ ) เนื่องจากลูกหยีที่นำมาจากแหล่งของผู้ประกอบการเป็นลูกหยีที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1-2 ปี ซึ่งมีผลจากการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างและสีจากการตากแดดของลูกหยีระยะเวลานานกว่าการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 4) และ ค่า  $a^*$  มีค่าเพิ่มขึ้น ลูกหยีจะมีลักษณะสีแดงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่

ตากและอบแห้ง โดยเฉพาะลูกหยีจากผู้ประกอบการ มีค่า  $a^*$  มีค่า  $14.47 \pm 0.01$  การเปลี่ยนแปลงของสีในเนื้อลูกหยีเกิดจากแอนโทไซยานินเพื่อทำการตากแดดและอบแห้งทำให้น้ำระเหยออกทำให้ลูกหยีมีสีภาวะความเป็นกรดและสารมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นการแสดงผลของสารนี้เห็นได้ชัด

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีในการประเมินการเปลี่ยนแปลงของลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง โดยใช้วิธีดั้งเดิมและการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน พบว่า เนื้อลูกหยีมีค่าความเป็นกรดสูง ลูกหยีสดมีค่า pH  $2.78 \pm 0.01$  เมื่อผ่านการอบแห้ง จะทำให้ค่าความเป็นกรดลดลง เนื่องจากกระบวนการผลิตมีการใช้ความร้อนและเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานทำให้เกิดการสลายตัวของวิตามินซี จึงทำให้ค่า pH สูงขึ้นเป็น  $2.83 \pm 0.00$  (อบที่ 50 องศาเซลเซียส) และ  $2.98 \pm 0.01$  (ลูกหยีจากแหล่งผู้ประกอบการ) ตามลำดับ ขณะที่ลูกหยีสดมีปริมาณความชื้นและ  $a_w$  สูงที่สุด และ จะลดลงตามการอบแห้ง โดยวัตถุดิบที่ผู้ประกอบการเก็บไว้เป็นเวลานานมีความชื้นต่ำ ที่ร้อยละ  $6.59 \pm 0.74$  และมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วงร้อยละ 69.32-83.25 ซึ่งมีปริมาณสูง เนื่องจากเป็นกลุ่มของเส้นใยอาหารสูง สอดคล้องกับการศึกษาของ Gnansounou *et al.* (2013) รายงานปริมาณ คาร์โบไฮเดรตในตัวอย่างลูกหยีออฟริกาที่มีปริมาณ ร้อยละ 80 ดังนั้นการอบแห้งที่ระดับความชื้นอยู่ในระดับนั้นต้องมีการอบลูกหยีแดง เพื่อการกะเทาะเปลือกเท่านั้น ซึ่งทำให้เนื้อลูกหยีมีความชื้นอยู่ในช่วง  $10.10 \pm 3.80$ - $15.56 \pm 0.50$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Asoiro *et al.* (2017) ที่รายงานปริมาณความชื้นในตัวอย่างลูกหยีสายพันธุ์ *Dialium guineense* ที่กะเทาะ จากประเทศไนจีเรีย เท่ากับ ร้อยละ  $19.03 \pm 1.52$  การใช้ตู้อบลมร้อนที่ใช้อุณหภูมิ ที่ 50-60 องศาเซลเซียส จะช่วยให้การลดปริมาณความชื้นได้เร็วกว่าและลดความชื้นได้มากกว่าการตากแห้งแบบวิธีดั้งเดิมแตกต่างกัน (ตารางที่ 4) รวมทั้งสามารถใช้ในการป้องกันการปนเปื้อนทางกายภาพและเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกัน Osanaiye *et al.* (2013) ซึ่งได้เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง *Dialium guineense* จากออฟริกา และพบว่ามีปริมาณความชื้นร้อยละ 10.53 เนื้อลูกหยี มีปริมาณของไขมันและโปรตีนต่ำ (จริงแท้และธีรนุด, 2549) ในขณะที่มีปริมาณเส้นใยอาหารร้อยละ  $4.30 \pm 0.096$ - $5.14 \pm 0.51$  ซึ่งสามารถช่วยในการขับถ่ายได้เป็นอย่างดี การศึกษาของ Adepoju (2009) เพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของในป่าทางตะวันตกเฉียงใต้และแถบกลางของประเทศไนจีเรีย ได้แก่ *Mombin Spondias*, *Dialium guineense* และ *Mordii whytii* โดยการวิเคราะห์ด้วย วิธีมาตรฐาน AOAC พบว่า มีปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่าง 2.6-8.3 กรัม ไขมัน 1.6-2.0 กรัม เยื่อใย 0.6 -11.8 และ ปริมาณเถ้า 1.0-6.8 กรัม/100 กรัม ดังนั้นลูกหยีมีความแตกต่างของสมบัติทางกายภาพและเคมีขึ้นอยู่กับชนิดของสายพันธุ์พื้นที่ สภาพภูมิอากาศ และธาตุอาหารของพืชที่ได้รับจึงทำให้ลูกหยีแตกต่างกันไปด้วย

**ตารางที่ 4** การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของลูกหยีสตและลูกหยีที่ผ่านการอบแห้ง

| การวิเคราะห์              |                       | ชุดการทดลอง              |                          |                                         |                         |                                         |
|---------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|
|                           |                       | D <sub>50</sub>          | D <sub>60</sub>          | S <sub>40</sub>                         | O                       | F                                       |
| ค่าสี                     | <i>L</i> <sup>*</sup> | 30.00±0.02 <sup>b</sup>  | 26.41±1.04 <sup>c</sup>  | 28.68±0.39 <sup>d</sup>                 | 22.38±1.02 <sup>d</sup> | 41.68±0.84 <sup>a</sup>                 |
|                           | <i>a</i> <sup>*</sup> | 11.28±0.51 <sup>b</sup>  | 11.65±0.39 <sup>b</sup>  | 11.29±0.05 <sup>b</sup>                 | 14.47±0.01 <sup>a</sup> | 11.51±0.25 <sup>b</sup>                 |
|                           | <i>b</i> <sup>*</sup> | 8.36±0.53 <sup>d</sup>   | 9.47±0.69 <sup>c</sup>   | 8.36±0.04 <sup>d</sup>                  | 12.17±0.02 <sup>b</sup> | 15.37±0.67 <sup>a</sup>                 |
| ค่า pH                    |                       | 2.83±0.005 <sup>b</sup>  | 2.85±0.01 <sup>b</sup>   | 2.85±0.07 <sup>b</sup>                  | 2.98±0.01 <sup>a</sup>  | 2.77±0.01 <sup>c</sup>                  |
| ค่า a <sub>w</sub>        |                       | 0.61±0.01 <sup>b</sup>   | 0.49±0.005 <sup>c</sup>  | 0.62±0.01 <sup>ab</sup>                 | 0.46±0.01 <sup>d</sup>  | 0.63±0.005 <sup>a</sup>                 |
| ความชื้น (%)              |                       | 15.56±0.50 <sup>c</sup>  | 10.10±3.80 <sup>d</sup>  | 15.80±0.09 <sup>b</sup>                 | 6.59±0.74 <sup>e</sup>  | 20.55±3.42 <sup>a</sup>                 |
| น้ำตาลทั้งหมด (°B)        |                       | 6.62±0.07 <sup>a</sup>   | 7.14±0.04 <sup>b</sup>   | 6.58±0.11 <sup>c</sup>                  | 11.02±0.02 <sup>a</sup> | 6.59±0.04 <sup>a</sup>                  |
| เยื่อใยอาหาร (%)          |                       | 4.51±0.077 <sup>c</sup>  | 4.85±0.094 <sup>b</sup>  | 4.48±0.05 <sup>c</sup>                  | 5.14±0.51 <sup>a</sup>  | 4.30±0.096 <sup>d</sup>                 |
| คาร์โบไฮเดรต <sup>*</sup> |                       | 73.79±6.14 <sup>bc</sup> | 78.31±4.12 <sup>ab</sup> | 76.60±5.52 <sup>a</sup><br><sup>b</sup> | 83.25±0.11 <sup>a</sup> | 69.32±3.79 <sup>c</sup>                 |
| ไขมัน (%)                 |                       | 1.04±0.05 <sup>c</sup>   | 1.15±0.03 <sup>b</sup>   | 1.09±0.12 <sup>c</sup>                  | 1.29±0.55 <sup>a</sup>  | 1.00±0.02 <sup>c</sup>                  |
| โปรตีน (%)                |                       | 1.63±0.066 <sup>c</sup>  | 1.86±0.065 <sup>b</sup>  | 1.77±0.33 <sup>d</sup>                  | 2.37±0.19 <sup>a</sup>  | 1.54±0.062 <sup>c</sup><br><sup>d</sup> |
| เถ้า (%)                  |                       | 1.25±0.025 <sup>ab</sup> | 1.33±0.045 <sup>a</sup>  | 1.20±0.07 <sup>bc</sup>                 | 1.36±0.10 <sup>a</sup>  | 1.11±0.060 <sup>c</sup>                 |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9- point Hedonic scale ของลูกหยีดำที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 50, 60 องศาเซลเซียส ลูกหยีสต และลูกหยีผ่านการตากแห้ง แล้วการกะเทาะเปลือกเป็นลูกหยีแดงพบว่า สี ความกรอบ กลิ่น ความเปรี้ยว เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกัน (p<0.05) ขณะที่รสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) (ตารางที่ 5) คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส ลูกหยีอบแห้งทุกวิธีแตกต่างกับลูกหยีสต เนื่องจากการทำแห้งทำให้ปริมาณของความชื้นลดลงและสีเปลี่ยนไปโดยมีสีแดงมากขึ้นและเพิ่มความกรอบของเนื้อลูกหยี แต่จะลดเนื้อสัมผัสและความเปรี้ยวของเนื้อลูกหยีลง การใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนด้านความกรอบลูกหยี ที่ยอมรับมากกว่า การตากแห้งลูกหยีแบบดั้งเดิมแตกต่างกัน (p<0.05) โดยมีคะแนนการทดสอบเท่ากับ 7.56±0.81 และ 6.83±0.65 ตามลำดับ ดังนั้นการนำลูกหยีใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป ควรเลือกใช้ลูกหยีให้มีความเหมาะสม เช่น การผลิตลูกหยีเคลือบน้ำตาลควรใช้ลูกหยีที่เก็บรักษา

ประมาณ 1 ปี หรือลูกหมีใหม่ ส่วนเนื้อลูกหมีที่มีอายุมากกว่าอาจใช้ในการผลิตลูกหมีกวนหยาบและละเยียด เป็นต้น

**ตารางที่ 5** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสลูกหมีที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีการต่าง ๆ

| การทดสอบทางประสาทสัมผัส | ชุดการทดลอง            |                         |                        |                         |                         |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                         | D <sub>50</sub>        | D <sub>60</sub>         | S <sub>40</sub>        | O                       | F                       |
| สี                      | 6.33±0.71 <sup>b</sup> | 7.26±0.67 <sup>a</sup>  | 7.10±0.71 <sup>a</sup> | 7.33±0.66 <sup>a</sup>  | 7.23±0.67 <sup>a</sup>  |
| ความกรอบ                | 7.86±0.77 <sup>a</sup> | 4.63±0.66 <sup>c</sup>  | 7.56±0.81 <sup>a</sup> | 7.10±0.66 <sup>b</sup>  | 6.83±0.65 <sup>b</sup>  |
| กลิ่น                   | 6.30±0.83 <sup>b</sup> | 7.43±0.77 <sup>a</sup>  | 7.10±0.70 <sup>a</sup> | 7.13±0.81 <sup>a</sup>  | 7.13±0.93 <sup>a</sup>  |
| ความเปรี้ยว             | 6.50±0.97 <sup>a</sup> | 6.40±1.00 <sup>ab</sup> | 5.86±1.01 <sup>c</sup> | 5.90±0.95 <sup>bc</sup> | 6.26±0.78 <sup>ab</sup> |
| รสชาติ                  | 6.43±1.10 <sup>a</sup> | 6.26±1.08 <sup>a</sup>  | 5.86±1.10 <sup>a</sup> | 5.93±1.11 <sup>a</sup>  | 5.83±1.26 <sup>a</sup>  |
| เนื้อสัมผัส             | 6.73±0.69 <sup>b</sup> | 7.50±0.50 <sup>a</sup>  | 7.00±0.74 <sup>b</sup> | 6.70±0.59 <sup>b</sup>  | 6.96±0.66 <sup>b</sup>  |
| ความชอบโดยรวม           | 6.46±0.73 <sup>b</sup> | 7.03±0.71 <sup>a</sup>  | 6.56±0.62 <sup>a</sup> | 6.70±0.65 <sup>ab</sup> | 6.70±0.66 <sup>ab</sup> |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

## สรุป

การจัดการเก็บเกี่ยวลูกหมีมีความสำคัญในการรักษาคุณภาพของลูกหมี โดยการประเมินระยะเวลาการสุกของลูกหมี การเก็บเกี่ยวผลผลิต รวมถึงการจัดเตรียมวัตถุดิบลูกหมี โดยการทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนหรือเครื่องอบชนิดอื่นที่สามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งแปลกปลอมที่อาจจะส่งผลต่อคุณภาพของลูกหมี การเก็บเกี่ยวลูกหมีสดบนต้นที่มีอายุของลูกหมีประมาณ 5 เดือน หลังจากการออกดอก จะได้ปริมาณของผลผลิตสูง แต่ขึ้นอยู่กับขนาดของต้น อายุและการเก็บเกี่ยว โดยทั่วไปให้ผลผลิตประมาณ 50-80 กิโลกรัม เมื่อนำลูกหมีแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นั้นต้องผ่านการเตรียมลูกหมีดำเป็นลูกหมีแดง โดยการกะเทาะเปลือกที่ผ่านการตากแดดหรือการอบแห้ง ผลผลิตของเนื้อลูกหมี ร้อยละ 36.92-37.87 การใช้ตู้อบลมร้อนที่มีอุณหภูมิต่างกันทำให้ปริมาณความชื้นสุดท้ายต่างกันเล็กน้อย ซึ่งปริมาณความชื้นในช่วง ร้อยละ 10.10-15.56 ลูกหมีมีจุดเด่นมีปริมาณเส้นใยอาหารที่อยู่ในระดับ ร้อยละ 4.30-5.14 ซึ่งสามารถช่วยระบบขับถ่ายได้เป็นอย่างดี เนื้อลูกหมีมีสถานะเป็นกรด ซึ่งมีค่า pH 2.83-2.98±0.01 ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้นาน แต่อย่างไรก็ตาม สีของวัตถุดิบจะเปลี่ยนแปลง ดังนั้นต้องมีการจัดลำดับการนำวัตถุดิบจากห้องเก็บมาแปรรูปตามความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด และควรเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันความชื้น หรือแต่ละปีควรนำลูกหมีที่เก็บรักษามาตากแห้งหรืออบแห้งเพื่อไล่ความชื้นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแหล่งทุนการวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ประจำปี 2559 และคณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการดำเนินการวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช และ ชีรนต์ ร่มโพธิ์ภักดิ์. 2549. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, น.100. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนศูนย์ ส่งเสริมและฝึกอบรม การเกษตรแห่งชาติ.
- จารุวรรณ กุลวิศ, สมเกียรติ ปรัชญาวรรการ และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2550. ผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อสาร ระเหยง่าย และคุณภาพทางกายภาพในกล้วยแผ่น, น.1-11. ใน **รายงานประชุมวิชาการด้านพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ ครั้งที่ 1**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร.
- รอมลี เจะดอละ และสะอาด อาแซ. 2560. บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษามะตะบะฮาลาลพื้นเมืองสำเร็จรูป. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา** 22(1): 78-91.
- Adepoju, O.T. 2009. Proximate composition and micronutrient potentials of three locally available wild fruits in Nigeria. **African Journal of Agricultural Research** 4(9): 887-892.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis of association of official chemists (17<sup>th</sup>). Washinton DC: The Association of official Analytical Chemists Inc.
- Asoiro, F.U., Ezeoha. S.L., Ugwu, C.B. and Ezenne G.I. 2017. Physical properties of unshelled, shelled and kernel of velvet tamarind (*Dialium guineense*) fruit from Nigeria. **Cogent Food And Agriculture**. 3: 1287618.
- Gnansounou, S. M., Noudogbessi, J. P., Yehouenou, B., Gbaguidi, A. N. M., Dovonon, L., Aina, M. P., Ahissou, H. and Sohounhloue, D. 2014. Proximate composition and micronutrient potentials of *Dialium guineense* wild growing in Benin. **International Food Research Journal** 21(4): 1603- 1607.
- Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 1999. **Sensory Evaluation Techniques** (3<sup>rd</sup>). 387p. CRC Press, New York.
- Obasi, N. E., Okorocho, C. and Orisakwe, O. F. 2013. Production and evaluation of Velvet tamarind (*Dialium Guineesewild*) candy. **European Journal of Food Science and Technology** 1(1): 1-8.

Osanaiye, F.G, Alabi, M.A., Sunday, R.M., Olowokere, T, Salami, E. T., Otunla, T. A. and Odiaka S. C. 2013. Proximate Composition of Whole Seeds and Pulp of African Black Velvet Tamarind (*Dialium guineense*). **Journal of Agriculture and Veterinary Science** 5(3):49-52.

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ

| วัตถุประสงค์โครงการ                                                                                              | กิจกรรมที่วางแผน                                                                                         | กิจกรรมที่ดำเนินการ                                                                                      | ผลที่ได้รับตลอดโครงการ                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. เพื่อศึกษาข้อมูลวัตถุดิบ องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี และคุณค่าทางโภชนาการลูกหอยในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ | ศึกษาข้อมูลวัตถุดิบ องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี และคุณค่าทางโภชนาการลูกหอยในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ | ศึกษาข้อมูลวัตถุดิบ องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี และคุณค่าทางโภชนาการลูกหอยในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ | 1. ข้อมูลวัตถุดิบ องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี คุณค่าทางโภชนาการของลูกหอยในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้  |
| 2. เพื่อพัฒนากระบวนการเตรียมวัตถุดิบหลังการเก็บเกี่ยวอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมรังสีอินฟราเรดและแสงอาทิตย์    | พัฒนากระบวนการเตรียมวัตถุดิบหลังการเก็บเกี่ยวอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมรังสีอินฟราเรด                 | พัฒนากระบวนการเตรียมวัตถุดิบหลังการเก็บเกี่ยวอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมรังสีอินฟราเรด                 | 2. ทราบกระบวนการเตรียมวัตถุดิบหลังการเก็บเกี่ยวอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมรังสีอินฟราเรดและแสงอาทิตย์ |
| 3. เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ต้นทุนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากลูกหอยเป็นที่ยอมรับทางการตลาดของผู้บริโภค                | การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ต้นทุนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากลูกหอยเป็นที่ยอมรับทางการตลาดของผู้บริโภค                | การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ต้นทุนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากลูกหอยเป็นที่ยอมรับทางการตลาดของผู้บริโภค                | 3. ได้ผลิตภัณฑ์ ต้นทุนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากลูกหอยเป็นที่ยอมรับทางการตลาดของผู้บริโภค                 |
| 4. เพื่อศึกษาข้อมูลเชิงการตลาดของผลิตภัณฑ์ลูกหอยในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้                                  | ศึกษาข้อมูลเชิงการตลาดของผลิตภัณฑ์ลูกหอยในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้                                  | ศึกษาข้อมูลเชิงการตลาดของผลิตภัณฑ์ลูกหอยในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้                                  | 4. ทราบข้อมูลเชิงการตลาดของผลิตภัณฑ์ลูกหอยในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้                               |
| 5. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนและวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม                               | ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนและวิสาหกิจขนาดกลาง                                          | ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนและวิสาหกิจขนาดกลาง                                          | 5. ได้เทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชน วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม                                 |

สัญญาเลขที่  
RDG5950121

ชื่อโครงการ “การพัฒนากระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าลูกหยี  
ในพื้นที่ 3 จังหวัด ชายแดนภาคใต้”  
สรุปรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3

ตาราง เปรียบเทียบ Output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและที่ดำเนินการได้จริงในรอบ 12 เดือน

| ผลผลิต (Output)                                                                                                                                                                           |              | ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100%) ให้ท่านระบุสาเหตุและการแก้ไขที่ท่านดำเนินการ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ/หรือจากการ<br>ปรับเปลี่ยน                                                                                                                                         | ผลสำเร็จ (%) |                                                                                 |
| 1. การพัฒนากระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ลูกหยีด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมจากรังสีอินฟราเรดและพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการพัฒนากลุ่มอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ |              |                                                                                 |
| 1.1 ออกแบบและผลิตเครื่องอบแห้งแบบมีส่วนร่วมกับผู้ประกอบการ SME                                                                                                                            | 100%         | -                                                                               |
| 1.2 ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการอบแห้งวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี การคำนวณพลังงานและต้นทุนการผลิต                                                                                        | 100%         | -                                                                               |
| 1.3 ผลิตเครื่องอบขนาดจริงและทดสอบการใช้งานได้จริงกับเกษตรกรและถ่ายทอดเทคโนโลยี                                                                                                            | 100%         |                                                                                 |

| ผลผลิต (Output)                                                                                                          |              | ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100%) ให้ท่านระบุสาเหตุและการแก้ไขที่ท่านดำเนินการ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ/หรือจากการ<br>ปรับเปลี่ยน                                                                        | ผลสำเร็จ (%) |                                                                                 |
| 2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการยืดอายุการเก็บ<br>รักษาน้ำลูกหยีด้วยวิธีการพาสเจอไรส์และน้ำ<br>ผลไม้เข้มข้น                    |              | -                                                                               |
| 2.1 ศึกษาข้อมูลทางการตลาด คุณลักษณะ<br>ผลิตภัณฑ์ และพฤติกรรมของผู้บริโภคต่อ<br>ผลิตภัณฑ์น้ำลูกหยี                        | 100%         | -                                                                               |
| 2.2 ศึกษาองค์ประกอบของเนื้อลูกหยี                                                                                        | 100%         |                                                                                 |
| 2.3 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำลูกหยี<br>พร้อมดื่มและน้ำลูกหยีเข้มข้น                                                 | 100%         |                                                                                 |
| 2.4 ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อ<br>ผู้บริโภคของการพัฒนาสูตรน้ำลูกหยีพร้อม<br>ดื่มและน้ำลูกหยีเข้มข้น                   | 100%         |                                                                                 |
| 2.5 ศึกษาผลของการพาสเจอไรส์ต่อคุณภาพ<br>ของน้ำลูกหยีพร้อมดื่มและน้ำลูกหยีเข้มข้น<br>และการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา | 100%         |                                                                                 |

| ผลผลิต (Output)                                                                                                                         |                 | ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100%)<br>ให้ท่านระบุสาเหตุและการแก้ไขที่ท่าน<br>ดำเนินการ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ/หรือจาก<br>การปรับแผน                                                                                           | ผลสำเร็จ<br>(%) |                                                                                        |
| 3. การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการยืดอายุ<br>การเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยว<br>หนุบ                                                       |                 |                                                                                        |
| 3.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี สมบัติทาง<br>กายภาพ และเคมี คุณค่าทาง<br>โภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระ                                       | 100%            |                                                                                        |
| 3.2 ศึกษาการศึกษาสูตรต้นแบบและการ<br>ทดสอบทางประสาทสัมผัสของ<br>ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ                                               | 100%            |                                                                                        |
| 3.3 ศึกษาทางการตลาดโดยการสำรวจ<br>ความต้องการคุณลักษณะของ<br>ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ                                                  | 100%            |                                                                                        |
| 3.4 ศึกษาการศึกษาอัตราส่วนและสมบัติ<br>ต่อความยอมรับของผู้บริโภคของ<br>ผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ                                        | 100%            |                                                                                        |
| 3.5 ศึกษาบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บ<br>รักษาของผลิตภัณฑ์ลูกหยีเคี้ยวหนุบ                                                                  | 100%            |                                                                                        |
| 3.6 ศึกษาต้นทุนการผลิต การตลาดและ<br>ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน<br>ผู้ประกอบการเกี่ยวกับกระบวนการ<br>ผลิตและองค์ความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ | 100%            |                                                                                        |

ลงนาม.....

นายรอมลี เจดอเลาะ

หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

มีนาคม 2561

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ ต่อ สกว.

-

ลงนาม.....

นายรอมลี เจะคอเลาะ  
หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน  
มีนาคม 2561