

# สมบัติการเกิดเจลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว และการใช้ในผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รี Gelation Properties of Okra's Extract and Its Application in Strawberry Jam

สุภินันต์ คำดี, วรณนิมล พรประสพ และวารังกนา สมพงษ์ \*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

Supinan Kamdee, Vanvimon Pornprasop and Warangkana Sompongse\*

Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology,  
Thammasat University, Rangsit Center

Received: February 17, 2022 ; Accepted: April 21, 2022

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) เป็นสารให้ความข้นหนืดและช่วยลดปริมาณน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รี เริ่มจากการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว โดยแปรอุณหภูมิในการสกัด 4 ระดับ ได้แก่ 50, 60, 70 และ 80 °C การวิเคราะห์ทางกายภาพโดยวัดปริมาณผลผลิต (% Yield) ระยะทางการไหล และค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัด คือ อุณหภูมิ 60 °C นำสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวที่ได้ไปศึกษาสมบัติในการเกิดเจล โดยแปรปริมาณน้ำตาลซูโครส 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 50, 60 และ 70 โดยน้ำหนักของน้ำตาลต่อสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว และแปรปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 2, 2.5 และ 3 โดยน้ำหนักทั้งหมด การวิเคราะห์ทางกายภาพโดยวัดระยะทางการไหล และค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) พบว่าที่อัตราส่วนของน้ำตาล และแคลเซียมคลอไรด์ เท่ากับ 50:2 มีระยะทางการไหลน้อยที่สุด (หรือมีความหนืดมากที่สุด) จึงนำไปศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวในการทดแทนน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รี โดยแปรปริมาณน้ำตาลซูโครส 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 40, 60 และ 80 โดยน้ำหนักน้ำตาลทั้งหมด แปรปริมาณสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 20, 40 และ 60 โดยน้ำหนักน้ำตาลทั้งหมด และแปรปริมาณเพคติน 2 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักทั้งหมด พบว่าที่อัตราส่วนน้ำตาล:สารสกัดกระเจี๊ยบเขียว:เพคติน เท่ากับ 40:60:0.5 ทำให้แยมมีความสามารถในการแผ่มากที่สุด และมีระยะทางการไหลมากที่สุด (หรือความหนืดน้อยที่สุด) จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าได้รับคะแนนด้านลักษณะปรากฏ และความสามารถในการแผ่มากกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการทดแทนน้ำตาลด้วยสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว จึงนำไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

พบว่าปริมาณความชื้นร้อยละ  $60.75 \pm 0.95$  ไขมัน  $0.45 \pm 0.02$  เส้นใย  $0.48 \pm 0.01$  โปรตีน  $0.59 \pm 0.01$  เถ้า  $4.26 \pm 0.19$  และคาร์โบไฮเดรต  $33.47 \pm 0.76$  โดยน้ำหนักสด และมีพลังงานลดลงร้อยละ 31.49 จากตัวอย่างควบคุม

**คำสำคัญ:** สารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว; ผลิตภัณฑ์แยม; น้ำตาล; แคลเซียม; เพกติน; สมบัติการเกิดเจล

## Abstract

The objective of this research was to study the application of okra's extract (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) as a thickening agent and to reduce sucrose content in strawberry jam. Optimum temperature for extraction of okra was investigated in 4 levels: 50, 60, 70 and 80°C. Physical analysis was determined by % yield, flowing distance and color values (Hunter L\* a\* b\*). It was found that the optimum temperature for extraction was 60°C. Then, gelation properties of okra's extract was investigated in 3 concentration levels of sucrose: 50, 60 and 70% (by weight of sugar per weight of okra's extract) and 3 concentration levels of calcium chloride: 2, 2.5 and 3% (by total weight). Physical analysis was determined by flowing distance and color values (Hunter L\* a\* b\*). It was found that ratio of sugar to calcium chloride at 50:2 had the least flowing distance (or the highest viscosity). Therefore, this ratio was used to study an appropriate ratio of okra's extract to reduce sucrose content in strawberry jam. The sucrose content was varied in 3 levels: 40, 60 and 80% (by total sugar weight), okra's extract was varied in 3 levels: 20, 40 and 60% (by total sugar weight) and pectin content was varied in 2 levels: 0.5 and 1% (by total weight). It was indicated that ratio of sucrose to okra's extract to pectin at 40:60:0.5 had the most spreadability and the highest flowing distance (or the least viscosity). Sensory evaluation were higher score in appearance and spreadability than that of the control sample, which was not replaced sucrose with okra's extract. Therefore, this formula was selected to study chemical composition. The proximate analysis were  $60.75 \pm 0.95\%$  moisture,  $0.45 \pm 0.02\%$  fat,  $0.48 \pm 0.01\%$  fiber,  $0.59 \pm 0.01\%$  protein,  $4.26 \pm 0.19\%$  ash and  $33.47 \pm 0.76\%$  carbohydrate by wet basis. The strawberry jam with ratio of sucrose to okra's extract to pectin at 40:60:0.5 had the energy from calculation 31.49 % lower than that of the control sample.

**Keywords:** Okra's extract; Yam product; Sugar; Calcium; Pectin; Gelation properties

## 1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์แยม รวมทั้งเยลลี่และมาร์มาเลด ประกอบด้วยน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก ในปริมาณมากถึงร้อยละ 75 ของน้ำหนัก (Anonymous, 2010) ทำให้ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มี

พลังงานสูงถึง 270 แคลอรีต่อ 100 กรัม จึงทำให้ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคลดลง เพราะมีความเสี่ยงในการเกิดปัญหาด้านสุขภาพจากการรับประทานอาหารที่มีปริมาณซูโครสเป็นส่วนประกอบในปริมาณมาก ทำให้เกิดโรคเบาหวาน

และโรคอ้วน แต่อย่างไรก็ตาม การลดปริมาณน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์แยม จะมีผลต่อการเกิดเจลของแยม (Chaowitayangku & Poosaran, 1999) โดยน้ำตาลมีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างเจล นอกจากน้ำตาลแล้วยังมีองค์ประกอบที่สำคัญในการเกิดเจลของแยม ได้แก่ เพคติน และกรด โดยที่เพคตินทำให้เกิดโครงสร้างและความต่อเนื่องของโครงสร้างเจล เพคตินแบ่งเป็น 2 ประเภทตามระดับปริมาณเอสเทอร์ (% Degree of Esterification: %DE) ซึ่งแสดงถึงร้อยละของหมู่คาร์บอกซิลที่เกิดเอสเทอร์คิดเทียบจากปริมาณทั้งหมด ได้แก่ High - Methoxyl Pectin (HMP) มี %DE ร้อยละ 50-80 เกิดเจลโดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอย่างน้อยร้อยละ 55 และ Low - Methoxyl Pectin (LMP) มี %DE ร้อยละ 25-50 เกิดเจลโดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดน้อยกว่าร้อยละ 50 (Sinha, Sidhu, Barta, Wu & Cano, 2012) ดังนั้นจึงมีการนำ LMP มาใช้แทน High HMP เพื่อเป็นการลดปริมาณน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์ เพราะ LMP สามารถเกิดเจลได้โดยมีปริมาณแคลเซียมไอออน (Sirikaew, 2011) และอาจใช้น้ำตาลในปริมาณน้อยมากหรือไม่ใช้น้ำตาลในการเกิดเจล (Axelos & Thibault, 1991)

กระเจี๊ยบเขียว หรือ กระเจี๊ยบมอญ (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) เมื่อนำมาปรุงอาหารหรือสัมผัสกับน้ำจะมีเมือกขับออกมาจากผัก เมือกดังกล่าวเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่หรือพอลิแซ็กคาไรด์จับกับส่วนของโปรตีนและแร่ธาตุ (Woolfe, Chaplin, & Otchere, 1977) การศึกษาองค์ประกอบ โครงสร้าง และสมบัติของพอลิแซ็กคาไรด์จากกระเจี๊ยบเขียวพบว่าโครงสร้างหลักเป็น rhamnogalacturonan คล้ายโครงสร้างของเพคติน มีสมบัติเป็นสารให้ความหนืด และมีความหนืดอยู่ในช่วงค่า pH สูง

ที่สุดโดยอยู่ในช่วง pH 4-6 จะลดลงเมื่อมีการเพิ่มกลูโคสและ/หรือซูโครส (ร้อยละ 5-40) และการเพิ่มอุณหภูมิทำให้มีความหนืดลดลง (Bhat & Tharathan, 1987; Ndjouenkeu, Goycoolea, Morrisa & Akingbala, 1996; Woolfe, Chaplin, & Otchere, 1977) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า สารสกัดจากเมือกกระเจี๊ยบเขียวมีปริมาณกัมและเพคตินสูง (Butsadee, Praputmatha & Petchpankun, 2006) ซึ่งเพคตินในกระเจี๊ยบเขียวเป็นชนิด LMP (Sengkhamparn, Verhoef, Schols, Sajjaanantakul, & Voragen, 2009) ดังนั้นจึงสามารถเกิดเจลได้โดยมีปริมาณแคลเซียมไอออน นอกจากนี้ LPM ยังเป็นใยอาหารที่ไม่ถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์หรือน้ำย่อยในลำไส้เล็ก จึงช่วยเพิ่มกากใยในลำไส้ใหญ่ (Berth, Voragen, & Pilnik, 1982) รวมถึงช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล (Bays, 2005) และยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง

จากสมบัติที่กล่าวมา กระเจี๊ยบเขียวจึงเป็นวัตถุดิบทางเลือกอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจในการนำมาใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดและลดปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์แยม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดและศึกษาสมบัติในการเกิดเจลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว เพื่อให้ได้สารสกัดที่มีคุณลักษณะและสมบัติที่ดีในการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่ เพื่อใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดและช่วยลดปริมาณน้ำตาลซูโครสจากตัวอย่างควบคุม รวมถึงศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

## 2. วิธีการ

### 2.1 วัตถุดิบ

2.1.1 กระเจี๊ยบเขียว ความยาวของผัก 10-15 เซนติเมตร ชื้อจากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี

2.2.2 สตรอร์เบอร์รีสด ช็อคจากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี

## 2.2 ศึกษาระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว

นำกระเจี๊ยบเขียวมาคัตขนาด ล้างน้ำ ตัดหัว ตัดท้าย และหั่นเป็นท่อน ยาวท่อนละประมาณ 1.5 - 2 เซนติเมตร จากนั้นนำไปแปรรูปอุณหภูมิในการต้ม 4 ระดับ ได้แก่ 50, 60, 70 และ 80°C นาน 30 นาที โดยใช้อัตราส่วนกระเจี๊ยบเขียว 1 ส่วน ต่อ น้ำ 4 ส่วน (น้ำหนัก/ปริมาตร) นำมาทำให้เย็นในอ่างน้ำเย็น 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที จากนั้นแยกเมือกด้วยผ้าขาวบาง คัดเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ทางกายภาพโดยวัด ปริมาณผลผลิต (%Yield) ระยะทางการไหล โดยใช้ เครื่อง วัด ระยะ ทาง การ ไหล (Bostwick Consistometer, V.M.R., USA.) และค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) โดยใช้เครื่อง Colorimeter (Hunterlab, ColorFlex CX2687, USA.) (Butsadee, Praputmatha & Petchpankun, 2006)

## 2.3 ศึกษาสมบัติในการเกิดเจลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว

นำสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว ที่ได้รับการ คัดเลือกจากข้อ 2.2 (ส่วนเมือกกระเจี๊ยบเขียวที่แยกออกมา) มาผสมกับน้ำตาลซูโครสที่แปรความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 50, 60 และ 70 โดย น้ำหนักน้ำตาลต่อสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว นำไป ต้มจนมีอุณหภูมิ 85°C เติมกรดซิตริกเพื่อปรับค่า pH ให้เท่ากับ 3.0 สุดท้ายเติมแคลเซียมคลอไรด์ที่แปรความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 2, 2.5 และ 3 โดยน้ำหนักทั้งหมด คัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ทางกายภาพโดยวัด ระยะทางการไหล และค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) (Chaowitayangku & Poosaran, 1999)

## 2.4 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวในการทดแทนน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์แยมสตรอร์เบอร์รี

นำสตรอร์เบอร์รีสด มาคัตขนาด ล้างน้ำ และ หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนนำไปปั่นหยาบ หลังจากนั้น นำสตรอร์เบอร์รีมาต้มในกระทะทองเหลืองจนเดือด (อุณหภูมิมากกว่า 85°C) นาน 5 นาที และค่อยๆ เติมน้ำตาล และเพคตินที่นำมาผสมกับน้ำตาลจน เข้ากันดี จากนั้นเติมน้ำสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว ที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 2.2 ลงในส่วนผสม และ คนจนเข้ากัน เมื่อส่วนผสมในกระทะเริ่มเดือด จับ เวลาต่ออีก 5 นาที ก่อนนำไปปรับ pH ด้วยการเติม กรดซิตริกให้มีค่าเท่ากับ 3.0 การศึกษาอัตราส่วนที่ เหมาะสมของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวในการ ทดแทนน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์แยมสตรอร์ เบอรี่ โดยแปรปริมาณน้ำตาลซูโครส 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 40, 60 และ 80 โดยน้ำหนักน้ำตาล ทั้งหมด แปรปริมาณสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 20, 40 และ 60 โดยน้ำหนัก น้ำตาลทั้งหมด และแปรปริมาณเพคติน 2 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5 และ 1 โดยน้ำหนักทั้งหมด โดยมี ตัวอย่างควบคุม คือ สูตรที่ไม่มีการทดแทนน้ำตาล ด้วยสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว และเติมเพคติน ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักทั้งหมด คัดเลือกอัตราส่วน ที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ ความสามารถในการแผ่ (Spreadability) โดยใช้ เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Stable Micro System, TA-XT2, UK.) พร้อมหัววัด 45°C Conical Probe Perspex (P/45C) (Punnarunothai, 1999) ระยะทางการไหล ปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) โดยใช้ เครื่องวัด  $a_w$  (AquaLab, CX 2, USA.) ปริมาณ ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (%Total Soluble Solid) โดยใช้ Hand refractometer (ATAGO, Japan) และ ค่า pH (Chaowitayangku & Poosaran, 1999) และ

ประเมินการยอมรับของผู้บริโภคโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส ความสามารถในการแผ่ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale กำหนดให้คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด การทดสอบทำที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไป 30 คน

## 2.5 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ของผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่

นำผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่สูตรควบคุมและแยมสตอร์วเบอร์รี่สูตรที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 2.4 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเส้นใย ปริมาณเถ้า และปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากการคำนวณ (AOAC, 1995) และคำนวณปริมาณพลังงาน โดยใช้ปริมาณพลังงาน

จากคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน เท่ากับ 4 แคลอรี/กรัม และไขมันเท่ากับ 9 แคลอรี/กรัม

## 2.6 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองที่ 2.2, 2.3 และ 2.5 แบบ สุ่มสมบูรณ์ (Complete Block Designs: CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการทดลองที่ 2.4 การทดสอบทางกายภาพ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และการทดสอบทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Designs: RCRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

**Table 1** %Yield, color value ( $L^*$   $a^*$   $b^*$ ) and flowing distance of Okra's extract at difference extraction temperature

| Physical parameters                 | Extraction temperature (°C) |                            |                            |                           |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
|                                     | 50                          | 60                         | 70                         | 80                        |
| %Yield <sup>ns</sup>                | 65.21 ± 13.44               | 67.86 ± 13.19              | 68.41 ± 14.28              | 72.38 ± 7.41              |
| Lightness ( $L^*$ )                 | 17.00 <sup>c</sup> ± 2.83   | 19.77 <sup>bc</sup> ± 3.2  | 23.18 <sup>ab</sup> ± 1.45 | 27.37 <sup>a</sup> ± 2.21 |
| Redness ( $a^*$ )                   | -4.42 <sup>c</sup> ± 0.3    | -4.03 <sup>bc</sup> ± 0.58 | -3.56 <sup>b</sup> ± 0.27  | -2.66 <sup>a</sup> ± 0.05 |
| Yellowness ( $b^*$ )                | 0.16 <sup>c</sup> ± 0.99    | 1.53 <sup>bc</sup> ± 2.05  | 4.02 <sup>ab</sup> ± 0.86  | 5.21 <sup>a</sup> ± 1.22  |
| Flowing distance <sup>ns</sup> (cm) | 13.97 ± 1.50                | 14.50 ± 1.39               | 15.03 ± 0.94               | 15.03 ± 0.45              |

Mean ± SD (n = 3); ns = non-significant difference (p > 0.05); <sup>a, b, c</sup> Different superscripts in the same line indicate significant differences (p ≤ 0.05)

### 3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

#### 3.1 ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว

จาก Table 1 พบว่าสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว ที่ใช้อุณหภูมิในการสกัด 50, 60, 70 และ 80°C มีร้อยละปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) โดยที่ร้อยละปริมาณผลผลิตของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ , Table 1) ดังนั้นจึงสามารถเลือกอุณหภูมิในการสกัดที่ต่ำได้ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเมือกที่ยังติดค้างในกระเจี๊ยบเขียวหลังการสกัดพบว่าที่อุณหภูมิ 50°C มีปริมาณเมือกติดค้างมากกว่าที่อุณหภูมิ 60°C และต้องใช้แรงในการบีบมากขึ้นเพื่อสกัดเมือกออกมา อาจเนื่องมาสารสกัดที่อุณหภูมิ 50°C มีความหนืดมากที่สุดจึงทำให้แยกเมือกออกมาโดยใช้แรงบีบที่มาก และเหลือปริมาณเมือกติดค้างในกระเจี๊ยบมาก เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัด ค่าความหนืดของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวมีแนวโน้มลดลง แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ , Table 1)

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัด (50-80°C) พบว่า ค่า  $L^*$  (ความสว่าง)  $a^*$  (ค่าสีแดง)  $b^*$  (ค่าสีเหลือง) ของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ , Table 1) ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงทำให้เกิดการแตกตัวของสารพอลิแซ็กคาไรด์ออกมาเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่สามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนที่อาจเกิดจากการแตกตัวของโปรตีนในกระเจี๊ยบเขียว ทำให้เกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard browning reaction) จึงทำให้สารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวที่ได้มีสีที่เข้มมากขึ้น (Butsadee, Praputmatha & Petchpankun, 2006)

แต่ยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแยมในการทดลองสุดท้ายได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่มีสีที่ค่อนข้างเข้ม ดังนั้นค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) ของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวจึงไม่มีอิทธิพลต่อสีของผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่

สารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวที่ใช้อุณหภูมิในการสกัดที่ 50, 60, 70 และ 80°C นั้นมีแนวโน้มของค่าระยะทางการไหลเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น ซึ่งการที่ระยะทางการไหลมีค่าเพิ่มขึ้นแสดงว่าสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวมีความหนืดลดลง แต่พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ , Table 1) เนื่องจากอุณหภูมิในการสกัดที่สูงขึ้นส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าว จะทำให้เกิดการสลายตัว (degradation) ของสายพอลิแซ็กคาไรด์ ส่งผลให้เกิดการแตกออกของพันธะไกลโคซิดิก ซึ่งเป็นพันธะที่ยึดระหว่างกรดกลูโคสและกรดกลูโคนิก และระหว่างกรดกลูโคสและกรดกลูโคนิกกับน้ำตาลแรมโนสที่เป็นองค์ประกอบหลักของพอลิแซ็กคาไรด์จากกระเจี๊ยบเขียว การแตกออกของพันธะดังกล่าวทำให้เกิดดีพอลิเมอร์ไรเซชัน (depolymerization) ของสายพอลิแซ็กคาไรด์ จึงทำให้สารสกัดที่ได้มีความหนืดลดลง (Whistler & BeMiller, 1999)

จากการพิจารณาร้อยละปริมาณผลผลิตและระยะทางการไหลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวที่สกัดที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ , Table 1) ส่วนค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) ของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ , Table 1) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่ที่จะนำสารสกัดไปใช้ในการทดลองสุดท้ายนั้น มีสีที่ค่อนข้างเข้ม ค่าสีและค่าความสว่างของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวจึงไม่มีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่ การเลือกใช้อุณหภูมิต่ำในการสกัด ยังเป็นการช่วย

**Table 2** Flowing distance and color value ( $L^*$   $a^*$   $b^*$ ) of Okra's extract at difference mixture ratio of sugar and  $\text{CaCl}_2$ 

| Trt | Ratio of Sugar: $\text{CaCl}_2$ | Flowing distance (cm) | $L^*$                 | $a^{*ns}$        | $b^*$                |
|-----|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|----------------------|
| 1   | 50:2                            | $6.63^b \pm 0.25$     | $14.29^c \pm 0.90$    | $-1.51 \pm 0.13$ | $0.54^d \pm 0.03$    |
| 2   | 50:2.5                          | $7.19^{ab} \pm 0.28$  | $14.38^{bc} \pm 0.44$ | $-1.63 \pm 0.01$ | $0.31^e \pm 0.23$    |
| 3   | 50:3                            | $7.69^a \pm 0.51$     | $15.40^{ab} \pm 0.30$ | $-1.90 \pm 0.18$ | $1.14^{bc} \pm 0.08$ |
| 4   | 60:2                            | $7.28^{ab} \pm 0.22$  | $16.41^{ab} \pm 0.55$ | $-1.97 \pm 0.23$ | $1.20^{bc} \pm 0.06$ |
| 5   | 60:2.5                          | $7.45^{ab} \pm 0.64$  | $15.42^{ab} \pm 1.12$ | $-1.83 \pm 0.33$ | $2.08^a \pm 0.04$    |
| 6   | 60:3                            | $7.96^a \pm 0.23$     | $16.68^{ab} \pm 0.90$ | $-1.97 \pm 0.26$ | $2.11^a \pm 0.24$    |
| 7   | 70:2                            | $7.33^{ab} \pm 0.75$  | $17.38^a \pm 3.00$    | $-1.63 \pm 0.72$ | $1.26^b \pm 0.06$    |
| 8   | 70:2.5                          | $7.71^a \pm 0.86$     | $14.42^{bc} \pm 0.41$ | $-1.73 \pm 0.08$ | $1.09^{bc} \pm 0.06$ |
| 9   | 70:3                            | $7.29^{ab} \pm 0.23$  | $14.42^{bc} \pm 0.76$ | $-1.92 \pm 0.18$ | $0.98^c \pm 0.18$    |

Mean  $\pm$  SD (n = 3); ns = non-significant difference ( $p > 0.05$ ); <sup>a, b, c</sup> Different superscripts in the same column indicate significant differences ( $p \leq 0.05$ )

ประหยัดพลังงาน ดังนั้นอุณหภูมิในการสกัดที่  $60^\circ\text{C}$  ซึ่งมีร้อยละปริมาณผลผลิตเท่ากับ  $67.86 \pm 13.19$  จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้สกัดสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวและนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

### 3.2 สมบัติในการเกิดเจลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว

เมื่อพิจารณาระยะทางในการไหลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว ที่อัตราส่วนน้ำตาล และแคลเซียมคลอไรด์ระดับต่างกัน พบว่าที่ทุกอัตราส่วนๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ , Table 2) โดยที่ระยะทางในการไหลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาล และปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งการที่ระยะทางในการไหลมีค่าเพิ่มขึ้นนั้น แสดง

ว่าสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวมีความหนืดลดลง และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ , Table 2) เนื่องจากเพคตินที่พบในกระเจี๊ยบเขียวนั้นเป็นชนิด Low – Methoxyl Pectin (LMP) ซึ่งสามารถเกิดเจลได้ในสภาวะที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำ (Axelos & Thibault, 1991) ดังนั้นเมื่อมีการเพิ่มปริมาณน้ำตาลจึงเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมากขึ้น ส่งผลให้ความหนืดลดลงเกิดเจลได้ไม่ดี และเมื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ พบว่าความหนืดมีค่าลดลงเช่นเดียวกัน เนื่องจากประจุบวกของแคลเซียมคลอไรด์ที่เติมลงไปนั้น จะไปลดแรงผลักระหว่างประจุในโมเลกุลพอลิแซ็กคาไรด์ ทำให้เกิดการจับตัวกันระหว่างสายเกลียวแต่ละสายแน่นมากขึ้น

(Ndjouenkeu, Goycoolea, Morrisa & Akingbala, 1996)

เมื่อพิจารณาค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) ของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว ที่อัตราส่วนน้ำตาล และแคลเซียมคลอไรด์ระดับต่างกัน พบว่าที่ทุกอัตราส่วนๆ มีค่า  $a^*$  (ค่าสีแดง) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ , Table 2) มีค่า  $L^*$  (ความสว่าง) และ  $b^*$  (ค่าสีเหลือง) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ , Table 2) โดยเมื่อพิจารณาที่ปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 และที่ปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 50, 60 และ 70) พบว่าค่า  $L^*$  (ความสว่าง) และ  $b^*$  (ค่าสีเหลือง) เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงว่ามีความสว่าง และมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มปริมาณน้ำตาลมากขึ้น ทำให้น้ำตาลสามารถจับกับน้ำอิสระในสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวได้มากขึ้น จึงทำให้น้ำระเหยออกไปจากสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวได้ยาก เมื่อวัดความสว่างจึงมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard browning reaction) โดยมีความร้อนทำให้มีการแตกตัวของสารพอลิแซ็กคาไรด์ออกมาเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่สามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนที่อาจเกิดจากการแตกตัวของโปรตีนในกระเจี๊ยบเขียว จึงทำให้อาหารสีเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) นั้นไม่ใช่ปัจจัยหลักในการคัดเลือกสถานะที่เหมาะสมในการเกิดเจลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวที่จะนำไปทำผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่ต่อไป เนื่องจากผลิตภัณฑ์แยมมีสีที่ค่อนข้างเข้ม

จากผลการทดลองข้างต้น พบว่าอัตราส่วนปริมาณน้ำตาลร้อยละ 50 และปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเกิดเจลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว และมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่ในการศึกษาต่อไป เนื่องจากมีค่าระยะทางการไหลน้อยที่สุด ( $6.63 \pm 0.25$ ) หรือมีค่าความ

หนืดมากที่สุด และยังเป็นอัตราส่วนที่ใช้น้ำตาลน้อยที่สุดด้วยสอดคล้องกับทฤษฎีการเกิดเจลของ LMP ที่เป็นองค์ประกอบในกระเจี๊ยบเขียว ซึ่งสามารถเกิดเจลได้ในสภาวะที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำ (Axelos & Thibault, 1991) เพราะ LMP มีค่า Degree of Esterification ต่ำ แต่ต้องใช้แคลเซียมไอออนเพื่อเชื่อมโมเลกุลของเพคตินเข้าด้วยกัน

### 3.3 อัตราส่วนที่เหมาะสมของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวในการทดแทนน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่

พบว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว มีความสามารถในการแผ่น้อยที่สุดเท่ากับ  $4306.62 \pm 242.50$  กรัม/วินาที และความสามารถในการแผ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวในสูตร และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ , Table 3) ตัวอย่างที่มีความสามารถในการแผ่มากที่สุด คือที่อัตราส่วนน้ำตาล:สารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว:เพคติน เท่ากับ 40:60:0.5 โดยมีค่าความสามารถในการแผ่เท่ากับ  $1413.93 \pm 64.39$  กรัม/วินาที ความสามารถในการแผ่เป็นค่าการเสียรูปร่างภายใต้แรงที่กระทำ อ่านค่าจากระยะการเสียรูปร่างภายใต้แรงที่กำหนด และความแข็งแรงวัดได้โดยการอ่านค่าแรงที่ได้เมื่อถึงระยะที่ตัวอย่างเสียรูปร่างไปตามระยะที่กำหนดไว้ หรืออ่านค่าจากระยะการเสียรูปร่างภายใต้แรงที่กำหนดเช่นกัน (Punnarunothai, 1999) ดังนั้นถ้าผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงมากต้องใช้แรงในการกดที่มากเพื่อให้ตัวอย่างเสียรูปร่างค่าที่อ่านได้จึงมีค่าที่มาก แต่หมายถึงตัวอย่างมีความสามารถในการแผ่น้อย นั่นคือ ตัวอย่างควบคุมมีความแข็งแรงมากที่สุด ต้องใช้แรงกดที่มากจึงจะทำให้ตัวอย่างเสียรูปร่าง รายงานค่าความสามารถในการแผ่ เท่ากับ  $4306.62 \pm 242.50$  กรัม/วินาที ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ

( $p \leq 0.05$ , Table 3) แต่หมายถึง ตัวอย่างควบคุมมีความสามารถในการแผ่ที่น้อยที่สุด จากผลการทดลองจึงสรุปได้ว่า การเติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวทำให้เยลมีค่าความสามารถในการแผ่เพิ่มขึ้นเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงลดลง แรงที่ใช้ในการกดจึงมีค่าลดลง นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบสูตรที่มีปริมาณน้ำตาล และสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวที่เท่ากัน แต่มีปริมาณเพคตินที่ใช้ต่างกัน พบว่าปริมาณเพคตินที่ใช้เพิ่มขึ้นทำให้เยลสตรอร์เบอร์รี่มีความแข็งแรงมากขึ้น และมีความสามารถในการแผ่ลดลง ซึ่งปริมาณเพคตินที่มากขึ้นนั้น ทำให้การจับตัวของเพคตินเพิ่มขึ้นเกิดโครงสร้างของเจลที่

แข็งแรงขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงมีความแข็งแรงมากขึ้น และต้องใช้แรงในการกดเพื่อให้ตัวอย่างเสียรูปร่างมากขึ้นด้วย

ระยะทางในการไหลของตัวอย่างเยลสตรอร์เบอร์รี่ที่ไม่ได้เติม (ตัวอย่างควบคุม) และเติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว เพื่อทดแทนน้ำตาลในอัตราส่วนต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ , Table 3) โดยตัวอย่างควบคุมมีระยะทางในการไหลน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $0.00 \pm 0.00$  เซนติเมตร(หรือเป็นเยลที่มีความหนืดมากจนไม่สามารถไหลได้ในระยะเวลาที่กำหนด) และระยะทางในการไหลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

**Table 3** Spreadability, Flowing distance, water activities, total soluble solid and pH of yam product with replacing sugar with Okra's extract at difference mixture ratio

| Ratio of<br>Sugar : Okra's<br>extract : pectin | Spreadability<br>(g/s)               | Flowing<br>distance (cm)         | Water<br>activities ( $a_w$ )    | Total soluble<br>solid ( $^{\circ}$ Brix) | pH                               |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|
| 100:0:0.5<br>(Control)                         | 4306.62 <sup>a</sup><br>$\pm 242.50$ | 0.00 <sup>e</sup><br>$\pm 0.00$  | 0.87 <sup>c</sup><br>$\pm 0.01$  | 58.00 <sup>a</sup><br>$\pm 1.41$          | 3.00 <sup>ab</sup><br>$\pm 0.01$ |
| 80:20:0.5                                      | 1498.42 <sup>ef</sup><br>$\pm 50.37$ | 0.35 <sup>bc</sup><br>$\pm 0.07$ | 0.91 <sup>ab</sup><br>$\pm 0.02$ | 48.00 <sup>b</sup><br>$\pm 1.41$          | 3.00 <sup>ab</sup><br>$\pm 0.01$ |
| 80:20:1.0                                      | 2511.38 <sup>b</sup><br>$\pm 33.44$  | 0.15 <sup>d</sup><br>$\pm 0.07$  | 0.90 <sup>bc</sup><br>$\pm 0.01$ | 48.00 <sup>b</sup><br>$\pm 1.41$          | 2.99 <sup>b</sup><br>$\pm 0.02$  |
| 60:40:0.5                                      | 1694.72 <sup>de</sup><br>$\pm 98.08$ | 0.35 <sup>bc</sup><br>$\pm 0.07$ | 0.92 <sup>ab</sup><br>$\pm 0.01$ | 45.00 <sup>b</sup><br>$\pm 2.83$          | 3.01 <sup>ab</sup><br>$\pm 0.01$ |
| 60:40:1.0                                      | 2026.09 <sup>c</sup><br>$\pm 90.83$  | 0.25 <sup>cd</sup><br>$\pm 0.07$ | 0.91 <sup>ab</sup><br>$\pm 0.01$ | 44.50 <sup>b</sup><br>$\pm 3.54$          | 3.02 <sup>a</sup><br>$\pm 0.00$  |
| 40:60:0.5                                      | 1413.93 <sup>f</sup><br>$\pm 64.39$  | 0.50 <sup>a</sup><br>$\pm 0.00$  | 0.94 <sup>a</sup><br>$\pm 0.01$  | 38.50 <sup>c</sup><br>$\pm 0.71$          | 3.03 <sup>a</sup><br>$\pm 0.01$  |
| 40:60:1.0                                      | 1866.80 <sup>cd</sup><br>$\pm 42.43$ | 0.40 <sup>ab</sup><br>$\pm 0.00$ | 0.93 <sup>ab</sup><br>$\pm 0.01$ | 39.00 <sup>c</sup><br>$\pm 1.41$          | 3.01 <sup>ab</sup><br>$\pm 0.01$ |

Mean  $\pm$  SD (n = 2); <sup>a, b, c</sup> Different superscripts in the same column indicate significant differences ( $p \leq 0.05$ )

อย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ , Table 3) เมื่อเพิ่มสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวในสูตร โดยตัวอย่างที่มีระยะทางในการไหลมากที่สุด คือ ที่อัตราส่วน 40:60:0.5 โดยมีระยะทางในการไหลเท่ากับ  $0.50 \pm 0.00$  เซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสามารถในการแผ่โดยเมื่อเพิ่มสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการแผ่มากขึ้น ระยะทางในการไหลจึงเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงผลิตภัณฑ์มีค่าความหนืดลดลง

ปริมาณน้ำอิสระของตัวอย่างแยมสตอร์ว์เบอร์รี่ที่ไม่ได้เติม (ตัวอย่างควบคุม) และเติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว เพื่อทดแทนน้ำตาลในอัตราส่วนต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ , Table 3) โดยตัวอย่างแยมสตอร์ว์เบอร์รี่ที่มีการทดแทนน้ำตาลด้วยสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ , Table 3) และเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างที่มีน้ำตาลและสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวที่มีปริมาณเท่ากัน พบว่า ที่ระดับเพคตินร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักทั้งหมด มีค่าปริมาณน้ำอิสระลดลงกว่าตัวอย่างที่มีเพคติน ร้อยละ 0.5 เนื่องจากน้ำตาลมีสมบัติในการจับน้ำ ดังนั้นการลดปริมาณน้ำตาลในสูตร ทำให้มีปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวไปทดแทนน้ำตาลในส่วนที่ลดลงนั้น ในสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวยังมีปริมาณความชื้นและมี LPM เป็นองค์ประกอบที่มีความสามารถในการเกิดโครงสร้างร่างแหและอุ้มน้ำไว้ได้ (Butsadee, Praputmatha & Petchpankun, 2006) ดังนั้นเมื่อทดแทนน้ำตาลด้วยสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว จึงทำให้มีค่าปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นด้วย

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของตัวอย่างแยมสตอร์ว์เบอร์รี่ที่ไม่ได้เติม (ตัวอย่างควบคุม) และเติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว เพื่อ

ทดแทนน้ำตาลในอัตราส่วนต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ , Table 3) โดยการลดน้ำตาลในสูตรจะทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็นผลรวมของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในตัวอย่ง ได้แก่ น้ำตาลชนิดต่างๆ ใช้บอกความเข้มข้นของอาหารเหลว เช่น น้ำเชื่อม น้ำผลไม้ เข้มข้น (Pornchaloempong, 2010) ดังนั้นการลดปริมาณน้ำตาลในสูตรจึงทำให้มีปริมาณแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง

ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างแยมสตอร์ว์เบอร์รี่ที่ไม่ได้เติม (ตัวอย่างควบคุม) และเติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว เพื่อทดแทนน้ำตาลในอัตราส่วนต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ , Table 3) โดยทุกตัวอย่างมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่าง 2.99 - 3.03 (Table 3) เนื่องจากมีการควบคุม pH ให้เท่ากับ 3.0 โดยการเติมกรดซิตริกในทุกตัวอย่างทดลอง

จาก Table 3 เมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวและลดปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ ทำให้มีค่าความสามารถในการแผ่มากขึ้นตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตรที่มีอัตราส่วนของน้ำตาลกับสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวที่เท่ากัน แต่มีปริมาณเพคตินที่ต่างกัน พบว่าเพคตินที่ระดับ 1.0 มีความสามารถในการแผ่น้อยกว่าเพคตินที่ระดับ 0.5 ในทุกตัวอย่าง นอกจากนี้การลดปริมาณน้ำตาลในสูตรทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและความหนืดลดลง แต่มีปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) สูงขึ้น เนื่องจากน้ำตาลสามารถจับน้ำอิสระได้ ดังนั้นการลดปริมาณน้ำตาลทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้น ค่า  $a_w$  จึงสูงขึ้นเมื่อปริมาณน้ำตาลน้อยลง และเมื่อเติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว ทำให้มีปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

**Table 4** Sensory scores of strawberry yam at difference mixture ratio of sugar, Okra's extract and pectin

| Ratio of<br>Sugar: Okra's<br>extract:pectin | Appearance                | Taste                     | Spreadability            | Overall-Liking <sup>ns</sup> |
|---------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 100:0:0.5<br>(Control)                      | 6.37 <sup>ab</sup> ± 1.63 | 6.88 <sup>a</sup> ± 1.45  | 5.88 <sup>b</sup> ± 1.91 | 6.93 ± 1.19                  |
| 80:20:0.5                                   | 5.97 <sup>b</sup> ± 1.69  | 6.55 <sup>ab</sup> ± 1.61 | 6.92 <sup>a</sup> ± 1.47 | 6.66 ± 1.34                  |
| 80:20:1.0                                   | 6.23 <sup>ab</sup> ± 1.40 | 6.38 <sup>ab</sup> ± 1.56 | 6.78 <sup>a</sup> ± 1.45 | 6.77 ± 1.27                  |
| 60:40:0.5                                   | 6.38 <sup>ab</sup> ± 1.49 | 6.07 <sup>b</sup> ± 1.70  | 6.67 <sup>a</sup> ± 1.45 | 6.67 ± 1.19                  |
| 60:40:1.0                                   | 6.57 <sup>a</sup> ± 1.38  | 6.33 <sup>ab</sup> ± 1.45 | 6.70 <sup>a</sup> ± 1.33 | 6.62 ± 1.17                  |
| 40:60:0.5                                   | 6.62 <sup>a</sup> ± 1.32  | 6.18 <sup>b</sup> ± 1.52  | 6.53 <sup>a</sup> ± 1.44 | 6.48 ± 1.20                  |
| 40:60:1.0                                   | 6.68 <sup>a</sup> ± 1.43  | 6.22 <sup>b</sup> ± 1.74  | 6.87 <sup>a</sup> ± 1.27 | 6.70 ± 1.53                  |

Mean ± SD (n = 2); ns = non-significant difference (p > 0.05); a, b, c Different superscripts in the same column indicate significant differences (p ≤ 0.05)

ส่งผลทำให้ความหนืดลดลง และทำให้ความสามารถในการแผ่เพิ่มขึ้น

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส ความสามารถในการแผ่ และความชอบโดยรวมของแยมสตอร์วเบอร์รี่ที่อัตราส่วนน้ำตาล:สารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว:เพคตินที่ระดับต่างกัน พบว่าได้รับคะแนนด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และความสามารถในการแผ่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p ≤ 0.05, Table 4) ส่วนคะแนนด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส (p > 0.05, ข้อมูลไม่แสดง) และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p > 0.05, Table 4)

**คะแนนด้านลักษณะปรากฏ** พบว่าแยมสตอร์วเบอร์รี่ที่ใช้สารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวทดแทนน้ำตาลที่ระดับต่างกัน ได้รับคะแนนด้านลักษณะปรากฏแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับสูตรควบคุม อาจเนื่องมาจาก

ในแต่ละสูตรใช้สตอร์วเบอร์รี่ในปริมาณที่เท่ากัน และทำการปรับ pH ด้วยกรดซิตริก จนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ใกล้เคียงกัน เท่ากับ 3.0 นอกจากนี้ ยังมีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินในสตอร์วเบอร์รี่ โดยในสภาพที่เป็นกรด หรือมีค่า pH ที่น้อยกว่า 3 จะทำให้แอนโทไซยานินมีสีแดง (Pornchaloempong, 2010) ดังนั้นการปรับ pH ให้มีค่าเท่ากับ 3.0 ในกระบวนการผลิต จึงเป็นการควบคุมความสม่ำเสมอของสีให้กับผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่ด้วย จึงได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p > 0.05, ข้อมูลไม่แสดง)

**คะแนนด้านรสชาติ** พบว่าคะแนนความชอบด้านรสชาติลดลงเมื่อลดปริมาณน้ำตาลในสูตร โดยสูตรที่ได้รับคะแนนทางด้านรสชาติมากที่สุด คือ สูตรควบคุม ได้รับคะแนน 6.88 ± 1.45 และสูตรที่ได้รับคะแนนด้านรสชาติน้อยที่สุด คือ สูตรที่ลดปริมาณน้ำตาลมากที่สุด (40:60:0.5) โดยได้รับ

คะแนน  $6.18 \pm 1.52$  เนื่องจากการลดปริมาณน้ำตาลทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสหวานน้อยลง การรับรู้รสเปรี้ยวจึงเด่นชัดขึ้น ดังนั้นจึงทำให้สูตรที่มีปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติน้อยกว่าสูตรควบคุม นอกจากนี้ทุกสูตรใช้ปริมาณสตรอร์เบอร์รี่ร้อยละ 65 เท่ากัน เป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณสตรอร์เบอร์รี่ที่สูง ทำให้มีกลิ่นของสตรอร์เบอร์รี่ที่ชัดเจนกว่ากลิ่นกระเจียบเขียว จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสที่ใกล้เคียงกัน ( $p > 0.05$ , ข้อมูลไม่แสดง)

**คะแนนด้านความสามารถในการแผ่** พบว่า แยมสตรอร์เบอร์รี่ที่ใช้สารสกัดจากกระเจียบเขียวทดแทนน้ำตาลที่ระดับต่างกัน ได้รับคะแนนด้านความสามารถในการแผ่สูงกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ , Table 4) เนื่องจากการเติมสารสกัดจากกระเจียบเขียวทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งลดลง จึงสามารถแผ่ออกไปได้มากกว่าสูตรควบคุมที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากกระเจียบเขียว ทำให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากกว่าสูตรควบคุม แม้ว่าสารสกัดจากกระเจียบเขียวมีผลต่อความสามารถในการแผ่ และระยะทางในการไหลของตัวอย่างแยมสตรอร์เบอร์รี่ (Table 3) แต่กลับเป็นผลดีที่ทำให้ผู้บริโภครับรู้ถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างได้มากขึ้น เนื่องจากตัวอย่างสามารถแผ่ลงบนขนมปังได้อย่างสม่ำเสมอ จึงทำให้ได้รับคะแนนการทดสอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ , ข้อมูลไม่แสดง)

**คะแนนความชอบโดยรวม** พบว่าแยมสตรอร์เบอร์รี่ที่ใช้สารสกัดจากกระเจียบเขียวทดแทนน้ำตาลที่ระดับต่างกัน ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกับแยมสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ , Table 4) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากกลุ่มผู้ทดสอบมีความเคยชินกับ

ผลิตภัณฑ์แยมสตรอร์เบอร์รี่ที่มีรสหวาน แต่ในขณะเดียวกันยังมีความต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีความหวานลดลง และมีค่าพลังงานต่ำ จึงทำให้ตัวอย่างแยมที่เติมสารสกัดจากกระเจียบเขียวได้รับคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ , Table 4) เมื่อนำคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสพิจารณาาร่วมกับผลการทดลองทางกายภาพ พบว่าการใช้สารสกัดจากกระเจียบเขียวในผลิตภัณฑ์แยมสตรอร์เบอร์รี่ในอัตราส่วนน้ำตาล:สารสกัดจากกระเจียบเขียว:เพคติน เท่ากับ 40:60:0.5 และ 40:60:1.0 เป็นสูตรที่ใช้ปริมาณน้ำตาลน้อยที่สุด ได้รับคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสที่สูง และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ , Table 4) แต่สูตร 40:60:0.5 เป็นสูตรที่ใช้ปริมาณเพคตินน้อยที่สุด ดังนั้นสูตร 40:60:0.5 จึงเป็นสูตรที่มีความเหมาะสมในการใช้สารสกัดจากกระเจียบเขียวเป็นสารให้ความข้นหนืด และใช้ทดแทนน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์แยมสตรอร์เบอร์รี่ นอกจากนี้จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับผู้บริโภคทั่วไปแล้ว ยังเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ใส่ใจเรื่องสุขภาพและผู้บริโภคที่ต้องการรับประทานแยมที่มีปริมาณพลังงานต่ำ

### 3.4 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แยมสตรอร์เบอร์รี่

องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน เส้นใยโปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตของตัวอย่างของแยมสตรอร์เบอร์รี่ที่เติม และไม่เติมสารสกัดจากกระเจียบเขียว (สูตรควบคุม) ทดแทนน้ำตาลในอัตราส่วน 40:60 โดยน้ำหนักน้ำตาลทั้งหมด แสดงใน Table 5 พบว่า ตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากกระเจียบเขียวมีปริมาณความชื้น เส้นใย และโปรตีน มากกว่า แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติมสารสกัดจากกระเจียบเขียว ( $p \leq 0.05$ , Table 5)

**Table 5** Chemical composition and calculated energy of strawberry yam with Okra's extract at ratio of 40:60 by sugar weight

| Chemical composition                 | (% by wet basis)                                    |                           |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------|
|                                      | Ratio of Sugar : Okra's Extract (% by sugar weight) |                           |
|                                      | 100:0 (Control)                                     | 40:60                     |
| Moisture                             | 44.98 <sup>b</sup> ± 1.33                           | 60.75 <sup>a</sup> ± 0.95 |
| Fat <sup>ns</sup>                    | 0.45 ± 0.01                                         | 0.45 ± 0.02               |
| Fiber                                | 0.31 <sup>b</sup> ± 0.01                            | 0.48 <sup>a</sup> ± 0.01  |
| Protein                              | 0.52 <sup>b</sup> ± 0.00                            | 0.59 <sup>a</sup> ± 0.01  |
| Ash <sup>ns</sup>                    | 4.05 ± 0.41                                         | 4.26 ± 0.19               |
| Carbohydrate                         | 49.66 <sup>a</sup> ± 1.71                           | 33.47 <sup>b</sup> ± 0.76 |
| Calculated energy<br>(Calories/100g) | 204.77                                              | 140.29                    |

Mean ± SD (n = 3); ns = non-significant difference (p > 0.05); <sup>a</sup>, <sup>b</sup>, <sup>c</sup> Different superscripts in the same row indicate significant differences (p ≤ 0.05)

**ปริมาณความชื้น** พบว่าตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวร้อยละ 40:60 มีปริมาณความชื้น (60.75 ± 0.95) มากกว่าตัวอย่างควบคุม (44.98 ± 1.33) เนื่องจากในสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว มี LMP เป็นองค์ประกอบและสามารถสร้างโครงสร้างร่างแหได้ สามารถจับน้ำและอุ้มน้ำไว้ได้ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว มีปริมาณความชื้นมากกว่าตัวอย่างควบคุม

**ปริมาณเส้นใย** พบว่าตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวร้อยละ 40:60 มีปริมาณเส้นใยมากกว่า (0.48 ± 0.01) ตัวอย่างควบคุม (0.31 ± 0.01) เนื่องจากกระเจี๊ยบเขียว มีปริมาณเส้นใย 1.0 กรัม ต่อกระเจี๊ยบเขียว 100 กรัม ในส่วนที่บริโภคได้ (Suthipolpaiboon, 1995) จึงทำให้ตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวมีปริมาณเส้นใยมากกว่าตัวอย่างควบคุม

**ปริมาณโปรตีน** พบว่าตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวทดแทนน้ำตาลในอัตราส่วน 40:60 มีปริมาณโปรตีน (0.59 ± 0.01) มากกว่าตัวอย่างควบคุม (0.52 ± 0.00) เนื่องจากกระเจี๊ยบเขียว มีปริมาณโปรตีน 2.4 กรัม ต่อกระเจี๊ยบเขียว 100 กรัม ในส่วนที่บริโภคได้ (Suthipolpaiboon, 1995) จึงทำให้ตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวมีปริมาณโปรตีนมากกว่าตัวอย่างควบคุม

**ปริมาณคาร์โบไฮเดรต** พบว่า ตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวทดแทนน้ำตาลในอัตราส่วน 40:60 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต (33.47 ± 0.76) น้อยกว่า ตัวอย่างควบคุม (49.66 ± 1.71) อาจเนื่องจากการเติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว ทำให้มีปริมาณความชื้นสูง ดังนั้นเมื่อนำปริมาณความชื้นซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีในปริมาณมากไปคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต จึงทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่าในตัวอย่างที่ไม่ได้เติมสาร

สกัดจากกระเจี๊ยบเขียว นอกจากนี้ตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวนั้นสามารถทดแทนน้ำตาลในสูตรได้ในอัตราส่วนน้ำตาลต่อสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว เท่ากับ 40:60 โดยน้ำหนักน้ำตาลทั้งหมด ซึ่งการลดน้ำตาลลงในสูตรทำให้ตัวอย่างมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลงด้วย

เมื่อนำองค์ประกอบทางเคมีใน Table 5 ไปคำนวณปริมาณพลังงานของตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว และตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวทดแทนน้ำตาลในอัตราส่วน 40:60 โดยน้ำหนักน้ำตาลทั้งหมด พบว่าตัวอย่างควบคุมมีปริมาณพลังงาน 204.77 แคลอรี/100 กรัม และตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวทดแทนน้ำตาลในอัตราส่วน 40:60 มีปริมาณพลังงาน 140.29 แคลอรี/100 กรัม (Table 5) โดยตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวทดแทนน้ำตาลในอัตราส่วน 40:60 มีปริมาณพลังงานน้อยกว่า หรือมีพลังงานลดลง ร้อยละ 31.49 จากตัวอย่างควบคุม

#### 4. สรุป

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว คือ  $60^{\circ}\text{C}$  เมื่อนำไปศึกษาสภาวะในการเกิดเจลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ ที่อัตราส่วนน้ำหนักน้ำตาลต่อน้ำหนักเมือกกระเจี๊ยบ เท่ากับ 50:50 และที่ปริมาณ  $\text{CaCl}_2$  ร้อยละ 2 โดยน้ำหนักทั้งหมด ต่อมานำไปผลิตผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่ พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้สารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวเป็นสารให้ความข้นหนืด และใช้ทดแทนน้ำตาลซูโครส คือ อัตราส่วนน้ำตาล:สารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวเท่ากับ 40:60 โดยน้ำหนักน้ำตาลทั้งหมด และที่ปริมาณเพคติน ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักทั้งหมด เมื่อนำไปศึกษาองค์ประกอบ

ทางเคมี พบว่ามีปริมาณความชื้นร้อยละ  $60.75 \pm 0.95$  ไขมัน  $0.45 \pm 0.02$  เส้นใย  $0.48 \pm 0.01$  โปรตีน  $0.59 \pm 0.01$  เถ้า  $4.26 \pm 0.19$  และคาร์โบไฮเดรต  $33.47 \pm 0.76$  โดยน้ำหนักสด มีปริมาณพลังงานลดลง ร้อยละ 31.49 จากตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ที่สนับสนุนค่าใช้จ่าย อุปกรณ์เครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้

#### 6. References

- Anonymous. (2010). Yam. [online]. Source: [www.foodnetworksolution.com/vocab/wordcap/%E0%B9%81%E0%B8%A2%E0%B8%A1](http://www.foodnetworksolution.com/vocab/wordcap/%E0%B9%81%E0%B8%A2%E0%B8%A1). Accessed on 3 November 2012.
- AOAC. (1995). Official Methods of Association of Official Analytical Chemist, 16<sup>th</sup> edition, Washington DC: Association of Analytical Chemist.
- Axelos, M.A.V. and Thibault, J.F. (1991). The Chemistry of Low Methoxyl Pectin Gelation, In The Chemistry of Pectin (Walter. R.H. Ed). New York: Academic Press. pp.109-118.
- Bays, H. (2005). Combination Therapy for Global Lipid Improvement. *The European Journal of Hospital Pharmacy*, May/ June, 1-3.
- Berth, G., Voragen, A.G.J. and Pilnik, J. (1982). Pectin-based Oral Drug Delivery to the Colon. Study of the Methyl Ester Distribution in Pectin with Endo-

- polygalacturonase and High-performance Size- Exclusion Chromatography, *Biopolymers*, 58(2), 195-203.
- Bhat, U. S. , and Tharathan, R. N. ( 1987) . Functional properties of okra ( *Hibiscus esculentus*) mucilage, *Starch/Starke*, 39, 165-167.
- Butsadee, K. , Praputmatha, P. and Petchpankun, S. ( 2006) . Production of Mucilage Powder from Okra. Research Report. Nakhon Pathom: Nakhon Pathom Rajabhat University, Thailand. 42 pp. (in Thai)
- Chaowitayangku, N. and Poosaran, N. (1999), Making of low calory jam. Proceeding of The 37<sup>th</sup> Annual Meeting of Kasetsart University, 3<sup>rd</sup>-5<sup>th</sup> February 1999, pp. 3 - 9. Kasetsart University, Thailand. (in Thai)
- Ndjouenkeu, R., Goycoolea, F. M., Morrisa, E. R., and Akingbala, J. O., (1996), Rheology of okra ( *Hibiscus esculentus* L.) and dika nut ( *Irvingia gabonensis*) polysaccharides, *Carbohydrate Polymers*, 29(3), 263-269.
- Pornchaloempong, P. ( 2010) . Yam. [Online]. Source: [www. foodnetworksolution. com/ vocab/wordcap/%E0%B9%81%E0%B8%A2%E0%B8%A1](http://www.foodnetworksolution.com/vocab/wordcap/%E0%B9%81%E0%B8%A2%E0%B8%A1). Accessed on 3 November 2012. (in Thai)
- Punnarunothai, R. ( 1999) . Measurement of Speadability and Texture Analysis of Fat Products. [Online]. Source: [http://www. Charpatechcenter. com](http://www.Charpatechcenter.com). Accessed on 1 March 2013. (in Thai)
- Sengkhampan, N., Verhoef, R., Schols, A. H. , Sajjaanantakul, T., and Voragen, G. J. A. (2009). Characterisation of cell wall polysaccharides from okra ( *Abelmoschus esculentus* ( L.) Moench), *Carbohydrate Research*, 344, 1824–1832.
- Sinha, K.N., Sidhu, S.J., Barta, J., Wu, S.J., and Cano, P.M. (2012). Handbook of fruits and fruit processing, Willey- Blackwell Publishing Ltd., pp 229-239.
- Sirikaew, S. (2011). Studies on processing KAI ALGAE yam. Master' s Project. M. Ed. (Science Education). Bangkok: Graduate School. Srinakharinwirot University. (in Thai)
- Suthipolpaiboon, S. ( 1995) . Okra for export. [Online]. Source: [http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/herb\\_gar/krajeab.pdf](http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/herb_gar/krajeab.pdf). Accessed on 21 September, 2012. (in Thai)
- Woolfe, M. L., Chaplin, M. F., and Otchere, G., (1977), Studies on the mucilages extracted from okra fruits ( *Hibiscus esculentus* L.) and baobab leaves ( *Adansonia digitata* L.), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28, 519-529.