

**อัตราส่วนของคาราจีแนนและน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสม
ต่อคุณภาพของเจลลี่ชาเขียวกลิ่นน้ำผึ้งมะนาว**
**Appropriate Carrageenan and Sucrose Ratios
on Quality of Green Tea and Jelly with Honey Lemon Flavor**

วัฒนา วิรุฒิกกร¹
Wattana Wirivutthikorn¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลลี่ชาเขียวกลิ่นน้ำผึ้งมะนาว ทำการศึกษาอัตราส่วนของคาราจีแนนและน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมในการเกิดเจล ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ (%DPPH inhibition) ในน้ำชาเขียวเบื้องต้นพบว่า น้ำชาเขียวมีค่าเท่ากับ 90.36 มิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิก และ 92.11 ตามลำดับ ศึกษาผลของอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารผสมระหว่างคาราจีแนนและซูโครสในการผลิตเจลลี่ชาเขียวกลิ่นน้ำผึ้งมะนาวแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 0.5 : 3.9 ชุดการทดลองที่ 2 0.6 : 3.8 ชุดการทดลองที่ 3 0.7 : 3.7 และชุดการทดลองที่ 4 0.8 : 3.6 ตามลำดับ นำผลิตภัณฑ์ไปทำการทดสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส ผลการศึกษาทางกายภาพพบว่า ค่าความสว่าง ค่าสีเขียว และค่าสีเหลืองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสพบว่า อัตราส่วนคาราจีแนนต่อน้ำตาลซูโครส 0.8 : 3.6 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.80 การลดปริมาณน้ำตาลซูโครสมีผลต่อคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ลดลง ปริมาณฟีนอลิกและร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในชุดการทดลองที่ 4 มีค่าเท่ากับ 62.13 มิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิก และ 62.17 ตามลำดับ

คำสำคัญ: คาราจีแนน ซูโครส ชาเขียว เจลลี่

Abstract

The objective of this research was to develop green tea jelly with honey lemon flavor products. The optimal ratio of carrageenan and sucrose for gel formation and other characteristics were investigated. Preliminary analysis of the level of phenolic compounds and percentage of inhibition activity according to DPPH assay in green tea revealed 90.36 mg/g gallic acid and 92.11%, respectively. This research consisted in four experiments: 1) carrageenan and sucrose ratio 0.5 : 3.9, 2) carrageenan and sucrose ratio 0.6 : 3.8, 3) carrageenan and sucrose ratio 0.7 : 3.7, and 4) carrageenan and sucrose ratio 0.8 : 3.6. The physical, chemical, and sensory properties of green tea jelly with honey lemon flavor product were evaluated. The physical results indicated that L^* , $-a^*$, and b^* values were statistically different ($P \leq 0.05$). In addition, the results showed that sensory evaluation of the carrageenan and sucrose ratio of 0.8 : 3.6 gave the highest liking score, which was a value of 6.80. Reduction in the amount of sucrose cause reduced product acceptance levels. The level of phenolic compounds and percentage of inhibition activity in the experiment 4 were 62.13 mg/g gallic acid and 62.17, respectively.

Keywords: carrageenan, sucrose, green tea, jelly

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12130

¹ Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathum Thani 12130

*Corresponding author, Email: wattana@rmutt.ac.th

คำนำ

เยลลี่ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งทำจากผลไม้ หรือน้ำผลไม้เข้มข้น เช่น สับปะรด กระเจี๊ยบแดง สตอร์เบอร์รี่ มะนาว ส้ม มะม่วง กับสารให้ความหวาน (sweetening agent) และสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling) เช่น เจลาติน (gelatin) คาราจีแนน (carrageenan) นำมาให้ความร้อนเพื่อให้ส่วนผสมละลายแล้วทิ้งไว้ให้เย็นจะมีลักษณะเป็นเจล (gel) โปร่งแสง เยลลี่ที่ดีต้องมีลักษณะใส และมีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มแต่ไม่เหนียวจนหนืด และไม่เหลว ต้องแข็งพอที่จะคงรูปเดิมเมื่อตัดด้วยมีดก็เป็นเหลี่ยมตามรอยมีด มีความหยุ่นตัว ผลไม้ไทยมีกลิ่นรสและสีต่าง ๆ สามารถทำเป็นเยลลี่ได้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547) ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เยลลี่ในท้องตลาดได้รับความนิยมในการบริโภคมากขึ้นโดยเฉพาะกลุ่มวัยเด็กถึงเด็กวัยรุ่นเนื่องจาก เยลลี่มีรูปร่างและสีสันสวยงาม ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายและสะดวกในการบริโภค (ชรินทร์ อุดมวงศ์, 2552) นอกจากผลไม้ไทยที่มีศักยภาพแล้ว ชาวเขียวกังจัดได้ว่าเป็นสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีความน่าสนใจที่สามารถทดแทนผลไม้บางส่วนได้ ทั้งนี้เนื่องจากสารประกอบอินทรีย์ในชาเขียวกังมีปริมาณสูง ได้แก่ โพลีฟีนอล คาเฟอีน กรดอะมิโน และสารให้กลิ่นรส การดื่มชาเขียวกังเป็นประจำจะลดอัตราการเสี่ยงโรคมะเร็งกระเพาะอาหาร และตับ เพราะสารโพลีฟีนอลเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและมีฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็ง นอกจากนี้ชาเขียวกังมีวิตามินซี บี 1 บี 2 แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม (ภัทรวดี วงษ์วาศ และคณะ, 2560) เจลาตินเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่ได้มาจากเส้นใยคอลลาเจน ประกอบด้วยกรดอะมิโนทั้งหมด 19 ชนิด ต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ (peptide) เป็นสายยาวย่อยง่าย เจลาตินเป็นโปรตีนที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากขาดกรดอะมิโนที่จำเป็น คือ ทรีโตนิน เจลาตินที่ได้มาจากแหล่งต่างชนิดจะมีองค์ประกอบที่แตกต่างกันและใช้เป็นส่วนประกอบที่ใช้กันทั่วไปในการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาด เจลาตินมีหน้าที่ในการขึ้นรูปและปรับปรุงโครงสร้างและสร้างความแข็งแรงให้กับเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่ และมีความยืดหยุ่น นอกจากนี้มีการเติมน้ำตาลซึ่งเป็นสารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตมีหลายชนิด (สุวรรณ สุภิมาธ, 2543; อรุณ ชาญชัยชาววิวัฒน์ และคณะ, 2560) น้ำตาล หมายถึง น้ำตาลทรายหรือซูโครส (sucrose) ซึ่งเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตลูกกวาดทั่วไป น้ำตาลมีคุณสมบัติ คือ เป็นสารให้ความหวาน ซึ่งเป็นลักษณะที่เด่นมากของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลัก ให้เนื้อและน้ำหนักแก่ผลิตภัณฑ์ เนื่องจากในส่วนผสมโดยทั่วไปจะมีการใช้น้ำตาลร้อยละ 70 ของน้ำหนักทั้งหมด กลูโคสใช้จัดเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตลูกกวาดทุกชนิด รองลงมาจากน้ำตาล น้ำที่ของกลูโคสใช้รับ คือ ทำให้น้ำตาลที่อยู่ในสภาวะเป็นสารละลายอิมัลชันยวดยาวไม่ตกผลึกออกมาหรือเกิดผลึกข้างหรือน้อยลง นอกจากนี้ยังมีผลต่อรสชาติและอายุการเก็บรักษา และกรดเป็นสารปรุงแต่งที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่รสชาติดีขึ้น กรดที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดมีอยู่ประมาณ 4-5 ชนิด ได้แก่ กรดซิตริก กรดมาลิก กรดทาร์ทาริก กรดแลกติก และกรดแอสซิดิก (Woo, 1988) ชรินทร์ อุดมวงศ์ (2552) ศึกษากระบวนการแปรรูปสาหร่ายไคโดยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ของหวานประเภทเยลลี่ โดยใช้สากัดสาหร่ายไคที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 ตามลำดับ และเพกตินที่ระดับร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 วิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และซีลีเนียม เมื่อนำสากัดจากสาหร่ายไคผลิตเยลลี่ พบว่าเยลลี่จากสาหร่ายไคมีสารฟีนอลิกในช่วง 78.43-155.44 มิลลิกรัมต่อความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระร้อยละ 13.25-28.28 ซีลีเนียม 0.016-0.029 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจในสี กลิ่น และรสชาติระหว่างเยลลี่สาหร่ายไคกับเยลลี่น้ำธรรมชาติพบว่าส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง พงษ์ อุบโชน (2546) ศึกษาการพัฒนาเยลลี่เจลาตินผสมชาเขียว เริ่มจากการสำรวจข้อมูลของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 84 เคยบริโภคชาเขียว ชาเขียวที่ทำจากยอดชาอ่อนและใบชาแก่ของชาพันธุ์อัสสัมมีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 ทั้ง 2 ชนิด ค่าสีของผงชาเขียวบดละเอียด และค่าสีน้ำชาที่ได้มีลักษณะเป็นสีเขียวอมเหลือง ชาเขียวยอดอ่อนจะมีปริมาณแทนนิน สาร epigallocatechin gallate (EGCG) และคาเฟอีนมากกว่าชาเขียวใบแก่ แต่ค่าฟลูออไรด์จะมีค่าน้อยกว่าชาเขียวใบแก่ ผลการศึกษาการพัฒนาสูตรของเยลลี่เจลาตินผสมชาเขียวจะประกอบด้วยเจลาตินร้อยละ 6.84 กลูโคสใช้รับร้อยละ 46.58 น้ำตาลทรายร้อยละ 19.79 น้ำชาเขียวผสมร้อยละ 25.90 ผงชาเขียวผสมร้อยละ 0.38 เมนทอลร้อยละ 0.01 และกลิ่นรสชาเขียวสังเคราะห์ร้อยละ 0.5 โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการเตรียมสารละลายกลูโคสใช้รับและน้ำตาลทรายเท่ากับ 123 องศาเซลเซียส จากการประเมินค่าคุณภาพของเยลลี่เจลาตินผสมชาเขียวทางกายผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 28.10, 0.70 และ 8.16 ตามลำดับ ค่าความแข็ง 17.88 นิวตัน ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน 0.78 ค่าความยืดหยุ่น 1.65 มิลลิเมตร ค่าความเหนียวเท่ากับ 18.38 นิวตัน ค่าความสามารถในการเกาะติดผิวเท่ากับ 1.81 นิวตัน มิลลิเมตร และค่า a_w เท่ากับ 0.714 ค่าคุณภาพทางเคมี ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 81.05 ความชื้นร้อยละ 18.95 คาเฟอีน 0.39 มิลลิกรัม/กรัม ฟลูออไรด์ 0.01 มิลลิกรัม/กรัม และปริมาณสาร epigallocatechin gallate 0.24 มิลลิกรัม/กรัม เยลลี่เจลาตินผสมชาเขียวบรรจุในซอง OPP20/DL/ CPP VM25 ความหนา 45 ไมครอน ที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บได้นานกว่า 8 สัปดาห์ จากการศึกษารายชื่อของผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 91 ยอมรับผลิตภัณฑ์และมีความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง สุทธิวัฒน์ แซ่ฮ้อ และคณะ (2554) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้น้ำผักชนิดต่าง ๆ

ที่มีต่อคุณภาพของเจลในผลิตภัณฑ์เยลลี่คาราจีแนน โดยแปรปริมาณคาราจีแนนร้อยละ 0.8 และ 1.0 น้ำมะเขือเทศ น้ำแครรอต น้ำฟักทองเท่ากับ 15, 20 และ 25 และน้ำกะหล่ำปลีสีม่วงเป็นร้อยละ 5, 10 และ 15 ผลการศึกษาพบว่า เยลลี่ลักษณะที่ดีที่สุดและได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบนั้นมีส่วนประกอบของคาราจีแนนร้อยละ 1 ใช้น้ำมะเขือเทศ แครรอต และฟักทองร้อยละ 25 แต่ใช้น้ำกะหล่ำปลีสีม่วงเพียงร้อยละ 5 เมื่อเทียบคุณภาพของเจลกับผลิตภัณฑ์คาราจีแนนที่มีจำหน่ายในท้องตลาด พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่จากน้ำผักทั้ง 4 ชนิด จะมีความแข็งของเจลอ่อนกว่าแต่มีความยืดหยุ่นและแรงที่หยุดเกาะกันทำให้วัตถุคงรูปได้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด จากรายงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นยังพบข้อมูลการผลิตเยลลี่ผสมชาเขียว แต่ยังไม่พบข้อมูลด้านผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียวเดิมกลั่นน้ำผึ้งมะนาว เมื่อพิจารณาข้อดีในด้านสรรพคุณชาเขียวและน้ำผึ้งโดยการนำชาเขียวมาผสมในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียวจากที่มีผู้ศึกษาก่อนหน้านี้ (พจณี อุปโกชน, 2546) โดยนำชาเขียวที่ได้มาทดแทนน้ำผลไม้บางส่วนโดยศึกษาปริมาณชาเขียว คาราจีแนน และชูโครสที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย การเก็บรักษาได้นานขึ้น ปรับปรุงกลิ่นรสโดยการเติมน้ำผึ้งและกลิ่นรสมะนาวเพื่อเพิ่มรสชาติให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคที่ชื่นชอบการบริโภคเยลลี่มากขึ้นในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับชาเขียวและน้ำผึ้ง ซึ่งเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ด้านอาหารจากชาเขียวและน้ำผึ้งต่อไปในอนาคต

วิธีการศึกษา

การเตรียมน้ำชาเขียวจากผงชาเขียว

นำผงชาเขียวไปชั่งตามวิธีการชงชาตรามือ (อัตราส่วนชาเขียว 2 กรัม : น้ำ 200 มิลลิลิตร) และเตรียมน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เทน้ำร้อนลงไปในผงชาที่ชั่งไว้แล้วคนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3-5 นาที จากนั้นกรองเอากากชาเขียวออกด้วยผ้าขาวบาง เก็บน้ำชาเขียวที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป (ดัดแปลงจาก ชานนท์ นัยจิตร และอนุรักษ์ เชื้อมั่ง, 2559)

การศึกษาปริมาณคาราจีแนนและน้ำตาลชูโครสที่เหมาะสม

เตรียมน้ำชาเขียวตามวิธีการเตรียมวัตถุดิบดังกล่าวจากข้างต้น จากนั้นนำมาเติมคาราจีแนน และน้ำตาลชูโครสโดยใช้อัตราส่วนคาราจีแนนเท่ากับ 0.5, 0.6, 0.7 และ 0.8 ตามลำดับ น้ำตาลชูโครสเท่ากับ 3.6, 3.7, 3.8 และ 3.9 ตามลำดับ ดัง Table 1 ให้ความร้อนน้ำชาเขียวผสมคาราจีแนนและน้ำตาลชูโครสที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนคาราจีแนนละลายหมด จากนั้นนำมาเทลงในถ้วยพลาสติกทนร้อนแล้วนำเข้าตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้เกิดเจล (ดัดแปลงจาก พจณี อุปโกชน, 2546; กุสุมา ทินกร ณ อยุธยา และนัทธมน พุฒดวง, 2559)

การศึกษากิจกรรมวิธีการผลิตเยลลี่ชาเขียวกลั่นน้ำผึ้งมะนาว

เตรียมนส่วนผสมต่าง ๆ ละลายส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ดังรายละเอียดใน Table 1 จากนั้นนำมาต้มให้ความร้อนจนกระทั่งปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำจะละลายได้ทั้งหมด ทำการเติมน้ำชาเขียวที่เตรียมไว้ปริมาตร 60 มิลลิลิตร ผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ทำการเติมน้ำผึ้ง กลูโคสไซรัป กรดมาลิก และกลิ่นมะนาว ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ตรวจสอบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดโดยใช้ hand refractometer 0-32 องศาบริกซ์ ยี่ห้อ KONA MINOLTA รุ่น CM-3500d ทำการกำจัดฟองอากาศออกให้หมด บรรจุลงในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ที่มีจุลฝาปิด ตั้งทิ้งไว้จนเท่าอุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 30 นาที นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก พจณี อุปโกชน, 2546; กุสุมา ทินกร ณ อยุธยา และนัทธมน พุฒดวง, 2559)

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำชาเขียวและผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียว

การวัด L^* , a^* และ b^* นำน้ำชาเขียวและผลิตภัณฑ์เยลลี่มาวัดสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสียี่ห้อ HunterLab รุ่น ColorFlex (AOAC, 2000)

Table 1 Mixed ingredients ratio in the production of different ratios of blended carrageenan and sucrose.

Ingredient	Experiment			
	1	2	3	4
Carrageenan (g)	0.5	0.6	0.7	0.8
Sucrose (g)	3.9	3.8	3.7	3.6
Malic acid (g)	0.1	0.1	0.1	0.1
Honey (g)	4.3	4.3	4.3	4.3
Glucose syrup (g)	20	20	20	20
Green tea juice (ml)	60	60	60	60
Water (ml)	30	30	30	30
Lemon flavor (ml)	0.2	0.2	0.2	0.2

Experiment 1 carrageenan : sucrose ratio 0.5 : 3.9.

Experiment 2 carrageenan : sucrose ratio 0.6 : 3.8.

Experiment 3 carrageenan : sucrose ratio 0.7 : 3.7.

Experiment 4 carrageenan : sucrose ratio 0.8 : 3.6.

Source: Adapted from Tungsatitporn et al. (2013).

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำชาเขียวและผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียว

นำน้ำชาเขียวและผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียวมาผ่านการกรองตะกอนส่วนที่ไม่ละลายออกและหาค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำชาเขียว นำน้ำชาเขียวและผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ผ่านการกรองมาหาค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu (ดัดแปลงจาก Shen et al., 2009) หาร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในน้ำชาเขียวและผลิตภัณฑ์เยลลี่โดยใช้วิธี DPPH (ดัดแปลงจาก Zaeoung et al., 2005) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) Ohaus รุ่น Starter 3100 โดยในการวัดจะควบคุมอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เยลลี่ให้ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid content) โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดยี่ห้อ KONA MINOLTA รุ่น CM-3500d (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

การประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม) ใช้วิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน กำหนดให้คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุดไปจนถึงระดับคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด โดยให้พิจารณาการให้คะแนนด้านลักษณะภายนอกที่ปรากฏ สี ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส และด้านความชอบโดยรวม (ดัดแปลงจาก ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545)

การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวางแผนทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2555)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในการเตรียมน้ำชาเขียว พบว่า น้ำชาเขียวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 90.36 มิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิก โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่พบได้ในชาเขียวขึ้นอยู่กับชนิดของใบชา อุณหภูมิ น้ำร้อน เวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการแช่ชา ล้วนมีอิทธิพลต่อปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก การชงชาในอัตราส่วน 1 : 100 กรัมต่อมิลลิตรพบว่า มีสารพอลิฟีนอลิก 93.33 มิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิก และการศึกษาร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในน้ำชาเขียว พบว่า น้ำชาเขียวมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระร้อยละ 92.11 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบฟีนอลิกซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 4 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มกรดฟีนอลิกที่มาจาก

hydroxybenzoic acid กลุ่มฟลาโวนอยด์ กลุ่มสตีลพีน และกลุ่มลิกนินและโพลีเมอร์ของลิกนิน โดยชาเขียวอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ พบว่า มีค่าร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระจากการเตรียมน้ำชาเขียวในช่วง 75-90 (วัฒนา วิวิธภูมิกร, 2562) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำชาเขียวเริ่มต้นก่อนนำมาผสมกับผลิตภัณฑ์เยลลี่ พบว่า น้ำชาเขียวมีสีเขียวเข้ม ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 6.72 ค่าสีเขียว ($-a^*$) เท่ากับ -0.25 และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 5.83 (ชานนท์ นัยจิตร และอนุรักษ์ เชื้อมั่ง, 2559)

จากการศึกษาผลของปริมาณการเติมคาราจีแนนและน้ำตาลซูโครสที่มีต่อการผลิตเยลลี่ชาเขียวกลั่นน้ำผึ้งมะนาว โดยทำการศึกษาผลของปริมาณการเติมคาราจีแนนและน้ำตาลซูโครสจำนวน 4 ชุดการทดลองดัง Table 2 ดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 0.5 : 3.9 ชุดการทดลองที่ 2 0.6 : 3.8 ชุดการทดลองที่ 3 0.7 : 3.7 และชุดการทดลองที่ 4 0.8 : 3.6 เมื่อสังเกตลักษณะภายนอกผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันในด้านสี เนื้อสัมผัสความคงตัว เนื่องจากในแต่ละสิ่งทดลองใส่ปริมาณคาราจีแนนและน้ำตาลซูโครสที่ต่างกัน ผลการทดลองดังแสดงใน Table 2 จากตารางเมื่อพิจารณาจากลักษณะภายนอกสังเกตได้ว่า ค่าสีในแต่ละชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 สีเข้มที่สุด ส่วนกลิ่นในแต่ละชุดการทดลองจะเป็นกลิ่นผสมระหว่างชาเขียวและน้ำผึ้งผสมมะนาวใกล้เคียงกันมาก ความแข็งแรงของเจลตามปริมาณคาราจีแนนที่เติมโดยชุดการทดลองที่ 4 เติมคาราจีแนนมากที่สุด เมื่อวัดความแข็งแรงของเจลโดยใช้มือกดสัมผัส การเติมคาราจีแนนที่มากมีผลต่อความแข็งแรงของเจล เนื่องจากปริมาณคาราจีแนนที่เติมมีความเข้มข้นมากกว่าสูตรอื่น จึงทำให้มีโครงสร้างของเจลที่มีความแข็งแรงมากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ เจลของคาราจีแนนจะมีความยืดหยุ่น (elastic) ความแข็งแรงของเจลจะมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิลดลงความแข็งแรงของเจลก็จะเพิ่มขึ้น เวลาในการเกิดเจลขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของคาราจีแนน ความแข็งแรงของเจลจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น (Uddin and Khanom, 1992; Sousa et al., 1997)

Table 2 Physical appearance of different ratios of blended carrageenan and sucrose.

Experiment*	Picture	Color	Odor	Gel strength
1		Pale green	Mixed green tea and honey lemon flavor	Slightly gel strength
2		Dark green	Mixed green tea and honey lemon flavor	Medium gel strength
3		Dark green	Mixed green tea and honey lemon flavor	Hard gel strength
4		Dark green	Mixed green tea and honey lemon flavor	Strongest gel strength

*Experiment 1 carrageenan : sucrose ratio 0.5 : 3.9.

*Experiment 2 carrageenan : sucrose ratio 0.6 : 3.8.

*Experiment 3 carrageenan : sucrose ratio 0.7 : 3.7.

*Experiment 4 carrageenan : sucrose ratio 0.8 : 3.6.

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านความสว่าง ค่าสีเขียวและสีเหลืองของผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียวกลั่นน้ำผึ้งมะนาวทั้ง 4 ชุดการทดลองดัง Table 3 พบว่า ผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียวกลั่นน้ำผึ้งมะนาวทั้ง 4 ชุดการทดลองมีสีเขียวเข้มแตกต่างกัน ($P < 0.05$) (วัฒนา วิวิธภูมิกร, 2563) ค่าความสว่าง ค่าสีเขียว และค่าสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณคาราจีแนนที่เติมลงไป โดยเมื่อปริมาณคาราจีแนนเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความสว่าง ค่าสีเขียว และสีเหลืองเพิ่มขึ้น ค่าสีเขียวและสีเหลืองที่วัดได้มีแนวโน้มการเปลี่ยนไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีที่พบในคาราจีแนนเป็นสารประกอบประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ เป็นสารที่สกัดจากพืชที่มีคลอโรฟิลล์เป็นส่วนประกอบหลักจึงมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเขียวเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณคาราจีแนนที่เติม (Demars and Ziegler, 1996; Langendorff et al., 1999; Garcia, 2000)

Table 3 Physical properties of different ratios of blended carrageenan and sucrose.

Experiment*	Physical values		
	L*	-a*	b*
1	5.76 ^c	-0.47 ^c	4.13 ^c
2	5.90 ^b	-0.51 ^c	4.35 ^b
3	5.92 ^b	-1.90 ^b	4.39 ^b
4	6.40 ^a	-3.04 ^a	5.40 ^a

*Experiment 1 carrageenan : sucrose ratio 0.5 : 3.9.

*Experiment 2 carrageenan : sucrose ratio 0.6 : 3.8.

*Experiment 3 carrageenan : sucrose ratio 0.7 : 3.7.

*Experiment 4 carrageenan : sucrose ratio 0.8 : 3.6.

จากการทดลองการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียวกลิ่นน้ำผึ้งมะนาวดัง Table 4 ทั้ง 4 ชุด การทดลอง แสดงให้เห็นว่าปริมาณคาราจีแนนต่อน้ำตาลซูโครสที่แตกต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี โดยเฉพาะค่าความเป็นกรดทั้งหมดและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่าความเป็นกรดทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงร้อยละ 0.21-0.42 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณคาราจีแนนต่อน้ำตาลซูโครส (Xu et al., 1992) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าลดลงเล็กน้อยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 10.30, 10.00, 10.50 และ 11.00 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แสดงว่าการเติมปริมาณคาราจีแนนต่อน้ำตาลซูโครสไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง (Glicksman, 1969) ปริมาณฟีนอลิกและร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (วัฒนา วิวิธภูมิกร, 2562) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้นที่วัด ในทางทฤษฎีสามารถอธิบายได้ว่า สารประกอบฟีนอลิกที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่พบในชาเขียวและปริมาณที่เติมลงไป อาจจะไม่มากพอที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้เด่นชัด ทำให้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างกัน เช่น มีการสังเคราะห์ และมีการสลายตัว โดยมีปัจจัยต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น แสง และอุณหภูมิ เป็นต้น วิธีการวิเคราะห์ร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็ว อนุมูลอิสระ DPPH ในสารละลายมีสีม่วง เมื่อสารต้านอนุมูลอิสระให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ DPPH จะได้เป็นสาร DPPH ที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระต่อไป ซึ่งจะเห็นเป็นสารสีเหลืองนวล ส่วน phenoxyl radical ที่เกิดขึ้นจะจับกันทำให้ปฏิกิริยาถูกชะของการเกิดอนุมูลอิสระหมดไป แต่วิธีการนี้มีข้อจำกัดคือ อาจจะมีอิทธิพลที่เกี่ยวข้องกับรงควัตถุในพืชที่สามารถรบกวนการดูดกลืนแสงทำให้มีความแม่นยำน้อย (ชานนท์ นัยจิตร และอนุรักษ์ เชื้อมั่ง, 2559)

Table 4 Chemical properties of different ratios of blended carrageenan and sucrose.

Experiment*	Chemical values				
	pH ^{ns}	Total acidity* (%)	Total soluble solid* (°Brix)	Phenolic (mg/g gallic acid) ^{ns}	DPPH Inhibition (%) ^{ns}
1	3.31	0.42 ^a	11.00 ^a	63.33	64.12
2	3.31	0.42 ^a	10.50 ^b	63.10	62.15
3	3.32	0.35 ^b	10.00 ^{bc}	64.33	63.23
4	3.33	0.21 ^c	10.30 ^c	62.13	62.17

*Different letters within a column indicate differences determined by Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) at the 95 percent level of significance, ns = non-significant.

*Experiment 1 carrageenan : sucrose ratio 0.5 : 3.9.

*Experiment 2 carrageenan : sucrose ratio 0.6 : 3.8.

*Experiment 3 carrageenan : sucrose ratio 0.7 : 3.7.

*Experiment 4 carrageenan : sucrose ratio 0.8 : 3.6.

Table 5 Sensory properties of different ratios of blended carrageenan and sucrose.

Experiment*	Attribute values					
	Appearance*	Color*	Odor ^{ns}	Taste*	Texture*	Overall acceptability*
1	5.60 ^d	6.80 ^a	7.10	6.83 ^b	5.16 ^c	4.96 ^d
2	6.17 ^c	5.96 ^b	9.06	6.60 ^b	5.46 ^c	5.36 ^c
3	6.60 ^b	5.30 ^c	6.86	5.90 ^a	6.30 ^b	6.13 ^b
4	7.26 ^a	5.40 ^c	6.86	5.56 ^a	6.90 ^a	6.80 ^a

*Different letters within a column indicate differences determined by Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) at the 95 percent level of significance, ns = non-significant.

*Experiment 1 carrageenan : sucrose ratio 0.5 : 3.9.

*Experiment 2 carrageenan : sucrose ratio 0.6 : 3.8.

*Experiment 3 carrageenan : sucrose ratio 0.7 : 3.7.

*Experiment 4 carrageenan : sucrose ratio 0.8 : 3.6.

ผลคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเยลลี่ชาเขียวกลิ่นน้ำผึ้งมะนาว เตรียมโดยใช้คาราจีแนน 0.5, 0.6, 0.7 และ 0.8 ต่อปริมาณน้ำตาลซูโครส 3.9, 3.8, 3.7 และ 3.6 แสดงดัง Table 5 ผลการวิจัยพบว่า ความเข้มข้นของปริมาณคาราจีแนนต่อน้ำตาลซูโครสมีผลต่อคะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการเพิ่มอัตราส่วนความเข้มข้นของปริมาณคาราจีแนนต่อน้ำตาลซูโครส ทำให้คะแนนคุณลักษณะลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่คะแนนความชอบทางด้านสีลดลง แต่อย่างไรก็ตามระดับความเข้มข้นของปริมาณคาราจีแนนร่วมกับน้ำตาลซูโครสไม่มีผลต่อการยอมรับทางด้านกลิ่นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามเยลลี่ที่เตรียมโดยใช้ความเข้มข้นของปริมาณคาราจีแนนต่อน้ำตาลซูโครส 0.8 : 3.6 จะได้คะแนนการยอมรับมากที่สุด โดยมีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.26, 5.56, 6.90 และ 6.80 ตามลำดับ และเยลลี่ที่เตรียมโดยใช้ความเข้มข้นของปริมาณคาราจีแนนต่อน้ำตาลซูโครส 0.5 : 3.9 จะได้คะแนนการยอมรับทางด้านสีมากที่สุด โดยมีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.90 จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของการเติมคาราจีแนนที่เพิ่มขึ้นแต่ปริมาณซูโครสในรูปความหวานที่ลดลง ก่อให้เกิดผลดีด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสการเกิดเจลที่ดี และการยอมรับรวมที่ดี แต่ส่งผลด้านสี กลิ่น และรสชาติ เนื่องจากความหวานที่ลดลง ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภครสชาติหวาน (สุทธิวัฒน์ แซ่ฮ้อ และคณะ, 2554; อินทิรา ลิจินทร์พร และคณะ, 2558; กมลพิพัฒน์ ชนะสิทธิ์ และคณะ, 2559; วัฒนา วิรุฒิกกร, 2562)

สรุปผลการศึกษา

ผลของปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่ชาเขียวกลิ่นน้ำผึ้งมะนาวพบว่า ปริมาณคาราจีแนน และน้ำตาลซูโครสอัตราส่วน 0.8 : 3.6 เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการผลิต ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.80 และสอดคล้องกับการทดสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมี ดัง Table 2, 3 และ 4 การลดปริมาณน้ำตาลซูโครสมีผลต่อคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ลดลง ปริมาณฟีนอลิกและร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 62.13 มิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิก และ 62.17 ตามลำดับ จากข้อมูลที่ได้จากการวิจัยมีแนวคิดของการผสมด้วยสมุนไพรชนิดอื่น ๆ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่สมุนไพรในเชิงธุรกิจได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารชั้นปีที่ 4 เจ้าหน้าที่สาขา คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ให้การช่วยเหลือด้านการเตรียมตัวอย่าง การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล และอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ในการปฏิบัติการ ตลอดจนการสนับสนุนทุนวิจัยด้วยงบประมาณคณะฯ จนแล้วเสร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กมลพิพัฒน์ ชนะสิทธิ์, ปรัชญา แพนงค และศศิธร ป้อมเชียงพิณ. 2559. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงหาวมะนาวโห่. ใน *การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8*. 24-26 สิงหาคม 2559. น. 63-71. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.
- กุสุมา ทินกร ณ อยุธยา และนันทน พุดดวง. 2559. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืชเพื่อสุขภาพ. *เทคโนโลยีอาหาร* 11(1): 13-20.
- ชรินทร์ อดิเมืองคำ. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสาหร่ายไก่อ. *ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*.
- ชานนท์ นัยจิตร และอนุรักษ์ เชื้อมั่ง. 2559. การประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสารประกอบพีนอลและนิกตินของสมุนไพรไทย 15 ชนิด. *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 24: 351-361.
- ดวงกมล ตั้งสฤติพร, ชิดชนก เอมสมร และธัญชนก จรสรม. 2556. การใช้ประโยชน์จากแกนสับปะรดและชาหญ้าในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม. *วิชาการและวิจัย มทร.พระนคร (พิเศษ)*: 24-35.
- พจน์ อุโภชนี. 2546. การพัฒนาเจลลี่เจลาตินผสมชาเขียว. *วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*.
- ไพโรจน์ วิริยจรี. 2545. *การประเมินทางประสาทสัมผัส*. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนากล้วยไม้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ไพโรจน์ วิริยจรี. 2555. *การออกแบบการตลาด*. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนากล้วยไม้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ภัทราวดี วงษ์วาศ, วิชุดา ตาภัย และดำรงศักดิ์ ฤทธิงาม. 2560. ทศนคติและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวแบบซอง. *แก่นเกษตร* 45(1)(พิเศษ): 1459-1463.
- วัฒนา วิรุฒิก. 2562. ผลของการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพการเก็บรักษากล้วยไม้ชาเขียวผสมกระเจี๊ยบเขียวและมะลิ. *วิทยาศาสตร์เกษตร* 50(1)(พิเศษ): 469-475.
- วัฒนา วิรุฒิก. 2563. อัตราส่วนที่เหมาะสมของเจลาตินที่มีต่อการผลิตกัมมีน้ำสับปะรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดผักขาว. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 38(3): 400-407.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่เหลว เยลลี่อ่อน และเยลลี่แข็ง (มผช 519/2547). http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps518_47.pdf (10 มกราคม 2557).
- สุทธิวัฒน์ แซ่ฮ้อ, ณัฐพัฒน์ วัฒนกฤษฎา, ผาณิต ไทยยันโต และเบญจวรรณ ธรรมธนาภิรักษ์. 2554. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่คาราจีแนนสูตรน้ำผัก. *วิทยาศาสตร์เกษตร* 42(2)(พิเศษ): 509-512.
- สุวรรณา สุภิมากร. 2543. *เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรุณ ชาญชัยเขาวีวัฒน์, ณัฐดนัย สิงห์คลีวรรณ และสุวินัย เกิดทับทิม. 2560. การสร้างตูบมลูกแบ่งและการแปรรูปกัมมีเยลลี่จากข้าวหมากผสมสมุนไพรเพื่อเป็นขนมเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและใช้เป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน. ใน *รายงานการวิจัยและการพัฒนาการวิจัยการเกษตร ฉบับสมบูรณ์*. มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.
- อินทรา ลิจันทรพร, ภูรินทร์ อัครกุลธร, นพรัตน์ ปานสอาด และวิณา สวทยทอง. 2558. ปริมาณสารประกอบพีนอลและสารต้านอนุมูลอิสระของลูกเกดเสริมผงใบบัวหลวง. ใน *การประชุมวิชาการ "การพัฒนาบัวให้เป็นพืชเศรษฐกิจ ครั้งที่ 12 ปทุมธานี เมืองบัว"*. 29 ตุลาคม 2558. น. 110-114. พิพิธภัณฑบัว, ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- AOAC. 2000. *Official methods of analysis*, 17th ed. USA: The Association of Official Analytical Chemists (AOAC).
- Demars, L. L., and Ziegler, G. 1996. Texture and structure of gelatin / HM pectin-based gummy confections. *Food Hydrocolloids* 15(4): 643-653.
- Garcia, T. 2000. Analysis of gelatin-based confections. *The Manufacturing Confectioner* 80(6): 93-101.
- Glicksman, M. 1969. *Gum technology in food industry*. 1st ed. New York: Academic Press.
- Langendorff, V., Cuvelier, G., Launay, B., Michon, C., Parker, A., and Kruij, C. G. D. 1999. Casein micelle/iota carrageenan in interactions in milk: influence of temperature. *Food Hydrocolloids* 13(3): 211-218.
- Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y., and Bao, J. S. 2009. Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size, and weight. *Cereal Science* 49: 106-111.
- Sousa, I. M. N., Matias, E. C., and Laureano, O. 1997. The texture of low calorie grape juice jelly. *Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung (Germany)* 205(2): 140-142.
- Uddin, M. B., and Khanom, S. A. A. 1992. Comparative studies on single and mixed-fruit jelly preparation. *Nutrition Bangladesh* 5(2): 21-26.
- Woo, A. 1988. Use of organic acids in confectionery. *The Manufacturing Confectioner* 78(8): 63-70.
- Xu, S. Y., Stanley, D. W., Goff, H. D., Davidson, V. J., and Maguer, M. L. 1992. Hydrocolloid/milk gel formation and properties. *Food Science* 57: 96-102.
- Zaeoung, S., Plubrukarn, A., and Keawpradub, N. 2005. Cytotoxic and free radical scavenging activities of Zingiberaceous rhizomes. *Songklanakarin Journal Science Technology* 27: 799-812.

วันรับบทความ (Received date) : 26 มี.ค. 63

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 29 พ.ย. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 27 เม.ย. 64