

การผลิตทับทิมกรอบโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบแช่แข็งย้อนกลับ
Mock Pomegranate Seeds Dessert (Tab Tim Grob) Production using Frozen
Reverse Spherification Technique

อัจฉรา ดลวิทยาคุณ* และวรรณวิมล พุ่มโพธิ์
 Achara Dholvitayakhun* และ Wanvimon Pumpho

Received: May 11, 2018

Accepted: June 29, 2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบแช่แข็งย้อนกลับ ทำการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายโซเดียมอัลจิเนต และแคลเซียมแลคเตท ด้วยการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response surface methodology; RSM) ออกแบบการทดลองแบบ Central composite design (CCD) นำตัวอย่างที่ได้มาทดสอบทางกายภาพในด้านน้ำหนัก ขนาด ค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง และความหนาของแผ่นฟิล์ม จากนั้นนำทับทิมกรอบที่ผลิตได้จากสภาวะที่เหมาะสมมาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตและแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของทับทิมกรอบทรงกลมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อกำหนดให้ค่าความหนาของแผ่นฟิล์มเป็นปัจจัยตอบสนองที่มีอิทธิพลมากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.86 และมีความหนาของแผ่นฟิล์มจากสมการทำนายเท่ากับ 0.03 มิลลิเมตร พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตทับทิมกรอบทรงกลม คือ การใช้โซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 1.05 และแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 0.77 ผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบทรงกลมที่ได้มีค่าความหนาของแผ่นฟิล์มเท่ากับค่าทำนาย และไม่พบความแตกต่างทางด้านประสาทสัมผัสของทับทิมกรอบทรงกลม โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคะแนนความชอบด้านสี ความสามารถในการแตก รูปร่างทรงกลม และความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง

คำสำคัญ : ทับทิมกรอบ การขึ้นรูปแบบทรงกลม การขึ้นรูปแบบแช่แข็งย้อนกลับ การเกิดเจล

ABSTRACT

The objective of this research was to develop a Tab Tim Grob-balls product using frozen reverse spherification technique. The optimum concentrations of sodium alginate and calcium lactate were determined using response surface methodology (RSM) with central composite design (CCD). Subsequently, each products were evaluated to physical properties for weight, size, L-value, a-value, b-value and thickness of film. Thereafter, the Tab Tim Grob-balls from optimum conditions were further studied for sensory evaluation. The results showed that the difference in concentration of sodium alginate and calcium lactate had effected to physical properties of Tab Tim Grob-ball ($p < 0.05$). In this study, thickness of film is the most predicted responses by showing 0.86 of coefficient of determination, (R^2) and 0.03 mm. in thickness of film. According the prediction, the optimal conditions of Tab Tim Grob-balls were 1.05% sodium alginate and 0.77% calcium lactate. In which, the thickness of film was equal to the predicted responses. No marked differences in sensorial evaluation of Tab Tim Grob-balls product. In which, this product was accepted in range of like moderately level in color, braking ability of Tab Tim Grob-balls, shape and overall likeness of product.

Keywords : tub tim krob, spherification, frozen reverse spherification, gelation

* Corresponding author e-mail: achara2518@yahoo.co.th

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Tak Muang, Tak.

บทนำ

ทับทิมกรอบเป็นขนมหวานที่ทำจากหัวรับประทานได้ทุกฤดูกาล นิยมมากที่สุดในช่วงฤดูร้อน แต่ปัจจุบันการบริโภคทับทิมกรอบเริ่มได้รับความนิยมลดน้อยลง โดยเฉพาะในกลุ่มวัยรุ่น [1] จึงทำให้ขนมไทยหลายชนิดไม่เป็นที่รู้จักในกลุ่มผู้บริโภครุ่นใหม่ และอาจกลายเป็นขนมไทยในวรรณคดีได้ในที่สุด เพื่อเป็นการอนุรักษ์ขนมไทยให้ยังคงอยู่อาจจำเป็นต้องพัฒนาขนมไทยให้มีรูปแบบที่แปลกใหม่ เพื่อเพิ่มความสนใจให้กับผู้บริโภคมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มการบริโภคอาหารในปี 2018 ที่เน้นการพัฒนาอาหารในรูปแบบใหม่ๆ ที่มีนวัตกรรม [2]

ดังนั้นทีมผู้วิจัยจึงมีแนวคิด ที่จะพัฒนาทับทิมกรอบให้มีรูปปลักษณ์ที่แปลกใหม่ เพื่อเพิ่มความน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ โดยเป็นการนำหลักการโมเลกุลาร์แกสโตรมี (molecular gastronomy) ซึ่งเป็นการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการประกอบอาหารเพื่อทำให้เกิดอาหารรูปแบบแปลกใหม่ และทำให้ผู้บริโภคมีความรู้สึกประหลาดใจในลักษณะปรากฏของอาหาร [3] การขึ้นรูปทรงกลม (spherification) เป็นส่วนหนึ่งของเทคนิคโมเลกุลาร์แกสโตร เป็นกระบวนการห่อหุ้มของเหลวด้วยเจลให้เป็นทรงกลม โดยพื้นฐานจากการใช้สมบัติของสารไฮโดรคอลลอยด์โซเดียมอัลจิเนต ทำปฏิกิริยากับแคลเซียมแลคเตท เกิดเป็นแคลเซียมอัลจิเนต ลักษณะที่ได้จะเป็นเจลทรงกลมขนาดเล็กๆ มีความยืดหยุ่น และมีเยื่อบางๆ ล้อมรอบอาหารเหลว การขึ้นรูปทรงกลม มี 2 วิธี คือ การขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน (basic spherification) และการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (reverse spherification) ในการผลิตทับทิมกรอบทรงกลมจะใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบแช่แข็งย้อนกลับ (frozen reverse spherification) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ [4-5] เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบที่มีทั้งน้ำเชื่อม และเนื้อทับทิมกรอบอยู่ข้างในลูกทรงกลม โดยนำเนื้อทับทิมกรอบและน้ำเชื่อมไปแช่แข็งก่อน จากนั้นปล่อยให้ละลายในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต ทำให้เกิดเยื่อหุ้มบางๆ ล้อมรอบของเหลวภายในได้ และ

สามารถหยุดการเกิดเจลได้เมื่อนำมาล้างน้ำ [6] โดยการเกิดเจลของโซเดียมอัลจิเนตจะสามารถเกิดได้ เมื่ออยู่ในสารละลายที่มีไอออนของโลหะ เกิดเป็นขอบเขตรอยต่อหรือ junction zone ที่เชื่อมโครงข่ายไว้และมีน้ำอยู่ ทำให้มีโครงสร้างที่แข็งแรง [7] จากเทคนิคดังกล่าวส่งผลให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ซึ่งในปัจจุบันมีผู้นำเทคนิคดังกล่าวมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ [6] การเตรียมขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ [8] โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน และการผลิตเค้กถ้วยทรงกลมโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ [9] แต่ยังไม่มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบ ด้วยการใช้นวัตกรรมขึ้นรูปทรงกลมแบบแช่แข็งย้อนกลับ โดยการเติมแคลเซียมแลคเตทลงในทับทิมกรอบและนำไปแช่เยือกแข็ง จากนั้นปล่อยให้ละลายในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสม ของสารละลายโซเดียมอัลจิเนต และแคลเซียม แลคเตท ด้วยการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response surface methodology; RSM) ออกแบบการทดลองแบบ Central composite design (CCD) และทดสอบความชอบทางด้านประสาทสัมผัส ซึ่งผลิตภัณฑ์ “ทับทิมกรอบทรงกลม” ที่พัฒนาขึ้น สามารถเป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างความแปลกใหม่ให้กับผู้บริโภค เกิดรูปปลักษณ์ที่แปลกใหม่ในขนมไทย และเพิ่มทางเลือกให้กับกลุ่มผู้บริโภค ตลอดจนเป็นการอนุรักษ์ขนมไทยให้ยังคงเป็นที่รู้จัก โดยยังคงรสชาติและความอร่อยในรูปแบบของทับทิมกรอบเดิม

วัตถุประสงค์และวิธีการทดลอง

1. วัตถุประสงค์ และสารเคมี

แห้วจินตัมสุกจากตลาดศาลตากสิน จังหวัดตาก แป้งมัน ทรายสีเสี้ยน น้ำตาลทรายตราเทสโก้ สีผสมอาหารสีแดงสด ทรายวินเนอร์ น้ำหวานเข้มข้นสีแดงตราเฮลซ์บับบอย สารโซเดียมอัลจิเนต (sodium alginate) food grade จากบริษัทคิมิคา คอร์ปอเรชั่น จำกัด ประเทศญี่ปุ่น และแคลเซียมแลคเตท (calcium lactate) food grade จากบริษัท นิวทริชั่น จำกัด ประเทศไทย

* Corresponding author e-mail: achara2518@yahoo.co.th

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Tak Muang, Tak.

2. การเตรียมตัวอย่างทับทิมกรอบขึ้นรูปทรงกลม

กรรมวิธีการเตรียมทับทิมกรอบขึ้นรูปแบบทรงกลม ได้จากการดัดแปลงสูตรพื้นฐานทับทิมกรอบ [10] นำมาปรับสูตรให้เหมาะสมกับการขึ้นรูปทรงกลม โดยนำหัวต้มสุกมาหั่นตามขวางแล้วกดด้วยเครื่องตัด (Genius Nicer Dicer Plus, China) ให้ได้สี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 0.5 x 0.5 เซนติเมตร ล้างน้ำและทิ้งให้สะเด็ดน้ำ นำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลัง สีส้มอาหารสีแดงสด และน้ำหวานเข้มข้นสีแดง ดังแสดงอัตราส่วนใน Table

1 นำเม็ดทับทิมมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช เพื่อนำแป้งส่วนที่ไม่ติดเม็ดออก ต้มในน้ำเดือด เป็นเวลานาน 1 นาที ตักขึ้นแช่ในน้ำเย็น ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ บรรจุในถุงพลาสติก (polypropylene) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และการผลิตน้ำเชื่อมสำหรับทับทิมกรอบ ได้จากการนำน้ำตาล 224 กรัม ตั้งไฟให้เดือด ใส่น้ำตาลทราย 242 กรัม คนให้น้ำตาลละลาย จับเวลา 15 นาที ยกลงทิ้งให้เย็น ความหวานของน้ำเชื่อมที่ได้ 68 องศาบริกซ์ เพื่อเตรียมขึ้นรูปทรงกลมต่อไป

Table 1 Formulas for the Tab Tim Grob-balls product.

Ingredients	Content (%)
Boiled water chestnut	60.60
Tapioca starch	34.43
Food color- bright red	4.26
Concentrated flavored syrup (hell's blue boy)	0.71

การทำทับทิมกรอบขึ้นรูปทรงกลม สามารถผลิตได้จากส่วนผสมของน้ำเชื่อม ร้อยละ 50 เม็ดทับทิมกรอบที่เตรียมไว้ ร้อยละ 30 และน้ำตาลทราย (ใช้ละลายสารตามส่วนที่ใช้ในการทดลอง) ร้อยละ 20 โดยนำน้ำมาผสมกับแคลเซียมแลคเตทตามปริมาณที่กำหนดไว้ใน การทดลอง คนให้สารละลายเข้ากัน นำมาผสมกับน้ำเชื่อมที่เตรียมไว้ จากนั้นนำเม็ดทับทิมกรอบมาตักใส่พิมพ์ ลูกแก้วทรงกลม ประมาณ 10-12 เม็ด ปิดฝาพิมพ์แล้วใช้หลอดฉีดยา ฉีดน้ำเชื่อมให้เต็มพิมพ์ นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -8 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นำทับทิมกรอบทรงกลมที่ได้มาปล่อยให้ละลายในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต ตามปริมาณที่กำหนดไว้ใน การทดลอง จับเวลา 3 นาที โดยโซเดียมอัลจิเนตจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมแลคเตท เกิดเป็นเจลห่อหุ้มของเหลวไว้ภายในทรงกลม จากนั้นล้างด้วยน้ำ และพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ได้เป็นผลิตภัณฑ์ “ทับทิมกรอบทรงกลม”

3. ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของแคลเซียมแลคเตทและโซเดียมอัลจิเนตที่มีผลต่อการเกิดเจลของทับทิมกรอบทรงกลม

เพื่อหาสภาวะความเข้มข้นที่เหมาะสมของแคลเซียมแลคเตท และโซเดียมอัลจิเนตในการขึ้นรูปทับทิมกรอบทรงกลม ใช้การวางแผนการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) และออกแบบการทดลองด้วยวิธี Central composite design (CCD) โดยกำหนดตัวแปรอิสระ ให้ x_1 แทนความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ร้อยละ 1 – 1.5 โดยน้ำหนักของส่วนผสมทับทิมกรอบ และกำหนดให้ x_2 แทนความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมอัลจิเนต ที่ร้อยละ 0.75 – 1 โดยน้ำหนัก ได้สภาวะจากผลการคำนวณของโปรแกรม ทั้งหมด 13 ทริตเมนต์ ดังแสดงใน Table 2 นำแต่ละสภาวะมาใช้ในการขึ้นรูปทับทิมกรอบทรงกลม และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวัดคุณภาพทางกายภาพต่อไป

* Corresponding author e-mail: achara2518@yahoo.co.th

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Tak Muang, Tak.

4. การวัดคุณภาพทางกายภาพของทับทิมทรงกลม

ทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ ซึ่งถือเป็นค่าตัวแปรตามหรือตอบสนอง (response) ของทับทิมทรงกลมโดยการวัดน้ำหนักทรงกลมของผลิตภัณฑ์ด้วยการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล (E-Scale, MH-200) วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกลมด้วยเครื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบดิจิตอล (Digital Vernier Caliper, China) วิเคราะห์สีโดยการวัดค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab) รุ่น MiniScan EZ (LAV) และวัดความหนาของแผ่นฟิล์มเจลที่เกิดขึ้นด้วยไมโครมิเตอร์ (micrometer) บันทึกผลการทดสอบ 3 ซ้ำ นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางกายภาพมาหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่สนใจ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม (optimization) ของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและโซเดียมอัลจิเนต ด้วยการใช้นิพจน์ที่ผิวตอบสนอง (RSM) โดยการพิจารณาค่าตอบสนอง (response) ที่ละค่า จากค่า desirability (ค่าความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์) คำนวณแยกเป็นส่วนๆ จากค่าตอบสนอง ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่สามารถกำหนดค่าคุณลักษณะตัวแปรตามที่ต้องการได้ โดยการกำหนดค่า 3 ค่า คือ ค่าสูงสุด (max) ค่าต่ำสุด (min) และค่าเป้าหมาย (target) [11] เพื่อนำมาทดลองทางด้านประสาทสัมผัสต่อไป

5. การวัดคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำผลจากสภาวะที่ได้ จากการคัดเลือกจากสมการทำนาย 3 ค่า คือ ค่าสูงสุด (max) ค่าต่ำสุด (min) และค่าเป้าหมาย (target) มาใช้ในการผลิตทับทิมทรงกลม และนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส [12] เพื่อทดสอบว่าสภาวะที่ได้จากการคัดเลือกจากสมการทำนาย เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตจริงหรือไม่ ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ hedonic scale 9 point (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) ในคุณลักษณะด้าน สี การแตก (ความยากง่ายในการกัดแตก) รูปร่างทรงกลม และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 25 คน

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลอง แบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ (Complete randomize design, CRD) โดยการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้นการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized complete block design)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการเตรียมตัวอย่างทับทิมทรงกลมขึ้นรูปทรงกลม

จากผลการเตรียมตัวอย่างทับทิมทรงกลมขึ้นรูปทรงกลม โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบแช่แข็งย้อนกลับ ซึ่งเป็นเทคนิคที่นำส่วนผสมของสารละลายแคลเซียมแลคเตท ผสมกับส่วนผสมอาหาร และนำไปแช่แข็งเพื่อขึ้นรูป แล้วจึงนำมาปล่อยให้ละลายโซเดียมอัลจิเนต [4] ในการทดลองครั้งนี้ไม่สามารถเลือกใช้วิธีการขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐานได้ (Basic spherification) ซึ่งวิธีการที่นำส่วนผสมของอาหารมาผสมเข้ากับโซเดียมอัลจิเนต และปล่อยให้ละลายแคลเซียมแลคเตท [13] เนื่องจากหากนำส่วนผสมของน้ำเชื่อมมาผสมกับโซเดียมอัลจิเนต จะได้น้ำเชื่อมที่มีความข้นหนืด ทำให้คุณลักษณะด้านรสชาติ เนื้อสัมผัสของน้ำเชื่อมเปลี่ยนไป ไม่สามารถคงลักษณะของทับทิมกรอบรสชาติดั้งเดิมได้ ตลอดจนไม่สามารถใส่เนื้อทับทิมกรอบลงไปไว้ด้านในของแผ่นฟิล์มทรงกลมได้ ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบแช่แข็งย้อนกลับมาใช้ในการทดลองนี้ ซึ่งจากผลการเตรียมการขึ้นรูปทับทิมกรอบเพื่อบรรจุทั้งเนื้อทับทิม และน้ำเชื่อมให้อยู่ในรูปทรงกลม มีกรรมวิธีการผลิตดังแสดงใน Figure 1

* Corresponding author e-mail: achara2518@yahoo.co.th

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Tak Muang, Tak.

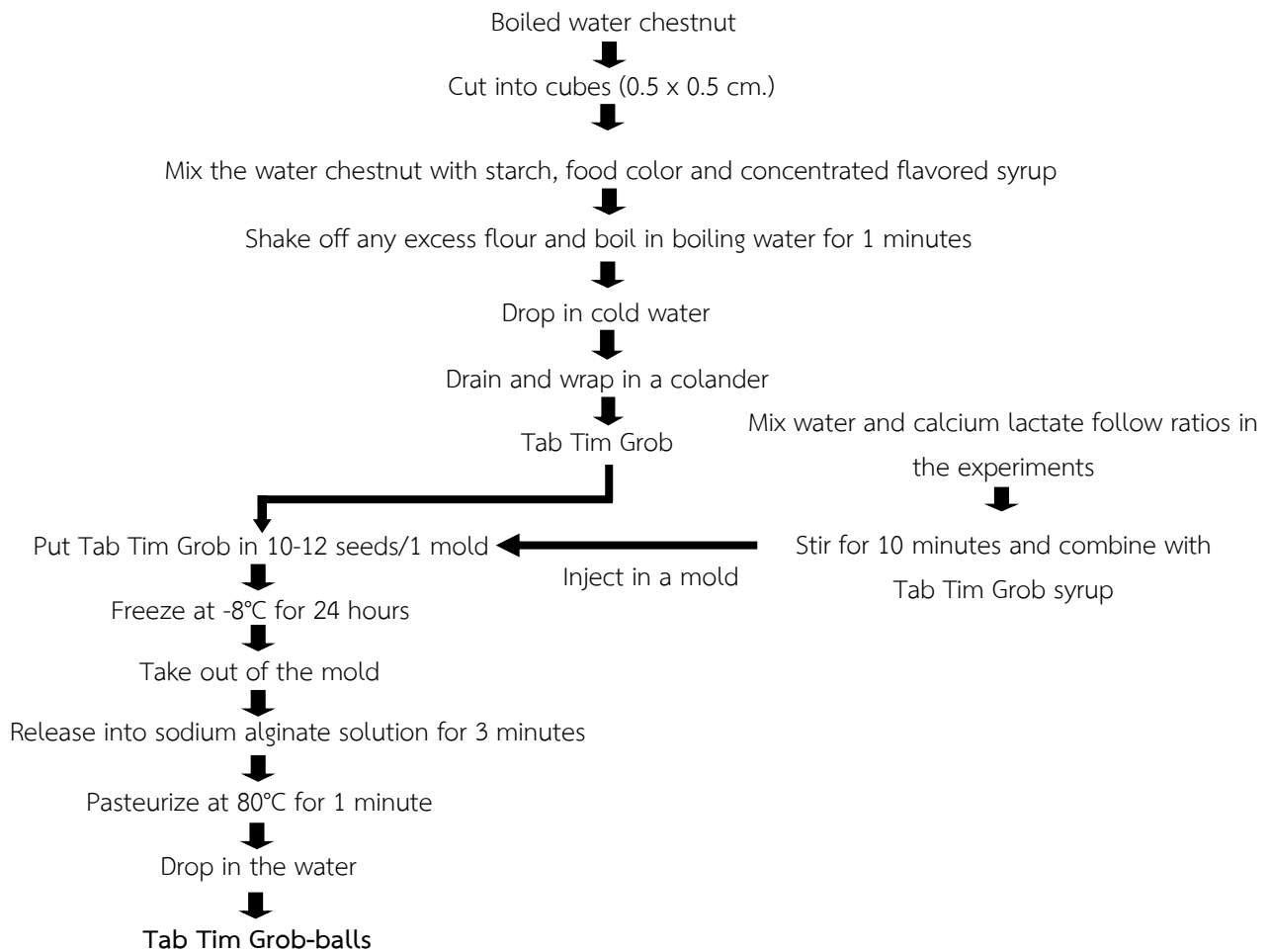


Figure 1 Process of Tab Tim Grob-balls production

2. ผลการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของแคลเซียมแลคเตท และโซเดียมอัลจิเนตที่มีผลต่อการเกิดเจลของทับทิมกรอบทรงกลม

จากการศึกษาเพื่อหาสภาวะความเข้มข้นที่เหมาะสมของแคลเซียมแลคเตท (x_1) และโซเดียมอัลจิเนต (x_2) ในการขึ้นรูปทับทิมกรอบทรงกลม โดยใช้เทคนิคพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) และออกแบบการทดลองแบบ CCD โดยกำหนดให้ X_1 คือความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท และ X_2 คือความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต ปัจจัย (response) ที่ทำการตรวจสอบคือ น้ำหนัก ขนาด ค่าสี (L^* a^* และ b^*) และความหนาของแผ่นฟิล์ม รายละเอียดและค่าตอบสนองของปัจจัยต่างๆ ดังแสดงใน Table 2 ผลการทดลองจากข้อมูล

ของค่าตอบสนองแต่ละปัจจัย พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตท และโซเดียมอัลจิเนตที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของทับทิมกรอบทรงกลมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยน้ำหนักของทับทิมกรอบทรงกลมอยู่ในช่วง 13.86 - 16.32 กรัม มีขนาดทรงกลมอยู่ในช่วง 29.90 - 31.80 มิลลิเมตร ความหนาของแผ่นฟิล์มอยู่ในช่วง 0.01 - 0.04 มิลลิเมตร ค่าสีความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 19.77 - 24.82 ค่าสีแดง (a^*) อยู่ในช่วง 15.82 - 21.82 และค่าสีเหลือง (b^*) อยู่ในช่วง 5.65 - 9.57 โดยผลิตภัณฑ์ของทับทิมกรอบทรงกลมที่ได้เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะมีสีแดงค่อนข้างสด ดังแสดงใน Figure 2

* Corresponding author e-mail: achara2518@yahoo.co.th

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Tak Muang, Tak.

Table 2 Experimental conditions and result of physical properties of Tab Tim Grob-balls.

Treatments	Variables		Physical properties						
	Lactate:Alginate	weight (g)	size (mm.)	thickness(mm.)	(L*)	(a*)	(b*)		
1	1.25	0.88	16.06 ± 0.08 ^c	29.90 ± 0.48 ^a	0.02± 0.01 ^a	22.82 ± 0.67 ^{ab}	16.21 ± 3.25 ^{ab}	6.51 ± 0.91 ^{abc}	
2	1.00	0.75	14.63± 0.46 ^{ab}	31.17± 0.34 ^{bcd}	0.04 ± 0.01 ^b	20.94 ± 3.86 ^{ab}	21.07 ± 3.60 ^{bc}	6.95 ± 1.42 ^{abcd}	
3	1.00	1.00	14.91 ± 0.32 ^b	30.75 ± 0.15 ^{abc}	0.02 ± 0.01 ^a	19.77 ± 1.18 ^a	19.26 ± 0.45 ^{abc}	5.65 ± 1.23 ^a	
4	0.90	0.88	14.99 ± 0.80 ^b	31.27 ± 0.50 ^{bcd}	0.02 ± 0.01 ^a	23.44 ± 1.13 ^{ab}	20.93 ± 0.44 ^{bc}	5.70 ± 0.69 ^a	
5	1.60	0.88	16.32 ± 0.20 ^c	31.14 ± 0.23 ^{bcd}	0.02 ± 0.01 ^a	21.01 ± 2.21 ^{ab}	15.82 ± 1.19 ^a	5.65 ± 1.34 ^a	
6	1.25	0.88	14.11 ± 0.34 ^{ab}	31.80 ± 0.00 ^d	0.02 ± 0.00 ^a	22.11 ± 1.46 ^{ab}	18.73 ± 0.99 ^{abc}	6.15 ± 0.29 ^{ab}	
7	1.50	0.75	13.86 ± 0.22 ^a	30.54 ± 0.56 ^{ab}	0.01 ± 0.00 ^a	21.65 ± 0.30 ^{ab}	20.17 ± 1.82 ^{abc}	6.25 ± 1.06 ^{ab}	
8	1.25	0.70	14.92 ± 0.90 ^b	30.54 ± 0.50 ^{ab}	0.02 ± 0.01 ^a	21.46 ± 0.77 ^{ab}	21.82 ± 3.67 ^c	7.25 ± 1.90 ^{abcd}	
9	1.25	0.88	14.85 ± 0.64 ^b	31.48 ± 0.68 ^{cd}	0.02 ± 0.01 ^a	21.08 ± 2.22 ^{ab}	21.60 ± 0.79 ^c	8.20 ± 0.95 ^{abcd}	
10	1.25	0.88	14.35 ± 0.21 ^{ab}	31.31 ± 0.27 ^{bcd}	0.02 ± 0.01 ^a	24.82 ± 1.68 ^d	20.92 ± 2.83 ^{bc}	9.57 ± 1.19 ^d	
11	1.50	1.00	14.15 ± 0.63 ^{ab}	30.99 ± 0.94 ^{bcd}	0.04 ± 0.02 ^b	22.46 ± 2.25 ^{ab}	20.12 ± 3.09 ^{abc}	8.87 ± 1.31 ^{bcd}	
12	1.25	0.88	14.32 ± 0.07 ^{ab}	31.03 ± 0.49 ^{bcd}	0.02 ± 0.01 ^a	21.51 ± 2.88 ^{ab}	20.89 ± 3.58 ^{bc}	9.46 ± 2.03 ^d	
13	1.25	1.05	13.91 ± 0.18 ^a	30.70 ± 0.12 ^{abc}	0.03 ± 0.01 ^a	23.03 ± 1.92 ^{ab}	17.45 ± 3.67 ^{abc}	9.32 ± 3.15 ^{cd}	

Remark: Different superscript letter within the same column mean significantly different ($P \leq 0.05$).

**Figure 2** Tab Tim Grob-balls products

เมื่อนำข้อมูลของค่าตอบสนองปัจจัยมาวิเคราะห์ ค่าความแปรปรวน เพื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท และโซเดียมอัลจินตที่มีผลต่อค่าตอบสนอง ได้ผลแสดงใน Table 3 จากการวิเคราะห์ ความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้ พบว่า ข้อมูลที่ได้จากค่าขนาด และความหนาของแผ่นฟิล์มให้สมการ (model)

ที่สามารถนำมาทำนายผลได้ เนื่องจากในแต่ละค่าตอบสนองข้างต้นมี lack of fit (การทดสอบของสมการถดถอย คือการทดสอบว่าสมการถดถอยที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูลนั้นหรือไม่) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination, R^2) ของ

* Corresponding author e-mail: achara2518@yahoo.co.th

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Tak Muang, Tak.

ค่าตอบสนองอยู่ในช่วง 0.79-0.86 ซึ่งอยู่ในช่วง 0.8-1 ถือว่าระดับความพึงพอใจ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงดีมาก [14] แสดงถึงความเป็นไปได้ที่จะนำสมการ ดังรายละเอียดใน Table 4 ซึ่งเป็นสมการกำลังสอง (quadratic model) มาใช้ทำนายความสัมพันธ์ของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตท และโซเดียมอัลจิเนตที่

มีผลต่อคุณภาพของแท็บทิมกรอบทรงกลม โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายมีค่ามากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.86 ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกสมการกำลังสองของตัวแปรด้านความหนาของแผ่นฟิล์มของแท็บทิมกรอบทรงกลม ไปใช้ในการทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแท็บทิมกรอบทรงกลม

Table 3 Analysis of variance of independent variables on the response variables of “Tab Tim Grob-balls” preparation.

Source	p-value						
	df	size(mm.)	weight(g)	(L*)	(a*)	(b*)	thickness(mm.)
Model	5	0.0268*	-	-	-	-	0.0068*
A-calcium	1	0.4566	-	-	-	-	0.4622
B-alginate	1	0.7535	-	-	-	-	0.1025
AB	1	0.1350	-	-	-	-	0.0009
A ²	1	0.1541	-	-	-	-	0.2330
B ²	1	0.0025	-	-	-	-	0.0283
Lack of Fit	3	0.9856 ^{ns}	0.5876	0.6927 ^{ns}	0.6765 ^{ns}	0.1988 ^{ns}	0.4534 ^{ns}
R ²	-	0.79	-	-	-	-	0.86

Remark: * Significant at $p < 0.05$, ^{ns} not significant

Table 4 Predicted equations from the surface response Methodology (RSM).

Dependent values	Equation quadratic models	R ²
size	$= 13.36 - 0.14(X_1) + 41.78(X_2) + 6.96(X_1X_2) - 2.50(X_1)^2 - 28.70(X_2)^2$	0.79
thickness	$= 0.73 - 0.45(X_1) - 1.00(X_2) + 0.40(X_1X_2) + 0.036(X_1)^2 + 0.30(X_2)^2$	0.86

Remark: X₁ = concentration of calcium lactate and x₂ = concentration of sodium alginate.

ผลของแคลเซียมแลคเตท และโซเดียมอัลจิเนต ต่อค่าความหนาของแผ่นฟิล์มของแท็บทิมกรอบทรงกลม ดังแสดงใน Figure 3 ซึ่งแสดงพื้นที่ผิวตอบสนอง และแผนภาพสามมิติ พบว่า เมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและโซเดียมอัลจิเนตเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความหนาของแผ่นฟิล์มเพิ่มขึ้น การที่ค่าความหนาของแผ่นฟิล์มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการขึ้นรูปทรงกลม

มีพื้นฐานจากการอาศัยโซเดียมอัลจิเนต และไอออนของแคลเซียมในการเกิดเจล เมื่อความเข้มข้นของอัลจิเนตและความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนเพิ่มขึ้น กระบวนการเกิดเจลจะมีมากขึ้น ส่งผลให้ความหนาของแผ่นฟิล์มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อัตราส่วนระหว่างกรดแมนนูโรนิกและกรดกลูโคโรนิกที่เป็นส่วนประกอบของโซเดียมอัลจิเนตยังมีผลต่อการเกิดเจล โดยทั่วไปความเข้มข้นของแคลเซียม

* Corresponding author e-mail: achara2518@yahoo.co.th

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Tak Muang, Tak.

จะมีอิทธิพลต่อขนาดของเม็ดอัลจิเนต และการลดลงของเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดอัลจิเนต เป็นผลมาจากการเชื่อมต่อกันของเจลที่มากขึ้น ส่งผลให้มีการรั่วตัวของเจลมากขึ้น ทำให้ขนาดทรงกลมคงรูปเป็นรูปร่างกลมได้เพิ่มมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมเพิ่มขึ้น [15-16] ซึ่งความหนาของแผ่นฟิล์ม ถือได้ว่าเป็นสมบัติทางสรีรวิทยาที่สำคัญที่สุดของแคปซูลของ hydrogel เพราะแสดงถึงความสามารถในการแปรรูปและประสิทธิภาพในการเกิดเจลระหว่างอออนไปโอโพลีเมอร์กับอออนของแคลเซียม

การทำนายสถานะที่เหมาะสมของการผลิตหีบห่อทรงกลม โดยใช้เทคนิคพื้นที่ผิวตอบสนองในการทดลองนี้จะพิจารณาจากค่า desirability ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่นักวิจัยสามารถกำหนด ค่าคุณลักษณะตัวแปรที่ต้องการได้ โดยในการทดลองนี้กำหนดค่าคุณลักษณะ

ของตัวแปร คือ ค่าความหนาของแผ่นฟิล์มเท่ากับสูงสุด (maximize) และความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทกับโซเดียมอัลจิเนตเท่ากับต่ำสุด (minimize) ซึ่งจากการกำหนดช่วงของค่าตอบสนอง สามารถทำนายจุดหรือพื้นที่ๆ เหมาะสม (optimization) ดังแสดงใน Table 5 พบว่า สถานะที่เหมาะสมในการผลิตหีบห่อทรงกลม เมื่อพิจารณาจากสถานะที่ให้ค่าความหนาของฟิล์มสูงสุด คือ การใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมร้อยละ 1.05 และความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 0.77 โดยที่สถานะนี้จะให้ค่า desirability เท่ากับ 1 และให้ค่าความหนาของฟิล์มจากการทำนายเท่ากับ 0.035 มิลลิเมตร และเมื่อนำสถานะนี้ไปทดลองใช้ในการผลิตหีบห่อทรงกลม พบว่า ค่าความหนาของฟิล์มของหีบห่อทรงกลมที่ผลิตได้เท่ากับ 0.03 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทำนาย (0.035 มิลลิเมตร)

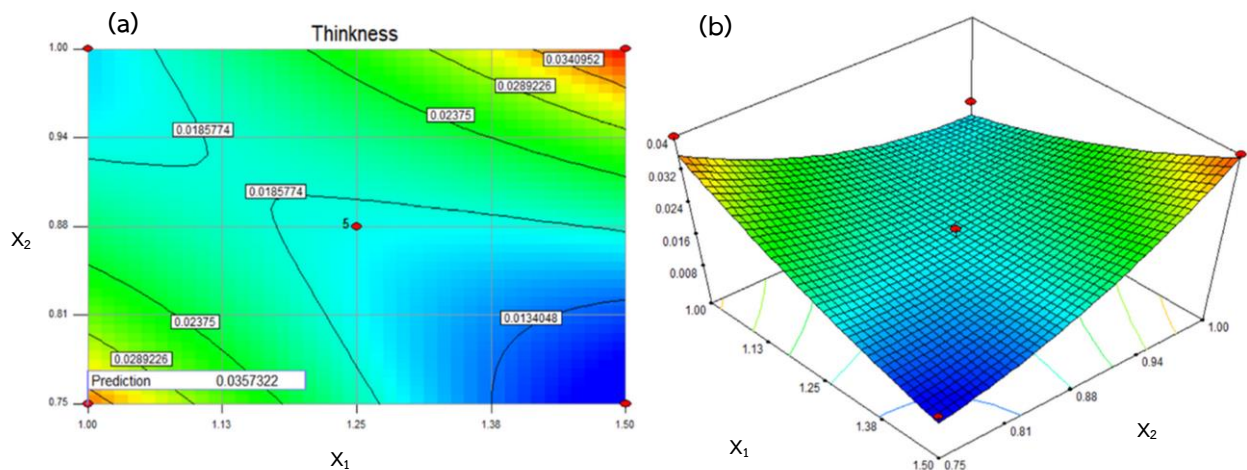


Figure 3 Surface response generated from a quadratic model in the optimization of two variables. (a) response surface plot, (b) 3D surface.

3. ผลการวัดคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เพื่อทดสอบว่า สถานะที่คัดเลือกจากสมการทำนายจาก Table 5 เป็นสถานะที่เหมาะสมในการผลิต ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกหีบห่อทรงกลม ที่เตรียมจากสมการทำนาย 3 ตัวอย่าง คือ (1) ตัวอย่างที่มีค่าความหนาของแผ่นฟิล์มมากที่สุด (max) คือ มีค่าความหนา 0.035 มิลลิเมตร (ผลที่ได้จากสถานะที่

เหมาะสมจากการทำนาย) (2) ตัวอย่างหีบห่อที่มีค่าความหนาของแผ่นฟิล์มตามค่าเป้าหมาย (target) คือ มีค่าความหนา 0.03 มิลลิเมตร และ (3) ตัวอย่างหีบห่อที่มีค่าความหนาของแผ่นฟิล์มน้อยที่สุด (Min) คือ มีค่าความหนา 0.02 มิลลิเมตร โดยความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท และโซเดียมอัลจิเนตที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง ที่ได้จากสมการทำนายทั้ง 3 ตัวอย่าง

* Corresponding author e-mail: achara2518@yahoo.co.th

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Tak Muang, Tak.

แสดงดัง Table 6 เมื่อนำทับทิมกรอบทรงกลมที่ได้จากสภาวะการผลิตทั้ง 3 ตัวอย่างมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 คะแนน (ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน พบว่า ผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบทรงกลมทั้ง 3 ตัวอย่าง สามารถขึ้นรูปเป็นทรงกลมได้ และไม่มีพบ

ความแตกต่างในด้าน สี การแตก รูปร่าง และความชอบโดยรวม ($p>0.05$) ของผลิตภัณฑ์ทับทิมกรอบทรงกลมทั้ง 3 ตัวอย่าง ดังแสดงใน Table 7 โดยสภาวะที่คัดเลือกจากสมการทำนาย(Max) คือ แคลเซียม แลคเตท ร้อยละ 1.05 และโซเดียมอัลจิเนต ร้อยละ 0.77 มีระดับคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง

Table 5 Prediction of the optimum conditions for Tab Tim Grob-balls.

Response variable	Optimization of condition					
	Goal	Lower	Upper	Weight	Predicted responses	Desirability
Calcium	Minimize	1	1.5	1	1.05	1.0
Alginate	Minimize	0.75	1.0	1	0.77	1.0
Thickness	Maximize	0.01	0.03	1	0.035	1.0

Table 6 The optimization of concentrations of calcium lactate(X_1) and sodium alginate(X_2) for sensory preparation of Tab Tim Grob-balls.

Sample	Calcium lactate (%)	Sodium alginate (%)
Max	0.77	1.05
Target	0.75	1.25
Min	0.75	1.28

Table 7 Sensory preference evaluation of Tab Tim Grob-balls using 9-point hedonic scale method.

Samples	Sensory properties			
	Color ^{ns}	Braking ability ^{ns}	Shape ^{ns}	Overall ^{ns}
Max	7.04±1.31	7.28±1.34	7.40±1.22	7.23±1.07
Target	7.08±1.82	7.16±1.70	7.32±1.80	6.96±1.54
Min	7.20±1.47	6.80±1.73	7.60±1.19	7.12±1.27

Remark: ^{ns} not significant within the same column ($P \leq 0.05$).

* Corresponding author e-mail: achara2518@yahoo.co.th

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Tak Muang, Tak.

สรุปผล

การผลิตทับทิมกรอบ โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลมแบบแช่แข็งย้อนกลับ เป็นเทคนิคที่น่าส่วนผสมทั้งเนื้อทับทิมกรอบ และน้ำเชื่อมมาผสมให้อยู่ในรูปทรงกลม จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท และโซเดียมอัลจิเนต มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของทับทิมกรอบทรงกลม และอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปทับทิมกรอบทรงกลมแบบแช่แข็งย้อนกลับ คือ ใช้ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตท ร้อยละ 1.05 และโซเดียมอัลจิเนต ร้อยละ 0.77 โดยน้ำหนัก ตามลำดับผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคะแนนความชอบอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Thailand kitchen of the world. (2510). History of Thai dessert; Tub Tim Grob. Thai Food Information. [Online] Available from <https://infothaifood.wordpress.com/2010/09/02/>. [Accessed April 3, 2018].
- [2] P. Nithitantiwat and W. Udomsapaya. (2017). Food consumption behavior among Thai adolescents, impacts, and solutions. *Journal of Phrapokklao Nursing College*. 28(1): 122-128.
- [3] Navarro, V., Serrano, G., Lasa, D., Aduriz, A.L. and Ayo, J. (2012). Cooking and nutritional science: Gastronomy goes further. *International journal of gastronomy and food science*. 1(1): 37-45
- [4] Barrett, R. (2012). *Molecular Gastronomy*, Olin college of engineering. [Online] Available from [http://rosebarrett.yolasite.com/resources/Molecular %20Gastronomy%20Case%20Study.pdf](http://rosebarrett.yolasite.com/resources/Molecular%20Gastronomy%20Case%20Study.pdf). [Accessed April 9, 2018].
- [5] Lee, P. and Rogers, M.A. (2012). Effect of calcium source and exposure-time on basic caviar spherification using sodium alginate. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 1: 96-100.
- [6] W. Pumpho. (2015). Tofu production using spherification technique. M.S. thesis, Agro-Industry., King mongkut's institute of technology ladkrabang, Thailand.
- [7] Nussinovitch, A. (1997). *Hydrocolloid Application; Gum technology in the food and other industries*. Blackie academic & professional, United Kingdom.
- [8] Y. Likidsomboon and P. Pinsirodom. (2016). Preparation of "rice pearls" from Riceberry rice using spherification technique, In proceeding of 14th Naresuan agricultural conference, pp. 254-259, Naresuan University, Thailand.
- [9] W. Pumpho and A. Dholvitayakhun. (2018). Effect of concentration and time to produce black jelly ball, In proceeding of 2th National Graduate Research Conference, pp. 935-939. Chiang Mai: Maejo University, Thailand.
- [10] M. Horrattanachai and A. Chulerk. (1995). *Traditional Thai desserts*, Mae Ban publisher.
- [11] Derringer, G. and Suich, R. (1980). Simultaneous optimization of several response variables. *Journal of Quality Technology*. 12(4): 214-219.
- [12] Meilgaard, M., Civille, C.V. and Carr, B.T. (1990). *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press, Inc., Florida, USA.
- [13] Sen, D.J. (2017). Cross linking of calcium ion in alginate produce spherification in

* Corresponding author e-mail: achara2518@yahoo.co.th

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Tak Muang, Tak.

molecular gastronomy by pseudoplastic flow. *World Journal of Pharmaceutical Sciences*. 5(1): 1-10.

- [14] Harrington, E.C. (1965). The desirability function. *Industrial Quality Control*. 21(10): 494-498.
- [15] Lupo, B., Maestro, A., Gutiérrez, J. M., and González, C. (2015). Characterization of alginate beads with encapsulated cocoa extract to prepare functional food: Comparison of two gelation mechanisms. *Food Hydrocolloids*. 49: 25-34.
- [16] Tsai, F.-H., Kitamura, Y. and Kokawa, M. (2017). Liquid-core alginate hydrogel beads loaded with functional compounds of radish by-products by reverse spherification: Optimization by response surface methodology. *International Journal of Biological Macromolecules*. 96: 600-610.

* Corresponding author e-mail: achara2518@yahoo.co.th