

## การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มนํ้านมถั่วเหลืองโดยวิธีพื้นผิวตอบสนอง

### Study of Optimum Conditions for Soy Milk Production by Response Surface Methodology

ศุภฤชญา เหมะจุลิน สุขเกณ ริน และ รัตนาวดี เรืองทิพย์\*

Sukrichaya Hemathulin Soken Rin and Rattanawadee Reungtip\*

คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon Campus

\*E-mail: Kungnang\_3623@gmail.com

Received: Jan 06, 2023

Revised: Apr 19, 2023

Accepted: Apr 24, 2023

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มนํ้านมถั่วเหลืองโดยวิธีพื้นผิวตอบสนอง วางแผนการทดลองแบบ Box-Behnken Design เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ 3 ปัจจัย คือ อุณหภูมิ เวลา และปริมาณของคาราจีแนน ในกระบวนการผลิตถั่วเหลือง โดยอุณหภูมิ เวลา และปริมาณคาราจีแนนที่ใช้ คือ 80-100 องศาเซลเซียส, 15-30 นาที และร้อยละ 0.00-0.08 ตามลำดับ จากนั้นศึกษาคุณภาพ (ทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งทำนายจุดที่เหมาะสมของค่าตอบสนองโดยใช้โปรแกรมทางสถิติในการสร้าง response surface plot จากการทดลองพบว่าในทุกสภาวะ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ส่วนสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตนํ้านมถั่วเหลือง คือ ต้มที่อุณหภูมิ 92.47 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24.56 นาที และใช้ปริมาณคาราจีแนนเท่ากับร้อยละ 0.041 ซึ่งมีผลทำให้นํ้านมถั่วเหลืองที่ได้มีปริมาณโปรตีนสูง มีความหนืดอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับ และมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูง นอกจากนี้ยังพบว่าค่าตัวแปรตาม (ปริมาณโปรตีน และค่าความหนืด) ที่ทำนายจากสมการมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลอง

**คำสำคัญ:** นํ้านมถั่วเหลือง วิธีพื้นผิวตอบสนอง คาราจีแนน

#### Abstract

The objective of this research was to study the optimum conditions for the production of soy milk by response surface methodology. Box-Behnken Design was utilized to study three factors affecting product quality including temperature, time and amount of carrageenan in soy milk production process. The temperature, time and amount of carrageenan used were 80-100°C, 15-30 min and 0.00-0.08%, respectively. Quality (physical, chemical and microbial) examination and sensory evaluation of the products were performed. Optimum points of the responses were predicted by using a statistical program to generate the response surface plot. From the experiments, it was found that in all conditions, total microorganisms, yeasts and molds were in the safety standards for consumers. The optimum conditions for soy milk production were boiling at 92.47°C for 24.56 minutes and using carrageenan with the amount of 0.041% resulting in soy milk with high protein content, viscosity acceptable to consumers and high overall acceptability. It was also found that the values of dependent variables (protein content and viscosity) predicted by the equation were similar to those obtained from the experiments.

**Keywords:** Soy milk, Response surface methodology, Carrageenan

## 1. บทนำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบเอเชียเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงเป็นแหล่งของสารอาหารและแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิดโดยเฉพาะโปรตีน [1] ซึ่งถั่วเหลืองนับเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่สำคัญ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารพฤกษเคมี (Phytochemicals) ที่สำคัญหลายชนิดที่ให้ประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ กรดฟีนอลิก (Phenolics) สารไอโซฟลาโวน (Isoflavones) แทนนิน (Tannins) และซาโปนิน (Saponins) โดยเฉพาะสารไอโซฟลาโวนที่เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยป้องกันอาการผิดปกติจากภาวะหมดประจำเดือน การเกิดโรคกระดูกพรุน ควบคุมและป้องกันการเกิดโรคหัวใจ รวมทั้งช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล (Cholesterol) ในเลือด เป็นต้น [2] นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองถือเป็นแหล่งทางเลือกทดแทนนมวัว มีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตคุณภาพสูง ซึ่งปราศจากแลคโตส (Lactose) และคอเลสเตอรอล จัดเป็นอาหารมังสวิรัต เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่แพ้นมหรือผู้มีอาการแพ้แลคโตส (Lactose-intolerant) ทั้งนี้ยังอุดมไปด้วยไอโซฟลาโวนอยด์ (Isoflavonoids) ที่ช่วยลดความเสี่ยงของโรคต่าง ๆ เช่น ต่อมลูกหมากและมะเร็งเต้านม โรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคกระดูกพรุน [3] ดังนั้นจึงมีการนำถั่วเหลืองมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เครื่องดื่ม และส่วนประกอบของอาหารที่หลากหลายและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การพัฒนากระบวนการแปรรูปถั่วเหลืองแบบที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก อาทิ นำนมถั่วเหลือง เต้าหู้ แป้งถั่วเหลือง และโปรตีนถั่วเหลือง นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการหมัก เช่น ซีอิ๊ว เต้าหู้ยี้ เต้าเจี้ยว และเทมเป้ เป็นต้น [4]

ที่ผ่านมาจึงมีการใช้เทคนิคพื้นผิวตอบสนอง (Response surface methodology, RSM) ในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นํ้านมถั่วเหลือง ได้แก่ การศึกษาของ Sangsopha et al. [5] ใช้นมถั่วเหลืองในการปรับปรุงคุณภาพของนมวัว โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสม 3 ชนิด คือ ถั่วเหลืองผง ผงใบหม่อนแห้ง และนมสด พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือ ใช้นมถั่วเหลืองผงต่อนํ้าในอัตราส่วน 1:7 ปริมาณร้อยละ 3.9 ผงใบหม่อนแห้ง และนมสด ร้อยละ 4.5 และ 89.80 ตามลำดับ ไซมอลโทเด็กซ์ทริน (Maltodextrin) DE10 ร้อยละ 1 เพื่อเพิ่มความคงตัว ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีโปรตีนและไขมัน ร้อยละ 4.87 และ 4.32 ในขณะที่ dos Santos et al. [6] ได้ใช้เทคนิคนี้ในการพัฒนาเครื่องดื่มนมถั่วเหลืองหมักเสริมอินูลิน (Inulin) พบว่าสภาวะที่

เหมาะสมที่สุดคือ ใช้นํ้านมถั่วเหลืองที่ผ่านการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 9 °Brix ใช้เม็ด Kefir ปริมาณ 4 กรัมต่อนํ้านมถั่วเหลือง 100 มิลลิลิตร ใช้เวลาหมักนาน 12 ชั่วโมง และเติมอินูลิน ร้อยละ 3.5 นอกจากนี้พบการศึกษาของ Oyediji et al. [7] ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตนมถั่วเหลืองที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยการใช้ถั่วเหลืองนอก ในอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้า 1:10 ด้วยเทคนิคพื้นผิวตอบสนอง ศึกษา 2 ปัจจัย คือ เวลาการแช่ (12-24 ชั่วโมง) และเวลาในการรอก (48-96 ชั่วโมง) พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ เวลาในการแช่และเวลาในการรอก 12 และ 52 ชั่วโมง ตามลำดับ และ Yang et al. [8] ได้ศึกษาผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองที่ผ่านการออกจมนํ้าเกลือ และใบในระยะเวลา Cotyledon ที่มีส่วนผสมของ Tofu จากนั้นเข้าสู่กระบวนการย่อยด้วยเซลลูเลส (Cellulase) ร่วมกับการโฮโมจีไนส์ (Homogenization) ที่แรงดันสูง ผ่านการให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส นาน 4 นาที ผลการวิจัยพบว่าปริมาณโปรตีน แคลคิไรด์ทั้งหมด และใยอาหารของนมถั่วเหลืองที่ใบเกลือสูงกว่านมถั่วเหลืองทั่วไป การเพิ่มขึ้นของโปรตีนในระหว่างการให้ความร้อน เนื่องจากการรวมตัวของโปรตีน และปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharides) และพบการเปลี่ยนแปลงในลักษณะทางเคมีกายภาพของนมถั่วเหลือง เช่น การกระจายขนาดอนุภาค ความหนืด การไม่ชอบนํ้าที่พื้นผิว และโปรตีนที่ละลายนํ้าได้ในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน โดยนํ้านมถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม มีโปรตีนและไขมัน ร้อยละ 2.75 และ 2.04 ตามลำดับ และนํ้านมถั่วเหลืองที่พัฒนาได้มีโปรตีนและไขมัน ร้อยละ 4.68 และ 2.22 ตามลำดับ โดยใช้ถั่วเหลืองกับนํ้าในอัตราส่วน 1:4

จากคุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ดังกล่าวทำให้นํ้านมถั่วเหลืองเป็นที่ยอมรับบริโภคมากขึ้น จากปัญหาการผลิตนมถั่วเหลืองในปริมาณมากส่งผลให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ลดลง เกิดลักษณะที่ขึ้นเหนียวเป็นเนื้อวุ้นและแยกชั้น ตลอดจนอายุการเก็บสั้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มนมถั่วเหลือง โดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนองเพื่อหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ เวลา และปริมาณคาราจีแนน (Carrageenan) โดยใช้สมการพหุนามกำลังสอง (Second-order polynomial model) ซึ่งทำให้เห็นจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดของสมการ และสามารถเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตได้ เพื่อรองรับกระบวนการผลิตนํ้านมถั่วเหลืองปริมาณมาก โดยการทดลองนี้ใช้ปริมาณนํ้าถั่วเหลืองในการ

ต้มครั้งละ 85 กิโลกรัมต่อหม้อ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองมีคุณภาพสม่ำเสมอในทุกล็อตการผลิตและมีความคงตัวในระหว่างรอจำหน่ายที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

## 2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

### 2.1. วัตถุดิบและสารเคมี

ถั่วเหลืองตราไร้ทิพย์ จากบักชี อำเภอฟังโคน จังหวัดสกลนคร สารให้ความคงตัว คาราจีแนน จากห้างหุ้นส่วนจำกัด ไอ เค็น โซเอ็นทีฟิค ประเทศไทย

### 2.2. การเตรียมตัวอย่างนํ้านมถั่วเหลือง

ล้างถั่วเหลืองด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง แช่ถั่วเหลืองในน้ำสะอาด 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ปั่นผสมกับน้ำสะอาดตามอัตราส่วน ถั่วเหลืองต่อน้ำ 1:8 ด้วยเครื่องปั่นผสม (Blender) จากนั้นไม่ด้วยเครื่องไม่ถั่วเหลืองให้เนียนละเอียด กรองด้วยผ้าขาวบาง คำนวณและปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS) ด้วยน้ำตาลทราย เพื่อให้ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 12 องศาบริกซ์ ( $^{\circ}\text{Brix}$ )

### 2.3. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลือง

วางแผนการทดลองแบบ Box-Behnken Design (BBD) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ 3 ปัจจัย คือ อุณหภูมิ เวลา และปริมาณคาราจีแนน ในการต้มนมถั่วเหลือง โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการทดลองดังนี้ คือนำนํ้านมถั่วเหลืองที่เตรียมได้มาเติมน้ำตาล ผสมให้เข้ากัน ต้มในหม้อ ต้มนํ้าเต้าหู้ด้วยไอนํ้า (ขนาด 95 ลิตร) รุ่นซูเปอร์ฮีท ที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-30 นาที และคาราจีแนน ร้อยละ 0.00-0.08 โดยระดับของตัวแปร แสดงใน Table 1

สำหรับจำนวนการทดลอง (Number of treatment, N) (Table 2) หาได้จากสมการที่ 1

$$N = 2k(k-1) + C_0 \quad (1)$$

เมื่อ k คือจำนวนปัจจัย และ  $C_0$  คือ จำนวนจุดตรงกลาง (Number of central points) โดยกำหนดให้  $C_0$  เป็น 3

การทดลองนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response surface methodology) กับข้อมูลการทดลอง โดยใช้ Statistical package (Design expert version 13)

เพื่อสร้าง Response surface plot และหาสภาวะที่เหมาะสมของตัวแปร (Optimization of process variable) รวมทั้งเลือกใช้ Second-order polynomial model เพื่อทำนายจุดที่เหมาะสมของค่าตอบสนอง (Optimal point of the responses) โดยที่ Second-order polynomial model แสดงดังสมการที่ 2

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 \quad (2)$$

เมื่อ

y คือค่าตัวแปรตาม หรือค่าสังเกต (Response variable)

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}, \beta_{12}, \beta_{13}$  และ  $\beta_{23}$  คือค่าสัมประสิทธิ์หน้าเทอมต่าง ๆ

$X_1, X_2$  และ  $X_3$  คือตัวแปรอิสระ ได้แก่ อุณหภูมิในการต้มนมถั่วเหลือง ปริมาณคาราจีแนน และเวลาในการต้มนมถั่วเหลือง ตามลำดับ

### 2.4. วิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลือง

วิเคราะห์คุณภาพของนํ้านมถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการต้มและวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของนํ้านมถั่วเหลือง ที่ได้จากสิ่งทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยวิเคราะห์ค่าความหนืดของตัวอย่างโดยใช้เครื่อง Brookfield viscometer (Brookfield Viscometer รุ่น LVDV- II+ P, Brookfield, USA) ใช้ Spindle 61 ความเร็วรอบ 100 รอบต่อวินาที โดยอ่านค่า Torque ที่ร้อยละ 85-100 ใช้ตัวอย่างในการวัด 500 มิลลิลิตร วัดค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index, BI) โดยนำค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  ที่วัดโดยเครื่อง Hunter lab (ColorFlex-EZ, USA) มาคำนวณโดยใช้สมการที่ 3

$$BI = [100 \cdot (X - 0.31)] / 0.172 \quad (3)$$

เมื่อ  $X = (a^* + 1.75 L^*) / (5.645 L^* + a^* - 3.012 b^*)$

ตามวิธีของ Updiskul [9] วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของตัวอย่างนํ้านมถั่วเหลือง โดยวัดค่าพีเอชด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดโดยใช้เครื่องรีแฟรกโทมิเตอร์ (Hand refractometer) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ด้วยเทคนิค Kjeldahl method (AOAC, 2000) [10] และปริมาณไขมัน (AOAC, 2000) [10] วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000) [10]

ยีสต์และรา (AOAC, 2000) [10] การประเมินทางด้าน  
ประสาทสัมผัส โดยใช้การทดสอบชิมแบบ BIB ใช้ผู้ทดสอบชิม

ทั้งหมดจำนวน 16 คน [11] ใช้คะแนนความชอบรวมจาก  
แบบทดสอบ 9-point-Hedonic scale

**Table 1** Variables and levels of variables used in the production of soy milk

| Independent variable | Code           | Level |      |      |
|----------------------|----------------|-------|------|------|
|                      |                | -1    | 0    | +1   |
| Temperature          | X <sub>1</sub> | 80    | 90   | 100  |
| Carrageenan          | X <sub>2</sub> | 0.00  | 0.04 | 0.08 |
| Time                 | X <sub>3</sub> | 15    | 22.5 | 30   |

**Table 2** Total treatment of Box-Behnken Design (BBD) and RSM analysis

| Treatment | Code                            |                                 |                          |
|-----------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
|           | X <sub>1</sub><br>(Temperature) | X <sub>2</sub><br>(Carrageenan) | X <sub>3</sub><br>(Time) |
| 1         | 80 (-1)                         | 0.00 (-1)                       | 15 (-1)                  |
| 2         | 100 (+1)                        | 0.00 (-1)                       | 15 (-1)                  |
| 3         | 80 (-1)                         | 0.08 (+1)                       | 30 (+1)                  |
| 4         | 100 (+1)                        | 0.08 (+1)                       | 30 (+1)                  |
| 5         | 90 (0)                          | 0.00 (-1)                       | 15 (-1)                  |
| 6         | 90 (0)                          | 0.00 (-1)                       | 15 (-1)                  |
| 7         | 90 (0)                          | 0.08 (+1)                       | 30 (+1)                  |
| 8         | 90 (0)                          | 0.08 (+1)                       | 30 (+1)                  |
| 9         | 80 (-1)                         | 0.04 (0)                        | 22.5 (0)                 |
| 10        | 80 (-1)                         | 0.04 (0)                        | 22.5 (0)                 |
| 11        | 100 (+1)                        | 0.04 (0)                        | 22.5 (0)                 |
| 12        | 100 (+1)                        | 0.04 (0)                        | 22.5 (0)                 |
| 13        | 90 (0)                          | 0.04 (0)                        | 22.5 (0)                 |
| 14        | 90 (0)                          | 0.04 (0)                        | 22.5 (0)                 |
| 15        | 90 (0)                          | 0.04 (0)                        | 22.5 (0)                 |

### 3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

#### 3.1. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลือง

นํ้านมถั่วเหลืองที่เตรียมได้จากข้อ 2.2 ที่ยังไม่ผ่านการ  
ต้มให้ความร้อน มีปริมาณโปรตีน ไขมัน ร้อยละ 4.40 และ 3.83

ให้ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (BI) ความหนืด และค่า pH เท่ากับ  
16.44, 6.00 cPs และ 6.73 ตามลำดับ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์  
เริ่มต้นในปริมาณที่สูงถึง  $3.00 \times 10^3$  CFU/g ในขณะที่มี  
ปริมาณยีสต์และรำน้อยกว่า 10 CFU/g ดังแสดงใน Table 3

**Table 3** Physicochemical characteristics of unboiled soy milk

| Physicochemical characteristics | Quantity           |
|---------------------------------|--------------------|
| Protein (%)                     | 4.40               |
| Fat (%)                         | 3.51               |
| Browning index (BI)             | 16.44              |
| Viscosity (cPs)                 | 6.00               |
| Acidity (pH)                    | 6.73               |
| Total viable count (CFU/g)      | $3.00 \times 10^3$ |
| Total yeast and mold (CFU/g)    | <10                |

อย่างไรก็ตามเมื่อให้ความร้อนนํ้านมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกันพบว่าให้ค่าคุณภาพดังแสดงใน Table 4 พบว่านมถั่วเหลืองที่ผ่านการให้ความร้อนมีโปรตีนและไขมันอยู่ในช่วง ร้อยละ 3.22-3.91 และ 0.12-3.27 โดยให้ผลการทดลองใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Tang [12] ซึ่งได้ศึกษามบัตินทางเคมีกายภาพของนํ้านมถั่วเหลืองจากถั่วเหลือง 5 สายพันธุ์ได้แก่ KB10-23#1681, KB10-5#1137, KB10-25#1235, KB09-5(2) #15 และ 534545 โดยแช่เมล็ดถั่วเหลืองในน้ำที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 18 ชั่วโมง ทำให้สะเด็ดน้ำแล้วนำถั่วเหลืองที่ได้ไปบดกับน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 9 ด้วยเครื่องผลิตนมถั่วเหลือง กรองแยกกาก ต้มนํ้านมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที พบว่าในนํ้านมถั่วเหลืองจากถั่วเหลืองทั้ง 5 สายพันธุ์ มีปริมาณโปรตีนและไขมันเฉลี่ยอยู่ในช่วง ร้อยละ 3.55-3.96 และ 2.09-2.14 โดยน้ำหนักเปียก ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า Akkarachaneeyakorn et al. [13] ทำการทดลองโดยแช่ถั่วเหลืองในน้ำ พักให้สะเด็ดน้ำ ลวกด้วยน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิพอกซีจีเนส (Lipoxygenase) จากนั้นปั่นผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 10 (ถั่วเหลือง 1 กิโลกรัมต่อนํ้า 10 ลิตร) กรองแยกกาก ต้มนํ้านมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที พร้อมทั้งคนตลอดเวลา นํ้านมถั่วเหลืองที่ได้มีปริมาณโปรตีนและไขมันเฉลี่ยร้อยละ 3.83 และ 1.73 จากการทดลองในข้างต้น ปริมาณโปรตีน และไขมันที่ได้เป็นไปตามประกาศมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่อง นํ้านมถั่วเหลือง ฉบับที่ 529 พ.ศ. 2558 (มพช 529/2558) ซึ่งกำหนดให้นํ้านมถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีน และไขมันไม่น้อยกว่า ร้อยละ 2 และ 1 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ [14]

นอกจากนี้จากการวิจัยครั้งนี้พบว่าเมื่อให้ความร้อนนํ้านมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกันให้ค่า BI

ความหนืด และ pH อยู่ในช่วง 23.28-26.35, 5.48-60.2 cPs และ 6.7-6.94 ตามลำดับ และผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบรวม อยู่ในช่วง 5-8.2 คะแนน (รู้สึกเฉย ๆ - ชอบมาก) โดยพบว่านํ้านมถั่วเหลืองในการทดลองนี้ให้ค่าโปรตีนสูงกว่าการทดลองของ Suphamityotin [15] ทั้งนี้อาจเกิดจากความแตกต่างของวิธีการผลิตและอัตราส่วนผสม โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของนมถั่วเหลืองที่มีส่วนผสมของถั่วเหลือง ได้แก่ อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของเอนไซม์พบว่า ให้โปรตีนร้อยละ 1.59 ในขณะที่ให้ปริมาณไขมันใกล้เคียง คือ ร้อยละ 1.14 นอกจากนี้พบว่าจากการศึกษาครั้งนี้ให้ค่า pH และค่าความหนืดมีความใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Bai et al. [16] ซึ่งได้ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองที่มีความคงตัวในเชิงการค้า ให้ค่า pH และความหนืดอยู่ในช่วง 6.41-7.34 และ 16.5-26.4 cPs นอกจากนี้พบว่านํ้านมถั่วเหลืองทั้ง 15 สิ่งทดลองมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด  $1.48 \times 10^3 - 4 \times 10^3$  CFU/g และไม่พบปริมาณยีสต์และราในทุกสิ่งทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Rattanachak et al. [17] ที่ได้ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของซูคราโลส (Sucralose) และปลายข้าวหอมนิลในผลิตภัณฑ์นํ้าเต้าหู้ โดยใช้นํ้าเต้าหู้สูตรควบคุม (เติมนํ้าตาลซูโครส) และนํ้าเต้าหู้สูตรที่มีการปรับระดับนํ้าตาลซูคราโลส ร้อยละ 0.08, 0.17 และ 0.33 พบว่าผลิตภัณฑ์นํ้าเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมนิล ร้อยละ 5 เป็นสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด จากนั้นนำสูตรดังกล่าวไปวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โดยตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด  $6 \times 10^3$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร และไม่พบการเจริญของยีสต์และราในผลิตภัณฑ์นํ้าเต้าหู้ เป็นไปตามประกาศมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่อง นํ้านมถั่วเหลือง ฉบับที่ 529 พ.ศ. 2558 (มพช 529/2558) ซึ่งกำหนดเกณฑ์มาตรฐานไว้ว่า นํ้านมถั่วเหลืองพาสเจอร์ไรซ์ต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total viable count) ไม่เกิน

$1 \times 10^4$  CFU/g และปริมาณยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร [14] ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า น้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมได้จากทุกสภาวะการทดลองใน

งานวิจัยครั้งนี้มีความปลอดภัยในด้านจุลินทรีย์รวมถึงสภาวะที่ดีที่สุดที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Design Expert 13

**Table 4** Chemical and physical characteristics and sensory score of soy milk treatments

| Treatment | Protein (%) | Fat (%)   | BI         | Viscosity (cPs) | pH        | Yeast and mold content (CFU/g) | Total viable count (CFU/g) | Overall acceptability (score) |
|-----------|-------------|-----------|------------|-----------------|-----------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 1         | 3.39±0.19   | 0.59±0.79 | 23.92±0.01 | 7.09±0.00       | 6.83±0.00 | ND                             | $3.21 \times 10^3$         | 6.00±1.00                     |
| 2         | 3.54±0.29   | 0.48±0.29 | 25.08±0.05 | 8.35±0.30       | 6.87±0.01 | ND                             | $2.00 \times 10^3$         | 6.60±1.20                     |
| 3         | 3.36±0.59   | 0.12±0.77 | 25.07±0.04 | 53.71±0.29      | 6.80±0.00 | ND                             | $4.00 \times 10^3$         | 5.20±0.99                     |
| 4         | 3.71±0.34   | 0.95±0.99 | 24.81±0.39 | 55.80±0.22      | 6.75±0.00 | ND                             | $1.48 \times 10^3$         | 5.00±0.98                     |
| 5         | 3.51±0.51   | 1.39±0.64 | 23.28±0.19 | 5.48±0.12       | 6.74±0.00 | ND                             | $4.00 \times 10^3$         | 6.25±0.99                     |
| 6         | 3.77±0.20   | 2.53±0.89 | 23.55±0.08 | 6.65±0.21       | 6.81±0.01 | ND                             | $2.10 \times 10^3$         | 6.80±1.00                     |
| 7         | 3.61±0.39   | 1.76±0.53 | 23.98±0.00 | 58.20±0.23      | 6.80±0.00 | ND                             | $2.48 \times 10^3$         | 5.40±1.09                     |
| 8         | 3.77±0.49   | 0.89±0.49 | 24.82±0.00 | 60.20±0.43      | 6.79±0.00 | ND                             | $3.04 \times 10^3$         | 5.20±1.10                     |
| 9         | 3.22±0.44   | 2.24±0.75 | 23.79±0.02 | 15.10±0.33      | 6.94±0.01 | ND                             | $3.48 \times 10^3$         | 6.80±0.99                     |
| 10        | 3.52±0.05   | 3.27±0.68 | 24.49±0.04 | 13.10±0.05      | 6.86±0.00 | ND                             | $2.58 \times 10^3$         | 7.00±0.98                     |
| 11        | 3.67±0.16   | 1.93±0.96 | 24.46±0.05 | 11.40±0.08      | 6.80±0.00 | ND                             | $3.89 \times 10^3$         | 6.20±0.99                     |
| 12        | 3.86±0.09   | 1.38±0.27 | 26.35±0.00 | 12.60±0.32      | 6.78±0.00 | ND                             | $2.98 \times 10^3$         | 6.80±1.11                     |
| 13        | 3.84±0.00   | 2.33±0.93 | 24.53±0.03 | 22.90±0.45      | 6.78±0.00 | ND                             | $3.76 \times 10^3$         | 8.20±1.02                     |
| 14        | 3.87±0.08   | 2.29±0.68 | 24.94±0.09 | 22.30±0.29      | 6.70±0.01 | ND                             | $3.85 \times 10^3$         | 8.00±0.98                     |
| 15        | 3.91±0.37   | 2.29±0.19 | 25.35±0.09 | 23.50±0.59      | 6.73±0.00 | ND                             | $3.89 \times 10^3$         | 7.80±1.07                     |

ND = not detected;

Total microorganisms, yeasts and molds are in the safety standards for consumers.

จากการทดลองครั้งนี้ให้ผลการวิเคราะห์ความถดถอย ดังแสดงใน Table 5 และสมการ Second-order polynomial ที่มีค่า  $p < 0.05$  ได้แก่ โปรตีน ความหนืด และคะแนนความชอบรวม โดยสามารถสร้างสมการเต็มรูปแบบที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ปริมาณการจี้เนน และเวลา ในการต้มน้ำนมถั่วเหลืองต่อร้อยละโปรตีน ความหนืด และ

คะแนนความชอบรวม ดังแสดงในสมการที่ 4, 5 และ 6 ตามลำดับ

$$\begin{aligned} \text{Protein} = & -14.29 + 0.34 (X_1) + 0.39 (X_2) + 0.14 (X_3) \\ & + 0.13 (X_1X_2) - 0.000319 (X_1X_3) - 0.165778 (X_2X_3) - \\ & 0.001820 (X_1^2) - 87.74419 (X_2^2) - 0.002012 (X_3^2) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{Viscosity} = -252.07 + 4.90 (X_1) - 270.50 (X_2) + 3.97 (X_3) + 0.51 (X_1X_2) + 0.01 (X_1X_3) + 3.12 (X_2X_3) - 0.028 (X_1^2) + 9883.53 (X_2^2) - 0.11 (X_3^2) \quad (5)$$

$$\text{Overall acceptability} = -38.7 + 0.83 (X_1) + 134.02 (X_2) + 0.58 (X_3) - 0.050 (X_1X_2) + 0.001(X_1X_3) - 1.08 (X_2X_3) - 0.004 (X_1^2) - 955.30 (X_2^2) - 0.01 (X_3^2) \quad (6)$$

และสมการ Second-order polynomial แสดงเฉพาะเทอมที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังสมการที่ 7, 8 และ 9

$$\text{Protein} = -14.29 + 0.34 (X_1) + 0.14 (X_3) - 0.001820(X_1^2) \quad (7)$$

$$\text{Viscosity} = -252.07 - 270.50(X_2) + 9883.53(X_2^2) \quad (8)$$

$$\text{Overall acceptability} = -38.7 - 955.30 (X_2^2) - 0.01 (X_3^2) \quad (9)$$

โดยสมการที่ 7, 8 และ 9 มีค่า Lack of Fit เท่ากับ 0.0994, 0.0046 และ 0.0965 ตามลำดับ ให้ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9304, 0.9615 และ 0.9162 ตามลำดับ ทั้งนี้ให้ค่า p-value เท่ากับ 0.0199, 0.0047 และ 0.0305 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.05 ทำให้สมการที่ได้มีความแตกต่างทางสถิติ (Significant) เหมาะสมสำหรับการใช้เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิในการต้ม ปริมาณการจี้เนน และเวลาในการต้ม

**Table 5** Analysis of variance of response variables

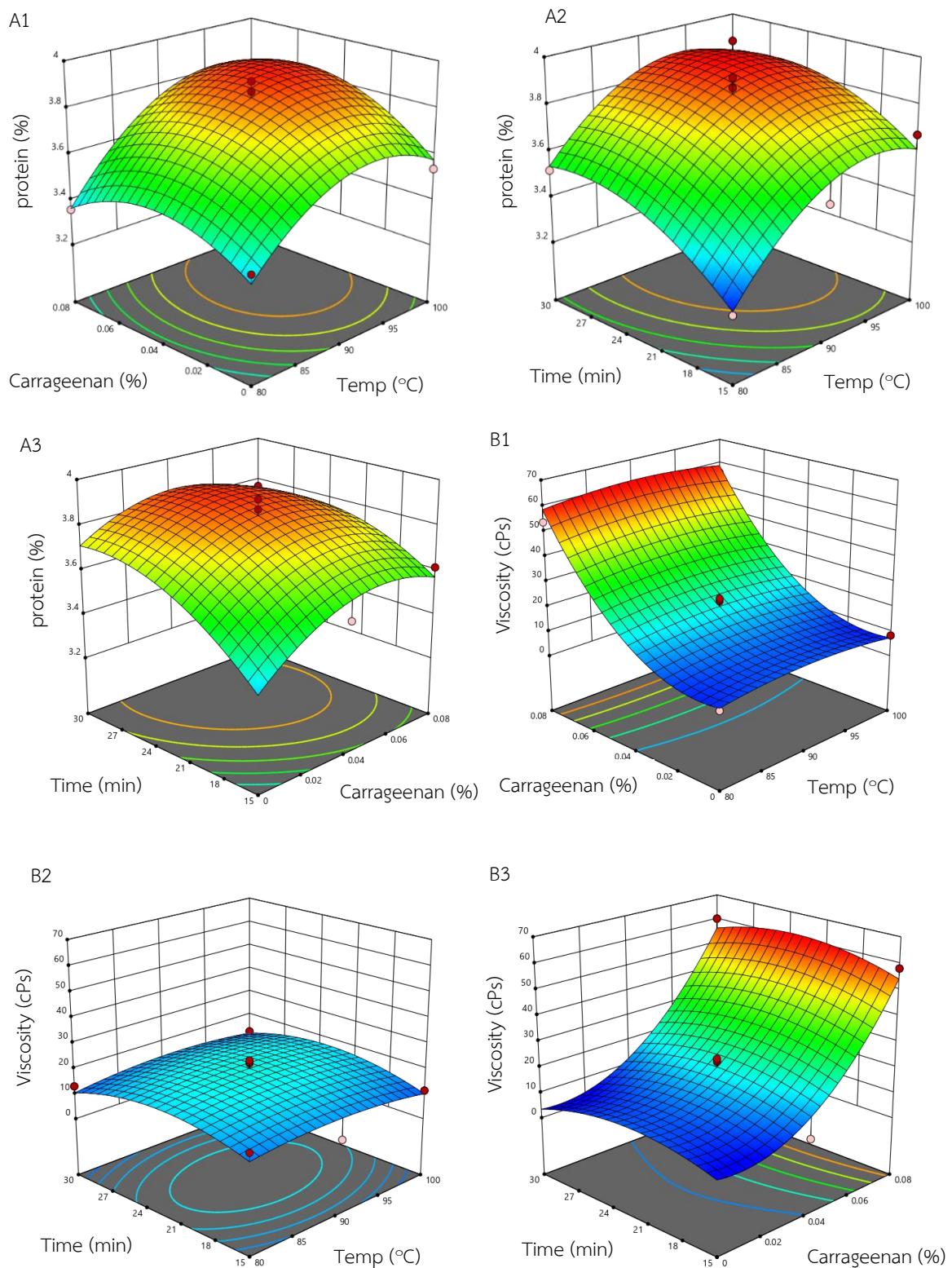
| Response variable              | $R^2$  | p-value | Lack of Fit |
|--------------------------------|--------|---------|-------------|
| Protein* (%)                   | 0.9304 | 0.0199  | 0.0995      |
| Fat (%)                        | 0.8328 | 0.1374  | 0.0010      |
| BI                             | 0.7032 | 0.3996  | 0.1892      |
| Viscosity* (cPs)               | 0.9615 | 0.0049  | 0.0047      |
| Acidity (pH)                   | 0.7190 | 0.3649  | 0.3218      |
| Total viable count (CFU/g)     | 0.6655 | 0.4820  | 0.0042      |
| Overall acceptability* (score) | 0.9162 | 0.0305  | 0.0965      |

\* = Significant ( $p < 0.05$ )

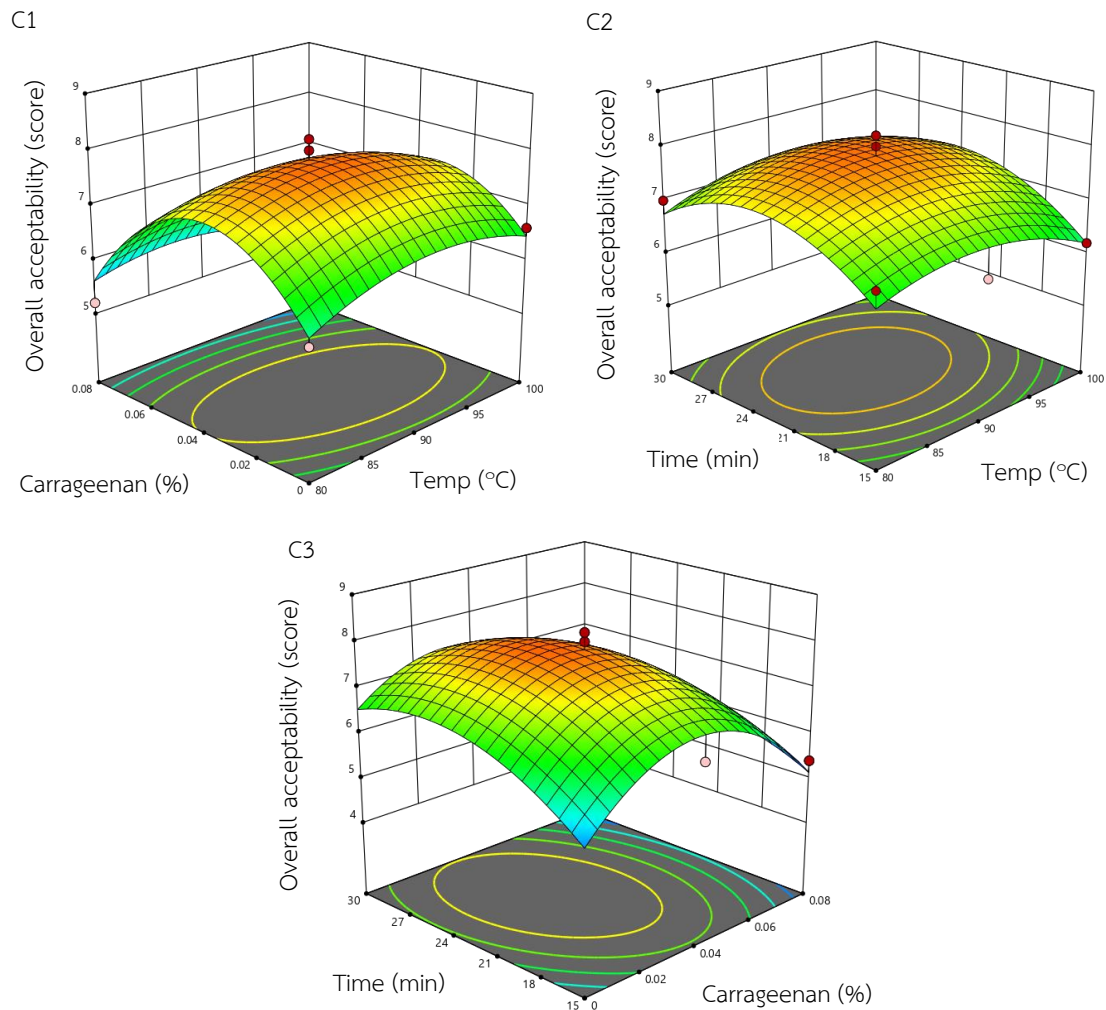
จากสมการ Second-order polynomial ในเทอมที่มีนัยสำคัญทางสถิติ นำมาสร้างกราฟพื้นที่ผิวตอบสนองได้ดังแสดงใน Figure 1 โดยพบว่า การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส นาน 15-22.5 นาที มีผลทำให้ปริมาณร้อยละของโปรตีนเพิ่มสูงขึ้น และสามารถทำลายทริปซินอินฮิบิเตอร์ (Trypsin inhibitor) ที่เป็นสารต้านคุณค่าทางอาหาร แต่ในขณะเดียวกันการใช้ความร้อนสูง และเวลานานส่งผลให้โปรตีนถูกสลายให้อยู่ในรูปของกรดอะมิโน [18] การใช้คาราจีแนนในช่วงร้อยละ 0.039-0.042 มีผลทำให้ปริมาณร้อยละของโปรตีนเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากหมู่ซัลเฟต (Sulphate group) ในโมเลกุลของคาราจีแนนทำปฏิกิริยากับหมู่ที่มีประจุในโมเลกุลของโปรตีน และสามารถยับยั้งการแยกส่วนของโปรตีนในนมถั่วเหลืองจากส่วนประกอบที่เป็นโพลีแซคคาไรด์ได้ [19]

เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 80-100 องศาเซลเซียส และปริมาณคาราจีแนนเพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 0.00-0.08 มีผลทำให้ความหนืดของนํ้าถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้การให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส และการใช้ปริมาณคาราจีแนนในช่วงร้อยละ 0.039-0.042 มีผลทำให้คะแนนความชอบรวมเพิ่มสูงขึ้น แต่หากใช้อุณหภูมิและปริมาณคาราจีแนนนอกช่วงดังกล่าวจะมีผลทำให้คะแนนความชอบรวมมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้จาก Figure 1 พบว่าเวลาในการต้มนํ้าถั่วเหลืองที่ให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส และการใช้คาราจีแนนในช่วงร้อยละ 0.039-0.042 ส่งผลต่อคะแนนความชอบรวมเช่นกัน



**Figure 1** Response surface plots of temperature ( $X_1$ ), carrageenan ( $X_2$ ) and boiling time ( $X_3$ ) for protein content (A), viscosity (B) and overall acceptability score (C)



**Figure 1** Response surface plots of temperature ( $X_1$ ), carrageenan ( $X_2$ ) and boiling time ( $X_3$ ) for protein content (A), viscosity (B) and overall acceptability score (C) (continued)

จากการศึกษาครั้งนี้ให้สมการ Second-order polynomial ที่มีค่า  $p < 0.05$  ได้แก่ โปรตีน ความหนืด และ คະแนนความชอบรวม ซึ่งบ่งชี้ว่าสมการที่ได้ significant แสดงว่าสมการมีความเหมาะสมในการอธิบายค่าความแปรปรวนที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ ปริมาณการเจียน และเวลาในการต้มน้ำนมถั่วเหลือง ดังนั้นสามารถนำสภาวะที่ได้จากการทำนายมาทำการทดลองจริง เพื่อทดสอบความแม่นยำของสมการ ทั้งนี้พบว่าสมการที่ได้จากการทำนายค่าตอบสนอง (โปรตีน ความหนืด และความชอบรวม) ให้ค่า  $R^2$  สูงอยู่ในช่วง 0.91-0.96 ดังแสดงใน Table 5

### 3.2. สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

จาก Figure 2 แสดงถึงช่วงการซ้อนทับ (Overlay plot) ของอุณหภูมิ และปริมาณการเจียน และเวลาการต้มน้ำนมถั่วเหลือง เพื่อใช้พิจารณาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง โดยสภาวะที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้คือสภาวะที่ส่งผลให้น้ำนมถั่วเหลืองมีปริมาณร้อยละของโปรตีนสูงและให้ค่าความหนืดที่ผู้บริโภคยอมรับ ซึ่งอยู่ในช่วง 20-30 cPs รวมทั้งมีคะแนนความชอบรวมสูง

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (Design expert version 13) พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำนม

ถั่วเหลือง คือ ต้มน้ำนมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 92.47 องศาเซลเซียส ใช้คาราจีแนนร้อยละ 0.041 และเวลาในต้มน้ำนมถั่วเหลือง 24.56 นาที เมื่อนำสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำนมถั่วดังกล่าวไปทำนายค่าปริมาณโปรตีนและความหนืด ด้วยสมการเติมรูปแบบสมการที่ (3) และ (4) พบว่า มีปริมาณโปรตีนและความหนืด เท่ากับ ร้อยละ 3.90 และ 20.00 cPs และนำสภาวะดังกล่าวไปทดลองผลิตน้ำนมถั่วเหลืองจริง พบว่าน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้มีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 3.65 และค่าความหนืด 30.00 cPs สามารถนำมาคำนวณค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยสัมพัทธ์ (%MRD) ระหว่างค่าที่ทำนายได้จากสมการกับค่าที่วัดได้จริงจากการทดลอง พบว่าค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยสัมพัทธ์ของโปรตีนและความหนืด (cPs) เท่ากับ ร้อยละ 6.85 และ 9.71 แสดงให้เห็นว่าสมการที่ (6) และ (7) เป็นสมการที่ significant ของค่าร้อยละโปรตีนและความหนืด สามารถทำนายผลของอุณหภูมิ ปริมาณคาราจีแนน และเวลาในการต้มน้ำนมถั่วเหลืองต่อค่าร้อยละของโปรตีนและค่าความหนืดได้อย่างแม่นยำ

#### 4. บทสรุป

สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง โดยใช้ถั่วเหลืองต่อน้ำในอัตราส่วน 1:8 (กิโลกรัม/ลิตร) ต้มด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 92.47 องศาเซลเซียส เติมน้ำคาราจีแนนร้อยละ 0.041 และใช้เวลาต้มนาน 24.56 นาที เป็นสภาวะการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองที่มีร้อยละของโปรตีนสูง มีค่าความหนืดที่ผู้บริโภคยอมรับ และผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบรวมสูงในระดับชอบมาก

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การอาหาร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ เป็นอย่างดี

#### 6. References

[1] Saah, N., Chedoloh, R. and Adair, A. 2015. Production and properties of fish crackers substituted with soybean meal. *Journal Development of Community and Life Quality*. 3(3): 351-359. (in Thai)

[2] Pichairat, D. and Mahae, N. 2017. Effect of fish meat substitution with soybean meal in Palaw Keropok. *Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal*. 9(2): 197-211. (in Thai)

[3] Verma, V., Chauhan, O.P. and Nanjappa, C. 2019. Optimization process for the development of soymilk-based strawberry rts beverages. *Plant Archives*. 19(Special): 972-5210.

[4] Qin, P., Wang, T. and Luo, Y. 2022. A review on plant-based proteins from soybean: Health benefits and soy product development. *Journal of Agriculture and Food Research*. 7: 100265.

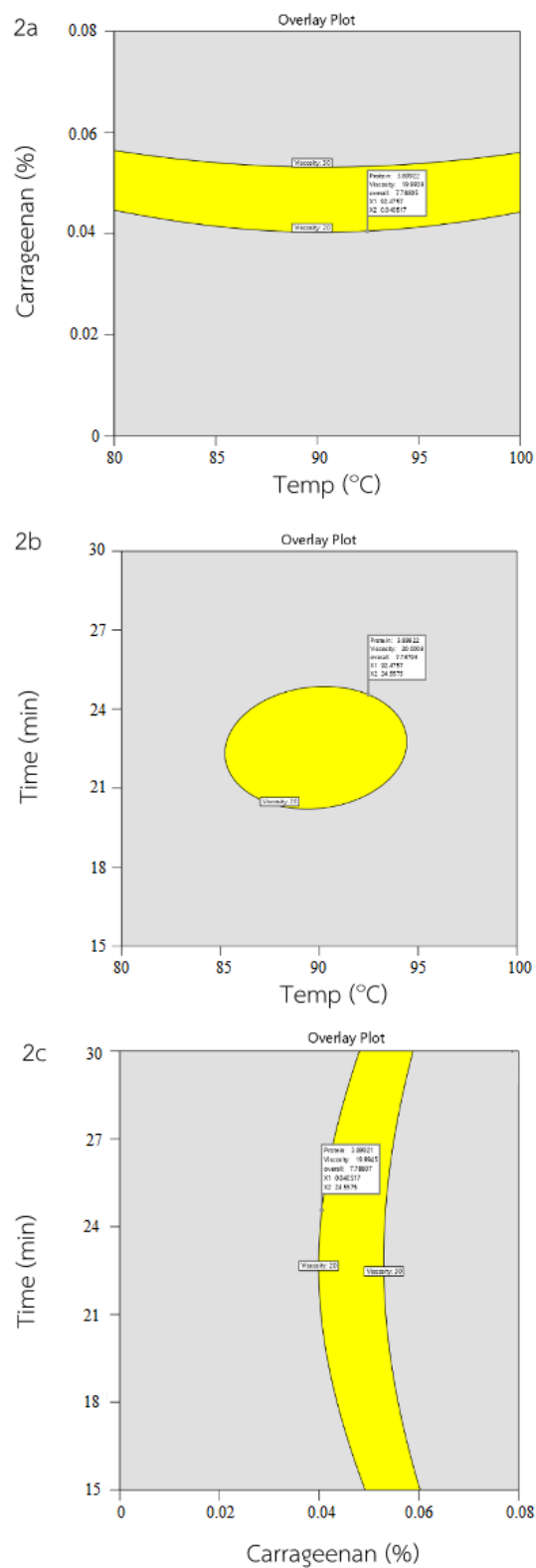
[5] Sangsopha, J. and et al. 2019. Optimization of pasteurized milk with soymilk powder and mulberry leaf tea based on melatonin, bioactive compounds and antioxidant activity using response surface methodology. *Heliyon*. 5(11): e02939.

[6] dos Santos, D.C. and et al. 2019. Optimization of soymilk fermentation with kefir and the addition of inulin: Physicochemical, sensory, and technological characteristics. *LWT-Food Science and Technology*. 104: 30-37.

[7] Oyediji, A.B., Mellemand, J.J. and Ijabadeniyi, O.A. 2018. Improvement of some quality attributes of soymilk through optimization of selected soybean sprouting parameters using response surface methodology. *CyTA-Journal of Food*. 16(1): 230-237.

[8] Yang, Y. and et al. 2020. Effect of the heating process on the physicochemical characteristics and nutritional properties of whole cotyledon soymilk and tofu. *RSC Advances*. 10: 40625-40636.

[9] Updskul, S. 1994. *Experimental Design*. 2<sup>nd</sup> edition. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)



**Figure 2** Overlay plots for optimum conditions

2a (% carrageenan vs temperature), 2b (boiling time vs temperature) and 2c (boiling time vs % carrageenan)

- [10] Association Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. **Official Method of Analysis of AOAC International**. 17<sup>th</sup> edition. Gaithersburg, MD: AOAC International.
- [11] Chaiyarit, M., Techawongstien, S. and Nampila, R. 2018. Effect of peeling and citric acid on quality of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Kaentawan #2 during storage. **Khon Kaen Agriculture Journal**. 46(6): 1115-1122. (*in Thai*)
- [12] Tang, J. 2013. **Physicochemical and Sensory Properties of Soymilk from Five Soybean Lines**. M.Sc. Thesis, University of Missouri-Columbia.
- [13] Akkarachaneeyakorn, S., Nititanatorn, S. and Likhitanichakul, S. 2021. Effect of soybean preparation methods on physicochemical and sensory properties of soy milk and effect of drying temperatures and maltodextrin concentrations on quality of spray-dried soy milk powder. **The Journal of Applied Science**. 20(1): 137-153. (*in Thai*)
- [14] Thai Industrial Standards Institute, Ministry of Industry. 2015. **Thai Community Product Standard: Soy Bean Milk (TCPS. 529/2015)**. Bangkok: Thai Industrial Standards Institute, Ministry of Industry. (*in Thai*)
- [15] Suphamityotin, P. 2011. Optimizing enzymatic extraction of cereal milk using response surface methodology. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**. 33(4): 389-395.
- [16] Bai, Y., Wilson, L.A. and Glatz, B.A. 1998. Quality of commercial shelf-stable soymilk products. **Journal of Food Protection**. 61(9): 1161-1164.
- [17] Rattanachak, N. and et al. 2019. Development of healthy soy milk product by using sucralose and Hom Nin broken rice. **The Science Journal of Phetchaburi Rajabhat University**. 16(2): 49-59. (*in Thai*)
- [18] Taew-Teing, S. 2009. **Soy Milk Product Mixed with Carrot Juice**. M.Ed. Thesis, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (*in Thai*)
- [19] Phoonphun, S. 2004. **Effect of Gelling Agents on Quality Attributes of Strawberry Flavoured Milk Jelly Drink**. M.Sc. Thesis, Silpakorn University. (*in Thai*)