การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแคลเซียมผงจากก้างปลานิล โดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง

Optimization of Calcium Powder Production from Tilapia Fish Bones Using Response Surface Methodology

ขนิษฐา หวังดี[1*] กรรณิการ์ พุ่มทอง[2] และอนุชตรา วรรณเสวก[3]
Kanitta Wangdee[1*] Ganniga Pumthong[2] and Anuttra Wunnasaweg[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตแคลเซียมจากก้างปลานิลที่เหมาะสมโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตแคลเซียมผงจากก้างปลานิลซึ่งเป็นเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปอาหารและอุตสาหกรรมอาหารที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณแคลเซียมมากที่สุด ออกแบบการทดลองด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบ Box-Behnken design 3 ปัจจัย 3 ระดับ จำนวน 17 ทรีตเมนต์ ซึ่งปัจจัยที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH (1.0-2.0 เปอร์เซ็นต์) (X_1) อุณหภูมิการสกัด (100-120 องศาเซลเซียส) (X_2) และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด (30-60 นาที) (X_3) โดยกระบวนการสกัดดำเนินการด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) ซึ่งตัวแปรตามของการศึกษา คือ ปริมาณแคลเซียม (mg/g) และวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมด้วยวิธี RSM พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณแคลเซียม (mg/g) คือ โมเดลเชิงเส้นตรง (อุณหภูมิ: X_2) ซึ่งมีอิทธิพลต่อค่าสังเกตในเชิงบวก และโมเดลกำลังสอง (X_1^2 , X_3^2 , X_3^2) ซึ่งมีอิทธิพลต่อค่าสังเกตในเชิงลบ และปัจจัยด้านอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย X_1 X_2 (อุณหภูมิและความเข้มข้นของสารละลาย NaOH) มีอิทธิพลต่อค่าสังเกตในเชิงบวก ได้สมการในการสกัดที่มีค่า R^2 เท่ากับ 0.948 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 1 แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำและน่าเชื่อถือของสมการ และ ปริมาณแคลเซียม (mg/g) ที่พยากรณ์ได้ คือ 19.37 mg/g เมื่อทำการทวนสอบ (Validation) สภาวะการผลิตโดยทำการปรับระดับสภาวะการผลิตเพื่อให้สามารถผลิตได้จริง คือ NaOH 1.62 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิการสกัด 112.50 องศาเซลเซียส นาน 45.15 นาที ได้แคลเซียมผงจากก้างปลานิล มีปริมาณแคลเซียม ประมาณ 19.10 mg/g

คำสำคัญ: ก้างปลานิล ผงแคลเซียม พื้นผิวตอบสนอง สภาวะที่เหมาะสม

Received: 15 September 2022; Accepted: 12 December 2022

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 34000
[1] Program in Food Technology, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon ratchathani province. 34000
[2] สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย คณะแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี 34000
[2] Program in Thai Traditional Medicine, Faculty of Thai Traditional and Alternative Medicine, Ubon Ratchathani Rajabhat University
[3] โรงพยาบาลมะเร็งอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี 34000
[3] Ubon Ratchathani Cancer Hospital, Ubon Ratchathani 34000
* Corresponding author: kanitta.wa21@gmail.com

Abstract

The aim of this study was to investigate the optimization of calcium powder production from tilapia fish bones. There are three factors and 3 levels for Box-Behnken design experiment for 17 treatments. The factors consisting of NaOH concentration (1.0-2.0%) (X_1), extraction temperature (100-120 °C) (X_2) and extraction time (30-60 minutes) (X_3) were determined. The influence of three independent variables towards Calcium content (mg) was reported through the significant ($p \leq 0.05$) coefficient of the second-order polynomial regression equation. The effect of extraction temperature (X_2) was significant ($p \leq 0.05$) in first-order linear effect (X_2), second-order quadratic effect (X_1^2, X_3^2, X_3^2) and interactive effect ($X_1 X_2$). The optimal condition of calcium powder production was 1.62% of NaOH, 112.50 °C extraction temperature and 45.15 minutes of extraction time, which gave the highest calcium about 19.10 mg/g. The regression coefficient ($R^2 = 0.948$) indicated a good fit between the experimental and predicted yield data. An R^2 value closer to one denotes a better correlation. Validation of the production conditions by adjusting to be able to produce actual NaOH 1.62 percent, extraction temperature 112.50 °C, for 45.15 minutes, the highest calcium powder extraction from tilapia fish bones was 19.10 mg/g.

Keywords: Tilapia fish bones, calcium powder, Response surface methodology, optimization

บทนำ

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลาที่เพาะเลี้ยงง่าย เป็นปลาที่มีถิ่นกำเนิดในแถบแอฟริกา อเมริกากลางและตอนใต้ ปัจจุบันได้รับความนิยมและนำมาเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในเอเชีย เจริญเติบโตเร็ว และสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี รวมถึงเป็นปลาที่มีรสชาติดี ได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งภายในและภายนอกประเทศ (นฤชยา, 2553) ดังนั้นปลานิลจึงมีการเพาะเลี้ยงเป็นจำนวนมากในประเทศไทย และอีกหลายประเทศ เช่น จีน เม็กซิโก และประเทศ ในแถบอเมริกาใต้ เป็นต้น พบว่าปลานิลเป็นสัตว์น้ำจืดที่จับได้มากที่สุดในประเทศไทย (กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, 2562) ซึ่งเป็นปลานิลที่บริโภคภายในประเทศสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และส่งออก 20 เปอร์เซ็นต์ โดยประเทศที่มี การส่งออกเป็นหลัก คือ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และกลุ่มสหภาพยุโรป ซึ่งมีการส่งออกปลานิลไปขายใน ต่างประเทศในรูปแบบยังมีชีวิต แช่แข็งทั้งตัวและแปรรูปก่อนการแช่แข็ง โดยเฉพาะกระบวนการแปรรูปปลานิลก่อนการส่งออกทำให้เกิดเศษเหลือจากกระบวนการผลิต ได้แก่ หัว ก้าง ไส้ หนังและเกล็ดปลา คิดเป็น 33, 16, 8 และ7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปลาทั้งตัว ตามลำดับ (ภัทวรินทร์, 2561) เศษเหลือจากกระบวนการผลิตมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 40-60 ขึ้นอยู่กับกระบวนการแปรรูป ส่วนมากอุตสาหกรรมมักนำเศษเหลือไปผลิตเป็นปลาป่น แล้วนำไปผสม ในอาหารสัตว์ หรือผลิตเป็นปุ๋ย ซึ่งเป็นการใช้ประโยชนอย่างไม่คุ้มค่า เนื่องจากเศษเหลือเหล่านี้ เป็นแหล่งโปรตีน แร่ธาตุ และสารอาหารอื่น ๆ ในปริมาณสูง จึงได้มีการศึกษาแนวทางในการพัฒนาเศษเหลือเป็นผลิตภัณฑ์มากมาย เพื่อนำมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า และช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่เศษเหลือเหล่านี้

การนำเศษเหลือมาใช้ประโยชน ได้แก่ การสกัดคอลลาเจนจากหนังปลานิล (ปวเรศวร์ และ นลินรัตน์, 2558) ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารแคลเซียมจากก้างปลานิลบรรจุแคปซูล โดยการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 90 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที (กิดาการ, 2553) นอกจากนี้ยังมการผลิตเจลาติน

และคอลลาเจนไฮโดรไลเซทจากหนังปลานิล แคลเซียมไคตินและ ไคโตซานจากเกล็ดปลานิล มีการล้างวัตถุดิบด้วยโซเดียมคลอไรด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ กรดซัลฟิวริก และกรดซิตริก ตามลำดับ เพื่อกำจัดกลิ่นคาวของวัตถุดิบ (ภัทวรินทร์, 2561) และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ บราวนี่กรอบเสริมด้วยผงไบโอแคลเซียมจากเศษกางปลาทูน่า (ภาวิตา และคณะ, 2563)

ในปัจจุบันได้มีงานวิจัยที่ทำการศึกษากระบวนการสกัดแคลเซียมจากก้างปลาชนิดต่าง ๆ เพื่อนำแคลเซียมที่สกัดได้มาใช้ประโยชน์ Petenuci et al. (2008) รายงานผลการศึกษาพบว่าก้างปลานิลผงมี แร่ธาตุเป็นองค์ประกอบดังนี้ แคลเซียม 2,715.9 mg/ 100 g เหล็ก 1.3 mg/ 100 g ฟอสฟอรัส 1,132.7 mg/ 100 g และ Nemati et al. (2017) ทำการศึกษาการพัฒนาการใช้แคลเซียมจากปลาทูน่า สกัดแคลเซียมด้วยการต้มก้างปลาในสารละลาย NaOH 2 เปอร์เซ็นต์ นาน 30 นาที สามารถสกัดแคลเซียมได้ 24.56 เปอร์เซ็นต์ จากก้างปลาทูน่า และ 38.16 เปอร์เซ็นต์ จากผงก้างปลาทูน่า นอกจากนี้ Amitha et al. (2019) ทำการศึกษากระบวนการสกัดแคลเซียมจากปลาด้วยการต้มในน้ำเดือดและสารละลายด่าง พบว่า การใช้น้ำเดือดสกัดทำให้ได้ปริมาณเถ้าน้อยกว่าการสกัดด้วย NaOH 2 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 80-90 °C นาน 30 นาที อย่างไรก็ตาม นพรัตน์และวิไลพร (2561) ได้ทำการศึกษากระบวนการใช้ไอน้ำแรงดันสูง ที่อุณหภูมิ 121-125 °C/ lb/in^2 สามารถทำให้ก้างปลามีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มลงได้ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปบดเป็นผงและประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยด้านการศึกษากระบวนการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแคลเซียมจากก้างปลานิลยังไม่มาก ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตแคลเซียมผงจากก้างปลานิลที่เป็นเศษเหลือจากอุตสาหกรรมอาหารที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณแคลเซียมมากที่สุดโดยใช้วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง

วิธีการวิจัย

กระบวนการวิจัยประกอบด้วย

1) การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบสำหรับการทดลอง คือ ก้างปลานิลที่เป็นเศษเหลือจากฝ่ายโภชนาการของโรงพยาบาลมะเร็งอุบลราชธานี อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ทำการล้างให้เหลือเฉเพาะส่วนก้าง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาทำการทดลอง

2) กระบวนการเตรียมสารสกัดแคลเซียมจากก้างปลา

ออกแบบการทดลองด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบ Box-Behnken design 3 ปัจจัย 3 ระดับ จำนวน 17 ทรีตเมนต์ ซึ่งปัจจัยที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH (1.0-2.0 เปอร์เซ็นต์) อุณหภูมิการสกัด (100-120 องศาเซลเซียส) โดยควบคุมความดันมรา 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด (30-60 นาที) ซึ่งสภาวะดังกล่าวได้จากการทดลองเบื้องต้น โดยกระบวนการสกัดดำเนินการด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave: Systec D-series, Germany) ซึ่งตัวแปรตามของการศึกษา คือ ปริมาณแคลเซียม (mg) และวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมด้วยวิธี Response surface methodology (RSM) ด้วยโปรแกรม Minitab เวอร์ชั่น 17 และ Statistica เวอร์ชั่น 7.0 วิเคราะห์แหล่งความแปรปรวนทางสถิติโดย ANOVA (F-test) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ด้วยวิธีของ Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (α=0.05) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป (SPSS) เวอร์ชั่น 22 ทำการสกัดด้วยกระบวนการแปรรูปอาหารภายใต้อุณหภูมิและแรงดันสูง เมื่อครบกำหนดตามสภาวะที่กำหนดนำก้างปลาที่ได้ มาล้างทำความสะอาด 3 ครั้งด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมงและนำมาบดเป็นผงเพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตัวแปรตามที่ทำการวิเคราะห์คุณภาพ คือ ปริมาณแคลเซียม ปริมาณแคลเซียม อ้างอิงวิธีการจาก AOAC (2005) วิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในตัวอย่างด้วยวิธีอะตอมมิคแอบซอร์ชัน (Atomic absorption spectroscopy, AAS)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของก้างปลานิล

ตัวอย่าง	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	เถ้า (เปอร์เซ็นต์)
ก้างปลานิลสด	58.03±0.92	15.47±0.48	13.52±0.87	13.79±0.28

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการศึกษาสภาวะการเตรียมสารสกัดแคลเซียมจากก้างปลาที่เหมาะสม

การเตรียมวัตถุดิบ

นำก้างปลามาต้มในน้ำเดือดนาน 20 นาที คัดเลือกเฉพาะส่วนก้างทั้งหมด และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น ประกอบด้วยความชื้น ไขมัน โปรตีน และเถ้า และบรรจุก้างปลาในถุง รีทอร์ท เติมสารละลายด่าง (NaOH: AR grade) ในอัตราส่วน 1: 2 (ก้างปลานิล 100 กรัม ต่อสารละลาย NaOH 200 ml) และนำไปสกัดแคลเซียมด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 1) พบว่า ก้างปลานิลมีปริมาณเถ้า 13.79 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างก้างปลานิลสด ซึ่งจะนำก้างปลานิลไปสกัดแคลเซียมตามสภาวะที่กำหนดในกระบวนการออกแบบการทดลอง

งานวิจัยนี้ดำเนินการทดลองทั้งหมด 17 ทรีตเมนต์ สุ่มลำดับการทดลอง และวิเคราะห์ค่าสังเกต คือ ปริมาณแคลเซียม (mg/g) ดังแสดงในตารางที่ 2 และวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเพื่อสร้างสมการการสกัดที่เหมาะสม ดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 2 การออกแบบการทดลอง Box-Behnken design สำหรับการวิเคราะห์สภาวะการสกัดแคลเซียมจากก้างปลา แสดงค่าการทดลอง (Exp.) และค่าพยากรณ์ (Pred.)

standard order	Code level of variables			ปริมาณแคลเซียม (mg/g)	
	X_1	X_2	X_3	Exp.	Pred.
1	1.5	120	30	16.390	16.217
2	1.5	120	60	16.683	17.275
3	1.5	100	60	14.607	14.780
4	1.5	110	45	19.647	19.216
5	1.5	110	45	19.157	19.216
6	2.0	110	60	16.947	16.287
7	1.0	110	30	14.563	15.223
8	1.0	100	45	15.490	15.422
9	1.5	100	30	16.203	15.612
10	1.5	110	45	18.757	19.216
11	1.0	110	60	16.697	16.592
12	1.5	110	45	19.363	19.216
13	2.0	100	45	14.370	14.857
14	1.5	110	45	19.157	19.216
15	2.0	120	45	17.853	17.922
16	1.0	120	45	15.943	15.457
17	2.0	110	30	17.323	17.428

*X_1 (ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH, เปอร์เซ็นต์), X_2 (อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส,), X_3 (ระยะเวลา, นาที)

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับการสร้างสมการการผลิตผงแคลเซียมจากก้างปลาที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์สมการกำลังสอง ของวิธี Response surface methodology ดังแสดงในตารางที่ 3 และพิจารณาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการผลิต นำค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญไปสร้างสมการ เพื่อพยากรณ์ปริมาณแคลเซียม (mg/g) ที่มากที่สุด เพื่อกำหนดสภาวะการผลิตที่เหมาะสมต่อไป

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณแคลเซียม (mg/g) คือ โมเดลเชิงเส้นตรง (X_2) ซึ่งมีอิทธิพลต่อค่าสังเกตในเชิงบวก และโมเดลกำลังสอง (X_1^2 , X_3^2 , X_3^2) ซึ่งมีอิทธิพลต่อค่าสังเกตในเชิงลบ และปัจจัยด้านอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย X_1 X_2 มีอิทธิพลต่อค่าสังเกตในเชิงบวก

ตารางที่ 3 Regression coefficients สำหรับ 2nd order response surface models ของปริมาณแคลเซียม (mg)

Parameter	Term	ปริมาณแคลเซียม (mg/g)	
		Coefficient	p-value
β_0	Intercept	-206.100	0.001
β_1	X_1	5.390	0.510
β_2	X_2	3.793	0.001
β_3	X_3	0.338	0.233
β_{11}	X_1^2	-5.780	0.002
β_{22}	X_2^2	-0.019	0.000
β_{33}	X_3^2	-0.006	0.002
β_{12}	X_1X_2	0.152	0.041
β_{13}	X_1X_3	-0.084	0.077
β_{23}	X_2X_3	0.003	0.162

*X_1(ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH, เปอร์เซ็นต์), X_2 (อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส), X_3 (ระยะเวลา, นาที)

สมการสำหรับการผลิตแคลเซียมผงจากก้างปลาที่เหมาะสม คือ

$Y = -206.1 + 3.793\ X_2 + -5.780\ X_1^2 - 0.01857\ X_2^2 - 0.006\ X_3^2 + 0.152\ X_1X_2$

$R^2 = 0.948$

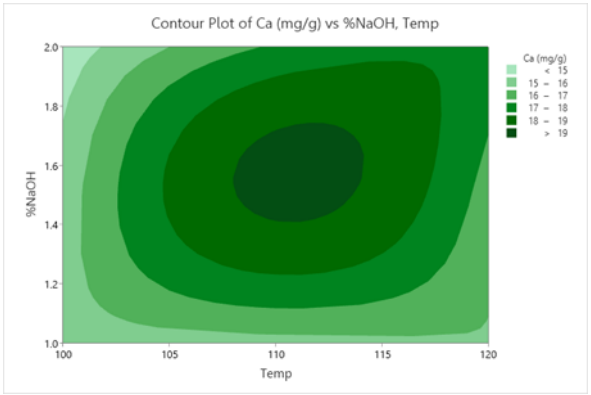
ตารางที่ 4 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ **(ANOVA)** สำหรับสมการกำลังสองของปริมาณแคลเซียม (mg/g)

Responses	Source	df	SS	MS	F	p value
ปริมาณแคลเซียม (mg)	Regression	9.000	46.429	5.159	14.100	0.001
	Linear	3.000	12.257	4.086	11.160	0.005
	Square	3.000	35.030	11.677	31.910	0.000
	Interaction	3.000	4.763	1.588	4.340	0.050
	Residual error	7.000	2.562	0.366		
	Lack of fit	3.000	2.137	0.712	6.700	0.049
	Pure error	4.000	0.425	0.106		
	Total	16.000	48.991			

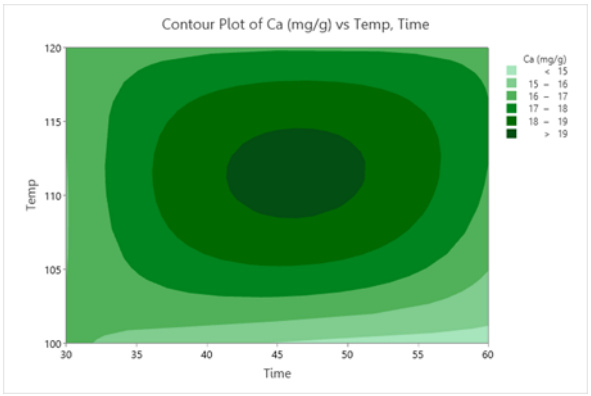
จากสมการการผลิตที่เหมาะสมมีค่า R^2 ของสมการเท่ากับ 0.948 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 1 แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำและน่าเชื่อถือของสมการ และ ปริมาณแคลเซียม (mg/g) ที่พยากรณ์ได้ คือ 19.37 mg/g ดังแสดงในตารางที่ 5 และทำการทวนสอบ (Validation) สภาวะการผลิตโดยทำการปรับระดับสภาวะการผลิตเพื่อให้สามารถผลิตได้จริง คือ NaOH 1.62 เปอร์เซนต์ อุณหภูมิการสกัด 112.50 องศาเซลเซียส นาน 45.15 นาที ซึ่งแคลเซียมผงจากก้างปลานิล มีปริมาณแคลเซียมประมาณ 19.10 mg/g โดยระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเพิ่มขึ้น มีผลต่อการอ่อนนิ่มลงของก้างปลา นอกจากนี้ระดับความเข้มข้นของ NaOH มีผลต่อการทำปฏิกิริยาสปอนิฟิเคชั่นกับไขมันที่เป็นองค์ประกอบในก้างปลา ทำให้เพิ่มความสามารถในการบดผงได้มากขึ้นและมีปริมาณแคลเซียมต่อกรัมเพิ่มสูงขึ้น และมีอิทธิพลร่วมกันของปัจจัยด้านอุณหภูมิและระดับความเข้มข้นของ NaOH (ภาพที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับ Petenuci et al. (2008) รายงานผลการศึกษาพบว่าก้างปลานิลผงมี แคลเซียม 2,715.9 mg/100g ซึ่งใช้อุณหภูมิถึง 121 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที อย่างไรก็ตามสภาวะที่เหมาะสมของการวิจัยสกัดแคลเซียมจากก้างปลานิลในครั้งนี้สามารถดำเนินการผลิตได้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

สรุปผลการวิจัย

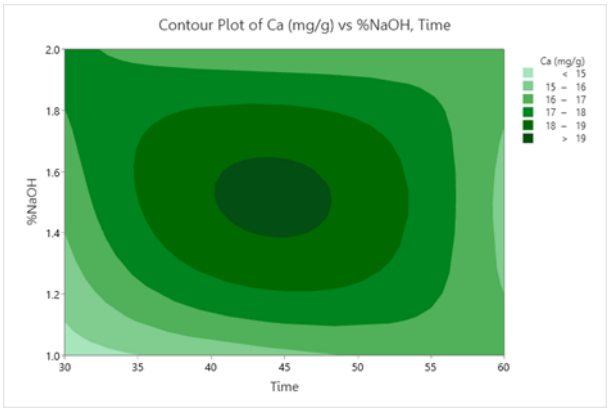
กระบวนการผลิตแคลเซียมผงจากก้างปลานิลที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณแคลเซียมมากที่สุด โดยการเตรียมส่วนก้างปลานิลก่อนการสกัดด้วยการต้มในน้ำเดือดนาน 20 นาที พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ คือ ระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด โมเดลกำลังสองของระดับความเข้มข้นของสารละลาย NaOH อุณหภูมิ และระยะเวลา และอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารละลาย NaOH ได้สมการในการสกัดที่มี ค่า R^2 เท่ากับ 0.948 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 1 แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำและน่าเชื่อถือของสมการ และ ปริมาณแคลเซียม (mg/g) ที่พยากรณ์ได้ คือ 19.37 mg/g เมื่อทำการทวนสอบ (Validation) สภาวะการผลิตโดยทำการปรับระดับสภาวะการผลิตเพื่อให้สามารถผลิตได้จริง คือ NaOH 1.62 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิการสกัด 112.50 องศาเซลเซียส นาน 45.15 นาที สามารถสกัดแคลเซียมผงจากก้างปลานิลสูงสุดเท่ากับ 19.10 mg/g



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 1 พื้นที่ผิวตอบสนองการสกัดแคลเซียมผง (mg/g) จากก้างปลาปลานิล (ก) ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH (เปอร์เซ็นต์) และ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) (ข) อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) และเวลา (นาที) (ค) ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH (เปอร์เซ็นต์) และเวลา (นาที)

ตารางที่ 5 สภาวะการผลิตที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยและค่าสังเกตที่ได้

	Optimal solution			Predicted response	Experimented response (validation)
	X_1	X_2	X_3		ปริมาณแคลเซียม (mg/g)
Uncoded	1.62	112.53	45.15	19.37	-
Adjust	1.62	112.50	45.15	-	19.10±0.42

*X_1(ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH, เปอร์เซ็นต์), X_2 (อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส), X_3 (ระยะเวลา, นาที)

** = ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย คณะแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี และ โรงพยาบาลมะเร็งอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี 34000 ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบสถานที่และเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง. 2560. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2560. กรุงเทพฯ: กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กิดาการ เตโชชัชวาล. 2553. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารแคลเซียมจากก้างปลานิล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นฤชยา ไกรเนตร. 2553. เอกสารคำแนะนำการเพาะเลี้ยงปลานิล. สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง กรุงเทพฯ: กรมประมง กระทรวงเกษตรสหกรณ์.

นพรัตน์ จันทฐีชย และวิไลพร จันทฐีชย. 2561.การสร้างมูลค่าเพิ่มจากก้างปลานิลเป็นผลิตภัณฑ์อาหารทางเลือกสำหรับเสริมแคลเซียม. วารสารวิจัยเทคโนโลยีและนวัตกรรม. 2(2), 54-61

ปวเรศวร์ อินทุเศรษฐ และ นลินรัตน์ จิระเดชประไพ. 2558. การสกัดคอลลาเจนที่ละลายในกรดจากหนังปลานิล. กรุงเทพฯ: กองวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ภาวิตา จินตนานฤมิตร ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร อำพร แจ่มผล สุนิสา ด้วงนุ่ม ทิวาพร มณีรัตนศุภร และพรทิพย์ พสุกมลเศรษฐ์. 2563. การพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบเสริมด้วยผงไบโอแคลเซียมจากเศษก้างปลาทูน่า. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 48(4), 492-501

ภัทวรินทร์ โต๊ะหมัดและ. 2561. การสกัดเจลาตินคอลลาเจนไฮโดรไลเซท แคลเซียม ไคตินและไคโตซานจากหนังและเกล็ดปลานิล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Amitha, C.V. Raju, I.P. Lakshmisha, P.A. Kumar, A. Sarojini, G. endra, and J. Pal. 2019. Nutritional Composition of Fish Bone Powder Extracted from Three different Fish Filleting Waste Boiling with Water and an Alkaline Media. International journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 8(02), 2942–2948.

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th Edition. Washington, D.C., USA: Association of Official Analytical Chemists,

Nemati, M., N. Huda, and F. Ariffin. 2017. Development of calcium supplement from fish bone wastes of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and characterization of nutritional quality. International Food Research Journal. 24(6), 2419–2426.

Petenuci, M.E., F. Braidoti Stevanato, J.E. Laguila Visentainer, M. Matsushita, E. Egea Garcia, N. Evelázio de Souza, and J.V.

Visentainer. 2008. Fatty acid concentration, proximate composition, and mineral composition in fishbone flour of Nile Tilapia. Archivos Latinoamericanos de Nutricion. 58(1), 87–90.