

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

1. ปลากระตักสด (*Stolephorus indicus*)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) (1350 FX, Shel Lab, USA)
2. เครื่องอบแห้งไอน้ำร้อนชนิดยิ่ง แบบตู้ (Superheated Steam Dryer)
3. ตู้บ่มความร้อน (Incubator) (BE 600, Memmert, Germany)
4. เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Aw) (Novasina, Switzerland)
5. เครื่องวัดความชื้น (Moisture Analyser) (Ma 30, Sartorius, Germany)
6. เครื่องชั่งชนิดละเอียด (AC2115-00MS, Sartorius, Germany)
7. เครื่องชั่งชนิดหยาบ (AC2115S, Sartorius, Germany)
8. เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter) (Colorflex; Hunterlab, Taiwan)
9. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter) (CG 842, Germany)
10. เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyser, TA-XT2)
11. เครื่องวิเคราะห์โปรตีนและไนโตรเจน (B-323 Distillation Unit, Buchi, USA)
12. เตาเผาถ่าน (Muffle furnace) (RWF 12/ 23, Carholite, UK)
13. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
14. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)
15. โถดูดความชื้น (Desicator)
16. ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture can)
17. ครุฑเบิล (Crucible)
18. เครื่องแก้วต่าง ๆ เช่น บีกเกอร์ ขวดปรับปริมาตร ขวดรูปชมพู่ ปิเปต ไมโครปิเปต
จานเพาะเชื้อ หลอดทดลอง แท่งแก้ว กระบอกตวง
19. คาช่ายพลาสติก
20. ขวดแก้วขนาด 300 มิลลิลิตรพร้อมฝาปิด

สารเคมี

1. ลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) (AR Grade, Merck Darmstadt, Germany)
2. โปแตสเซียมอะซิเตด (CH_3COOK) (AR Grade, Merck Darmstadt, Germany)
3. แมกนีเซียมคลอไรด์ (MgCl_2) (AR Grade, Merck Darmstadt, Germany)
4. โปแตสเซียมไนเตรด (KNO_3) (AR Grade, Merck Darmstadt, Germany)
5. โซเดียมไนไตรท์ (NaNO_2) (AR Grade, Merck Darmstadt, Germany)
6. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) (AR Grade, Merck Darmstadt, Germany)
7. โปแตสเซียมคลอไรด์ (KCl) (AR Grade, Merck Darmstadt, Germany)
8. เอ็น – เฮปเทน (n-heptane) (AR Grade, Merck Darmstadt, Germany)
9. น้ำกลั่น
10. กรดทาทริก (AR Grade, Merck Darmstadt, Germany)

เชื้อจุลินทรีย์

1. เชื้อแบคทีเรียบริสุทรี ได้แก่ *Staphylococcus aureus*

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Peptone Water (AR Grade, Biomark Laboratories, India)
2. Potato-Dextrose Agar (AR Grade, Merck Darmstadt, Germany)
3. Plate Count Agar (AR Grade, Biomark Laboratories, India)
4. Trypticase Soy Broth (AR Grade, Biomark Laboratories, India)
5. Baird-Parker Agar (AR Grade, Biomark Laboratories, India)
6. Egg Yolk Tellurite Emulsion (AR Grade, Biomark Laboratories, India)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบ

ปลากะตักสด รับจากบริษัทฟิเอส มาร์ริน โปรดักส์ จังหวัดชลบุรี มีขนาดความยาว 4.5 - 5 เซนติเมตร เก็บรักษาในถังที่มีฉนวน โดยการใส่น้ำแข็งผสมน้ำทะเล (อุณหภูมิ 0°C) หลังจากนั้นนำปลากะตักสด ล้างทำความสะอาด ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมี ได้แก่

1.1 คุณภาพทางกายภาพ โดยตรวจลักษณะปรากฏ ตา และผิวหนัง

1.2 คุณภาพทางเคมี

1.2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ตามวิธีของ AOAC (1990)

1.2.2 ปริมาณเกลือ ตามวิธีของ AOAC (1990)

1.2.3 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ตามวิธีของ Goulas and Kontominas (2005)

2. การศึกษาการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

2.1 การศึกษาจลศาสตร์การอบแห้งปลากะตักด้วยเครื่องอบแห้งแบบใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

นำปลากะตักสด ล้างทำความสะอาด โดยแบ่งปลากะตักที่จะใช้ในการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1.) ปลากะตักสด 2.) ปลากะตักแช่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการแช่ 15 นาที อัตราส่วนปลาต่อเกลือเป็น 1 ต่อ 7 และ 3.) ปลากะตักต้มในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการต้ม 5 นาที นำตัวอย่างปลากะตักที่เตรียมในสภาวะต่าง ๆ อย่างละ 100 กรัม มาอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบไอน้ำร้อนยวดยิ่ง กำหนดอัตราเร็วลม 1.46 เมตรต่อวินาที และอุณหภูมิการอบแห้ง 120, 130 และ 140 °C ตามลำดับ (ดัดแปลงจาก Pracachayawarakorn et al., 2002) บันทึกน้ำหนักของปลากะตักระหว่างการอบแห้งในช่วงแรก ทุก ๆ 10 วินาที และหลังจากนั้นบันทึกน้ำหนักทุก ๆ 5 นาที เก็บข้อมูล 3 ชั่วโมงพลอตกราฟระหว่างความชื้นกับเวลา เพื่อหาระยะเวลาในการอบแห้งแต่ละอุณหภูมิ โดยทำนายจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาในการอบแห้งของเส้นแนวโน้มของกราฟในช่วงอัตราส่วนความชื้นลดลง วัดค่าความชื้นของปลากะตักที่ผ่านการอบแห้งตลอดการทดลอง สำหรับแทนค่าในแบบจำลองการอบแห้ง เพื่อใช้ในการทำนายอัตราการอบแห้ง โดยแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา คือ

แบบจำลองของ Newton

$$MR = \frac{(M - Me)}{(Mo - Me)} = \exp(-Kt) \quad (3-1)$$

แบบจำลองของ Page

$$MR = \frac{(M - Me)}{(Mo - Me)} = \exp(-Kt^n) \quad (3-2)$$

โดย MR	คือ อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio)
K	คือ ค่าคงที่การอบแห้ง (Drying constant) (1/ นาที)
t	คือ เวลาในการอบแห้ง (นาที)
n	คือ ค่าคงที่
M	คือ ปริมาณความชื้นที่เวลาใด ๆ (เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานแห้ง)
M_0	คือ ปริมาณความชื้นเริ่มต้นในอาหาร (เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานแห้ง)
M_e	คือ ปริมาณความชื้นสมดุล (เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานแห้ง)

2.2 การตรวจสอบคุณภาพของปลากะตักอบแห้ง

เมื่อได้เวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมในแต่ละอุณหภูมิจากข้อ 2.1 จนปลากะตักมีความชื้นไม่เกิน 27 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง (มผช., 2546) นำปลากะตักที่ผ่านการเตรียมในสภาวะต่าง ๆ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 120, 130 และ 140 °C มาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ดังนี้

1. การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่

1.1 ความชื้น (AOAC, 1990)

ชั่งตัวอย่างปลากะตักอบแห้ง ประมาณ 2 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ใส่ลงในจานอวลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วเกลี่ยตัวอย่างให้กระจายทั่วจานอย่างสม่ำเสมอ นำเข้าตู้อบอุณหภูมิ 105 °C ประมาณ 5 ชั่วโมง นำออกมาทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก อบซ้ำครั้งละ 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่

$$M_w = \frac{(A - B)}{A} \times 100 \quad (3-3)$$

$$M_d = \frac{(A - B)}{B} \times 100 \quad (3-4)$$

โดย M_w คือ ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก)

M_d คือ ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง)

A คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

B คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

1.2 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w)

นำตัวอย่างที่ป่นละเอียดใส่ตลับพลาสติกสำหรับวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี โดยใส่ประมาณ 2 ใน 3 ของความจุของตลับ เกลี่ยผิวหน้าให้เรียบ นำไปวางในช่องใส่ตัวอย่างของเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Novasina) จับเวลาประมาณ 15-30 นาที หรือจนกระทั่ง เครื่องวัดอ่านค่าวอเตอร์แอกติวิตีของตัวอย่างคงที่ จึงอ่านค่าวอเตอร์แอกติวิตี ที่ได้จากเครื่องวัด

1.3 ค่าสี

ทำการวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Colorflex; Hunterlab, Taiwan) ใช้ระบบ CIE LAB เพื่อวัดค่า L^* , a^* , b^* โดยที่ L^* หมายถึงค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว) a^* หมายถึงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว โดยค่า a เป็นบวกแสดงถึงค่าเป็นสีแดง a เป็นลบแสดงค่าเป็นสีเขียว และ b^* หมายถึงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่า b เป็นบวกแสดงถึงค่าสีเหลืองและ b เป็นลบแสดงค่าสีน้ำเงิน

1.4 คุณภาพด้านการหดตัว (Shrinkage)

นำเอ็น เฮปเทน (n-hapetane) 99 เปอร์เซ็นต์ มาใช้ทดสอบหาปริมาตร โดยเท เอ็น เฮปเทน ลงในกระบอกตวงที่มีขีดบอกปริมาตร ทำการบันทึกค่าปริมาตรเริ่มต้นไว้ ทดสอบหาปริมาตรของปลากระดักสดโดยนำปลากระดักสดประมาณ 50 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง ดังกล่าว ทำการบันทึกค่าปริมาตรสุดท้ายไว้ หาปริมาตรที่เพิ่มขึ้นในหลอดทดลอง (ผลต่างระหว่างค่าปริมาตรสุดท้ายกับค่าปริมาตรเริ่มต้น) จะได้เป็นค่าปริมาตรของปลากระดักที่อยู่ในหลอดทดลอง และนำตัวอย่างปลากระดักที่ผ่านการเตรียมและอบแห้งในสภาวะต่าง ๆ โดยใช้วิธีการเดียวกันเพื่อหาปริมาตรหลังการอบแห้ง การอบแห้งแต่ละสภาวะ จะทำการทดลอง 3 ซ้ำ (ศิริวัณ สันประเสริฐ, 2548) คำนวณหาค่าการหดตัว จากปริมาตรก่อนและหลังการอบแห้ง โดยคำนวณหาค่าจากสมการ

$$\text{การหดตัว (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(V_0 - V)}{V} \times 100 \quad (3-5)$$

โดย V_0 คือ ปริมาตรของปลากระดักก่อนการอบแห้ง (ลูกบาศก์เมตร)

V คือ ปริมาตรของปลากระดักหลังจากการอบแห้ง (ลูกบาศก์เมตร)

1.5 คุณภาพด้านการคืนตัว (Rehydration)

นำปลากระดักที่ผ่านการเตรียมและอบแห้งในสภาวะต่าง ๆ จำนวนตัวอย่างละ 5 กรัม ต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90°C บันทึกค่าน้ำหนักทุก ๆ 1 นาที โดยใช้ระยะเวลาในการทดสอบทั้งหมด 15 นาที (Namsanguan et al., 2004) คำนวณหาอัตราส่วนการคืนตัว ดังสมการ

$$\text{การคืนตัว (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(W_t - W_d)}{W_d} \times 100 \quad (3-6)$$

โดย W_t คือ มวลของปลากระดักที่คืนตัว ณ เวลาใด ๆ (กรัม)

W_d คือ มวลของปลากระดักแห้งก่อนคืนตัว (กรัม)

1.6 ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analysis)

วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของปลากระดัก โดยสุ่มตัวอย่างปลากระดักที่ผ่านการเตรียมและอบแห้งในสภาวะต่าง ๆ มาวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ใช้หัววัดทรงกระบอก (Puncture Probes) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร และความเร็วในการกด

1 เมตรต่อวินาที กดลงตรงกลางปลากะตักอบแห้ง รายงานเป็นค่าความแข็ง (Hardness) ซึ่งอ่านค่าจากค่าแรงสูงสุด (Max Force) ที่ทำให้ตัวอย่างเกิดการแตกออกจากกัน หน่วยเป็นนิวตัน ในแต่ละครั้งการทดลอง จะวัดค่าซ้ำโดยสุ่มตัวอย่างประมาณ 5 ชิ้น เพื่อทำการหาค่าเฉลี่ย

1.7 การศึกษาโครงสร้างทางจุลภาค

การศึกษาโครงสร้างเนื้อปลากะตักด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยนำตัวอย่างปลากะตักที่ผ่านการเตรียมและอบแห้งในสภาวะต่าง ๆ มาคั้นตัวในน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 100 °C นาน 15 นาที นำตัวอย่างเนื้อปลากะตักส่องดูภาพตัดขวาง (Cross section) ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ที่กำลังขยาย 100 เท่า และ 200 เท่า

2. การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ได้แก่

2.1 ปริมาณเกลือ AOAC (1990)

ชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 0.1-2 กรัม (ใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ปริมาณขึ้นกับปริมาณเกลือที่มีในตัวอย่าง) ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำละลายซิลเวอร์ไนเตรด 5 มิลลิลิตร (ปริมาณที่ใช้ขึ้นกับปริมาณเกลือที่มีในตัวอย่าง) เติมน้ำละลายกรดไนตริก 20 มิลลิลิตร เขย่าให้เกลือละลายหมด คั้นให้เดือดอ่อน ๆ บนเตาไฟฟ้า (ควรทำในตู้ดูดควัน) ประมาณ 15 นาที เพื่อให้ของแข็งอื่น ๆ (ยกเว้นตะกอนซิลเวอร์คลอไรด์) ละลายหมด ยกตั้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติมนิโคตินิกแอซิด 2 มิลลิลิตร ไคเตรทกับสารละลายแอมโมเนียมไรโอไซยานเนต จนได้สารละลายสีแดงอิฐอ่อน ๆ คำนวณปริมาณเกลือ ดังสมการ

$$\text{เกลือ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{5.844 X [(Ax B) AgNO_3 - (Cx D) NH_4 SCN]}{W} \quad (3-7)$$

โดย W คือ น้ำหนัก ตัวอย่าง (กรัม)

A คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรดที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรด (มิลลิลิตร)

C คือ ปริมาตรของสารละลายแอมโมเนียมไรโอไซยานเนตที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

D คือ ความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียมไรโอไซยานเนต (มิลลิลิตร)

3. การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์

3.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (1995)

3.2 จำนวนยีสต์และรา ตามวิธีของ Yousef and Carstrom (2003)

3.3 เชื้อ *Staphylococcus aureus* ตามวิธีของ สุรีย์ นานาสมบัติ (2549)

4. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างปลากระดักที่ผ่านการเตรียมและอบแห้งในสภาวะต่าง ๆ (ตารางที่ 3-1) ทอดในน้ำมันอุณหภูมิ 170 °C เวลา 3 นาที ใช้วิธีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส แบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 - Point Hedonic Scale) ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดย 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด แสดงดังภาคผนวก ก

ตารางที่ 3-1 วิธีการเตรียมและอุณหภูมิในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ปลากระดัก

สิ่งทดลอง	วิธีการเตรียม	อุณหภูมิ (°C)
1	น้ำกลั่น	120
2	น้ำกลั่น	130
3	น้ำกลั่น	140
4	แช่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์	120
5	แช่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์	130
6	แช่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์	140
7	ต้มในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์	120
8	ต้มในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์	130
9	ต้มในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์	140

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้แผนการทดลองแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุล (Balanced Incomplete Block Design, BIB) ประเภทที่ 2 ($t=9$, $k=5$, $r=10$, $b=18$, $\lambda=5$) (สุรพล อุปติสสกุล, 2537) ทำซ้ำ 2 ชุดการทดลอง โดยสุ่มอิสระต่อกัน โดยให้ผู้ทดสอบแต่ละคนเป็นบล็อก ซึ่งรวมแล้วจะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 36 คน แต่ละคนจะได้รับ 5 ตัวอย่าง เสนอตัวอย่างแบบพร้อมกันหมด วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3. การศึกษาดีซอร์พชันไอโซเทอร์มของปลากระดัก

นำปลากระดักสด คัดแต่งให้มีขนาดกว้าง 0.5 x 0.5 x 0.2 เซนติเมตร แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนละประมาณ 10 กรัม แต่ละส่วนใส่ในดาข่ายพลาสติก วางในบีกเกอร์ใส่ไว้ในขวดซึ่งบรรจุ

สารละลายเกลืออิ่มตัว ได้แก่ ลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) โปแตสเซียมอะซิเตต (CH_3COOK) แมกนีเซียมคลอไรด์ (MgCl_2) โปแตสเซียมไนเตรด (KNO_3) โซเดียมไนไตรท์ (NaNO_2) โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และ โปแตสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีประมาณ 0.10 – 0.80 ตามลำดับ ดังตารางที่ 3-1 ปิดฝาขวดให้แน่น จากนั้นนำไปใส่ตู้อบ ปรับอุณหภูมิไว้ที่ 40°C ใส่ไว้ในตู้อบเป็นเวลา 5 วัน นำตะแกรงพร้อมปลากะดักไปซั่ง แล้วเก็บในสภาพเดิม จากนั้น บันทึกน้ำหนักของปลากะดักทุก ๆ 24 ชั่วโมง จนกว่าน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง นำปลากะดักไปห่าน้ำหนักแห้ง เพื่อคำนวณหาความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content) ทำซ้ำตั้งแต่ข้างต้น แต่เปลี่ยนอุณหภูมิในการอบเป็น 50 และ 60°C ตามลำดับ (ดัดแปลงจาก คลฤดี ใจสุวดี, 2543)

จากการทดลองเบื้องต้น พบว่า ปลากะดักสดมีความชื้น 82 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก และค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเท่ากับ 0.98 จึงเลือกใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ GAB มาใช้ในการศึกษาดีซอร์พชันไอโซเทอร์มของปลากะดัก

ตารางที่ 3-2 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของสารละลายเกลืออิ่มตัวแต่ละชนิดที่อุณหภูมิต่าง ๆ (AOAC, 1990)

อุณหภูมิ ($^\circ\text{C}$)	ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w)						
	LiCl	CH_3COOK	MgCl_2	KNO_3	NaNO_2	NaCl	KCl
40	0.112	0.223	0.31	0.431	0.61	0.745	0.803
50	0.111	0.212	0.301	0.422	0.61	0.745	0.803
60	0.100	0.204	0.292	0.410	0.544	0.740	0.803

นำข้อมูลค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และค่าความชื้นสมดุลมาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ GAB (Guggenheim-Anderson-deBoer) โดยรูปแบบจำลองดีซอร์พชันไอโซเทอร์มที่ใช้ในการศึกษา คือ

สมการ GAB (Guggenheim-Anderson-deBoer)

$$Me = \frac{M_{gm} C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)} \quad (3-8)$$

- เมื่อ Me คือ ปริมาณความชื้นสมดุล (เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานแห้ง)
 a_w คือ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี
 M_{gm} คือ ความชื้นสูงสุดใน 1 ชั้นโมโนเลเยอร์ของ GAB โดยหาได้จาก
 ค่าความชื้นที่ค่าวอเตอร์แอกติวิตีเท่ากับ 0.25
 K, C คือ ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ

ทดสอบข้อมูลโดยใช้ Microsoft Office โปรแกรม Microsoft Office Excel ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนาย (SEE) เพื่อทำนายและติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของปลากระดัก