ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของปลา

1. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC,1990)

อุปกรณ์

1. เตาเผา (muffle fumace)
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible)
3. โถดูดความชื้น (desicator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิด 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ปิดสวิทซ์เตาเผารอประมาณ 30 – 45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิเตาเผาลดลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2. เผาซ้ำอีก ครั้งละประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 – 3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน (ประมาณ 3 กรัม) ใส่ในถ้วยกระเบื้องซึ่งทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควันแล้วจึงเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส และกระทำเช่นเดียวกับข้อ 1 – 2

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1990)

อุปกรณ์

1. ภาชนะสำหรับหาความชื้น
2. ตู้อบไฟฟ้า (electric oven)
3. โถดูดความชื้น (desicator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิด 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 – 3 ชั่วโมงนำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2. กระทำเช่นเดียวกับข้อ 1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 – 3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1 – 2 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว

4. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 – 6 ชั่วโมง

5. นำออกจากตู้อบใส่ในภาชนะโถดูดความชื้น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

6. อบซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นเดิม จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 – 3 มิลลิกรัม

7. คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

การคำนวณ

ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 1990)

อุปกรณ์

1. โถดูดความชื้น (desicator)
2. ตู้อบไฟฟ้า (electric oven)
3. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิด 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

สารละลายคลอโรฟอร์ม (chloroform) : เมทธานอล (methanol) อัตราส่วน 2 : 1

วิธีการ

1. อบถ้วยสกัดไขมัน (cup) ที่มีลูกแก้ว 2 – 3 เม็ด และตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส อบจนแห้งแล้วตั้งทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

2. ชั่งน้ำหนักถ้วยสกัดไขมันพร้อมลูกแก้วให้ได้น้ำหนักคงที่ (W_1)

3. ชั่งตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ใส่กระดาษกรอง ประมาณ 1 – 2 กรัม (W_2) ห่อให้มิดชิดใส่ลงในไส้กรอง (thimble) ที่เตรียมไว้นำไปใส่เข้าเครื่องสกัดไขมัน

4. นำถ้วยสกัดไขมันพร้อมลูกแก้วที่ชั่งไว้แล้วเติมสารละลายคลอโรฟอร์ม : เมทธานอล 25 มิลลิลิตร แล้วใส่เข้าเครื่องสกัดไขมันให้เรียบร้อย

5. เปิดเครื่องสกัดไขมัน ปรับอุณหภูมิไปที่ 160 องศาเซลเซียส เปิดน้ำเข้าเครื่อง เปิดวาล์ว เลื่อนปุ่มไปที่ boiling ต้มให้เดือด 30 นาที

6. เลื่อนปุ่มไปที่ rinsing เพื่อล้างตัวอย่าง 20 นาที

7. ปิดวาล์ว เปิดสวิทซ์อากาศเลื่อนปุ่มไปที่ evaporation เพื่อให้สารระเหยออกไป 5 นาที

8. ปิดเครื่อง ปิดอากาศและน้ำ แล้วเลื่อนปุ่ม evaporation กลับที่เดิม นำถ้วยสกัดไขมันออกจากเครื่องวางทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนแห้ง

9. นำถ้วยสกัดไขมันออกมาใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก (W_3)

การคำนวณ

$$\text{ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(W_3 - W_1)}{W_2} \times 100$$

โดยที่ W1 คือ น้ำหนักถ้วยสกัดไขมันพร้อมลูกแก้ว

W2 คือ น้ำหนักตัวอย่าง

W3 คือ น้ำหนักถ้วยสกัดไขมันพร้อมลูกแก้วและตัวอย่างหลังการอบ

1.4 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธีเจลดาล (AOAC, 1990)

อุปกรณ์

1. หลอดย่อยตัวอย่าง
2. หลอดกลั่นตัวอย่าง
3. เครื่อง Kjeltech ซึ่งประกอบด้วย เครื่องย่อย เครื่องกลั่น และเครื่องจับไอกรด
4. ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask)
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (sulfuric acid , H_2SO_4) 93 – 98 เปอร์เซ็นต์

2. สารเร่งรวม (catalyst muxture) เตรียมโดยชั่งคอปเปอร์ซัลเฟต (coppersulfate, $CuSo_4$) 7 กรัม กับโปแทสเซียมซัลเฟต (potassium sulfate, K_2SO_4) 100 กรัม ผสมให้เข้ากัน

3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH) 45 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 450 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

4. สารละลายกรดเลือก (Hydrochloric acid, HCl) 0.1 นอร์มอล เตรียมโดยละลายกรดเกลือ 9 มิลลิเมตรในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรจนครบ 1 ลิตร)

5. สารละลายกรดบอริค (boric acid, H_3BO_3) 4 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยละลายกรดบอริครัมในน้ำกลั่น ต้มจนกระทั่งละลายหมดปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

6. อินติเคเตอร์รวม (mixed indicator) เตรียมโดยละลายเมทิลเรด 0.2 กรัมในแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรจนครบ 100 มิลลิลิตร และละลายเมทิลินบลู (methylene blue) 0.2 กรัม ในแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรจนครบ 100 มิลลิลิตรจากนั้นนำสารละลายเมทิลเรด 2 ส่วน ผสมกับสารละลายเมทิลลินบลู 1 ส่วน เขย่าให้เข้ากัน

7. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate, Na_2CO_3) 0.1 นอร์มอล เตรียมโดยอบโซเดียมคาร์บอเนตที่อุณหภูมิ 260 – 270 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ชั่งสารดังกล่าวมา 1.325 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร

8. เมทิลออเรนซ์ อินดิเคเตอร์ (methyl orange indicator) เตรียมโดยละลาย เมทิลออเรนซ์ 0.1 กรัมในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรจนครบ 100 มิลลิลิตร

การตรวจหาความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือมาตรฐาน

ดูดสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 40 มิลลิลิตร ลงในขวดชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เติมเมทิลออเรนซ์ อินดิเคเตอร์ 2 – 3 หยด ทำการไตเตรท ด้วยสารละลายกรดเกลือ 0.1 นอร์มอล คำนวณความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือโดยใช้สูตร $N_1V_1 = N_2V_2$

$$\text{หรือนอร์มอลลิตี้ของกรดเกลือ} = \frac{\text{น้ำหนัก (กรัม) ของโซเดียมคาร์บอเนต} \times 1000}{\text{สารละลายกรดเกลือ (มิลลิลิตร)} \times 52.994}$$

วิธีการ

ก. ขั้นตอนการย่อย (digestion)

1. ชั่งตัวอย่างด้วยกระดาษชั่งสารที่ปราศจากไนโตรเจน ให้ได้น้ำหนักประมาณ 0.5 – 1 กรัม (ตัวอย่างของเหลวใช้ปริมาตร 10 – 15 มิลลิลิตร) ใส่ในหลอดย่อยโปรตีนและทำแบลงค์ด้วย บันทึกน้ำหนักโดยละเอียด

2. เติมสารเร่งรวม 3 กรัม

3. เติมกรดกำมะถันเข้มข้น 10 มิลลิลิตร

4. นำไปให้ความร้อนด้วยชุดเครื่องย่อยโปรตีน วางหลอดย่อยในเตาย่อย แล้วประกอบสายยางระหว่างฝาครอบเข้ากับเครื่องจับไอกรดและเปิดเครื่องจับไอกรด (โซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% เป็นตัวจับไอกรด)

5. ย่อยที่อุณหภูมิ 375 องศาเซลเซียส เวลา 90 – 120 นาที (สามารถเพิ่มเวลาในการย่อยได้จนได้สารละลายใส) เมื่อย่อยจนใสหรือได้สารละลายสีฟ้าหรือสีเขียวอมฟ้า ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ควัน

6. นำไปกลั่น

ข. ขั้นตอนการกลั่น

1. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในขวดวิเคราะห์

2. ต่อขวดแก้ววิเคราะห์โปรตีนเข้ากับชุดเครื่องกลั่นที่มีขวดรูปชมพู่บรรจุกรดบอริก 40 มิลลิลิตร โดยให้ปลายของท่อยางที่ต่อจากกระบอกแก้วควบแน่นจุ่มอยู่ในกรดบอริกเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในขวดวิเคราะห์อย่างช้า ๆ จนกระทั่งสารละลายมีสีดำ

3. ใส่อินดิเคเตอร์ลงในกรดบอริก 2 – 3 หยด

4. ทำการกลั่นจนกระทั่งไม่มีก๊าซแอมโมเนียออกมา เมื่อกรดบอริกเปลี่ยนเป็นสีเขียวแล้วจึงทำการกลั่นต่อไปอีก 10 นาที จากนั้นนำขวดรูปชมพู่ออกจากเครื่องกลั่น

ค. ขั้นตอนการไตเตรท (titration)

1. นำไปไตเตรทด้วยสารละลายกรดเกลือมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนจนกระทั่งกรดบอริกเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินอ่อน

2. บันทึกปริมาตรของกรดเกลือมาตรฐานที่ใช้เพื่อการคำนวณต่อไป

การคำนวณ

$$\text{โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{1.4\,(V_1 - V_2)\,N \times 6.25}{W}$$

โดยที่ V_1 คือ ปริมาตรของกรดเกลือที่ใช้ในการไตเตรทกับตัวอย่าง

V_2 คือ ปริมาตรของกรดเกลือที่ใช้ในการไตเตรทกับ blank

N คือ ความเข้มข้นของกรดเกลือ (นอร์มอล)

W คือ น้ำหนักตัวอย่าง

2. วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

2.1 แอมโมเนียรวม (Strickland and Parsons, 1972)

สารเคมี

1. น้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนีย

เตรียมได้โดยปล่อยน้ำกลั่นผ่านคอลัมน์ บรรจุ cation exchange resin ซึ่งเป็นกรดแก่

2. สารละลายฟีนอล (phenol solution)

เตรียมโดยละลายฟีนอล 20 ก. กับเอทธิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 95 (ปริมาตร/ปริมาตร) จนปริมาตรได้ 200 มล.

3. สารละลายโซเดียมไนโตรพรัสไซด์ ($Na_2Fe(CN)_5(NO).2H_2O$)

ละลายโซเดียมไนโตรพรัสไซด์ 1 ก. ในน้ำกลั่นปราศจากอิออน ปรับปริมาตรให้ครบ 200 มล.

4. สารละลายอัลคาไลน์ (alkaline reagent)

ละลายโซเดียมซิเตรท 100 ก. และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 ก. ในน้ำกลั่นปราศจากอิออนปรับปริมาตรให้ครบ 500 มล.

5. สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์

6. สารละลายออกซิไดซ์ซิ่ง (oxidizing solution)

ผสมสารละลายอัลคาไลน์ 100 มล. กับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 25 มล. เข้าด้วยกัน สารละลายนี้จะเตรียมเมื่อต้องการใช้ในแต่ละครั้งและเก็บไว้ในขวดทึบแสงปิดฝาให้สนิท

7. สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียเข้มข้น

ละลาย $(NH_4)_2SO_4$ 0.2359 ก. ในน้ำกลั่นปราศจากอิออน ปรับปริมาตรจนครบ 1,000 มล. ได้สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียเข้มข้น 50 มก.NH_3-N/ล. ดูดสารละลายมา 10 มล. ผสมกับน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มล. จะได้สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียเข้มข้น 5 มก.NH_3-N/ล.ซึ่งนำสารละลายมาตรฐานนี้ไปเจือจางความเข้มข้นที่ระดับต่าง ๆ ต่อไป

8. สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียเจือจาง

ดูดสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียเข้มข้น 5 มก. NH_3-N/ล. มา 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 มล. ลงใน volumetric flask เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มล. สารละลายนี้มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มก. NH_3-N/ล.

วิธีการ

1. ดูดน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C 10 มล. ใส่ในหลอดทดลองฝาเกลียวขนาด 50 มล.

2. เติมสารละลายฟีนอบ 0.4 มล. เขย่าให้ผสมกัน แล้วเติมสารละลายโซเดียมไนโตรพรัสไซด์ 0.4 มล. เขย่าให้ผสมกัน

3. เติมสารออกซิไดซ์ซิ่ง 1 มล. เขย่าให้ผสมกันทิ้งไว้อย่างน้อย 1 ซม. จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร

4. blank และสารละลายมาตรฐานทำเช่นเดียวกับน้ำตัวอย่าง

5. การหาความเข้มข้นของแอมโมเนียรวม โดยการเขียนกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียรวมกับค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากน้ำตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐาน ก็จะทราบความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมในน้ำตัวอย่าง

2.3 ไนเตรท (Strickland and Parsons) 1972)

สารเคมี

1. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น (NH_4Cl) ละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 125 ก. ในน้ำกลั่น 500 มล.

2. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เจือจาง

เจือจางสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 50 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 2,000 มล.

3. แคดเมียม-คอปเปอร์ ฟิลลิ่ง (cadmium – copper fillings)

- ใช้โลหะแคดเมียม 100 ก. ล้างด้วยกรดเกลือ (HCL) 5% 300 มล.จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น (200-300 มล./ครั้ง) จนน้ำใสและค่าความเป็นกรด – ด่างมากกว่า 5 เทน้ำทิ้งให้แห้ง แล้วเคลือบด้วยสารละลาย copper sulphate pentahydrate ($CuSo_4.5H_2O$) 2% แล้วกวนด้วยแท่งแก้วจนสีฟ้าของสารละลายจางลงหรือหมดไป

- อุดก้นคอลัมน์ในด้วยใยแก้ว (glass wool) แล้วเติมสารละลาย NH_4Cl เจือจางให้เต็มคอลัมน์

- บรรจุผง cadmium – copper ลงให้เต็มคอลัมน์ ซึ่งมีความยาวประมาณ 30 ซม. ล้างคอลัมน์ NH_4Cl เจือจาง โดยมีอัตราการไหลประมาณ 100 มล./8-12 นาที ถ้าอัตราการไหลมากกว่า 100 มล./8 นาที ต้องบังคับอัตราการไหลที่ช่วงเปิดปิดด้านคอลัมน์ให้ช้าลง และถ้าอัตราการไหลช้ากว่า 100 มล./8 นาที แสดงว่าผง cadmium-copper มีขนาดเล็กกว่า 0.5 มม. หรือบรรจุแน่นมากเกินไป ควรจะเปลี่ยนหรือเอาผง cadmium-copper ออกบ้าง แล้วอุดด้านบนของคอลัมน์ด้วยใยแก้ว

- ต้องเก็บรักษาคอลัมน์ด้วยสารละลาย NH_4Cl เจือจาง โดยเติมสารละลาย NH_4Cl เจือจางให้เต็มคอลัมน์ ในกรณีที่สงสัยว่าประสิทธิภาพของคอลัมน์ลดลง ให้นำ cadmium-copper ล้างด้วย HCl 5% แล้วเคลือบใหม่ตามวิธีข้างต้น

4. สารละลายซัลฟานิลาไมด์ (sulfanilamide ; $NH_2C_6SO_2NH_2$)

การเตรียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาไนไตรท์ในน้ำ

5. สารละลาย N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride

การเตรียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาไนไตรท์ในน้ำ

6. สารละลายมาตรฐานไนเตรทเข้มข้น

ละลาย KNO3 0.3609 ก. ด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรจนครบ 1,000 มล. จะได้สารละลายมาตรฐานไนเตรทเข้มข้น 50 มก.NO_3-N/ล. แล้วดูดสารละลายนี้มา 10 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรจนครบ 100 มล. จะได้สารละลายมาตรฐานไนเตรทเข้มข้น 5 มก.NO_3-N/ล. นำสารละลายมาตรฐานนี้ไปเจือจางความเข้มข้นที่ระดับต่างๆ ต่อไป

7. สารละลายมาตรฐานไนเตรทเจือจาง

ดูดสารละลายมาตรฐานไนเตรทเข้มข้น 5 มก.NO3-N/ล. มา 0, 0.1, 0.2, 1.0, 2.0 และ10 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มล. จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 0, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.5 มก.NO_3-N/ล.

วิธีการ

1. นำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษ GF/C 50 มล. ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มล. เติมสารละลาย NH_4Cl เข้มข้น 1 มล. ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เทลงในคอลัมน์

2. น้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ 40 มล. แรกเททิ้ง รองรับน้ำตัวอย่างที่เหลือ 10 มล.

3. นำน้ำตัวอย่างที่รองรับครั้งหลัง 10 มล. ใส่ในหลอดแก้วที่มีฝาเกลียวปิด เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 0.2 มล. ทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา 2-8 นาที

4. เติมสารละลาย N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride 0.2 มล. ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร ภายใน 2 ซม.

5. blank และสารละลายมาตรฐานเจือจางทำเช่นเดียวกับน้ำตัวอย่าง

6. หาค่าความเข้มข้นของไนเตรทในน้ำตัวอย่าง โดยสร้างกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรทกับค่าการดูดกลืนแสง โดยนำค่าความเข้มข้นของไนไตรท์ในน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรอง หักออกจากความเข้มข้นของไนเตรทในน้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ ก็จะทราบค่าความเข้มข้นของไนเตรทในน้ำตัวอย่างนั้น

ภาคผนวก ข

คุณภาพน้ำตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์

สูตรอาหาร	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเป็นกรด-ด่าง	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเค็ม (ส่วนในพัน)	แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)
1	27.12 – 28.44	7.85 – 8.05	112 - 116	6.05 – 6.30	28 - 30	0.07 – 0.09
2	27.32 – 28.04	7.89 – 8.03	112 – 114	6.10 – 6.23	28 - 29	0.11 – 0.12
3	27.18 – 28.15	8.00 – 8.05	106 – 110	6.00 – 6.25	28 - 29	0.06 – 0.10
4	27.08 – 28.14	7.98 – 8.02	106 – 112	6.08 – 6.32	28 - 30	0.09 - 0.11
5	27.02 – 28.05	8.04 – 8.06	114 – 116	6.04 – 6.26	28 - 30	0.08 - 0.12
6	27.12 – 28.44	7.85 – 8.05	112 – 116	6.05 – 6.30	28 - 30	0.07 – 0.09
7	27.18 – 28.54	8.04 – 8.06	110 -114	6.04 – 6.56	28 - 30	0.09 – 0.12
8	27.42 – 28.54	8.05 – 8.07	108 – 112	6.05 – 6.47	28 - 30	0.06 – 0.10
9	27.13 – 28.64	8.03 – 8.05	102 – 110	6.03 – 6.25	28 - 30	0.06 – 0.08
10	27.10 – 28.40	8.01 – 8.05	110 – 116	6.01 – 6.45	28 - 30	0.10 – 0.12
11	27.12 – 28.44	7.85 – 8.05	112 – 116	6.05 – 6.30	28 - 30	0.07 – 0.09
12	27.11 – 28.40	7.89 – 8.03	106 – 112	6.09 –6.33	28 - 30	0.11 – 0.14
13	27.19 – 28.04	8.00 – 8.05	106 – 114	6.00 – 6.25	28 - 30	0.06 - 0.08
14	27.10 – 28.00	7.98 – 8.04	106 – 116	6.08 – 6.24	28 - 30	0.09 – 0.12
15	27.10 – 28.12	8.04 – 8.06	114 – 116	6.04 – 6.16	28 - 30	0.08 – 0.10
16	27.12 – 28.44	7.85 – 8.05	112 – 116	6.05 – 6.30	28 - 30	0.07 – 0.09
17	27.14 – 28.41	8.04 – 8.07	110 – 114	6.04 – 6.27	28 - 30	0.09 - 0.12
18	27.22 – 28.00	8.05 – 8.06	108 – 112	6.05 – 6.26	28 - 30	0.06 – 0.08
19	27.12 – 28.21	8.03 – 8.05	102 – 108	6.03 – 6.35	28 - 30	0.06 – 0.08
20	27.12 – 28.32	8.01 – 8.03	110 – 116	6.01 – 6.23	28 - 30	0.10 – 0.14

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์สถิติของผลการทดลองและองค์ประกอบของอาหารทดลอง

ตารางภาคผนวกที่ ค.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักเริ่มต้นของปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ

Source	Sum of Squares	Df	Mean Squares	F Value	Pr > F
ชนิดวัตถุดิบ	0.000	19	0.000	0.059	0.809
ชนิดผลิตภัณฑ์	0.015	1	0.015	3.769	0.059
ระดับการแทนที่	0.036	1	0.009	2.237	0.082
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์	0.008	1	0.008	2.004	0.165
ชนิดวัตถุดิบ*ระดับการแทนที่	0.001	4	0.000	0.078	0.989
ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	0.007	1	0.002	0.412	0.799
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	0.010	4	0.002	0.592	0.670
Error	0.163	40	0.004		
Total	0.241	59			
	.				

ตารางภาคผนวกที่ ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักสุดท้ายของปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ

Source	Sum of Squares	Df	Mean Squares	F Value	Pr > F
ชนิดวัตถุดิบ	29.596	1	29.596	18.38	0.0001
ชนิดผลิตภัณฑ์	27.392	1	27.392	17.01	0.0002
ระดับการแทนที่	619.491	4	154.873	96.20	<.0001
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์	0.056	1	0.056	0.04	0.852
ชนิดวัตถุดิบ*ระดับการแทนที่	12.529	4	3.132	1.95	0.122
ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	53.703	4	13.426	8.34	<.0001
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	5.846	4	1.461	0.91	0.469
Error	64.396	40	1.610		
Total	813.009	59			

ตารางภาคผนวกที่ ค.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ

Source	Sum of Squares	Df	Mean Squares	F Value	Pr > F
ชนิดวัตถุดิบ	27147.752	1	27147.752	16.51	0.0002
ชนิดผลิตภัณฑ์	19458.364	1	19458.364	11.83	0.0014
ระดับการแทนที่	527365.420	4	131841.355	80.16	0.0001
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์	27.513	1	27.513	0.02	0.898
ชนิดวัตถุดิบ*ระดับการแทนที่	11788.650	4	2947.163	1.79	0.150
ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	50536.705	4	12634.176	7.68	0.0001
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	5065.887	4	1266.472	0.77	0 .551
Error	65787.478	40	1644.687		
Total	707177.769	59			

ตารางภาคผนวกที่ ค.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ

Source	Sum of Squares	Df	Mean Squares	F Value	Pr > F
ชนิดวัตถุดิบ	0.177	1	0.177	18.12	0.0001
ชนิดผลิตภัณฑ์	0.233	1	0.233	23.85	0.0001
ระดับการแทนที่	3.892	4	0.973	99.53	0.0001
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์	0.0002	1	0.0002	0.02	0.876
ชนิดวัตถุดิบ*ระดับการแทนที่	0.066	4	0.016	1.68	0.175
ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	0.561	4	0.140	14.35	0.0001
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	0.040	4	0.010	1.02	0.408
Error	0.391	40	0.010		
Total	5.360	59			

ตารางภาคผนวกที่ ค. 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักอาหารที่ปลากินของปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ

Source	Sum of Squares	Df	Mean Squares	F Value	Pr > F
ชนิดวัตถุดิบ	34.747	1	34.747	7.384	0.010
ชนิดผลิตภัณฑ์	163.152	1	163.152	34.669	0.0001
ระดับการแทนที่	222.277	4	55.569	11.808	0.0001
ชนิดวัตถุดิบชนิดผลิตภัณฑ์	26.401	1	26.401	5.610	0.023
ชนิดวัตถุดิบ*ระดับการแทนที่	73.728	4	18.432	3.917	0.009
ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	240.070	4	60.017	12.753	0.0001
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	41.907	4	10.477	2.226	0.083
Error	188.240	40	4.706		
Total	990.522	59			

ตารางภาคผนวกที่ ค.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ

Source	Sum of Squares	Df	Mean Squares	F Value	Pr > F
ชนิดวัตถุดิบ	0.054	1	0.054	1.49	0.230
ชนิดผลิตภัณฑ์	0.039	1	0.390	10.75	0.002
ระดับการแทนที่	1.677	4	0.419	11.55	0.0001
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์	0.207	1	0.207	5.69	0.023
ชนิดวัตถุดิบ*ระดับการแทนที่	0.385	4	0.096	2.65	0.047
ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	0.821	4	0.205	5.65	0.001
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	0.215	4	0.054	1.48	0.226
Error	1.452	40	0.036		
Total	5.202	59			

ตารางภาคผนวกที่ ค.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ

Source	Sum of Squares	Df	Mean Squares	F Value	Pr > F
ชนิดวัตถุดิบ	0.172	1	0.172	1.51	0.226
ชนิดผลิตภัณฑ์	0.857	1	0.857	7.54	0.009
ระดับการแทนที่	3.497	4	0.874	7.70	0.0001
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์	0.782	1	0.782	6.88	0.012
ชนิดวัตถุดิบ*ระดับการแทนที่	1.615	4	0.404	3.55	0.014
ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	1.821	4	0.455	4.01	0.008
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	0.833	4	0.208	1.83	0.141
Error	4.543	40	0.114		
Total	14.120	59			

ตารางภาคผนวกที่ ค.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ของปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ

Source	Sum of Squares	Df	Mean Squares	F Value	Pr > F
ชนิดวัตถุดิบ	1.841	1	1.841	0.07	0.793
ชนิดผลิตภัณฑ์	168.907	1	168.907	6.42	0.015
ระดับการแทนที่	1444.107	4	361.027	13.73	0.077
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์	86.712	1	86.712	3.30	0.0001
ชนิดวัตถุดิบ*ระดับการแทนที่	299.799	4	74.950	2.85	0.036
ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	143.253	4	35.813	1.36	0.264
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	65.490	4	16.373	0.62	0.649
Error	1052.065	40	26.302		
Total	3262.1756	59			

ตารางภาคผนวกที่ ค.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตรารอดตายของปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ

Source	Sum of Squares	Df	Mean Squares	F Value	Pr > F
ชนิดวัตถุดิบ	0.739	1	0.739	0.029	0.865
ชนิดผลิตภัณฑ์	6.653	1	6.653	0.264	0.610
ระดับการแทนที่	136.208	4	34.052	1.353	0.267
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์	0.739	1	0.739	0.029	0.865
ชนิดวัตถุดิบ*ระดับการแทนที่	47.368	4	11.842	0.471	0.757
ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	85.876	4	21.469	0.853	0.500
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	32.539	4	8.135	0.323	0.861
Error	1006.460	40	25.161		
Total	498180.223	59			

ตารางภาคผนวกที่ ค.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณโปรตีนของปลากะพงขาวหลังทดลองที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ

Source	Sum of Squares	Df	Mean Squares	F Value	Pr > F
ชนิดวัตถุดิบ	0.162	1	0.162	11.365	0.002
ชนิดผลิตภัณฑ์	0.754	1	0.754	52.803	0.000
ระดับการแทนที่	9.230	4	2.308	161.608	0.000
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์	1.171	1	1.171	82.031	0.000
ชนิดวัตถุดิบ*ระดับการแทนที่	4.681	4	1.170	81.966	0.000
ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	2.324	4	0.581	40.690	0.000
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	2.949	4	0.737	51.642	0.000
Error	0.543	38	0.014		
Total	12914.182	58			

ตารางภาคผนวกที่ ค.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณไขมันของปลากะพงขาวหลังทดลองที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ

Source	Sum of Squares	Df	Mean Squares	F Value	Pr > F
ชนิดวัตถุดิบ	5.198	1	5.198	456.880	0.000
ชนิดผลิตภัณฑ์	0.765	1	0.765	67.254	0.000
ระดับการแทนที่	4.116	4	1.029	90.442	0.000
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์	0.273	1	0.273	24.023	0.000
ชนิดวัตถุดิบ*ระดับการแทนที่	2.270	4	0.567	49.872	0.000
ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	1.012	4	0.253	22.227	0.000
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	2.611	4	0.653	57.381	0.000
Error	.444	39	0.011		
Total	709.692	59			

ตารางภาคผนวกที่ ค.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณเถ้าของปลากะพงขาวหลังทดลองที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ

Source	Sum of Squares	Df	Mean Squares	F Value	Pr > F
ชนิดวัตถุดิบ	0.018	1	0.018	20.64	0.159
ชนิดผลิตภัณฑ์	0.033	1	0.033	3.936	0.055
ระดับการแทนที่	1.155	4	0.289	34.068	0.000
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์	0.364	1	0.364	42.953	0.000
ชนิดวัตถุดิบ*ระดับการแทนที่	1.193	4	0.298	35.183	0.000
ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	1.541	4	0.385	45.439	0.000
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	0.836	4	0.209	24.659	0.000
Error	0.322	38	0.008		
Total	1111.150	58			

ตารางภาคผนวกที่ ค.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณความชื้นของปลากะพงขาวหลังทดลองที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ

Source	Sum of Squares	Df	Mean Squares	F Value	Pr > F
ชนิดวัตถุดิบ	13.216	1	13.216	1.538	0.222
ชนิดผลิตภัณฑ์	2.621	1	2.621	0.305	0.584
ระดับการแทนที่	45.128	4	11.282	1.313	0.282
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์	4.783	1	4.783	0.557	0.460
ชนิดวัตถุดิบ*ระดับการแทนที่	14.034	4	3.509	0.408	0.802
ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	4.521	4	1.130	0.132	0.970
ชนิดวัตถุดิบ*ชนิดผลิตภัณฑ์*ระดับการแทนที่	2.986	4	0.746	0.087	0.968
Error	343.706	40	8.593		
Total	345351.339	60			

ตารางภาคผนวกที่ ค.14 องค์ประกอบของอาหารสูตรควบคุมและสูตรที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยผลิตภัณฑ์ป่นและโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเครื่องในปลาทูน่า และส่วนผสมของเครื่องในและหัวปลาทูน่าที่ระดับต่างๆ (กรัม /100 กรัม)

ส่วนประกอบของอาหาร	สูตรอาหาร									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ปลาป่น (63 % โปรตีน)	56	42	28	14	0	56	42	29	15	0
เครื่องในปลาทูน่าป่น	-	15	29	44	58	-	-	-	-	-
โปรตีนไฮโดรไลเสตจากเครื่องในปลาทูน่า	-	-	-	-	-	-	11	22	33	45
ส่วนผสมของเครื่องในและหัวปลาทูน่าป่น	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
โปรตีนไฮโดรไลเสตจากส่วนผสมของเครื่องในและหัวปลาทูน่า	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
หัวกุ้งป่น	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
รำ	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
น้ำมันปลา	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
วิตามินรวม[1]	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
แร่ธาตุรวม[2]	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
บีเอชที	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
แป้งมัน	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
แป้งข้าวเจ้า	4.7	5.3	4.8	5.4	4.8	4.7	7.2	6.4	6.5	6.7
แกลบป่น	5.08	4.48	4.98	4.38	4.98	5.08	5.58	7.38	9.28	11.08
พลังงานรวม[3] (แคลอรี่/อาหาร100 กรัม)	394.93	394.89	395.08	395.05	394.82	394.93	394.71	394.95	394.34	394.42

ปริมาณเยื่อใยที่ได้จากการคำนวนในอาหารทดลองสูตรที่ 1 = 5.2%, 2 = 4.99%, 3 = 5.18%, 4 = 4.95%, 5 = 5.18%, 6 = 5.2%, 7 = 5.4%, 8 = 6.06%, 9 = 6.76% และ 10 = 7.43%

องค์ประกอบเยื่อใยในรำและแกลบอ้างตาม Tacon (1990) ซึ่งมีองค์ประกอบใกล้เคียงกับวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

ตารางภาคผนวกที่ ค.14 (ต่อ)

ส่วนประกอบของอาหาร	สูตรอาหาร									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ปลาป่น (63 % โปรตีน)	56	42	28	14	0	56	43	28	16	0
เครื่องในปลาทูน่าป่น	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
โปรตีนไฮโดรไลเสตจากเครื่องในปลาทูน่า	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ส่วนผสมของเครื่องในและหัวปลาทูน่าป่น	-	15	31	46	61	-	-	-	-	-
โปรตีนไฮโดรไลเสตจากส่วนผสมของเครื่องในและหัวปลาทูน่า	-	-	-	-	-	-	11	24	35	49
หัวกุ้งป่น	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
รำ	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
น้ำมันปลา	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
วิตามินรวม[1]	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
แร่ธาตุรวม[2]	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
บีเอชที	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
แป้งมัน	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
แป้งข้าวเจ้า	4.7	5	4.3	4.5	4.28	4.7	7.4	7.7	7	7.5
แกลบป่น	5.08	3.78	2.48	1.28	0.5	5.08	4.38	5.08	5.78	6.28
พลังงานรวม[3] (แคลอรี่/อาหาร100 กรัม)	394.93	394.96	395.06	394.69	392.59	394.93	395.12	394.59	394.83	394.95

[1]วิตามินรวม (มก./กก. อาหาร) : Thaimin HCl 60 , Riboflavin 00, Pyridoxine HCl 40,Choline chloride 5,000, Niacin 400, Ca – Pantothenate 100, Ascorbic acid 500, Inositol 2,000, Biotin 6, Folic acid 15, Vitamin B_{12} 0.1, Menadione 50, Tocopherol acetate 100, Vitamin AD_3 (500 IU of A+100 IU of D_3/mg) 8.

[2]แร่ธาตุรวม (ก./กก.อาหาร) : $CaHPO_4$ 8, NaH_2PO_4 $2H_2O$ 15, KH_2PO_4 10, KCl 5.

[3]พลังงานรวม (แคลลอรี่/กรัมอาหาร) คำนวณจากค่าพลังงานของโปรตีน = 5.64, ไขมัน =9.44 แคลลอรี่และคาร์โบไฮเดรท = 4.11 แคลลอรี่ (NRC, 1993)

ปริมาณเยื่อใยที่ได้จากการคำนวนในอาหารทดลองสูตรที่ 11 = 5.2%, 12 = 4.73%, 13 = 4.25%, 14 = 3.81%, 15 = 3.92%, 16 = 5.2, 17 = 4.95%, 18 = 5.215%, 19 = 5.47% และ 20 = 5.66%

องค์ประกอบเยื่อใยในรำและแกลบอ้างตาม Tacon (1990) ซึ่งมีองค์ประกอบใกล้เคียงกับวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง