

## ภาคผนวก ก วิธีการทดลอง

### ภาคผนวก ก 1. ศึกษาสมบัติวิสโคอิลาสติก (คัดแปลงจาก Norziah *et al.*, 2006)

#### อุปกรณ์

1. ไชริงค์
2. บีกเกอร์
3. แท่งแม่เหล็กคน
4. ฮอทเพลท
5. เทอร์โมมิเตอร์
6. รีโอมิเตอร์

#### วิธีการ

##### วุ้น Ac และ As

1. เตรียมสารละลายวุ้น Ac และ As ร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ผสมผงวุ้นกับน้ำกลั่นกวนให้เข้ากัน

2. ให้ความร้อน กวนด้วยแท่งแม่เหล็ก จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 90 องศาเซลเซียส และให้ความร้อนต่อจนได้สารละลายใส

3. นำไปวิเคราะห์สมบัติวิสโคอิลาสติกด้วยเครื่อง Rheometer ด้วยวิธีการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบ linear viscoelastic range (LVR) ของตัวอย่าง (แรงกระทำที่ทำให้โครงสร้างของตัวอย่างไม่ถูกทำลาย; yield stress) โดยใช้โปรแกรม amplitude sweep แล้วทำการเลือกช่วง linear viscoelastic (LVR) จะได้ % Strain ของตัวอย่าง

2. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสถานะ (sol-gel-sol) และสมบัติวิสโคอิลาสติก ( $G'$  ; storage modulus ,  $G''$  ; loss modulus) ของตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม Temperature sweep กำหนดค่า % Strain (ได้จากข้อ 1) และสถานะของอุณหภูมิดังนี้ เริ่มต้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วลดอุณหภูมิจนถึง 0 องศาเซลเซียส จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 100 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (heating rate) ที่ 2 องศาเซลเซียสต่อนาที (ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ) วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยการนำมาพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $G'$  และ  $G''$  กับอุณหภูมิ ทำให้ทราบ

อุณหภูมิในการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร คือการเปลี่ยนแปลงจากสารละลายกลายเป็นเจล ( $T_{gel}$ ) และจากเจลกลายเป็นสารละลาย ( $T_m$ ) โดยพิจารณาจากจุดตัด (cross over point) ระหว่างค่า  $G'$  และ  $G''$

### เจลาตินปลา

1. ผสมเจลาตินปลาร้อยละ 5, 10, 15, 20 และ 25 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร กับน้ำกลั่นกวนให้เข้ากัน
2. ให้ความร้อน กวนด้วยแท่งแม่เหล็ก จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 15 นาที หรือละลายกลายเป็นสารละลายใส
3. นำไปวิเคราะห์สมบัติวิสโคอิลาสติกด้วยเครื่อง Rheometer ด้วยวิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับสารละลายวุ้น

### เจลผสม

1. เตรียมความเข้มข้นของวุ้นคงที่ร้อยละ 1 ผสมเจลาตินปลาที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15, 20 และ 25
2. เตรียมสารละลาย วุ้น Ac วุ้น As โดยให้ความร้อน กวนด้วยแท่งแม่เหล็ก จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 90 องศาเซลเซียส และให้ความร้อนต่อจนได้สารละลายใส พักสารละลายที่ได้ไปพักไว้ในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
3. เตรียมสารละลายเจลาตินปลาให้ความร้อน กวนด้วยแท่งแม่เหล็ก จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 15 นาที หรือละลายกลายเป็นสารละลายใส พักสารละลายที่ได้ไปพักไว้ในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
4. ผสมสารละลายวุ้นและสารละลาย เจลาตินปลา กวนจนได้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
5. นำไปวิเคราะห์สมบัติวิสโคอิลาสติกด้วยเครื่อง Rheometer ด้วยวิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับสารละลายวุ้น

## ภาคผนวก ก 2. ศึกษาอุณหภูมิในการเกิดเจลและระยะเวลา (ดัดแปลงจาก Murano *et al.*, 1992)

### อุปกรณ์

1. หลอดทดลอง
2. อ่างน้ำเย็น
3. แท่งแม่เหล็กคน
4. สอทเพลท
5. เทอร์โมมิเตอร์
6. บีกเกอร์

### วิธีการ

#### วุ้น Ac และ As

1. เตรียมสารละลายวุ้น Ac และ As ร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
2. ให้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 90 องศาเซลเซียส และกวนด้วยแท่งแม่เหล็ก จนละลายหมดได้สารละลายใส
3. เทสารละลายวุ้นลงในหลอดทดลอง ขนาด 20 มิลลิลิตร จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงไปวัดสารละลายให้มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แล้วนำหลอดทดลองไปแช่ในอ่างน้ำเย็น
4. บันทึกอุณหภูมิและระยะเวลาขณะที่ดึงเทอร์โมมิเตอร์ออกจากวุ้นแล้วเกิดเป็นรอยแยกเทอร์โมมิเตอร์ที่ผิวหน้า (ทำการทดสอบ 5 ซ้ำ)

#### เจลตินปลา

1. ผสมเจลตินปลาร้อยละ 5, 10, 15, 20 และ 25 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร กับน้ำกลั่นกวนให้เข้ากัน
2. ให้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส กวนด้วยแท่งแม่เหล็ก เป็นเวลาประมาณ 15 นาที หรือสารละลายสารละลาย
3. ศึกษาอุณหภูมิในการเกิดเจลเช่นเดียวกับการศึกษาอุณหภูมิในการเกิดเจลของวุ้น

### เจลผสม

1. เตรียมความเข้มข้นของวุ้นคงที่ร้อยละ 1 ผสมเจลาตินปลาที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15, 20 และ 25
2. เตรียมสารละลาย วุ้น Ac วุ้น As โดยให้ความร้อน กวนด้วยแท่งแม่เหล็ก จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 90 องศาเซลเซียส และให้ความร้อนต่อจนได้สารละลายใส พักสารละลายที่ได้ไปพักไว้ในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
3. เตรียมสารละลายเจลาตินปลาให้ความร้อน กวนด้วยแท่งแม่เหล็ก จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 15 นาที หรือละลายกลายเป็นสารละลายใส พักสารละลายที่ได้ไปพักไว้ในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
4. ผสมสารละลายวุ้นและสารละลาย เจลาตินปลา กวนจนได้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
5. ศึกษาอุณหภูมิในการเกิดเจลเช่นเดียวกับการศึกษาอุณหภูมิในการเกิดเจลของวุ้น

### ภาคผนวก ก 3. ศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัส (Lau *et al.*, 2000)

#### อุปกรณ์

1. เครื่องทดสอบเนื้อสัมผัส
2. หัววัดพลาสติกทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว (P/0.5 HS; 0.5 inch diameter nemi-spherical delrin cylinder probe)
3. ถ้วยพลาสติก
4. สอทเพลท
5. บีกเกอร์
6. แท่งแม่เหล็กคน
7. เทอร์โมมิเตอร์

#### วิธีการ

##### วุ้น Ac และ As

1. เตรียมสารละลายวุ้น Ac และ As ร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

2. ให้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 90 องศาเซลเซียส และกวนด้วยแท่งแม่เหล็ก จนละลายหมดได้สารละลายใส

3. เทสารละลายที่เตรียมได้ใส่ถ้วยพลาสติก 20 มิลลิเมตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. ทดสอบเนื้อสัมผัสด้วย Texture analyzer วิเคราะห์ด้วยวิธี Texture profile analysis (TPA) บันทึกค่าความแข็งแรงของเจล (gel strength) และค่าความยืดหยุ่น (springiness) (ทำการทดสอบ 5 ซ้ำ) โดยมีวิธีการใช้งานและวิธีวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- เสียบปลั๊กเครื่องสำรองไฟ เปิดสวิทช์เครื่องมาที่ตำแหน่ง on
- เปิดคอมพิวเตอร์และเปิดสวิทช์ฐานทดสอบซึ่งอยู่ด้านหลังของเครื่อง
- เข้าโปรแกรมการทำงานของเครื่องโดย คลิกเมาส์ที่ Program เลือก Texture expert จะปรากฏโปรแกรมย่อย คลิกเมาส์ที่ Texture expert English
- เริ่มการทำงานเข้าสู่โปรแกรมภายใต้โปรแกรม Project คลิกเมาส์ที่ restart
- หน้าต่างใหม่ประกอบด้วยแถบคำสั่งต่างๆ คลิกเมาส์ที่ TA
- เลือก TA บนคำสั่ง แล้วเลือก Calibrate force หน้าต่างใหม่จะเตือนให้ผู้ใช้ตรวจสอบว่ามีวัตถุใดๆ กีดขวางหัววัดหรือไม่ ถ้าไม่มีให้ตอบตกลงหน้าต่างใหม่ที่ปรากฏ จะแจ้งให้ผู้ใช้ยกค้อนน้ำหนักวางบนคานวัด จากนั้นตอบตกลงเมื่อหน้าจอปรากฏข้อความ Calibrate successful ตอบตกลง เอาค้อนน้ำหนักลง
- เลือก TA-Calibrate probe กำหนดระยะทางให้มีความสูงกว่าชิ้นตัวอย่างเล็กน้อย สวมหัววัด จากนั้นตอบตกลง หัววัดจะเคลื่อนลงมาแตะกับฐานแล้วกลับไปยังตำแหน่งที่กำหนด ซึ่ง Texture expert จะอ่านตำแหน่งดังกล่าวเป็นศูนย์
- เลือก TA-setting เพื่อกำหนดค่าต่างๆ วิเคราะห์ด้วยวิธี Texture profile analysis (TPA) ค่าที่ได้จากการวัดคือ ค่าความแข็ง และค่าความยืดหยุ่น

ค่าความแข็งของเจล (Hardness) คำนวณจาก ค่าแรงสูงสุดจากกราฟ TPA ที่เกิดขึ้นในการกดตัวอย่างครั้งที่ 1

ความยืดหยุ่น (springiness) คำนวณจากระยะทางที่ได้จากการกดตัวอย่างครั้งที่สองจนถึง peak ที่สอง โดยคิดให้อยู่ในรูปร้อยละดังนี้

$$\text{ความยืดหยุ่น} = \frac{\text{ระยะทางที่ได้จากการกดตัวอย่างครั้งที่สองถึง peak ที่สอง}}{\text{ความสูงของตัวอย่าง}} \times 100$$

มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

Force unit	:	10 gram
Pre-speed	:	1 mm/s
Test speed	:	0.5 mm/s
Post speed	:	1 mm/s
Distance format	:	15 mm
Acquisition rate	:	4.00 pps

#### เจลาคินปลา

1. ผสมเจลาคินปลาร้อยละ 5, 10, 15, 20 และ 25 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร กับน้ำกลั่นกวนให้เข้ากัน
2. ให้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส กวนด้วยแท่งแม่เหล็ก เป็นเวลาประมาณ 15 นาที หรือสารละลายสารละลายใส (Harrington and Morris, 2009)
3. ศึกษาเนื้อสัมผัสด้วย Texture analyzer วิเคราะห์ด้วยวิธีเช่นเดียวกับวุ้น

#### เจลผสม

1. เตรียมความเข้มข้นของวุ้นคงที่ร้อยละ 1 ผสมเจลาคินปลาที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15, 20 และ 25
2. เตรียมสารละลาย วุ้น Ac วุ้น As โดยให้ความร้อน กวนด้วยแท่งแม่เหล็ก จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 90 องศาเซลเซียส และให้ความร้อนต่อจนได้สารละลายใส พักสารละลายที่ได้ไปพักไว้ในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
3. เตรียมสารละลายเจลาคินปลาให้ความร้อน กวนด้วยแท่งแม่เหล็ก จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 15 นาที หรือละลายกลายเป็นสารละลายใส พักสารละลายที่ได้ไปพักไว้ในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
4. ผสมสารละลายวุ้นและสารละลาย เจลาคินปลา กวนจนได้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
5. ศึกษาเนื้อสัมผัสด้วย Texture analyzer วิเคราะห์ด้วยวิธีเช่นเดียวกับวุ้น

#### ภาคผนวก ก 4. ศึกษาการขับน้ำออกจากเจล ( ดัดแปลงจาก Banerjee and Bhattacharya 2011)

##### อุปกรณ์

1. เครื่องเซนตริฟิวจ์
2. หลอดเซนตริฟิวจ์
3. แท่งแม่เหล็กคน
4. สอทเพลท
5. เทอร์โมมิเตอร์
6. ปีกเกอร์

##### วิธีการ

1. เตรียมความเข้มข้นของวุ้นคงที่ร้อยละ 1 ผสมเจลาตินปลาที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15, 20 และ 25
2. เตรียมสารละลาย วุ้น Ac วุ้น As โดยให้ความร้อน กวนด้วยแท่งแม่เหล็ก จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 90 องศาเซลเซียส และให้ความร้อนต่อจนได้สารละลายใส พักสารละลายที่ได้ไปพักไว้ในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
3. เตรียมสารละลายเจลาตินปลาให้ความร้อน กวนด้วยแท่งแม่เหล็ก จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 15 นาที หรือละลายกลายเป็นสารละลายใส พักสารละลายที่ได้ไปพักไว้ในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
4. ผสมสารละลายวุ้นและสารละลาย เจลาตินปลา กวนจนได้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
5. เทสารละลายปริมาตร 30 มิลลิลิตร ลงในหลอดเซนตริฟิวจ์ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วชั่งน้ำหนัก ( $m_1$ )
6. เก็บไว้ในที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
7. นำตัวอย่างไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์ด้วยความเร็ว 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เทของเหลวที่อยู่ด้านบนออก แล้วชั่งน้ำหนักเจล ( $m_2$ ) ค่าการขับน้ำออก (syneresis) คิดอยู่ในรูปร้อยละดังนี้

$$\text{ค่าการจับน้ำ} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

### ภาคผนวก ก 5. ศึกษาการวัดค่าความชุ่ม (ดัดแปลงจาก Lau *et al.*, 2000)

#### อุปกรณ์

1. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
2. คิวเวทท์
3. แท่งแม่เหล็กคน
4. ฮอทเพลท
5. เทอร์โมมิเตอร์
6. บีกเกอร์

#### วิธีการ

1. เตรียมความเข้มข้นของวุ้นคงที่ร้อยละ 1 ผสมเจลาตินปลาที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15, 20 และ 25
2. เตรียมสารละลาย วุ้น Ac วุ้น As โดยให้ความร้อน กวนด้วยแท่งแม่เหล็ก จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 90 องศาเซลเซียส และให้ความร้อนต่อจนได้สารละลายใส พักสารละลายที่ได้ไปพักไว้ในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
3. เตรียมสารละลายเจลาตินปลาให้ความร้อน กวนด้วยแท่งแม่เหล็ก จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 15 นาที หรือละลายกลายเป็นสารละลายใส พักสารละลายที่ได้ไปพักไว้ในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
4. ผสมสารละลายวุ้นและสารละลาย เจลาตินปลา กวนจนได้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
5. เทสารละลายในคิวเวทท์ ขนาด 1 เซนติเมตร ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดเจลที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
6. วัดความชุ่มโดยการส่องผ่านของแสง (Transmissions) ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร โดยใช้ น้ำกลั่นเป็นสารละลายแบลนด์ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ



ภาคผนวก ข ตารางผลการทดลอง

ตารางภาคผนวกที่ ข. 1 อุณหภูมิในการเกิดเจล ( $T_{gel}$ ) และอุณหภูมิในการหลอมเหลว ( $T_m$ ) ของ Ac, As ณ จุดตัดระหว่างค่า  $G'$  และ  $G''$  ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

Concentration (%)	$T_{gel}$ (°C)		$T_m$ (°C)	
	Ac	As	Ac	As
0.5	32.70±0.39 <sup>aA</sup>	27.37±0.57 <sup>aB</sup>	86.63±0.44 <sup>aA</sup>	84.24±0.57 <sup>aB</sup>
1.0	37.25±0.34 <sup>bA</sup>	34.57±0.56 <sup>bB</sup>	87.12±0.18 <sup>aA</sup>	85.53±0.40 <sup>bB</sup>
1.5	41.33±0.52 <sup>cA</sup>	36.72±0.58 <sup>cB</sup>	82.22±0.20 <sup>bA</sup>	86.14±0.40 <sup>bB</sup>
2.0	43.26±0.41 <sup>dA</sup>	39.04±0.51 <sup>dB</sup>	89.15±0.28 <sup>cA</sup>	87.74±0.83 <sup>cB</sup>
2.5	45.42±0.48 <sup>eA</sup>	42.61±0.56 <sup>eB</sup>	92.08±0.30 <sup>dA</sup>	90.51±0.54 <sup>dB</sup>

ค่าเฉลี่ยจำนวน 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวเล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

อักษรตัวใหญ่ที่แตกต่างกันระหว่างคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

ตารางภาคผนวกที่ ข. 2 อุณหภูมิในการเกิดเจล ( $T_{gel}$ ) และอุณหภูมิในการหลอมเหลว ( $T_m$ ) ของ Fg ณ จุดตัดระหว่างค่า  $G'$  และ  $G''$  ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

Concentration (%)	$T_{gel}$ (°C)	$T_m$ (°C)
5	5.30±0.16 <sup>a</sup>	20.46±0.36 <sup>a</sup>
10	9.27±0.27 <sup>b</sup>	25.40±0.31 <sup>b</sup>
15	15.37±0.06 <sup>c</sup>	28.34±0.27 <sup>c</sup>
20	19.42±0.16 <sup>d</sup>	29.34±0.35 <sup>d</sup>
25	21.57±0.12 <sup>e</sup>	31.45±0.39 <sup>e</sup>

ค่าเฉลี่ยจำนวน 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวเล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

ตารางภาคผนวกที่ ข. 3 อุณหภูมิ  $T_{gel-C}$  และระยะเวลาในการเกิดเจลของ Ac และ As ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

Concentration (%)	$T_{gel-C}$ (°C)		gelling time (min)	
	Ac	As	Ac	As
0.5	27.8±0.83 <sup>aA</sup>	23.6±0.89 <sup>cB</sup>	7.14±0.45 <sup>aA</sup>	10.57±0.26 <sup>cB</sup>
1.0	33.8±1.3 <sup>bA</sup>	31.6±0.54 <sup>dB</sup>	4.36±0.64 <sup>bA</sup>	7.06±0.27 <sup>dB</sup>
1.5	39±0.7 <sup>cA</sup>	33.4±1.34 <sup>cB</sup>	2.4±0.02 <sup>cA</sup>	4.26±0.27 <sup>cB</sup>
2.0	41.61±1.4 <sup>dA</sup>	35.2±0.83 <sup>bB</sup>	1.28±0.04 <sup>dA</sup>	2.57±0.25 <sup>bB</sup>
2.5	43±1 <sup>eA</sup>	38.8±0.83 <sup>aB</sup>	1.26±0.15 <sup>eA</sup>	1.8±0.02 <sup>aB</sup>

ค่าเฉลี่ยจำนวน 5 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวเล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

อักษรตัวใหญ่ที่แตกต่างกันระหว่างคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

ตารางภาคผนวกที่ ข. 4 อุณหภูมิ  $T_{gel-C}$  และระยะเวลาในการเกิดเจลของ Fg ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

Concentration (%)	$T_{gel-C}$ (°C)	gelling time (min)
0.5	5±0.70 <sup>a</sup>	16.16±0.97 <sup>a</sup>
1.0	11.8±0.83 <sup>b</sup>	14.96±1.05 <sup>b</sup>
1.5	14.8±1.09 <sup>c</sup>	8.56±0.54 <sup>c</sup>
2.0	18.8±0.83 <sup>d</sup>	5.69±0.33 <sup>d</sup>
2.5	22.4±0.54 <sup>e</sup>	3.62±0.46 <sup>c</sup>

ค่าเฉลี่ยจำนวน 5 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวเล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

ตารางภาคผนวกที่ ข. 5 ความแข็งแรงของ Ac และ As ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

Concentration (%)	Gel strength (g)	
	Ac	As
0.5	412.69±30.23 <sup>aA</sup>	235.77±2.87 <sup>aB</sup>
1.0	1178±61.39 <sup>bA</sup>	677.24±38.23 <sup>bB</sup>
1.5	1867.87±38.72 <sup>cA</sup>	1119.56±29.43 <sup>cB</sup>
2.0	2730.95±52.62 <sup>dA</sup>	2085.77±88.35 <sup>dB</sup>
2.5	3471.95±51.17 <sup>eA</sup>	3010.25±27.26 <sup>eB</sup>

ค่าเฉลี่ยจำนวน 5 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวเล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

อักษรตัวใหญ่ที่แตกต่างกันระหว่างคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

ตารางภาคผนวกที่ ข. 6 ความแข็งแรงของเจลของ Fg ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

Concentration (%)	Gel strength (g)
5	192.45±0.36 <sup>a</sup>
10	509.04±3.9 <sup>b</sup>
15	839.04±34.49 <sup>c</sup>
20	1218.5±44.36 <sup>d</sup>
25	2053.69±51.62 <sup>e</sup>

ค่าเฉลี่ยจำนวน 5 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวเล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

ตารางภาคผนวกที่ ข. 7 ความยืดหยุ่นของ Ac และ As ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

Concentration (%)	Gel strength (g)	
	Ac	As
0.5	4.98±0.38 <sup>aA</sup>	5.50±0.35 <sup>aB</sup>
1.0	6.03±0.29 <sup>bA</sup>	6.68±0.40 <sup>bB</sup>
1.5	6.66±0.47 <sup>cA</sup>	7.12±0.09 <sup>bA</sup>
2.0	7.50±0.32 <sup>dA</sup>	8.00±0.41 <sup>cA</sup>
2.5	8.08±0.12 <sup>eA</sup>	8.81±0.53 <sup>dB</sup>

ค่าเฉลี่ยจำนวน 5 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวเล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

อักษรตัวใหญ่ที่แตกต่างกันระหว่างคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

ตารางภาคผนวกที่ ข. 8 ความยืดหยุ่นของ Fg ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

Concentration (%)	Springiness
5	17.37±0.62 <sup>a</sup>
10	19.02±0.58 <sup>b</sup>
15	20.01±0.72 <sup>c</sup>
20	21.14±0.93 <sup>d</sup>
25	22.70±0.50 <sup>e</sup>

ค่าเฉลี่ยจำนวน 5 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวเล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

ตารางภาคผนวกที่ ข. 9 อุณหภูมิในการเกิดเจล ( $T_{gel}$ ) และอุณหภูมิในการหลอมเหลว ( $T_m$ ) ของเจลผสมระหว่าง Ac กับ Fg และ As กับ Fg ณ จุดตัดระหว่างค่า  $G'$  และ  $G''$

Proportion	$T_{gel}$ (°C)		$T_m$ (°C)	
	Ac:Fg	As:Fg	Ac:Fg	As:Fg
1:5	30.60±0.46 <sup>ca</sup>	28.50±0.26 <sup>cb</sup>	81.50±0.26 <sup>ca</sup>	73.24±0.10 <sup>cb</sup>
1:10	19.23±0.44 <sup>aa</sup>	16.53±0.35 <sup>ab</sup>	29.61±0.35 <sup>aa</sup>	27.39±0.27 <sup>ab</sup>
1:15	21.79±0.28 <sup>ba</sup>	18.51±0.34 <sup>bb</sup>	30.49±0.34 <sup>ba</sup>	29.52±0.35 <sup>bb</sup>
1:20	22.80±0.30 <sup>ca</sup>	20.38±0.26 <sup>cb</sup>	31.30±0.26 <sup>ca</sup>	30.46±0.46 <sup>cb</sup>
1:25	24.78±0.62 <sup>da</sup>	23.39±0.19 <sup>db</sup>	33.22±0.19 <sup>da</sup>	31.31±0.23 <sup>db</sup>

ค่าเฉลี่ยจำนวน 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวเล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

อักษรตัวใหญ่ที่แตกต่างกันระหว่างคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

ตารางภาคผนวกที่ ข. 10  $T_{gel-C}$  และระยะเวลาในการเกิดเจลของเจลผสมระหว่าง Ac กับ Fg และ As กับ Fg

Proportion	$T_{gel-C}$ (°C)		gelling time (min)	
	Ac:Fg	As:Fg	Ac:Fg	As:Fg
1:0	33.80±1.30 <sup>fa</sup>	31.6±0.54 <sup>eb</sup>	4.36±0.64 <sup>ba</sup>	7.06±0.27 <sup>cdB</sup>
1:5	27.60±1.14 <sup>ca</sup>	24.40±0.96 <sup>db</sup>	4.96±0.89 <sup>ba</sup>	5.59±0.31 <sup>db</sup>
1:10	18.20±0.83 <sup>aa</sup>	16.20±0.62 <sup>ab</sup>	6.00±0.83 <sup>ca</sup>	7.06±0.35 <sup>eb</sup>
1:15	19.40±0.54 <sup>ba</sup>	18.80±0.31 <sup>ba</sup>	4.60±0.83 <sup>ba</sup>	5.12±0.38 <sup>cb</sup>
1:20	21.40±0.54 <sup>ca</sup>	19.60±0.61 <sup>bb</sup>	2.88±0.89 <sup>ba</sup>	3.17±0.39 <sup>ba</sup>
1:25	24.20±0.83 <sup>da</sup>	22.40±0.34 <sup>cb</sup>	2.13±0.89 <sup>aa</sup>	2.41±0.13 <sup>aa</sup>

ค่าเฉลี่ยจำนวน 5 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวเล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

อักษรตัวใหญ่ที่แตกต่างกันระหว่างคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

ตารางภาคผนวกที่ ข. 11 ความแข็งแรงของเจลผสมระหว่าง Ac กับ Fg และ As กับ Fg

Proportion	Gel strength (g)	
	Ac:Fg	As:Fg
1:0	1178±61.39 <sup>cA</sup>	677.24±38.23 <sup>aB</sup>
1:5	445.81±35.17 <sup>aA</sup>	270.4±21.85 <sup>aB</sup>
1:10	839.66±29.46 <sup>bA</sup>	684.12±34.8 <sup>bB</sup>
1:15	1349.87±36.31 <sup>dA</sup>	1030.31±48.98 <sup>cB</sup>
1:20	1944.28±38.39 <sup>eA</sup>	1568.85±29.71 <sup>dB</sup>
1:25	2541.62±33.12 <sup>fA</sup>	2118.93±43.46 <sup>eB</sup>

ค่าเฉลี่ยจำนวน 5 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวเล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

อักษรตัวใหญ่ที่แตกต่างกันระหว่างคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

ตารางภาคผนวกที่ ข. 12 ความยืดหยุ่นของเจลผสมระหว่าง Ac กับ Fg และ As กับ Fg

Proportion	Gel strength (g)	
	Ac:Fg	As:Fg
1:0	6.03±0.29 <sup>aA</sup>	6.68±0.40 <sup>aB</sup>
1:5	8.63±0.5 <sup>bA</sup>	9.35±0.25 <sup>bB</sup>
1:10	10.87±0.24 <sup>cA</sup>	12.37±0.42 <sup>cB</sup>
1:15	12.16±0.68 <sup>dA</sup>	13.48±0.44 <sup>dB</sup>
1:20	13.62±0.41 <sup>eA</sup>	15.19±0.2 <sup>eB</sup>
1:25	15.21±0.15 <sup>fA</sup>	17.84±0.9 <sup>fB</sup>

ค่าเฉลี่ยจำนวน 5 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวเล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

อักษรตัวใหญ่ที่แตกต่างกันระหว่างคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

ตารางภาคผนวกที่ ข. 13 การขับน้ำออกจากเจลผสมระหว่าง Ac กับ Fg และ As กับ Fg

Proportion	Syneresis	
	Ac:Fg	As:Fg
1:0	1.13±0.071 <sup>dA</sup>	2.28±0.253 <sup>cB</sup>
1:5	0.57±0.041 <sup>cA</sup>	1.14±0.107 <sup>bbB</sup>
1:10	0.22±0.032 <sup>bA</sup>	0.97±0.145 <sup>abB</sup>
1:15	0.06±0.007 <sup>aA</sup>	0.07±0.007 <sup>aB</sup>
1:20	0.04±0.002 <sup>aA</sup>	0.06±0.001 <sup>aB</sup>
1:25	0.02±0.003 <sup>aA</sup>	0.04±0.01 <sup>aB</sup>

ค่าเฉลี่ยจำนวน 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวเล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

อักษรตัวใหญ่ที่แตกต่างกันระหว่างคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

ตารางภาคผนวกที่ ข. 14 ความชุ่มของเจลผสมระหว่าง Ac กับ Fg และ As กับ Fg

Proportion	Syneresis	
	Ac:Fg	As:Fg
1:0	0.39±0.019 <sup>aA</sup>	0.15±0.011 <sup>aB</sup>
1:5	0.53±0.015 <sup>bA</sup>	0.44±0.015 <sup>bbB</sup>
1:10	0.69±0.001 <sup>cA</sup>	0.57±0.018 <sup>cbB</sup>
1:15	0.76±0.015 <sup>dA</sup>	0.62±0.024 <sup>dbB</sup>
1:20	0.82±0.013 <sup>eA</sup>	0.71±0.013 <sup>ebB</sup>
1:25	0.89±0.0120 <sup>fA</sup>	0.77±0.021 <sup>fbB</sup>

ค่าเฉลี่ยจำนวน 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวเล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

อักษรตัวใหญ่ที่แตกต่างกันระหว่างคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ).

**ภาคผนวก ค.**  
**แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส**  
**โดยวิธี Hedonic scale**  
**ผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่กลิ่นกาแฟ**

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้อย่างถี่ถ้วนให้คะแนนระดับคุณลักษณะต่าง ๆ ของตัวอย่าง

โดยให้คะแนน 0-9 ซึ่งมีความหมายดังนี้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

5 = เฉยๆ

8 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

6 = ชอบเล็กน้อย

9 = ชอบมากที่สุด

ลักษณะตัวอย่างที่ทดสอบ	ระดับคะแนนความชอบ					
	รหัส .....	รหัส .....	รหัส .....	รหัส .....	รหัส .....	รหัส .....
สี						
กลิ่น						
กลิ่นรส						
ความหวาน						
เนื้อสัมผัส (ความยืดหยุ่น/ความเหนียว)						
ระดับความชอบโดยรวม						

ข้อเสนอแนะ/หรือวิจารณ์

.....  
 .....

หมายเหตุ - กลิ่นรส หมายถึง กลิ่นของผลิตภัณฑ์โดยรวมภายในปากขณะชิมตัวอย่าง  
 - ความชอบโดยรวม หมายถึง ความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์เมื่อพิจารณาจากลักษณะโดยรวมทั้งหมด