ผลของสารสกัดจากรากกระพังโหมต่อการเกิดเจลซูริมิจากปลาชะโด

Effects of skunk-vine (*Paederia foetida* Linn.) roots extract on gelation of surimi from giant snakehead (*Channa micropeltes*)

เกรียงศักดิ์ บรรลือ[1*], กรวัฒน์ สารโภคา[1] และ ทวีศักดิ์ วงศ์พินิจ[1]

Kriangsak Banlue[1*], Korawat Sarapoka[1] and Taweesak Wongpinij[1]

บทคัดย่อ: ผลของสารสกัดจากรากกระพังโหม (*Paederia foetida* Linn.) ที่สกัด ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน (0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5. 1.0%) ต่อความสามารถในการเกิดเจลซูริมิจากปลาชะโด (*Channa micropeltes*) พบว่าการเติมสารสกัดจากรากกระพังโหม ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 % สามารถเพิ่มค่า breaking force, deformation และ gel strength จากตัวอย่างควบคุม 24.25 , 13.38 และ 39.5% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม($P<0.05$) นอกจากนี้สารสกัดจากรากกระพังโหมยังสามารถลดปริมาณโปรตีนที่ละลายในกรดไตรคลอโรอะซิติก (TCA-soluble protein) 36.53 mg/100g และสามารถลดปริมาณหมู่ซัลไฟดริลล์ทั้งหมด(Total sulfhydryl groups) 3.27 μmol/g จากตัวอย่างควบคุม โดยไม่มีผลต่อความขาวของเจล จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าสารสกัดจากรากกระพังโหมที่ความเข้มข้น 0.1% สามารถส่งเสริมการเกิดเจลของโปรตีนจากปลาชะโด โดยเนี่ยวนำให้เกิด cross-linking ของโปรตีนด้วยพันธะไดซัลไฟด์

คำสำคัญ: สารสกัด, กระพังโหม, เจลซูริมิ, ปลาชะโด

ABSTRACT: The effects of skunk-vine (*Paederia foetida* Linn.) roots extract on gelation of surimi from giant snakehead (*Channa micropeltes*) at different levels of concentration (0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 and 1.0%) on gel forming properties of giant snakehead surimi was investigated. The results showed that giant snakehead surimi gel added with those extracts at 0.1% increased breaking force deformation and gel strength reach the peak for compare to the control for 24.25 , 13.38 and 39.59%, respectively($p<0.05$). These results associated with the decrease of TCA-soluble proteins for 36.53 mg/100g and total sulfhydryl contents for 3.27 μmol/g with no effect on whitness. These results revealed that the water extracts of skunk-vine roots at 0.1% enhanced gel-forming ability of giant snakehead through disulfide bond.

Keywords: Gel forming ability, Surimi, Giant snakehead, Skunk-vine

บทนำ

กระพังโหม (*Paederia foetida Linn.*) เป็นไม้เลื้อยที่พบได้โดยทั่วไปในประเทศไทย มีกลิ่นฉุน ใบและยอดใช้รับประทานสดได้ ส่วนของราก ถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหาร เพื่อใช้ปรับปรุงสมบัติของแป้งโดยการเกิดคลอสลิงค์ เพื่อให้มีเนื้อสัมผัสและการฟองตัวที่ดี นอกจากนี้ สารสกัดจากรากกระพังโหม ประกอบด้วยเอ็นไซม์ β-amylase ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารได้ (Sottirattanapan et al., 2017)

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Mahasarakham, Thailand, 44150

* Corresponding author: kriangsak_b@hotmail.com

ปลาชะโด (*Channa micropeltes*) เป็นปลาน้ำจืดที่พบทั่วไปในแหล่งน้ำของประเทศไทย เป็น ปลาชะโดเป็นปลาที่กินปลาอื่นเป็นอาหาร โตเร็ว ขยายพันธุ์ และจำนวนอย่างรวดเร็วในแหล่งน้ำธรรมชาติ ปลาชะโดเป็นปลาที่มีเนื้อขาวแน่น ซึ่งเป็นปลาที่มีโปรตีน และ มีไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายในปริมาณสูง (Zuraini et al., 2006) ดังนั้นจากคุณสมบัติที่ดีของโปรตีนจากเนื้อปลาชะโด ที่มีความสามารถในการเกิดเจลที่ดี และมีความสามารถในการเกิดเจลที่มีความยืดหยุ่น จากซูริมิปลาชะโดในสภาวะของการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรียแลกติก (Banlue et al., 2014). ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยืดหยุ่น มีความสามารถอุ้มน้ำสูง ซึ่งการเกิดเจลโปรตีนจะทำให้อาหารมีความหนืดและความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น และมีเนื้อสัมผัสที่ดี ซึ่งจะสามารถการเพิ่มมูลค่าให้กับปลาชะโดให้มีมูลค่าทางเศรษฐกิจในลำดับต่อไป

ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากรากกระพังโหมที่ส่งผลต่อความสามารถในการเพิ่มความแข็งแรงของเจลซูริมิจากปลาชะโด

วิธีการศึกษา

การเตรียมเนื้อวัตถุดิบซูริมิ โดยล้างทำความสะอาดปลาชะโดด้วยน้ำเย็น ตัดหัวและลอกหนังแยกเอาเฉพาะเนื้อ ล้างด้วยน้ำเย็น และบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อ ล้างเนื้อปลาบดด้วยสารละลายเกลือ 0.1% เป็นระยะเวลา 3 รอบและบีบน้ำออกโดยให้เนื้อมีความชื้นไม่เกิน 80% ปั่นผสมกับ น้ำตาลทราย 4%, ซอร์บิทอล 4% และ โพลีฟอสเฟต 0.1% บรรจุถงโพลีโพรพิลีนและเก็บรักษาซูริมิปลาชะโดในอุณหภูมิ -18 ถึง -20 °C

การเตรียมสารสกัดจากรากกระพังโหม โดยนำรากกระพังโหมมาล้างและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ปริมาณ 100 กรัม ปั่นผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:1 ด้วยเครื่อง Homoginizer ที่ความเร็วระดับ 1100 rpm เป็นเวลา 2 นาที บีบกรองในผ้าขาวบางเพื่อแยกกาก จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ทำการเก็บสารสกัดในภาชนะสีทึบและการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4°C

การเตรียมเจลปลาชะโด โดยละลายตัวอย่างซูริมิ 100 g. ปั่นผสมกับเกลือความเข้มข้น 2.5 % เติมสารสกัดรากกระพังโหมที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ คือ 0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 และ 1.0% ของน้ำหนักซูริมิ ปรับความชื้นของเนื้อปลาบดเป็น 80% บรรจุใส่แท่งสแตนเลสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5×2.5 cm. แล้วห่อด้วยฟิล์มโพลีเอธิลีน แล้วนำไปเซทนำไปเซทตัวที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 30 นาที นำมาพักทิ้งไว้ในน้ำเย็นแล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปวิเคราะห์

วิเคราะห์ความแข็งแรงเจล (Gel Strength) นำตัวอย่างซูริมิเจล วัดค่าความแข็งแรงโดยใช้เครื่อง Texture Analyser TA-XT2i (Stable Micro System, Godaming, UK) โดยใช้อัตราเร็วในการกด 1 mm/s ด้วยหัววัด cylinder probe (P/5S) ทำการวิเคราะห์ตัวแปรทางเนื้อสัมผัสดังนี้ แรงสูงที่สุดที่ใช้ในการเจาะทะลุผิวหน้าตัวอย่าง (breaking force) และ ระยะทางที่หัววัดเคลื่อนที่จากผิวหน้าตัวอย่างจนเจาะทะลุ (deformation) และค่าความแข็งแรงของเจล(Gel strength)ได้จากผลคูณของ Breaking force กับ Deformation

วิเคราะห์ความขาวของเจล (Whiteness)ตัวอย่างซูริมิเจล ตรวจสอบด้วยเครื่องวัดค่าสี (Minolta CR-300)โดยใช้ระบบ CIE L* a* b* อ่านค่าเป็น L* (ความสว่าง) a* (แดง/เขียว) และ b* (เหลือง/น้ำเงิน) คำนวณความขาวด้วย สมการต่อไปนี้ Whiteness $=100-[(100-L^*)^2+ a^{*2}+ b^{*2}]^{1/2}$ Lanier (2000)

วิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ(Expressible moisture content) ดัดแปลงตามวิธีของ Benjakul et al. (2001) ตัดตัวอย่างให้มีความหนา 5 mm^3 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหนักบันทึกเป็นค่า (X) ใช้กระดาษกรองรองด้านล่างตัวอย่าง 3 ชั้น และด้านบนตัวอย่าง 2 ชั้น จากนั้นกดทับด้วยก้อนวัตถุมาตรฐานหนัก 5 กิโลกรัม เป็นเวลานาน 2 นาทีจากนั้นนำตัวอย่างที่ถูกกระดาษดูดน้ำออกแล้วไปชั่งน้ำหนัก (Y) การหาความชื้น

คำนวณโดยใช้สมการดังต่อไปนี้ Expressible moisture content (%) = 100 [(X-Y)/X]

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายในกระไตรคลอโรอะซิติก (TCA-soluble protein content) นำตัวอย่างเจลซูริมิเติมกรดไตรคลอโรอะซิติก 5% (w/v) ปริมาตร 27 ml จากนั้นนำไปโฮโมจีไนซ์เป็นเวลา 4 นาที เก็บส่วนผสมไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ 5,000g เป็นเวลา 5 นาที นำสารละลายส่วนใสไปวัดปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติกด้วยวิธี Lowry (Lowry et al., 1951)

วิเคราะห์หมู่ซัลไฟดิลล์ทั้งหมด(Total sulfhydryl groups) ตามวิธีของ Ellman (1959) ใช้ 5-5'-dithiobis-2-nitrobenzoic acid (DTNB) ตัวอย่างซูริมิเจล 0.2 กรัม ในสารละลาย 8 M urea, 2% SDS, 10 mM EDTA, 0.1 M phosphate (pH 7) homogenization โดยใช้ Teflon homogenizer ที่ 1,200 rpm นาน 5 นาที บ่มที่ ที่ 40 ˚C นาน 15 นาที (ที่มืด) วัดค่าความดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 412 nm

วิเคราะห์ความแปรปรวนของกลุ่มทดลอง (ANOVA) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สารสกัดจากรากกระพังโหมที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันที่เติมลงในเจลซูริมิจากปลาชะโดสามารถเพิ่มความแข็งแรงเจล เมื่อเปรียบเทียบกับเจลควบคุม โดยที่ เจลควบคุมมีค่า Breaking force, Deformation และ Gel strength คือ 317.00 g, 1.26 cm, 402.38 g.cm ตามลำดับ ส่วนค่า Breaking force, Deformation และ Gel strength ของเจลที่เติมสารสกัดจากรากกระพังโหมที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 323.70 ถึง 393.90 g, 1.30 ถึง 1.44 cm และ 423.51 ถึง 561.59 g.cm ตามลำดับ โดยที่เจลที่เติมสารสกัดจากรากกระพังโหมที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.1% เป็นระดับที่มีค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุด ที่ 561.59 g.cm ซึ่งผลของสารสกัดจากรากกระพังดหมสามารถส่งเสริมให้เจลซูริมิจากปลาชะโด มีค่า Breaking force, Deformation และ Gel strength เพิ่มขึ้น จากตัวอย่างควบคุม 24.25 , 13.38 และ 39.5% ตามลำดับ การทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า สารสกัดจาก กระพังโหม ที่มีหมู่ methyl sulfide สามารถ เหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ หมู่ซัลไฟดิล์ ให้เป็นพันธะไดซัลไฟด์ ซึ่งเป็นพันธะโควาเลนท์ ระหว่างโมเลกุลของโปรตีนไมโอซินเฮวีเชน (myosin heavy chain) ทำให้เจลมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นในระหว่างการให้ความร้อน (Lee et al., 1997)

Table 1 Breaking force, Deformation, Gel strength of giant snakehead surimi gel with skunk-vine water extrect at different concentration

Concentration (%)	Breaking force (g)	Deformation (cm)	Gel strength (g.cm)
0	317.00±13.79^{d}	1.27±0.03^{d}	402.38±27.22^{d}
0.01	323.70±3.26^{bc}	1.31±0.06^{bc}	423.51±22.13^{cd}
0.05	340.08±12.80^{ab}	1.36±0.05^{ab}	464.39±34.69^{bc}
0.10	393.90±19.38^{a}	1.42±0.05^{a}	561.59±46.45^{a}
0.50	382.40±10.34^{a}	1.44±0.04^{a}	550.52±17.97^{a}
1.00	352.18±21.29^{a}	1.40±0.09^{a}	493.03±57.82^{b}

Means (±SD) with different superscript letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$).

Table 2 Whiteness, Expressible moisture content, TCA-soluble protein content and Total sulfhydryl groups of giant snakehead surimi gel with skunk-vine water extrect at different concentration

Concentration (%)	Whiteness[ns]	Expressible moisture content(%)	TCA-soluble protein content (mg/100g)	Total sulfhydryl groups content (µmol/g)
0	75.83±0.34	0.36±0.01[a]	41.07±12.60[a]	9.29±0.07[a]
0.01	76.17±0.29	0.34±0.04[ab]	25.68±7.63[b]	8.05±0.04[d]
0.05	76.11±0.15	0.33±0.03[ab]	14.32±4.32[c]	8.46±0.03[c]
0.10	76.42±0.16	0.29±0.01[b]	4.54±1.55[e]	6.02±0.01[f]
0.50	75.82±0.74	0.33±0.05[ab]	6.48±2.45[f]	7.87±0.03[e]
1.00	76.44±0.21	0.33±0.04[ab]	11.81±4.03[d]	8.65±0.05[b]

Means (±SD) with different superscript letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$).

[ns] non-significant ($p>0.05$)

จาก **Table 2** พบว่าเจลซูริมิจากปลาชะโดที่เติมสารสกัดจากรากกระพังโหมไม่มีผลต่อการเพิ่มค่าความขาว (Whiteness) ของเจล โดยเจลควบคุมมีค่าความขาวอยู่ที่ 75.83 ส่วนค่าความขาวของเจลที่เติมสารสกัดจากรากกระพังโหมที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันพบว่าอยู่ในช่วง 75.82 ถึง 76.44 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่า Expressible moisture content เป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ของเจล พบว่าเจลซูริมิจากปลาชะโดที่เติมสารสกัดจากรากกระพังโหม มีแนวโน้มการสูญเสียน้ำออกจากโครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนที่ลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเจลควบคุม โดยพบว่าเจลควบคุมมีค่า Expressible moisture content อยู่ที่ 0.36 % ส่วนค่า Expressible moisture content ของเจลที่เติมสารสกัดจากรากกระพังโหมที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันพบว่าอยู่ในช่วง 0.29 ถึง 0.34 % ค่า Expressible moisture content ที่ลดลงนี้สัมพันธ์กับความแข็งแรงของเจลที่เพิ่มขึ้น อาจกล่าวได้ว่าเมื่อค่า gel strength เพิ่มมากขึ้น ค่า Expressible moisture content จะลดลงจากการ cross-linking และการตรึงโครงสร้างร่างแหส่งผลต่อการป้องกันการดึงน้ำออกจากโครงสร้างโปรตีน (กันภา และคณะ, 2552) ของเจลทำให้เจลมีความแข็งแรงและสามารถกักเก็บน้ำไว้ในโมเลกุลของโปรตีนไว้ได้และเป็นการเพิ่มความยืดหยุ่นของเจล

ปริมาณโปรตีนในสารละลาย TCA ของเจลซูริมิจากปลาชะโดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเจลควบคุม โดยที่ระดับความเข้มข้น 0.1% เป็นระดับที่มีปริมาณโปรตีนลดต่ำลงที่สุดและรองลงมา โดยลดลงจาก 41.07 เป็น 4.51 โดยลดลง ถึง 88.07% จากปริมาณ TCA-soluble protein ของเจลที่เติมสารสกัดจากรากกระพังโหมที่มีปริมาณลดต่ำลงจากเจลควบคุมแสดงให้เห็นถึงความสามารถของสารสกัดในการยับยั้งการแตกตัวของโปรตีนจากกิจกรรมการย่อยสลายโปรตีนของเอมไซม์โปรติเอส (Protease) และอาจเกิดจากสารสกัดช่วยเพิ่มการเกิดพันธะ disulfide ทำให้มีโครงสร้างที่แข็งแรงจนเอมไซม์โปรติเอส ซึ่งเป็นเอมไซม์ที่สำคัญในการลดความแข็งแรงของเจลในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน (setting) ไม่สามารถย่อยสลายโปรตีนออกจากโครงสร้างร่างแหได้

ปริมาณ Total sulfhydryl groups ของเจลซูริมิจากปลาชะโดที่เติมสารสกัดจากรากกระพังโหมที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันพบว่ามีปริมาณ Total sulfhydryl groups ลดต่ำลงจากเจลควบคุม โดยเจลซูริมิจากปลาชะโดที่ระดับ 0.1% มีปริมาณ Total sulfhydryl

groups ลดลง 3.27 µmol/g เมื่อเปรียบเทียบกับเจลควบคุม ซึ่งเกิดจากสารประกอบเมทิลซัลไฟด์(methyl sulfide)จากสารสกัดจากรากกระพังโหมส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของหมู่ซัลไฟดริลล์(sulfhydryl groups) ส่งผลให้ปริมาณของ หมู่ซัลไฟดริลล์ลดลง และการลดลงนี้เป็นผลมาจากการเกิดพันธะ disulfide ผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของหมู่ sulfhydryl groups (Hayakawa และ Nakai, 1985)

สรุป

ผลของสารสกัดจากรากกระพังโหมที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน (0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 0.1%) มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเจลซูริมิจากปลาชะโด โดยสามารถเพิ่ม breaking force, deformation และ gel strength ของเจล ซูริมิที่เติมสารสกัดจากรากกระพังโหม โดยที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับเจลควบคุม คือเพิ่มขึ้นร้อยละ 28 แสดงให้เห็นถึงเจลซูริมิจากปลาชะโดมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นเมื่อเติมสารสกัดจากรากกระพังโหม โดยมีปริมาณสาร methyl sulfide ในสารสกัดที่เติมลงในเจลเพื่อเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของหมู่ sulfidryl group ให้เป็นพันธะไดซัลไฟด์ โดยที่ ไม่สามารถส่งผลกระทบต่อการเพิ่มความขาวของเจล และเจลมีความสามารถในการกักเก็บน้ำในโมเลกุลโปรตีนเพิ่มขึ้น และลดการการแตกตัวของโปรตีนจากกิจกรรมของเอ็นไซม์โปรติเอส โดยระดับความเข้มข้นของสารสกัดที่มีผลต่อการเกิดเจลซูริมิจากปลาชะโดที่เหมาะสมที่สุดคือร้อยละ 0.1 ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์ยืดหยุ่นจากโปรตีนในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

คำขอบคุณ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนงานวิจัยงบประมาณแผ่นดิน 2558 ประเภททุนสร้างองค์ความรู้ใหม่ จากคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

กันภา สุขลิ้ม, สุภาพร พวงไต้, นันท์ปภัทร์ ทองคำ และศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ. 2552. ผลของสารป้องกัน การสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่มีต่อคุณภาพเจลและลูกชิ้นปลาดาบลาว. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร (ฉบับพิเศษ) การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5. 52(5): 327-337.

Banlue, K., S. Impan, and S. Pansang. 2014. Effects of lactic acid bacteria and fermentation conditions on physiochemical properties of fermented giant snakehead (*Channa micropeltes*) fish protein. KKU Research Journal. 19(Supplement): 254-259.

Benjakul, S., W. Visessanguan, and C. Srivilai. 2001. Gel properties of bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) surimi as affected by setting and porcine plasma protein Journal of Food Quality. 24: 453-471.

Ellman G L. Tissue sulfhydryl groups. Archives of Biochemistry Biophysics. 82: 70-77.

Hayakawa S., and S. Nakai. 1985. Contribution of hydrophobicity,net charge and sulfhydryl groups to thermal properties of ovalbumin. Canadian Institute of Food Science Technology Journal. 18: 290-295.

Lanier, T. C. 2000. Surimi gelation chemistry. pp. 237-265. In: J. W. park (Ed.), Surimi and surimi seafood. Marcel Dekker, New York.

Lee, H.G., T.C. Lanier, and D.D. Hamann. 1997. Chemically induced covalent crosslinks affect thermo-rheological profiles of fish protein gels. Journal of Food Science. 62(1): 29-32.

Lowry, O. H., N. J. Rosebrough A. L. Far, and R. J. Randall, 1951. Protein measurement with folin phenol reagent. Journal of Biological Chemistry. 193: 256-275.

Sottirattanapan, P., K. Nantachai, S. Daduang, T. Funahashi, and M. Yamada. 2017. Purification and characterization of amylase from roots of Paederia foetida Linn. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 10: 329-335.

Zuraini, A., M.N. Somchit, M.H. Solihah, Y.M. Goh, Arifah, A.K. Zakaria, M.S. Somchit, N. Rajion, M.A. Z.A. Zakaria, and A.M. Mat Jais. 2006. Fatty acid and amino acid composition of three local Malaysian Channa spp. Fish. Food Chemistry. 97: 674-678.