



ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดลำไยเถาและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถา
 Antioxidant activities of longan (*Dimocarpus longan* var. *obtusus* Leenh.)
 seeds and their application in longan jam

วิริยา นิตยธีรานนท์* และจตุพร อรุณกมลศรี

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110

*Corresponding Author, E-mail: nitteranon@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดลำไยเถาที่สกัดด้วย 95% เอทานอลและน้ำ รวมถึงการเสริมผงเมล็ดลำไยเถาในผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถา และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ในสารสกัดเมล็ดลำไยเถา พบว่าสารสกัดจากเอทานอลและน้ำของเมล็ดลำไยเถามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยรวมเท่ากับ 93.12 ± 58.88 และ 554.16 ± 42.83 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัม น้ำหนักแห้งของเมล็ดลำไยเถาตามลำดับ ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ Ferric reducing ability power (FRAP) พบว่าสารสกัดเมล็ดลำไยเถาด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าสารสกัดเมล็ดลำไยเถาด้วยน้ำ ($p \leq 0.05$) จากนั้นศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแยมลำไยเถาและแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดลำไยเถาร้อยละ 1, 3 และ 5 เมื่อวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีพบว่าแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดทุกสูตรมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเยื่อใยเพิ่มสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดลำไยเถาสูงกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแยมลำไยเถาที่เพิ่มเมล็ดลำไยเถาร้อยละ 5 มีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน โดยวิธีทดสอบ 9-point hedonic scale พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 90 ยอมรับผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดร้อยละ 1 ผลการศึกษาค้นคว้านี้แสดงถึงความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากเมล็ดลำไยเถาเพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการในอาหาร หรือใช้เป็นอาหารเสริมต่อไป

ABSTRACT

The objectives of this study were to investigate total phenolic compounds and antioxidative activities of crude extract of *Dimocarpus longan* var. *obtusus* Leenh. (longan) seeds. Development of longan jam supplemented with longan seeds, their proximate composition, antioxidant capacity and sensory characteristics were also evaluated. The longan seeds were extracted using 95% ethanol and water. Total phenolic content and antioxidative activities were evaluated using Folin-Ciocalteu assay, diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging and Ferric reducing ability power (FRAP) methods, respectively. The results of total phenolic contents of longan seed ethanol and water extracts were 93.12 ± 58.88 and 554.16 ± 42.83 mg GAE/g dry weight of longan seed. Longan seed water extract showed the highest antioxidative activities ($p \leq 0.05$). Longan jam (control) and longan jam

supplemented with 1%, 3% and 5% longan seed powder were prepared. Proximate analysis indicated that the addition of 1%, 3% and 5% longan seed powder could increase protein, fat and fiber in longan jam, when compared to control. The quantification of total phenolic content and antioxidant using Folin-Ciocalteu and DPPH methods in longan jam samples were performed. The results found that longan jam supplemented with 5% longan seed powder showed the noticeable source of antioxidant and phenolic compounds ($p < 0.05$). Consumer acceptability using 9-point hedonic scale indicated that 90% of consumers accepted longan jam supplemented with 1% longan seed powder. Therefore, there is some potential in longan seeds to use as food fortification and dietary supplements.

คำสำคัญ: เมล็ดลำไยเถา แยมลำไยเถา ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก

Keywords: Longan seed, Longan jam, Antioxidant activity, Phenolic compounds

บทนำ

ลำไยเถาหรือลำไยเครือ (*Dimocarpus longan* var. *obtusum* Leenh.) เป็นไม้ยืนต้นในวงศ์ Sapindaceae ที่มีทรงพุ่มแผ่กว้าง ขนาดของทรงพุ่มมีตั้งแต่ขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ ขึ้นอยู่กับพันธุ์ เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่สูงประมาณ 10-12 เมตร (วีรัตน์, 2543) ต้นลำไยเถาสามารถเป็นไม้ประดับได้อย่างดีเพราะกิ่งก้านแผ่กระจายอย่างสวยงาม มียอดสูง และลำต้นเลื้อยคล้ายเถาวัลย์ ผลของลำไยเถามีลักษณะค่อนข้างกลมหรือรูปไข่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้วหรือน้อยกว่า เปลือกของผลบางและมีสีน้ำตาลอ่อน (พิชัย, 2531) เนื้อของลำไยเถามีสีขาวขุ่นๆ คล้ายวุ้นและมีรสหวาน กลิ่นหอมมากกว่าลำไยต้น (*Dimocarpus longan* Lour.) เมล็ดลำไยเถามีลักษณะกลม สีดำเข้ม และมีมันสวย เมล็ดโตสม่ำเสมอด้านบนของเมล็ดมีบริเวณที่เป็นวงกลมสีขาวที่มีลักษณะเหมือนตา (พาวิณและคณะ, 2547) ต้นลำไยเถาออกดอกเดือนเมษายน-มิถุนายน และออกผลเดือนพฤษภาคม-กันยายน พบในภาคตะวันออกของประเทศไทย แถบจังหวัดชลบุรี ขึ้นตามป่าละเมาะ ไร่ร้างทะเล และบนพื้นที่โล่งชายป่าดิบแล้ง ระดับความสูง 0-200 เมตร (พิชัย, 2531) โดยปกติลำไยเถานิยมปลูกเป็นไม้ประดับมากกว่าที่จะใช้เพื่อรับประทานผล ซึ่งต่างจากลำไยต้น เช่น พันธุ์อีดอ ชมพู ฯลฯ ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญทางภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยและผู้คนนิยมรับประทานมากกว่า

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าลำไยต้นมีสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญ 3 ชนิด ได้แก่ กรดแกลลิก (gallic acid) กรดเอลาจิก (ellagic acid) และกรดคอร์ลาจिन (corilagin) (Rangkadilok et al., 2005) ซึ่งปริมาณพบจะแตกต่างกันในส่วน

เปลือก เนื้อ เมล็ด และขึ้นกับสายพันธุ์ โดยเมล็ดลำไยต้นจะมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Kunworarath et al., 2016) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าส่วนที่เป็นเนื้อลำไย (Soong and Barlow, 2005) ส่วนเมล็ดลำไยเถามีการนำไปใช้แบบภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อบรรเทาอาการปวดหัวเข่า อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลงานวิจัยสนับสนุนเกี่ยวกับการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของลำไยเถา

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น ผลัดภัณฑ์แยมผลไม้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการแปรรูปจากผลไม้ ที่ถนอมรักษาด้วยน้ำตาลความเข้มข้นสูง จึงได้มีงานวิจัยที่มีการพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์แยมที่มีลักษณะที่ให้แคลอรีต่ำและมีคุณสมบัติสูง อาทิเช่น การพัฒนาแยมมังคุดผสมเปลือกมังคุดที่ให้แคลอรีต่ำ เพิ่มเยื่อใย และให้ค่าสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระที่สูงขึ้น (สุภาพร, 2554)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปริมาณสารฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากเมล็ดลำไยเถา รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถา เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และเป็นฐานข้อมูลงานวิจัยเบื้องต้นที่อาจนำไปสู่การเพิ่มคุณค่าของต้นลำไยเถาซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นในจังหวัดชลบุรีให้มีมูลค่าทางเศรษฐกิจมากขึ้น จนถึงการต่อยอดงานวิจัยในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมอื่นต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสกัดสารจากเมล็ดลำไยเถา

เก็บตัวอย่างผลลำไยเถาจากชุมชนตลาดล่าง หมู่ที่ 3 ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี นำส่วนเมล็ดมาทำให้แห้งโดยเข้า

ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°C จนตัวอย่างแห้งสนิท บดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบด (Schmersal, Germany) และนำมาสกัดด้วย 95% เอทานอล (Merck, Germany) หรือน้ำในอัตราส่วน 1:10 (w/v) เป็นเวลา 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 40°C กรองสารที่สกัดได้ด้วย Whatman® filter paper หลังจากนั้นนำตัวอย่างไประเหยเอทานอลออกด้วย Rotary evaporator (Buchi, Switzerland) ที่อุณหภูมิ 40°C ส่วนสารสกัดจากน้ำทำให้แห้งด้วย Freeze dryer (Christ, Germany) จากนั้นเก็บสารสกัดหยابนี้ที่อุณหภูมิ -20°C จนกว่าจะใช้ทดลองในขั้นตอนต่อไป

2. การศึกษาปริมาณฟีนอลิกในสารสกัดเมล็ดลำไยเถา

การทดสอบปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมเป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Dudonne et al. (2009) โดยนำสารสกัดเมล็ดลำไยเถาละลายด้วยตัวทำละลายเอทานอลปริมาตร 0.2 ml เติมน้ำ 5.8 ml จากนั้นเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu (Loba Chemie, India) ปริมาตร 250 µl ทิ้งไว้ 6 นาที และเติมสารละลาย 7% Na₂CO₃ ปริมาตร 2.5 ml เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 nm โดยใช้ UV-VIS spectrophotometer (Shimadzu, Japan) คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเฉลี่ยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกในช่วงความเข้มข้น 0.2-1.0 mg/ml และแสดงข้อมูลในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้งของเมล็ดลำไยเถา (mg of gallic acid equivalents (GAE)/g dry weight of longan seed)

3. การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

3.1 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Braca et al. (2001) โดยนำสารสกัดเมล็ดลำไยเถาละลายด้วยตัวทำละลายเอทานอลปริมาตร 22 µl ผสมกับสารละลาย 150 mM DPPH ปริมาตร 200 µl ทิ้งไว้ที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm ด้วยเครื่อง microplate reader (Spectra MR, Dynex Technologies, USA) โดยเทียบกับกราฟของสารมาตรฐานวิตามินซี (vitamin C) ในช่วงความเข้มข้น 0.02-0.10 mg/ml

และแสดงข้อมูลในหน่วย mg vitamin C/g dry weight of longan seed

3.2 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing ability power (FRAP) assay

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing ability power (FRAP) เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Benzie and Strain (1996) นำสารสกัดเมล็ดลำไยเถาละลายด้วยตัวทำละลายเอทานอลปริมาตร 0.1 ml เติมน้ำในหลอดทดลองที่มี 3.0 ml FRAP reagent (ประกอบด้วย 25 ml ของ 300 mM Acetate buffer pH 3.6 และ 2.5 ml ของ 10 mM 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ) ในส่วนผสมของ 40 mM HCl และ 2.5 ml ของ 20 mM FeCl₃·6H₂O) จากนั้นตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 15 นาทีที่อุณหภูมิห้อง แล้วทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 nm ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer (Shimadzu, Japan) โดยคำนวณค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Trolox ในช่วงความเข้มข้น 0.05-0.40 mM และแสดงข้อมูลในหน่วย mM Trolox/g dry weight of longan seed

4. การผลิตแยมลำไยเถา และแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ด

การผลิตแยมลำไยเถาสูตรควบคุมประกอบด้วยเนื้อลำไยเถาสดร้อยละ 21 น้ำร้อยละ 48.4 น้ำตาลร้อยละ 30 และปริมาณเพคตินร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด เริ่มต้นโดยเคี่ยวเนื้อลำไยเถาและน้ำจนถึงอุณหภูมิที่ 95°C เติมน้ำตาลและเพคตินตามสูตร วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ให้อยู่ในช่วง 60-65°Brix โดยใช้ Hand refractometer (ATAGO, Japan) ปรับความเป็นกรดต่างของแยมให้อยู่ในช่วง 3.0-3.5 ด้วยสารละลายกรดซิตริก 1% ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปิดฝาให้สนิทและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถาที่อุณหภูมิ 20°C ส่วนผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ด ใช้สูตรเดียวกับการผลิตแยมลำไยเถา โดยการบดเมล็ดลำไยเถาแห้งจนเป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบด ขนาดตะแกรง 0.25 mm. จากนั้นเติมผงเมล็ดลำไยเถาลงไปพร้อมกับเนื้อลำไยเถาตามขั้นตอนการผลิตแยมในอัตราส่วนร้อยละ 1, 3 และ 5 ของส่วนผสมทั้งหมด

5. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในแยมลำไยเถา และแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ด

นำตัวอย่างแยมลำไยเถา และแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดลำไยเถาร้อยละ 1, 3 และ 5 มาวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน

แก้ว และเยื่อใย (AOAC, 2002) วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter (Sartorius, Germany) วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid, TSS) ด้วย Hand refractometer (ATAGO, Japan) และวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) (AquaLab, CX3TE, USA)

6. การศึกษาปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในแยมลำไยเถา และแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ด

นำตัวอย่างแยมลำไยเถา และแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ด ลำไยเถาร้อยละ 1, 3 และ 5 มาสกัดด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:10 (w/v) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4°C กรองสารที่สกัดที่ได้ หลังจากนั้นนำตัวอย่างไประเหยน้ำออกโดยเครื่อง freeze dryer และเก็บตัวอย่างเพื่อทำการทดลองต่อไปที่อุณหภูมิ -20°C จากนั้นทำการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

7. การประเมินผลด้านประสาทสัมผัส

ประเมินผลด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยวิธี เรียงลำดับความชอบ (Ranking Test) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยให้ผู้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ด โดยทาบนขนมปังชนิดแผ่น และให้คะแนนเรียงลำดับความชอบ (1 หมายถึง ชอบมากที่สุด 2 หมายถึง ชอบปานกลาง และ 3 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด) เพื่อเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดเพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค จากนั้นนำผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดที่ผ่านการประเมินผลด้านประสาทสัมผัสแล้วมาให้ผู้บริโภค ทดสอบชิมจำนวน 100 คน โดยใช้วิธีแบบทดสอบ 9-Point Hedonic scale (1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด)

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณฟีนอลิกโดยรวม การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP ของสารสกัดอย่างหยาบของเมล็ดลำไยเถา ที่สกัดด้วย 95% เอทานอล และน้ำ

สารสกัดเมล็ดลำไยเถา	ร้อยละการสกัด (%Yield)	ปริมาณฟีนอลิกโดยรวม (mg GAE /g dry weight)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (mg vitamin C/g dry weight)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP (mM Trolox/g dry weight)
95% เอทานอล	5.53	93.12±58.88 ^a	107.66±26.10 ^a	104.46±5.57 ^a
น้ำ	20.58	554.16±42.83 ^b	644.96±62.35 ^b	263.03±35.72 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

8. การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 16.0 ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาปริมาณฟีนอลิกโดยรวมของสารสกัดอย่างหยาบจากเมล็ดลำไยเถา

จากตารางที่ 1 การสกัดเมล็ดลำไยเถาด้วยเอทานอล และน้ำ พบว่าค่า % yield มีค่าเท่ากับ 5.53 และ 20.58 % ตามลำดับ ซึ่งการสกัดเมล็ดลำไยเถาด้วยเอทานอลให้ค่า % yield ต่ำกว่าการใช้น้ำในการสกัด ผลจากการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกโดยรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu พบว่าการสกัดเมล็ดลำไยเถาด้วยเอทานอลและน้ำมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยรวมเท่ากับ 93.12±58.88 และ 554.16±42.83 mg GAE/g dry weight of longan seed ตามลำดับ ดังนั้นการใช้ตัวทำละลายเอทานอลในการสกัดสารจากเมล็ดลำไยเถาส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยรวมต่ำกว่าการใช้น้ำ ($p \leq 0.05$)

2. ผลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดเมล็ดลำไยเถา

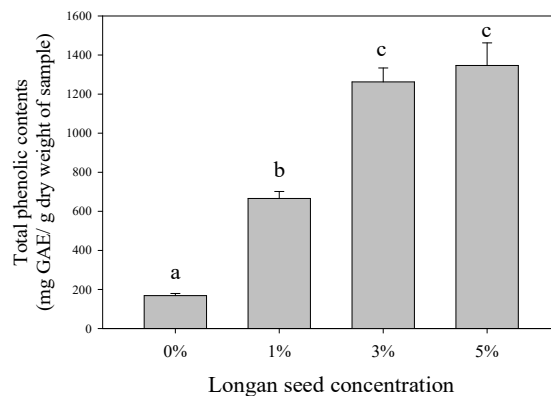
ในการศึกษาคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธี DPPH และ FRAP เมื่อทำการสกัดเมล็ดลำไยเถาด้วยเอทานอล และน้ำ พบว่าการสกัดเมล็ดลำไยเถาด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเมล็ดลำไยเถาที่สกัดด้วยน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 1)

3. ผลขององค์ประกอบทางเคมีในแยมลำไยเถา และแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ด

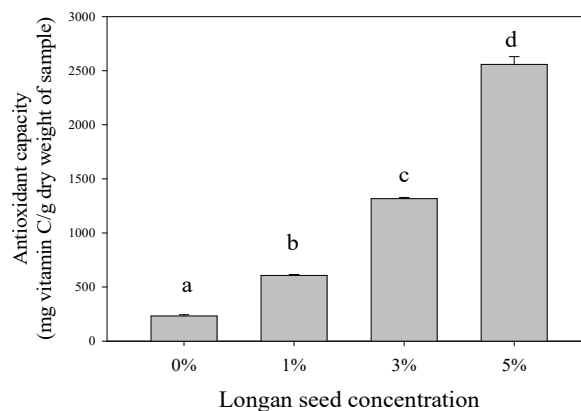
การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถาและแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดลำไยเถาร้อยละ 1, 3 และ 5 จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์แยมทุกตัวอย่างประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตในปริมาณที่สูง (61.97-64.69%) เมื่อเพิ่มปริมาณเมล็ดลำไยเถาในแยมร้อยละ 1, 3 และ 5 ทำให้มีค่าร้อยละของโปรตีน ไขมัน และเยื่อใยในแยมลำไยเถาเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่า a_w ของแยมลำไยเถาทุกตัวอย่างแยมอยู่ระหว่าง 0.85-0.94 ค่า TSS อยู่ในช่วงระหว่าง 61-65°Brix และค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงระหว่าง 3.4-3.5 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมในการเกิดเจลตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแยม (มผช.342/2547)

4. ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในแยมลำไยเถา และแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ด

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยรวมในแยมลำไยเถา และแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดที่สกัดด้วยน้ำพบว่าแยมลำไยเถาที่เพิ่มเมล็ดลำไยเถาร้อยละ 1, 3 และ 5 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยรวมสูงกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (รูปที่ 1) โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของผงเมล็ดลำไยเถาที่เติมลงไป เมื่อเพิ่มเมล็ดลำไยเถาลงในแยม พบว่าแยมความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) และเพิ่มขึ้นตามปริมาณเมล็ดที่ใส่ลงไป (รูปที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับผลของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยพบว่าแยมลำไยเถาที่เพิ่มเมล็ดร้อยละ 5 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยรวมสูงที่สุด และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเช่นเดียวกัน



รูปที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในแยมลำไยเถาและแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดร้อยละ 1, 3 และ 5 ที่สกัดด้วยน้ำตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 2 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ในแยมลำไยเถาและแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ด ร้อยละ 1, 3 และ 5 ที่สกัดด้วยน้ำตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถา และแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดลำไยเถา

สมบัติทางเคมี	แยมลำไยเถาสุตรควบคุม	แยมลำไยเถา+1% เมล็ด	แยมลำไยเถา+3% เมล็ด	แยมลำไยเถา+5% เมล็ด
		ลำไยเถา	ลำไยเถา	ลำไยเถา
ความชื้น	34.86±0.00 ^a	32.81±0.32 ^b	30.60±0.45 ^c	32.09±0.47 ^b
โปรตีน	0.52±0.13 ^a	2.57±0.26 ^{bc}	4.03±1.04 ^{cd}	4.90±0.18 ^d
ไขมัน	0.02±0.00 ^a	0.03±0.02 ^a	0.09±0.07 ^a	0.62±0.15 ^b
เถ้า	0.42±0.00 ^a	0.45±0.00 ^a	0.40±0.21 ^a	0.42±0.01 ^a
เยื่อใย	1.50±0.99 ^a	2.01±1.10 ^b	2.16±0.56 ^b	3.76±2.69 ^c
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	64.18±0.13 ^a	64.14±0.04 ^a	62.72±0.88 ^a	61.97±0.82 ^b
A _w	0.94±0.00 ^a	0.85±0.00 ^b	0.89±0.00 ^c	0.92±0.00 ^d
TSS (°Brix)	61±0.00 ^a	65±0.00 ^b	65±0.00 ^b	61±0.00 ^a
pH	3.5±0.00 ^a	3.5±0.00 ^a	3.5±0.00 ^a	3.4±0.00 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤0.05)

5. คุณภาพด้านประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบการเรียงลำดับความชอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดลำไยเถา จากการศึกษาพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏและรสชาติของผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดร้อยละ 1 และร้อยละ 3 ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ส่วนคะแนนความชอบด้านสี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดร้อยละ 1, 3 และ 5 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยสูตรที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูงที่สุดคือแยมลำไยเถาที่เพิ่มเมล็ดร้อยละ 1 รองลงมาคือสูตรที่เพิ่มเมล็ด

ลำไยเถาร้อยละ 3 และผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบน้อยที่สุดต่อสูตรที่เพิ่มเมล็ดลำไยเถาร้อยละ 5

ผลการศึกษากการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถา และแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดร้อยละ 1 จำนวน 100 คน ใช้วิธีทดสอบ 9-Point Hedonic scale จากตารางที่ 4 พบว่าผู้ทดสอบร้อยละ 98 และ ร้อยละ 90 ยอมรับผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถาและผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดลำไยเถาร้อยละ 1 ตามลำดับ โดยให้คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง

ตารางที่ 3 ผลของคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดลำไยเถาร้อยละ 1, 3 และ 5

แยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ด	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส (คะแนน)				
	ลักษณะปรากฏ	สี	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ร้อยละ 1	1.53±0.81 ^b	1.47±0.73 ^c	1.70±0.88 ^b	1.80±0.88 ^b	1.37±0.72 ^c
ร้อยละ 3	1.83±0.68 ^b	1.99±0.80 ^b	1.90±0.48 ^b	1.87±0.50 ^{ab}	2.07±0.45 ^b
ร้อยละ 5	2.60±0.82 ^a	2.63±0.61 ^a	2.45±0.87 ^a	2.33±0.92 ^a	2.59±0.73 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวดิ่งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤0.05)

ตารางที่ 4 ผลการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แยมลำไยเถาและแยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ดลำไยเถาร้อยละ 1

ผลิตภัณฑ์	ลักษณะปรากฏ	คุณภาพด้านประสาทสัมผัส (คะแนน)			การยอมรับของผู้บริโภค (ร้อยละ)		
		สี	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ
แยมลำไยเถา	7.20	7.38	7.39	7.30	7.55	98	2
แยมลำไยเถาเพิ่มเมล็ด ร้อยละ 1	6.38	5.73	6.65	6.45	7.02	90	10

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเมล็ดลำไยเถา พบว่าการเลือกใช้ตัวทำละลายมีผลต่อค่าปริมาณฟีนอลิกโดยรวมในเมล็ดลำไยเถา โดยพบว่าน้ำเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารชีวภาพจากเมล็ดลำไยเถา เนื่องจากมีค่าปริมาณฟีนอลิกโดยรวมสูงกว่าการสกัดเมล็ดลำไยเถาโดยใช้ตัวทำละลาย 95% เอทานอล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sriwattana and Chindaluang, 2014 พบว่าการใช้น้ำในการสกัดเมล็ดลำไยเถา (*Dimocarpus longan* Lour.) มีค่าร้อยละในการสกัด (% yield) สูงที่สุด และใช้เวลาในการสกัดน้อยกว่าการใช้ 70% เอทานอล ซึ่งส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกหลักในเมล็ดลำไย ได้แก่ กรดแกลลิก (gallic acid) กรดแอลลาจิก (ellagic acid) และคอร์ลาจิน (corilagin) มีปริมาณสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายเอทานอลเช่นเดียวกัน ส่วนการใช้เฮกเซนในการสกัดเมล็ดลำไยพบว่าส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันสายยาว ได้แก่ กรดปาล์มติก และโอเลอิก (Sudjaroen et al., 2012) อย่างไรก็ตามปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดลำไยยังขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของลำไยเช่นกัน (Rangkadilok et al., 2005) จากการศึกษา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าในส่วนของเนื้อหุ้มเมล็ด เปลือก และเมล็ด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญหลายชนิดแตกต่างกัน โดยพบสารประกอบฟีนอลิกสูงสุดในเมล็ด (Rangkadilok et al., 2005) จึงเป็นไปได้ว่าในเมล็ดลำไยเถามีสารประกอบฟีนอลิกทั้ง 3 ชนิดนี้เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่พบในเนื้อและเมล็ดลำไยเถา

การศึกษานี้ใช้วิธี DPPH ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวัดจากความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH และวิธี FRAP ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการให้อิเล็กตรอน อิสระ (reducing agent) เพื่อ

ลดการเกิดอนุมูลอิสระ สารสกัดเมล็ดลำไยเถาด้วยน้ำมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด และสอดคล้องกับผลการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยรวม ซึ่งเป็นไปได้ว่าการใช้น้ำในการสกัดสารอย่างหยาบจากเมล็ดลำไยเถา ทำให้ได้กลุ่มสารประกอบฟีนอลิกที่สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่สภาพขั้วสูง (high polarity) เช่น กรดแกลลิก ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Xu et al., 2000) ที่มีโครงสร้างของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) 3 หมู่ เกาะกับวงแหวนเบนซีน (benzene ring) จึงส่งผลให้การสกัดสารจากเมล็ดลำไยเถาด้วยน้ำมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายเอทานอล จากการศึกษาของ Guo et al., (2003) และ Soong and Barlow (2005) พบว่าส่วนของเมล็ดลำไยมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด รองลงมาคือเปลือก และเนื้อเป็นส่วนที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด Rangkadilok et al. (2007) แสดงให้เห็นว่าสารสกัดเมล็ดลำไยมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เช่นเดียวกับสารสกัดจากชาเขียวญี่ปุ่น

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อผสมเมล็ดลำไยเถาในผลิตภัณฑ์แยมแล้ว ทำให้ผลิตภัณฑ์แยมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยรวมและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงขึ้น จึงมีความเป็นไปได้ในการนำสารสกัด หรือผงจากเมล็ดลำไยเถามาใช้เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร หรือยืดอายุการเก็บรักษาอาหารให้นานขึ้น และยังเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าได้ การศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของสรรัลนุช (2554) ในการผลิตแยมจากสาหร่ายไถ พบว่าความเข้มข้นของน้ำสกัดจากสาหร่ายไถและการเพิ่มเนื้อสาหร่ายไถ ทำให้แยมที่ผลิตจากสาหร่ายไถมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงขึ้น อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระยะเวลาในการเก็บรักษาแยม

ลำใยเถาที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ผลิตภัณฑ์แยมลำใยเถาทุกตัวอย่างมีค่า a_w น้อยกว่า 0.95 ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เมื่อเพิ่มผงเมล็ดลำใยเถาร้อยละ 1, 3 และ 5 ในผลิตภัณฑ์แยมลำใยเถาพบว่าผลิตภัณฑ์แยมลำใยเถาเพิ่มเมล็ดมีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และเยื่อใยเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับแยมลำใยเถาสุตรควบคุม ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์แยมลำใยเถา และแยมลำใยเถาเพิ่มเมล็ดร้อยละ 1 เนื่องจากมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว มีสีเหลืองส้มเข้ม แยมมีลักษณะที่เรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน ปาดไปบนขนมปังได้โดยง่าย แต่การเพิ่มเมล็ดลำใยเถาร้อยละ 3 และ 5 ทำให้ผลิตภัณฑ์แยมลำใยเถามีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ดูไม่น่ารับประทาน โดยเฉพาะการเพิ่มเมล็ดลำใยเถาร้อยละ 5 ทำให้แยมมีรสชาติที่ฝาดขึ้นเล็กน้อย และเนื้อสัมผัสที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ความสามารถในการแผ่กระจายของแยมบนขนมปังลดลง จึงส่งผลต่อความชอบของผู้ทดสอบต่อเนื้อสัมผัสของแยม การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเมล็ดลำใยเถามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และการเติมเมล็ดลำใยเถาลงไปในผลิตภัณฑ์แยมทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โปรตีน และเยื่อใยมีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเป็นไปได้ในการนำส่วนเนื้อและเมล็ดลำใยเถามาใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์แปรรูปจากลำใยเถาในเชิงพาณิชย์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนางสาวปริตรา บุญรอด และนางสาวนนทิดา ไชยสถาน ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการเตรียมวัตถุดิบลำใยเถา และการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

พาวิณ มะโนชัย, ยุทธนา เขาสุเมรุ, ชิตี ศรีตันทิพย์ และสันติ ช่างเจรจา. (2547). เทคโนโลยีการผลิตลำใย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์พิสิคส์เซ็นเตอร์.
 พิชัย สราธรรมณ์. (2531). ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับลำใย. วิทยาลัยครูรำไพพรรณี. จันทบุรี: 122 หน้า.
 วิรัตน์ สมต. (2543). การปลูกลำใยในภาคใต้. กรมส่งเสริมการเกษตร สำนักงานส่งเสริมเกษตรภาคใต้. กรุงเทพฯ: 127 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแยม (มผช.342/2547) กระทรวงอุตสาหกรรม.
 สุภาพร อภีรัตนานุสรณ์. (2554). การพัฒนาแยมมังคุดเคลือบน้ำตาลผสมเปลือกมังคุด. วารสารวิจัยมช. 11: 825-834.
 สรัลนุช ศิริแก้ว. (2554). การศึกษาการผลิตแยมจากสาหร่ายไค. สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพมหานคร: 65 หน้า.
 AOAC (2002). Official methods of analysis. 17th edition. AOAC International, Gaithersburg, Maryland. pp. 20-27.
 Benzie, I.F. and Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. Anal Biochem. 239: 70-76.
 Braca, A., De Tommasi, N., Di Bari, L., Pizza, C., Politi, M. and Morelli, I. (2001). Antioxidant principles from *Bauhinia tarapotensis*. J Nat Prod. 64: 892-895.
 Dudonne, S., Vitrac, X., Coutiere, P., Woillez, M. and Merillon, J.M. (2009). Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. J Agric Food Chem. 57: 1768-1774.
 Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J. and Jiang, Y. (2003). Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. Nutr Res. 23: 1719-1726.
 Rangkadilok, N., Sitthimonchai, S., Worasuttayangkurn, L., Mahidol, C., Ruchirawat, M. and Satayavivad, J. (2007). Evaluation of free radical scavenging and antityrosinase activities of standardized longan fruit extract. Food Chem Toxicol. 45: 328-336.
 Kunworarath, N., Rangkadilok, N., Suriyo, T., Thiantanawat, A., Satayavivad, J. (2016). Longan (*Dimocarpus longana* Lour.) inhibits lipopolysaccharide-stimulated nitric oxide production in macrophages by suppressing NF- κ B and AP-1 signaling pathways. J Ethnopharmacol. 179: 156-161.
 Rangkadilok, N., Worasuttayangkurn, L., Bennett, R.N. and Satayavivad, J. (2005). Identification and quantification of polyphenolic compounds in Longan (*Euphoria longana* Lam.) fruit. J Agric Food Chem. 53: 1387-1392.
 Soong, Y.Y. and Barlow, P.J. (2005). Isolation and structure elucidation of phenolic compounds from longan

- (*Dimocarpus longan* Lour.) seed by high-performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. *J Chromatogr A*. 1085: 270-277.
- Sriwattana, S. and Chindaluang, Y. (2014). Comparison of ultrasonic extraction with conventional extraction methods of phenolic compounds in longan (*Euphoria longana* Lamk.) Seed. *CMUJ*. 13: 439-448.
- Sudjaroen, Y., Hull, W.E., Erben, G., Wurtele, G., Changbumrung, S., Ulrich, C.M., Owen, R.W. (2012). Isolation and characterization of ellagitannins as the major polyphenolic components of longan (*Dimocarpus longan* Lour) seeds. *Phytochemistry*. 77: 226-237.
- Xu, H. W., Wan, M., Dong, H., But, P.P.H., and Foo, L.Y. (2000). Inhibitory activity of flavonoids and tannins against HIV-1 protease. *Biol. Pharm. Bull.* 23: 1072-1076.

