

การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญและการต้านอนุมูลอิสระของ
ลูกหม่อน 3 สายพันธุ์

Comparison of Important Chemical Compositions and
Antioxidant Activities of Mulberry Fruits Provided from
Three Varieties

วิภาวดี พันธุ์หนองหว้า¹, ณัฐธาดา จำปามี¹, กรุณรัตน์ สกกุลนามรัตน์¹, ประทีป ตุ่มทอง¹,
เกียรติชัย ดวงศรี¹, อนุชิตา มุ่งงาม²

Received: October, 2011; Accepted: October, 2013

บทคัดย่อ

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของลูกหม่อน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์บุรีรัมย์ 60 พันธุ์เชียงใหม่ และพันธุ์คุณไพฑูริย์การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานโดยวิธีของ AOAC (AOAC, 1995) การวิเคราะห์สารโหะมีน ในอะซินเพนโทเทนิค แอซิด ไพริโดรอกซิน และแอลฟาโทโคเฟอรอลโดยวิธี High performance liquid chromatography (HPLC) พบว่า หม่อนพันธุ์คุณไพฑูริย์มีปริมาณสารโหะมีน (วิตามินบี 1) และในอะซิน(วิตามินบี 3) มีปริมาณ 6.92 and 1.13 มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักเปียก มากที่สุดตามลำดับ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่สาร pentatonic acid (วิตามินบี 5) และ pyridoxine (วิตามินบี 6) มีปริมาณไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ลูกหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีสาร α - tocopherol (วิตามินอี) 7.31 มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักเปียกการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent พบว่าหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีปริมาณสูงสุด 43.60 มิลลิกรัม GAE/100 กรัม น้ำหนักเปียก ($p \leq 0.05$) ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH Radical scavenging activity และวิธี Total antioxidant capacity

¹ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

² คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

E - mail : punnongwa@hotmail.com, punnongwa05@gmail.com

แสดงค่าเป็น IC₅₀ (ความเข้มข้นร้อยละ 50 ที่ยับยั้งปฏิกิริยา) พบว่าลูกหม่อนทั้ง 3 สายพันธุ์มีฤทธิ์ในการยับยั้งไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) จากข้อมูลดังกล่าวพบว่าลูกหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 สามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร และอุตสาหกรรมอาหารสุขภาพต่อไป เพราะมีสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินอีสูง

คำสำคัญ : ลูกหม่อน, ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ, วิตามิน, องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน

Abstract

The aim of the study was to compare chemical composition and antioxidant activities of three mulberry varieties (Burirum 60, Chiang Mai and Kunpri). The proximate chemical compositions were investigated with regard to AOAC methods (AOAC, 1995). Contents of thiamin, niacin, pantothenic acid, pyridoxine and α - tocopherol were analyzed by the high performance liquid chromatography (HPLC). It showed that the highest thiamin (vitamin B1), niacin (vitamin B3) concentration were 6.92 and 1.13mg/100 g fresh weight (against the Kunpri), respectively ($p \leq 0.05$). The pantothenic acid (vitamin B5) and pyridoxine (vitamin B6) of three mulberry varieties were not significantly different. Burirum 60 showed the highest α - tocopherol concentration (7.31mg/100 g fresh weight) ($p \leq 0.05$). For the Total phenolic compounds content which was studied by Folin-Ciocalteu reagent on the method, it was found that Burirum 60 had the highest content (43.60 mg). For the DPPH radical scavenging assay, it was found that IC₅₀ (50% of inhibition concentration) of three mulberry varieties were not significantly different ($p > 0.05$). The total antioxidant activity which was measured as oxygen radical absorbance capacity showed that IC₅₀ of three mulberry varieties were not significantly different ($p > 0.05$). For the study, it indicated that mulberry fruits (Burirum 60) may possibly provide a health-promoting benefit as an alternative natural sources for functional food and nutraceutical industries, because of the high phenolic compounds, anthocyanins and α - tocopherol contents.

Keywords : Mulberry fruits, antioxidant activity, vitamins, proximate chemical

บทนำ

ลูกหม่อนมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Morus Nigra* L. เป็นพืชพื้นเมืองที่ปลูกได้ทั้งในประเทศแถบร้อนของทวีปเอเชีย ยุโรป และอเมริกา ลูกหม่อนสามารถนำไปแปรรูปเป็นอาหารต่างๆ ได้ เช่น พายด์หม่อน ไวน์ น้ำผลไม้ เป็นต้น (ศุภชัย, 2548) ลูกหม่อนมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์กับสุขภาพ เช่น วิตามินซี วิตามินอี วิตามินบีต่างๆ สารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารประกอบฟีนอล (Du, Zheng and Xu, 2008) และอนุพันธ์สารไฟลีสเอนโกลิไซยานิน (cyanidine 3-O - glucopyranoside และ cyanidine 7-O-d-glucopyranoside) วิตามินซี นอกจากนั้นยังพบกรดไขมันชนิดต่างๆ เช่น กรด linoleic acid และ palmitic acid และกรดอินทรีย์บางชนิด เช่น malic acid และ citric acid (Ercisli and Orhan 2008) เป็นต้นได้มีรายงานวิจัยระบุว่าแอลฟาโทโคเฟอรอล วิตามินซี สารประกอบฟีนอลและกรดโพลีฟีนอล สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดปฏิกิริยาของ แอลดีแอลออกซิเดชัน (LDL oxidation) ไฮดรอกซิลเรดิคัล (hydroxyl radical, OH^{*}) ปฏิกิริยาออกซิเดชันไขมัน (lipid oxidation, LOO^{*}, LO^{*}, L^{*}) ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide, NO^{*}) และซูเปอร์ออกไซด์เรดิคัล (superoxide radical, O₂⁻) (Kontush et. al., 2000) นอกจากนั้นยังมีรายงานการศึกษาในเชิงระบาดวิทยา พบว่าสารดังกล่าวในลูกหม่อนยังมีคุณสมบัติในการป้องกัน ต่อต้านและยับยั้ง โรคบางชนิด เช่น โรคหลอดเลือดตีตัน โรคหัวใจ โรคเบาหวาน (Kaur and Kapoor, 2002) ในงานวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญและสารต้านอนุมูลอิสระของลูกหม่อนที่ปลูกในประเทศไทย จำนวน 3 สายพันธุ์ เพื่อเป็นข้อมูลเพื่อการนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องของอาหารสุขภาพต่อไป

วิธีการทดลอง

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของลูกหม่อน 3 สายพันธุ์

ใช้ผลหม่อนสุกจากผลหม่อน 3 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์บุรีรัมย์ 60 สายพันธุ์เชียงใหม่ และสายพันธุ์ คุณไผ่อายุการเก็บเกี่ยว 60 วัน หลังการตัดกิ่งซึ่งมีลักษณะสีม่วงเข้ม เป็นหม่อนที่ปลูกในแปลงหม่อน ศูนย์หม่อนไหม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของเคมี ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า คาร์โบไฮเดรต เส้นใย ตามวิธีของ AOAC (AOAC, 1995)

การเปรียบเทียบสารออกฤทธิ์ชีวภาพที่สำคัญของลูกหม่อน 3 สายพันธุ์

ใช้ผลหม่อนสุก ลูกหม่อนที่เก็บเกี่ยวตามการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของลูกหม่อน 3 สายพันธุ์ นำไปวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินอี (α - tocopherol) วิตามินบี 1 (thiamin) วิตามินบี 3 (niacin) วิตามินบี 5 (pantotanic acid) วิตามินบี 6 (pyridoxine) การวิเคราะห์สารต่างๆ ทำตามวิธีดังต่อไปนี้

นำผลหม่อนที่รวบรวมได้ไปวิเคราะห์วิตามินที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินบี 1, บี 3, บี 5, และ บี 6 (Barua and Olson, 1998) ซึ่งตัวอย่าง 20 กรัม ปั่นด้วยน้ำชนิดปราศจากไอออน 50 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียด โดยเครื่องตีปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันเป็นเวลา 10 นาที และเขย่าด้วยเครื่อง Ultrasonic bath ประมาณ 15 นาที (ห่อด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์อย่าให้โดนแสง) กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และเบอร์ 4 ตามลำดับ แล้วทำให้เข้มข้นด้วยเครื่อง rotary evaporator ทำการละลายกลับด้วยน้ำชนิดปราศจากไอออน 4 มิลลิลิตร กรองด้วย micro filter membrane ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.45 ไมโครเมตร สารละลายมาตรฐานเตรียมได้จากการ ซึ่งวิตามินบี 1 (thiamine), บี 3 (niacin), บี 5 (pantothenic acid), และ บี 6 (pyridoxin) ที่ความเข้มข้น 0.4, 0.2, 0.1 และ 0.05 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร นำสารสกัดที่ได้และสารละลายมาตรฐานมาทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC UV detector (Shimadzu 20 A) ใช้คอลัมน์ ODS ขนาด 150×4.5 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.45 ไมโครเมตร (Shimadzu) โดยใช้สภาวะอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ใช้สารโมบิลเฟส KH_2PO_4 (0.1 M) และ acetonitrile ในอัตราส่วน 98 : 2 อัตราการไหล 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที ฉีดที่ปริมาณ 10 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร วิเคราะห์แบบ external standard

การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินอี (α - tocopherol) (Barua and Olson, 1998) การเตรียมสารสกัดตัวอย่างซึ่งลูกหม่อนทั้ง 3 สายพันธุ์ อย่างละ 20 กรัม ปั่นกับสาร 2- propanol และ Dichloromethane อัตราส่วน 2 : 1 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียด โดยเครื่อง homogenizer เป็นเวลา 10 นาที แล้วเขย่าด้วยเครื่อง Ultrasonic bath ประมาณ 15 นาที (ห่อด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์อย่าให้โดนแสง) กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และเบอร์ 4 ตามลำดับ แล้วทำให้เข้มข้นด้วยเครื่อง rotary evaporator ทำการละลายกลับด้วย 2 - propanol และ Dichloromethane อัตราส่วน 2 : 1 ปริมาตร 4 มิลลิลิตร แล้วกรองด้วย micro filter membrane ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.45 ไมโครเมตร ส่วนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน เตรียมสารมาตรฐาน (α - tocopherol) ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดย α - tocopherol 1.0 กรัม เตรียมได้จากสารละลาย hexane 100 มิลลิลิตร เจือจางสารมาตรฐานด้วยสารละลาย hexane เป็น 0.5, 0.25, 0.125 และ 0.0625 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นำสารสกัดที่ได้และสารละลายมาตรฐานมาทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC UV detector (Shimadzu 20 A) ใช้คอลัมน์ CN-NH₂ ขนาด 220×4.5 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.45 ไมโครเมตร (Shimadzu) โดยใช้สภาวะอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ใช้โมบิลเฟส methanol และ acetonitrile มีอัตราส่วนเป็น 98 : 2 อัตราการไหลเป็น 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที ฉีดที่ปริมาณ 10 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 325 นาโนเมตร วิเคราะห์แบบ external standard

การเปรียบเทียบสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากลูกหม่อน 3 สายพันธุ์ นำไปวิเคราะห์ดังนี้

1. ปริมาณสารประกอบฟีนอล (total phenolic compounds) เป็นวิธีการที่ใช้สาร Folin-Ciocalteu reagent ดัดแปลงจากวิธีของ Singleton and lamuela-Raventos (Singleton

and lamuela-Raventos, 1999; Jung, 2006) ซึ่งลูกหม่อน 10 กรัม ทำการสกัดโดยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 75 จำนวน 100 มิลลิลิตร ปั่นละเอียดโดยเครื่อง homogenizer 10 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และเบอร์ 4 ตามลำดับนำตัวอย่างสารสกัดลูกหม่อนที่ได้มา 0.5 มิลลิลิตร Volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent และน้ำอัตราส่วน 1 : 1 จำนวน 1.25 มิลลิลิตร เติมสารละลาย NaCO_3 ความเข้มข้นร้อยละ 10 จำนวน 3.75 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร โดยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสง 765 นาโนเมตร โดยใช้ gallic acid (0 - 0.05 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) เป็นสารละลายมาตรฐาน

2. ปริมาณสารแอนโธไซยานิน (anthocyanins) โดยวิธี pH differential (Kalt and Donald, 2000) นำตัวอย่างสารสกัดลูกหม่อนที่สกัดโดยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 75 จำนวน 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร โดย phosphate และ citrate buffer ด้วย volumetric flask 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น วัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตรคำนวณปริมาณแอนโธไซยานินจากcyaniding - 3 - glycoside การคำนวณ

$$A = (A_{510\text{nm}} \text{ pH } 1.0 - A_{700\text{nm}} \text{ pH } 1.0) - (A_{510\text{nm}} \text{ pH } 4.5 - A_{700\text{nm}} \text{ pH } 4.5)$$

3. ฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging activity) โดยใช้สาร 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazil (DPPH) (Jung, 2006) นำสารสกัดลูกหม่อนที่สกัด โดยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 75 ทำการเจือจางให้มีความเข้มข้น 0.1 0.05 0.025 กรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ปิเปตสารสกัดลูกหม่อนมา 0.5 มิลลิลิตร โดยใช้สารละลาย DPPH (ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมล) จำนวน 3 มิลลิลิตร แล้วเขย่า บ่ม 30 นาที ในที่มืด วัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร การคำนวณ

$$\text{ร้อยละของการยับยั้ง} = \frac{A_0 - A_c}{A_0} \times 100$$

A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ไม่มีตัวอย่าง

A_c = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีตัวอย่าง

4. ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี (total antioxidant capacity) โดยทำการวัด Reactive oxygen radical absorbance capacity (ORAC) ซึ่งเป็นการวัดสารอนุมูลอิสระที่เป็นสารกลุ่มออกซิเจน (Jung, 2006) นำสารสกัดลูกหม่อนที่สกัดโดยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 75 ทำการเจือจางให้มีความเข้มข้น 0.1 0.05 0.025 กรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เติมสารละลาย sulfuric acid 0.6 มิลลิลิตร sodium phosphate ความเข้มข้น 28 มิลลิโมล และ ammonium molybdate ความเข้มข้น 4 มิลลิโมล อย่างละ 1 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ

95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น วัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 659 นาโนเมตร

สถิติในการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncant 's New Multiple Range Test (DNMRT)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของลูกหม่อน 3 พันธุ์

จากลูกหม่อน 3 สายพันธุ์ มีองค์ประกอบทางเคมีหลัก ได้แก่ ความชื้นพบมากที่สุดในกลุ่มพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ร้อยละ 89.61 ลูกหม่อนทั้ง 3 สายพันธุ์ มีปริมาณเถ้าในช่วงร้อยละ 6.78 - 7.16 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.45 - 0.55 ใกล้เคียงกันไม่ต่างกัน ตารางที่ 1 พันธุ์เชียงใหม่ และพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีปริมาณโปรตีนสูงใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0.87 และ 0.90 ตามลำดับ) ลูกหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ และพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีปริมาณเยื่อใยสูงไม่ต่างกัน (ร้อยละ 2.09 และ 1.73 ตามลำดับ) ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต ลูกหม่อนพันธุ์คุณไผ่มีมากที่สุดคือร้อยละ 1.23 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Imran et al. (Imran et al., 2010) ได้ทำการทดลองหาองค์ประกอบทางเคมีของลูกหม่อนบางสายพันธุ์ ได้แก่ *Morus alba* (สีขาว) *Morusnigra* (สีดำ) และ *Moruslaevigata* (ลูกหม่อนสีดำที่มีขนาดใหญ่) โดยพบว่าลูกหม่อนมีปริมาณความชื้นร้อยละ 78.03 - 82.40 กรัมต่อร้อยกรัม น้ำหนักเปียก เถ้าร้อยละ 0.46 - 0.87 ไขมันร้อยละ 0.48 - 0.71 โปรตีนร้อยละ 1.73 เส้นใยร้อยละ 0.57 - 11.75 และคาร์โบไฮเดรต 13.83 - 17.96 น้ำหนักแห้งตามลำดับ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของลูกหม่อน 3 สายพันธุ์ (น้ำหนักเปียก)

สายพันธุ์	ความชื้น (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ) (NS)	ไขมัน (ร้อยละ) (NS)	โปรตีน (ร้อยละ)	เยื่อใย (ร้อยละ)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)
พันธุ์เชียงใหม่	84.27 ^a ±0.21	7.16±0.28	0.55±0.09	0.87 ^a ±0.31	2.09 ^a ±0.04	0.73 ^b ±0.15
พันธุ์คุณไผ่	87.97 ^b ± 0.61	6.78±1.02	0.57±0.12	0.33 ^b ±0.04	1.24 ^b ±0.24	1.23 ^a ±0.24
พันธุ์บุรีรัมย์ 60	89.61 ^a ±0.17	6.92±0.05	0.45±0.03	0.90 ^a ±0.10	1.73 ^a ±0.20	0.40 ^b ±0.16

ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรกำกับ ns ในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$)

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญของลูกหม่อน 3 สายพันธุ์

การศึกษาปริมาณวิตามินชนิดต่างๆ ทำการวิเคราะห์หาวิตามินบี 1 (thiamine) วิตามินบี 3 (niacin) วิตามินบี 5 (pantotenic acid) และวิตามินบี 6 (pyridoxine) พบว่าในลูกหม่อนพันธุ์คุณไผ่มีปริมาณวิตามินบี 1 มากที่สุด มีปริมาณ 6.92 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียก รองลงมา ได้แก่ พันธุ์บุรีรัมย์ 60 มี 5.89 และพันธุ์เชียงใหม่ 4.78 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียกตามลำดับ (ตอนที่ 2) ลูกหม่อนพันธุ์คุณไผ่ พันธุ์เชียงใหม่ และพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีปริมาณวิตามินบี 3 เป็น 1.13 1.08 และ 0.90 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ ไม่ต่างกัน ปริมาณวิตามินบี 5 (pantotenic acid) พบว่าพันธุ์เชียงใหม่มีปริมาณ พันธุ์คุณไผ่ และพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีปริมาณ 0.04 0.02 และ 0.02 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียกไม่ต่างกัน ตามลำดับปริมาณวิตามินบี 6 (pyridoxine) พบว่าพันธุ์เชียงใหม่มีปริมาณ พันธุ์คุณไผ่ และพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีปริมาณ 0.08 0.01 และ 0.01 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียกไม่ต่างกัน ปริมาณวิตามินอี (α - tocopherol) พบว่าพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีปริมาณสูงสุด คือ 7.31 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียก รองลงมา ได้แก่ พันธุ์คุณไผ่ และพันธุ์เชียงใหม่ มีปริมาณ 4.87 และ 2.08 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียก (ตารางที่ 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Imran et al. (Imran et al., 2010) ได้ทำการทดลองหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของลูกหม่อนบางสายพันธุ์ ได้แก่ *Morus alba* (สีขาว) *Morusnigra* (สีดำ) และ *Moruslaevigata* (ลูกหม่อนสีดำที่มีขนาดใหญ่) โดยพบว่าลูกหม่อนมีปริมาณวิตามินบี 3 หรือไนอะซิน 0.40 - 3.10 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียก

ตารางที่ 2 ปริมาณวิตามินบางชนิดของลูกหม่อน 3 สายพันธุ์โดยวิธี HPLC

วิตามิน	พันธุ์เชียงใหม่ (มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียก)	พันธุ์คุณไผ่ (มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียก)	พันธุ์บุรีรัมย์ (มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียก)
Thiamine	4.78 ^a ±0.08	6.92 ^a ±0.00	5.89 ^b ±0.22
Niacin	0.90 ^{ns} ±0.02	1.13 ^{ns} ±0.00	1.08 ^{ns} ±0.02
Pantotenic acid	0.04 ^{ns} ±0.01	0.02 ^{ns} ±0.00	0.02 ^{ns} ±0.00
Pyridoxine	0.08 ^a ±0.00	0.01 ^b ±0.00	0.01 ^b ±0.00
α - Tocopherol	2.08 ^c ±0.31	4.87 ^b ±1.87	7.31 ^a ±0.72

ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรกำกับ ns ในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$)

สารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของลูกหม่อน 3 สายพันธุ์

ลูกหม่อนสายพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงสุด คือ 43.40 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียก รองลงมา คือ พันธุ์เชียงใหม่และพันธุ์คุณไผ่ เป็น 20.34 และ 19.03 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Isabella et al.

(Isabella et al., 2008) พบว่า ลูกหม่อนพันธุ์ *Morusatropurpurea* Roxb มีปริมาณสารประกอบฟีนอล 0.060 - 0.244 และปริมาณสารแอนโธไซยานิน 0.001 - 0.015 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง และงานวิจัยของ Ozgen et al. (Ozgen et al., 2009) ได้ทำการศึกษาสารพิษเคมีของลูกหม่อนพันธุ์ *Morusnigra* (หม่อนสีดำ) และ *Morusrubra* (หม่อนสีแดง) พบว่า มีปริมาณสารประกอบฟีนอล 2,737 และ 1,603 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ งานวิจัยของวิโรจน์ และคณะ (วิโรจน์ และคณะ, 2549) พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลในผลหม่อนสุกพันธุ์บุรีรัมย์ 60 สูงกว่าสายพันธุ์เชียงใหม่ และพันธุ์ศรีสะเกษ 33 และงานวิจัยของ Ercili and Orhan (Ercili and Orhan, 2008) ได้ทำการศึกษาสารประกอบฟีนอลของลูกหม่อนพันธุ์ *Morusnigra* พบว่า มีปริมาณสารประกอบฟีนอล เป็น 2,237 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักเปียก โดยอนุพันธ์ของสารประกอบฟีนอลที่มีในผลหม่อน ได้แก่ chlorogenic acid และ rutin (Gundogdu et al., 2011) สาร caffeoylquinic acid (Oki et al., 2006) สาร catechin, kaempferol, myricetin, naringenin และ quercetin (ศุภชัย, 2548)

ลูกหม่อนสายพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีปริมาณสารแอนโธไซยานินสูงสุดคือ 10.63 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียก รองลงมา คือ พันธุ์คุณไผ่และพันธุ์เชียงใหม่ เป็น 7.82 และ 6.00 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียกตามลำดับ (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kumar and Chuanchan (Kumar and Chuanchan, 2011) ได้ทำการศึกษาปริมาณสารแอนโธไซยานินของผลหม่อนมี 102.76 ไมโครกรัม/กรัม วิโรจน์ และคณะ (วิโรจน์ และคณะ, 2549) พบว่าปริมาณสารแอนโธไซยานินในผลหม่อนสุกพันธุ์บุรีรัมย์ 60 สูงกว่าสายพันธุ์เชียงใหม่ และพันธุ์ศรีสะเกษ 33 งานวิจัยของ ทศกัญญา และคณะ (ทศกัญญา และคณะ, 2551) พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอล สารแอนโธไซยานิน มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะการสุกที่มากขึ้น มีค่า 3716.24 และ 2940.70 ไมโครกรัม/กรัม และงานวิจัยของ Bae and Suh (Bae and Suh, 2007) ศึกษาปริมาณสารแอนโธไซยานินในลูกหม่อน 5 สายพันธุ์ในประเทศไทย พบว่ามีปริมาณสารแอนโธไซยานิน 1,229 - 2,057 ไมโครกรัม/กรัม ซึ่งสารแอนโธไซยานินดังกล่าวประกอบด้วยอนุพันธ์ของแอนโธไซยานิน คือ cyanidin - 3 - O - rutinoside สาร cyanidin - 3 - O - glucoside สาร pelargonidin - 3 - O - glucoside และ สาร pelargonidin - 3 - O - rutinoside สาร cyanidin 3 - O - C (6"-O- α -rhamnopyranosyl- β -D-glucopyranoside) (C3RGa), cyanidin 3 - O- β -D-glucopyranoside (C7G) (Du, Zheng and Yu, 2008; Qin et al, 2010)

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของลูกหม่อนทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เชียงใหม่ พันธุ์คุณไผ่ และพันธุ์บุรีรัมย์ 60 และสารต้านอนุมูลอิสระ BHA พบว่าสาร BHA มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดคือ มีค่า IC₅₀ (ความเข้มข้นร้อยละ 50 ที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยา) เป็น 0.28 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สารสกัดลูกหม่อนทั้ง 3 สายพันธุ์ มีฤทธิ์การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH ไม่ต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Du Zheng and Yu (Du Zheng and Yu, 2008) พบว่าสารสกัดจากลูกหม่อนมี ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl

radical (DPPH) ค่าการยับยั้งปฏิกิริยาได้ครึ่งหนึ่ง 50% inhibition concentration (IC₅₀) 0.10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตรงานวิจัยของวิโรจน์ และคณะ (วิโรจน์ และคณะ, 2549) พบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในผลหม่อนสุกพันธุ์บุรีรัมย์ 60 พันธุ์เชียงใหม่ และพันธุ์ศรีสะเกษ 33 ไม่แตกต่างกันงานวิจัยของหทัยกาญจน์ และคณะ (หทัยกาญจน์ และคณะ, 2551) พบว่ามีฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ร้อยละ 88.48 และงานวิจัยของ Arfan et al. (Arfan et al., 2012) พบว่าสารสกัดจากลูกหม่อนมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 2,2-diphenyl-1 picylhydrazyl radical (DPPH) มีค่า EC₅₀ 48 -79 ไมโครโมล/มิลลิลิตร

ลูกหม่อนสายพันธุ์เชียงใหม่ และพันธุ์คุณไผ่และพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีค่า IC₅₀ เป็น 0.57 0.55 และ 0.60 มิลลิกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ ลูกหม่อนสายพันธุ์เชียงใหม่ และพันธุ์คุณไผ่และพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี Total antioxidant capacity ไม่ต่างกัน มีค่า IC₅₀ เป็น 5.82 5.58 และ 5.58 มิลลิกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gundogdu et al. (Gundogdu et al., 2011) พบว่าสารสกัดจากลูกหม่อนมีค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ โดยวิธี Total antioxidant capacity มีค่า 4.49 - 13.99 ไมโครโมล/กรัม น้ำหนักเปียก และงานงานวิจัยของ Ozgen et al. (Ozgen et al., 2009) ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Total antioxidant capacity ของลูกหม่อนพันธุ์ Morusnigra (หม่อนสีดำ) และ Morusrubra (หม่อนสีแดง) มีค่า 10.5 และ 12.0 ไมโครโมล/ลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอล สารแอนโทไซยานินค่า IC₅₀ (50 % Inhibition Concentration) การทดสอบการต้านอนุมูลอิสระของลูกหม่อน 3 สายพันธุ์ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) โดยวิธี DPPH Radical Scavenging และวิธี Total antioxidant capacity

สายพันธุ์	สารประกอบฟีนอล (มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียก)	สารแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียก)	DPPH (IC ₅₀) (มิลลิกรัม/ มิลลิลิตร)	Total antioxidant capacity (IC ₅₀) (มิลลิกรัม/ มิลลิลิตร)
เชียงใหม่	20.34b ± 0.60	7.82b ± 0.26	0.57b ± 0.10	5.82b ± 0.13
คุณไผ่	19.03b ± 1.08	6.00c ± 0.08	0.55b ± 0.01	5.58b ± 0.01
บุรีรัมย์ 60	43.40a ± 2.68	10.63a ± 2.68	0.60b ± 0.03	5.58b ± 0.03
BHA	-	-	0.28a ± 0.20	0.50a ± 0.12

ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรกำกับ ns ในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$)

สรุปผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของผลหม่อน 3 พันธุ์

องค์ประกอบทางเคมีหลัก ได้แก่ ความชื้นพบมากที่สุดในลูกหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ร้อยละ 89.61 ลูกหม่อนทั้ง 3 สายพันธุ์มีเถ้าร้อยละ 6.78 - 7.16 ไขมันร้อยละ 0.45 - 0.55 พันธุ์เชียงใหม่ และพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีโปรตีนสูงสุดไม่แตกต่างกัน ร้อยละ 0.87 และ 0.90 ตามลำดับ ลูกหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ และพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีเยื่อใยสูงสุด ร้อยละ 2.09 และ 1.73 และคาร์โบไฮเดรต ลูกหม่อนพันธุ์คุณไผ่มีมากที่สุดคือร้อยละ 1.23 การศึกษาวิตามินชนิดต่างๆ พบว่าในลูกหม่อนพันธุ์คุณไผ่มีวิตามินบี 1 (thiamin) และบี 3 (niacin) มากที่สุด (6.92 และ 1.13 มิลลิกรัม /100 กรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ) ลูกหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 พันธุ์เชียงใหม่ และพันธุ์คุณไผ่ มีวิตามินบี 5 (pantotanic acid) และวิตามินบี 6 (pyridoxine) ในที่ใกล้เคียงไม่แตกต่างกัน ลูกหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีวิตามินอี (a - tocopherol) มากที่สุด 7.31 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักเปียก

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญของลูกหม่อน 3 สายพันธุ์

สารประกอบฟีนอลและปริมาณสารแอนโธไซยานินโดย พบว่าลูกหม่อนสายพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีสารประกอบฟีนอลิกและสารแอนโธไซยานินสูงสุด ได้แก่ 4.60 และ 10.63 มิลลิกรัม/ 100 กรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ เมื่อทำการสกัดลูกหม่อนด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้น 75%

สารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลหม่อน 3 สายพันธุ์

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH Radical scavenging activity และวิธี Total antioxidant capacity แสดงค่าเป็น IC50 (ความเข้มข้นร้อยละ 50 ที่ยับยั้งปฏิกิริยา) ลูกหม่อนทั้ง 3 สายพันธุ์มีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระไม่ต่างกัน

จากข้อมูลดังกล่าวจึงสามารถสรุปได้ว่า ลูกหม่อนสายพันธุ์บุรีรัมย์ 60 เหมาะต่อการนำมาแปรรูปเป็นอาหารสุขภาพต่อไป เพราะมีปริมาณวิตามินอี สารประกอบฟีนอล และสารแอนโธไซยานินสูงสุดดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ให้ความอนุเคราะห์ลูกหม่อน ได้แก่ ศูนย์หม่อนไหมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ และคุณศัลลณี กัญญาพันธุ์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทางเคมี สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร นายพลทรัพย์ บุญประเสริฐ เจ้าหน้าที่ศูนย์ตรวจวิเคราะห์ และทุนสนับสนุนงานวิจัย คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ปีงบประมาณ 2553

บรรณานุกรม

- วิโรจน์ แก้วเรือง สถาพร วงศ์เจริญวนกิจ กรกนก อิงคินันท์ และจารุพันธ์ วงษ์ไทย. (2549). ศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและกรดโพลีในผลหม่อนพันธุ์ต่างๆ. สถาบันหม่อนไหม แห่งชาติเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ศูนย์หม่อนไหม เฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ อุตรธานี และภาควิชาเกษตรเคมี และเกษตรเขต คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ศุภชัย สมบัติโค. (2548). องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหม่อน. รายงานวิจัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. สถาบันหม่อนไหม แห่งชาติเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์
- หทัยกาญจน์ นากานนท์ วสันต์ นัยภรณ์มัย เสาวนีย์ อภิญญาวัฒน์สมโภชน์ ป้านสุวรรณ และ สมชาย จอมดวง. (2551). การพัฒนาผลิตภัณฑ์หม่อนในน้ำเชื่อมบรรจุภัณฑ์ร้อนชนิดอ่อนตัว. สถาบันหม่อนไหมแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ และ ศูนย์หม่อนไหม เฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ และคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- AOAC. (1995). Official Methods of Analysis. (16 thed). Washington D.C :Association of Official Analytical Chemical.
- Arfan, M.,Khan, R., Rybarczyk, A., and Amarowicz, R. (2012). Antioxidant Activity of Mulberry Fruit Extracts. Int. J. Mol. Sci. 2012, 13, 2472-2480.
- Aramwit, P., Bang, N., and Srichana, P. (2010). The properties and stability of anthocyanins in mulberry fruits. Food Research International. 43. 4.1093-1097.
- Barua, A.B. and Olson, A.J. (1998). Reverse phase gradient High performance liquid chromatographic procedure for simultaneous analysis of very polar to non polar, retinoid,carotenoids and tocopherol in animal and plant sample. Journal of chromatography B. 69 -79.
- Bae, S.H., and Suh, S.J. (2007). Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea. LWT - Food Science and Technology. 40. 6. 955-962.
- Du, Q., Zheng,J., and Xu,Y. (2008). Composition of anthocyanins in mulberry and their antioxidant activity. Journal of Food Composition and Analysis. 21. 5. 390-395.
- Ercisli, S. and Orhan, E. (2007). Chemical composition of white (Morusalba), red (Morusrubra) and black Morusnigra) mulberry fruits. Food Chemistry. 103. 4. 1380-1384.
- Ercisli, S. and Orhan, E. (2008). Some physico-chemical characteristics of black mulberry (Morusnigra L.) genotype from Northeast Anatolia region of Turkey. Scientia Anatolia of Turkey. 116. 1. 41-46.

- Gundogdu, M., Muradoglu, F., GaziogluSensoy, R.I., and Yilmaz, H. (2011). Determination of fruit chemical properties of Morusnigra L., Morus alba L. and Morusrubra L. by HPLC. *Scientia Horticulturae*. Volume 132, 5 December 2011, 37-41.
- Imran, M., Khan, H., Shah,M., Khan, R., and Khan, F. (2010). Chemical composition and antioxidant activityof certain Morus species. *J Zhejiang UnivSci B*. 2010 December; 11(12): 973-980.
- Isabelle,M., Lee,B.L., Ong, C.N., Liu,X. and Huang, D. (2008). Peroxyl Radical Scavenging Capacity, Poyphenolics, and Lipophilic Antioxidant Profiles of Mulberry Fruits Cultivated in Southern China. *J. Agric. Food Chem.*, 2008, 56 (20), 9410-9416.
- Jung, C.H. (2006). Antioxidant Properties of Various Solvent Extracts from Wild Ginseng Leaves *LWT*. 39. 266-274.
- Kang, T.H., Hur, J.Y., Kim,H.B., Ryu, J.H., Kim, H.Y. (2006). Neuroprotective effects of the cyanidin-3-O β -D-glucopyranoside isolated from mulberryfruit against cerebral ischemia. *Neuroscience Letters*. 391. 3. 122-126.
- Kaur, C. and Kapoor, C. (2002). Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Some Asian Vegetable. *International Journal of Food Science and Technology*. 37. 153-161.
- Kumar R, V and Chaunchan, S. (2011). Biochemical constituents of different of mulberry genotypes. *International Journal of Agriculture Sciences*. Vol. 3, Issue 2, 2011, PP-90-96.
- Kontush, A.,Wilfried, W and Beisiegel, U. (2000). α - and β -Carotenes in Low Density Lipoprotein are the Preferred Target for Nitric Oxide-induced Oxidation. *Journal of Atherosclerosis*. 148. 1. 87-93.
- Kalt, W.; Donald, J. E. (2000). Chemical composition of lowbush blueberry cultivars. *J. Am. Soc. Hortic. Sci* 121, 142 -146.
- Özgen, M., Serçe, S., and Kaya, D. (2009). Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin-rich Morusnigra and Morusrubra fruits. *Scientia Horticulturae*. 119. 3.275-279.
- Oki, T., Kobayashi, M., Nakamura, T., Okuyama, A., Masuda, M., Shiratsuchi, H., Suda, I., (2007). Changes in Radical-scavenging Activity and Components of Mulberry Fruit During Maturation. *Journal of food science*. Article first published online: 31 MAY 2006

- Qin, C., Li, Y., Niu, W., Ding, Y., Zhang, R., and Shang, X. (2010). Analysis and Characterisation of Anthocyanins in Mulberry Fruit. *Czech J. Food Sci.* Vol. 28, No. 2: 117-126..
- Yang, X., Yang, L., and Zheng, H. (2010). Hypolipidemic and antioxidant effects of mulberry (*Morus alba* L.) fruit in hyperlipidaemia rats. *Food and Chemical Toxicology*. 48. 8-9. 2374-2379.