

การศึกษาความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชัน จากถั่วลิสงเมล็ดโตสายพันธุ์ต่าง ๆ

สุวัชชัย มิสุนา ผศ.ดร.ประสาร สวัสดิ์ชิตัง และ ดร.ปวีณา พงษ์ดนตรี*
ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น Email : paweeena@kku.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันของถั่วลิสงเมล็ดโตสายพันธุ์ต่างๆด้วยวิธีการทดสอบ 2 วิธี คือ 1)วิธีการใช้สารดีพีพีเอช และ 2)วิธีการใช้สารเอบีทีเอส ในการทดสอบ ผลการตรวจวัดความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันของสารสกัดด้วยเมทานอลแสดงให้เห็นว่า สายพันธุ์ (China97-2 x KK60 -3)F6-8-1 มีความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันได้สูงสุด เมื่อทดสอบด้วยวิธีการใช้สารดีพีพีเอช และเอบีทีเอส ในส่วนของน้ำมันเมื่อนำมาตรวจสอบความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันพบว่า สายพันธุ์ (ICG x 930132)BB-20 มีความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันได้สูงสุด เมื่อทดสอบด้วยวิธีการที่ใช้สารดีพีพีเอช
คำสำคัญ : ความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชัน, ถั่วลิสง, ถั่วลิสงเมล็ดโต

1.บทนำ

ถั่วลิสงเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย มีการผลิตและบริโภคเป็นจำนวนมาก โดยที่ส่วนใหญ่เป็นถั่วลิสงชนิดเมล็ดเล็ก งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในช่วงที่ผ่านมา ยังไม่ได้คำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการมากนัก เนื่องจากถั่วลิสงเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบประมาณ 45-55%ของเมล็ด และมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็นอยู่ปริมาณค่อนข้างสูง กรดไขมันที่เป็นกรดไขมันจำเป็นนั้นมีบทบาทในการป้องกันภาวะหลอดเลือดแข็งตัว และป้องกันโรคของหลอดเลือด หัวใจ ผิวน้ำ (Sinclair, 1956) และช่วยให้ระบบประสาทต่างๆ ทำงานเป็นปกติ (Holman *et al.*,1982) นอกจากนั้น ยังมีส่วนช่วยในการพัฒนาการเจริญเติบโตของทารกอีกด้วย (Hansen *et al.*,1963) นอกจากคุณค่าทางโภชนาการของกรดไขมันที่กล่าวมาแล้ว ในถั่วลิสงยังมีสารต้านการเกิดออกซิเดชันอยู่ด้วย (Wanasundara *et al.*,1997) สารต้านการเกิดออกซิเดชันโดยทั่วไป มีบทบาทในการต้านการเกิดสารประเภท peroxides ในน้ำมันซึ่งเป็นสารที่อันตรายต่อสุขภาพ เนื่องจากถั่วลิสงมีปริมาณน้ำมันอยู่สูงซึ่งมีโอกาสที่จะถูกออกซิไดส์ได้ง่าย ซึ่งนำ

ไปสู่การเสื่อมสภาพของน้ำมันและคุณภาพโดยรวมของถั่วทั้งเมล็ด ถั่วเมล็ดถั่วลิสงมีสารต้านการเกิดออกซิเดชันอยู่ในปริมาณสูงก็จะเป็นผลดีต่อการเก็บรักษาถั่วนับจากวันที่เก็บเกี่ยวจนถึงการแปรรูปเพื่อการบริโภค ถึงแม้ว่า สารต้านการเกิดออกซิเดชันจากน้ำมันถั่วลิสงยังไม่ได้รับการศึกษาให้ลึกลงไปถึงบทบาทที่มีในมนุษย์นั้น แต่โดยทั่วไปแล้ว สารต้านการเกิดออกซิเดชันจะช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชัน ในร่างกายของสิ่งมีชีวิต เช่น ป้องกันการเกิดออกซิเดชันของ LDL (Low Density Lipoprotein) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่นำไปสู่ภาวะหลอดเลือดแข็งตัวและอุดตัน นอกจากนี้สารต้านการเกิดออกซิเดชันยังมีส่วนช่วยป้องกันการเกิดโรคต่างๆ อันเนื่องมาจากการเสื่อมสภาพของร่างกาย เช่น มะเร็ง การเสื่อมสภาพของสมอง เป็นต้น ซึ่งมักมีสาเหตุมาจากการเกิดออกซิเดชันขององค์ประกอบของเซลล์ โดยเฉพาะเมมเบรน ดังนั้นในการทดลองนี้เป็นการศึกษาถึงความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันของ น้ำมันและสารสกัดจากเมล็ดถั่วลิสง เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการคัดเลือกพันธุ์ ที่จะให้ได้สายพันธุ์ถั่วลิสงเมล็ดโตที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมน้ำมันและสารสกัดจากเมล็ดถั่ว

การสกัดน้ำมันถั่วลิสงทำได้โดย ซึ่งเมล็ดถั่วลิสงบดละเอียดที่อบแห้ง 70°C มา 2 กรัม ทำการสกัดน้ำมันโดยใช้เครื่อง soxtec ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 45 นาที (boiling 15 นาที และ rinsing 30 นาที) ซึ่งใช้ hexane ปริมาตร 50 ml เป็นตัวสกัดน้ำมัน ต่อจากนั้นนำน้ำมันที่สกัดได้มา 0.1 กรัม ละลายใน toluene 1 ml (คิดเป็นความเข้มข้น 10%) เขย่าให้เข้ากันโดยเครื่อง vortex เตรียมความเข้มข้นต่างๆ โดยทำการเจือจางความเข้มข้นเริ่มต้นไปหนึ่งเท่าตัว ด้วย toluene จนได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 6 ความเข้มข้นคือ 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625 และ 0.3125 %v/v แล้วจึงนำไปตรวจสอบความสามารถในการต้าน การเกิดออกซิเดชัน ด้วยวิธีการใช้สารดีฟีฟิเอซ (Ramadan *et al.*, 2003) ต่อไป

การสกัดสารสกัดด้วยเมทานอล ทำได้โดย ซึ่งถั่วลิสงบดละเอียดมา 1 กรัม นำมาสกัดด้วย methanol ปริมาตร 40 ml แช่ทิ้งไว้ 60 นาที กรองเอากากออกด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 4 นำสารละลายที่กรองได้ไประเหย methanol ด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 70°C เก็บสารละลายที่ได้ไว้ประมาณ 2 ml หลังจากนั้นนำไประเหย methanol ด้วยการใช้ ก๊าซไนโตรเจนเป่าให้มีปริมาตรสุดท้ายเป็น 2 ml (ความเข้มข้นสมมติคิดเป็น 100%) นำสารสกัดที่สกัดได้มาเตรียมความเข้มข้นต่างๆ เพื่อนำไปตรวจสอบความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันด้วยวิธีการใช้สารดีฟีฟิเอซ และ วิธีการใช้สารเอบีทีเอส โดยนำความเข้มข้นเริ่มต้น 100% มาเจือจางด้วย methanol หนึ่งเท่าตัวทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนได้สารละลายทั้งหมด 6 ความเข้มข้นคือ 100, 50, 25, 12.5, 6.25 และ 3.125 %v/v แล้วจึงนำไปตรวจสอบต่อไป

2.2 การตรวจสอบความสามารถในการต้าน การเกิดออกซิเดชันของน้ำมัน ด้วยวิธีการใช้สารดีฟีฟิเอซ (Ramadan *et al.*, 2003)

เติมสารละลายน้ำมันที่ความเข้มข้นต่างๆ 200 μ l ลงใน

สารละลายดีฟีฟิเอซ 3 ml โดยเตรียมจากการชั่งสารดีฟีฟิเอซมา 0.0020 กรัม ละลายใน toluene 50 ml คิดเป็นความเข้มข้น 1×10^{-4} M (เตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทำทดลอง) หลอดที่เป็น control ให้เติม toluene แทน ทิ้งไว้ 2 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 nm (ใช้ toluene เป็น blank) แล้วจึงคำนวณหาค่า IC_{50} (50 % Inhibitory Concentration) เป็นค่าที่บอกถึง ค่าความเข้มข้นของสารต้านการเกิดออกซิเดชัน ที่ยับยั้งการเกิดออกซิเดชันได้ 50% ซึ่งถ้าค่า IC_{50} มีค่าต่ำ แสดงว่ามีความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันได้ดีกว่าค่า IC_{50} ที่มีค่าสูง

2.3 การตรวจสอบความสามารถในการต้าน การเกิดออกซิเดชันของสารสกัด ด้วยวิธีการใช้สารดีฟีฟิเอซ (Shiu and Leong, 2002)

เติมสารสกัดที่ความเข้มข้นต่างๆ 200 μ l ลงในสารละลายดีฟีฟิเอซ 3 ml (เตรียมจากการชั่งสารดีฟีฟิเอซ 0.050 กรัม ละลายใน methanol 250 ml คิดเป็นความเข้มข้น 5×10^{-4} M เก็บเป็น stock ไว้ เมื่อจะใช้งานให้ dilute ด้วย methanol ในอัตราส่วน 1 : 4 คิดเป็นความเข้มข้น 1×10^{-4} M) หลอดที่เป็น control เติม methanol แทน ต่อจากนั้นเติม acetate buffer ปริมาตร 200 μ l vortex ให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 2 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 nm (ใช้ methanol เป็น blank) แล้วจึงคำนวณหาค่า IC_{50}

2.4 การตรวจสอบความสามารถในการต้าน การเกิดออกซิเดชันของสารสกัด ด้วยวิธีการใช้สารเอบีทีเอส (Miller *et al.*, 1993)

เติมสารสกัดที่ความเข้มข้นต่างๆ ปริมาตร 20 μ l ลงในสารละลายที่มีส่วนผสมของ ABTS 500 μ M ปริมาตร 500 μ l, metmyoglobin ปริมาตร 70 μ l และ PBS buffer 5 mM pH 7.5 ปริมาตร 980 μ l (หลอดที่เป็น control เติม methanol แทน) vortex ให้สารละลายเข้ากัน ต่อจากนั้นเติม H_2O_2 500 μ M ปริมาตร 450 μ l แล้ว vortex ให้ H_2O_2 เข้าทำปฏิกิริยาได้ดีขึ้น สารละลายจะเริ่มเปลี่ยน

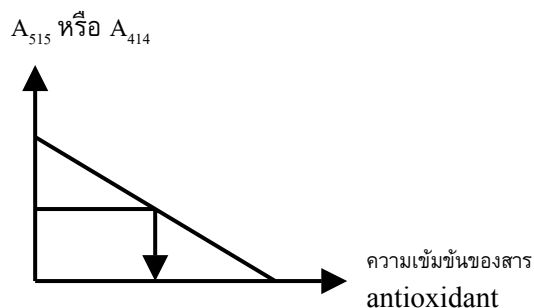
เป็นสีเขียวอมฟ้า ทั้งไว้ 3 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 414 nm (ใช้ methanol เป็น blank) แล้วจึงคำนวณหาค่า IC_{50}

2.5 การตรวจสอบความสามารถในการต้าน การเกิดออกซิเดชันของสารมาตรฐาน

สารมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชัน คือ วิตามินซี, วิตามินอี, เคอร์ซีติน และ โทรลิกซ์ ในส่วนของวิธีการตรวจสอบความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชัน ได้อธิบายไว้แล้วในข้อ 2.3 และ 2.4

2.6 การประเมินความสามารถในการต้าน การเกิดออกซิเดชัน

วิธีการประเมินความสามารถในการต้าน การเกิดออกซิเดชันด้วยการใช้สารดีพีพีเอช และการใช้สารเอบีทีเอส นั้นทำได้โดย เขียนกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (แกน Y) กับค่าความเข้มข้นของสาร antioxidant (แกน X) เพื่อหา IC_{50} (รูปที่ 1)

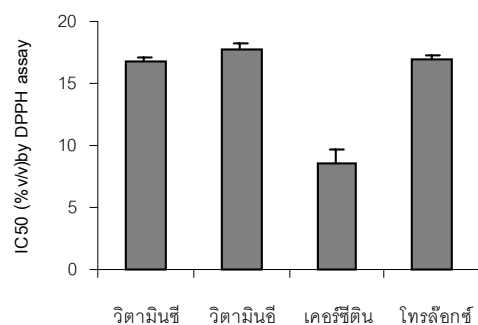


3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ความสามารถในการต้าน การเกิดออกซิเดชันของสารมาตรฐาน ด้วยวิธีการใช้สารดีพีพีเอช

จากการตรวจสอบความสามารถ ในการต้านการเกิดออกซิเดชันของสารมาตรฐาน ด้วยวิธีการใช้สารดีพีพีเอช พบว่า เมื่อความเข้มข้นสุดท้าย (เป็นความเข้มข้นของสาร antioxidant เมื่ออยู่ในสารละลายที่ทำปฏิกิริยา

กันทั้งหมด) ของสารมาตรฐานสูงขึ้น ความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ แสดงว่า ถ้าให้ความเข้มข้นสุดท้ายที่สูงๆในระดับหนึ่งจะสามารถต้านการเกิดออกซิเดชันได้ดี และจะมีความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันลดลง เมื่อความเข้มข้นสุดท้ายน้อยลง จากการหาค่า IC_{50} พบว่า เคอร์ซีติน มีค่า IC_{50} ต่ำที่สุด แสดงว่ามีความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันได้ดีที่สุด ส่วน วิตามินซี, วิตามินอี และ โทรลิกซ์ มีค่า IC_{50} ที่ใกล้เคียงกันแสดงว่า มีความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันได้ใกล้เคียงกัน (รูปที่ 2)

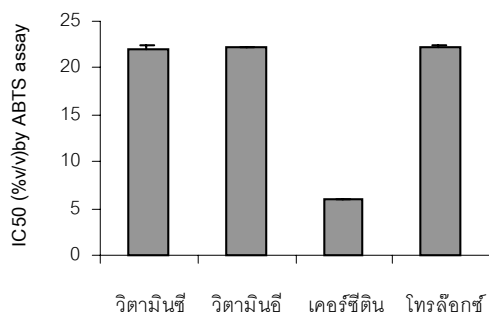


รูปที่ 2 ความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันของสารมาตรฐานด้วยวิธีการใช้สารดีพีพีเอช

3.2 ความสามารถในการต้าน การเกิดออกซิเดชันของสารมาตรฐาน ด้วยวิธีการใช้สารเอบีทีเอส

จากการตรวจสอบความสามารถ ในการต้านการเกิดออกซิเดชันของสารมาตรฐาน ด้วยวิธีการใช้สารเอบีทีเอส พบว่า เมื่อความเข้มข้นสุดท้ายของสารมาตรฐานสูงขึ้น ความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันกับมีค่าคงที่ และมีแนวโน้มที่จะลดลง แสดงว่า ถ้าให้ความเข้มข้นสุดท้ายที่สูงๆในระดับหนึ่ง จะทำให้ความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันลดลง ในขณะที่ความเข้มข้นสุดท้ายต่ำๆ จะมีความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันได้ดีกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การทดสอบโดยวิธีนี้ จะให้ผลการทดสอบกับสารมาตรฐานเป็นไปในลักษณะ prooxidant จากการหาค่า IC_{50} พบว่า เคอร์ซีติน มีค่า IC_{50} ต่ำที่สุด แสดงว่ามีความสามารถในการ

การต้านการเกิดออกซิเดชันได้ดีที่สุด ส่วน วิตามินซี, วิตามินอี และ โทรลล็อกซ์ มีค่า IC_{50} ที่ใกล้เคียงกันแสดงว่า มีความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันได้ใกล้เคียงกัน (รูปที่ 3)



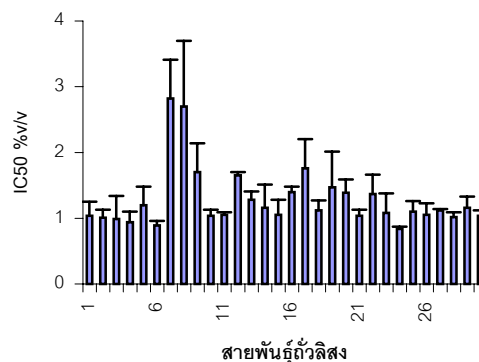
รูปที่ 3 ความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันของสารมาตรฐานด้วยวิธีการใช้สารเอบีทีเอส

3.3 ความสามารถในการต้าน การเกิดออกซิเดชันของน้ำมันถั่วลิสง ด้วยวิธีการใช้สารดีพีพีเอช

จากการตรวจสอบความสามารถ ในการต้านการเกิดออกซิเดชันของสารสกัดน้ำมัน ด้วยวิธีการใช้สารดีพีพีเอช พบว่า สารสกัดน้ำมันจากถั่วลิสงเมล็ดโตแต่ละสายพันธุ์ จะมีค่าความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันต่างกัน โดยในแต่ละสายพันธุ์ พบว่า เมื่อความเข้มข้นสุดท้ายเพิ่มสูงขึ้น แนวโน้มของความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันก็เพิ่มขึ้นด้วย เมื่อหาค่า IC_{50} จะพบว่า ถั่วลิสงสายพันธุ์ที่ 24 (ICG x 930132)BB-20 มีค่า IC_{50} น้อยที่สุด แสดงว่ามีความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันได้ดีที่สุด (รูปที่ 4)

3.4 ความสามารถในการต้าน การเกิดออกซิเดชันของสารสกัดด้วย methanol ด้วยวิธีการใช้สารดีพีพีเอช

เมื่อทำการทดสอบความสามารถในการต้าน การเกิดออกซิเดชันของสารสกัดด้วยเมทานอล โดยวิธีการใช้สารดีพีพีเอช พบว่า ค่าความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันของสารสกัดด้วย methanol ของถั่วลิสง

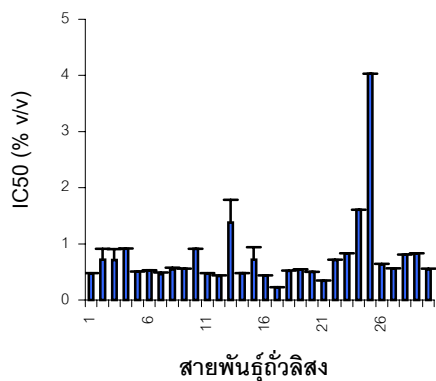


รูปที่ 4 ความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันถั่วลิสง ด้วยวิธีการใช้สารดีพีพีเอช

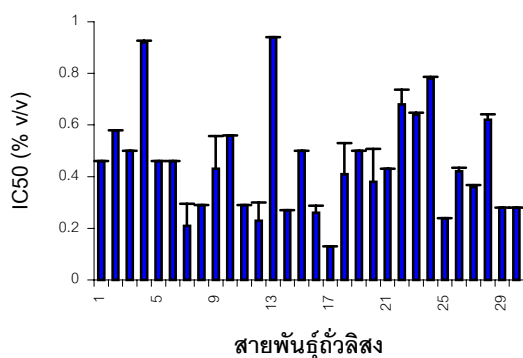
แต่ละสายพันธุ์ มีค่าแตกต่างกัน โดยในแต่ละสายพันธุ์ เมื่อความเข้มข้นสุดท้ายเพิ่มสูงขึ้น แนวโน้มของความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชัน ก็เพิ่มขึ้นด้วย เมื่อหาค่า IC_{50} จะพบว่า ถั่วลิสงสายพันธุ์ที่ 17 (China97-2 x KK60 -3)F6-8-1 มีค่า IC_{50} น้อยที่สุด แสดงว่ามีความสามารถในการต้าน การเกิดออกซิเดชันได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่นๆ (รูปที่ 5)

3.5 ความสามารถในการต้าน การเกิดออกซิเดชันของสารสกัดด้วยเมทานอล ด้วยวิธีการใช้สารเอบีทีเอส

เมื่อทำการทดสอบความสามารถในการต้าน การเกิดออกซิเดชันของสารสกัดด้วยเมทานอล โดยวิธีการใช้สารเอบีทีเอส พบว่า ถั่วลิสงสายพันธุ์ต่างๆ เมื่อความเข้มข้นสุดท้ายเพิ่มสูงขึ้น ค่าความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันก็จะสูงขึ้นด้วย ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้จะเป็นไปในทำนองเดียวกันกับการทดสอบ โดยการใช้สารดีพีพีเอช เมื่อหาค่า IC_{50} จะพบว่า ถั่วลิสงสายพันธุ์ที่ 17 (China97-2 x KK60 -3)F6-8-1 มีค่า IC_{50} น้อยที่สุด แสดงว่ามีความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่นๆ (รูปที่ 6)



รูปที่ 5 ความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันของสารสกัดด้วยเมทานอล ด้วยวิธีการใช้สารดีฟีพีเอช



รูปที่ 6 ความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันของสารสกัดด้วยเมทานอล ด้วยวิธีการใช้สารเอบีทีเอส

4. สรุปผลการทดลอง

สารต้านการเกิดออกซิเดชันมาตรฐานที่มีฤทธิ์มากที่สุดคือ เคอร์ซีติน โดยมีค่า $IC_{50} = 8.6 \pm 1.00 \mu M$ และ $5.99 \pm 0.01 \mu M$ เมื่อทดสอบด้วยวิธีการใช้สารดีฟีพีเอช และวิธีการใช้สารเอบีทีเอส ตามลำดับ ส่วนวิตามินซี วิตามินอี และ โทรลิกซ์ มีค่า IC_{50} ใกล้เคียงกัน โดยเมื่อทดสอบด้วยวิธีการใช้สารดีฟีพีเอช มีค่าอยู่ระหว่าง $16-18 \mu M$ และเมื่อทดสอบด้วยวิธีการใช้สารเอบีทีเอส มีค่าอยู่ระหว่าง $21-22.5 \mu M$

จากการเปรียบเทียบความสามารถในการต้าน การเกิด-

ออกซิเดชัน ของสารสกัดด้วยเมทานอล จากถั่วลิสง เมล็ดโต 30 สายพันธุ์ พบว่า ถั่วลิสงสายพันธุ์ที่ 17 (China97-2 x KK60 -3)F6-8-1 มีความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันได้ดีที่สุด เมื่อตรวจสอบด้วยวิธีการใช้สารดีฟีพีเอช และเอบีทีเอส โดยพิจารณาจากค่า IC_{50}

ในส่วนของน้ำมันเมื่อนำมาตรวจสอบความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันพบว่า สายพันธุ์ (ICG x 930132)BB-20 มีความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันได้สูงสุด เมื่อทดสอบด้วยวิธีการที่ใช้สารดีฟีพีเอช

เป็นที่น่าสังเกตว่า ถั่วลิสงหลายสายพันธุ์ที่มาจากพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เดียวกัน แต่แสดงค่าความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันที่ต่างกัน ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากความแปรปรวนของถั่วลิสงแต่ละต้น เช่นถั่วลิสงสายพันธุ์ที่ 17 ให้ค่า IC_{50} ต่ำสุด ในขณะที่ถั่วลิสงสายพันธุ์ที่16 ให้ค่า IC_{50} ปานกลาง ทั้งที่เป็นลูกผสมที่มาจากพ่อแม่เดียวกัน เช่นเดียวกับถั่วลิสงสายพันธุ์ที่ 13 ซึ่งได้มาจากพ่อแม่เดียวกันกับถั่วลิสงสายพันธุ์ที่ 1, 2, 5 และ 6 แต่กลับมีความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม ถั่วลิสงที่มาจากพ่อแม่เดียวกัน ก็มักจะแสดงค่าความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันที่ใกล้เคียงกัน

สายพันธุ์ถั่วลิสงที่ใช้ในการทดลอง

1. [(NCAc.17090 x B₁)-25 x China 97-2 JF5-6-1
2. [(NCAc.17090 x B₁)-25 x China 97-2 JF5-11-3
3. [(NCAc.17090 x B₁)-25 x Luhua 11 JF5-1-4
4. (ICG x 930132) BB-19
5. [(NCAc.17090 x B₁)-25 x China 97-2 JF5-10-5
6. [(NCAc.17090 x B₁)-25 x China 97-2 JF5-11-2
7. (Luhua 11 x China 97-2) F6-4
8. (Luhua 11 x China 97-2) F6-8-2
9. KK 60-3
10. KKFC 4008-5
11. KKFC 4014 - 2
12. (Luhua 11 x China 97-2) F6-8-3
13. [(NCAc.17090 x B₁)-25 x China 97-2 JF6-9-1
14. [(NCAc.17090 x B₁)-25 x KK 60-3 JF6-11-5

15. (Luhua 11 x Singburi) F6-9-2
16. (China 97-2 x KK 60-3) F6-7-1
17. (China 97-2 x KK 60-3) F6-8-1
18. [(NCAc.17090 x B₁)-9-1 x KK 60-3]F6-4-2
19. [(NCAc.17090 x B₁)-9-1 x KK 60-3]F6-9-1
20. KKU 72-1
21. KKU 1
22. KK 5
23. KS 2
24. (ICG x 930132) BB - 20
25. 183 PI 468269
26. [(NCAc. 17090 x B₁)-9 -1 x China 97 - 2]F6-14
27. [(NCAc. 17090 x B₁)- 25 x KK 60 - 3]F6-7-2
28. [(NCAc. 17090 x B₁)- 25 x KK 60 - 3]F6-7-4
29. [(NCAc. 17090 x B₁)- 25 x KK 60 - 3]F6-7-5
30. [(NCAc. 17090 x B₁)- 25 x KK 60 - 3]F6-8-1

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาดรี ประจำปี 2546 และได้รับความอนุเคราะห์ตัวอย่างถั่วลิสง จากภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

- Hansen, A.E. et al (1993) Role of linoleic acid in infant nutrition. Clinical and chemical study of 428 infants fed on milk mixtures varying in kind and amount of fat. *Pediatrics* 31: 171-191.
- Holman, R.T. et al. (1982) A case of human linoleic acid deficiency involving neurological abnormalities. *Am. J.Clin. Nutr.* 35: 617-623.
- Miller, N.J., Rice-Evans, C., Davies, M.J., Gopinathan, V. and Milner, A. (1993) A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin. Sci.* 84; 407-412.
- Ramadan, M.F., Kroh, L.W. and Mörsel, J-T. (2003) Radical scavenging activity of

black cumin (*Nigella sativa* L.), coriander (*Coriandrum sativum* L.), and niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) crude seed oils and oil fraction. *J. Agric. Food Chem.* 51 : 6961-6969.

Shui, G. and Leong, L.P. (2002) An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chem.* 76 : 69-75.

Sinclair, H.M. (1956) Deficiency of essential fatty acid and arteriosclerosis et cetera. *Lancet* 1: 381-383.

Wanasundara, P.K.J.P.D., Shahidi, F. and Shukla, V.K.S. (1997) Endogenous antioxidant from oil seeds and edible oil. *Food Rev.Int.* 13 : 225-292.