

องค์ประกอบทางเคมี คุณค่าทางโภชนาการฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ในตัวอย่างไหมข้าวโพด 3 สายพันธุ์

นพดล หงษ์สุวรรณ^{*,†}, แคทรียา สุธานุช[†]

*สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

วิทยาเขตสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47160

[†]ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[‡]ผู้รับผิดชอบบทความ: noptmc0550@gmail.com

บทคัดย่อ

ไหมข้าวโพดเป็นเศษวัสดุที่เหลือจากกระบวนการแปรรูปในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับข้าวโพดที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก การศึกษานี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี คุณค่าทางโภชนาการ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ในตัวอย่างไหมข้าวโพด 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ไหมข้าวโพดหวานสลัสบี้ ไหมข้าวโพดหวาน และไหมข้าวโพดข้าวเหนียว การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีทดสอบด้วยวิธี Thin layer chromatography phytochemical assay โดยการสกัดไหมข้าวโพดด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 พบสารในกลุ่มฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ในสารสกัดไหมข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ ด้วยวิธี Proximate analysis พบว่า ไหมข้าวโพดหวานมีปริมาณความชื้นสูงสุด ที่ร้อยละ 10.26 ± 0.66 ไหมข้าวโพดข้าวเหนียวมีปริมาณเถ้าสูงสุด ที่ร้อยละ 6.43 ± 1.77 ไหมข้าวโพดหวานมีปริมาณไขมันสูงสุด ที่ร้อยละ 0.29 ± 0.17 ไหมข้าวโพดข้าวเหนียวมีปริมาณเส้นใยสูงสุด ที่ร้อยละ 14.13 ± 0.44 ไหมข้าวโพดหวานมีปริมาณโปรตีนสูงสุด ที่ร้อยละ 21.19 ± 0.61 และไหมข้าวโพดหวานสลัสบี้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงสุด ที่ร้อยละ 61.59 ± 1.06 เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity พบว่า สารสกัดไหมข้าวโพดที่มีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ DPPH ที่ร้อยละ 50 (IC_{50}) ได้ดีที่สุดคือ สารสกัดไหมข้าวโพดหวาน ซึ่งมีค่า IC_{50} อยู่ที่ $5991.98 \pm 60.61 \mu\text{g/ml}$ และทำการศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ด้วยวิธี Tyrosinase inhibition activity พบว่า สารสกัดไหมข้าวโพดที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสที่ร้อยละ 50 (IC_{50}) ได้ดีที่สุด คือ สารสกัดไหมข้าวโพดข้าวเหนียว ซึ่งมีค่า IC_{50} อยู่ที่ $3082.28 \pm 347.98 \mu\text{g/ml}$ การศึกษานี้แสดงผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ซึ่งสามารถนำผลที่ได้ไปเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ใช้ดูแลสุขภาพและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ทำให้ผิวขาวได้ต่อไป

คำสำคัญ: ไหมข้าวโพด คุณค่าทางโภชนาการ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

Comparison of Chemical Compositions, Nutritional Values, Antioxidant and Tyrosinase Inhibition Activities in Corn Silk of Three Different Corn Varieties

Noppadol Hongsuwan^{*,‡}, Khaetthareeya Sutthanut[†]

^{*}School of Thai Traditional Medicine, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon Campus, Sakon Nakhon 47160, Thailand

[†]Department of Pharmaceutical Chemistry, Faculty of Pharmacy, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

[‡]Corresponding author: noptmc0550@gmail.com

Abstract

There is a lot of corn silk as waste from the corn-related industry. This study was conducted to compare the properties of corn silk derived from three different corn varieties: bicolor sweet corn (*Zea mays* L. var. *saccharata*), sweet corn (*Zea mays saccharata*), and waxy corn (*Zea mays ceratina*) - chemical compositions, nutritional values, antioxidant and tyrosinase inhibition activities. Crude corn silk extracts of three varieties were tested for chemical elements using thin layer chromatography assay. The results showed that 50% ethanolic extract of corn silk contained phenolic compounds and flavonoids. Nutritional proximate analyses revealed highest moisture content of $10.26 \pm 0.66\%$ in sweet corn, highest ash content of $6.43 \pm 1.77\%$ in waxy corn silk, highest fat content of $0.29 \pm 0.17\%$ in sweet corn silk, highest fiber content of $14.13 \pm 0.44\%$ in waxy corn silk, highest protein content of $21.19 \pm 0.61\%$ in sweet corn silk, and highest carbohydrate content of $61.59 \pm 1.06\%$ in bicolor sweet corn silk. As for antioxidant activity comparison using the DPPH radical scavenging method, the extract from sweet corn silk had the best IC_{50} value at $5991.98 \pm 60.61 \mu\text{g/ml}$. Regarding tyrosinase inhibition comparison, the extract from waxy corn silk showed the best IC_{50} value at $3082.28 \pm 347.98 \mu\text{g/ml}$. This study has shown the results of nutritional value analyses as well as biological activities of corn silk, which can be used as a basis for developing health-care and cosmetic (skin-whitening) products.

Key words: corn silk, nutritional value, antioxidant, antityrosinase

บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูปข้าวโพดเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มีหลากหลาย ทำให้มีเศษวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น ต้นเปลือก ช้าง และไหมข้าวโพด โดยไหมข้าวโพด (*Maydis stigma* “*Zea mays* hairs”) เป็นส่วนแสรตัวเมีย Style และ Stigma ของข้าวโพด ลักษณะ

คล้ายเส้นไหม ผิวเส้นมัน เมื่อยังอ่อนมีสีขาวอมเขียว และจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อฝักแก่จัด^[1] ไหมข้าวโพดใช้เป็นยารักษาโรคต่าง ๆ เช่น กระเพาะปัสสาวะอักเสบ ต่อมลูกหมากอักเสบ อาการระคายเคืองภายในระบบทางเดินปัสสาวะ^[2] โดยมีการรายงานข่าวสารฟลาโวนอยด์ที่แยกได้จากไหมข้าวโพดในประเทศจีนสามารถลดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อ^[3]

นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ^[4] การศึกษาและรายงานผลความเป็นพิษแบบกึ่งเรื้อรังจากไหมข้าวโพด การศึกษาของ Velazquez และคณะ รายงานว่าให้หนูได้รับสารสกัดไหมข้าวโพดที่ทำการสกัดโดยใช้น้ำไม่พบผลกระทบที่เกิดกับระบบที่เกี่ยวข้องกับการขับปัสสาวะหรือทำให้หนูเสียชีวิต^[5] จากข้อมูลดังกล่าวทำให้เกิดความสนใจทำการศึกษารังนี้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ใช้ดูแลสุขภาพและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ทำให้ผิวขาว โดยศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดคุณค่าทางโภชนาการฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของตัวอย่างไหมข้าวโพด 3 สายพันธุ์ คือ ไหมข้าวโพดหวานสลับสี (เมล็ดเหลืองขาว) ไหมข้าวโพดหวาน และไหมข้าวโพดข้าวเหนียว เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาที่ได้รับระหว่างไหมข้าวโพดแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งมีความแตกต่างของลักษณะทางสัณฐานวิทยา และการศึกษานี้จะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และเพิ่มมูลค่าของไหมข้าวโพดต่อไป

ระเบียบวิธีศึกษา

1. ไหมข้าวโพด

ไหมข้าวโพดที่นำมาทำการศึกษานี้เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัด คุณค่าทาง

โภชนาการ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส จำนวน 3 สายพันธุ์ รายละเอียดดังตารางที่ 1

2. การเตรียมสารสกัด

สกัดไหมข้าวโพด 3 สายพันธุ์ ด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยนำไหมข้าวโพดที่ผ่านการอบ ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง และเก็บไว้ในถุงพลาสติกสุญญากาศและแช่ตู้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส มาบดให้ละเอียด ซังไหมข้าวโพดที่บดแล้ว 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์แล้วเติมเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 คืนทำการกรองสารสกัดด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้น นำกากไหมข้าวโพดไปทำการสกัดอีก 1 ครั้ง ด้วยวิธีเดิม แล้วนำสารสกัดในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 รวมกัน นำไประเหยด้วยเครื่อง Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 100 mbar จากนั้นคำนวณหาปริมาณสารสกัด (%yield)

3. Thin layer chromatography phytochemical assay^[6]

นำสารสกัดไหมข้าวโพดมา spot ด้วยเครื่อง spot บนแผ่น TLC ที่เคลือบด้วย silica gel ขนาดความกว้าง 4.5 เซนติเมตร ยาว 6 เซนติเมตร โดยให้เว้นระยะจากขอบแผ่น TLC ด้านซ้ายเท่ากับ 0.5

ตารางที่ 1 รายละเอียดของไหมข้าวโพด 3 สายพันธุ์

สายพันธุ์ไหมข้าวโพด	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์
ข้าวโพดหวานสลับสี	Sweet L. var. corn	<i>Zea mays</i> L. var. <i>saccharata</i>	Graminae
ข้าวโพดหวาน	Sweet corn	<i>Zea mays</i> <i>saccharata</i>	Graminae
ข้าวโพดข้าวเหนียว	Waxy corn	<i>Zea mays</i> <i>ceratina</i>	Graminae

เซนติเมตร และด้านล่างเท่ากับ 1 เซนติเมตร ความกว้างของการ spot เท่ากับ 0.3 เซนติเมตร และระยะห่างของการ spot เท่ากับ 1 เซนติเมตร ปริมาณสารที่ spot แถบละ 20 ไมโครลิตร ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร นำแผ่น TLC ใส่ภาชนะปิดที่มีตัวทำละลาย (Mobile phase) สามารถแยกกลุ่มของสาร ที่พบในสารสกัดไหมข้าวโพดได้ดี คือ ethanol:methanol ในอัตราส่วน 2:1 แล้วนำไปพ่นด้วย reagents เพื่อตรวจหาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นในสารสกัดไหมข้าวโพด

4. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของตัวอย่างไหมข้าวโพด^[7]

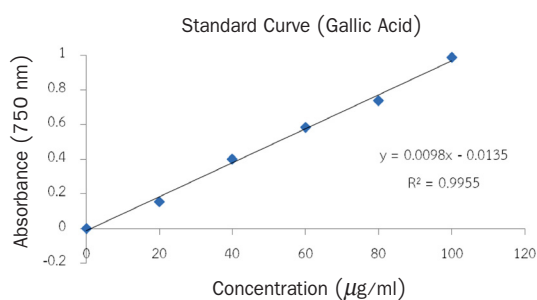
นำตัวอย่างไหมข้าวโพดออกจากที่เก็บรักษา ซึ่งผ่านการล้างทำความสะอาดและอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง ก่อนเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส รอให้อุณหภูมิตัวอย่างเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำตัวอย่าง ออกจากถุงพลาสติก และวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ด้วยวิธี

proximate analysis

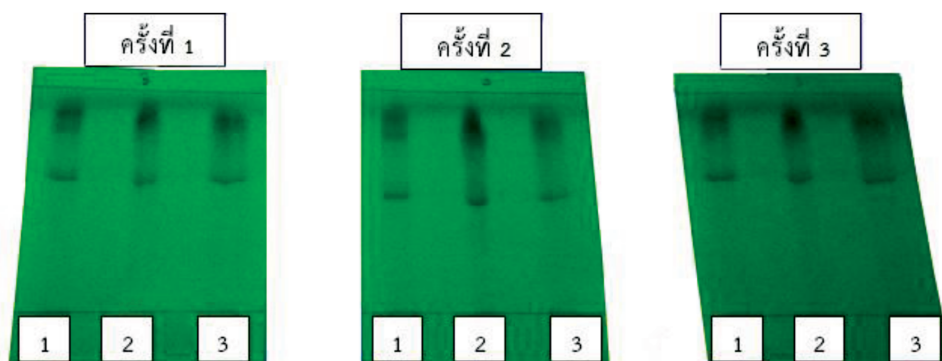
5. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

5.1 วิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกโดยรวม (total phenolic content)^[8]

เตรียมสารสกัดไหมข้าวโพดและกรดแกลลิก (สารมาตรฐาน) ที่ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ในเอทานอล ใส่ลงใน 96 well plates หลุมละ 80 ไมโครมิลลิลิตร เติมน้ำละลาย Folin-Ciocalteu ที่ความเข้มข้น 1 นอร์มอล ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และสารละลาย Na_2CO_3



รูปที่ 1 มาตรฐานของกรดแกลลิก



หมายเหตุ : 1 คือ สารสกัดไหมข้าวโพดหวานสลับสี

2 คือ สารสกัดไหมข้าวโพดหวาน

3 คือ สารสกัดไหมข้าวโพดข้าวเหนียว

รูปที่ 2 การทดสอบการแยกกลุ่มสาร

ที่มีความเข้มข้นร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร 7.5 ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ ไปคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยในรูปมิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัม (มิลลิกรัม/กรัม) เทียบจากกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของกรดแกลลิกและค่าดูดกลืนแสง โดยทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง

5.2 วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging activity)^[9]

เตรียมสารสกัดโสมข้าวโพดและสารมาตรฐาน α -Tocopherol (positive control) ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0-250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (Two-fold dilution) ละลายในเอทานอล ใส่ลงใน 96 well plates หลุมละ 30 ไมโครมิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย DPPH ที่มีความเข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปคำนวณร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (%inhibition) ดังสมการ แล้วนำค่าความเข้มข้นและร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH เพื่อหาความสัมพันธ์เชิงเส้น ($y = ax + b$; r^2 linear regression) และเทียบค่า IC_{50} %inhibition = $(A_{ควบคุม} - A_{สารสกัด}) / A_{ควบคุม} \times 100$

6. การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส^[10]

วิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (Tyrosinase inhibition activity) เตรียมสารสกัดโสมข้าวโพดและสารมาตรฐานกรดโคจิก (positive control) ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0-500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (Two-fold dilution) ละลาย

ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ใส่ลงใน 96 well plates หลุมละ ปริมาตร 100 ไมโครลิตรผสมกับสารละลาย L-DOPA ที่ความเข้มข้น 2.5 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่นไทโรซิเนสที่ความเข้มข้น 125 หน่วย/มิลลิลิตร ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน และบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบไมโครเพลท ทำการคำนวณร้อยละการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (%Inhibition) ดังสมการ $\%Inhibition = (A_{ควบคุม} - A_{ทดสอบ}) / A_{ควบคุม} \times 100$

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาแต่ละครั้ง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำค่าที่ได้มาหาค่าทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความแปรปรวน และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p \leq 0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistics Package for the Social Sciences (SPSS) version 17.0

ผลการศึกษา

1. ผลการเตรียมสารสกัดโสมข้าวโพด

พบว่าสารสกัดโสมข้าวโพดให้ร้อยละปริมาณสารสกัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.01$) โดยที่โสมข้าวโพดข้าวเหนียวให้ปริมาณสารสกัดสูงสุด ร้อยละ 6.88 ± 0.02 รองลงมาคือ โสมข้าวโพดหวานให้ปริมาณสารสกัด ร้อยละ 6.44 ± 0.01 และโสมข้าวโพดหวานสลับสีให้ปริมาณสารสกัดต่ำสุด ร้อยละ 4.23 ± 0.01 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การทดสอบกลุ่มสารด้วยน้ำยาทดสอบ (reagents) และการแปลผล

กลุ่มสาร	น้ำยาทดสอบ	กระบวนการหลังจาก พ่นน้ำยาทดสอบ	ลักษณะสีที่ปรากฏ บนแผ่น TLC
Phenolic	Folin–Ciocalteu	–	สีน้ำเงิน
Alkaloids	Dragendroff	ให้ความร้อนหลังจาก พ่นเสร็จจนเกิดสี	สีส้มหรือสีแดงเข้ม
Flavonoids	Aluminium chloride	ให้ความร้อนหลังจาก พ่นเสร็จจนเกิดสี	สีเหลือง
Tannin	1 % Methanolic ferric chloride	–	สีเขียวหรือสีน้ำเงิน
Coumarins	10% (w/v) Ethanolic solution of KOH	ดูภายใต้แสงอัลตราไวโอเลต ที่ 365 นาโนเมตร	แถบสีเรืองแสง
Anthraquinones	10% (w/v) Ethanolic solution of KOH	ให้ความร้อนหลังจาก พ่นเสร็จจนเกิดสี	สีเหลือง สีส้ม หรือสีแดง

2. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

พบสาร 2 กลุ่ม ในสารสกัดโสมข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยสารกลุ่มที่ 1 มีค่า R_f อยู่ในช่วง 0.72 ± 0.02 ถึง 0.74 ± 0.01 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($p = 0.294$) และสารกลุ่มที่ 2 มีค่า R_f อยู่ในช่วง 0.92 ± 0.01 ถึง 0.93 ± 0.01 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($p = 0.295$) จากนั้นทำการพ่นสารที่ใช้ทดสอบกลุ่มสารชนิดต่าง ๆ ผลการตรวจสอบพบสารกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์

3. ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ เป็นการศึกษาค่าประกอบในด้านต่าง ๆ ของโสมข้าวโพด 3 สายพันธุ์ ซึ่งประกอบไปด้วยความชื้น เถ้า ไขมัน เส้นใย โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต อยู่ในรูปของร้อยละ พบว่าปริมาณความชื้นที่พบในโสมข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าโสมข้าวโพดหวาน มี

ปริมาณความชื้นสูงที่สุด รองมา คือ โสมข้าวโพดข้าวเหนียว และโสมข้าวโพดหวานสลับลี มีปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 10.26 ± 0.66 , 9.78 ± 0.55 และ 8.90 ± 1.06 ตามลำดับ ปริมาณเถ้า พบว่า โสมข้าวโพดข้าวเหนียว มีปริมาณสูงสุด ร้อยละ 6.43 ± 1.77 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับโสมข้าวโพดหวานสลับลี ที่มีปริมาณอยู่ที่ร้อยละ 3.19 ± 0.51 แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับโสมข้าวโพดหวาน ที่มีปริมาณอยู่ที่ร้อยละ 4.63 ± 0.37 ปริมาณไขมันไม่พบในโสมข้าวโพดข้าวเหนียว สำหรับโสมข้าวโพดหวานมีปริมาณไขมันสูงสุด ที่ร้อยละ 0.29 ± 0.17 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับโสมข้าวโพดหวานสลับลี ที่พบปริมาณไขมันอยู่ที่ร้อยละ 0.08 ± 0.02 ปริมาณเส้นใยพบในโสมข้าวโพดข้าวเหนียวสูงสุด ที่ร้อยละ 14.13 ± 0.44 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับโสมข้าวโพดหวาน และโสมข้าวโพดหวานสลับลี ซึ่งอยู่ที่ร้อยละ 7.65 ± 0.95 และ 8.35 ± 1.63 ตามลำดับ ไม่

พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณโปรตีนในไหมข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยไหมข้าวโพดข้าวเหนียว มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด รองมา คือ ไหมข้าวโพดหวาน และไหมข้าวโพดหวานสลัสลี มีปริมาณโปรตีนอยู่ที่ ร้อยละ 21.19 ± 0.61 , 19.49 ± 0.89 และ 17.88 ± 1.06 ตามลำดับ และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่พบในไหมข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไหมข้าวโพดหวานสลัสลี มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด รองมา คือ ไหมข้าวโพดหวาน และไหมข้าวโพดข้าวเหนียว มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่ที่ร้อยละ 61.59 ± 1.06 , 57.68 ± 0.66 และ 48.47 ± 0.55 ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

4. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกโดยรวม (Total phenolic content)

การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกโดยรวมนั้น เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิก (positive control) พบว่าสารสกัดไหมข้าวโพดหวานมีปริมาณฟีนอลิกสูงที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดไหมข้าวโพดข้าวเหนียว ส่วนสารสกัดไหมข้าวโพดหวานสลัสลีมีปริมาณฟีนอลิกต่ำที่สุด ซึ่งปริมาณฟีนอลิกในไหมข้าวโพดแต่ละชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.02$) ดังตารางที่ 3

5. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging activity)

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity ซึ่งเป็นการวัดความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ DPPH ที่ร้อยละ 50 (IC_{50}) ของสารสกัดไหมข้าวโพด 3 สายพันธุ์ พบว่าสารสกัดไหมข้าว

โพดหวาน มีค่า IC_{50} ดีที่สุด คือ 5991.98 ± 60.61 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับสารสกัดไหมข้าวโพดข้าวเหนียว ที่มีค่า IC_{50} อยู่ที่ 6193.25 ± 74.47 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.01$) กับสารสกัดไหมข้าวโพดหวานสลัสลี ที่มีค่าอยู่ที่ 7668.05 ± 283.09 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ในขณะที่สารมาตรฐาน α -Tocopherol (positive control) มีค่า IC_{50} อยู่ที่ 179.41 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ดังตารางที่ 3

6. การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (Tyrosinase inhibition activity)

การศึกษาความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดไหมข้าวโพด 3 สายพันธุ์ โดยวัดความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสที่ร้อยละ 50 (IC_{50}) กับความเข้มข้นของสารสกัดไหมข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่าสารสกัดไหมข้าวโพดแต่ละชนิด มีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสที่ร้อยละ 50 (IC_{50}) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.01$) โดยที่สารสกัดไหมข้าวโพดข้าวเหนียว มีค่า IC_{50} ที่ดีที่สุด อยู่ที่ 3082.28 ± 347.98 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร รองลงมาคือ สารสกัดไหมข้าวโพดหวาน และสารสกัดไหมข้าวโพดหวานสลัสลี มีค่า IC_{50} อยู่ที่ 5986.99 ± 35.13 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และ 10318.86 ± 357.96 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ให้สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่มีความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ เป็น negative control พบว่าสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ไม่มีผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส และให้สารมาตรฐานกรดโคจิก เป็น positive control มีค่า IC_{50} อยู่ที่ 58.11 ไมโครกรัม/

ตารางที่ 3 ปริมาณสารสกัดไหมข้าวโพด, คุณค่าทางโภชนาการ (ร้อยละ), ปริมาณฟีนอลิกโดยรวม ($\mu\text{g/ml}$), ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ (IC_{50}) ($\mu\text{g/ml}$) และความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (IC_{50}) ($\mu\text{g/ml}$)

ผลการศึกษา	สายพันธุ์ไหมข้าวโพด			
	ไหมข้าวโพด หวานสลับสี	ไหมข้าวโพด หวาน	ไหมข้าวโพด ข้าวเหนียว	Rosli และคณะ ^[11]
ความชื้น ^{ns}	8.90 $\pm$ 1.06	10.26 $\pm$ 0.66	9.78 $\pm$ 0.55	-
เถ้า	3.19 ^b $\pm$ 0.51	4.63 ^a $\pm$ 0.37	6.43 ^{a*} $\pm$ 1.77	5.3 $\pm$ 0.1
ไขมัน	0.08 ^b $\pm$ 0.02	0.29 ^a $\pm$ 0.17	0.00 ^b $\pm$ 0.00	1.3 $\pm$ 0.2
เส้นใย	8.35 ^b $\pm$ 1.63	7.65 ^b $\pm$ 0.95	14.13 ^a $\pm$ 0.44	-
โปรตีน ^{ns}	17.88 [*] $\pm$ 1.06	19.49 [*] $\pm$ 0.89	21.19 [*] $\pm$ 0.61	13.0 $\pm$ 0.3
คาร์โบไฮเดรต	61.59 ^{a*} $\pm$ 1.06	57.68 ^{b*} $\pm$ 0.66	48.47 ^{c*} $\pm$ 0.55	38.4 $\pm$ 0.4
ปริมาณสารสกัดไหมข้าวโพด	4.23 ^c $\pm$ 0.01	6.44 ^b $\pm$ 0.01	6.88 ^a $\pm$ 0.02	-
ปริมาณฟีนอลิกโดยรวม	39.70 ^b $\pm$ 7.50	62.10 ^a $\pm$ 8.21	59.61 ^a $\pm$ 6.72	-
ความสามารถในการยับยั้ง	7668.05 ^a $\pm$ 283.09	5991.98 ^b $\pm$ 60.61	6193.25 ^b $\pm$ 74.47	-
ปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ (IC_{50})				
ความสามารถในการยับยั้ง	10318.86 ^a $\pm$ 357.96	5986.99 ^b $\pm$ 35.13	3082.28 ^c $\pm$ 347.98	-
เอนไซม์ไทโรซิเนส (IC_{50})				

หมายเหตุ : 1. ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 2. ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p \leq 0.05$)
 3. เครื่องหมาย * ในแต่ละแถว หมายถึง ผลของการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Rosli และคณะ^[11]
 4. เครื่องหมาย – หมายถึง ไม่มีการรายงานผลจากการศึกษาของ Rosli และคณะ^[11]

มิลลิลิตร ดังตารางที่ 3

อภิปรายผล

ปริมาณสารสกัดที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ น้อยกว่าค่าที่รายงานโดย Liu และคณะ ที่ได้ทำการสกัดไหมข้าวโพดแห้ง สายพันธุ์ *Zea mays* L. จากเอทานอลที่ความเข้มข้น ร้อยละ 95 ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และทำการคนตลอดเวลา ทำการสกัด 3 ครั้ง พบว่าปริมาณสารสกัดที่ได้จากสารสกัด ไหมข้าวโพดจากเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 95 เท่ากับ 12.4 ± 0.8 ^[12] ซึ่งมี

ความแตกต่างของปริมาณ สารสกัด เป็นผลมาจากโครงสร้างของสารในไหมข้าวโพดที่สามารถละลายได้ดีในเอทานอลที่ความเข้มข้นสูง วิธีการสกัดที่ใช้ความร้อนช่วยในการสกัด ระยะเวลาในการสกัด และความเข้มข้นของตัวทำละลาย

เมื่อนำมาทดสอบหาปริมาณสารในสารสกัดไหมข้าวโพดพบกลุ่มสารเพียง 2 กลุ่ม คือกลุ่มฟีนอลิก และกลุ่มฟลาโวนอยด์ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Thoudam และคณะ ได้ทำการศึกษาทางพิษวิทยาของสารสกัดไหมข้าวโพดแห้ง สายพันธุ์ *Zea mays* L. ด้วยวิธี Phytochemical analysis

โดยใช้เอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 95 อัตราส่วนระหว่างตัวอย่างไหมข้าวโพดกับปริมาตรของตัวทำละลาย เท่ากับ 1:10 (5 กิโลกรัม/20 ลิตร) ตามลำดับ ทำการสกัดต่อเนื่อง (soxhlet extraction) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ แอลคาลอยด์ ฟีนอลิก สเตียรอยด์ กลัยโคไซด์ เทอร์ปีนอยด์ กรดอะมิโน คาร์โบไฮเดรต และแทนนิน^[13] ซึ่งพบกลุ่มสารมากกว่าการศึกษาในครั้งนี้ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากตัวทำละลายที่ใช้ และวิธีการสกัดที่แตกต่างกัน โดย Thoudam และคณะ ใช้วิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง (soxhlet extraction) เป็นการสกัดที่ต้องอาศัยความร้อน ปริมาณตัวอย่างไหมข้าวโพด และปริมาตรของตัวทำละลายที่มากกว่า

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ เป็นการศึกษาค่าประกอบในด้านต่าง ๆ ของไหมข้าวโพด 3 สายพันธุ์ ซึ่งประกอบไปด้วยความชื้น เถ้า ไขมัน เส้นใย โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต อยู่ในรูปของร้อยละ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Rosli และคณะ ที่ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของไหมข้าวโพดแห้ง^[11] ด้วยวิธี AOAC ค่าที่ได้ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการส่วนใหญ่ค่อนข้างมีความใกล้เคียงกันกับการศึกษาในครั้งนี้ ดังตารางที่ 3

การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกโดยรวมในการศึกษาครั้งนี้มีค่าน้อยกว่าค่าที่รายงานโดย Ebrahimzadeh และคณะ ที่ทำการศึกษากุญแจด้านอนุมูลอิสระของสารสกัดไหมข้าวโพดแห้ง สายพันธุ์ *Zea mays* L. ด้วยเอทานอลและน้ำในอัตราส่วน 1:1 แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำสารสกัดไหมข้าวโพดที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกโดยรวม พบว่ามีปริมาณฟีนอลิก เท่ากับ 118.94 ± 2.78 ไมโครกรัม ของกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมของสารสกัด^[4]

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดไหมข้าวโพด 3 สายพันธุ์ที่ทำการศึกษานี้ มีค่าดีกว่าค่าที่รายงานโดย Ebrahimzadeh และคณะ ที่ทำการศึกษากุญแจด้านอนุมูลอิสระของสารสกัดไหมข้าวโพดแห้ง สายพันธุ์ (*Zea mays* L.) ด้วยเอทานอลและน้ำในอัตราส่วน 1:1 แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำสารสกัดไหมข้าวโพดที่ได้มาทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity ที่ความเข้มข้น 0.15 มิลลิโมลาร์ พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.59 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร^[4]

การศึกษาความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดไหมข้าวโพด 3 สายพันธุ์ ด้วยวิธี Tyrosinase inhibition activity โดยใช้เอนไซม์ไทโรซิเนสที่ความเข้มข้น 125 หน่วย/มิลลิลิตร L-Dopa ที่ความเข้มข้น 2.5 มิลลิโมลาร์ ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ที่ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ วัดความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสที่ร้อยละ 50 (IC_{50}) กับปริมาณสารสกัดไหมข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดโคจิก (สารมาตรฐาน) เป็น positive control และให้สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ที่ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ เป็น negative control พบว่า สารสกัดไหมข้าวโพดข้าวเหนียว มีค่า IC_{50} ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 3082.28 ± 347.98 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร รองลงมาคือ สารสกัดไหมข้าวโพดหวาน และสารสกัดไหมข้าวโพดหวานสลัสมีค่า IC_{50} อยู่ที่ 5986.99 ± 35.13 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และ 10318.86 ± 357.96 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ และพบสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ที่ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ไม่มีผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ในขณะที่กรดโคจิก (สารมาตรฐาน)

มีค่า IC_{50} อยู่ที่ 58.11 ± 3.95 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่า IC_{50} สารสกัดไหมข้าวโพดข้าวเหนียวสูงกว่าสารละลายมาตรฐานกรดโคจิก อยู่ถึงประมาณ 53 เท่า จึงไม่เหมาะสมสำหรับหากจะนำสารสกัดจากไหมข้าวโพดไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ทำให้ผิวขาว เพราะจะต้องใช้ความเข้มข้นของสารสกัดไหมข้าวโพดในปริมาณที่สูงมากจึงจะให้ฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสได้ดี

ข้อสรุป

ไหมข้าวโพดข้าวเหนียวให้ผลการศึกษาที่ดีที่สุดและเหมาะที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีคุณค่าทางโภชนาการในภาพรวมดีที่สุด โดยเฉพาะคุณค่าทางโปรตีน แร่ธาตุ (ถั่ว) และเส้นใยอาหาร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การอาหาร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร และคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์

References

1. Department of Agriculture. Thai agriculture research journal. 1981. Bangkok. (in Thai)
2. El-Ghorab A, El-Massry KF, Shibamoto T. Chemical composition of the volatile extract and antioxidant activities of the volatile and nonvolatile extracts of Egyptian corn silk (*Zea mays* L.). Journal Agric Food Chem. 2007;55(22):9124-7.

3. Hu QL, Zhang LJ, Li YN, Ding YJ, Li FL. Purification and antifatigue activity of flavonoids from corn silk. International Journal of Physical Sciences. 2010;5(4):321-6.
4. Ebrahimzadeh MA, Pourmorad F, Hafezi S. Antioxidant activities of Iranian corn silk. Turkish Journal of Biology. 2008;32:43-9.
5. Velazquez DVO, Xavier HS, Batista JEM, de Castro-Chaves C. *Zea mays* L. extracts modify glomerular function and potassium urinary excretion in conscious rats. Phytomedicine. 2005;12(5):363-9.
6. Wadbua P, Siri S, Kitancharoen N, Wongphathanakul W. The use of crude extract of *Punica Granatum* Linn pericarp to inhibit Catfish pathogenic bacteria. KKU research Journal. 2007;7(1):27-35. (in Thai)
7. AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International. USA: Maryland; 2000.
8. Mongkolsilp S, Pongbupakit P, Sae-Lee N, Sitthithaworn W. Radical scavenging activity and total phenolic content of medicinal plants used in primary health care. SWU Journal of Pharmaceutical Science. 2004;9:32-5. (in Thai)
9. Phuapairoon P. Studies on the antioxidant content of wines produced from bark and fruit core. Mahasarakham university. Research and Development Institute. 2006. (in Thai)
10. Chan EWC, Lim YY, Wong LF, Lianto FS, Wong SK, Lim KK, et al. Antioxidant and tyrosinase inhibition properties of leaves and rhizomes of ginger species. Food Chemistry. 2008;109(3):477-83.
11. Rosli W, Nurhanan WI, Mohsin AR, Farid SSJ, Ghazali C. Aqueous, alcoholic treated and proximate analysis of Maydis stigma (*Zea mays* hairs). Annals of microscopy. 2008;8:66-72.
12. Liu J, Wang C, Wang Z, Zhang C, Lu S, Liu J. The antioxidant and free radical scavenging activities of extract and fractions from corn silk (*Zea mays* L.) and related flavone glycosides. Food Chemistry. 2011;126(1):261-9.
13. Thoudam B, Kirithika T, Ramya J, Usha K. Phytochemical constituents and antioxidant activity of various extracts of corn silk (*Zea mays* L.). Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2011;2(4):986-93.