

การตรวจสอบสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากส่วนที่
แตกต่างกันของอ้อยที่ปลูกในจังหวัดบุรีรัมย์

**Investigation of phytochemical and antioxidant activity of different parts of
sugarcane planted in Buriram province**

วัลย์พรรณ กระพันธ์เขียว¹, ประสงค์ สีหานาม^{2*}

Walaiphan Kraphankhieo¹, Prasong Srihanam^{2*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบสารพฤกษเคมี ได้แก่ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ ไตรเทอร์พีนอยด์ และ สเตอรอล จากส่วนที่ต่างกันของอ้อย 2 สายพันธุ์ ที่ปลูกในจังหวัดบุรีรัมย์ทำการสกัดสารโดยแช่ในเอทานอลเป็นเวลา 48 ชั่วโมงผลการทดลอง พบว่า ปริมาณฟีนอลิกรวม (TPC) ฟลาโวนอยด์รวม (TFC) ไตรเทอร์พีนอยด์รวม (TTC) และ สเตอรอลรวม (TSC) มีปริมาณแตกต่างกันตามส่วนและสายพันธุ์ของอ้อย ปริมาณ TPC และ TFC พบที่บริเวณยอดของ อ้อยสายพันธุ์ K-92 สูงสุด คือ 280.29 mg GAE/100 g DW และ 2196.08 mg QE/ 100 g DW ตามลำดับ ในขณะที่ ปริมาณของ TTC และ TSC พบสูงสุดในเปลือกของอ้อยสายพันธุ์ขอนแก่น 3 คือ 39.27 mg QE/ 100 g DW และ 955.97 mg ChE/100 g DW ตามลำดับ นอกจากนี้ ปริมาณ TPC และ TFC มีความสัมพันธ์ซึ่งบวกกับฤทธิ์ การต้าน

¹นิสิตปริญญาโท สาขาเคมีศึกษา ²รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมีและหน่วยวิจัยเคมีสร้างสรรค์และนวัตกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150 ประเทศไทย

¹Master degree student (Education Chemistry), ³Assoc. Prof., Department of Chemistry and Creative Chemistry and Innovation Research Unit, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

*Corresponding author: Prasong Srihanam, Department of Chemistry and Creative Chemistry and Innovation Research Unit, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

E-mail: psrihanam@gmail.com



ออกซิเดชันเมื่อทำการตรวจสอบด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP อีกด้วย จึงกล่าวได้ว่า ทั้งพื้นที่เพาะปลูก ส่วนที่
แตกต่างกันและสายพันธุ์ของพืชส่งผลต่อปริมาณสารพฤกษเคมีที่พบผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอ้อยเป็นแหล่งของ
สารพฤกษเคมีที่ดีและอาจนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์เพื่อสุขภาพต่อไป

คำสำคัญ : สารพฤกษเคมี อนุมูลอิสระ อ้อย ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

Abstract

This work aimed to investigate phytochemicals; phenolics, flavonoids, triterpenoids and sterols in different parts of two cultivars of sugarcane planted in Buriram province. The extracts was prepared by immersing sugarcane samples in ethanol for 48h. The results showed total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), total triterpenoid content (TTC) and total sterol content (TSC) were different values depending on parts and cultivars of sugarcane. The tip of K-92 extract contained the highest TPC (280.29 mg GAE/100 g DW) and TFC (2196.08 mg QE/ 100 g DW), while the highest TTC (39.27 mg QE/ 100 g DW) and TSC (955.97 mg ChE/100 g DW) were found in the rind of Khon Kaen 3. Moreover, TPC and TFC revealed positively correlations with DPPH, ABTS and FRAP assays. This suggested that the phytochemical reflects by planted area, parts and cultivars of plant. The results revealed that sugarcane is a good source of phytochemical and would be further applied for health benefits.

บทนำ

ธรรมชาติเป็นแหล่งผลิตสารพฤกษเคมี (phytochemicals) ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย เป็นสารเมตาบอไลต์ทุติยภูมิ (secondary metabolites) ซึ่งมีบทบาทที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตแต่จะเกี่ยวข้องกับหน้าที่อื่น เช่น ต่อต้านการรุกรานหรืออำพรางจากศัตรูพืช สารพฤกษเคมีที่สำคัญเหล่านี้ ได้แก่ ฟีนอล (phenols), ฟลาโวนอยด์ (flavonoide), แทนนินส์ (tannins), อัลคาลอยด์ (alkaloids), ซาโปนินส์ (saponins) และสเตอรอล (sterols)¹ ซึ่งในอดีตรมนุษย์จะนำมาใช้ในรูปสมุนไพรเพื่อรักษาโรคต่างๆ และใช้บำรุงร่างกาย และยังคงได้รับความนิยมนานจนถึงปัจจุบัน

สารพฤกษเคมีมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่น่าสนใจ แบ่งตามชนิดและฤทธิ์ทางชีวภาพเช่น ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ช่วยป้องกันการเกิด ความผิดปกติของเซลล์ในร่างกายที่อาจนำไปสู่โรคมะเร็ง³ อัลคาลอยด์ เป็นสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ บรรเทาอาการเจ็บปวด⁴ แทนนินส์ เป็นสารในกลุ่มพอลิฟีนอล มีฤทธิ์

ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ป้องกันโรคท้องร่วง สเตอรอล ทำหน้าที่ต้านการอักเสบ เป็นต้น ดังนั้น การศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบทางพฤกษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากพืช จึงเป็นเรื่องสำคัญและยังเป็นประโยชน์ในทางการแพทย์และเภสัชกรรม⁵

พืชเศรษฐกิจที่สำคัญในลำดับต้นๆ ของประเทศไทยชนิดหนึ่ง คือ อ้อย (sugar cane) ซึ่งปลูกกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อ้อย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Saccharum officinarum* L. เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์เดียวกับ ไม้ หญ้าและธัญพืช เช่น ข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด และ ข้าวบาร์เลย์ ลำต้นอ้อยที่นำมาใช้ผลิตน้ำตาลมีปริมาณซูโครสประมาณร้อยละ 17-35 ส่วนของลำต้นที่ถูกบีบเอาน้ำอ้อยออกไปแล้วซึ่งเรียกว่า ชานอ้อย (bagasse) สามารถนำมาใช้ทำกระดาษพลาสติก เป็นเชื้อเพลิงและเป็นอาหารสัตว์ ส่วนกากน้ำตาล (molasses) ที่แยกออกจากน้ำตาลในกระบวนการผลิต สามารถนำไปใช้หมักเป็นแอลกอฮอล์ได้อีกด้วย⁶ นอกจากนี้ ยังมีรายงานการ



ค้นพบสารสำคัญหลายชนิดในอ้อย เช่น ฟีนอลิก (phenolic), ฟลาโวนอยด์ (flavonoide) และ ไตรเทอ- ฟีนอยด์ (triterpenoids) ที่มีบทบาทสำคัญในการต้าน ออกซิเดชัน (antioxidant) ต้านการอักเสบ (anti-inflammatory) ต้านการกลายพันธุ์ (antimutation) และ ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาตั้งต้น ของกระบวนการสังเคราะห์เม็ดสีเมลานิน⁷ และที่ น่าสนใจ คือ พบสารในกลุ่ม ไฟโตสเตอรอล ได้แก่ สติกมาสเตอร์ (stigmasterol), เบตา-ไซโตสเตอรอล (β -sitosterol) และสเตียรอยด์ (steroids) ที่มีส่วนช่วย ลดระดับคอเลสเตอรอล (cholesterol) และลดระดับ ไชมันความหนาแน่นต่ำ (low-density lipoprotein; LDL) ในเลือด⁸ ลักษณะลำต้นที่มีสีเขียวและสีแดง มีผล ต่อปริมาณสารพฤกษเคมีรวมทั้งฤทธิ์ทางชีวภาพที่ ต่างกันด้วย^{6,9} ซึ่งคล้ายกับที่มีในรายงานของ Zhang et al.¹⁰ และ Colombo et al.¹¹ ที่รายงานเกี่ยวกับความ แตกต่างของปริมาณสารพฤกษเคมีที่พบในส่วนที่ แตกต่างกันของพืช

อ้อยที่ปลูกในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ แต่ อ้อยสายพันธุ์ K-92 และ ขอนแก่น 3 เป็นสายพันธุ์ที่

นิยมปลูกมากในบริเวณจังหวัดบุรีรัมย์ เนื่องจากปลูก ง่าย ทนต่อสภาพอากาศที่เลวร้ายและยังให้ร้อยละ ความหวานสูง อย่างไรก็ตาม รายงานที่เกี่ยวข้องกับ การศึกษาสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ ต้านออกซิเดชันใน อ้อยสายพันธุ์ที่ปลูกในจังหวัดบุรีรัมย์ยังไม่มีรายงาน การศึกษามาก่อน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะ ตรวจสอบสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ ต้านออกซิเดชันของ สารสกัดจากส่วนต่างๆ ของอ้อยพันธุ์ K-92 และ ขอนแก่น 3 โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย เพื่อเป็น ข้อมูลในการศึกษาขั้นสูงต่อไป

วัสดุ สารเคมีและวิธีการทดลอง

วัสดุและสารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการตรวจสอบสารพฤกษเคมี ได้แก่ Folin-Ciocalteu reagent, gallic acid, sodium carbonate, sodium nitrite, sodium hydroxide, aluminium chloride, ethanol, quercetin, vanillin-acetic acid, ursolic acid, acetyl chloride, chloesterol, และใช้ ดีพีพีเอช (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), โทรลือกซ์ (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylclorman-2-carboxylic acid), เอบีทีเอส



2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazolin-6-sulphonic acid), potassium persulfate, ทีพีทีแซต (2,4,6-Tri (2-pyridyl)-s-triazine), acetate buffer, ferric chloride, Hydrochloric acid, Iron (II) sulfate ในการตรวจสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยสารเคมีทั้งหมดใช้เป็นเกรดสำหรับการวิเคราะห์ (AR grade) เครื่องมือสำหรับการวิจัย ได้แก่ hot air oven, UV-Vis spectrophotometer, rotary evaporator และ water bath

ตัวอย่างอ้อยเก็บจากแปลงเกษตรแบบเจาะจง ในเขตพื้นที่ อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่อ้อยพันธุ์ K-92 และ อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ซึ่งมีอายุประมาณ 13 เดือน โดยขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบพันธุ์อ้อยจาก บริษัทบุรีรัมย์จี้อยและพัฒนอ้อยจำกัด อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดบุรีรัมย์

วิธีการทดลอง

การเตรียมตัวอย่างอ้อย

นำตัวอย่างอ้อยมาแยกส่วนที่แตกต่างกัน ออกเป็น 4 บริเวณ ได้แก่ บริเวณเปลือก แก่น ข้อและ

ยอดอ้อย ทำการบีบคั้นน้ำออกจากแต่ละส่วน จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง แล้วนำมาบดให้เป็นผง ร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 60-mesh เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะปิดสนิทจนกว่าจะนำไปสกัด

การเตรียมสารสกัดหยาบ

นำผงอ้อยที่เตรียมไว้มาสกัดด้วยเอทานอล ในอัตราส่วน ผงอ้อย 1 กรัมต่อเอทานอล 25 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 วัน ทำการสกัดซ้ำ 3 ครั้งในทุกตัวอย่าง นำสารสกัดหยาบที่ได้มาระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยแบบลดความดัน ซึ่งน้ำหนักที่แน่นอนของสารสกัดแห้งจากนั้นใช้ตัวทำละลาย 20 มิลลิลิตร ละลายสารสกัดหยาบ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทันทีหลังจากเตรียมเป็นสารละลาย

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม

ปริมาณฟีนอลิกรวม (total phenolic content; TPC) ตรวจสอบโดยการดัดแปลงวิธีของ Skerget และคณะ¹² โดยนำสารสกัดหยาบมา 0.2 มิลลิลิตร ผสมกับ 10% w/v Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และเติม 7.5% w/v โซเดียมคาร์บอเนต



(Na₂CO₃) ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่

อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที ก่อนจะนำไปวัดค่าการ

ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ค่าที่ได้

นำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic

acid) และแสดงในหน่วยมิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อ

100 กรัมของน้ำหนักสารสกัดแห้ง (mg GAE/100 g

DW)

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (total flavonoid

content; TFC) ตรวจสอบโดยการดัดแปลงวิธีของ Jia

และคณะ¹⁰ โดยนำสารสกัดหยาบมา 2 มิลลิลิตร ผสม

กับน้ำปราศจากไอออน 0.4 มิลลิลิตร และสารละลาย

5% w/v โซเดียมไนไตรท์ (NaNO₂) ปริมาตร 0.4

มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที เติม

10% w/v อะลูมิเนียมคลอไรด์ (AlCl₃) 0.6 มิลลิลิตร ตั้ง

ไว้อีก 6 นาที แล้วเติม 4% w/v โซเดียมไฮดรอกไซด์

(NaOH) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ปล่อยให้สารผสมทำ

ปฏิกิริยากันที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที ก่อนจะ

นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นา-

โนเมตร ค่าที่ได้นำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของ

เคอซีติน (quercetin) และรายงานผลในหน่วย

มิลลิกรัมของเคอซีตินต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสาร

สกัดแห้ง (mg QE/ 100 g DW)

การวิเคราะห์ไตรเทอร์พีนอยด์รวม

ปริมาณไตรเทอร์พีนอยด์รวม (total triterpenoid

content; TTC) ตรวจสอบโดยการดัดแปลงวิธีของ Ni

และคณะ¹¹ โดยนำสารสกัดหยาบมา 0.05 มิลลิลิตรใส่

ในหลอดทดลอง นำไประเหยให้แห้งในอ่างน้ำ ที่

อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมสารละลาย

vanillin-acetic acid (5:95 w/v) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร

และกรดเปอร์คลอริก (HClO₄) ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร

นำสารละลายที่ได้ไปบ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 15 นาที แล้วย้าย

หลอดทดลองไปแช่อ่างน้ำเย็น แล้วเติม กรดอะซิติก

(C₂H₄O₂) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

เป็นเวลา 15 นาที ก่อนจะนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง

ที่ความยาวคลื่น 548 นาโนเมตร ค่าที่ได้นำไปเทียบ

กับกราฟมาตรฐานของกรดเออร์โซลิก (ursolic acid)

และรายงานผลในหน่วยมิลลิกรัมของกรดเออร์โซลิกต่อ



100 กรัมของน้ำหนักสารสกัดแห้ง (mg UA/ 100 g DW)

การวิเคราะห์ปริมาณสเตอรอลรวม

ปริมาณสเตอรอลรวม (total sterol content; TSC) ตรวจวัดตามวิธี Liebermann-Burchard colorimetric¹² ขั้นตอนแรกเตรียม LB colour reagent โดยใช้ กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H₂SO₄) ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ผสมกับ acetyl chloride ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายไขมันอ้อยในคลอโรฟอร์ม ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เก็บสารละลายผสมไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 13 นาที ก่อนจะนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้นำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของคอล레스เตอรอล (cholesterol) และรายงานผลในหน่วยมิลลิกรัมของคอล레스เตอรอลต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสารสกัดแห้ง (mg ChE/100 g DW)

ตรวจสอบฤทธิ์ การดักจับอนุมูลอิสระ

ฤทธิ์ การดักจับอนุมูลอิสระของสารสกัดจากอ้อย ตรวจสอบด้วยการทำปฏิกิริยากับ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)¹³ โดยนำสารสกัดปริมาตร 0.5

มิลลิลิตรมาทำปฏิกิริยากับสารละลาย 0.1 mM DPPH

ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ในเมทานอล จากนั้นเก็บไว้ในที่

มืดหลังจากผสม เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปวัดค่า

การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร นำ

ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาร้อยละการยับยั้ง

อนุมูลอิสระ DPPH จากสมการ

$$\text{DPPH radical scavenging (\%)} = [(A_0 - A_s) / A_0] \times 100$$

โดย A₀ คือค่าการดูดกลืนแสงตั้งต้น

และ A_s คือค่าการดูดกลืนแสงหลังจากเติมสารตัวอย่าง

ก่อนจะนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

(trolox, 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchlorman-2-

carboxylic acid) และรายงานผลเป็นฤทธิ์ การดักจับ

อนุมูลอิสระเทียบกับโทรลอกซ์ต่อกรัมน้ำหนักแห้งของ

สารสกัด (mg TE/ g DW)

ตรวจสอบฤทธิ์การดักจับอนุมูลอิสระประจุบวก

ABTS

ฤทธิ์การดักจับอนุมูลอิสระประจุบวก ABTS

ตรวจสอบด้วยวิธี Trolox equivalent antioxidant

capacity (TEAC)¹⁴ เตรียมอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} โดย

การผสม 7 mM ABTS และ 2.45 mM โพแตสเซียม



เปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) ที่ไว้เป็นเวลา 16 ชั่วโมง แล้วทำการเจือจางสารละลายผสมให้มีค่าการดูดกลืนแสงเป็น 0.70 ± 0.02 ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร จากนั้นนำสารสกัดหยาบที่ได้ 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายอนุมูลอิสระ ABTS เจือจาง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ที่ไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ก่อนจะนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้นำไปคำนวณและเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของโทรลิกซ์ เช่นเดียวกับวิธี DPPH ผลที่ได้แสดงในหน่วยมิลลิกรัมของโทรลิกซ์ต่อกรัมน้ำหนักแห้งของสารสกัด (mg TE/ g DW)

ตรวจสอบฤทธิ์ การรีดิวซ์โลหะ

ฤทธิ์ การรีดิวซ์โลหะของสารสกัดตรวจสอบด้วยวิธี ferric reducing antioxidant power (FRAP)¹⁵ โดยนำสารสกัดหยาบ 0.06 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย FRAP 1.8 มิลลิลิตร ที่ประกอบด้วยสารละลาย 10 mM 2,4,6-Tri (2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ), 300 mM acetate buffer pH 3.6, 20 mM ferric chloride ที่ผสมกับ 40 mM HCl (อัตราส่วน 1:10:1) นำสารละลาย

ผสมกับน้ำปราศจากไอออน ปริมาตร 0.18 มิลลิลิตร ปล่อยให้สารทำปฏิกิริยากันที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ก่อนจะนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยใช้ไอออน (II) ซัลเฟต ($FeSO_4$) เป็นสารมาตรฐาน ฤทธิ์การรีดิวซ์หลักของสารสกัดแสดงด้วยค่า มิลลิโมลาร์ของไอออน (II) ซัลเฟต ต่อน้ำหนักแห้งของสารสกัด (mM $FeSO_4$ / g DW)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทดสอบค่าความแตกต่างของปริมาณสารฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากนั้นเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Tukey Post-Hot test และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟลาโวนอยด์กับฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient, r)

ผลและอภิปรายผล

ปริมาณสารพฤกษเคมี

ปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ ไตรเทอร์พีนอยด์ และสเตอรอลรวม ที่วัดได้จากสารสกัดจากอ้อย 2 สายพันธุ์ จากส่วนที่แตกต่างกันได้แก่ บริเวณเปลือก แก่น ขั้วและยอดอ้อย มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Table 1 แสดงปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม ซึ่งพบสูงสุดในสารสกัดจากยอด ของอ้อยสายพันธุ์ K-92 คือ 280.29 mg GAE/100 g DW และ 2196.08 mg QE/ 100 g DW ตามลำดับ และพบต่ำสุดในสารสกัดจากแก่นของอ้อยสายพันธุ์ ขอนแก่น 3 คือ 46.66 mg GAE/100 g DW และ 246.99 mg QE/ 100 g DW ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้แตกต่างกับที่รายงานโดย Feng และคณะ⁶ ซึ่งพบสารทั้งสองในเปลือกปริมาณมากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณฟลาโวนอยด์ที่มีรายงานในพืชอื่น เช่น ชูการ์บีท มะเขือเทศและงา¹⁷ ส่วนไตรเทอร์พีนอยด์ ในสารสกัดเกือบทุกส่วนของอ้อยสายพันธุ์ขอนแก่น 3 มีปริมาณสูงกว่าสายพันธุ์ K-92 และพบปริมาณสูงสุดคือ 39.27 mg QE/ 100 g DW ที่บริเวณเปลือก ผลที่

ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Feng et al⁶ ซึ่ง

แตกต่างจากที่พบในผลไม้เศรษฐกิจที่อื่นเช่น แอปเปิ้ล

องุ่น มะกอก ที่พบสูงสุดที่บริเวณเปลือกหรือผิว¹⁸

ปริมาณสเตอรอลรวม ในอ้อยทั้งสองสายพันธุ์มี

แนวโน้มคล้ายกันในสารสกัดแต่ละส่วนของอ้อย โดย

จะพบปริมาณสูงสุดบริเวณเปลือก รองลงมา คือ ยอด

ขั้วและแก่น ตามลำดับ ซึ่งในสารสกัดจากเปลือกอ้อย

สายพันธุ์ขอนแก่น 3 มีปริมาณสเตอรอลสูงสุด คือ

955.97 mg ChE/100 g DW และปริมาณต่ำสุดพบใน

สารสกัดจากแก่น คือ 157.88 mg ChE/100 g DW

ทั้งนี้เพราะว่า สารกลุ่มสเตอรอลเป็นส่วนประกอบที่

สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์พืช มีลักษณะเป็นไขมัน มี

โครงสร้างคล้ายคลอเรสเตอรอล จึงพบมากบริเวณผิว

และเปลือกของพืช ผักและผลไม้¹⁹

โดยภาพรวม พบว่า ปริมาณสารพฤกษเคมีทั้ง 4

ชนิด ที่ตรวจสอบในอ้อยสายพันธุ์ขอนแก่น 3 จะพบ

ปริมาณสูงสุดที่เปลือก รองลงมาคือ ยอด ขั้วและแก่น

ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากที่พบในอ้อยพันธุ์ K-92

ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ปริมาณและชนิดของสารพฤกษเคมี

จะแตกต่างกันไปตามปัจจัยที่หลากหลาย เช่น พันธุ์



สภาพภูมิอากาศ สายพันธุ์ ส่วนของพืชที่นำมาศึกษา

ระยะเวลาเก็บเกี่ยว เครื่องมือ และวิธีการที่ใช้ศึกษา

เป็นต้น^{6,19,20}

Table 1 Total phenolic (TPC), flavonoid (TFC), triterpenoid (TTC) and sterol (TSC) of different part extracts of 2 sugarcane cultivars.

Samples		TPC (mg GAE/100 g DW)	TFC (mg QE/ 100 g DW)	TTC (mg UA/ 100 g DW)	TSC (mg ChE/100 g DW)
K-92	Tip	280.29±4.56 ^a	2196.08±81.80 ^a	26.31±0.65 ^e	499.80±2.61 ^c
	Pith	60.53±3.07 ^f	299.75±15.59 ^{c,d}	27.45±1.15 ^e	228.99±2.59 ^e
	Node	96.74±5.58 ^e	418.07±30.60 ^{c,d}	32.72±0.71 ^{b,c}	498.55±8.31 ^c
	Rind	182.35±8.39 ^c	1191.96±105.43 ^b	31.03±1.76 ^{c,d}	683.87±7.26 ^b
Khon Kaen-3	Tip	113.62±5.22 ^d	426.20±106.71 ^c	34.57±0.83 ^b	318.10±5.17 ^d
	Pith	46.66±3.81 ^f	242.59±4.95 ^d	27.77±0.92 ^e	157.88±0.27 ^f
	Node	53.52±4.73 ^f	279.26±14.58 ^{c,d}	29.40±0.40 ^{d,e}	234.49±2.27 ^e
	Rind	250.70±7.49 ^b	1226.91±37.12 ^b	39.27±1.85 ^a	955.97±3.90 ^a

Superscripts with different letters are significantly different at $p < 0.05$ within the same column

ฤทธิ์ การต้านออกซิเดชัน

ยอดของอ้อยสายพันธุ์ K-92 ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้

ฤทธิ์ ในการต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากส่วน

จากการทดสอบด้วยวิธี ABTS ที่พบค่าสูงในสารสกัด

ต่างๆ ของอ้อยทั้งสองสายพันธุ์โดยส่วนมากมีความ

จากยอดและเปลือกของอ้อยทั้งสองสายพันธุ์ และพบ

แตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงดัง Table 2

สูงสุด คือ 24.54 mg TE/ g DW ในสารสกัดจาก

เมื่อทดสอบความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระ

เปลือกอ้อยสายพันธุ์ขอนแก่น 3 ฤทธิ์การรีดิวซ์โลหะ

DPPH พบว่า สารสกัดจากยอดและเปลือกของอ้อยทั้ง

ไอออน ซึ่งตรวจสอบด้วยวิธี FRAP พบว่า สารสกัด

สองสายพันธุ์มีฤทธิ์ การดักจับอนุมูลอิสระสูง และมี

จากเปลือกอ้อยสายพันธุ์ ขอนแก่น 3 มีฤทธิ์ในการ

ค่าสูงสุด คือ 15.79 mg TE/ g DW ในสารสกัดจาก

รีดิวซ์โลหะสูงสุด คือ 5.83 mM FeSO₄/ g DW ทั้งนี้

อาจเป็นเพราะว่าในสารสกัดมีสารประกอบฟีนอลิกในกลุ่มของ ortho-dihydroxyl polyphenols อยู่มาก ซึ่งสารในกลุ่มนี้มีความสามารถในการเกิดโคออร์ดิเนชันกับ Fe²⁺ ได้ดี^{21,22} ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการจับกับ

โลหะสูง อีกทั้งที่บริเวณเปลือกยังพบสเตอรอลรวมในปริมาณที่สูงเมื่อเทียบกับส่วนอื่น ซึ่งสเตอรอลมีส่วนช่วยลดการเกิดอนุมูลอิสระและลดการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ที่มี Fe²⁺ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้

Table 2 Antioxidation activity of sugarcane extracts.

Samples		DPPH assay (mg TE/ g DW)	ABTS assay (mg TE/ g DW)	FRAP assay (mM FeSO ₄ / g DW)
K-92	Tip	15.79±0.37 ^a	16.35±0.17 ^b	2.00±0.26 ^c
	Pith	4.13±0.25 ^c	5.29±0.44 ^d	0.93±0.10 ^d
	Node	4.80±0.33 ^c	10.27±0.44 ^c	1.71±0.06 ^c
	Rind	7.46±0.60 ^b	17.67±0.85 ^b	3.68±0.13 ^b
Khon Kaen-3	Tip	4.91±0.80 ^c	8.87±0.33 ^c	2.02±0.23 ^c
	Pith	2.24±0.01 ^d	4.99±0.15 ^{d,e}	0.88±0.03 ^d
	Node	2.28±0.37 ^d	4.04±0.45 ^e	1.01±0.06 ^d
	Rind	15.11±0.70 ^a	24.54±1.20 ^a	5.83±0.19 ^a

Superscripts with different letters are significantly different at p < 0.05 within the same column

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารพฤกษเคมีกับ

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวิธี DPPH กับ TPC และ TFC

ฤทธิ์ การต้านออกซิเดชัน

คือ 0.975 และ 0.911 ตามลำดับ ค่าสหสัมพันธ์

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารพฤกษเคมีกับ

ระหว่างวิธี ABTS กับ TPC และ TFC คือ 0.904 และ

ฤทธิ์ การต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากอ้อยแดง

0.965 ตามลำดับ และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวิธี FRAP

ด้วยค่าสหสัมพันธ์ สหสัมพันธ์ดังแสดงใน Table 3

กับ TPC และ TFC คือ 0.724 และ 0.958 ตามลำดับ

โดยปริมาณฟีนอลิกรวม (TPC) และฟลาโวนอยด์รวม

นอกจากนี้ยังพบว่า TSC มีค่าสหสัมพันธ์กับ TPC,

(TFC) มีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ การต้านอนุมูลอิสระ

TTC และ TFC ในระดับค่อนข้างสูง ซึ่ง TTC ออกฤทธิ์

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุก ๆ วิธีการทดสอบ โดยมี

ต้านออกซิเดชันโดยกลไกการรีดิวซ์โลหะ ในขณะที่



<p>TSC ออกฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยกลไกการดักจับอนุมูลอิสระ ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นค่าปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่มีกับฤทธิ์ การต้านออกซิเดชันสัมพันธ์กันในเชิงบวก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีบทบาทที่สำคัญต่อฤทธิ์ การต้านออกซิเดชันเมื่อปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์มาก</p>	<p>จะทำให้มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากสารเหล่านี้มีโครงสร้างที่มีหมู่ ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่เป็นจำนวนมากจึงสามารถให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระได้ดี ทำให้อนุมูลอิสระเป็นกลาง ส่วนพอลิฟีนอล จะรวมตัวกันเกิดเป็นพอลิฟีนอลใหม่ที่เสถียรมากยิ่งขึ้น^{6,13}</p>
--	---

Table 3 Correlation (r) of phytochemical and antioxidant activity in different parts of sugarcane extracts.

Factors	TPC	TTC	TFC	TSC	DPPH [·]	ABTS ⁺	FRAP
TPC	1						
TFC	0.293	1					
TFC	0.946**	-0.028	1				
TSC	0.789*	0.691	0.593	1			
DPPH [·]	0.975**	0.290	0.911**	0.760*	1		
ABTS ⁺	0.904**	0.574	0.965**	0.748*	0.877**	1	
FRAP	0.724*	0.775*	0.958**	0.492	0.700	0.934**	1

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

สรุปผลการทดลอง

อ้อยประกอบด้วยสารพฤกษเคมีที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายชนิด แต่มีปริมาณแตกต่างกันตามบริเวณและสายพันธุ์ของอ้อย โดยพบปริมาณสูงบริเวณเปลือก และพบปริมาณต่ำที่แก่นของอ้อย สารสกัดจากอ้อยมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารสกัดจากเปลือก ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณของฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงถือได้ว่าอ้อยเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่ดี ที่จะช่วยส่งเสริมสุขภาพและช่วยลดภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ ที่มีสาเหตุมาจากอนุมูลอิสระได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทบุรีรัมย์วิจัยและพัฒนาอ้อย จำกัด ที่ช่วยตรวจสอบตัวอย่างพันธุ์อ้อยสำหรับการวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Alghazeer R, El-Saltain H, Saleh N, Al-Najjor A, Hebail F. Antioxidant and Antibacterial properties of five medicinal Libyan plant extracts, *Natural Science* 2012;4:324-335.
2. Jachak SM, Saklani A. Challenges and opportunities in drug discovery from plant, *Current Science* 2007;92(9):1251-1257.
3. Pham-Huy LA, He H, Pham-Huy D. Free radicals, antioxidants in disease and health, *International Journal of Biomedical Science* 2008;4(2):89-96.
4. Pourmorad F, Hosseinimehr SJ, Shahabimajid N. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants, *African Journal of Biotechnology* 2006;5(11):1142-1145.
5. Lima MS, Silani ISV, Toaldo IM, Corrêac LC, Biasotoc ACT, Pereira GE, Bordignon-Luiz MT, Ninowe JL. Phenolic compounds, organic



- acids and antioxidant activity of grape juices produced from new Brazilian varieties planted in the Northeast Region of Brazil, *Food Chemistry* 2014;161:94-103.
6. Feng S, Luo Z, Zhang Y, Zhong Z, Lu B. Phytochemical contents and antioxidant capacities of different parts of two sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) cultivars, *Food Chemistry* 2014;151:425-458.
7. No JK, Soung DY, Kim YJ, Shim KH, Jun YS, Rhee SH. Inhibition of tyrosinase by green tea components, *Life Science* 1999;65(21):241-246.
8. Plat J, Mensink RP. Effects of plant sterols and stanols on lipid metabolism and cardiovascular risk, *Nutrition Metabolism and Cardiovascular Diseases* 2001;11(1):31-40.
9. Geng H. Sugarcane as food and medicine, *Health Preserving* 2006;27:906-907.
10. Zhang H, Jiang L, Ye S, Ye YB, Ren FZ. Systematic evaluation of antioxidant capacities of the ethanolic extract of different tissues of jujube (*Ziziphus jujube* Mill.) from China. *Food and Chemical Toxicology* 2010;48:1461-1465.
11. Columbo R, Lancas FM, Yariwake JH. Determination of flavonoids in cultivated sugarcane leaves, bagasse, juice and in transgenic sugarcane by liquid chromatography-UV detection. *Journal of Chromatography A* 2006;1103:118-124.
12. Škerget M, Kotnik P, Hadolin M, Hraš AR, Simonic M, Knez Ž. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities, *Food Chemistry* 2005;89:191-198.
13. Jia Z, Tang MC, Wu JM. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals, *Food Chemistry* 1999;64(4):555-559.

14. Ni QX, Xu GZ, Wang ZQ, Gao QX, Wang S, Zhang YZ. Seasonal variations of the antioxidant composition in ground bamboo *sasa argenteostriatus* leaves, *International Journal of Molecular Sciences* 2012;13(2):2249-2262.
15. Kim E. Serum cholesterol assay using a stable Liebermann–Burchard reagent, *Clinical Chemistry* 1969;15(12):1171.
16. Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Byrne DH. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts, *Journal of Food Composition and Analysis* 2006;19:669-675.
17. Mohdaly AAA, Hassanien MFR, Mahmoud A, Sarhan MA, Smetanska I. Phenolics extracted from potato, sugar beet, and sesame processing by products. *International Journal of Food Properties* 2013;16:1148-1168.
18. Berg R, Haenen G, Berg H, Bast A. Applicability of an improved Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures, *Food Chemistry* 1999;66:511-517.
19. Benzie IFF, Szeto YT. Total antioxidant capacity of teas by the ferric derucing/antioxidant power assay, *Agricultural and Food Chemistry* 1999;47:633-636.
20. Szakiel A, Paczkowski C, Pensec F, Bertsch C. Fruit cuticular waxes as a source of biologically active triterpenoids. *Phytochemistry Reviews* 2012;11(2-3):263-284.
21. Visioli F, Lastra CA, Andres-Lacueva C, Aviram M, Calhau C, Cassano A. Polyphenols and human health: a prospectus, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2011;51:524-546.
22. Antonioli A, Fontana AR, Piccoli P, Bottini R. Characterization of polyphenols and evaluation



of antioxidant capacity in grape pomace of the

cv. Malbec, *Food Chemistry* 2015;178:172-

178.

23. Berli FJ, Alonso R, Bressan-Smith R, Bottini R.

UV-B impairs growth and gas exchange in

grapevines grown in high altitude, *Physiologia*

Plantarum 2012;149(1):127-140.

24. Andjelkovic M, Camp JV, Meulenaer BD,

Depaemelaere G, Socaciu C, Verloo M Verhe

R. Iron-chelation properties of phenolic acids

bearing catechol and galloyl groups, *Food*

Chemistry 2006;98:23-31.

25. Moran FJ, Klucas RV, Grayer RJ, Abian J,

Becana M. Complexes of iron with phenolic

compounds from soybean nodules and other

legume tissue: prooxidant and antioxidant

properties, *Free Radical Biology and Medicine*

1997;22:861-870.