การผลิตข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระจากพืชผักพื้นบ้านในจังหวัดกำแพงเพชร

Rice Admixed with the Antioxidant Compounds Production from Local Plants in Kampheang Phet Province

ดร.ขวัญดาว แจ่มแจ้ง

Dr.Kwandaw Jamjang

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพืชผักที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากพืชผักพื้นบ้านจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ยอดอ้อย ผักคันทรง ยอดขนุน ผักหนาม ผักปลัง ผักกูด ยอดฟักข้าว ผักอีซึก ผักอีนูน และผักพาย ข้าวเจ้า 2 ชนิด ได้แก่ ข้าวเจ้าเสาไห้ และข้าวเจ้าขาวตาแห้ง ข้าวเหนียว 2 ชนิด ได้แก่ ข้าวเหนียวกข 6 และข้าวเหนียวดอ โดยวิธี DPPH assay ผลการศึกษาพบว่า ยอดขนุนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คือ 83.92% รองลงมาคือ ผักคันทรง (80.78%) และยอดอ้อย (75.89%) และ ข้าวเจ้าขาวตาแห้ง ข้าวเจ้าเสาไห้ ข้าวเหนียวดอ ข้าวเหนียวกข 6 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเป็น 51.19% 44.59% 42.67% และ 41.51% ตามลำดับ และเพื่อศึกษาการผลิตข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ โดยนำพืชที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ยอดขนุน ผักคันทรง ยอดอ้อย และผักผสม ได้แก่ ยอดอ้อย+ผักคันทรง (1:1) ยอดอ้อย+ยอดขนุน (1:1) ผักคันทรง+ยอดขนุน (1:1) และยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน (1:1:1) มาผลิตข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ข้าวเจ้าเสาไห้ ข้าวเจ้าขาวตาแห้ง ข้าวเหนียวกข 6 และข้าวเหนียวดอ ด้วยวิธีการเคลือบ แช่ในน้ำพืชผัก และวิธีการหุงพร้อม แล้วนำไปศึกษาศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ค่าสี ความชื้น และความพึงพอใจของผู้บริโภค ผลการศึกษาพบว่า ข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ผลิตแบบหุงพร้อมของข้าวเจ้าขาวตาแห้งกับยอดขนุน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดทั้งก่อนหุง (86.23%) และหลังหุง (82.53%) และพบว่าข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้วิธีหุงพร้อมทั้งก่อนหุงและหลังหุงโดยรวมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด รองลงมาคือข้าวเคลือบและข้าวแช่ และพบว่าการหุงทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านสี พบว่า ข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระทุกชนิดมีค่าความสว่างสูงและมีแนวโน้มสีไปทางสีแดง-เหลือง ด้านความชื้น พบว่า มีไม่เกิน 13% ยกเว้น ข้าวเจ้าเสาไห้เคลือบด้วยผักคันทรง และข้าวเจ้าเสาไห้เคลือบด้วยยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน ด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทั้งด้านสี กลิ่น และรสชาติพบว่า โดยรวมผู้ชิมให้การยอมรับข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระของข้าวเจ้าเสาไห้+ยอดขนุนที่ผลิตด้วยวิธีแช่มากกว่าชนิดอื่นๆ

คำสำคัญ : สารต้านอนุมูลอิสระ / พืชผักพื้นบ้าน / ข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ

*อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the appropriate local plants production of rice admixed with antioxidant compounds from 10 local plants in Kamphaeng Phet Province namely, *Saccharum officinarum* Linn. (sugarcane shoots), *Colubrina asiatica* L.ex. Brongn. (Phak Khansong shoots), *Artocarpus heterophyllus* Lam. (jackfruit shoots), *Lasia spinosa* Linn. (Thw).(Phak Nam shoots), *Basella rubra* Linn. (Syn.). (Ceylon Spinach ผักปลัง), *Diplazium esculentum* (Retz.) Sw. (Vegetable fern กูด), *Momordica cochinchinensis* Spreng. (Spiny Bitter Gourd shoots ฟักข้าว), *Albizia lebbeck* (L.) Benth. (Phak E-suek shoots), *Adenia heterophylla* (Blume) Koord. (Phak E-noon shoots), *Limnocharis flava* Buch. (vietnamese coriander ผักใผ่). 2 kinds of rice such as Saohai and Kaotahang and 2 kinds of sticky rice such as Kookho 6 and Dor. The method used for determination of the antioxidant potential was based on a DPPH assay. It was found that the most of the antioxidant potential was from Jackfruit shoots (83.92%), the second was from Phak Khansong shoots (80.78%) and the third was from Sugarcane shoots (75.89%). The antioxidants of Kaotahang, Saohai, Dor and Kookho 6 were 51.19%, 44.59%, 42.67% and 41.51%, respectively. The second objective was to study the model for rice admixed with the antioxidant compounds production. The procedure to produce the rice admixed with antioxidant by choosing 3 kinds of plants which were highly antioxidant such as, Jackfruit shoots, Phak Khansong shoots and Sugarcane shoots. Saohai, Kaotahang, Kookho 6 and Dor rice were coate with mixed plants such as, Sugarcane shoots+Phak Khansong shoots, Sugarcane shoots+Jackfruit shoots, Phak Khansong shoots+Jackfruit shoots (1:1), Sugarcane shoots+Phak Khansong shoots+Jackfruit shoots (1:1:1), soaked in vegetable juices and cooked with vegetables. It was found that the Kaotahang rice cooked with Jackfruit shoots produced highest effective antioxidant both before and after cooking (86.23% and 82.53%). The rice cooked with vegetable both before and after had highest effective antioxidant.In addition, the cooking had made antioxidant activity decreased. The color properties of rice admixed with antioxidant of all kinds were in high brightness, red and green. The moisture of rice admixed with antioxidant was less than 13%, excluding Saohai coated with Phak Khansong shoots and Saohai coated with Sugarcane shoots+Phak Khansong shoots+Jackfruit shoots. The consumer's sensory, It was found the acceptable of color, smell and taste of rice admixed with antioxidant of Saohai soaked with Jackfruit shoots more than the other kinds.

Keywords : Antioxidants / Local Plants / Rice Admixed with the Antioxidant Compounds

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อนุมูลอิสระ (free radical) เป็นโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนที่ไม่ได้เข้าคู่เท่ากับหนึ่งหรือมากกว่า เป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรจึงมีความว่องไวในการเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลข้างเคียงเพื่อให้โมเลกุลของมันเสถียรขึ้น โดยการรับเอาอิเล็กตรอนจากโมเลกุลข้างเคียงทำให้โมเลกุลข้างเคียงนั้นเกิดเป็นอนุมูลอิสระแทนและทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นๆ ต่อไป เรียกว่า ปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) (Moller, et al., 1996 อ้างถึงใน ปรียาลักษณ์, 2551) อนุมูลอิสระเป็นพิษต่อเซลล์ร่างกาย ถ้ามีมากในเซลล์ก็เป็นอันตรายได้ โดยจะทำลายดีเอนเอ เยื่อหุ้มเซลล์ และอื่นๆ อนุมูลอิสระมีผลต่อการอักเสบ และการทำลายเนื้อเยื่อในระยะสั้น ในระยะยาวอาจมีผลต่อความเสื่อมหรือการแก่ของเซลล์ และอาจเป็นสารก่อมะเร็ง โรคหัวใจ และต้อกระจก (จักรพงศ์, 2554) นอกจากนี้อนุมูลอิสระยังเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ เช่น อาหารหรือเครื่องสำอางเกิดกลิ่นหืน (rancidity)

โดยปกติแล้วร่างกายจะมีการป้องกันภาวะการสะสมสารอนุมูลอิสระ โดยการสร้างกลไกหรือเอนไซม์ เช่น เอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant enzymes) ขึ้นมาควบคุมอนุมูลอิสระให้อยู่ในปริมาณที่สมดุล แต่ในสภาวะปัจจุบัน มีทั้งปัจจัยภายในและภายนอกที่ทำให้ร่างกายสร้างอนุมูลอิสระในจำนวนสูงขึ้นกว่าปกติ เกินกว่าร่างกายจะนำมาใช้ประโยชน์และกำจัดทิ้งได้ เช่น มลภาวะต่างๆ การได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์เป็นปริมาณมาก การสูบบุหรี่ การบริโภคอาหารไขมันสูง อาหารปิ้ง ย่าง ฯลฯ การรับประทานยาบางชนิด เช่น ด๊อกโซรูบิซิน (doxorubicin) เพนิซิลามีน (penicillamine) พาราเซตามอล (paracetamol) (จักรพงศ์, 2554) หรือความตึงเครียดทางอารมณ์ จะส่งผลให้ระบบที่ควบคุมสารพิษในร่างกายทำงานได้น้อยลง สารอนุมูลอิสระจะมีการสะสมตัวมากจนกลายเป็นสารพิษที่เป็นอันตรายต่อร่างกายในทันที ร่างกายจึงจำเป็นต้องได้รับสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มจากแหล่งภายนอก และเป็นที่ทราบกันว่าพืชผักผลไม้ส่วนใหญ่มีคุณสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Wang & Jiao, 2000) พืชผักผลไม้จึงเป็นแหล่งสำคัญในการให้สารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ตัวอย่างของสารต้านอนุมูลอิสระในพืชผัก ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี และเบต้า-แคโรทีน (β-Carotene) และที่พบมากในพืช คือพวกฟลาโว-นอยด์ (flavonoids) (Skerget, et al., 2005)

จังหวัดกำแพงเพชรเป็นจังหวัดที่มีป่าอุดมสมบูรณ์ มีความหลากหลายทางชีวภาพ ทำให้มีพืชพันธุ์มากมาย และมีพืชหลายชนิดที่ประชาชนนิยมนำมาบริโภค จากการศึกษาเบื้องต้นในชุดโครงการวิจัยเรื่องสำรับอาหาร ชากังราวจากพืชผักพื้นบ้านตามวิถีเศรษฐกิจพอเพียงจังหวัดกำแพงเพชร พบว่าพืชผักพื้นบ้านจังหวัดกำแพงเพชร มีมากมายหลายชนิด อาทิเช่น ผักอีซึก ผักพาย ผักอีนูน ติ้ว ยอดอ้อย ใบขนุนอ่อน ผักคันทรง ผักปลาบ ไข่น้ำ(ผำ) ผักขวง พันงู สะแล เห็ดโคน ผักอีไร ผักขี้หูด ผักแขยง ผักกุ่ม กะทือ ฯลฯ (ขวัญดาว และคนอื่นๆ, 2555) ในพืชเหล่านี้ บางชนิดมีคุณสมบัติที่เป็นยาและมีสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณที่แตกต่างกัน นอกจากนี้จังหวัดกำแพงเพชรยังเป็นจังหวัดที่ภูมิประเทศมีดินเป็นดินปนทรายเหมาะแก่การทำนา และปลูกพืชไร่ พืชเศรษฐกิจที่สำคัญจึงเป็น ข้าว อ้อย ถั่วเหลือง ข้าวโพด มันสำปะหลัง ถั่วเขียว ฝ้ายและกล้วยไข่ (สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดกำแพงเพชร, 2555)

อีกทั้งในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากพืชที่มีสารออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของอนุมูลอิสระ กำลังได้รับความนิยม เนื่องจากคนเริ่มหันมาสนใจในการดูแลสุขภาพและเอาใจใส่เรื่องอาหารการกินกันมากขึ้น จากปัญหาและความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาการผลิตข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระจากพืชผักพื้นบ้าน ในจังหวัดกำแพงเพชรโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพืชผักที่เหมาะสมในการนำมาประกอบการผลิตข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระด้วยการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและศึกษาการผลิตโดยการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ค่าสี ความชื้น และความพึงพอใจของผู้บริโภค ซึ่งจะเป็นการนำทรัพยากรที่มี

อยู่ในจังหวัดกำแพงเพชรมาพัฒนาให้ได้คุณประโยชน์ในแง่ของโภชนาการและอาหารเสริมที่มีคุณค่าต่อสุขภาพ และเป็นหนทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มมูลค่าของข้าวเศรษฐกิจและประโยชน์ด้านอื่นๆ ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของวัตถุดิบ

1. การเตรียมสารสกัด

1.1 การเตรียมพืชตัวอย่าง

เตรียมพืชตัวอย่าง โดยยอดอ้อย ผักคันทรง ยอดขนุน ผักหนาม ผักปลัง ผักกูด ยอดฟักข้าว ผักอีซึก ผักอีนูน เก็บเฉพาะส่วนยอด โดยยอดอ้อยนำมาปอกให้ถึงส่วนในที่อ่อนที่นำไปรับประทานได้ ผักพายเก็บเฉพาะก้านดอก นำมาล้างทำความสะอาด ลดขนาด แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 7 ชั่วโมง ตามวิธีการของ Bocco, et al. (1998 อ้างถึงใน สุภาพร และคนอื่นๆ, 2552) นำมาบดให้ละเอียดแล้วบรรจุในถุงพลาสติกและแช่เย็นไว้ที่อุณหภูมิ 5$\pm$2 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป ส่วนข้าวเจ้าเสาไห้ ข้าวเจ้าขาวตาแห้ง ข้าวเหนียวกข 6 และข้าวเหนียวดอ ก็นำมาล้างทำความสะอาดและเตรียมเช่นเดียวกับการเตรียมพืชตัวอย่าง

1.2 วิธีการสกัด

ชั่งตัวอย่างพืชที่ผ่านการบดละเอียด ตัวอย่างละ 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นปริมาตร 75 มิลลิลิตร ในแต่ละบีกเกอร์ คนให้เข้ากัน แล้วปิดสนิทด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และแผ่นพาราฟิล์ม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดไว้ก็นำไปกรองผ่านกระดาษกรองขนาดเบอร์ 1 นำส่วนที่ใสมาทำให้แห้งโดยการใช้เครื่องระเหยแห้งสุญญากาศแบบหมุน (rotary evaporator) แล้วเก็บใส่ภาชนะที่แห้งปิดสนิทและป้องกันแสงได้ แล้วเก็บในตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) สำหรับทำการทดลองต่อไป

2. การตรวจหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัด โดยวิธี DPPH assay

เตรียมสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ให้มีความเข้มข้น 0.2 mM ในเอทานอล นำไปสแกน (scan) หาความยาวคลื่นสูงสุดของการดูดกลืนแสง (λ_{max}) ที่ความยาวคลื่น 400-800 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี-วิสซิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Lambda 25 บริษัท Perkin Elmer เตรียมสารตัวอย่างความเข้มข้น 1 % ในน้ำ นำตัวอย่างสารสกัดมา 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH 2 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่นสูงสุดที่สแกนได้คือ 516 นาโนเมตร โดยใช้น้ำเป็นสารละลายควบคุม แล้วคำนวณหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยคำนวณ % radical scavenging activity ดังสมการ

$$\% \text{ radical scavenging} = \frac{(\text{Absorbance Control} - \text{Absorbance Sample})}{\text{Absorbance Control}} \times 100$$

ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย (Mean: $\overline{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation : SD) ของ % radical scavenging และศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารมาตรฐาน BHA เข้มข้น 1% ในน้ำ สารสกัดพืชที่มีร้อยละ radical scavenging มากที่สุดซึ่งแสดงว่าพืชมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 ผลิตข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระจากจากพืชผักพื้นบ้านในจังหวัดกำแพงเพชร

คัดพืชที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ยอดขนุน ผักคันทรง ยอดอ้อย นำไปทดลองร่วมกับข้าวเจ้าเสาไห้ ข้าวเจ้าขาวตาแห้ง ข้าวเหนียวกข 6 และข้าวเหนียวดอ เพื่อผลิตข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการต่างจำนวน 3 วิธี ดังนี้

1. การเตรียมข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีการเคลือบ

เตรียมน้ำคั้นผัก โดยนำพืชผักพื้นบ้านจำนวน 3 ชนิดที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ ยอดขนุน ผักคันทรง ยอดอ้อย โดยยอดอ้อยนำมาปอกให้ถึงส่วนในที่อ่อนที่นำไปรับประทานได้ นำผักมาล้างทำความสะอาด ตากให้น้ำแห้งแล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง หั่นขนาดประมาณ 0.5 x 0.5 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนัก 10 กรัม แล้วนำมาปั่นให้ละเอียดนาน 5 นาที ส่วนน้ำผักผสมให้ชั่งน้ำหนักพืชที่หั่นเป็นชิ้นแล้ว อัตราส่วน 1:1 น้ำหนักรวม 10 กรัม นำมาปั่นให้ละเอียดนาน 5 นาทีเช่นเดียวกัน คั้นให้ได้น้ำผักจนไม่มีน้ำผักเหลืออยู่ที่กาก ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะได้น้ำคั้นผักเดี่ยว 3 ชนิด คือ ยอดขนุน ผักคันทรง ยอดอ้อย และน้ำคั้นผักผสม 4 ชนิดคือ ยอดอ้อย+ผักคันทรง ยอดอ้อย+ยอดขนุน ผักคันทรง+ยอดขนุน และยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน

หลังจากนั้นนำข้าวเจ้าเสาไห้ น้ำคั้นผักบดแต่ละชนิดและกรดปาล์มิติกมาผสมกันโดยใช้อัตราส่วน ข้าว 10 กรัม: พืชผักแต่ละชนิดใช้น้ำพืชที่คั้นได้ทั้งหมด:กรดปาล์มิติก 4 กรัม เทส่วนผสมทั้งหมดลงในเครื่องผสมความเร็วปานกลาง ผสมนาน 2 นาที เมื่อส่วนผสมเข้ากันดีแล้ว นำมาเป่าด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที แล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น เก็บตัวอย่างข้าวเสริมใส่ถุงซิปล็อคเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ดัดแปลงจากวิธีการของ Further & Lauter (1949)

ทำการทดลองเคลือบข้าวเจ้าขาวตาแห้ง ข้าวเหนียวกข 6 และข้าวเหนียวดอ เช่นเดียวกับข้าวเจ้าเสาไห้

2. การเตรียมข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระโดยแช่ในน้ำพืชผัก

เตรียมน้ำพืชผัก โดยนำพืชผักพื้นบ้านที่ผ่านการเตรียมและหั่นเช่นเดียวกับน้ำคั้นผักมาชั่งน้ำหนัก 10 กรัม ใส่ในเครื่องปั่น เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แล้วนำมาปั่นให้ละเอียดนาน 5 นาที ส่วนน้ำผักผสมให้ชั่งน้ำหนักพืชที่หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ อัตราส่วน 1:1 น้ำหนักรวม 10 กรัม คั้นน้ำออกด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากออก คั้นจนไม่มีน้ำผักเหลืออยู่ที่กาก นำน้ำที่คั้นได้ใส่ในภาชนะที่สะอาด และหุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ เก็บในตู้เย็นเพื่อใช้ในการเตรียมข้าวแช่น้ำพืชผัก ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะได้น้ำพืชผักเดี่ยว 3 ชนิด และน้ำพืชผักผสม 4 ชนิด หลังจากนั้นนำข้าวเจ้าเสาไห้ 10 กรัม ใส่น้ำพืชผักที่ได้ คนให้ทั่ว ปิดหุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ แช่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30 $\pm$ 5 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วเทน้ำทิ้ง ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วนำไปอบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เพื่อให้ข้าวแช่น้ำผักแห้งมีความชื้นไม่เกิน 13% เก็บไว้ในถุงซิปล็อคที่อุณหูมิห้อง

ทำการทดลองเคลือบข้าวเจ้าขาวตาแห้ง ข้าวเหนียวกข 6 และข้าวเหนียวดอ เช่นเดียวกับข้าวเจ้าเสาไห้

3. การเตรียมข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีการหุง/นึ่งพร้อมข้าว

วิธีการพืชหุง/นึ่งพร้อมข้าว โดยนำพืชผักพื้นบ้านที่ผ่านการเตรียมและหั่นเช่นเดียวกับน้ำคั้นผักมาชั่งน้ำหนัก 10 กรัม ส่วนพืชผสมใช้อัตราส่วนเดียวกันกับการผลิตข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีข้าวเคลือบและข้าวแช่ หลังจากนั้นนำไปหุงพร้อมกับข้าว 10 กรัมด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า โดยควบคุมปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุง และจำนวนการล้างข้าวให้เท่ากัน

ทำการทดลองหุงพร้อมข้าวเจ้าขาวตาแห้ง ข้าวเหนียวกข 6 และข้าวเหนียวดอ เช่น เดียวกับข้าวเจ้าเสาไห้

4. ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ

นำตัวอย่างข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระจากวิธีทั้ง 3 ไปสกัดตามวิธีการในข้อ 1.2 ของขั้นตอนที่ 1 และตรวจหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัด โดยวิธี DPPH assay แล้วนำข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดไปหุง ด้วยหม้อไฟฟ้า โดยควบคุมปริมาณข้าว และน้ำที่ใช้หุงน้ำให้เท่ากันและศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระแต่ละชนิด

5. ศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมีและกายภาพข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ

2.1 ค่าสี วิเคราะห์ค่าสี L*, a* และ b* ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Color flex

2.2 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

6. ศึกษาระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ

คัดเลือกข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดของวิธีเคลือบ และวิธีแช่ จำนวนชนิดข้าวละ 1 ชนิด แต่หากชนิดพืชซ้ำกันจะเลือกพืชที่ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระถัดไปเพื่อจะได้ชิมข้าวที่หลากหลายสูตร ดังนั้นจะมีตัวอย่างข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่นำไปทดสอบจำนวน 8 ชนิด

ศึกษาระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคโดยการให้คะแนนความชอบ (hedonic scaling
test) โดยทำการเสิร์ฟตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ภายในระยะเวลา 10 นาที หลังการหุงเสร็จสิ้นแก่ผู้ทดสอบชิม ให้แบบฟอร์มการให้คะแนนแบบสเกลความชอบ 9 คะแนน (Nine-point hedonic scale) แก่ผู้ทดสอบชิม จำนวน 20 คน เพื่อทดสอบการยอมรับ มีค่าน้ำหนักตามเกณฑ์ต่อไปนี้

1=ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3=ไม่ชอบปานกลาง 4=ไม่ชอบเล็กน้อย 5=เฉยๆ
6=ชอบเล็กน้อย 7=ชอบปานกลาง 8=ชอบมาก 9=ชอบมากที่สุด

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของวัตถุดิบ

ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากพืชผักพื้นบ้านจังหวัดกำแพงเพชร ข้าวเจ้า และข้าวเหนียว พบว่า ยอดขนุนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คือ 83.92% รองลงมาคือ ผักคันทรง (80.78%) และยอดอ้อย (75.89%) ตามลำดับ ข้าวเจ้าขาวตาแห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าข้าวเจ้าเสาไห้ และข้าวเหนียวดอ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าข้าวเหนียวกข 6 ส่วน BHA มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าพืชตัวอย่างและข้าวตัวอย่างทุกชนิด แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักพื้นบ้าน ข้าวเจ้าและข้าวเหนียวและ BHA

ตัวอย่างพืช	ยอดอ้อย	ผักคันทรง	ยอดขนุน	ผักหนาม	ผักปลัง	ผักกูด	ยอดฟักข้าว	ผักอีซีก	ผักอีนูน	ผักพาย	เสาไห้	ขาวตาแห้ง	เหนียวกข 6	เหนียวดอ	BHA
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (%) ($\bar{X}$ ±SD)	75.89 ±0.17	80.78 ±0.21	83.92 ±0.20	54.49 ±0.11	68.91 ±0.19	53.72 ±0.29	42.98 ±0.09	74.03 ±0.15	72.56 ±0.28	71.76 ±0.27	44.59 ±0.19	51.19 ±0.16	41.51± 0.22	42.67 ±0.18	97.24 ±0.24

2. ผลการผลิตข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระจากจากพืชผักพื้นบ้านในจังหวัดกำแพงเพชร

2.1 ผลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระจากจากพืชผักพื้นบ้านในจังหวัดกำแพงเพชร

ผลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระจากจากพืชผักพื้นบ้านในจังหวัดกำแพงเพชร ก่อนหุงและหลังหุง จำแนกตามวิธีการผลิต ดังนี้ การเคลือบ พบว่า ข้าวเจ้าขาวตาแห้งที่เคลือบด้วยยอดขนุน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดทั้งก่อนหุง (79.85%) และหลังหุง (75.46%) การแช่ พบว่า ข้าวเจ้าขาวตาแห้งที่แช่ในสารสกัดยอดขนุน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดทั้งก่อนหุง (78.86%) และหลังหุง (74.38%)

ส่วนการหุงพร้อม พบว่า ข้าวเจ้าขาวตาแห้งกับยอดขนุน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดทั้งก่อนหุง (86.23%) และหลังหุง (82.53%) โดยภาพรวม ข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ผลิตแบบหุงพร้อมของข้าวเจ้าขาวตาแห้งกับยอดขนุน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดทั้งก่อนหุงและหลังหุง และข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้วิธีหุงพร้อมทั้งก่อนหุงและหลังหุงโดยรวมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด รองลงมาคือข้าวเคลือบและข้าวแช่ นอกจากนี้ยังพบว่าการหุงทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ของข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระจากจากพืชผักพื้นบ้านในจังหวัดกำแพงเพชรก่อนหุงและหลังหุง

ชนิดข้าว	ชนิดพืช	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (% radical scavenging) ($\bar{X}$ ±SD)					
		เคลือบ		แช่		หุงพร้อม	
		ก่อนหุง	หลังหุง	ก่อนหุง	หลังหุง	ก่อนหุง	หลังหุง
ข้าวเหนียว กข 6	ยอดอ้อย	57.74±0.08	49.28±0.11	55.56±0.11	49.96±0.19	61.40±0.23	52.62±0.22
	ผักคันทรง	62.15±0.12	55.19±0.16	61.75±0.13	54.99±0.15	64.12±0.21	58.91±0.23
	ยอดขนุน	78.52±0.20	72.96±0.08	78.12±0.05	74.16±0.21	83.82±0.25	77.36±0.12
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง	59.27±0.17	54.56±0.19	58.78±0.17	53.56±0.27	60.68±0.14	52.25±0.15
	ยอดอ้อย+ยอดขนุน	65.76±0.11	57.94±0.24	64.86±0.23	58.64±0.15	66.64±0.18	60.72±0.19
	ผักคันทรง+ยอดขนุน	76.98±0.15	71.67±0.21	76.57±0.28	70.12±0.15	80.57±0.12	72.32±0.27
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน	72.21±0.10	63.11±0.09	71.23±0.15	62.15±0.22	74.82±0.19	66.56±0.22
ข้าวเหนียว ดอ	ยอดอ้อย	57.89±0.12	50.04±0.11	56.26±0.12	50.23±0.10	63.50±0.24	55.73±0.23
	ผักคันทรง	63.06±0.23	55.49±0.18	62.15±0.11	54.57±0.20	66.04±0.09	61.85±0.11
	ยอดขนุน	78.98±0.14	73.25±0.15	78.94±0.18	73.89±0.18	85.92±0.21	79.27±0.25
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง	58.87±0.22	53.96±0.16	58.56±0.14	54.26±0.19	63.82±0.15	54.22±0.20
	ยอดอ้อย+ยอดขนุน	66.46±0.13	57.78±0.25	64.16±0.20	58.79±0.17	68.76±0.08	60.91±0.24
	ผักคันทรง+ยอดขนุน	77.28±0.18	72.79±0.17	77.09±0.22	72.25±0.12	81.97±0.17	76.80±0.12
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน	72.73±0.21	64.56±0.23	72.17±0.19	64.16±0.17	76.62±0.11	68.99±0.12
ข้าวเจ้าเสาไห้	ยอดอ้อย	57.56±0.27	52.23±0.08	55.96±0.10	51.12±0.25	64.35±0.13	58.53±0.14
	ผักคันทรง	64.58±0.15	55.21±0.13	62.85±0.14	55.17±0.18	66.64±0.20	59.54±0.17
	ยอดขนุน	79.02±0.05	74.56±0.11	78.26±0.18	73.42±0.17	86.12±0.23	81.32±0.21
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง	58.71±0.13	52.99±0.15	59.15±0.15	55.06±0.24	65.02±0.25	61.89±0.23
	ยอดอ้อย+ยอดขนุน	67.66±0.18	58.58±0.08	65.02±0.12	58.18±0.26	67.96±0.15	59.27±0.14
	ผักคันทรง+ยอดขนุน	78.01±0.21	73.80±0.23	77.54±0.21	71.75±0.21	82.77±0.18	75.56±0.18
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน	73.45±0.23	64.87±0.19	72.47±0.10	64.86±0.24	76.98±0.09	71.94±0.19

ข้าวเจ้าขาวตาแห้ง	ยอดอ้อย	58.66±0.08	52.94±0.15	57.54±0.21	52.56±0.15	67.86±0.22	58.93±0.11
	ผักคันทรง	65.19±0.20	56.89±0.14	64.55±0.09	56.27±0.17	67.45±0.10	58.94±0.14
	ยอดขนุน	**79.85±0.09**	**75.46±0.11**	**78.86±0.24**	**74.38±0.12**	**86.23±0.19**	**82.53±0.21**
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง	56.11±0.12	53.28±0.17	60.75±0.20	55.78±0.25	68.42±0.14	63.15±0.25
	ยอดอ้อย+ยอดขนุน	67.93±0.19	59.42±0.25	64.89±0.15	58.88±0.14	68.49±0.12	60.17±0.27
	ผักคันทรง+ยอดขนุน	78.96±0.11	73.92±0.22	77.94±0.19	72.65±0.12	83.66±0.15	76.06±0.25
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน	74.28±0.07	67.06±0.16	73.17±0.10	65.16±0.19	77.58±0.13	72.37±0.18

2.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมีและกายภาพ

2.2.1 สี

ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านสี พบว่า ข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ผลิตโดยวิธีการเคลือบมีค่าความสว่างสูงและมีแนวโน้มสีไปทางสีแดง-เหลือง และมีค่าความสว่างใกล้เคียงกับเมล็ดข้าวก่อนผ่านกรรมวิธี ส่วนข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้กรรมวิธีการแช่ มีค่าความสว่างสูงและมีแนวโน้มสีไปทางสีแดง-เหลืองเช่นเดียวกัน แต่มีค่าความสว่างน้อยกว่าข้าวข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้กรรมวิธีการเคลือบและข้าวก่อนผ่านกรรมวิธีแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมีกายภาพด้านสี

ชนิดข้าว	ชนิดพืช	ค่าสี								
		ก่อนผ่านกรรมวิธี			เคลือบ			แช่		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
ข้าวเจ้าขาวตาแห้ง		73.16	0.73	17.20						
ข้าวเจ้าเสาไห้		71.96	0.74	16.44						
ข้าวเหนียวดอ		79.31	0.17	15.11						
ข้าวเหนียวกข6		82.87	0.14	16.71						
ข้าวเหนียวกข 6	ยอดอ้อย				80.82	3.00	17.50	54.03	8.45	30.26
	ผักคันทรง				85.15	1.76	15.26	54.63	6.54	30.38
	ยอดขนุน				86.30	1.09	11.91	65.08	7.29	30.06
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง				62.67	2.93	23.88	51.53	8.08	29.76
	ยอดอ้อย+ยอดขนุน				86.10	1.01	11.22	68.13	6.98	27.82
	ผักคันทรง+ยอดขนุน				77.55	-0.23	19.83	46.12	5.98	26.61
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน				74.94	4.92	20.57	61.88	7.25	28.19
ข้าวเหนียวดอ	ยอดอ้อย				77.64	2.47	18.38	56.15	7.85	30.71
	ผักคันทรง				79.42	2.61	17.76	50.47	7.70	29.85
	ยอดขนุน				77.90	3.55	17.17	66.66	5.89	27.76
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง				70.33	2.25	22.79	48.27	8.16	29.14
	ยอดอ้อย+ยอดขนุน				86.67	0.97	10.79	69.80	7.19	28.51
	ผักคันทรง+ยอดขนุน				76.88	0.04	21.26	46.63	7.01	26.46
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน				76.67	4.24	17.67	60.41	7.55	28.68
	ยอดอ้อย				70.53	2.84	17.83	45.96	8.06	25.22
	ผักคันทรง				72.09	3.15	17.54	44.84	7.17	25.01
	ยอดขนุน				85.49	1.16	11.08	59.99	5.16	24.56

ข้าวเจ้าเสาไห้	ยอดอ้อย+ผักคันทรง				63.54	3.11	24.25	41.58	7.21	23.35
	ยอดอ้อย+ยอดขนุน				83.78	0.70	10.00	61.70	6.48	26.14
	ผักคันทรง+ยอดขนุน				67.16	0.80	24.70	37.27	5.59	19.25
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน				81.31	2.39	12.97	53.40	6.74	23.76
ข้าวเจ้าขาวตาแห้ง	ยอดอ้อย				76.58	2.92	18.12	43.87	8.19	25.81
	ผักคันทรง				82.05	1.49	14.72	50.15	7.10	26.8
	ยอดขนุน				83.35	1.75	11.78	60.01	5.05	24.79
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง				65.48	2.95	23.36	37.87	7.64	24.00
	ยอดอ้อย+ยอดขนุน				84.51	1.79	11.75	60.71	7.64	27.23
	ผักคันทรง+ยอดขนุน				69.22	0.83	22.76	38.50	6.00	19.86
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน				72.64	4.77	19.14	53.63	7.12	23.51

2.2.2 ความชื้น

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านความชื้น พบว่า ข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ผลิตโดยวิธีการเคลือบ ส่วนใหญ่มีความชื้นไม่เกิน 13% ยกเว้นข้าวข้าวเจ้าเสาไห้เคลือบด้วยผักคันทรง (13.79%) และข้าวข้าวเจ้าเสาไห้เคลือบด้วยยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน (13.15%) ส่วนข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ผลิตโดยวิธีการแช่ทุกชนิด มีความชื้นไม่เกิน 13% แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมีกายภาพด้านความชื้น

ชนิดข้าว	**ชนิดพืช**	**ปริมาณความชื้น (%)**	
		เคลือบ	**แช่**
ข้าวเหนียว กข 6	ยอดอ้อย	7.59	8.88
	ผักคันทรง	6.72	12.17
	ยอดขนุน	12.49	6.72
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง	11.84	4.09
	ยอดอ้อย+ยอดขนุน	6.46	4.04
	ผักคันทรง+ยอดขนุน	10.39	4.44
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน	7.45	2.60
ข้าวเหนียวดอ	ยอดอ้อย	9.73	0.75
	ผักคันทรง	6.29	9.59
	ยอดขนุน	8.73	3.93
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง	6.12	4.41
	ยอดอ้อย+ยอดขนุน	5.91	3.23
	ผักคันทรง+ยอดขนุน	6.78	3.89
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน	8.04	2.81
ข้าวเจ้าเสาไห้	ยอดอ้อย	12.85	11.69
	ผักคันทรง	**13.79**	2.97
	ยอดขนุน	7.48	4.26
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง	5.77	3.89
	ยอดอ้อย+ยอดขนุน	7.13	3.96
	ผักคันทรง+ยอดขนุน	7.19	1.59
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน	**13.15**	0.53
	ยอดอ้อย	12.06	7.27

ข้าวเจ้าขาวตาแห้ง	ผักคันทรง	6.79	4.24
	ยอดขนุน	7.23	3.72
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง	6.88	3.71
	ยอดอ้อย+ยอดขนุน	11.29	0.59
	ผักคันทรง+ยอดขนุน	6.65	0.92
	ยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน	6.32	0.27

2.3 ผลการศึกษาระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

ผลการศึกษาระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่ามีค่าการยอมรับด้านสี กลิ่น และรสชาติที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยด้านสี กลิ่น ผู้ชิมให้การยอมรับข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ผลิตด้วยวิธีแช่ข้าวเหนียวกข 6+ยอดขนุนมากกว่าชนิดอื่นๆ ด้านรสชาติผู้ชิมให้การยอมรับข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ผลิตด้วยวิธีแช่ของข้าวเจ้าเสาไห้+ยอดขนุนมากกว่าชนิดอื่นๆ และโดยรวมผู้ชิมให้การยอมรับข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ผลิตด้วยวิธีแช่ของข้าวเจ้าเสาไห้+ยอดขนุนมากที่สุด แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

สูตรการผลิตข้าว	**ระดับการยอมรับ ($\overline{X}$ ±SD)**			
	สี	**กลิ่น**	**รสชาติ**	**โดยรวม**
เคลือบ: ข้าวเหนียวกข 6+ยอดขนุน	3.85 ± 1.53^{ab}	3.70 ± 1.41^{c}	3.05 ± 1.50^{d}	3.30 ± 1.38^{d}
เคลือบ: ข้าวเหนียวดอ+ยอดอ้อย+ยอดขนุน	$3.001\pm.68^{a}$	3.15 ± 1.26^{c}	3.30 ± 1.68^{cd}	3.10 ± 1.65^{d}
เคลือบ: ข้าวเจ้าเสาไห้+ยอดขนุน	3.90 ± 1.83^{ab}	3.60 ± 1.69^{c}	2.60 ± 1.31^{d}	3.30 ± 1.21^{d}
เคลือบ: ข้าวเจ้าขาวตาแห้ง+คันทรง+ยอดขนุน	4.50 ± 1.93^{bc}	4.70 ± 1.62^{ab}	3.20 ± 1.79^{cd}	3.85 ± 1.75^{cd}
แช่: ข้าวเหนียวกข 6+ยอดขนุน	5.30 ± 1.86^{c}	5.35 ± 1.84^{a}	5.10 ± 2.48^{ab}	5.00 ± 2.44^{a}
แช่: ข้าวเหนียวดอ+ยอดอ้อย+ยอดขนุน	4.85 ± 1.89^{bc}	3.85 ± 1.78^{bc}	4.15 ± 2.56^{bc}	4.20 ± 2.19^{bc}
แช่: ข้าวเจ้าเสาไห้+ยอดขนุน	5.10 ± 1.83^{c}	4.5 ± 1.78^{ab}	5.65 ± 2.00^{a}	5.25 ± 1.88^{a}
แช่: ข้าวเจ้าขาวตาแห้ง+คันทรง+ยอดขนุน	$4.85\ 1.75^{bc}$	4.65 ± 1.66^{ab}	5.00 ± 1.83^{ab}	4.80 ± 1.79^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากพืชผักพื้นบ้านจังหวัดกำแพงเพชร พบว่า ยอดขนุนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด รองลงมาคือ ผักคันทรง และยอดอ้อย ข้าวเจ้าขาวตาแห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าข้าวเจ้าเสาไห้ และข้าวเหนียวดอมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าข้าวเหนียวกข 6 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ผลิตแบบหุงพร้อมของข้าวเจ้าขาวตาแห้งกับยอดขนุนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดทั้งก่อนหุง และหลังหุง และข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้วิธีหุงพร้อมทั้งก่อนหุงและหลังหุงโดยรวมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดรองลงมาคือข้าวเคลือบและข้าวแช่ การศึกษาคุณสมบัติด้านสี พบว่า ข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระทุกชนิดมีค่าความสว่างสูงและมีแนวโน้มสีไปทางความเป็นสีแดง-เหลือง ด้านความชื้น พบว่าข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระมีความชื้นไม่เกิน 13% ยกเว้นข้าวข้าวเจ้าเสาไห้เคลือบด้วยผักคันทรง และข้าวข้าวเจ้าเสาไห้เคลือบด้วยยอดอ้อย+ผักคันทรง+ยอดขนุน และโดยรวมผู้ชิมให้การยอมรับข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระของข้าวเจ้าเสาไห้+ยอดขนุนที่ผลิตด้วยวิธีแช่มากกว่าชนิดอื่นๆ

ผลการวิจัยอภิปรายได้ว่า

1. พืชผักพื้นบ้านจังหวัดกำแพงเพชรที่นำมาศึกษา มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทุกชนิด ทั้งนี้เพราะพืชผักและผลไม้ประกอบด้วยสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือสารต้านอนุมูลอิสระหลากหลายชนิด โดยทั่วไปสามารถจำแนกสารต้านอนุมูลอิสระในพืชผักได้เป็น 2 ประเภท คือ 1) สารต้านอนุมูลอิสระ ที่มีอยู่ในธรรมชาติในรูปของวิตามินและแร่ธาตุ ได้แก่ วิตามินเอ ซี อี แร่ธาตุสังกะสี (Zinc) และเซลีเนียม (Selenium) 2) สารต้านออกซิแดนท์ที่ไม่ใช่วิตามิน ส่วนใหญ่เป็นสารรสฝาดพบในยอดผักและเมล็ดพืช ได้แก่ สารพวกโพลีฟีนอล (Polyphenols) เป็นสารในกลุ่มไบโอพลาโวนอย์ (Bioflavonoids) ไลโคปีน (Lycopenes) แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) ไอโซฟลาโวน (Isoflavone coumarin derivative) และเบต้า-แคโรทีน เป็นต้น (วันเพ็ญ, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับ Lai et al. (2007 อ้างถึงใน เจนจิรา และประสงค์, 2554) ที่กล่าวว่าสารต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่ที่พบในพืชเป็นสารประกอบ ฟีนอลิกซึ่งมีหลายชนิด ตัวอย่างเช่น สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ วิตามินอี และแทนนิน ซึ่งเป็นสารพอลิฟีนอล นอกจากนี้ยังมีสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ เช่น วิตามินซี แคโรทีนอยด์ และกรดอินทรีย์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าพืชที่นำมาศึกษามีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่แตกต่างกัน สถานที่ในการเพาะปลูกที่แตกต่างกัน ความอุดมสมบูรณ์ วิธีการเก็บรักษาพืช ความสดใหม่ของพืช ซึ่งสอดคล้องผลการวิจัยของนันท์นภัส (2551) ที่พบว่า ผักและสมุนไพรมีปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก และวิตามินซีที่แตกต่างกันตั้งแต่เพียงเล็กน้อยจนอาจถึง 100 เท่า ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และสอดคล้องกับนิธิยา และดนัย (2548) ที่ว่าผักและสมุนไพรมีปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีโนลิก และวิตามินซีเป็นองค์ประกอบแต่มีปริมาณที่แตกต่างกัน อาจเกิดจากสถานที่ในการเพาะปลูกที่แตกต่างกัน ความอุดมสมบูรณ์ วิธีการเก็บรักษาพืช ความสดใหม่ของพืช รวมถึงวิธีการสกัดและวิธีการวิเคราะห์ซึ่งวิธีการทั้งหมดที่กล่าวมามีผลทำให้ปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีโนลิก และวิตามินซีในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน

ส่วนในเมล็ดข้าวมีสารต้านอนุมูลอิสระมีหลายประเภทได้แก่ วิตามิน เกลือแร่ หรือเอ็นไซม์ มีประโยชน์ช่วยป้องกันร่างกายจากอนุมูลอิสระซึ่งเชื่อว่าเป็นสารก่อให้เกิดโรคมะเร็ง สารต้านอนุมูลอิสระสำคัญที่อยู่ในเมล็ดข้าว ได้แก่ แกมมา-ออไรซานอล (Gamma Oryzanol) โทโคฟีรอล (Tocopherol) และโทโคไตรอีนอล (Tocotrienol) (ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี, 2554)

2. ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระจากจากพืชผักพื้นบ้านในจังหวัดกำแพงเพชร ก่อนหุงและหลังหุง พบว่า ข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้วิธีหุงพร้อมทั้งก่อนหุงและหลังหุง โดยรวมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดรองลงมาคือข้าวเคลือบและข้าวแช่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้วิธีหุงพร้อม ไม่มีการสูญเสียสารต้านอนุมูลอิสระระหว่างกระบวนการผลิต เนื่องจากไม่มีการคั้นน้ำออกจากพืชผัก การคั้นน้ำออกจากพืชผักสำหรับนำไปเคลือบและแช่ข้าวนั้นสารต้านอนุมูลบางส่วนอาจติดอยู่ที่กากพืชได้ และการที่ข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระแบบข้าวเคลือบมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าข้าวแช่ เนื่องจากในกระบวนการผลิตแบบข้าวแช่นั้นมีขั้นตอนการเทน้ำผักทิ้งหลังจากการแช่ข้าวนาน 5 ชั่วโมง ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำผักจึงอาจสูญหายในขั้นตอนนี้ได้ นอกจากนี้ผลการวิจัยพบว่าการหุงทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง ทั้งนี้เพราะกระบวนการหุงข้าวมีการใช้ความร้อน ความร้อนเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระลดลง สอดคล้องกับศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว (2552) ที่ศึกษากระบวนการหุงต้มข้าวที่มีสีม่วงเข้มด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า พบว่า การหุงมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระลดลงประมาณ 50% หรือลดประสิทธิภาพลงประมาณครึ่งหนึ่งของข้าวดิบ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของสุธยา (2551) ที่พบว่าในกระบวนการผลิตข้าวหุงสุกไวนั้นอาจมีการสูญเสียสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและวิตามินในข้าวกล้องไปบางส่วน

โดยจะมีการสูญเสียไปในน้ำที่ใช้แช่ซึ่งรวมถึงวิตามินที่สามารถละลายได้ในน้ำด้วย นอกจากนี้ในขั้นตอนการให้ความร้อนก็จะเป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการสูญเสียสมบัติดังกล่าวเช่นกัน

3. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมีกายภาพด้านสี พบว่า ข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระทุกชนิดมีค่าความสว่างสูงและมีแนวโน้มสีไปทางความเป็นสีแดง-เหลือง ทั้งนี้เพราะน้ำคั้นผักก่อนนำไปเคลือบหรือแช่ข้าวนั้นมีสีเขียวเข้ม เมื่อนำไปเคลือบหรือการแช่ข้าวจึงมีผลทำให้สีของข้าวเข้มขึ้นในโทนสีแดง-เหลือง ส่วนข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้วิธีการเคลือบมีค่าความสว่างใกล้เคียงกับเมล็ดข้าวก่อนผ่านกรรมวิธี แต่ข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้กรรมวิธีการแช่มีค่าความสว่างน้อยกว่าข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้กรรมวิธีการเคลือบและข้าวก่อนผ่านกรรมวิธี ทั้งนี้เพราะข้าวแช่เกิดการดูดติดผิว (Adsorption) ระหว่างน้ำผักกับส่วนของเมล็ดข้าวซึ่งเป็นส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของสารที่ถูกดูดติด (กระบวนการดูดซับ, 2551) จึงทำให้ข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้กรรมวิธีการแช่มีสีเขียวเข้มกว่าข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้กรรมวิธีการเคลือบ

เอกสารอ้างอิง

กระบวนการดูดซับ. (2551). [Online]. Available : www.agric-prod.mju.ac.th/web-veg/plantlist/pak.htm. [2557, กุมภาพันธ์ 20].

ขวัญดาว แจ่มแจ้ง และคนอื่นๆ. (2555). **รายงานการวิจัยเรื่องสำรับอาหารชากังราวจากพืชผักพื้นบ้านตามวิถีเศรษฐกิจพอเพียงจังหวัดกำแพงเพชร**. มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

จักรพงศ์ ไพบูลย์. (2554). **สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant).** [Online]. Available : http://www.thaiclinic.com/antioxidant.ht. [2557, มีนาคม 20].

นิธิยา รัตนปนนท์ และดนัย บุญยเกียรติ. (2548). **การปฏิบัติการภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

นันท์นภัส เติมวงศ์. (2551). ปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีโนลิก และวิตามินซีในผักและสมุนไพร. **ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์, 8**(1), 41-48.

วัฒนธรรมจังหวัดกำแพงเพชร, สำนักงาน. (ม.ป.ป.). **ความเป็นมาของจังหวัดกำแพงเพชร.** [Online]. Available : http://province.m-culture.go.th/kamphangphet/page/geo_kp.htm. [2555, เมษายน 5].

วันเพ็ญ บุญสวัสดิ์. (2550). **พืชผักผลไม้ที่มีคุณสมบัติในการต่อต้านหรือป้องกันการเกิดมะเร็ง**. [Online]. Available : http://www.redcross.or.th/ [2557, กุมภาพันธ์ 2].

วิจัยข้าวอุบลราชธานี,ศูนย์. (2554). **ข้าวและประโยชน์จากเมล็ดข้าว**. [Online]. Available: www.agric prod.mju.ac.th/web-veg/plantlist/pak.htm. [2557, กุมภาพันธ์ 1].

วิทยาศาสตร์ข้าว, ศูนย์. (2552). **ข้าวต้านอนุมูลอิสระ : Riceberry.** [Online]. Available : www.agric prod.mju.ac.th/web-veg/plantlist/pak.htm. [2557, กุมภาพันธ์ 2].

สุธยา พิมพ์พิไล. (2551). **ข้าวกล้องไทยกับเทคโนโลยีการแปรรูป.** [Online]. Available : http://www.trf.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=1004:2013-12-07-02-48-44&catid=22&Itemid=217. [2557, กุมภาพันธ์ 2].

AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17th ed., Maryland, USA.

Bocco, A., Cuvelier, A., Richard, H., & Berset, C. (1998). Antioxidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** 46: 2123–2129; อ้างถึงใน สุภาพร พาเจริญ กมลวรรณ แจ้งชัด อนุวัตร แจ้งชัด และ พัชรี ตั้งตระกูล. (2552). สภาวะที่เหมาะสม สำหรับการสกัดสารสกัดจากเปลือกมะนาว และ อบเชย. **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร**. กรุงเทพฯ : 416-422.

Furter, M.F., & Lauter, W.M. (1949). Firtifying grain products. **In U.S. Patent No**. 2,475,133.

Lai, A. K., Fegredo, J.A., Clarke, P.J., Martin, C.R., Preedy, V.R. (2007). Colour in relation to total antioxidant capacity of beers assessed using the FRAP assay. **Alcohol and Alcoholism 42 Suppl,** 1: i55-i57; อ้างถึงใน เจนจิรา จิรัมย์ และประสงค์ สีหานาม. (2554). อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ: แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์,** 1(1): 59-70.

Moller, P., Wallin, H., & kmudsen, L.E. (1996). Oxidative stress associated with exercise psychological stress and life-style factors. **Chemico-Biological Interactions**, 102: 17-36; อ้างถึงใน ปรียาลักษณ์ โคหนองบัว. (2551). **ผลของความหนักในการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีต่อระดับของสารต้านอนุมูลอิสระ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Skerget M, Kotnik P, Hadolin M, Hras AR, Simonic M, Knez Z. (2005). Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. **Food Chemistry,** 89(2), 191-198.

Wang SY, Jiao H. (2000). Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 48, 5672-5676.