

การวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุโปแทสเซียม ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ในข้าวสายพันธุ์
สังข์หยด จังหวัดพัทลุงด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน

Quantitative Analysis of K, P and S Elements in Sungyod Rice Strain,
Phattalung Province by EDXRF

ธวัชชัย เทพนวล^{1*} และ สารีนา ตาเยะ²
Thawatchai Tepnual^{1*} and Sareena Tayeh²

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์ธาตุโปแทสเซียม ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ในข้าวกล้องสังข์หยด พัทลุงเชิงปริมาณและคุณภาพโดยการใช้เทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงานเพื่อศึกษากระบวนการเพาะปลูกข้าวในปัจจุบันและประยุกต์สำหรับการพัฒนาการเพาะปลูกในอนาคต ข้าวสายพันธุ์สังข์หยดไม่เพียงมีชื่อเสียงและมีความสำคัญในจังหวัดพัทลุงเท่านั้น พื้นที่การเพาะปลูกข้าวสังข์หยดยังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามยุทธศาสตร์ของจังหวัดพัทลุง ตัวอย่างที่ใช้ศึกษาได้มาจาก 12 ตำบลของจังหวัดพัทลุง ค่าความเข้มข้นของธาตุโปแทสเซียม ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุซัลเฟอร์ที่ถูกรวบรวม เท่ากับ 0.39 ± 0.01 wt% ถึง 1.15 ± 0.02 wt%, 0.11 ± 0.01 wt% ถึง 0.26 ± 0.01 wt% และ 0.07 ± 0.01 wt% ถึง 0.09 ± 0.01 wt% ตามลำดับ

คำสำคัญ : เอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน ข้าวสายพันธุ์สังข์หยด จังหวัดพัทลุง

Abstracts

The purpose of this research was to qualitatively and quantitatively analyze K P and S elements in brown rice named Sungyod Phattalung by using EDXRF technique in order to study the current rice planting process and apply the results for the future development. Sungyod rice strain is not only famous and important in Phattalung province, but its planting areas are also continuously increasing following the strategy of Phattalung province. The studied samples were obtained from 12 districts of Phattalung province. The concentration of K P and S elements were found to be from 0.39 ± 0.01 to 1.15 ± 0.02 wt%, 0.11 ± 0.01 to 0.26 ± 0.01 wt%, and 0.07 ± 0.01 to 0.09 ± 0.01 wt%, respectively.

Keywords : EDXRF, Sungyod Rice Strain , Phattalung Province

¹ อ. ดร., สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง พัทลุง 93110

² นิสิตปริญญาตรี สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง พัทลุง 93110

* Corresponding author : E-mail : thawatchai@tsu.ac.th Tel. 074-693974 ext. 2135

บทนำ

จังหวัดพัทลุงเป็นแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญของภาคใต้ ข้าวสายพันธุ์สังข์หยดพัทลุงเป็นข้าวพื้นเมืองที่ปลูกดั้งเดิมในจังหวัดพัทลุงในฤดูนาปี ได้มีการพัฒนาปรับปรุงสายพันธุ์มาตลอดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 จนกระทั่งได้สายพันธุ์บริสุทธิ์ ในปี พ.ศ. 2543 และในปี พ.ศ. 2550 คณะกรรมการบริหารกรมวิชาการเกษตร ได้แนะนำให้พันธุ์แนะนำชื่อ สังข์หยดพัทลุง [1] และเนื่องจากคุณค่าทางอาหารและลักษณะของเมล็ดข้าวที่มีสีสวยงามของข้าวสังข์หยดพัทลุงในระยะเวลาต่อมาได้มีการส่งเสริมจากภาครัฐให้มีการเพาะปลูกข้าวสังข์หยดกันอย่างแพร่หลาย และกำหนดเป็นยุทธศาสตร์ของจังหวัดพัทลุงเพื่อส่งเสริมการเพาะปลูกข้าวสังข์หยดพัทลุงตลอดจนการแปรรูปอาหารจากข้าวสังข์หยดพัทลุงอย่างกว้างขวาง อาทิ เช่น ไอศกรีมข้าวสังข์หยด นมมันรำข้าวสังข์หยดพัทลุง และขนมข้าวแต่นจากข้าวสังข์หยด เป็นต้น

เทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงานเป็นเทคนิคที่มีข้อดีที่ไม่ทำลายสารตัวอย่างและให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็ว [2,3] นอกจากนี้เทคนิคนี้ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์หาธาตุองค์ประกอบในไลเคน [4] ผักโขม [5] น้ำผลไม้ [6] และข้าว [7 – 10] ในการวิจัยนี้ได้เลือกวิเคราะห์ธาตุโปแทสเซียม ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์เชิงปริมาณด้วยเทคนิค EDXRF ในข้าวกล้องสายพันธุ์สังข์หยดพัทลุง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเพิ่มเติมทางโภชนาการด้านคุณค่าทางอาหารของข้าวสายพันธุ์สังข์หยดพัทลุง และข้อมูล การเพาะปลูกข้าวสายพันธุ์สังข์หยดพัทลุงในแต่ละพื้นที่เพาะปลูกที่จะนำไปพัฒนาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวสายพันธุ์สังข์หยดต่อไป

วิธีการวิจัย

การเก็บตัวอย่างข้าวสายพันธุ์สังข์หยดพัทลุง

เลือกเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกสายพันธุ์สังข์หยดพัทลุง จาก 12 ตำบล ในจังหวัดพัทลุง ดังภาพที่ 1 ปริมาณข้าวที่เก็บจากเกษตรกรประมาณ 0.5 – 1 กิโลกรัม นำมาอบด้วยตู้อบอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น ต่อจากนั้นนำมากระเทาะเปลือกออกจะได้ข้าวกล้องนำไปเข้าเครื่องบด (รุ่น Inspec 8000M) เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำตัวอย่างข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ผ่านการบดแล้วผสมกับสารผสม (Wax C) ในสัดส่วน 4 ต่อ 1 แล้วนำไปเข้าเครื่องบดเพื่อผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จำนวน 2.5 กรัม ต่อตัวอย่าง แต่ละตำแหน่งของพื้นที่จะใช้ตัวอย่าง จำนวน 5 ตัวอย่าง นำไปอัดด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกที่แรงอัด 10,000 ปอนด์ ที่เวลาการอัด 10 วินาที ตัวอย่างที่ได้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 31 มิลลิเมตร ความหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร

การเตรียมสารมาตรฐาน K, P และ S

เตรียมสารมาตรฐานโปแทสเซียม (K) โดยใช้สารโปแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ความเข้มข้น 99.5% สารมาตรฐานฟอสฟอรัส (P) เตรียมจากสาร KH_2PO_4 99.5% และสารมาตรฐานซัลเฟอร์ (S) เตรียมจากสาร MgSO_4 ความเข้มข้น 98% สารทั้งสามชนิดเป็นเกรดวิเคราะห์ สารมาตรฐานแต่ละธาตุต้องเตรียมให้ได้ 5 ระดับความเข้มข้น โดยชั่งมวลสารของแต่ละสารที่แตกต่างกัน 5 ระดับ แล้วนำไปผสมกับสารยึดเหนี่ยว (Wax C) บดรวมกันด้วยเครื่องบดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ต่อจากนั้นในแต่ละความเข้มข้นชั่งสารที่ผสมแล้วจำนวน 3 กรัม แล้วนำไปอัดด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกที่ 15,000 ปอนด์ เป็นเวลา 30 วินาที จะได้แผ่นสารมาตรฐานดังภาพที่ 2 นำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานด้วยโปรแกรมในเครื่องวิเคราะห์เอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน (Oxford ED 2000) แสดงได้ดังกราฟการเปรียบเทียบในภาพที่ 3

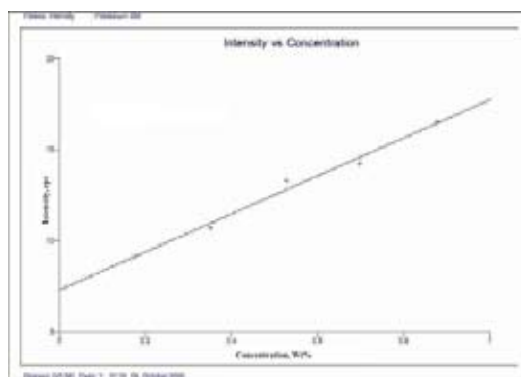
จากงานประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 21 ประจำปี 2554



ภาพที่ 1 แสดงพื้นที่ 12 ตำบลของจังหวัดพัทลุง ที่เก็บตัวอย่างข้าวสังข์หยด



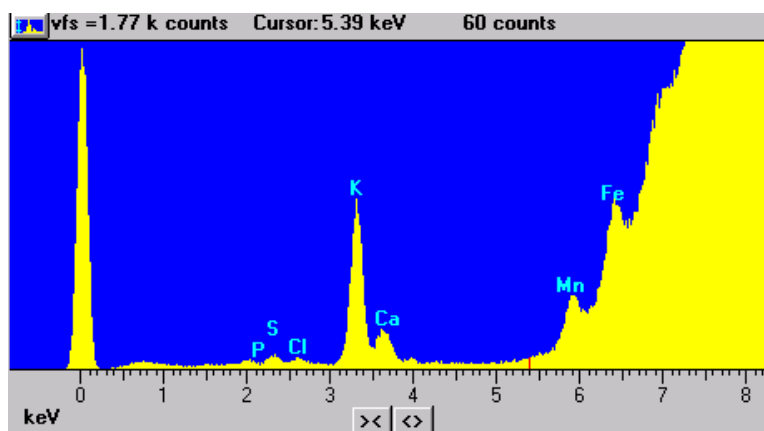
ภาพที่ 2 แสดงลักษณะของสารมาตรฐานโปแทสเซียมที่ผ่านการอัดเป็นแผ่น



ภาพที่ 3 แสดงกราฟการเปรียบเทียบของสารมาตรฐานโปแทสเซียม (K)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้ได้เลือกวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในข้าวสายพันธุ์สังข์หยดพัทลุงที่เพาะปลูกในปี พ.ศ. 2552 – 2553 จากพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 12 ตำบลในจังหวัดพัทลุง ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงานเชิงคุณภาพ ด้วยเงื่อนไข Steels (vac) มีค่าศักย์ไฟฟ้าของหลอด 15 kV ช่วงพลังงาน 40 keV ค่าการแยกแยะ 175 eV ตัวกรองเป็นอะลูมิเนียมบาง ลักษณะของสเปกตรัมที่ได้แสดงดังภาพที่ 4 ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพตรวจพบธาตุองค์ประกอบในข้าวสายพันธุ์สังข์หยดพัทลุง จาก 12 ตำบล จำนวน 7 ธาตุ คือ P, S, Cl, K, Ca, Mn และ Fe แสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 4 ผลการวิเคราะห์ธาตุเชิงคุณภาพของข้าวสายพันธุ์สังข์หยดพัทลุง ตำบลปันแต อ.ควนขนุน จังหวัดพัทลุง

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ธาตุเชิงคุณภาพของตัวอย่างข้าวกล้องสายพันธุ์สังข์หยดพัทลุง

ลำดับที่	แหล่งเพาะปลูกข้าวสังข์หยดพัทลุง	ธาตุที่พบในข้าวสังข์หยดพัทลุง						
		P	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe
1.	ด.ปันแต อ.ควนขนุน จ.พัทลุง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.	ด.พนางคอง อ.ควนขนุน จ.พัทลุง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3.	ด.ชะมวง อ.ควนขนุน จ.พัทลุง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4.	ด.โตนดด้วน อ.ควนขนุน จ.พัทลุง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5.	ด.มะกอกเหนือ อ.ควนขนุน จ.พัทลุง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6.	ด.ปรางค์หมู อ.เมือง จ.พัทลุง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7.	ด.เขาเจ็ยก อ.เมือง จ.พัทลุง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8.	ด.ดำนาน อ.เมือง จ.พัทลุง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9.	ด.ควนมะพร้าว อ.เมือง จ.พัทลุง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10.	ด.นาท่อม อ.เมือง จ.พัทลุง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11.	ด.ฝ่าละมี อ.ปากพะยูน จ.พัทลุง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12.	ด.ท่ามะเดื่อ อ.บางแก้ว จ.พัทลุง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

จากงานประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 21 ประจำปี 2554

การวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุโปแทสเซียม (K) ได้เงื่อนไขในการปรับเทียบมาตรฐานที่เหมาะสม คือ Solid (vac) มีค่าศักย์ไฟฟ้าของหลอด 12 kV ช่วงพลังงาน 40 keV ค่าการแยกแยะ 160 eV ตัวกรองเป็นอะลูมิเนียมบาง ฟอสฟอรัส (P) และซัลเฟอร์ (S) ได้เงื่อนไขในการทำารปรับเทียบมาตรฐานที่เหมาะสม คือ Geologigal Major (vac) มีค่าศักย์ไฟฟ้าของหลอด 10 kV ช่วงพลังงาน 40 keV ค่าการแยกแยะ 160 eV ไม่มีตัวกรอง แต่ละแหล่งเพาะปลูกข้าว

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณของโปแทสเซียม ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ ในข้าวกล้องสายพันธ์
สังข์หยดพัทลุงจาก 12 พื้นที่เพาะปลูก จังหวัดพัทลุง

ลำดับที่	แหล่งเพาะปลูก	ความเข้มข้น (wt%)		
		K (1.40 ± 0.05) *	P (0.43 ± 0.01) *	S
1	ต.ปื้นแต อ.ควนขนุน จ.พัทลุง	0.39 ± 0.02	0.11 ± 0.00	0.08 ± 0.00
2	ต.พนางตุง อ.ควนขนุน จ.พัทลุง	0.82 ± 0.02	0.18 ± 0.00	0.08 ± 0.00
3	ต.ชะมวง อ.ควนขนุน จ.พัทลุง	0.93 ± 0.02	0.23 ± 0.00	0.08 ± 0.00
4	ต.โตนดด้วน อ.ควนขนุน จ.พัทลุง	0.42 ± 0.02	0.11 ± 0.00	0.08 ± 0.01
5	ต.มะกอกเหนือ อ.ควนขนุน จ.พัทลุง	0.61 ± 0.04	0.15 ± 0.00	0.07 ± 0.01
6	ต.ปรางค์หมู อ.เมือง จ.พัทลุง	1.13 ± 0.04	0.26 ± 0.00	0.09 ± 0.01
7	ต.เขาเจ็ยก อ.เมือง จ.พัทลุง	0.56 ± 0.02	0.15 ± 0.00	0.08 ± 0.01
8	ต.ตำนาน อ.เมือง จ.พัทลุง	0.88 ± 0.04	0.20 ± 0.01	0.09 ± 0.01
9	ต.ควนมะพร้าว อ.เมือง จ.พัทลุง	0.98 ± 0.05	0.23 ± 0.01	0.09 ± 0.01
10	ต.นาท่อม อ.เมือง จ.พัทลุง	0.94 ± 0.02	0.23 ± 0.01	0.09 ± 0.01
11	ต.ฝาละมี อ.ปากพะยูน จ.พัทลุง	1.15 ± 0.03	0.24 ± 0.00	0.08 ± 0.01
12	ต.ท่ามะเดื่อ อ.บางแก้ว จ.พัทลุง	0.73 ± 0.04	0.17 ± 0.00	0.08 ± 0.01
ค่าเฉลี่ย		0.80 ± 0.24	0.18 ± 0.07	0.08 ± 0.01

* [10]

สังเคราะห์ได้เตรียมตัวอย่างอย่างละ 5 ตัวอย่าง มาทำการวิเคราะห์กับกราฟมาตรฐานได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุ K, P และ S จากตารางที่ 2 สามารถกล่าวเป็นประเด็นได้ดังนี้

1. ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโปแตสเซียม (K) มากที่สุด ได้แก่ ตำบลฝาละมี อำเภอบางปะกง จังหวัดพัทลุง ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นเท่ากับ 1.150.03 wt% และค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นของธาตุโปแตสเซียม (K) เท่ากับ 0.80 0.24 wt% ปริมาณความเข้มข้นที่ได้สูงสุดมีค่าน้อยกว่าที่ได้จากข้าวสายพันธุ์สังหยดพัทลุง จากศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าวจังหวัดพัทลุง ประมาณ 0.25 wt% [10]

2. ปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัส (P) มากที่สุด ได้แก่ ตำบลปรางค์หนู อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นเท่ากับ 0.260.00 wt% และค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัส (P) เท่ากับ 0.180.07 wt% ปริมาณความเข้มข้นที่ได้สูงสุดมีค่าน้อยกว่าที่ได้จากข้าวสายพันธุ์สังหยดพัทลุง จากศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าวจังหวัดพัทลุง ประมาณ 0.25 wt% [10]

3. ปริมาณความเข้มข้นของธาตุซัลเฟอร์ (S) มากที่สุด ได้แก่ ตำบลปิ่นเต อำเภอกวนขนุน จังหวัดพัทลุง ตำบลปรางค์หนู อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ตำบลควนมะพร้าว อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง และตำบลนาท่อม อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นเท่ากับ 0.09 ± 0.01 wt% และค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นของธาตุซัลเฟอร์ (S) เท่ากับ 0.08 ± 0.01 wt%

จากข้อมูลที่ได้พบว่า ค่าปริมาณความเข้มข้นของธาตุ K และ P มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละพื้นที่ที่เพาะปลูกน่าจะเป็นไปได้ที่มีผลจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูก ได้แก่ ดิน น้ำ ปุ๋ย และการบำรุงรักษา อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์นี้ยังไม่สามารถชี้ชัดลงไปในแต่ละปัจจัยได้ จำเป็นจะต้องมีการนำปัจจัยเหล่านั้นมาทดลองและศึกษาต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ธาตุในข้าวสายพันธุ์สังหยดพัทลุงจากพื้นที่เพาะปลูก 12 ตำบลในจังหวัดพัทลุงเชิงคุณภาพพบธาตุองค์ประกอบจำนวน 7 ธาตุ ได้แก่ P, S, Cl, K, Ca, Mn และ Fe การวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุ K, P และ S พบว่า ปริมาณธาตุโปแตสเซียม (K) เฉลี่ย เท่ากับ 0.80 ± 0.24 wt% และมีจำนวน 8 ตำบลที่มีค่าเกินค่าเฉลี่ยได้แก่ ตำบลปิ่นเต ตำบลพนาสูง ตำบลชะมวง ตำบลปรางค์หนู ตำบลตำนาน ตำบลควนมะพร้าว ตำบลนาท่อม และตำบลฝาละมี ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้น เท่ากับ 0.82 ± 0.04 , 0.82 ± 0.02 , 0.93 ± 0.02 , 1.13 ± 0.04 , 0.88 ± 0.04 , 0.98 ± 0.05 , 0.94 ± 0.02 และ 1.15 ± 0.03 Wt% ตามลำดับ ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส (P) เท่ากับ 0.180.07 wt% และมีจำนวน 6 ตำบลที่มีค่าเกินค่าเฉลี่ยได้แก่ ตำบลชะมวง ตำบลปรางค์หนู ตำบลตำนาน ตำบลควนมะพร้าว ตำบลนาท่อม และตำบลฝาละมี ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้น เท่ากับ 0.23, 0.26, 0.200.01, 0.230.01, 0.230.01 และ 0.230.01 wt% ตามลำดับ ปริมาณธาตุซัลเฟอร์ (S) เท่ากับ 0.080.01 wt% และมีจำนวน 5 ตำบลที่มีค่าเกินค่าเฉลี่ยได้แก่ ตำบลปิ่นเต ตำบลปรางค์หนู ตำบลตำนาน ตำบลควนมะพร้าว และตำบลนาท่อม ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้น เท่ากับ $0.090.01$ wt%

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยและเครื่องมือ EDXRF และขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนจาก 12 ตำบล ที่ให้ความอนุเคราะห์พันธุ์ข้าวสังหยดพัทลุงเพื่อการวิจัยในครั้งนี้

จากงานประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 21 ประจำปี 2554

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. ข้าวเจ้าพันธุ์สังข์หยดพัทลุง. เอกสารเผยแพร่. กรุงเทพฯ.
- [2] สัมพันธ์วงศ์นาวา.(2547).เอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรเมทรีแบบกระจายพลังงาน. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ. 278 น.
- [3] Burkhard, B., Habel, B. K., Norbert, L., Reiner, W. and Helmut, W. (2005). **Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis**. Springer – Verlag, Berlin Heidelberg: Germany. 863 p.
- [4] Richardson, D.H.S., Shore, M., Hartree, R. and Richardson, R.M. (1995). The use of X-ray fluorescence spectrometry for the analysis of plants, especially lichens, employed in biological monitoring. **The Science of the Total Environment**. 176, 97 – 105.
- [5] Dogan, O. and Tirasoglu, E. (1999). Determination of potassium, calcium and chlorine in some vegetables by EDXRF. **J. of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer**. 101, 141-145.
- [6] Bao, S. X., Wang, Z. H. and Liu, J.S. (1999). Analytical note X-Ray fluorescence analysis of trace elements in fruit Juice. **Spectrochimica Acta Part B**. 54, 1893-1897.
- [7] ละออ เจริญสุข. (2549). การเตรียมสารตัวอย่างมาตรฐานสำหรับข้าวขาวและข้าวกล้องเชิงปริมาณด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรสโกปี. ปรินูญานิพนธ์, วิทยาศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [8] สุนันทา ชูทอง. (2549). การเตรียมสารตัวอย่างมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์สำหรับยารวมเชิงปริมาณด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรสโกปี. ปรินูญานิพนธ์, วิทยาศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [9] ธวัณชัย เทพนวล และ เพชรพงศ์ สุทธิพงศ์. (2551). การหาปริมาณโพแทสเซียมและคลอรีนในข้าวด้วยเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน. การประชุมวิชาการประจำปี 2551, 4 – 5 ธันวาคม 2551, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- [10] เพชรพงศ์ สุทธิพงศ์. (2553). การวิเคราะห์ธาตุ K, Cl และ P เชิงปริมาณในข้าวจากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงด้วยเทคนิครังสีเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์แบบกระจายพลังงาน (EDXRF). วิทยานิพนธ์, วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยทักษิณ.