

PC02: การพัฒนาวิธีการสกัดแร่ซิลิเกตเพื่อใช้ตรวจสอบมันฝรั่งฉายรังสี ด้วยเทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์

วรรณภา ชีระสาร และ *วันวิสา สุดประเสริฐ

ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถ.พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900

โทรศัพท์ 0 2562 5444 ต่อ 1202 โทรสาร 0 2579 5530 E-Mail: fsciwasu@ku.ac.th

บทคัดย่อ

เทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ (TL) เป็นเทคนิคหนึ่งที่ถูกใช้ในการตรวจสอบอาหารฉายรังสี โดยในขั้นตอนของการตรวจสอบจำเป็นต้องสกัดแยกสารประกอบอินทรีย์ เช่น แร่ซิลิเกต ออกจากตัวอย่างอาหาร โดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่น ซึ่งปกตินิยมใช้สารละลายโซเดียมโพลีทังสเตท ความหนาแน่น 2.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีราคาสูงมาก งานวิจัยนี้จึงศึกษาพัฒนาวิธีการสกัดแร่ซิลิเกตออกจากตัวอย่างอาหารด้วยสารที่มีราคาถูกกว่าและหาซื้อได้ง่าย โดยทดลองสกัดแร่ซิลิเกตออกจากหัวมันฝรั่งฉายรังสีปริมาณ 0, 0.05, 0.15, 0.25, 0.5 และ 1 กิโลกรัม ด้วยสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต ที่มีความหนาแน่นประมาณ 2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการตรวจสอบประเภทของแร่ซิลิเกตที่สกัดได้ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) และวิเคราะห์คุณสมบัติ TL ด้วยเครื่องอ่านสัญญาณ TL เพื่อประเมินความถูกต้องในการตรวจพิสูจน์การฉายรังสีของตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า แร่ซิลิเกตที่สกัดได้จากมันฝรั่งมีควอตซ์เป็นแร่หลักประกอบหลัก และการวิเคราะห์คุณสมบัติ TL โดยพิจารณาจาก glow curve พบว่ามันฝรั่งฉายรังสีทุกตัวอย่างพบพีคสูงสุดที่อุณหภูมิ 208 – 280 องศาเซลเซียส ในขณะที่มันฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีพบพีคสูงสุดที่อุณหภูมิ 289 – 351 องศาเซลเซียส สรุปได้ว่าการตรวจสอบมันฝรั่งฉายรังสีด้วยเทคนิค TL สามารถสกัดแยกแร่ซิลิเกตออกจากตัวอย่างมันฝรั่งได้ด้วยการใช้สารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตแทนการใช้สารละลายโซเดียมโพลีทังสเตท ซึ่งช่วยลดต้นทุนในการตรวจสอบลงได้อย่างน้อย 20 เท่า

คำสำคัญ: เทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ มันฝรั่งฉายรังสี โพแทสเซียมคาร์บอเนต แร่ซิลิเกต

Development of Silicate Extraction Method for Detection of Irradiated Potatoes by Thermoluminescence

Wannapha Teerasarn and *Wanwisa Sudprasert

Department of Applied Radiation and Isotopes, Faculty of Science, Kasetsart University

50 Phahon Yothin Rd., LadYao, Chatuchak, Bangkok 10900

Phone: 0 2562 5444 ext. 1202, Fax: 0 2579 5530, E-mail fsciwasu@ku.ac.th

Abstract

Thermoluminescence (TL) is a promising technique used for detection of irradiated foods. In practice, silicate minerals are first isolated from foods by density gradient with sodium polytungstate of a density 2.0 g/cm^3 , which is very expensive. The study was carried out to develop a new low-cost reagent for silicate extraction. The silicate minerals were extracted from irradiated potatoes (at doses of 0, 0.05, 0.15, 0.25, 0.5 and 1 kGy) using potassium carbonate of a density 2 g/cm^3 . X-ray diffraction spectroscopy (XRD) was employed to investigate the types of silicate minerals present in the extracts. The TL measurement was performed to identify the irradiation status of the samples using a TL reader. The results showed that quartz was found as the major mineral of the samples. The TL analysis of glow curve showed that irradiated potatoes exhibited a maximum glow peak between $208\text{-}280^\circ\text{C}$, whereas non-irradiated potatoes exhibited a maximum glow peak between $289\text{-}351^\circ\text{C}$. The results clearly indicated that the silicate minerals can effectively be isolated from potatoes by using potassium carbonate instead of sodium polytungstate for the purpose of irradiation identification. In this sense, the cost of irradiation identification will be reduced at least 20 times comparing to using the conventional extraction reagent.

Keywords: Thermoluminescence, irradiated potatoes, potassium carbonate, silicate mineral

1. บทนำ

การฉายรังสีอาหาร เป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้อาหารปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์และพยาธิที่ก่อให้เกิดโรค รวมทั้งช่วยยับยั้งการงอกและชะลอการสุกของผลผลิตการเกษตร ทำให้ปัจจุบันมีประเทศที่ให้การยอมรับอาหารฉายรังสีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งประเทศเหล่านั้นส่วนใหญ่จะมีมาตรการควบคุมอาหารที่จำหน่ายภายในประเทศไม่ว่าจะผลิตเองหรือมีการนำเข้าจำหน่าย หากมีการฉายรังสีจะต้องติดฉลากเพื่อแจ้งให้ผู้บริโภคทราบและเป็นเครื่องตัดสินใจในการเลือกซื้อ แต่ก็ยังมีอาหารอีกมากที่ผ่านการฉายรังสี ทั้งชนิดที่พร้อมบริโภค เป็นวัตถุดิบในการบริโภค หรือเป็นส่วนผสมของอาหารชนิดอื่น ออกวางขายในท้องตลาดโดยไม่มีการติดฉลากว่าผ่านการฉายรังสีมาแล้ว ดังนั้น การตรวจสอบเพื่อยืนยันว่าอาหารนั้นได้ผ่านการฉายรังสีหรือไม่ จึงมีความสำคัญยิ่งต่ออุตสาหกรรมอาหารของประเทศ ซึ่งกระบวนการตรวจสอบอาหารฉายรังสีสามารถทำได้ โดยอาศัยเทคนิคทางกายภาพและชีวภาพ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร เทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ (TL) ตามมาตรฐาน EN 1788¹ เป็นเทคนิคทางกายภาพที่นิยมใช้ในการตรวจสอบอาหารที่มีแร่ประเภทซิลิเกตเป็นองค์ประกอบ เช่น เครื่องเทศ สมุนไพร ปลายี่เก็ด ถั่ว ผักผลไม้แห้ง เครื่องปรุงรสและผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง เป็นต้น โดยในขั้นตอนของการตรวจสอบจำเป็นต้องทำการสกัดแยกแร่ประเภทซิลิเกตออกจากตัวอย่างอาหาร โดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่น ซึ่งปกตินิยมสกัดด้วยสารละลายโซเดียมโพลีทังสเตท ความ

หนาแน่น 2.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แต่เนื่องจากสารละลายดังกล่าวมีราคาสูงมากและต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ งานวิจัยนี้จึงศึกษาพัฒนาวิธีการสกัดแยกแร่ซีลีเกตออกจากตัวอย่างมันฝรั่งด้วยสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต ความหนาแน่นประมาณ 2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีราคาถูกกว่าและหาซื้อได้ง่าย โดยนำแร่ที่สกัดได้มาตรวจสอบโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction) และวิเคราะห์สัญญาณ TL โดยเปรียบเทียบผลกับวิธีการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมโพลีทังสเตท เพื่อประเมินศักยภาพของการใช้สารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตแทนการใช้สารละลายโซเดียมโพลีทังสเตท ในการสกัดแยกแร่ซีลีเกตออกจากตัวอย่าง ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนของการตรวจสอบมันฝรั่งฉายรังสีด้วยเทคนิค TL

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การฉายรังสีตัวอย่าง

นำหัวมันฝรั่งไปฉายรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสี ^{137}Cs ของเครื่องฉายรังสีแกมมา Mark I (JL Shepherd) ให้ได้ปริมาณรังสีดูดกลืน 0, 0.05, 0.15, 0.25, 0.5 และ 1 กิโลเกรย์

2.2 การสกัดแยกแร่ซีลีเกตออกจากตัวอย่าง

การสกัดแยกแร่ซีลีเกตออกจากตัวอย่างมันฝรั่งในงานวิจัยนี้ได้ดัดแปลงวิธีการของ European Standard EN 1788¹ เพื่อให้เหมาะสมกับตัวอย่าง โดยนำหัวมันฝรั่งน้ำหนักประมาณ 300 กรัม มาเขย่ากับน้ำกลั่น 700 มิลลิลิตร ใน ultrasonic bath เพื่อแยกดินและแร่ออกจากผิวของมันฝรั่ง ก่อนนำตะกอนที่ได้ไปแยกแร่ซีลีเกตออกโดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่น โดยเติมสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) (Riedel-de Haen) ความหนาแน่น 2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปเขย่า ปั่นเหวี่ยง และล้างตะกอนด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 โมลาร์ สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์ น้ำกลั่น และอะซิโตน ตามลำดับ ก่อนนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำหนักแร่ซีลีเกตที่สกัดแยกได้ โดยเปรียบเทียบผลกับการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมโพลีทังสเตท ($\text{Na}_6\text{W}_{12}\text{O}_{39} \cdot \text{H}_2\text{O}$, Fluka)

2.3 ศึกษาองค์ประกอบของโครงสร้างผลึกที่สกัดได้ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)

นำผงแร่ซีลีเกตที่สกัดได้มาบรรจุลงบนเพลท แล้วนำเข้าเครื่อง XRD (A8 Advanced) เพื่อตรวจวัดความเข้มของรังสีเลี้ยวเบน ที่มุม 5 ถึง 70 องศา นำข้อมูลค่าความเข้มสัมพัทธ์ของรังสีเลี้ยวเบนที่มุมต่างๆ มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม EVA โดยเปรียบเทียบสเปกตรัมที่ได้กับรูปแบบของสเปกตรัมมาตรฐานที่อยู่ในฐานข้อมูลภายในเครื่อง เพื่อจำแนกชนิดของสารประกอบที่สกัดได้

2.4 วัดสัญญาณ TL เพื่อประเมินความถูกต้องของการตรวจสอบระหว่างตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีและไม่ได้ผ่านการฉายรังสี

นำผงแร่ซิลิกาที่สกัดได้มาครึ่งบนแผ่นอะลูมิเนียม (Al disc) เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ด้วย 2% carboxymethyl cellulose (Fluka) นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการวัดสัญญาณ TL ด้วยเครื่องอ่านสัญญาณ TL (Harshaw 4500) โดยตั้งค่า TTP (Time Temperature Profile Setup)² ดังนี้

อุณหภูมิเริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส

อัตราการให้ความร้อน 6 องศาเซลเซียสต่อวินาที

อุณหภูมิสูงสุด 350 องศาเซลเซียส

เวลาในการวัด 70 วินาที

เมื่อทำการวัดสัญญาณ TL ครั้งที่ 1 จะได้ glow curve 1 (G1) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของสัญญาณ TL กับเวลาหรืออุณหภูมิ จากนั้น นำแผ่นอะลูมิเนียมเดิมไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1 กิโลเกรย์ ก่อนนำมาวัดสัญญาณ TL ครั้งที่ 2 จะได้ glow curve 2 (G2) เปรียบเทียบอัตราส่วนของสัญญาณ TL (G1/G2 หรือ TL ratio) รวมทั้งรูปร่างและตำแหน่งของ glow curve 1 ที่ได้จากตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีปริมาณต่างๆ เทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ฉายรังสี และเปรียบเทียบผลการตรวจสอบระหว่างวิธีการสกัดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตกับสารละลายโซเดียมโพลิทังสเตท

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ศึกษาประสิทธิภาพการสกัดแร่ซิลิกาของสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต

เมื่อทำการสกัดแร่ซิลิกาออกจากตัวอย่างห้วยมันฝรั่ง โดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นในการสกัดแยก โดยใช้สารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต ความหนาแน่น 2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดโดยดูที่น้ำหนักแร่เฉลี่ยที่สกัดได้ต่อน้ำหนักมันฝรั่ง 300 กรัม (ตารางที่ 1) พบว่า สารละลายโซเดียมโพลิทังสเตท สามารถสกัดแยกแร่ซิลิกาได้ประมาณ 4.4 มิลลิกรัม ในขณะที่สารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตสามารถสกัดแยกแร่ซิลิกาได้ประมาณ 5.1 มิลลิกรัม ซึ่งเพียงพอต่อการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TL ดังนั้นสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต จึงมีความสามารถในการสกัดแร่ซิลิกาออกจากตัวอย่างมันฝรั่งเทียบเท่ากับสารละลายโซเดียมโพลิทังสเตท ทั้งนี้ตามวิธีมาตรฐาน EN-1788 ได้กำหนดให้น้ำหนักสารประกอบอนินทรีย์ที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TL ควรอยู่ในช่วงระหว่าง 0.1 ถึง 5 มิลลิกรัม โดย

น้ำหนักของตัวอย่างเริ่มต้นจะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของตัวอย่าง เช่น การทดลองของ D' Oca *et al.*³ ซึ่งใช้ตัวอย่างผง oregano เริ่มต้นเพียง 15 กรัม สามารถสกัดแยกสารประกอบอินทรีย์ได้น้ำหนักประมาณ 1 ถึง 2 มิลลิกรัม ส่วน Engin⁴ ต้องใช้ตัวอย่างพริกไทยดำสูงถึง 400 กรัมจึงจะเพียงพอต่อการสกัดแยกสารประกอบอินทรีย์สำหรับการวิเคราะห์สัญญาณ TL

ตารางที่ 1 น้ำหนักแร่ซิลิเกตเฉลี่ยที่สกัดได้จากห้วมันฝรั่ง

น้ำหนักห้วมันฝรั่ง (กรัม)	สารสกัดที่ใช้	น้ำหนักแร่เฉลี่ยที่สกัดได้ (มิลลิกรัม)
300	$\text{Na}_6\text{W}_{12}\text{O}_{39}\cdot\text{H}_2\text{O}$ (n=2)	4.4
	K_2CO_3 (n=18)	5.1

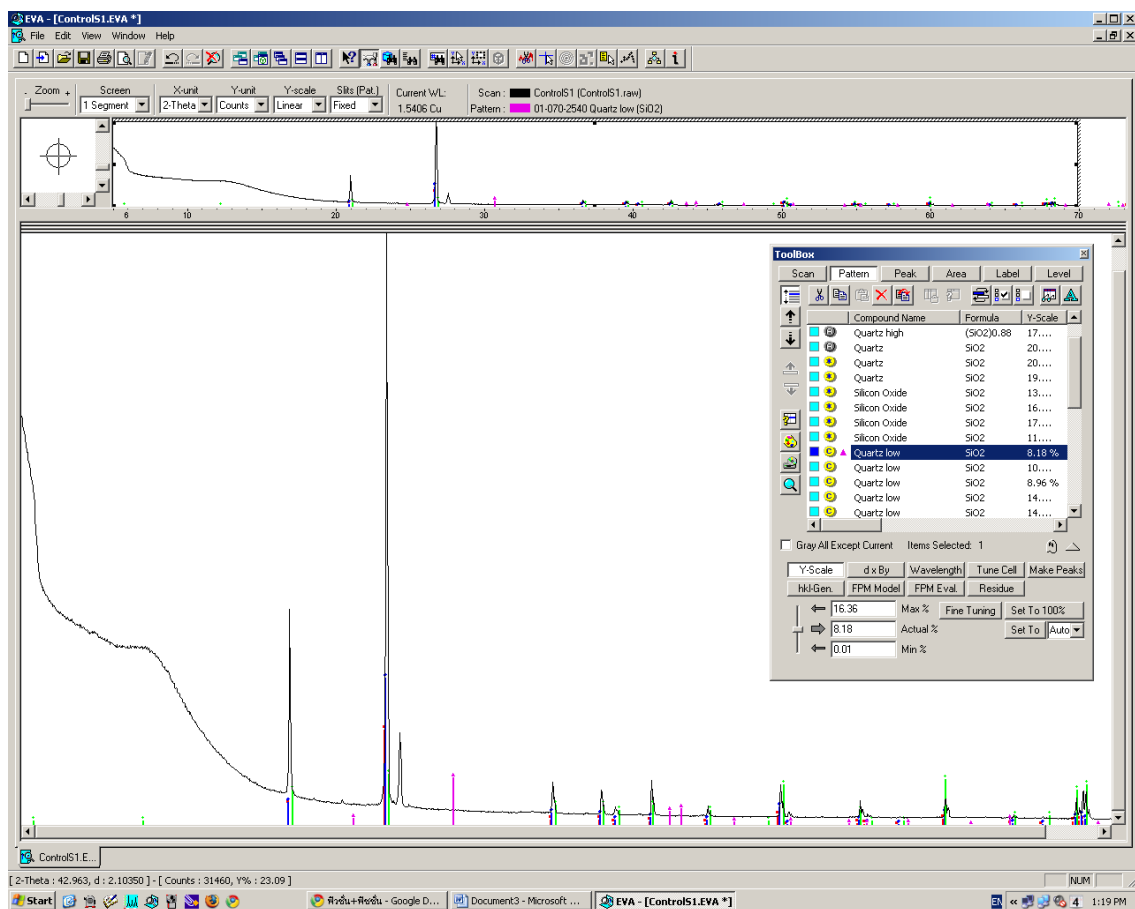
3.2 ศึกษาองค์ประกอบของโครงสร้างผลึกที่สกัดได้ด้วยเทคนิค XRD

จากการศึกษาองค์ประกอบของโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค XRD เพื่อตรวจสอบชนิดของแร่ซิลิเกตที่สกัดได้จากห้วมันฝรั่งโดยใช้สารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต เปรียบเทียบกับการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมโพลีทังสเตท พบว่าองค์ประกอบของผลึกที่สกัดได้จากมันฝรั่งโดยใช้สารละลายทั้ง 2 ชนิดประกอบไปด้วยควอตซ์ (SiO_2) เป็นองค์ประกอบหลัก ดังรูปที่ 1 และ 2 ซึ่งผลที่ได้ต่างจากงานวิจัยของ Khan และ Bhatti⁵ ที่ศึกษาองค์ประกอบของผลึกที่แยกได้จากมันฝรั่งโดยใช้เทคนิค XRD พบว่า องค์ประกอบส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยโพแทสเซียมเฟลสปาร์ (KAlSi_3O_8) และควอตซ์ (SiO_2) สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะชนิดของแร่ประกอบในมันฝรั่ง เปลี่ยนแปลงตามแหล่งที่ปลูกมันฝรั่งในแต่ละพื้นที่

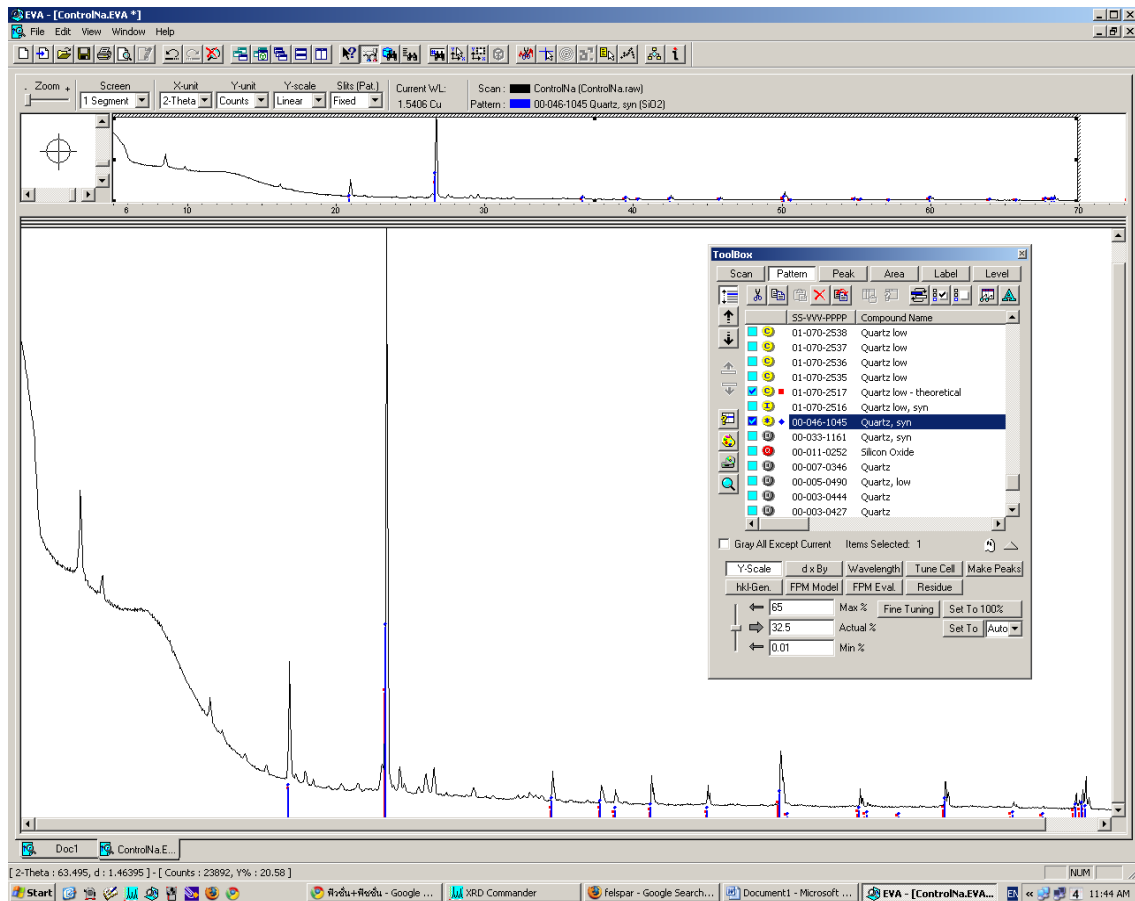
3.3 การประเมินความถูกต้องของการตรวจสอบด้วยเทคนิค TL

ตาม European Standard EN 1788 การประเมินว่าอาหารใดเป็นอาหารฉายรังสีจะพิจารณาจากอัตราส่วนของสัญญาณ TL ระหว่าง glow 1 และ glow 2 หรือ TL ratio หากตัวอย่างใดมีค่า TL ratio มากกว่า 0.5 แสดงว่าตัวอย่งนั้นได้ผ่านการฉายรังสี ส่วนตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีจะมีค่า TL ratio ต่ำกว่า 0.1 และสำหรับตัวอย่างที่ตรวจพบว่า TL ratio อยู่ระหว่าง 0.1-0.5 จะต้องทำการตรวจสอบซ้ำเพื่อยืนยันผลนั้น จากผลการทดลอง พบว่าเมื่อสกัดด้วยสารละลายโซเดียมโพลีทังสเตท ตัวอย่างที่ไม่ได้ฉายรังสีให้ค่า TL ratio เท่ากับ 2.5×10^{-7} ซึ่งน้อยกว่า 0.1 ซึ่งสามารถระบุได้ถูกต้องว่าเป็นตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสี ส่วนตัวอย่างที่ฉายรังสีปริมาณ 1 กิโลเกรย์ ให้ค่า TL ratio เท่ากับ 0.35 ซึ่งน้อยกว่า 0.5 จึงไม่สามารถระบุได้แน่ชัด (ตารางที่ 2) ส่วนการสกัดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตของมันฝรั่งที่ไม่ฉายรังสีและมันฝรั่งฉายรังสีที่ปริมาณ 1 กิโลเกรย์ (ตารางที่ 3) พบว่าให้ค่า TL ratio เท่ากับ 2.93×10^{-5} และ 0.80 ตามลำดับ ซึ่งสามารถระบุได้ถูกต้องว่าเป็นมัน

ผงที่ได้ผ่านการฉายรังสีและมันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีตามลำดับ ในขณะที่มันฝรั่งที่ฉายรังสีปริมาณ 0.05 – 0.5 กิโลเกรย์ ให้ค่า TL ratio ระหว่าง 0.06 – 0.36 อยู่ในช่วงที่ระบุไม่ได้ อาจเป็นผลเนื่องจากปริมาณรังสีที่ฉายให้กับตัวอย่างมันฝรั่งมีปริมาณต่ำ จึงไม่สามารถที่จะพิจารณาได้จากค่า TL ratio เพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องพิจารณาตำแหน่งของ glow peak 1 ซึ่งพบว่ามันฝรั่งฉายรังสีทุกตัวอย่างพบพีกสูงสุดที่อุณหภูมิ 208 – 280 องศาเซลเซียส ในขณะที่มันฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีพบพีกสูงสุดที่อุณหภูมิ 289 – 351 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 3 ถึงรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าตำแหน่ง glow peak ของตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่าตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chung *et al.*⁶ ที่ได้ศึกษาสัญญาณ TL ของสารประกอบอินทรีย์ที่แยกได้จาก chestnut (*Castanea bungena*) พบว่า glow peak ของตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีอยู่ที่ประมาณ 277 องศาเซลเซียส ส่วนตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีมี glow peak อยู่ในช่วงอุณหภูมิต่ำลงคือ 150 ถึง 250 องศาเซลเซียส และงานวิจัยของถนอมเกียรติและคณะ² ที่ได้ตรวจสอบสารประกอบอินทรีย์จากเครื่องปรุงรสฉายรังสี พบว่าตัวอย่างเครื่องปรุงรสที่ไม่ได้ฉายรังสีให้ glow curve อยู่ในช่วง 250 ถึง 300 องศาเซลเซียส ในขณะที่เครื่องปรุงรสฉายรังสีให้ glow curve อยู่ในช่วง 110 ถึง 250 องศาเซลเซียส



รูปที่ 1 XRD spectrum ของผลึกที่สกัดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต



รูปที่ 2 XRD spectrum ของผลึกที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมโพลีทังสเตท

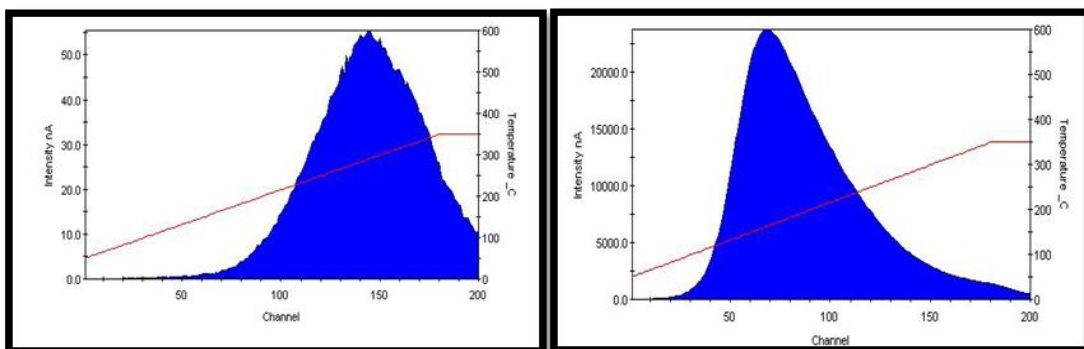
ตารางที่ 2 ค่า TL ratio ของตัวอย่างมันฝรั่งฉายรังสีเมื่อทำการสกัดแร่ซิลิเกตด้วยสารละลายโซเดียมโพลีทังสเตท

ปริมาณรังสี (kGy)	ความเข้มของสัญญาณ (C)		TL ratio (Glow1/Glow2)
	Glow1	Glow2	
0	247.1×10^{-9}	98.76	2.5×10^{-7}
1	12.01	33.86	0.35

ตารางที่ 3 ค่า TL ratio ของตัวอย่างมันฝรั่งฉายรังสีเมื่อทำการสแกนด์เรซีลิเทคด้วยสารละลาย
โพแทสเซียมคาร์บอเนต

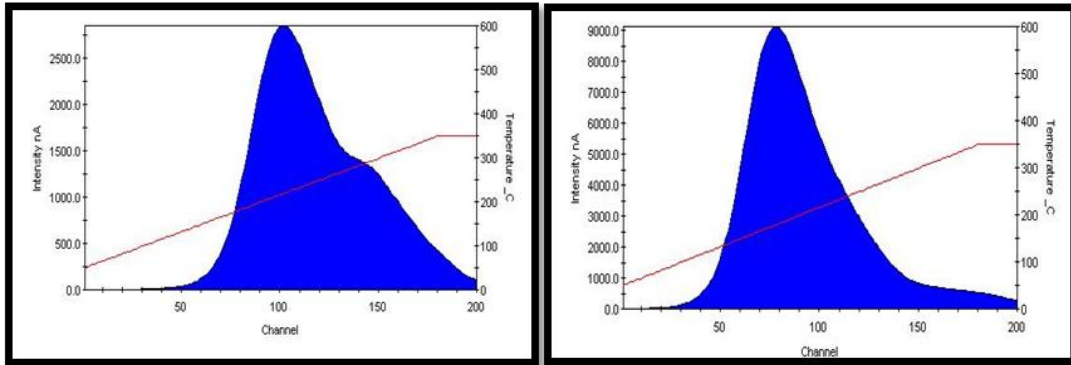
ปริมาณรังสี (kGy)	ความเข้มของสัญญาณ (C) (Mean $\pm$ s.d., n = 3)		TL ratio (Glow1/Glow2)
	Glow1	Glow2	
0	158.337 $\pm$ 52.531 nC	106.200 $\pm$ 2.647	$2.93 \times 10^{-5} \pm 3.23 \times 10^{-5}$
0.05	6.326 $\pm$ 1.264	116.120 $\pm$ 31.674	0.06 $\pm$ 0.03
0.15	5.866 $\pm$ 0.903	89.350 $\pm$ 27.146	0.07 $\pm$ 0.02
0.25	9.493 $\pm$ 4.497	60.999 $\pm$ 36.691	0.21 $\pm$ 0.10
0.5	20.770 $\pm$ 5.632	64.893 $\pm$ 27.271	0.36 $\pm$ 0.08
1	11.050 $\pm$ 4.397	18.582 $\pm$ 13.970	0.80 $\pm$ 0.27

0 kGy



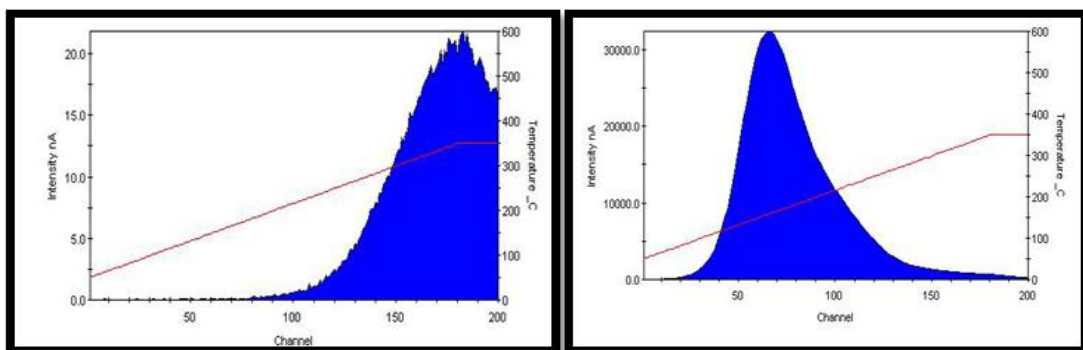
รูปที่ 3 ลักษณะ glow 1 (ซ้าย) และ glow 2 (ขวา) ของตัวอย่างมันฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสี
เมื่อสแกนด์ด้วยสารละลายโซเดียมโพแทสเซียม

1 kGy



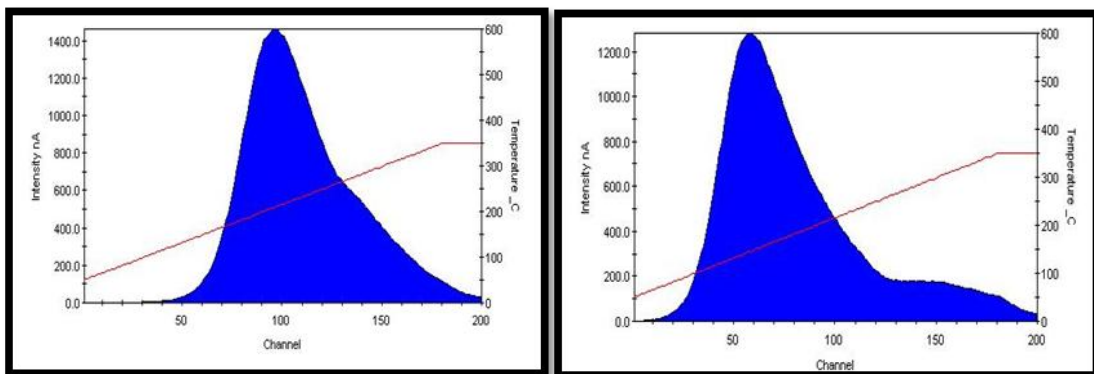
รูปที่ 4 ลักษณะ glow 1 (ซ้าย) และ glow 2 (ขวา) ของตัวอย่างมันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีปริมาณ 1 kGy เมื่อสกัดด้วยสารละลายโซเดียมโพลิแทสเซต

0 kGy



รูปที่ 5 ลักษณะ glow 1 (ซ้าย) และ glow 2 (ขวา) ของตัวอย่างมันฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสี เมื่อสกัดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต

1 kGy



รูปที่ 6 ลักษณะ glow 1 (ซ้าย) และ glow 2 (ขวา) ของตัวอย่างมันฝรั่งที่ผ่านการฉายรังสีปริมาณ 1 kGy เมื่อสกัดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต

4. สรุป

การสกัดแยกแร่ซิลิเกตออกจากตัวอย่างมันฝรั่งด้วยสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต โดยใช้น้ำหนักของมันฝรั่งเริ่มต้น 300 กรัม สามารถสกัดแยกแร่ซิลิเกตได้เฉลี่ย 5.1 มิลลิกรัม ในขณะที่สารละลายสารละลายโซเดียมโพลีทังสเตท สามารถสกัดแยกแร่ซิลิเกตได้เฉลี่ย 4.4 มิลลิกรัม จากการตรวจสอบด้วยเทคนิค XRD พบว่า แร่ซิลิเกตที่สกัดได้ด้วยสารละลายทั้ง 2 ชนิดประกอบด้วยควอตซ์ (SiO_2) เป็นแร่องค์ประกอบหลัก ดังนั้นสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตจึงมีประสิทธิภาพในการสกัดแร่ซิลิเกตออกจากมันฝรั่งเทียบเท่ากับสารละลายโซเดียมโพลีทังสเตท ซึ่งเมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติ TL โดยพิจารณาจาก glow curve พบว่ามันฝรั่งฉายรังสีทุกตัวอย่างพบพีคสูงสุดที่อุณหภูมิ 208 – 280 องศาเซลเซียส ในขณะที่มันฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีพบพีคสูงสุดที่อุณหภูมิ 289 – 351 องศาเซลเซียส สรุปได้ว่าการตรวจสอบมันฝรั่งฉายรังสีด้วยเทคนิค TL สามารถสกัดแยกแร่ซิลิเกตออกจากตัวอย่างมันฝรั่งได้ด้วยการใช้สารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตแทนการใช้สารละลายโซเดียมโพลีทังสเตท ซึ่งช่วยลดต้นทุนในการตรวจสอบลงได้น้อย 20 เท่า

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขอขอบคุณศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องฉายรังสีแกมมามาร์ควิน

6. เอกสารอ้างอิง

1. European Standard EN 1788, 2001. Foodstuffs — Thermoluminescence detection of irradiated food from which silicate minerals can be isolated. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
2. ถนอมเกียรติ จันทร์จิรจิตร, พรณี พักคง, สมจิตต์ ปาละภาส, วารุณี วารัญญานนท์, วันวิสา สุดประเสริฐ, 2551. การตรวจสอบเครื่องปรุงรสนายรังสีด้วยเทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์. การ

ประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46, 29 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ 2551,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. D' Oca, M.C., Bartolotta, A., Cammilleri, M.C., Brai, M., Marrale, M., Triolo, A., Parlato, A., 2007. Qualitative and qualitative thermoluminescence analysis on irradiated oregano. Food Control. 18, 996-1001.
4. Engin, B., 2005. Thermoluminescence parameters and kinetics of irradiated inorganic dust collected from black peppers. Food Control. 18, 243-250.
5. Khan, H.M., Bhatti, I.A., 2007. Identification of radiation treatment of wheat (*Triticum Aestivum. L*) and rice (*Oryza sativa L*) samples using thermoluminescence of contaminating minerals. Nuclear Science and Technique. 18, 26-29.
6. Chung, H.W., Delincée, H., Han, S.B., Hong, J.H., Kim, H.Y., Kim, M.C., Byun M.W., Kwon., J.H., 2004. Trials to identify irradiated chestnuts (*Castanea bungena*) with different analytical techniques. Radiat. Phys. Chem. 71, 179-182.