

การประยุกต์ใช้เทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ ในการตรวจพิสูจน์เครื่องเทศที่ผ่านการฉายรังสี

วราภรณ์ สุดใจ อรรถพร ภัทรสุมันต์ ทิพวรรณ นิ่งน้อย

ภาควิชานิเวศวิทยาเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทรศัพท์ 0-2218-6781

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้เทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ในการตรวจพิสูจน์เครื่องเทศที่ผ่านการฉายรังสี โดยศึกษาเครื่องเทศชนิดพริกไทยดำและพริกแห้งที่ผ่านการฉายรังสีประมาณ 5 กิโลเกรย์ เปรียบเทียบกับเครื่องเทศควบคุมที่ไม่ผ่านการฉายรังสี ซึ่งเครื่องเทศเหล่านี้จะปะปนด้วยผลึกของสารอนินทรีย์จำพวกเศษหิน เศษฝุ่น และทราย ที่เรียกรวมกันว่าสารซิลิเกต เมื่อได้รับการฉายรังสีจะมีคุณสมบัติการเป็นเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ ปริมาณของซิลิเกตบริสุทธิ์ที่เหมาะสมควรมีค่าประมาณ 4 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง สกัดด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมโพลิตังเสตท เมื่ออ่านค่าสัญญาณ TL จากตัวอย่างครั้งแรกแล้วต้องนำไปฉายรังสีซ้ำด้วยปริมาณ 1 กิโลเกรย์ แล้วใช้วิธีวิเคราะห์จากค่าอัตราส่วนของสัญญาณ TL ที่ได้จากการอ่านครั้งแรกต่อครั้งที่สอง พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีจะมีค่าอัตราส่วนของสัญญาณมากกว่า 0.5 และตัวอย่างควบคุมจะมีค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่ำกว่า 0.1 และสำหรับตัวอย่างที่มีค่าอัตราส่วนของสัญญาณอยู่ระหว่าง 0.1 - 0.5 ต้องมีการตรวจซ้ำเพื่อยืนยันผล จากการศึกษาพบว่าตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีและตัวอย่างควบคุม มีค่าอัตราส่วนของสัญญาณ TL อยู่ระหว่าง 1.08 – 1.93 และ 1.31 – 2.63 ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ฉายรังสีทั้งสองชนิดมีค่าอัตราส่วนของสัญญาณ TL อยู่ระหว่าง 0.002 - 0.046 งานวิจัยนี้สามารถจำแนกตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีและตัวอย่างควบคุมได้ถูกต้อง

คำสำคัญ : เทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ สารซิลิเกต

Application of Thermoluminescence Technique for Detection of Irradiated Spices

Waraporn Sudchai* Attaporn Pattarasumunt Tippawan Ningnoi

Department of Nuclear Technology, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Tel. 0-22186781

Abstract

Application of thermoluminescence technique for detection of irradiated spices. The spices were irradiated with gamma ray at about 5 kGy compared to the control (unirradiated spices). Normally, the spices in bulk quantity are contaminated by inorganic minerals called silicate mineral, which has shown possess thermoluminescence property after irradiation. The pure silicate was isolated by chemical method using sodium polytungstate. The optimum weight was found to be approximately 4 milligram per sample. After the first TL signal reading, sample was re-irradiated with gamma ray to approximately 1 kGy. The characterization of irradiated and unirradiated spices were analyzed and ratios of first and second TL signal readings were determined. From the investigation, the ratios of irradiated samples were found to be greater than 0.5 whereas those of unirradiated samples were less than 0.1. The samples needed to be re-analyzed for confirmation if the ratio fell between 0.1 - 0.5. From this studies, the ratios of irradiated dried paprika and black pepper were found to be 1.08 - 1.93 and 1.31-2.63 respectively. For those unirradiated samples, the ratios varied between 0.002 - 0.04. The results reveal that the proposed method can be applied as a mean to identify the irradiated / unirradiated spices under studies.

Keywords : thermoluminescence, silicate mineral

บทนำ

นักวิจัยได้เริ่มพัฒนา การนำรังสีมาใช้ประโยชน์ในการคงสภาพ คุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494 ขณะที่นำมาใช้ประโยชน์ก็ต้องศึกษาถึงผลกระทบต่ออันซับซ้อนของรังสีที่มีผลต่ออาหาร ทั้งทางด้านกายภาพและชีวภาพ เนื่องจากยังเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ผู้บริโภคยังขาดความเข้าใจและสงสัยถึงความปลอดภัยของอาหารฉายรังสี ทำให้ FAO/IAEA/WHO ได้ทำการทดลองและสรุปผลการทดสอบความปลอดภัยของอาหารฉายรังสี ในปี พ.ศ. 2524 ^[2] ว่า “อาหารใด ๆ ก็ตามที่ผ่านมาการฉายรังสีในปริมาณเฉลี่ยไม่เกิน 10 กิโลเกรย์ ไม่ก่อให้เกิดโทษอันตราย ไม่ก่อให้เกิดปัญหาพิเศษทางโภชนาการและจุลชีววิทยา และไม่จำเป็นต้องทดสอบความปลอดภัยอีกต่อไป” เนื่องจากพลังงานระดับดังกล่าวจะไม่เหนี่ยวนำให้เกิดอันตรายในอาหารที่ฉายรังสี

การฉายรังสีอาหาร^[1] ต้องปฏิบัติตามหลักมาตรฐานอาหารฉายรังสี ต้องมีการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบก่อนการฉายรังสี ให้มีจุลินทรีย์ในปริมาณที่เหมาะสม มีมาตรการการเก็บรักษาบรรจุภัณฑ์หลังจากฉายรังสี ต้องมีการติดฉลากอาหารแสดงเครื่องหมายกำกับระบุว่า เป็นอาหารที่ได้ผ่านการ



The raduron sign for food labelling

ฉายรังสี จะต้องไม่นำมาฉายรังสีซ้ำอีก ดังนั้นการตรวจสอบอาหารฉายรังสีด้วยเทคนิคต่าง ๆ จึงได้ถูกนำมาใช้และวิจัยขึ้นในห้อง ปฏิบัติการต่าง ๆ ของประเทศที่พัฒนาแล้ว เพื่อให้แน่ใจในว่าอาหารฉายรังสีได้ติดฉลากแสดงเครื่องหมายอย่างถูกต้องหรืออาหารฉายรังสีใดหลีกเลี่ยงการติดฉลาก

รูปที่ 1 ฉลากเครื่องหมายอาหารฉายรังสีหรือเรดูรอน

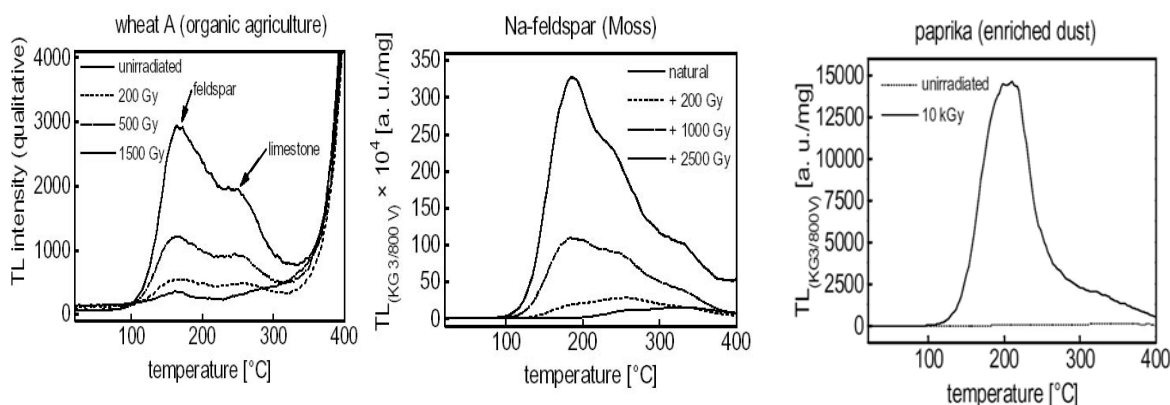
ตารางที่ 1 วิธีการตรวจพิสูจน์อาหารฉายรังสีของ European Committee for Standardisation ^[3]

วิธีการตรวจพิสูจน์	ชนิดของอาหารที่นำมาตรวจพิสูจน์	มาตรฐานที่ใช้
Photostimulated luminescence (PSL)	อาหารที่ปนเปื้อนด้วยสารประกอบซิลิเกต เช่น เครื่องเทศ สมุนไพร อาหารทะเลแช่แข็ง ผัก ผลไม้ และธัญพืช	EN 13751
Thermoluminescence (TL)	อาหารที่สามารถสกัดผลิตภัณฑ์ปนเปื้อนสารประกอบซิลิเกต เช่น เครื่องเทศ สมุนไพร อาหารทะเลแช่แข็ง ผัก ผลไม้ และธัญพืช	EN 1788
Electron spin resonance (ESR)	อาหารที่ประกอบไปด้วยกระดูก เช่น เนื้อสัตว์ หรือ sugar radicals หรือจำพวก cellulose radicals เช่นใน เครื่องเทศ สมุนไพร ถั่วเปลือกแข็ง ผลไม้สดและแห้ง	prEN 13708
DNA comet assay	ใช้ได้กับอาหารที่มีส่วนประกอบของ DNA เช่น เมล็ดถั่ว	EN 13784

Hydrocarbons and alkylcyclobutanones by GC	อาหารที่มีส่วนประกอบของไขมัน	EN 1785 EN 1784
--	------------------------------	--------------------

เทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ (Thermoluminescence, TL) คือการที่ผลึกสารประกอบในธรรมชาติ เช่น สารประกอบซิลิเกต และคาร์บอเนต หรือผลึกที่มีการสังเคราะห์เลียนแบบธรรมชาติแล้วใส่สารเจือปนที่เรียกว่าการโด๊ป (Dope) จะมีสถานะกึ่งเสถียร (Metastable state) ซึ่งเป็นระดับพลังงานที่เกิดอยู่ระหว่างระดับพลังงานแถบวาเลนซ์ (Valance band) และแถบคอนดักชัน (Conduction band) ของโครงสร้างผลึก ระดับพลังงานกึ่งเสถียรนี้อาจเรียกว่า กักตัก (Trap) โดยที่ระดับพลังงานและจำนวนของกักตักขึ้นกับชนิดและความไม่สมบูรณ์ (defect) ของโครงสร้างผลึก เมื่อผลึกเหล่านี้ได้รับรังสีจะทำให้เกิดคู่ของ อิเล็กตรอน-โฮล (Electron-hole pair) อิเล็กตรอนและโฮลจะเคลื่อนที่ไปจนถูกกักอยู่ในกักตัก เวลาของการถูกกักขึ้นอยู่กับระดับพลังงานของกักตักอาจกินระยะเวลาสั้น ๆ เป็นนาที่ หรืออาจใช้เวลาเป็นสัปดาห์หรือเป็นร้อยปีที่อิเล็กตรอนจำนวนครึ่งหนึ่งจะหลุดจากกักตักได้ เวลาเหล่านี้เรียกว่าครึ่งชีวิต (Half life) เช่นกัน แต่หากผลึกที่ถูกฉายรังสีแล้วได้รับพลังงานจากภายนอก เช่น พลังงานความร้อน อิเล็กตรอนและโฮลจะหลุดจากกักตักเข้ามารวมกันใหม่พร้อมกับคายพลังงานที่ได้รับตั้งแต่ต้นออกมาในรูปของแสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในช่วงของแสงสีแดงและสีน้ำเงิน

เครื่องอ่านทีแอลดี (TLD reader) คืออุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดปริมาณของแสงสว่างที่ผลึกสารประกอบปล่อยออกมาเมื่อได้รับความร้อน โดยทำการแปลงสัญญาณ TL หรือเรียกว่า TL intensity ให้อยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นคูลอมบ์ หรือในเครื่องอ่านบางรุ่นใช้หน่วยเป็น a.u.หรือค่า counts โดยจะแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง TL signal กับอุณหภูมิหรือเวลาที่ให้ความร้อนที่เรียกว่า glow curve รูปร่างของ Glow Curve ในตัวอย่างแต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะตัว แตกต่างกันตามชนิดของผลึกสาร สัญญาณ Glow Curve ที่สมบูรณ์ต้องสามารถบอกค่าปริมาณรังสีที่ผลึกได้รับได้อย่างถูกต้อง ซึ่งขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ที่เครื่องอ่าน TL ต้องมีคือ ระบบการกำหนดอุณหภูมิ และเวลาที่ให้ความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 2.



รูปที่ 2 รูปร่างของ Glow Curve ของผลึกแต่ละชนิดที่มีลักษณะเฉพาะตัวในตัวอย่างของข้าวสาลี มอส และ พริกตามลำดับ

เทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์นิยมใช้ตรวจพิสูจน์กับเครื่องเทศ สมุนไพร ผลไม้สดและแห้ง ผัก ธัญพืชและข้าวสาลี อาหารแช่แข็งเช่น กุ้งและปลาหมึกเป็นต้น อันเนื่องมาจากอาหารเหล่านั้นมีการปะปนด้วยผลึกของสารอนินทรีย์จำพวกเศษหิน เศษฝุ่น และทราย ซึ่งประกอบไปด้วยผลึกของสารประกอบควอตซ์และเฟลสปาที่เรียกรวมกันว่าสารซิลิเกต ซึ่งจะต้องทำการสกัดให้ได้สารซิลิเกตบริสุทธิ์โดยไม่ถูกปนเปื้อนจากสารอนินทรีย์และอนินทรีย์ชนิดอื่นๆ ซึ่งจะมาบดบังสัญญาณเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ทำให้แปรผลสัญญาณผิดพลาด สำหรับการสกัดนิยมใช้วิธีทางเคมีโดยมีสารละลายสำคัญสำหรับการสกัดคือสารละลายโซเดียมโพลิตังสเตท และทำการศึกษาหาปริมาณสารประกอบซิลิเกตที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการตรวจพิสูจน์ตัวอย่างด้วยเทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์

วิธีการ

เตรียมตัวอย่างโดยการสุ่มซื้อจากร้านที่ขายทั่วไปตามท้องตลาด ได้แก่

- พริกแห้งจำนวน 5 ตัวอย่าง จากจังหวัดตรัง อุบลราชธานี ราชบุรี กรุงเทพมหานคร และ ประเทศมาเลเซีย

- พริกไทยดำจำนวน 5 ตัวอย่าง จากจังหวัดจันทบุรี สระบุรี กรุงเทพมหานคร ตรัง และบริษัทไร่ทิพย์

ต้องมั่นใจว่าเป็นตัวอย่างเครื่องเทศที่ไม่ผ่านการฉายรังสีมาก่อน โดยทำการแบ่งตัวอย่างแต่ละชนิดออกเป็น 2 กลุ่มคือ ตัวอย่างควบคุมไม่ผ่านการฉายรังสี และตัวอย่างสำหรับนำไปฉายรังสีแกมมาที่ 5 kGy โดยขั้นตอนการทดลองใช้มาตรฐาน European Standard EN 1788 (2001)^[4] เตรียมตัวอย่างโดยการนำตัวอย่างทั้งหมดไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด pore sizes 125 μm และ 250 μm แล้วนำตัวอย่างที่ได้ไปสกัดด้วยสารละลาย Sodium Polytungstate $\text{Na}_6[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ความเข้มข้น 2.0 $\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ล้างด้วยน้ำ ทำซ้ำจนได้ตะกอนบริสุทธิ์ของสารประกอบซิลิเกต

1. วิเคราะห์หาปริมาณที่เหมาะสมของซิลิเกตบริสุทธิ์ในการทดลอง โดยการเลือกตัวอย่างพริกแห้ง และพริกไทยดำฉายรังสีแกมมาที่ 5 kGy อย่างละ 1 ชนิด แล้วบรรจุสารประกอบซิลิเกตที่สกัดได้ลงบน stainless steel disc แล้วนำไปชั่งน้ำหนักที่ปริมาณต่างๆ กัน คือ 1mg, 2 mg, 3 mg, 4mg, 5 mg และ 6 mg โดยแต่ละตำแหน่งน้ำหนักจะใช้ stainless steel disc จำนวน 3 แผ่น และนำไปอ่านค่าสัญญาณ TL

2. ตรวจพิสูจน์การฉายรังสีในพริกแห้ง และพริกไทยดำ โดยการนำตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างฉายรังสีแกมมาปริมาณ 5 kGy ทั้งหมดไปสกัดให้ได้สารประกอบซิลิเกตบริสุทธิ์ บรรจุสารประกอบซิลิเกตลงบน stainless steel disc ในปริมาณที่เหมาะสมจากการทดลองข้อที่ 1 โดยตัวอย่าง

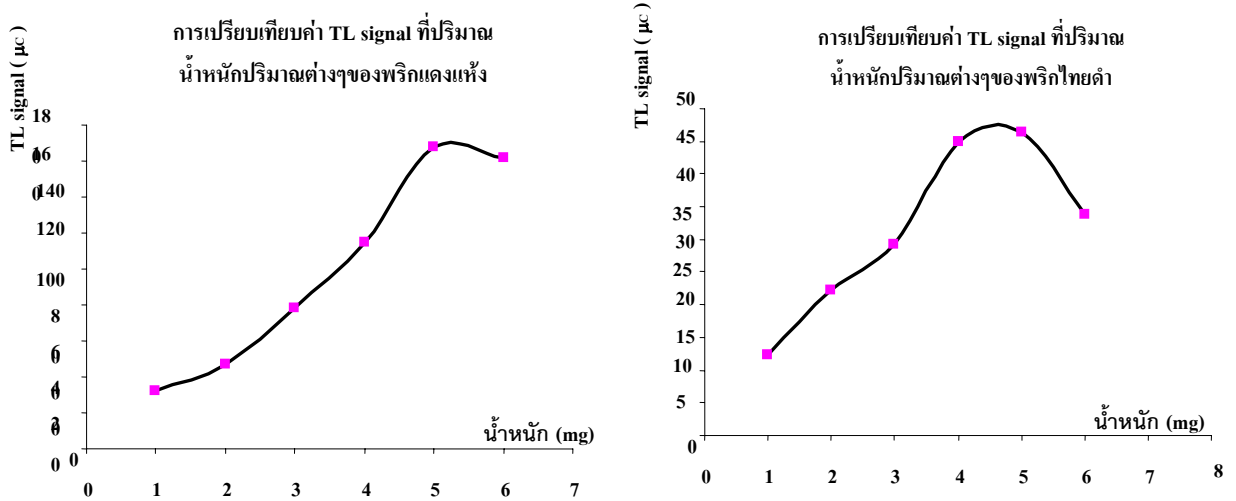
แต่ละชนิดจะใช้ stainless steel disc จำนวน 3 แผ่น มาวัดสัญญาณ TL₁ ครั้งที่ 1 หรือ Glow 1 แล้วนำตัวอย่างเดิมนั้นไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1kGy โดยป้องกันไม่ให้เกิดการสูญหายของตัวอย่าง และตัวอย่างนั้นต้องไม่โดนแสงตลอดการทดลอง เพื่อนำไปวัดสัญญาณ TL ในครั้งที่ 2 เรียกว่า TL₂ หรือ Glow 2 นำค่าสัญญาณที่วัดได้ทั้ง 2 ครั้ง ในตัวอย่างเดิมไปหา ratio คือ TL₁/TL₂ เพื่อเป็นการ Normalize สัญญาณ^[4]



รูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์เครื่องตรวจวัด TL และจอแสดงผลสัญญาณ Glow Curve

ผลการทดลองและวิจารณ์

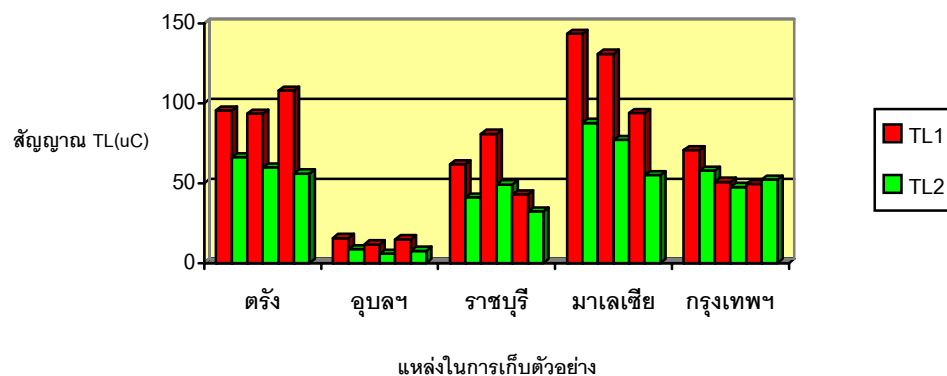
1. การทดลองหาปริมาณที่เหมาะสมของซิลิเกตบริสุทธิ์ในการทดลอง พบว่าปริมาณสารประกอบซิลิเกตที่เหมาะสมในการใช้เป็นตัวอย่างคือที่น้ำหนัก 4 mg เนื่องจากเป็นปริมาณน้ำหนักที่มีค่าสัญญาณ TL เค้นชัดที่สุดเมื่อฉายในปริมาณรังสีที่เท่ากัน เห็นได้ว่าน้ำหนักตัวอย่างในปริมาณต่ำ ๆ คือ 1-3 mg ค่าสัญญาณ TL ที่วัดได้ในแต่ละ disc มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก แต่เมื่อน้ำหนักตัวอย่างที่มากขึ้น คือตั้งแต่ 4 mg ขึ้นไป ค่าสัญญาณ TL ที่ได้ในแต่ละ disc มีความแตกต่างกันน้อย เนื่องจากสัญญาณ TL เริ่ม saturate แล้ว



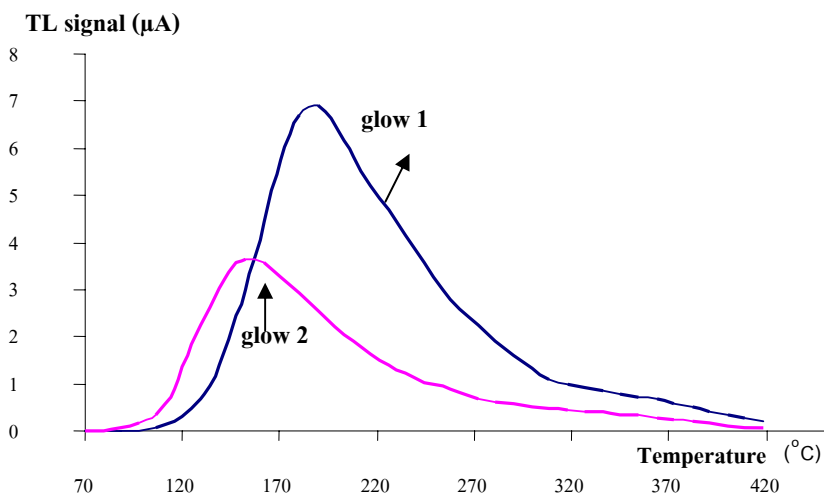
รูปที่ 4 ค่า TL signal ของสารสกัดจากฟริกแดงแห้ง และฟริกไทยดำที่ปริมาณต่าง ๆ พบว่าปริมาณสารประกอบซิลิเกตที่เหมาะสมในการใช้เป็นตัวอย่างคือที่น้ำหนัก 4 mg เหมือนกันทั้ง 2 ตัวอย่าง

2. การตรวจพิสูจน์การฉายรังสีในฟริกแห้ง และฟริกไทยดำ จากผลการทดลองจำแนกตัวอย่างโดยใช้เทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ โดยวิเคราะห์จากอัตราส่วนของสัญญาณ TL ของ glow 1/ glow 2 สำหรับงานวิจัยของ European Standard^[4] การ normalize TL signal ระหว่าง glow 1 และ glow 2 เพื่อหาอัตราส่วนของสัญญาณ TL ของ glow 1/glow 2 หากตัวอย่างใดมีค่าอัตราส่วนของ สัญญาณ TL มากกว่า 0.5 แสดงว่าตัวอย่างนั้นได้ผ่านการฉายรังสี ส่วนตัวอย่างที่ไม่เคยผ่านการฉายรังสีจะมีค่าอัตราส่วนของสัญญาณ TL ต่ำกว่า 0.1 เสมอ และสำหรับตัวอย่างที่ตรวจพบว่าค่าอัตราส่วนของสัญญาณ TL อยู่ระหว่าง 0.1- 0.5 จะต้องมีการทำการทดลองซ้ำ เพื่อยืนยันผลการทดลองให้แน่ใจ

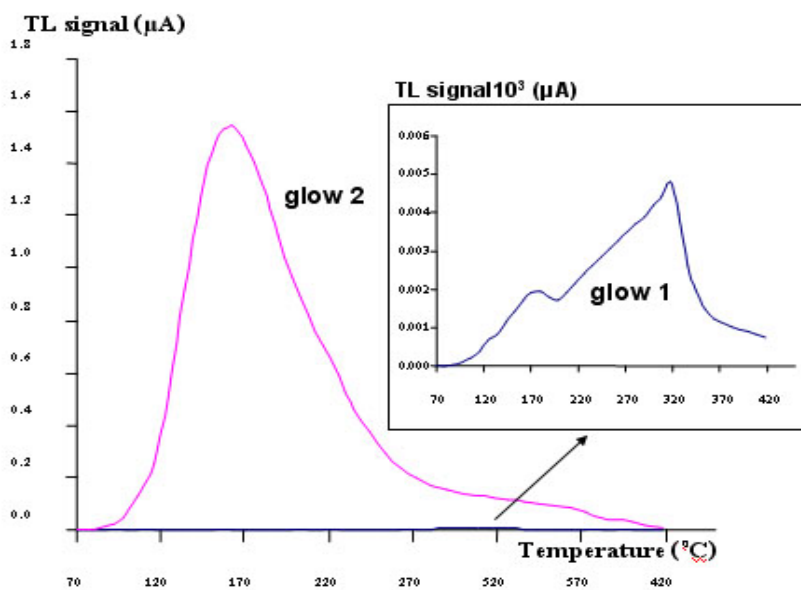
ค่าสัญญาณ TL₁ และสัญญาณ TL₂ ของสารสกัดจากฟริกแดงแห้ง ชุดฉายรังสี ปริมาณ 4 มิลลิกรัม



รูปที่ 5 แสดงกราฟค่าสัญญาณ TL₁ และสัญญาณ TL₂ ของฟริกแดงแห้งฉายรังสีทั้ง 5 ชนิด จากแหล่งต่าง ๆ กัน



รูปที่ 6 glow 1 และ glow 2 ของตัวอย่างพริกแดงแห้งจังหวัดตรังฉายรังสี โดยที่ glow 2 ฉายรังสี ปริมาณ 1 kGy



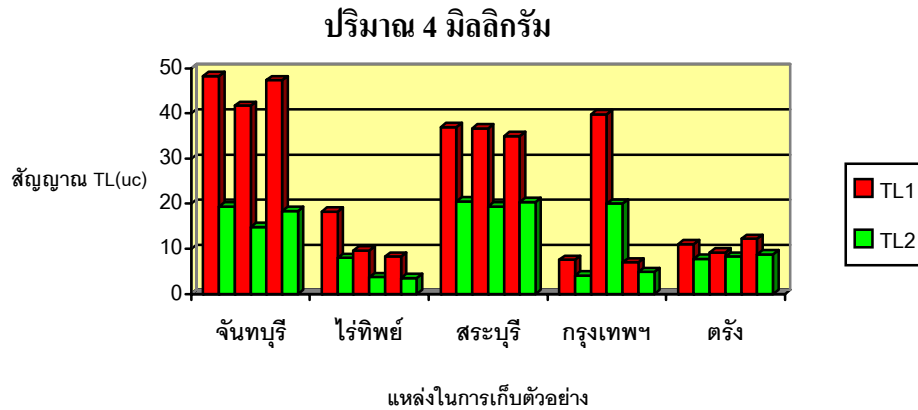
รูปที่ 7 glow 1 และ glow 2 ของตัวอย่างพริกแดงแห้งจังหวัดตรังควบคุม

ผลการทดลองในพริกแดงแห้ง ต้องชั่งน้ำหนักสารประกอบซิลิเกตที่ปริมาณ 4 mg ไม่เกิน ± 0.2 mg การ normalize ค่าสัญญาณ TL จาก glow 1 และ glow 2 แสดงให้เห็นว่าปริมาณสัญญาณ TL จะมากขึ้น โดยแปรผันตามกับปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบจากการฉายรังสีที่ 1 kGy และ 5 kGy และค่าอัตราส่วนที่ได้จากการทดลอง normalize สัญญาณ TL มีค่าใกล้เคียงกันในตัวอย่างชนิดเดียวกัน

การหาอัตราส่วนของสัญญาณ TL ดังแสดงในการ normalize ค่าสัญญาณในรูปแบบที่ 5 ผลปรากฏว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 1.08 – 1.93 ซึ่งเป็นการจำแนกได้ถูกต้องว่าตัวอย่างทั้ง 5 ชนิดผ่านการฉายรังสี และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราส่วนจากตัวอย่างทั้ง 5 ชนิดอยู่ระหว่าง 0.04 – 0.25 และแสดงลักษณะของ glow 1 และ glow 2 ในตัวอย่างพริกแดงแห้งจังหวัดตรังฉายรังสีที่ glow 1 มีรูปร่างของสัญญาณ TL เด่นชัดกว่า glow 2 ในรูปที่ 6

สำหรับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ผ่านการฉายรังสีอัตราส่วนของสัญญาณ TL มีค่าอยู่ระหว่าง 0.002 – 0.013 ซึ่งเป็นการจำแนกได้ถูกต้องว่าตัวอย่างควบคุมทั้ง 5 ชนิดไม่ได้ผ่านการฉายรังสี ดังแสดงลักษณะของ glow 1 และ glow 2 ในตัวอย่างพริกแดงแห้งจังหวัดตรังควบคุมที่ glow 2 มีรูปร่างของสัญญาณ TL เด่นชัดกว่า glow 1 ในรูปที่ 7

ค่าสัญญาณ TL₁ และสัญญาณ TL₂ ของสารสกัดพริกไทยดำชุดฉายรังสี



รูปที่ 7 แสดงกราฟค่าสัญญาณ TL₁ และสัญญาณ TL₂ ของพริกไทยดำฉายรังสีทั้ง 5 ชนิด จากแหล่งต่าง ๆ กัน

ผลการทดลองในพริกไทยดำ ชั่งน้ำหนักสารประกอบซิลิเกตได้ใกล้เคียง 4 mg ไม่เกิน ± 0.2 mg การ normalize ค่าสัญญาณ TL จาก glow 1 และ glow 2 แสดงให้เห็นว่าปริมาณสัญญาณ TL จะมากขึ้นโดยแปรผันตามกับปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบจากการฉายรังสีที่ 1 kGy และ 5 kGy และค่าอัตราส่วนที่ได้จากการทดลอง normalize สัญญาณ TL มีค่าใกล้เคียงกันในตัวอย่างชนิดเดียวกัน

การหาอัตราส่วนของ สัญญาณ TL ดังแสดงในการ normalize ค่าสัญญาณในรูปแบบที่ 7 ผลปรากฏว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 1.31 – 2.63 ซึ่งเป็นการจำแนกได้ถูกต้องว่าตัวอย่างทั้ง 5 ชนิดผ่านการฉายรังสี และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราส่วนจากตัวอย่างทั้ง 5 ชนิดอยู่ระหว่าง 0.09 – 0.29

สำหรับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ผ่านการฉายรังสีอัตราส่วนของสัญญาณ TL มีค่าอยู่ระหว่าง 0.005 – 0.046

สรุป

ข้อดีของการตรวจพิสูจน์อาหารฉายรังสีโดยใช้เทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ คือมีความแม่นยำในการจำแนกอาหารฉายรังสีสูง ค่าอัตราส่วนของสัญญาณ TL มากกว่า 0.5 แสดงว่าตัวอย่างนั้นได้ผ่านการฉายรังสี ส่วนตัวอย่างที่ไม่เคยผ่านการฉายรังสีจะมีค่าอัตราส่วนต่ำกว่า 0.1 เสมอ และสำหรับตัวอย่างที่ตรวจพบว่าค่าอัตราส่วนของสัญญาณ TL อยู่ระหว่าง 0.1- 0.5 จะต้องมีการทำการทดลองซ้ำเพื่อยืนยันผลการทดลองให้แน่ใจ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จำแนกตัวอย่างได้ถูกต้องทั้งหมด กระบวนการทดลองต้องทำการวัดสัญญาณ glow 1 และ glow 2 ถึงสองครั้ง จึงต้องใช้เวลากว่าจะทราบผลการจำแนกอาหารฉายรังสี ถึงแม้ว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในเทคนิคนี้จะมีราคาสูงกว่าเทคนิค PSL แต่ราคาถูกกว่า ESR และให้ผลการจำแนกอาหารฉายรังสีที่เทคนิค PSL และ ESR ไม่สามารถจำแนกได้

ความแตกต่างกันของรูปร่าง glow curve^[4] จะแปรผันไปตามสัดส่วนผลึกของ ควอตซ์ และเฟลสป่า ความไม่สมบูรณ์ในการฟอร์มตัวของผลึกธรรมชาติ จะทำให้เกิดกับดักที่ระดับพลังงานแตกต่างกัน ซึ่งจะหลุดออกมาได้เมื่อมีการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างกัน แม้ว่าจะฉายรังสีในปริมาณที่เท่ากันค่าสัญญาณ TL และรูปร่างของ glow curve ก็จะต่างกันไป

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีโรงงานฉายรังสีอาหารที่ได้มาตรฐาน มีอาหารจากผลิตผลทางการเกษตรหลายประเภทที่ผ่านการฉายรังสี แต่เท่าที่พบมีเพียงอาหารประเภทขนมเท่านั้นที่ติดฉลากเป็นอาหารฉายรังสี ส่วนอาหารประเภทอื่นอีกจำนวนมากไม่มีการติดฉลากว่าผ่านการฉายรังสีมาก่อน เช่น อาหารทะเลแช่แข็ง สมุนไพร พริกแห้ง พริกไทย หอมหัวใหญ่ มะละกอ กระเทียม รวมถึงอาหารแปรรูปอื่น ๆ เช่นการนำพริกแห้งที่ผ่านการฉายรังสีมาเป็นส่วนผสมของเครื่องปรุงรสในอาหารสำเร็จรูป หากมีการนำอาหารดังกล่าวทั้งหมดออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ โดยที่ผู้ผลิตหรือผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) ไม่ทราบมาก่อนว่าอาหารนั้น ผ่านการฉายรังสีมาแล้วหากส่งไปจำหน่ายในประเทศที่มีมาตรการการตรวจพิสูจน์แล้วตรวจพบว่าผ่านการฉายรังสี อาหารเหล่านี้ส่วนใหญ่จะถูกส่งกลับทันที ทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจและรายได้เข้าประเทศ และเสียโอกาสทางการค้าระหว่างประเทศ

รายการอ้างอิง

1. โกวิทช์ นุชประมุล, อาหารกับการฉายรังสี. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2549.

2. World Health Organization (WHO). Wholesomeness of irradiated food. Report of a Joint
FAO/IAEA/WHO Expert Committee, Technical Report Series, 659. Geneva, 1981.
3. Steevenson M. H., Stewart E. M. Identification of irradiated food : the current status.
Radiat. Phys. Chem. 46, (1995).
4. EN 1788. Foodstuffs-Detection of irradiated food from which silicate minerals
can be isolated- Method by thermoluminescence. European Committee for
Standardization. Brussels, 1996.