

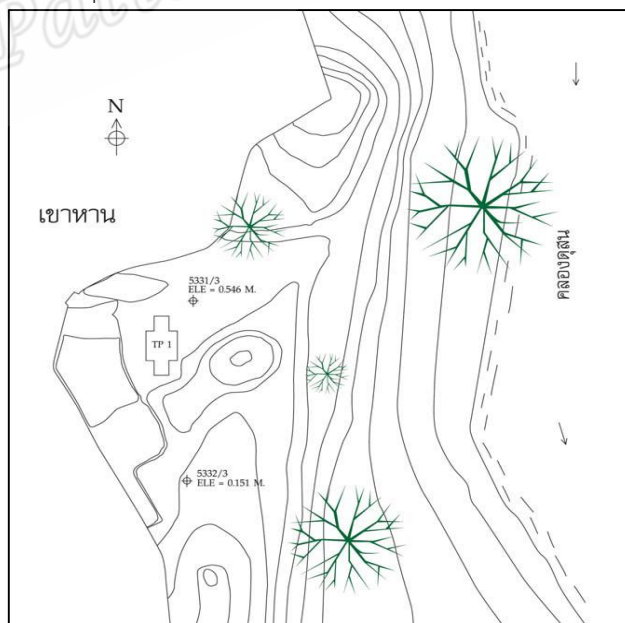
บทที่ 3

วิธีการวิจัย

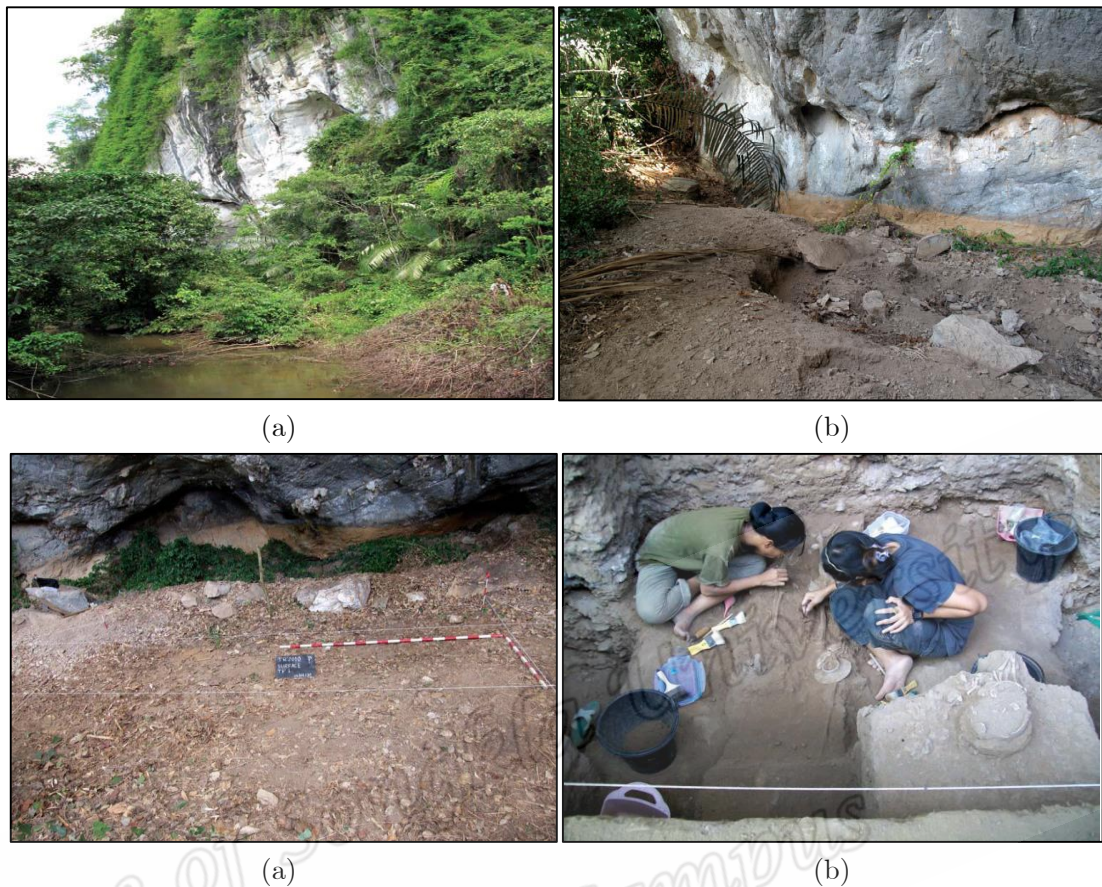
ในบทนี้จะกล่าวถึงวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งใช้ในการเตรียมตัวอย่างวิจัยไปจนถึงการวิเคราะห์ผลเพื่อให้ได้ค่าอายุของตัวอย่างซากหอยน้ำจืดและดินเผาไฟ จากแหล่งโบราณคดีถ้าเขาหวน จังหวัดสกล นอกจานี้ยังจะกล่าวถึงวิธีการดำเนินการวิจัยประกอบไปด้วย ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ขั้นตอนการวัดปริมาณรังสีสะสม (Accumulated dose) ขั้นตอนการคำนวณปริมาณรังสีต่อปี (Annual dose) โดยใช้ปริมาณยูเรเนียม (^{238}U) ทอเรียม (^{232}Th) และโพแทสเซียม (^{40}K) จากการวิเคราะห์โดยการอาบนิวตรอน ซึ่งแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.1 การเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หาอายุ

ตัวอย่างซากหอยน้ำจืดพร้อมสิ่งแวดล้อมรอบซากหอยน้ำจืดและดินเผาไฟ ได้มาจากแหล่งโบราณคดีถ้าเขาหวนจังหวัดสกล โดยกรมสำนักศิลปากรที่ 13 สงขลาทำการขุดค้นในปี พ.ศ. 2010 จากหลุมขุดค้นจำนวน 1 หลุม มีขนาด 4 m ด้านกว้างขนาด 2 m ขุดค้นตามระดับชั้นดินสมมติ (Arbitrary layer) โดยกำหนดชั้นดินแต่ละชั้นมีระดับความลึกห่างกันชั้นละ 10 cm ดังรูปที่ 3.1 – 3.2 สามารถสรุปแต่ละชั้นดินสมมติได้ ดังตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังตำแหน่งหลุมขุดค้นแหล่งโบราณคดีถ้าเขาหวนจังหวัดสกล (สำนักศิลปากรที่ 13 สงขลา กรมศิลปากร กระทรวงวัฒนธรรม, 2010)



รูปที่ 3.2 รายละเอียดการทำงานพื้นที่ขุดค้นแหล่งโบราณคดีถ้ำเขาพาน (a) แหล่งโบราณคดีถ้ำเขาพาน (b) แหล่งโบราณคดีถ้ำเขาพานก่อนทำการขุดค้นทางโบราณคดี (c) การตีเส้นกำหนดขอบเขตตำแหน่งการขุดค้น (d) นักโบราณคดีชำนาญการ สำนักศิลปากรที่ 13 กรมศิลปากร กระทรวงวัฒนธรรม ทำการขุดค้นและเก็บตัวอย่าง (สำนักศิลปากรที่ 13 สงขลา กรมศิลปากร กระทรวงวัฒนธรรม, 2010)



(a)

(b)



(c)

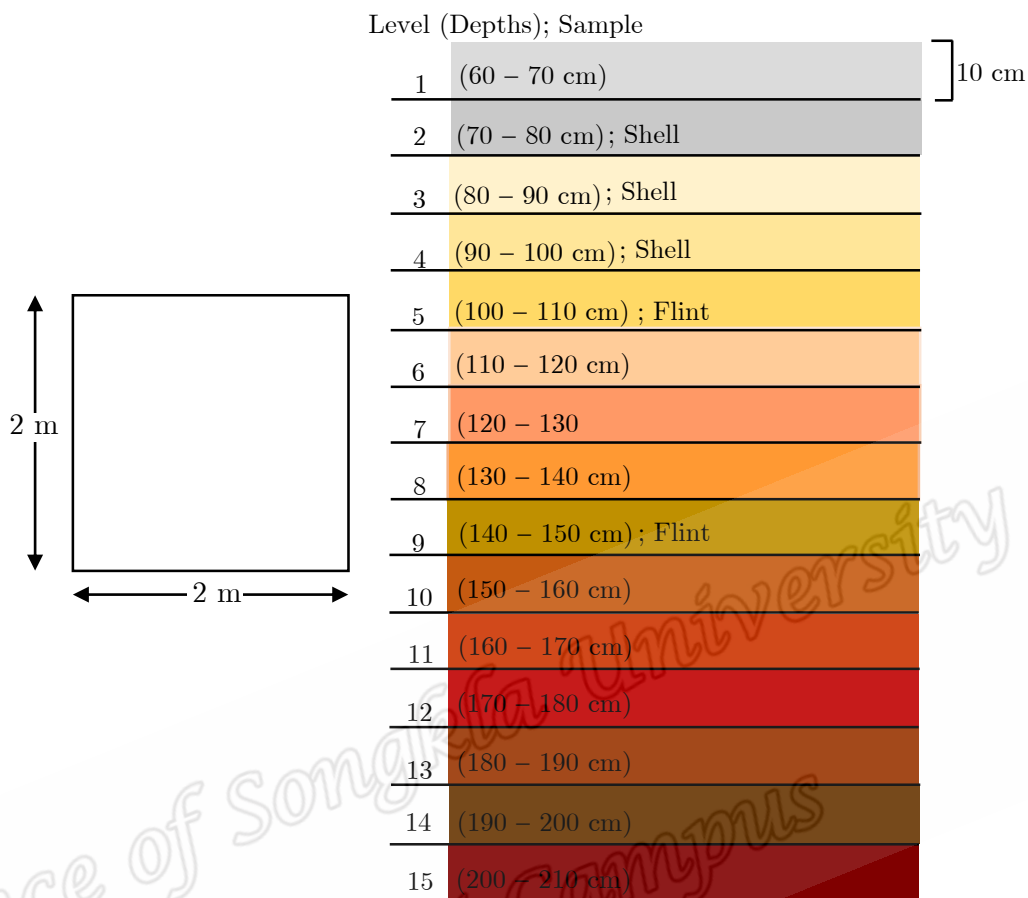
(d)

รูปที่ 3.3 ลักษณะตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีถ้ำเขาหอน (a) ซากหอยน้ำจืดที่ระดับต่าง ๆ (b) สิ่งแวดล้อมรอบซากหอยน้ำจืด (c) ดินเผาเผาไฟ ที่ระดับความลึก 100 – 110 cm (d) ดินเผาไฟ ที่ระดับความลึก 140 – 150 cm (สำนักศิลปากรที่ 13 สงขลา กรมศิลปากร กระทรวงวัฒนธรรม, 2010)

ตารางที่ 3.1 การขุดค้นทางโบราณคดีถ้ำเขาหวาน จังหวัดสตูล

ลำดับที่	ชั้นดินสมมติ (Level)	ระดับความลึก (cm)
1	ระดับชั้นผิวดิน	0 – 60
2	ระดับชั้นดินที่ 1	60 – 70
3	ระดับชั้นดินที่ 2	70 – 80
4	ระดับชั้นดินที่ 3	80 – 90
5	ระดับชั้นดินที่ 4	90 – 100
6	ระดับชั้นดินที่ 5	100 – 110
7	ระดับชั้นดินที่ 6	110 – 120
8	ระดับชั้นดินที่ 7	120 – 130
9	ระดับชั้นดินที่ 8	130 – 140
10	ระดับชั้นดินที่ 9	140 – 150
11	ระดับชั้นดินที่ 10	150 – 160
12	ระดับชั้นดินที่ 11	160 – 170
13	ระดับชั้นดินที่ 12	170 – 180
14	ระดับชั้นดินที่ 13	180 – 190
15	ระดับชั้นดินที่ 14	190 – 200
16	ระดับชั้นดินที่ 15	200 – 210

งานวิจัยนี้เลือกเฉพาะตัวอย่างซากหอยน้ำจืด (Freshwater shell) พร้อมสิ่งแวดล้อมรอบ ซากหอยน้ำจืด (Surroundings of freshwater) แทนด้วยสัญลักษณ์ SH และ SD ตามลำดับ และ ดินเผาไฟ (Flint) แทนด้วยสัญลักษณ์ F โดยเลือกตัวอย่างที่ระดับความลึกต่างกัน 5 ระดับ ประกอบไปด้วยความลึก 70 – 80 cm (Level 2), 80 – 90 cm (Level 3), 90 – 100 cm (Level 4), 100 – 110 cm (Level 5) และ 140 – 150 cm (Level 9) ประกอบด้วยตัวอย่าง SH1, SH2, SH3, SH4, SH5, SH6, SH7, F1 และ F2 เพื่อใช้ในการกำหนดอายุ ดังตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.4 รายละเอียดการเก็บตัวอย่างซากหอยน้ำจืดและตัวอย่างดินเผาไฟ แหล่งโบราณคดี ถ้ำเขาห่าน

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดตัวอย่างที่นำมากำหนดอายุโดยเทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์

ลำดับ ที่	ระดับ ความลึก (cm)	ชั้นดิน สมมติ (Level)	รหัสชุดค้น	รหัส แล็บ
1	70 – 80	2	No.010 – TR'2010 – TP1:T1 – Freshwater Shell	SH1
2	70 – 80	2	No.123 – TR'2010 – TP1:T2 – Freshwater Shell	SH2
3	70 – 80	2	No.245 – TR'2010 – TP1:T2E – Freshwater Shell	SH3
4	70 – 80	2	No.248 – TR'2010 – TP1:T3E – Freshwater Shell	SH4
5	80 – 90	3	No.028 – TR'2010 – TP1:T1 – Freshwater Shell	SH5
6	80 – 90	3	No.253 – TR'2010 – TP1:T3W – Freshwater Shell	SH6
7	90 – 100	4	No.140 – TR'2010 – TP1:T3 – Freshwater Shell	SH7
8	100 – 110	5	No.158 – TR'2010 – TP1:T2 – Feature 3 – Flint	F1
9	140 – 150	9	No.194 – TR'2010 – TP1:T4 – Feature 2 – Flint	F2

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีสะสม (Accumulated dose)

3.2.1 สารเคมี วัสดุและอุปกรณ์

- 3.2.1.1 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl)
- 3.2.1.2 กรดไฮโดรฟลูออริก (Hydrofluoric acid, HF)
- 3.2.1.3 กรดแอสีติก (Acetic acid)
- 3.2.1.4 อะซีโตน (Acetone)
- 3.2.1.5 เตตระโบรมออีเทน (Tetrabromoethane)
- 3.2.1.6 ไดโพรพิลีนไกลคอล (Dipropylene glycol)
- 3.2.1.7 น้ำกลั่น (Distilled water)
- 3.2.1.8 กระดาษกรอง (Filter paper)
- 3.2.1.9 ตัวอย่างซากหอยน้ำจืดและดินเผาไฟ (Freshwater shells and Flint)
- 3.2.1.10 เครื่องเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ รุ่น Harshow – 3500 (Thermoluminescence reader model 3500)
- 3.2.1.11 ระบบฉายรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสี Co – 60
- 3.2.1.12 เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ ความละเอียด 1×10^4 g (Digital scale 1×10^4 g)
- 3.2.1.13 เครื่องปั่นแยกเซนตริฟิวจ์ (Centrifuge)
- 3.2.1.14 เครื่องล้างอัลตราโซนิค (Ultrasonic cleaner)
- 3.2.1.15 หลอดหยด (Dropper)
- 3.2.1.16 ปีกเกอร์ (Beaker)
- 3.2.1.17 ตะแกรงร่อนขนาด 90 และ 150 μm (Sieve size 90 and 150 μm)
- 3.2.1.18 ครกกระเบื้องพอร์ซเลน (Porcelain mortar)
- 3.2.1.19 เครื่องซีลปิดปากถุงพลาสติก (Bag sealing machine)

3.2.2 การเตรียมผลึกที่เป็นองค์ประกอบในซากหอยน้ำจืด

การกำหนดอายุตัวอย่างซากหอยน้ำจืดนั้น ต้องทำการเก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบ ๆ ซากหอยน้ำจืดเป็นระยะ 30 cm ในขณะที่เก็บตัวอย่างต้องป้องกันการรับแสง โดยบรรจุตัวอย่างลงถุงดำ นำตัวอย่างที่ได้มาเตรียมในห้องมืด (ภายใต้แสงสีแดง) โดยมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดังนี้

3.2.2.1 แบ่งซากหอยน้ำจืดออกเป็นสามส่วน ส่วนที่หนึ่งล้างทำความสะอาดในห้องมืดเพื่อหาปริมาณรังสีสะสม (Accumulated dose) ส่วนที่สองล้างทำความสะอาดในที่รับแสงปกติเพื่อหาค่าปริมาณรังสีต่อปีภายใน (Internal annual dose) ส่วนที่สามนำไปอบแสงแดดเพื่อหาค่าคงเหลือ สำหรับสิ่งแวดล้อมรอบซากหอยน้ำจืดนั้น นำไปล้างทำความสะอาดในที่รับแสงปกติ เพื่อหาค่าปริมาณรังสีต่อปีภายนอก (External annual dose)

3.2.2.2 นำตัวอย่างซากหอยน้ำจืดมาทำความสะอาด โดยล้างซากหอยน้ำจืดด้วยเครื่องอัลตราโซนิก ซึ่งเป็นเครื่องทำความสะอาดโดยใช้ระบบคลื่นสะเทือนมีความถี่สูงกว่า $20,000 \text{ s}^{-1}$

3.2.2.3 นำตัวอย่างที่ได้แช่ใน HCl ที่มีความเข้มข้น 5% เพื่อสกัดกร่อนซากหอยน้ำจืดบริเวณชั้นนอก

3.2.2.4 นำตัวอย่างซากหอยน้ำจืดผ่านการแช่ HCl ล้างด้วยน้ำประมาณ 3 – 4 ครั้ง หรือล้างจนน้ำใส ตามด้วยน้ำกลั่นและรองจนกระทั่งตัวอย่างแห้ง แล้วแบ่งตัวอย่างเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 คือ นำตัวอย่างซากหอยน้ำจืดมาบดและร่อนให้ได้ขนาดน้อยกว่า $90 \mu\text{m}$ จากนั้นล้างตัวอย่างที่ได้ ซ้ำด้วยกรดแอสติกที่มีความเข้มข้น 5% เป็นเวลา 3 m ล้างต่อด้วยน้ำกลั่นและอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 40°C เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างผลึกซากหอยน้ำจืด ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่ (Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University, Hatyai Campus) ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์

ส่วนที่ 2 คือ บดและร่อนตัวอย่างซากหอยน้ำจืดให้ได้ขนาด $90 - 150 \mu\text{m}$ จากนั้นล้างตัวอย่างที่ได้ซ้ำด้วยกรดแอสติกที่มีความเข้มข้น 5% เป็นเวลา 3 m และล้างต่อด้วยน้ำกลั่นและอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 40°C แบ่งส่วนหนึ่งเพื่อตากแดดและส่วนหนึ่งเพื่อส่งไปฉายรังสีแกมมาแบบ Additive Dose ที่สำนักปรมาณูเพื่อสันติ กรุงเทพฯ

3.2.3 การเตรียมผลึกที่เป็นองค์ประกอบในดินเผาไฟ

ดินเผาไฟจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งล้างทำความสะอาดในห้องมืดเพื่อวัดผลการตอบสนองต่อรังสีด้วยเครื่องอ่านเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณรังสีสะสม (Accumulated dose) ส่วนที่สองล้างทำความสะอาดในที่รับแสงปกติเพื่อตรวจวัดปริมาณรังสีต่อปี (Annual dose) ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อ 3.3 ต่อไป

3.2.5.1 ล้างดินเผาไฟส่วนที่หนึ่ง ภายใต้อ่างสีแดงด้วยน้ำจนสะอาดเห็นน้ำใส จึงนำมากัดกรด HCl ที่มีความเข้มข้น 10% ประมาณ 40 m เพื่อล้างลบคาร์บอนและสารอินทรีย์ เทกรดออกแล้วล้างตัวอย่างด้วยน้ำ

3.2.5.2 ล้างผลึกเจือปนอื่น ๆ และขจัดผิวเม็ดทรายด้วยกรด HF ที่มีความเข้มข้น 10% เป็นเวลา 40 m

3.2.5.3 ล้างด้วยกรด HCl ความเข้มข้น 10% ประมาณ 40 m เพื่อละลายฟลูออไรด์ที่อาจเหลืออยู่ ล้างน้ำและน้ำกลั่น

3.2.5.4 นำตัวอย่างผึ่งทิ้งไว้จนแห้ง มาคัดแยกควอทซ์ด้วยของเหลวความหนาแน่นสูง (Heavy liquid) ประมาณ 2.62 g/cm^3 เตรียมจาก Tetrabromoethane และ Dipropylene Glycol ล้างด้วย น้ำกลั่น และอะซิโตนทิ้งไว้จนแห้ง แบ่งส่วนหนึ่งเพื่ออบแสงแดดและอีกส่วนเพื่อส่งไปฉายรังสีแกมมาแบบ Additive Dose ที่สำนักปรมาณูเพื่อสันติ กรุงเทพฯ

3.2.4 การฉายรังสีแกมมาผลึกซากหอยน้ำจืดและผลึกดินเผาไฟ

บรรจุผลึกตัวอย่างซากหอยน้ำจืดและผลึกตัวอย่างดินเผาไฟ ใส่ถุงพลาสติกน้ำหนักประมาณ 200 mg ปิดปากถุงให้สนิท แล้วใส่ในกล่องฟิล์มเพื่อป้องกันการรับแสง ส่งตัวอย่างเพื่อฉายรังสีแกมมาจากต้นกำเนิด $Co - 60$ แบบ Additive Dose ที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กรุงเทพฯ ประกอบด้วยตัวอย่างที่รับรังสีจากธรรมชาติโดยไม่ฉายรังสีเพิ่ม (0 Gy) และตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาจากต้นกำเนิด $Co - 60$ ที่ระดับโดสรังสี 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80 Gy เพื่อศึกษาผลการตอบสนองต่อรังสีของตัวอย่างดินเผาไฟด้วยเครื่องอ่านเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ นำไปสู่การวิเคราะห์ปริมาณรังสีสะสมต่อไป

3.2.5 การอบแสงแดดตัวอย่างซากหอยน้ำจืดและดินเผาไฟ

3.2.5.1 นำตัวอย่างซากหอยน้ำจืดและดินเผาไฟที่รับรังสีตามธรรมชาติไปอบแสงแดดเป็นเวลา 20 hr เพื่อหาค่าคงเหลือในตัวอย่าง จะนำไปหักลบออกจากความเข้มแสงการตอบสนองแบบ Additive Dose

3.2.5.2 ทำการวัดความเข้มแสงขณะอบแสงแดด โดยใช้เครื่องวัดแสงดังรูปที่ 3.5 และบันทึกค่าทุก ๆ 30 m เป็นเวลา 3 d จนครบ 20 hr ซึ่งรายละเอียดการอบแสงแดด แสดงได้ดังตารางที่ 3.3



รูปที่ 3.5 เครื่องวัดแสง (Lux Meters) ยี่ห้อ DIGICON รุ่น LX - 50 ใช้สำหรับวัดความเข้มแสงขณะอบแสงแดดตัวอย่างซากหอยน้ำจืดและดินเผาไฟ

ตารางที่ 3.3 ความเข้มแสงขณะอาบแสงแดดตัวอย่างซากหอยน้ำจืดหอยและตัวอย่างดินเผาไฟ

เวลาการตากแดด (Hr)	ความเข้มแสง (×100 Lux)	เวลาการตากแดด (Hr)	ความเข้มแสง (×100 Lux)
0.30	290	10.30	1050
1.00	286	11.00	1120
1.30	260	11.30	1035
2.00	242	12.00	856
2.30	280	12.30	633
3.00	141	13.00	676
3.30	296	13.30	561
4.00	702	14.00	798
4.30	870	14.30	640
5.00	665	15.00	257
5.30	972	15.30	301
6.00	933	16.00	395
6.30	388	16.30	361
7.00	450	17.00	376
7.30	415	17.30	342
8.00	535	18.00	617
8.30	507	18.30	553
9.00	733	19.00	340
9.30	874	19.30	261
10.00	883	20.00	309

3.2.6 การวัดความเข้มแสง (TL intensity) ในซากหอยน้ำจืดและดินเผาไฟ

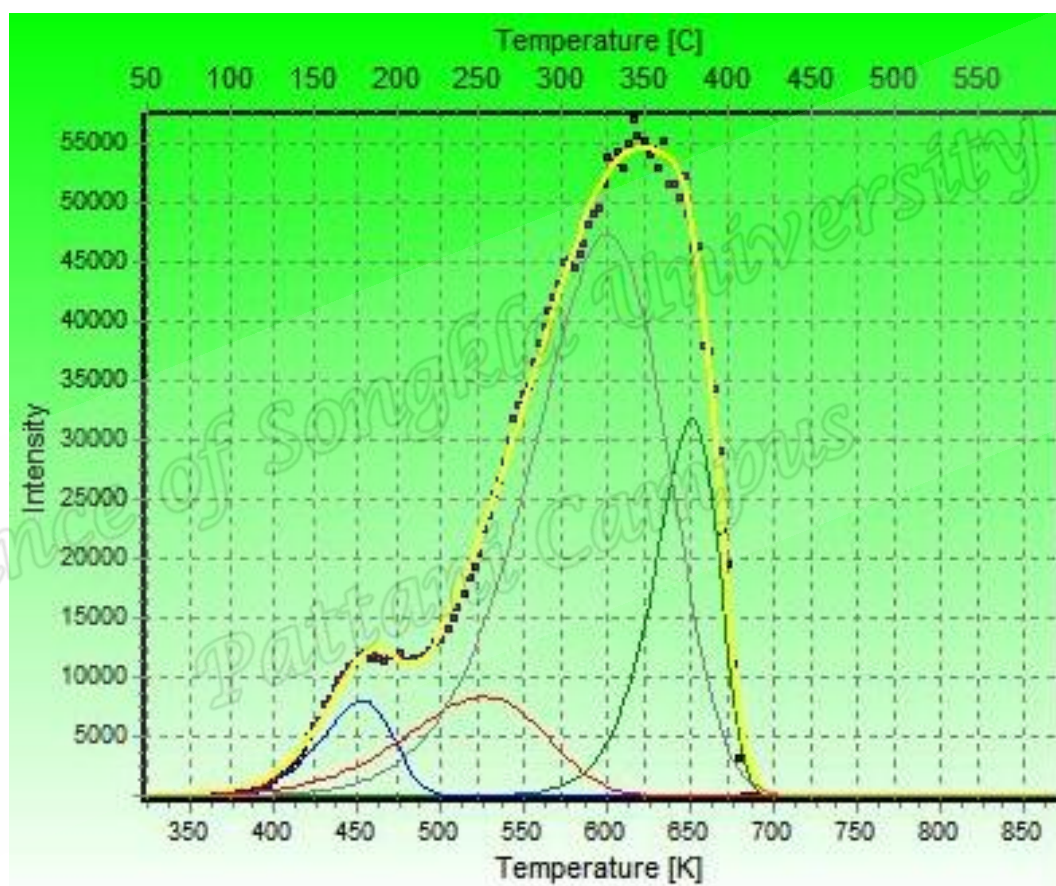
ทำการทดสอบผลึกตัวอย่างซากหอยน้ำจืดและดินเผาไฟที่รับรังสีจากธรรมชาติ (0 Gy) ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาจากต้นกำเนิด ^{60}Co ที่ปริมาณรังสี 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80 Gy และตัวอย่างที่ผ่านอ่านอาบแสงแดด โดยใช้เครื่องอ่านเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ภายใต้แก๊สไนโตรเจน ที่ศักย์ไฟฟ้า 850 V สำหรับตัวอย่างซากหอยน้ำจืดตั้งระดับอุณหภูมิสูงสุด 400 °C โดยมีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 5 °C/s ส่วนตัวอย่างดินเผาไฟตั้งระดับอุณหภูมิสูงสุด 600 °C โดยมีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 10 °C/s โดยทำการวัดสัญญาณ TL Intensity ในห้องมืด แล้วทำการบันทึกผลโกลว์เคิร์ฟที่ได้

3.2.7 ปริมาณรังสีสะสม (Accumulated dose)

โกลว์เคิร์ฟที่ได้จากผลึกตัวอย่างซากหอยน้ำจืดและดินเผาไฟที่รับรังสีจากธรรมชาติ การอาบแสงแดดและที่ผ่านการฉายรังสีแบบ Additive dose ที่ระดับโดสรังสีต่าง ๆ จะแสดงผล

ออกมาเป็นสเปกตรัมที่แต่ละอุณหภูมิเป็นส่วนประกอบดังรูปที่ 3.6 ซึ่งพื้นที่ใต้พีคหาได้โดยใช้โปรแกรมโกลว์ฟิต ซึ่งเป็นโปรแกรมฟรีดาวน์โหลด (Puchalska and Bilski, 2006) เพื่อการวิเคราะห์ผลให้มีความถูกต้องมากขึ้น

3.2.7.1 นำโกลว์เคิร์ฟที่ได้จากเครื่องอ่านเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ เข้าโปรแกรมโกลว์ฟิต มาอ่านค่า TL Intensity ของแต่ละอุณหภูมิ เลือก TL Intensity ที่อุณหภูมิของพีคในการคำนวณปริมาณรังสีสะสม งานวิจัยนี้เลือกพีคที่อุณหภูมิ 325 °C เพื่อใช้ในการกำหนดอายุ เนื่องจากพีคที่อุณหภูมิสูงนี้มีความเสถียรภาพที่สุด



รูปที่ 3.6 สเปกตรัมที่ปรากฏในส่วนแสดงผลของโกลว์ฟิต ซึ่งมีสเปกตรัมที่แต่ละอุณหภูมิเป็นส่วนประกอบ

3.2.7.2 นำค่าที่ TL Intensity ของแต่ละอุณหภูมิที่ได้ เขียนกราฟเปรียบเทียบมาตรฐาน ด้วยวิธี Linear Extrapolation ดังรูปที่ 2.10 โดยแกน x คือ ค่า TL Intensity (au.) และแกน y คือ ค่าโดสรังสีแกมมาแบบแบ่งย่อยตัวอย่างหลาย ๆ ชุด (Gy)

3.2.7.3 จากสมการฟิตกราฟที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง TL intensity (a.u) และอุณหภูมิ (°C) จะอยู่ในรูปสมการ (3.1)

$$y = y_0 + ax \quad (3.1)$$

เมื่อต่อเส้นกราฟตัดแกน x จะได้ค่า y คือ TL Intensity Residual และ x คือ ปริมาณรังสีสะสมของตัวอย่าง

3.3 ปริมาณรังสีต่อปี (Annual dose) จากปริมาณยูเรเนียม ทอเรียมและโพแทสเซียมโดยการอบนิวตรอน (Neutron activation analysis, NAA)

3.3.1 สารเคมี วัสดุและอุปกรณ์

- 3.3.1.1 ตัวอย่างซากหอยน้ำจืดและดินเผาไฟ
- 3.3.1.2 สารอ้างอิงมาตรฐาน (Certified reference materials)
- 3.3.1.3 เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ ความละเอียด 0.0001 g
- 3.3.1.4 เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย - 1 (Thai research reactor - 1, TRR - 1)
- 3.3.1.5 หัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (High-Purity Germanium, HPGe)
- 3.3.1.6 ตู้อบ
- 3.3.1.7 หลอดบรรจุตัวอย่าง (Polyethylene vial)
- 3.3.1.8 หลอดอบรังสี
- 3.3.1.9 ตะแกรงร่อนขนาด 90 μm
- 3.3.1.10 ครกกระเบื้องพอร์ซเลน

3.3.2 การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างที่เตรียมเพื่อหาปริมาณรังสีต่อปี (Annual dose) มาเตรียมตัวอย่างในที่รับแสงปกติประกอบไปด้วยตัวอย่างซากหอยน้ำจืดจำนวน 7 ตัวอย่าง สิ่งแวดล้อมรอบซากหอยน้ำจืดจำนวน 7 ตัวอย่าง และดินเผาไฟ จำนวน 2 ตัวอย่าง

- 3.3.2.1 นำตัวอย่างดังกล่าวมาล้างทำความสะอาดจนแน่ใจว่าไม่มีเศษดินเหลือ
- 3.3.2.2 อบตัวอย่างจนแห้งสนิทที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 8 hr
- 3.3.2.3 ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างจดบันทึก เพื่อเป็นข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำของแต่ละตัวอย่างตามสมการ (2.41)
- 3.3.2.4 นำตัวอย่างไปบดจนละเอียดสม่ำเสมอขนาดน้อยกว่า 90 μm โดยขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างจะต้องบรรจุอยู่ในภาชนะที่สะอาดเพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนใด ๆ (El - Ghawi *et al.*, 2005)
- 3.3.2.5 ชั่งน้ำหนักสารอ้างอิงมาตรฐาน NIST SRM 1633b (NIST) กับ Granodiorite, Silver Plume, Colorado (GSP - 2) และตัวอย่างประมาณ 150 และ 250 mg ตามลำดับ ใส่ลงใน

หลอดบรรจุตัวอย่างที่ทำด้วยพอลิเอทิลีน (Polyethylene vial) ที่มีรูปทรงเรขาคณิตที่เหมือนกัน ปิดฝา หลอดให้สนิทด้วยความร้อน กำหนดรหัสและเขียนหมายเลขกำกับ

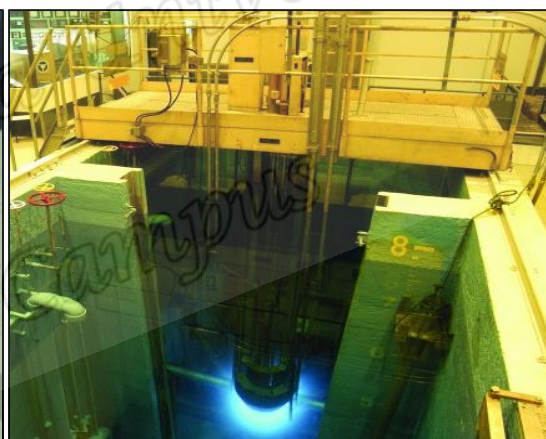


(a)

(b)



(c)



(d)

รูปที่ 3.7 การเตรียมตัวอย่างเพื่ออาบนิวตรอน (a) การซั่งน้ำหนักตัวอย่างบรรจุภาชนะบรรจุตัวอย่างที่ทำด้วย polyethylene (b) ลักษณะการเรียงวางตัวอย่าง (Sample, Sam) และสารมาตรฐาน (Standard, Std) (c) และการบรรจุตัวอย่างก่อนนำเข้าอาบนิวตรอนในหลอดอาบนิวตรอน (d) เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ของประเทศไทย (<http://www.dek-d.com/board/view/2615661>)

3.3.3 การอาบรังสี

3.3.3.1 นำตัวอย่างและสารอ้างอิงมาตรฐานที่ผ่านการซั่งน้ำหนักรีจสลับกันบรรจุในกระบอกพลาสติกหรือหลอดอาบนิวตรอน ดังรูปที่ 3.7 ไปอาบรังสีนิวตรอนแบบชุดครึ่งชีวิตยาวจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์พร้อมกัน เป็นเวลา 5 hr

3.3.3.2 ปล่อยตัวอย่างที่ผ่านการอบรังสีให้สลายตัวเป็นเวลานาน 2 d นำไปวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม และปล่อยให้สลายตัวเป็นเวลานาน 4 d นำไปวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียม ทอเรียม จากการวัดปริมาณรังสีแกมมาเป็นเวลา 10 m ด้วยระบบวัดรังสีแกมมาแบบสารกึ่งตัวนำชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (High-Purity Germanium, HPGe)

3.3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุในตัวอย่าง

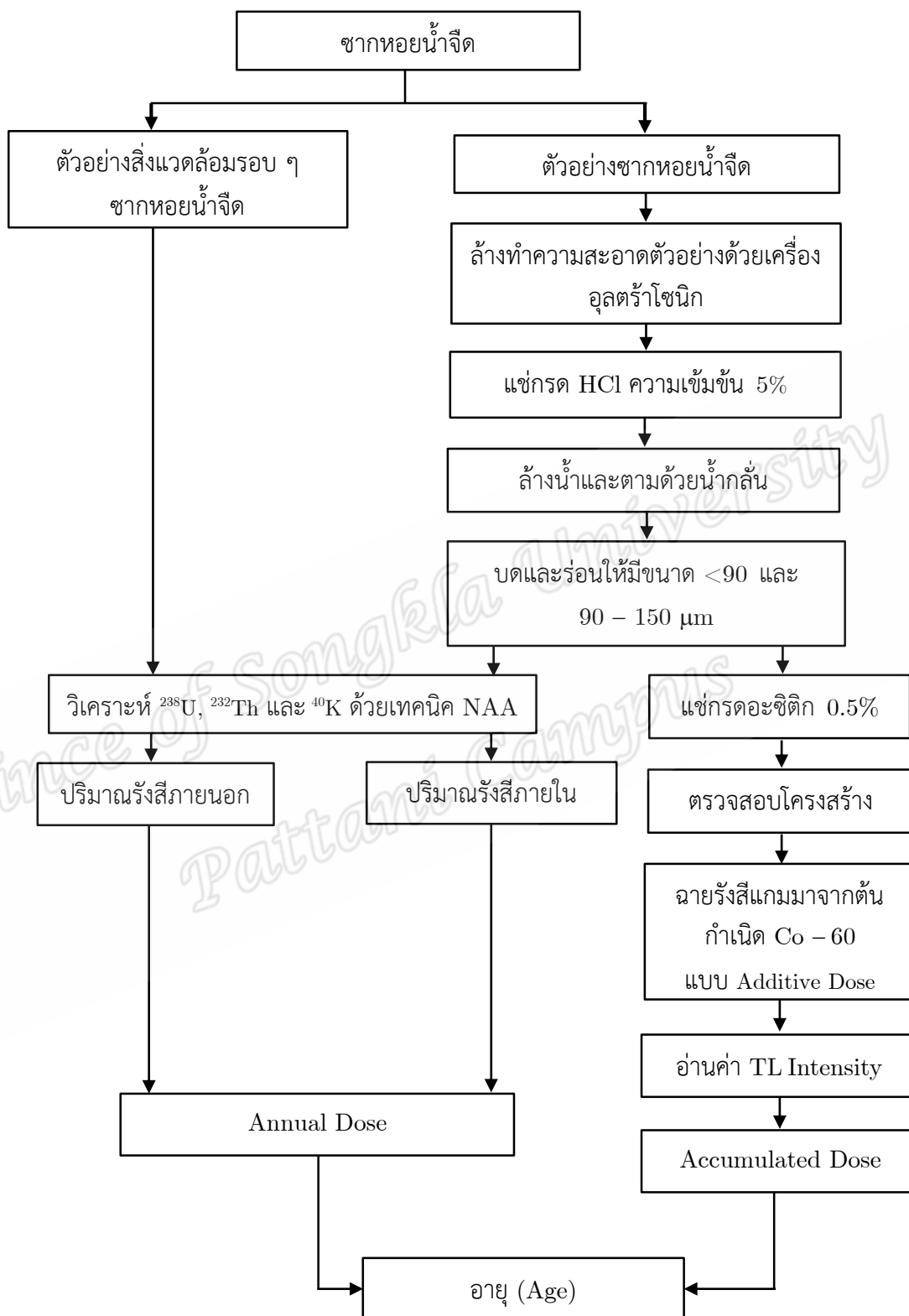
การวัดรังสีแกมมาโดยใช้หัววัด HPGe นั้น ผลการวัดที่ได้เป็นค่านับวัดพลังงานของรังสี แสดงผลออกมาเป็นสเปกตรัม

3.3.4.1 นำสเปกตรัมของตัวอย่างไปวิเคราะห์หาพื้นที่ใต้พีคที่พลังงาน 277.60, 312.01 และ 1524.58 keV เพื่อวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของยูเรเนียม ทอเรียมและโพแทสเซียม จากความแรงของรังสีแกมมาที่สลายตัวของไอโซโทปกัมมันตรังสี ^{239}Np , ^{233}Pa และ ^{42}K ตามลำดับ โดยใช้หลักการเปรียบเทียบจำนวนนับวัดรังสีแกมมาของตัวอย่างกับสารอ้างอิงมาตรฐาน ซึ่งทราบปริมาณความเข้มข้นของธาตุที่สนใจแน่นอนตามสมการที่ (2.40)

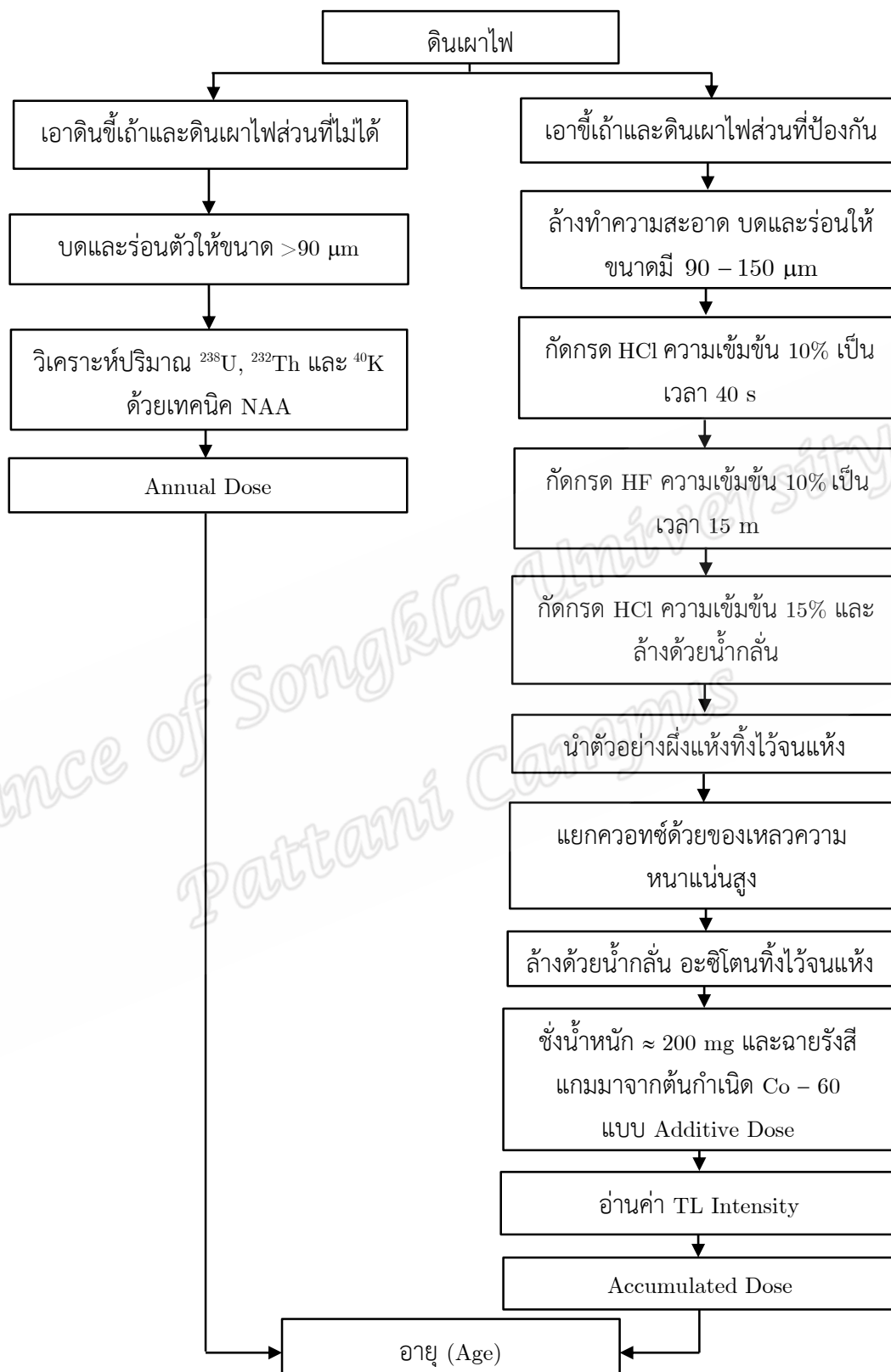
3.3.4.2 นำปริมาณความเข้มข้นยูเรเนียม ทอเรียมในหน่วย ppm และโพแทสเซียม ในหน่วย % ของตัวอย่างซากหอยน้ำจืดและสิ่งแฉล้มล้อมรอบซากหอยน้ำจืด คำนวณค่า Internal Annual Dose และ External Annual Dose ตามลำดับ และแทนค่าดังกล่าวเพื่อหาปริมาณรังสีต่อปี (Annual dose) ของซากหอยน้ำจืดตามสมการที่ (2.30) โดยใช้ค่าคงที่ k เท่ากับ 0.05 ตามงานวิจัยของ Schellmann *et al.* (2008)

3.3.4.3 นำปริมาณความเข้มข้นยูเรเนียม ทอเรียม ในหน่วย ppm และโพแทสเซียมในหน่วยเปอร์เซ็นต์ ของตัวอย่างดินที่ได้รับความร้อน เพื่อหาปริมาณรังสีต่อปี (Annual dose) ตามสมการที่ (2.31) โดยใช้ค่าคงที่ k เท่ากับ 0.15 ตามงานวิจัยของ Voinchet *et al.* (2004)

ขบวนการเตรียมตัวอย่างซากหอยน้ำจืดและดินเผาไฟ จนกระทั่งได้อายุของตัวอย่าง แสดงไว้ในรูปที่ 3.8 และ 3.9



รูปที่ 3.8 กระบวนการเตรียมตัวอย่างซากหอยน้ำจืดเพื่อวิเคราะห์อายุด้วยเทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์



รูปที่ 3.9 กระบวนการเตรียมตัวอย่างดินเผาไฟ เพื่อวิเคราะห์อายุด้วยเทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์