

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

6.1.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อระยะเวลาแพร่ของก๊าซทอรอน  
จากการดำเนินการวิจัยโดยวางท่อเตรียมออกไซด์ 20 กรัม ซึ่งเป็นต้นกำเนิดก๊าซทอรอนไว้ในท่อพีวีซีที่มีแผ่นฟิล์ม NTD ติดอยู่ที่ระยะ 10, 20, ..., 100 เซนติเมตร โดยท่อพีวีซีอยู่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ตามรายละเอียด ในข้อ 4.4 นั้น ได้ผลการวิจัยตามตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.2 นั่นคือ เมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยสัมผัสของก๊าซ กับระยะทางจะได้รับความสัมพันธ์เป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียล (exponential) โดยเป็นไปตามสมการ

$$y = 323.6585e^{-0.1224x} \quad , \quad \text{อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส}$$

correlation coefficient = -0.8063

$$y = 367.9859e^{-0.1052x} \quad , \quad \text{อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส}$$

correlation coefficient = -0.7854

$$y = 329.7375e^{-0.0822x} \quad , \quad \text{อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส}$$

correlation coefficient = -0.8543

ความหนาแน่นรอยสัมผัสจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงระยะ 10 เซนติเมตรถึง 20 เซนติเมตร และลดลงจนเหลือน้อยกว่า 1 ที่ระยะ 50, 60 และ 80 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 40, 30 และ 22 องศาเซลเซียสตามลำดับ นั้นหมายความว่า ที่อุณหภูมิสูงระยะเวลาแพร่ของก๊าซตามเงื่อนไขการวิจัยนี้จะน้อยกว่าระยะเวลาแพร่ของก๊าซที่อุณหภูมิต่ำ เพราะที่อุณหภูมิสูง ๆ ก๊าซมีการขยายตัวได้มาก ทำให้อนุภาคของก๊าซเคลื่อนที่ไปได้ไกลกว่าที่อุณหภูมิต่ำ แต่ก็ทำให้จำนวนอนุภาคต่อปริมาตรของก๊าซที่อุณหภูมิสูง น้อยกว่าจำนวนอนุภาคต่อปริมาตรของก๊าซอุณหภูมิต่ำ โดยที่ระยะทางและเวลาแพร่กระจายเท่า ๆ กัน ดังนั้นจำนวนรอยที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์มเมื่อทดสอบที่อุณหภูมิสูงจึงน้อยกว่าจำนวนรอยบนแผ่นฟิล์มที่อุณหภูมิต่ำ

6.1.2 ผลการศึกษาระยะการแพร่ของก๊าซเรดอนและทอรอนที่อุณหภูมิต่ำ

การวิจัยนี้ใช้เรเดียม-226 ความแรงรังสี 0.148 MBq เป็นต้นกำเนิดก๊าซเรดอนโดยใช้เวลาอบรังสี 2, 3 และ 5 วัน ตามขั้นตอนการวิจัยในข้อ 4.4 ได้ผลการวิจัยตามตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.3 ซึ่งเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยสัมผัสเฉลี่ยของก๊าซเรดอนกับ ระยะทาง เป็นไปตามสมการ

$$y = 96.9220e^{-0.0018x}$$

$$\text{correlation coefficient} = -0.8739$$

โดยในช่วงระยะ 100 เซนติเมตร ความหนาแน่นรอยสัมผัสเฉลี่ยของก๊าซเรดอนลดลงน้อยมากคือที่ระยะ 100 เซนติเมตร จากต้นกำเนิดก๊าซ ความหนาแน่นรอยสัมผัสเฉลี่ยเท่ากับ 82.68 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับฟิล์มแผ่นแรกที่ระยะ 10 เซนติเมตร จากต้นกำเนิดก๊าซเช่นเดียวกัน

ส่วนก๊าซทอรอนนั้นใช้ทอเรียมออกไซด์ 10 กรัมเป็นต้นกำเนิดก๊าซ และใช้เวลาอบรังสี 7, 14 และ 25 วัน ได้ผลการวิจัยตามตารางที่ 5.5 และรูปที่ 5.3 คือ ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยสัมผัสเฉลี่ยของก๊าซทอรอนกับระยะทางเป็นไปตามสมการ

$$y = 106.8525e^{-0.0821x}$$

$$\text{correlation coefficient} = -0.6890$$

โดยจะเห็นว่าที่ระยะ 20 เซนติเมตร จากต้นกำเนิดก๊าซ ความหนาแน่นรอยสัมผัสเฉลี่ยเป็น 33.23 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับฟิล์มแผ่นแรกที่ระยะ 10 เซนติเมตร จากต้นกำเนิดก๊าซ และลดลงเหลือน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ

50 เซนติเมตร ดังนั้นในการออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดก๊าซเรดอนและทอรอน จึงใช้ระยะห่างระหว่างฟิล์มแผ่นล่างกับแผ่นบนเท่ากับ 50 ซม. ขึ้นไป

### 6.1.3 ผลการทดสอบอุปกรณ์ด้วยต้นกำเนิดก๊าซ

การทดสอบอุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างขึ้นตามรูปที่ 4.7 นั้น ได้ใช้แผ่นฟิล์ม NTD ขนาด  $2 \times 3$  เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น ติดที่กรอบติดแผ่นฟิล์มด้านบนและด้านล่างห่างกัน 50 เซนติเมตร มีต้นกำเนิดก๊าซวางอยู่ที่ฐานด้านล่างห่างจากแผ่นฟิล์ม 6.3 เซนติเมตร (รูปที่ 4.8) โดยแผ่นฟิล์มด้านบนจะติดให้ด้านเซลล์โลสในเตรทคว่ำลง ส่วนแผ่นฟิล์มด้านล่างจะติดให้ด้านเซลล์โลสในเตรทหงายขึ้น ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้แผ่นฟิล์มรับรังสีจากต้นกำเนิดโดยตรง รายละเอียดการทดสอบตามข้อ 4.6 ได้ผลการทดสอบตามตารางที่ 5.6 - 5.7 ซึ่งจะเห็นได้ว่า แผ่นฟิล์มที่ตำแหน่งด้านล่างนั้นจำเป็นต้องปรับเทียบความหนาแน่นรอยใหม่ เนื่องจากตามการทดลองหาระยะการแพร่ของก๊าซเรดอนและทอรอนในครั้งแรกนั้น ใช้แผ่นฟิล์มที่ให้ด้านเซลล์โลสในเตรทคว่ำลงรับรังสีซึ่งทำให้สามารถแยกก๊าซเรดอนและทอรอนได้ที่ระยะ 50 เซนติเมตร โดยมีความหนาแน่นรอยสัมพันธ์เป็น 0.6 เปอร์เซ็นต์ โดยการปรับเทียบความหนาแน่นรอยใหม่นี้จะทำให้ได้ค่าคงที่ค่าหนึ่งที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างการบันทึกรอยรังสีที่ใช้แผ่นฟิล์มคว่ำลงและหงายขึ้น ซึ่งมีผลทำให้หาความหนาแน่นรอยสัมพันธ์ของก๊าซได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

กรณีก๊าซเรดอน: จากสมการ  $y = 96.9220e^{-0.0018x}$

เมื่อ  $x = 6.3$  เซนติเมตร;  $y = 95.83$

$x = 56.3$  เซนติเมตร;  $y = 87.58$

ดังนั้น ถ้าให้ความหนาแน่นรอยที่ 6.3 เซนติเมตร จากต้นกำเนิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะห่างออกไปอีก 50 เซนติเมตร (ตำแหน่งแผ่นฟิล์มด้านบน) ความหนาแน่นรอยจะลดลงเหลือ 91.39 เปอร์เซ็นต์

เพราะฉะนั้นเมื่ออาบรังสี 2 วัน ความหนาแน่นรอยของแผ่นฟิล์ม  
ด้านล่างที่คว่ำลงบันทึกรอยอนุภาคจะเป็น

$$\frac{5666 \times 100}{91.39} = 6199.8 \approx 6200$$

และจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างการบันทึกรอยรังสีจากก๊าซเรดอนที่ใช้  
แผ่นฟิล์มคว่ำลงและหงายขึ้นเป็น

$$6200 : 5759 = 1.07$$

และด้วยวิธีการเดียวกันนี้ ก็จะสามารถหาความหนาแน่นรอยจาก  
ก๊าซเรดอนของแผ่นฟิล์มด้านล่างที่คว่ำลงบันทึกรอยอนุภาคเมื่ออาบรังสี 3 วัน ได้  
เป็น 9079 และจะได้ความสัมพันธ์ของการบันทึกรอยรังสีจากก๊าซเรดอนที่ใช้แผ่น  
ฟิล์มคว่ำลงและหงายขึ้นเป็น 1.07 เช่นกัน

กรณีก๊าซทอรอน: จากสมการ  $y = 106.8525e^{-0.0821x}$

$$x = 6.3 \text{ เซนติเมตร}; y = 63.70$$

$$x = 56.3 \text{ เซนติเมตร}; y = 1.05$$

เมื่อให้ความหนาแน่นรอยที่ 6.3 เซนติเมตร จากต้นกำเนิดก๊าซ  
ทอรอนเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ตำแหน่งแผ่นฟิล์มด้านบน ความหนาแน่นรอยจะ  
ลดลงเหลือ 1.65 เปอร์เซ็นต์

เมื่ออาบรังสีจากก๊าซทอรอน 7 วัน ความหนาแน่นรอยของแผ่นฟิล์ม  
ด้านล่างที่คว่ำลงรับรังสีจะเป็น

$$\frac{241 \times 100}{1.65} = 14606.06 \approx 14606$$

ความสัมพันธ์ระหว่างการบันทึกรอยรังสีจากก๊าซทอรอนโดยใช้แผ่นฟิล์ม  
คว่ำลงและหงายขึ้นเป็น

$$14606 : 1059 = 13.8$$

ทำนองเดียวกันเมื่ออาบรังสีจากก๊าซทอรอน 14 วัน สามารถหา  
ความหนาแน่นรอยจากก๊าซทอรอนของแผ่นฟิล์มด้านล่างที่คว่ำลงบันทึกรอย ได้เป็น  
49394 และได้ความสัมพันธ์ของการบันทึกรอยรังสีจากก๊าซทอรอนที่ใช้แผ่นฟิล์ม  
คว่ำลงและหงายขึ้นเป็น 19.3 ซึ่งเมื่อเฉลี่ยกับค่าที่ได้จากการอาบรังสี 7 วัน  
จะเป็น 16.55

#### 6.1.4 ผลการทดสอบอุปกรณ์ด้วยแร่โมนาไซต์และแร่ยูเรเนียม

ใช้แร่โมนาไซต์ 30.00046 กรัม โดยมีเปอร์เซ็นต์ของ  
ทอเรียมและยูเรเนียม 2.36 และ 1.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใช้เวลาอาบ  
รังสี 3 สัปดาห์ และแร่ยูเรเนียม 57.05696 กรัม โดยมีเปอร์เซ็นต์ของ  
ทอเรียมและยูเรเนียม 0.23 และ 0.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใช้เวลาอาบ  
รังสี 1 สัปดาห์ ขั้นตอนการทดลองตามข้อ 4.6 และได้ผลการทดลองตามตาราง  
ที่ 5.8 - 5.9 โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

ศูนย์วิทยุทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## จากตารางที่ 5.6

ตำแหน่งฟิล์ม	ระยะเวลาอบรังสี 2 วัน		ระยะเวลาอบรังสี 3 วัน		ความหนาแน่นรอย ลัมฟัทเจสีย
	ความหนาแน่นรอย	ความหนาแน่นรอย ลัมฟัท	ความหนาแน่นรอย	ความหนาแน่นรอย ลัมฟัท	
ด้านล่าง	5759	100	8496	100	100
ด้านบน	5666	98.39	8297	97.66	98.025

นั่นคือ ความหนาแน่นรอยลัมฟัทที่แผ่นฟิล์มด้านบนจะลดลงเหลือ 98.025 เปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้นสำหรับการทดสอบกับแร่โมนาไซต์

จะได้ความหนาแน่นรอยของก๊าซเรดอน = 135

และความหนาแน่นรอยของก๊าซทอรอน =  $335 - \frac{(135 \times 100)}{98.025} = 197$

ส่วนแร่ยูเรเนียม

จะได้ความหนาแน่นรอยของก๊าซเรดอน = 198

ความหนาแน่นรอยของก๊าซทอรอน =  $361 - \frac{(198 \times 100)}{98.025} = 159$

ดังนั้น การหาปริมาณของก๊าซเรดอนและทอรอนให้ได้ค่าที่ถูกต้อง จึงจำเป็นต้องนำความหนาแน่นรอยลัมฟัทที่ลดลงมาคำนวณหาความหนาแน่นจริงของก๊าซเรดอนที่แผ่นฟิล์มด้านล่างจะทำให้ได้ความหนาแน่นรอยของก๊าซทอรอนที่ถูกต้อง

#### 6.1.5 ผลการทดสอบอุปกรณ์ด้วยการหาความสัมพันธ์ระหว่างความ แรงรังสีกับจำนวนรอยจากก๊าซเรดอน

ขั้นตอนการวิจัยเป็นไปตามข้อ 4.6 โดยใช้เรเดียม-226

ความแรงรังสี 0.037 0.148 และ 0.222 MBq เป็นต้นกำเนิดก๊าซเรดอนและ

ใช้เวลาอาบรังสี 3 วัน ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5.10 และ รูป 5.4 นั้นคือ เมื่อใช้อุปกรณ์ที่ออกแบบนี้ ทดสอบหาความหนาแน่นรอยจากก๊าซเรดอน โดยใช้เรเดียม-226 ที่มีความแรงรังสีต่าง ๆ กัน จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยจากก๊าซเรดอน/วัน กับความแรงรังสีเป็นแบบเส้นตรง โดยเป็นไปตามสมการ

$$y = 1241.37x + 615.76$$

$$\text{correlation coefficient} = 0.9733$$

นั่นคือ ความหนาแน่นรอย/วัน จะเพิ่มขึ้นตามความแรงรังสี ทั้งนี้เนื่องจากเรเดียมที่มีความแรงรังสีมาก จะสลายตัวให้ก๊าซเรดอนออกมามาก ซึ่งก๊าซเรดอนก็จะสลายตัวให้รังสีอัลฟาออกมามากกว่าเรเดียมที่มีความแรงรังสีน้อยๆ ดังนั้น แผ่นฟิล์มที่บันทึกจำนวนรอยรังสีจากเรเดียม-226 ที่มีความแรงรังสี 0.222 MBq จึงมากกว่าจำนวนรอยรังสีจากเรเดียม-226 ความแรงรังสีขนาด 0.148 และ 0.037 MBq ตามลำดับ

#### 6.1.6 ผลการทดสอบอุปกรณ์ภาคสนาม

จากการนำอุปกรณ์ออกทดสอบภาคสนามในพื้นที่ 5 แห่ง ของจังหวัดขอนแก่นโดยฝังอุปกรณ์นี้ในหลุมลึก 70 เซนติเมตร เป็นเวลา 1 เดือน ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5.12 โดยหาปริมาณของก๊าซเรดอนและทอรอนได้ทำนองเดียวกับ 6.1.4 คือต้องพิจารณาถึงค่าความหนาแน่นรอยสัมพันธ์ของก๊าซเรดอนที่ลดลงระหว่างแผ่นฟิล์มด้านล่างและด้านบนด้วย

เช่นที่ รร.ภูเวียงวิทยาคม;

$$\text{ความหนาแน่นของก๊าซเรดอน} = 412$$

$$\text{ความหนาแน่นของก๊าซทอรอน} = 466 - \frac{(412 \times 100)}{98.025} \approx 46$$

และในระหว่างการทดสอบอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงมาก คือ อุณหภูมิลดลงอยู่ในระดับประมาณ 18-20 องศาเซลเซียสในช่วงปลายสัปดาห์แรก และต้นสัปดาห์ที่ 4 ดังนั้นเมื่อครบกำหนดเวลาทดสอบและถอดอุปกรณ์เพื่อนำฟิล์ม

มากัดขยายรอยจึงพบหยดน้ำเกาะที่ฟิล์มและมีราขึ้นตามมุมฟิล์มด้วย ซึ่งหยดน้ำนี้จะไปบังพื้นที่บันทึกรอยของแผ่นฟิล์ม ทำให้บันทึกรอยรังสีจากก๊าซได้น้อยลง

#### 6.1.7 ผลการนับรอยรังสีด้วยสปาร์ค เคาน์เตอร์

การนับรอยรังสีด้วยสปาร์ค เคาน์เตอร์นั้น จะนำแผ่นฟิล์มที่อาบรังสีแล้วไปกัดขยายรอยให้มีขนาดใหญ่พอ และแผ่นฟิล์มบางพอที่จะทำให้เกิดการสปาร์คได้ ซึ่งในการวิจัยนี้ได้นำแผ่นฟิล์มไปกัดขยายรอยในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10% 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 60 นาที จากนั้นจะนำแผ่นฟิล์มไปเจาะรูด้วยแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าไม่เกินแรงดันไฟฟ้าทะลุฟิล์ม จำนวน 2 ครั้ง ซึ่งในที่นี้ใช้แรงดันไฟฟ้า 1000 โวลต์ (จากตารางที่ 5.1) แล้วนับรอยรังสีด้วยแรงดันไฟฟ้า 550 โวลต์ ผลของการนับรอยเป็นไปตามตารางที่ 5.13 คือสามารถนับรอยได้ตั้งแต่ความหนาแน่นรอย 163 จนถึง 746 รอยต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อนำมาเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอยรังสีที่นับได้จากกล้องจุลทรรศน์ และสปาร์คเคาน์เตอร์ได้ผลตามตารางที่ 5.14 และรูปที่ 5.5 คือ จำนวนรอยรังสีที่นับได้จากสปาร์ค เคาน์เตอร์ จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนรอยรังสีที่นับได้จากกล้องจุลทรรศน์ แต่จะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ เมื่อจำนวนรอยจากการนับด้วยกล้องจุลทรรศน์สูงขึ้นตั้งแต่ 30000 รอยต่อตารางเซนติเมตรขึ้นไป เนื่องจากการเจาะรูของสปาร์ค เคาน์เตอร์ จะทำให้อลูมิเนียมฟอยล์ที่ตรงกับรอยรังสีใกล้ ๆ รูที่เจาะนั้นกลายเป็นไอไปด้วย เมื่อนำไปนับรอยก็จะนับเฉพาะรอยที่เจาะทะลุเท่านั้น ทำให้จำนวนรอยที่นับได้เพิ่มขึ้นไม่มาก ในขณะที่ถ้าแผ่นฟิล์มมีจำนวนรายน้อย โอกาสที่อลูมิเนียมฟอยล์ที่ตรงกับรอยรังสีถัดไปก็จะกลายเป็นไอได้น้อย ซึ่งทำให้จำนวนรอยที่นับได้ด้วยการสปาร์คมีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้น

#### 6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ควรศึกษาและเปรียบเทียบผลระหว่างอุปกรณ์วัดชนิดอื่นกับการใช้ NTD ในเรื่องของอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อระยะการแพร่ของก๊าซ เช่นการใช้หัววัดเซอร์เฟซ แบรีเออร์ และอัลฟามีเตอร์

6.2.2 การใช้อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างขึ้นนี้ในห้องปฏิบัติการโดยปิดรอยต่อทุกส่วนของอุปกรณ์เป็นอย่างดีไม่ให้ก๊าซรั่วไหลออกมาภายนอก จะสามารถนำ



ไปใช้วิเคราะห์หาปริมาณยูเรเนียมและทอเรียมในแร่ได้ โดยทำการเปรียบเทียบ จากความหนาแน่นรอยที่เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ ของยูเรเนียมและทอเรียมแล้วเทียบ ค่าความหนาแน่นรอยที่วัดได้จากแร่กับกราฟเปรียบเทียบ

แต่ถ้านำอุปกรณ์ไปใช้ในภาคสนาม จะไม่สามารถปิดรอยต่อ ของท่ออุปกรณ์เพื่อไม่ให้ก๊าซรั่วไหลได้เหมือนใช้ในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงอาจ พบปัญหาเกี่ยวกับอภินิหารของลม ซึ่งจะมีผลต่อระยะการแพร่ของก๊าซ ในกรณีนี้อาจ ทดลองใช้วัสดุอื่นมาวางไว้ด้านล่างของท่ออุปกรณ์ชิ้นหนึ่งก่อนที่จะให้ก๊าซแพร่มายัง ฟิล์มโดยตรง จะทำให้ก๊าซเคลื่อนที่ได้ช้าลง และระยะการแพร่ของก๊าซก็น้อยลง ด้วย ซึ่งจะสามารถแก้ปัญหาเรื่องลม และออกแบบอุปกรณ์ให้มีขนาดนำพาได้ สะดวกขึ้น

6.2.3 เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดหยดน้ำขึ้นบนแผ่นฟิล์ม ซึ่งจะมีผลต่อการ บันทึกรายงานรอยรังสี อาจใช้สารดูดความชื้น เช่น ซิลิกา เจล (silica gel) ใส่ไว้ด้านบนของท่อหรือติด electrical heater<sup>(25)</sup> ด้วย นอกจากนั้นการ ทดลองติดแผ่นฟิล์มในแนวตั้งอาจจะสามารถช่วยแก้ปัญหาเรื่องหยดน้ำได้ รวมทั้ง การแก้ปัญหาค่าความสัมพัทธ์ระหว่างการบันทึกการรอยรังสีในท่ออุปกรณ์ด้วยการคว่ำ ฟิล์มและหงายฟิล์ม

6.2.4 เพื่อให้การเปรียบเทียบความหนาแน่นรอยที่นับได้จากกล้อง จุลทรรศน์และสปาร์ค เคาน์เตอร์ ถูกต้องยิ่งขึ้น ควรแบ่งแผ่นฟิล์มที่บันทึกการรอย รังสีแล้วเป็น 2 ส่วน โดยส่วนหนึ่งนำไปกักขยายรอยในสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ 10% ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 40 นาที ซึ่งเป็น เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการนับรอยด้วยกล้องจุลทรรศน์และอีกส่วนหนึ่งนำไปกัก ขยายรอยในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10% 65 องศาเซลเซียส เวลา 40 นาที ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมของการนับรอยด้วยสปาร์ค เคาน์เตอร์<sup>(28)</sup>