

ชื่อผลงาน: การวิเคราะห์ปริมาณสารองค์ประกอบในดินดำ

เจ้าของผลงาน/สังกัด: กองวิชาเคมี ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

ประเภทผลงาน: งานวิจัย

ข้อมูลเกี่ยวกับผลงาน:

งานวิจัยนี้มีเป็นการศึกษาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารองค์ประกอบในดินดำ โดยการสกัดด้วยตัวทำละลายคือ น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ (CS₂) ปริมาณสารองค์ประกอบในดินดำเมื่อใช้ดินดำมาตรฐานสูตรโพแทสเซียมไนเตรด : ถ่าน : กำมะถัน = ๗๕ : ๑๕ : ๑๐ โดยมวล จากการทดลองพบว่าวิธีดังกล่าวสามารถนำมาใช้หาปริมาณสารองค์ประกอบในดินดำมาตรฐานได้ดังนี้สูตร โพแทสเซียมไนเตรด : ถ่าน : กำมะถัน = ๗๑ : ๑๙ : ๑๐ โดยวิธีดังกล่าว มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลอง ๓ ครั้ง สำหรับการหาปริมาณของสารโพแทสเซียมไนเตรด = ๐.๑๖๙๑ , ถ่าน = ๐.๕๖๕๔ และ กำมะถัน = ๐.๑๐๒๙ และพบว่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนของการหาปริมาณของสาร โพแทสเซียมไนเตรด = ๕.๘๐% , ถ่าน = ๒๕.๙๑% และ กำมะถัน = ๐.๘๕๔% เมื่อนำวิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารองค์ประกอบในดินดำไปใช้หาปริมาณสารองค์ประกอบชนิดต่างๆ ในดินดำ ตัวอย่าง หมายเลข ๓๓๗/๔๒ ของกองโรงงานวัตถุประสงค์ศูนย์อุตสาหกรรม กรมสรรพาวุธทหารบก จ.พระนครศรีอยุธยา (กวรป.ศอ.สพ.ทบ.) พบว่ามีปริมาณ โพแทสเซียมไนเตรด : ถ่าน : กำมะถัน = ๗๔.๑๖ : ๙.๗๘ : ๑๕.๑๙ ตามลำดับ

ลักษณะของผลงาน:

ศึกษาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารองค์ประกอบในตัวอย่างดินดำมาตรฐานจากกองโรงงานวัตถุประสงค์ศูนย์อุตสาหกรรมสรรพาวุธกรมสรรพาวุธทหารบก และตัวอย่างดินดำที่ไม่ทราบปริมาณสารองค์ประกอบได้

ความสัมฤทธิ์:

จากการทดลองสามารถใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายโดยใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์หาปริมาณองค์ประกอบต่างๆ ในดินดำมาตรฐานหมายเลข ๓๓๖/๔๒ ได้ดังนี้ โพแทสเซียมไนเตรด : ถ่าน : กำมะถัน = ๗๑ : ๑๙ : ๑๐ โดย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ ๓ ครั้ง สำหรับการหาปริมาณโพแทสเซียมไนเตรด ถ่าน และ กำมะถัน มีค่า ๐.๑๖๙๑, ๐.๕๖๕๔ และ ๐.๑๐๒๙ ตามลำดับ นอกจากนี้ค่าความคลาดเคลื่อนสำหรับการหาปริมาณ โพแทสเซียมไนเตรด ถ่าน และ กำมะถัน มีค่า ๕.๘๐% , ๒๕.๙๑ และ ๐.๘๕๔ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถหาร้อยละขององค์ประกอบต่างๆ ในดินดำตัวอย่างหมายเลข ๓๓๗/๔๒ ได้ดังนี้ โพแทสเซียมไนเตรด : ถ่าน : กำมะถัน = ๗๔.๑๖ : ๙.๗๘ : ๑๕.๑๙

ความภูมิใจ:

ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบต่างๆ ในดินดำ ซึ่งกองโรงงานวัตถุระเบิด ศูนย์อุตสาหกรรมสรรพาวุธ กรมสรรพาวุธทหารบก สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคตได้ เนื่องจากปัญหาการนำดินดำมาใช้งานในปัจจุบัน คือ การที่ไม่มีวิธีทดสอบการหาปริมาณองค์ประกอบของดินดำว่าเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ ทำให้ไม่สามารถอธิบายเหตุผลเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นภายหลังจากนำดินดำไปใช้งาน นอกจากนี้ยังได้เพิ่มพูนทักษะและประสบการณ์ในการทำวิจัย กระบวนการแก้ปัญหาและกระบวนการวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล ซึ่งสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในอนาคตได้

การวิเคราะห์ปริมาณสารองค์ประกอบในดินดำ

๑. ความเป็นมาของโครงการ

หน่วยงานในกองทัพบก คือ กองโรงงานวัตถุระเบิด ศูนย์อุตสาหกรรมสรรพาวุธ กรมสรรพาวุธทหารบก (กврบ.ศอ.สพ.ทบ.) เป็นหน่วยงานที่มีการผลิตดินดำ (Black powder) เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้แก่ ทำชนวนเวลา (Time fuse) ทำดินจุดสำหรับงานทางด้านไฟโรเทคนิค เป็นต้น แต่ปัญหาการนำดินดำมาใช้งานในปัจจุบัน คือ การไม่ทราบปริมาณองค์ประกอบของดินดำว่าเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ ทำให้ไม่สามารถอธิบายเหตุผลเมื่อดินดำที่นำไปใช้งานมีปัญหาเกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะหน่วยงานดังกล่าว ยังไม่มีวิธีทดสอบเพื่อหาปริมาณองค์ประกอบต่างๆ ที่เป็นส่วนผสมในดินดำ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบในดินดำ เพื่อให้สามารถนำวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบในดินดำไปใช้งานในอนาคตจะเป็นประโยชน์ต่อกврบ.ศอ.สพ.ทบ. ต่อไป

ในปัจจุบันกองทัพบกของประเทศไทยได้มีการพัฒนาศักยภาพทางทหาร ในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านบุคลากรหรืออาวุธยุทโธปกรณ์ให้มีความทันสมัยทัดเทียมกับประเทศต่างๆ นับว่าศักยภาพด้านอาวุธยุทโธปกรณ์เป็นศักยภาพซึ่งแสดงให้เห็นถึงอำนาจทางการทหารของประเทศ ในการจัดซื้ออาวุธยุทโธปกรณ์ ต่างๆต้องจัดซื้อจากต่างประเทศซึ่งต้องใช้งบประมาณจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นรถยนต์เกราะ รถถัง ปืนใหญ่ อาวุธประจำกาย จำพวกปืนเล็กยาวชนิดต่างๆและระเบิด อาจจะมีพูดได้ว่าศักยภาพอาวุธยุทโธปกรณ์เป็นเสมือนอำนาจต่อรองทางการทหารกับประเทศต่างๆ และจากเหตุการณ์ในพื้นที่ความไม่สงบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ที่ได้มีการนำระเบิดแสวงเครื่องมาใช้ก่อการร้าย ก่อความไม่สงบขึ้น ศาสตร์ด้านนี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ควรจะมีการศึกษาอย่างจริงจัง

การศึกษาด้านอาวุธยุทโธปกรณ์และเคมีวัตถุระเบิดในประเทศไทย ปัจจุบันสถาบันการศึกษาไม่ได้มีการส่งเสริมเท่าที่ควร แม้แต่สถาบันการศึกษาทางทหารก็ไม่ได้รับการส่งเสริมให้ศึกษาศาสตร์ในด้านนี้ อาจเป็นเพราะว่า การศึกษาศาสตร์ในด้านนี้เป็นศาสตร์เฉพาะด้าน ที่มีการทดลองที่อันตราย นับเป็นความโชคดีที่ในปัจจุบันกองทัพบกได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในศาสตร์ด้านนี้ ได้มีการส่งเสริมให้มีการศึกษา ด้านเคมีวัตถุระเบิดโดยให้มีการเปิดการเรียนการสอนสาขาเคมีประยุกต์ทางทหารของกองวิชาเคมี ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ในรายวิชาเคมีวัตถุระเบิดได้มีการสอนปฏิกิริยาต่างๆในการระเบิด และส่วนประกอบทางเคมีของสารที่นำมาทำระเบิด รวมถึงการทำระเบิดแสวงเครื่องอย่างง่าย ซึ่งถือว่าการเรียนวิชานี้เป็นจุดเริ่มต้นของการทำวิจัยนี้

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบในดินดำ โดยได้รับดินดำมาจาก กврบ.ศอ.สพ.ทบ. จ.พระนครศรีอยุธยา โดยเริ่มศึกษาจากการค้นคว้า ทดลอง หาดัวทำลายที่สามารถสกัดส่วนประกอบแต่ละชนิดของดินดำออกมาให้เหมาะสมที่สุด จากนั้นหาวิธีการทำการทดลอง เพื่อแยกส่วนประกอบและหาปริมาณร้อยละของส่วนประกอบในดินดำ

๒. ดินดำ

ดินดำผลิตขึ้นครั้งแรกที่ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน เพื่อใช้ทำดอกไม้ไฟ ในคริสต์ศตวรรษที่ ๑๒ ดินดำสามารถทำได้ง่าย รวดเร็ว แต่มีความปลอดภัยต่ำและให้พลังงานไม่สูง ประมาณ ๔๔% ของดินดำถูกเปลี่ยนไปเป็นแก๊สร้อนเมื่อเกิดการลุกไหม้ ส่วนที่เหลือถูกเปลี่ยนไปเป็นอนุภาคของแข็งขนาดเล็ก ปัญหาที่สำคัญของดินดำคือสามารถจุดตัวได้ด้วยไฟฟ้าสถิตย์ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตดินดำต้องทำด้วยไม้หรือดินเผา

ดินดำมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า ดินปืน (Gun Powder) ซึ่งเป็นส่วนผสมของ Potassium Nitrate (Salpetre) (KNO_3) กำมะถัน(S) และถ่าน (C) หลังจากดินดำถูกผลิตได้แล้ว ความรู้ดังกล่าวได้แผ่เข้าไปทางเอเชียตอนกลางและเข้าไปในยุโรปโดยชาวอาหรับประมาณกลางคริสต์ศตวรรษที่ ๑๓ จากเอกสารที่เขียนไว้ในต้นคริสต์ศตวรรษที่ ๑๓ ส่วนผสมของสารที่เรียกว่า “Flying Fire” มีส่วนผสมโดยน้ำหนักดังนี้ Salpetre ๒ ส่วน, Resin ๑ ส่วน และ Sulphur ๑ ส่วน

ในคริสต์ศักราช ๑๒๔๙ Roger Bacon ได้เขียนอธิบายถึงส่วนผสมของดินดำดังนี้ Salpetre ๔๑ ส่วน, Charcoal ๒๙.๕ ส่วน และ Sulphur ๒๙.๕ ส่วน

ในระหว่างปี คริสต์ศักราช ๑๓๔๐-๑๓๔๘ มีการตั้งโรงงานผลิตดินดำขึ้นในยุโรป ส่วนผสมโดยน้ำหนักของดินดำที่ใช้ในคริสต์ศตวรรษที่ ๑๔ มีดังนี้ Salpetre ๖๗ ส่วน, Charcoal ๑๖.๕ ส่วน และ Sulphur ๑๖.๕ ส่วน

สำหรับการเรียกชื่อของดินดำในแต่ละยุคสมัยจะแตกต่างกันไป ดินดำนำมาใช้งานเหมือนวัตถุระเบิดแรงสูง เช่น ในปี ค.ศ. ๑๕๔๘ และ ค.ศ. ๑๕๗๒ ใช้งานทางด้านวิศวกรรมโยธาในการทำเหมืองและขุดคลอง ในปี ค.ศ. ๑๖๒๗ ฮังการีใช้ดินดำเพื่อการระเบิดถ่านหินชนิดแข็ง (Hard Coal) ค.ศ. ๑๖๙๖ สวิสเซอร์แลนด์ ใช้ดินดำในการขยายถนน

โดยสรุปแล้วดินดำที่ใช้งานทางด้านวิศวกรรมได้แก่ ใช้งานในเมือง การทำถนน การสร้างเขื่อน การปรับปรุงภูมิประเทศ เป็นต้น

๒.๑ องค์ประกอบของดินดำ (Composition of Black Powder)

ดินดำที่รู้จักและใช้กันเป็นส่วนมาก เรียกว่าดินดำมาตรฐาน (Standard Black Powder) มีส่วนผสมโดยน้ำหนักดังต่อไปนี้

โพแทสเซียมไนเตรด (KNO_3)	๗๕%
ถ่าน (C)	๑๕%
กำมะถัน (S)	๑๐%

โดยการผสมสารทั้งสามชนิดนี้ด้วยอัตราส่วนต่างๆ จะทำให้ได้ดินดำที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งานแตกต่างกันไป โดยการจำแนกประเภทการใช้งานดินดำขึ้นอยู่กับส่วนผสมขององค์ประกอบต่าง ๆ ดังตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ อัตราส่วนของสารผสมที่มีผลต่อการใช้งานดินดำ

ชนิดของดินดำ	โพแทสเซียมไนเตรด (%)	กำมะถัน (%)	ถ่าน (%)	ลักษณะเฉพาะและการนำไปใช้
ผงดินดำ	๖๐ ~ ๗๐	๑๕ ~ ๒๕	๑๐ ~ ๒๐	ลักษณะเป็นเม็ดผงละเอียดที่มีขนาดเม็ด ต่ำกว่า ๐.๑ mm ใช้ทำสายชนวนโดยจะบรรจุลงในตรงกลางของสายชนวน
ดินดำที่ใช้ในเหมืองแร่	๖๐ ~ ๗๐	๑๐ ~ ๒๐	๑๐ ~ ๒๐	เกิดจากผงดินดำ มารวมกันลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ ๒~๖ mm ใช้สำหรับงานระเบิดหินในเหมืองต่างๆ
ดินดำที่ใช้ในกระสุนลูกปราย (ใช้ในปืนแก๊ป)	๗๔ ~ ๘๐	๘ ~ ๑๒	๑๐ ~ ๑๖	ได้จากการใช้เครื่องมืออัดผสมดินดำให้แน่นแล้วนำมาบดให้เป็นเม็ดละเอียด มีส่วนผสมของแกรไฟต์เพื่อให้เม็ดมีความลื่นมัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดประมาณ ๐.๔~๑๐๒2 mm ใช้ทำเป็นดินขั้กระสุนในปืนแก๊ป
ดินดำเม็ดเล็ก	๗๔ ~ ๘๐	๘ ~ ๑๒	๑๐ ~ ๑๖	วิธีการผลิตเป็นวิธีเดียวกันกับการผลิตดินดำที่ใช้ในกระสุนลูกปราย เม็ดที่บดได้จะมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กแข็ง ความหนาแน่นสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดประมาณ ๐.๔ ~ ๑.๒ mm ส่วนใหญ่จะใช้ทำเป็นดินจุดในพลุควีน ดอกไม้เพลิงต่างๆ

๒.๒ ประโยชน์ของดินดำ

ดินดำสามารถนำไปใช้ประโยชน์หลายอย่าง แบ่งลักษณะของการนำไปใช้ได้ ๓ ประเภท

๑) ใช้เป็นดินระเบิดหรือดินขับ ได้แก่ ใช้เป็นดินระเบิด (Bursting Charge) ในกระสุนเพลิงและกระสุนส่องแสง (Incendiary and Star Shell) ใช้เป็นดินขับ (Expelling Charge) ในลูกกระสุนแตกอากาศ (Shrapnel Shell) ใช้เป็นดินระเบิดฝึก (Practice Ammunition) ดินแสดงตำแหน่งกระสุนตก (Spotting Charge) เป็นต้น

๒) ใช้ดินดำทำชนวนได้แก่ ชนวนเวลา (Time Fuse) ชนวนฝักแค (Safety Fuse) เป็นต้น

๓) ใช้ดินดำเพื่อเป็นดินจุด ได้แก่ ใช้ดินดำทำเป็นดินจุดสำหรับจุดดินควันน้อยและไพโรเทคนิค เป็นต้น นอกจากนี้ในเชื้อปะทุชนวนหรือดินขยายระเบิดบางชนิด ก็มีดินดำใช้เป็นส่วนผสม

นอกจากจะแบ่งการใช้ชนิดของดินดำดังกล่าวแล้วในสมัยโบราณยังใช้ดินดำช่วยในการทำฝนเทียมอีกด้วย กล่าวคือ ผสมดินดำ ๑๕ กรัม กับ AgI ๑.๕% โดยมวลแล้วส่งส่วนผสมดังกล่าวขึ้นไปในอากาศด้วยบอลลู่น แล้วให้ส่วนผสมดังกล่าวระเบิดกลางอากาศช่วยให้ AgI กระจายตัวเป็นผลให้อไอน้ำรวมตัวกันจนเกิดฝนตก

๓. ผลการทดลอง

การทดลองหาวิธีวิเคราะห์ปริมาณสารองค์ประกอบในดินดำโดยใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายนั้นได้แบ่งการทำวิจัยค้นคว้าเป็น ๓ ตอน ดังนี้

ตอนที่ ๑ การทดสอบความสามารถในการละลายของผงกำมะถันในตัวทำละลายโทลูอีน (Toluene) และคาร์บอนไดซัลไฟด์ (Carbon disulfide; CS₂) เป็นการทดลองเพื่อหาตัวทำละลายที่ดีที่สุดในการสกัดผงกำมะถันออกจากดินดำ โดยนำกำมะถัน ๑๐ กรัม มาทดสอบหาความสามารถในการทำละลายของตัวทำละลาย ๒ ชนิด คือ คาร์บอนไดซัลไฟด์ และ โทลูอีน โดยใช้ตัวทำละลายปริมาณเท่าๆกัน ดังแสดงในตารางที่ ๒

ตารางที่ ๒ ผลการทดสอบความสามารถในการละลายของผงกำมะถันในตัวทำละลายคาร์บอนไดซัลไฟด์และโทลูอีน

ปริมาณตัวทำละลายที่ใช้	คาร์บอนไดซัลไฟด์	Toluene
๔ มล	กำมะถันละลายได้ดีมาก	กำมะถันไม่ละลาย
๑๐ มล	กำมะถันละลายหมดและคาร์บอนไดซัลไฟด์ ระเหยแยกออกจากกำมะถันเร็วมาก	กำมะถันละลายได้น้อย เมื่อเทียบกับ คาร์บอนไดซัลไฟด์

ตอนที่ ๒ การศึกษาวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบในดินดำมาตรฐานโดยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ และ CS₂ เป็นการศึกษาว่าวิธีดังกล่าวเมื่อนำไปใช้หาปริมาณสารองค์ประกอบในดินดำมาตรฐานซึ่งเป็นดินดำที่ทราบปริมาณสารองค์ประกอบในดินดำว่า ผลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีดังกล่าวให้ผลแตกต่างจากปริมาณสารองค์ประกอบที่มีอยู่ในดินดำมาตรฐานอย่างไร โดยจะรายงานผลเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ และค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของวิธีการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ ๔ และ ๕ (ดินดำมาตรฐานที่นำมาใช้ในการศึกษามีปริมาณสารองค์ประกอบ โปแทสเซียมไนเตรด : กำมะถัน = ๗๕ : ๑๕ : ๑๐ โดยมวล)

ตารางที่ ๔ ปริมาณ %ความชื้น, % โปแทสเซียมไนเตรด, % กำมะถัน และ % ถ่าน ของดินดำมาตรฐานรหัส ๓๓๖/๔๒

	%ความชื้น	โปแทสเซียมไนเตรด (%)	กำมะถัน(%)	ถ่าน (%)
ครั้งที่ ๑	๒.๑๓	๗๐.๗๓๗๒	๙.๙๘๓๔	๑๙.๑๘๑๐
ครั้งที่ ๒	๒.๑๐	๗๐.๗๕๓๖	๙.๙๖๒๕	๑๘.๕๑๙๔
ครั้งที่ ๓	๗.๒๕	๗๐.๔๕๔๓	๙.๗๙๕๖	๑๘.๙๖๖๔
ร้อยละจากค่าเฉลี่ย	๓.๓๘	๗๐.๖๔๘๔	๙.๙๑๓๘	๑๘.๘๘๘๙

ตารางที่ ๕ ค่าเฉลี่ยของ % โปแทสเซียมไนเตรด, % กำมะถัน และ % ถ่าน ของดินดำมาตรฐานรหัส ๓๓๖/๔๒ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์หาปริมาณสารองค์ประกอบแต่ละชนิดจากการวิเคราะห์ ๓ ครั้ง และค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์หาปริมาณสารองค์ประกอบแต่ละชนิด

	โปแทสเซียมไนเตรด (%)	กำมะถัน(%)	ถ่าน (%)
ปริมาณองค์ประกอบตามสูตรมาตรฐาน	๗๕	๑๐	๑๕
ปริมาณที่หาได้จากผลการวิเคราะห์	๗๐.๖๔๘๖	๙.๙๑๔๖	๑๘.๘๘๗๔
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ ๓ ครั้ง (SD)	๐.๑๖๙๑	๐.๑๐๒๙	๐.๕๖๕๕
ร้อยละความคลาดเคลื่อน (%Error)	๕.๘๐	๐.๘๕	๒๕.๙๑

ตอนที่ ๓ การหาปริมาณองค์ประกอบในดินดำตัวอย่าง เป็นการนำวิธีการทดลองหาปริมาณสารองค์ประกอบในดินดำมาตรฐานโดยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ จากตอนที่ ๒ มาใช้เป็นวิธีการหาสารองค์ประกอบในดินดำตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ ๖

ตารางที่ ๖ ปริมาณ % ความชื้น, % โพแทสเซียมไนเตรด, % กำมะถัน และ % ถ่าน ของดินดำตัวอย่างหมายเลข ๓๓๗/๔๒

	% ความชื้น	% โพแทสเซียมไนเตรด	% กำมะถัน	% ถ่าน
ครั้งที่ ๑	๓.๕๕	๗๔.๓๘๖๔	๙.๘๒๘๐	๑๔.๗๘๓๓
ครั้งที่ ๒	๒.๕๖	๗๔.๐๙๕๕	๙.๘๒๔๙	๑๕.๐๙๕๘
ครั้งที่ ๓	๒.๘๔	๗๔.๐๐๓๐	๙.๗๐๔๑	๑๕.๗๗๘๐
ค่าเฉลี่ย	๒.๙๘	๗๔.๑๖๑๖	๙.๗๘๕๗	๑๕.๒๑๙๐

๔. สรุปผลการวิจัย

๑. สามารถใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายโดยใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำและ Carbon disulfide หาปริมาณองค์ประกอบต่างๆ ในดินดำมาตรฐานหมายเลข ๓๓๖/๔๒ ได้ดังนี้ โพแทสเซียมไนเตรด : ถ่าน : กำมะถัน = ๗๑ : ๑๙ : ๑๐ โดย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ ๓ ครั้ง สำหรับการหาปริมาณ โพแทสเซียมไนเตรด ถ่าน และ กำมะถัน มีค่า ๐.๑๖๕๑, ๐.๕๖๕๔ และ ๐.๑๐๒๙ ตามลำดับ นอกจากนี้ค่าความคลาดเคลื่อนสำหรับการหาปริมาณ โพแทสเซียมไนเตรด ถ่าน และ กำมะถัน มี ๕.๘๐%, ๒๕.๙๑ และ ๐.๘๕๔ ตามลำดับ

๒. สามารถหาร้อยละขององค์ประกอบต่างๆ ในดินดำตัวอย่างหมายเลข ๓๓๗/๔๒ ได้ดังนี้ โพแทสเซียมไนเตรด : ถ่าน : กำมะถัน = ๗๔.๑๖ : ๙.๗๘ : ๑๕.๑๙

๕. วิจัยผลการทดลอง

๑. ต้องใช้เวลาในการทำการอบแห้งดินดำเพื่อไล่ความชื้น โดยใช้เครื่องอบ อุณหภูมิ ๑๐๐ องศาเซลเซียส ระยะเวลา ๖ ชั่วโมง จะสามารถไล่ความชื้นในดินดำทำให้น้ำหนักดินดำคงที่

๒. ควรใช้ คาร์บอนไดออกไซด์ ในการสกัด กำมะถัน ด้วยตัวทำละลายมากกว่าโทลูอีน เพราะว่าทำละลายได้ดีกว่า แต่มีข้อจำกัดคือ คาร์บอนไดออกไซด์ นั้นสามารถระเหยเร็วมาก ควรที่จะใช้เวลาในการสกัดด้วยตัวทำละลายให้รวดเร็ว

๖. บรรณานุกรม

ประเวทย์ มงคลศิริ, ๒๕๔๘. ตำราเคมีวัตถุระเบิด. ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
 Urbanski, T. *Chemistry and technology of explosives vol.1-4*, Technical University Poland.
 New York, 1986.

Kosanke. *Pyrotechnic Chemistry* , Whitewater, 1997