96

รายงานการวิจัย

การศึกษาทางคุณภาพวิเคราะห์หาแร่ธาตุบางชนิดในดินที่เพาะปลูกฝิ่น

QUALITATIVE STUDY OF SOME ELEMENTS IN OPIUM CULTIVATED SOILS

631.417
พ249ร

โดย

รศ. พรพิมล ม่วงไทย
อ. นิรันดร์ บุญอิงเพริศพงศ์

631.417
W249

บทคัดย่อ

การศึกษาทางคุณภาพวิเคราะห์หาแร่ธาตุบางชนิดในดินที่เพาะปลูกฝิ่น ด้วยการใช้เทคนิคเซมิไมโคร จากการทดลองนี้ได้ทำการตรวจสอบกับดินที่เพาะปลูกฝิ่นที่เก็บตัวอย่างจากบริเวณสามเหลี่ยมทองคำ จากจังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ตาก เชียงราย น่าน พบว่าสามารถตรวจพบไอออนบวกที่บริเวณต่าง ๆ ได้แก่ Al^{3+} Fe^{3+} Cu^{2+} Ca^{2+} Na^{+} K^{+} Pb^{2+} และ ic ตรวจพบไอออนลบ ดังนี้ Cl^{-} NO_3^{-} และ PO_4^{3-} ชนิดไอออนที่ตรวจพบในดินแต่ละแหล่งคล้ายคลึงกันแตกต่างกันบ้างตรงไอออนบางชนิด พอสรุปผลการตรวจสอบได้ว่า การนำเทคนิคเซมิไมโครมาตรวจสอบกิบดินสามารถจะตรวจสอบได้พบไอออนบางชนิด แต่บางชนิดก็ไม่สามารถตรวจพบ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความจำกัดของเทคนิคที่ใช้ ไม่ว่องไวเท่าที่ควร และปริมาณแร่ธาตุชนิดนั้น ๆ มีในดินมีน้อยเกินไป ชนิดของโลหะที่ตรวจพบนี้นับว่าเป็นโลหะมีที่ปริมาณค่อนข้างมากในดิน

23 ส.ค. 2540

63827

ฝ่ายวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาทางคุณภาพวิเคราะห์หาแร่ธาตุบางชนิดในดินที่เพาะปลูกฝิ่น

Qualitative study of some elements in opium cultivated soils

บทนำ

ฝิ่นเป็นยาเสพติดชนิดหนึ่งที่มนุษย์ได้รู้จักนำมาใช้ในการสังเคราะห์ยาเสพติดที่รุนแรง คือ เฮโรอิน ทั้งนี้เพราะในฝิ่นประกอบด้วยอัลคาลอยด์หลายชนิด แต่ที่สำคัญที่สุดคือ มอร์ฟิน ซึ่งเป็นสารที่สามารถนำไปสังเคราะห์ต่อได้เฮโรอิน ฝิ่นนับเป็นต้นเหตุใหญ่แห่งปัญหายาเสพติดที่แพร่ระบาดในปัจจุบัน แม้ในปัจจุบันจะมีการปราบปรามจับกุม ห้ามการเพาะปลูก หรือแม้แต่มีการสนับสนุนให้ปลูกพืชเศรษฐกิจอื่นทดแทนก็ตาม แต่ก็พบว่ายังมีการแพร่กระจายของยาเสพติดตามแหล่งต่าง ๆ บริเวณที่เป็นพื้นที่ลักลอบปลูกฝิ่นในภาคเหนือของประเทศไทยได้มีการถูกสำรวจรวมทั้งหาผลิตผลฝิ่นเฉลี่ยต่อไร่ นอกจากนี้ได้มีการศึกษาถึงองค์ประกอบแวดล้อมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตฝิ่นซึ่งได้แก่ สภาพภูมิประเทศ สภาพอากาศ ลักษณะดิน ความหนาแน่นของต้นฝิ่น ขนาดกะเปาะฝิ่น เป็นต้น

การพิจารณาถึงผลผลิตฝิ่นนั้นเป็นการพิจารณาจากปริมาณน้ำหนักของผลผลิตที่ได้ ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยละเอียดแล้วพบว่า สิ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่งคือ การศึกษาคุณภาพฝิ่น ซึ่งหมายถึง ปริมาณ (%) ของมอร์ฟินที่มีอยู่ในฝิ่น นอกจากนี้ยังพบว่าในฝิ่นยังมีอัลคาลอยด์อื่น ๆ ได้แก่ โคเดอีน (codeine) เทบาอีน (Thebaine) นาร์โคตีน (narcotine) และพาพาเวอร์รีน (papaverine) ซึ่งลักษณะองค์ประกอบทางเคมีทั้งชนิด ปริมาณอัลคาลอยด์ของฝิ่นเหล่านี้จะมีลักษณะเฉพาะและมีความแตกต่างไปตามแหล่งผลิต ตามภูมิประเทศ ดังนั้นคุณภาพฝิ่นอาจจะขึ้นกับปริมาณแร่ธาตุในดินที่ใช้เพาะปลูกฝิ่น ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณแร่ธาตุในดินที่ใช้เพาะปลูกฝิ่น ที่อาจมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณองค์ประกอบของอัลคาลอยด์ที่สำคัญ ซึ่งจะเป็นข้อมูลทางการศึกษาประเภทหนึ่ง ที่อาจส่งผลถึงการพิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปถึงแหล่งที่มาของฝิ่นนั้น ๆ ได้

สำหรับการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับดินที่ใช้เพาะปลูกฝิ่น หรือฝิ่นเอง นั้นยังไม่ค่อยแพร่หลาย เนื่องจากอุปสรรคหลาย ๆ ด้าน จึงทำให้จำกัดการค้นคว้า แต่จากการรวบรวมข้อมูลพบว่าได้เคยมีการศึกษาและวิเคราะห์หาธาตุปริมาณน้อยในฝิ่น และดิน จากแหล่งเพาะปลูกทางเหนือโดยใช้เทคนิคนิวตรอนแอคติเวชั่น[1] นอกจากนี้ก็ยังมีรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับดิน

แต่เป็นดินทั่ว ๆ ไป โดยการพัฒนาวิธีการตรวจสอบ ได้แก่ I,J cooke และ J.Hislop ได้ตรวจสอบหา P ในดิน ปี 1978 G.E.Peck,N.H. Vittum,M.T. ได้วิเคราะห์หา Ca,K,Mg และ P ด้วยเทคนิค AAS โดยใช้ ammonium acetate acetic acidเป็นตัวสกัดก่อนจะนำไปวัดด้วยเครื่อง AA นอกจากนี้ก็ยังมีรายงานการตรวจสอบโลหะต่าง ๆ ด้วยเทคนิคอื่น ๆ เช่น อัลตราไวโอเลตวิสเปิลสเปกโทรเมตรี ในรายงานปี ค.ศ.1983 Zhang. Cuilan and liang Wei ก็ทำการวิเคราะห์ K และ Na ในดินด้วยเทคนิค AAS ก็ใช้ ammonium acetate เป็นตัวสกัด ปี 1989 Yi · J:Xu.Y-Fenxi ได้ตรวจหา AS ในดินด้วยการใช้ cold vapour Technique ปี 1990 ก็มี Singh PP,Chanla R.P. วิเคราะห์หา Organochloriae ในดิน

หลักการการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเซมิไมโคร (semi-micro technique) นั้นเป็นการวิเคราะห์สารในขนาดไม่เกิน 1 กรัม มาทำการตรวจสอบ ซึ่งให้ข้อดีคือไม่สิ้นเปลืองสารตัวอย่าง สารเคมีมากจนเกินไป ราคาในการวิเคราะห์และทราบผลขณะตรวจได้ในทันที แต่ข้อเสียก็คือ ถ้าสารตัวอย่างมีปริมาณโลหะในระดับต่ำมาก ๆ ก็ไม่สามารถตรวจสอบได้เช่นกัน

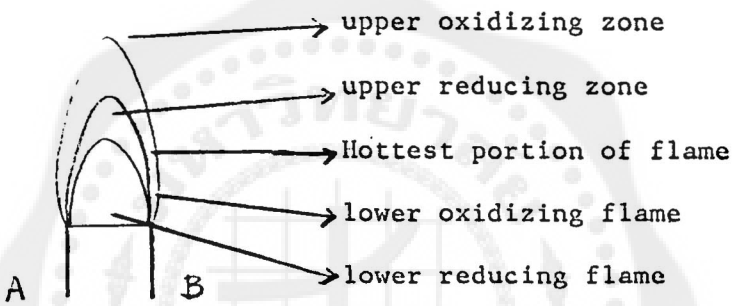
ขั้นตอนการตรวจสอบด้วยเทคนิคเซมิไมโคร ในการทดลองนี้แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. การตรวจสอบด้วยเปลวไฟ (flame test) หรือ Dry test
2. การตรวจสอบด้วยปฏิกิริยาตกตะกอนเฉพาะ
3. การตรวจทดสอบเพื่อยืนยันผลในกรณีสงสัยบางครั้ง ด้วยปฏิกิริยาจำเพาะ (specificity test) ในที่นี้จะขอกล่าวถึงแต่ละขั้นตอน

การทดสอบ Dry test

การทดสอบขั้นนี้จะทำก่อนการละลายสารตัวอย่าง สามารถกระทำโดยให้ความร้อนแก่สารตัวอย่างโดยตรงเพื่อดูแก๊ส หรือใช้อุปกรณ์มาช่วย ในการทดลองนี้ได้นำการทดสอบด้วยวิธี Flame test และ borax bead test มาตรวจสอบ

การทำ flame test จะกระทำโดยนำลวดทองคำขาวมาจุ่มในกรดแล้วจุ่มในสารตัวอย่าง เอาไฟเผาในเปลวไฟจากตะเกียงบุนเซน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1

ผลการตรวจสอบที่ได้ถ้าตรวจกับตารางที่ 1 แสดงว่าจะพบสารนั้น ๆ ในสารตัวอย่าง

ตารางที่ 1 แสดงสีของเปลวไฟเมื่อตรวจด้วย flame test

ผลการสังเกต	โลหะที่พบ
เปลวไฟสีเหลืองคงเดิม	Na
ม่วง	K
แดงสด	Li
แดงเหลือง	Ca
แดงเลือดนก	Sr
เขียวเหลือง	Ba,Mo
เขียว	B,Cu,Th
ฟ้า	Pb,Ar,Sb,Bi,Cu

ถ้าผลการทดสอบในตารางที่ 1 ไม่แน่ชัด ให้นำเอากระจกโคบอลท์มาวางกั้นเพื่อดูสีเปลวไฟ จะปรากฏดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงสีของเปลวไฟเพื่อมองผ่านกระจกโคบอลท์

สีของเปลวไฟก่อนผ่านกระจก Co	สีเปลวไฟหลังผ่าน Co	โลหะที่คาดว่าจะพบ
เหลืองทอง	เหลืองทอง	Na
ม่วง	แดงชมพู	K
แดงอิฐ	เขียว	Ca
แดงเลือดนก	ม่วง	Sr
เขียวเหลือง	เขียวฟ้า	Ba

การทดสอบด้วยวิธี Borax bead test

การทดสอบนี้ต้องนำลวดแพลทินัมมาทำเป็นห่วง (loop) นำไปเผาให้ร้อนแดง จึงจะจุ่มลงไปในผงบอแรกซ์ ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) ผลึกจะเกาะที่ห่วง เนื่องจากห่วงร้อนจะทำให้เกลือบอแรกซ์กลายสภาพเป็นเกลือที่ขาดน้ำ ดังสมการที่ (1) ปรากฏเป็นไม่มีสี

$$Na_2B_4O_7 \rightleftharpoons 2NaBO_2 + B_2O_3 \quad \cdots \quad (1)$$

นำห่วงที่มีเกลือโบเรทเกาะอยู่ไปจุ่มในสารตัวอย่างแล้วนำไปเผาในเปลวไฟ รูปที่ 1 บริเวณ lower reducing flame zone ทิ้งให้เย็น สังเกตสี นำห่วงไปเผาอีกครั้งที่ lower oxidizing flame ทิ้งให้เป็นสังเกตุสี

ไอออนทาโลหะที่จะให้ผลการตรวจสอบเป็นบวกจะพบกับ Cu, Fe, Cr, Mo, Co Ni, U, Au, V, Ti, Ce, Mn

ผลดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการตรวจสอบด้วย Borax bead test

Oxidizing flame		reducing flame		โลหะที่พบ
hot	cold	Hot	cold	
เขียว	ฟ้า	ไม่มีสี	แดง-น้ำตาล	Cu
น้ำตาลเหลือง	เหลือง	เขียว	เขียว	Fe
เหลือง	เขียว	เขียว	เขียว	Cr
ม่วง	เขียวเขียวหนุมาน	ไม่มีสี	ไม่มีสี	Mn
ฟ้า	ฟ้า	ฟ้า	ฟ้า	Co
ม่วง	แดงน้ำตาล	เทา	เทา	Ni
เหลือง	ไม่มีสี	น้ำตาล	น้ำตาล	Mo
ม่วง	ม่วง	แดง	ม่วง	Au
เหลือง	ไม่มีสี	เหลือง	เหลืองน้ำตาล	W
เหลือง	เหลืองอ่อน	เขียว	เขียว	U
เหลือง	ไม่มีสี	เทา	ม่วงอ่อน	Ti
เหลือง	เขียวเหลือง	น้ำตาล	เขี่ยวมรกต	V
แกมส้ม	ไม่มีสี	ไม่มีสี	ไม่มีสี	Ce

<u>การตรวจสอบด้วยปฏิกิริยาตกตะกอน</u>

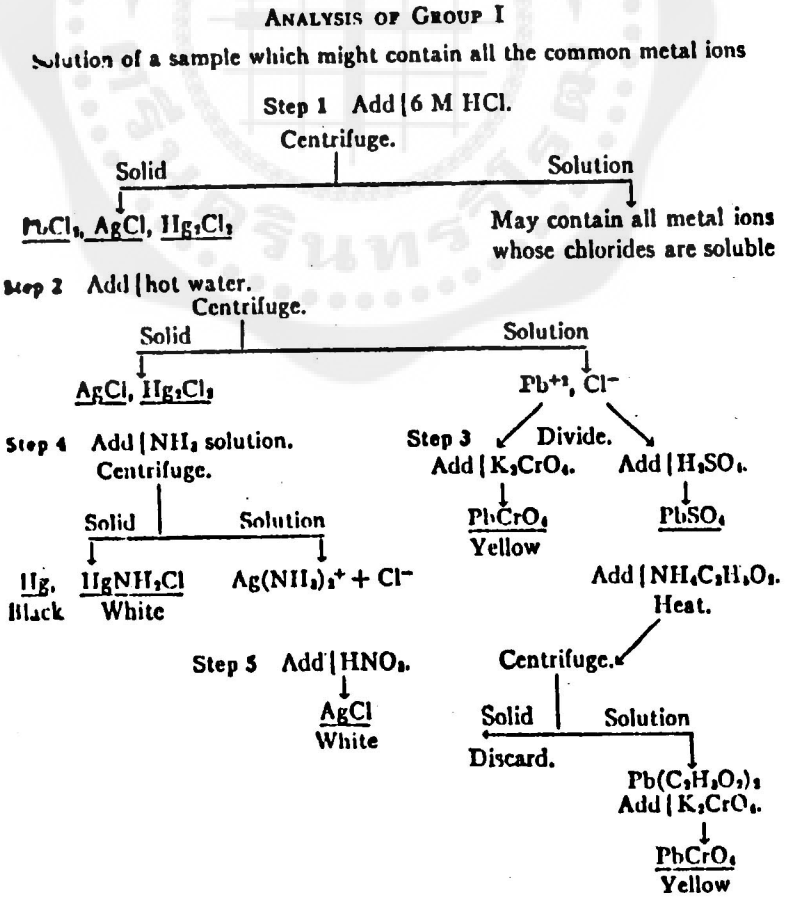
การวิเคราะห์นี้จัดเป็นปฏิกิริยาเชมิไมโครโดยตรง ได้แบ่งการตรวจสอบเป็นวิเคราะห์หาไอออนบวก และไอออนลบ

การตรวจสอบไอออนบวก จะเป็นหมู่ต่างได้ 5 หมู่ได้แก่

1. หมู่ Silver
2. หมู่ Copper-Arsenic
3. หมู่ Aluminium-Nickel
4. หมู่ Calcium-Barium
5. หมู่ alkali

แผนภาพที่ .1

แสดงการแยกวิเคราะห์หมู่โลหะเงิน



แผนภาพ ๑.2 แสดงการแยกสารหมู่คอปเปอร์-อาร์เซนิก

ANALYSIS OF GROUP II, THE COPPER AND ARSENIC DIVISIONS

The solution from Step 1 or a solution known to contain only elements of Group II may contain any or all of the following:

Hg^{+2}, Pb^{+2}, Bi^{+3}, Cu^{+2}, Cd^{+2}, $HAsO_2$, $H_2AsO_4^-$, $SbCl_6^{-3}$, Sn^{+2}, $SnCl_6^{-2}$ plus ions from Groups III, IV, and V.

Step 6 Add $\begin{cases} H_2O_2, \\ HCl. \end{cases}$

Boil to small volume.

↓

Hg^{+2}, Pb^{+2}, Bi^{+3}, Cu^{+2}, Cd^{+2}, $H_2AsO_4^-$, $SbCl_6^{-3}$, $SnCl_6^{-2}$ plus ions of the elements of Groups III, IV, and V.

Step 7 Add [H_2S(thioacetamide).

Centrifuge.

Solids | Solution

HgS, PbS, Bi_2S_3, CuS, CdS, As_2S_3, Sb_2S_3, SnS_2 — Ions of Groups III, IV, and V (for Step 24)

Step 8 Add [$(NH_4)_2S$.

Centrifuge.

Solid | Solution

HgS, PbS, Bi_2S_3, CuS, CdS — HgS_2^{-2}, AsS_2^-, SbS_2^-, SnS_3^{-2} (for Step 17)

Step 9 Add [HNO_3.

Centrifuge.

Solid | Solution

HgS — Pb^{+2}, Bi^{+3}, Cu^{+2}, Cd^{+2}

Step 10 Add $\begin{cases} HCl, \\ HNO_3. \end{cases}$

↓

$HgCl_2$

Add [$SnCl_2$.

↓

Hg (Black) + Hg_2Cl_2 (White)

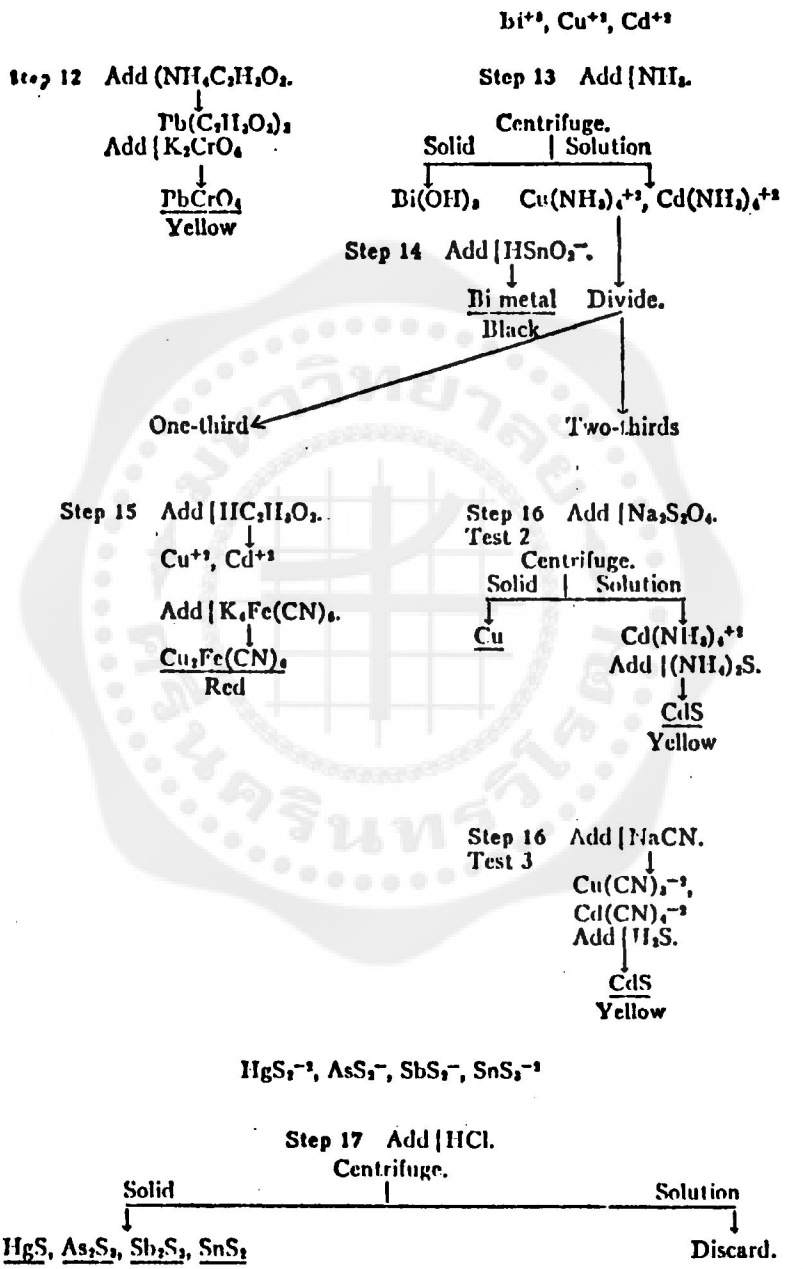
White to black precipitate

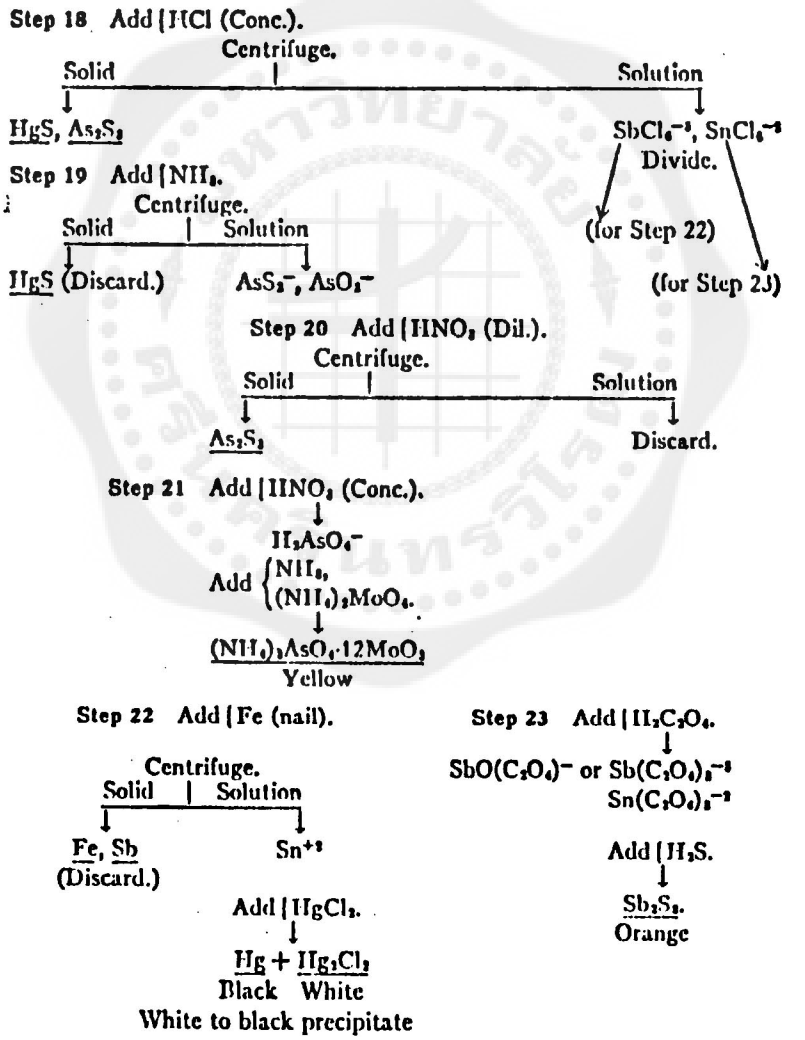
Step 11 Add [H_2SO

Centrifuge.

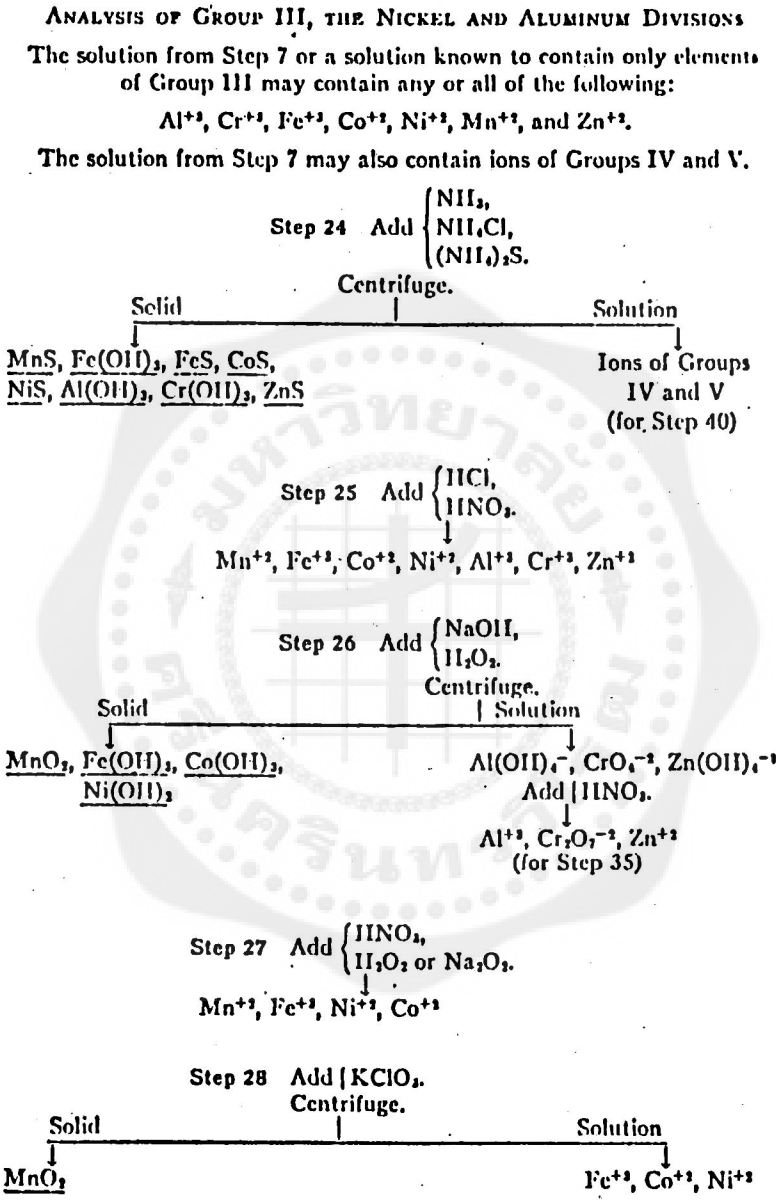
Solid | Solution

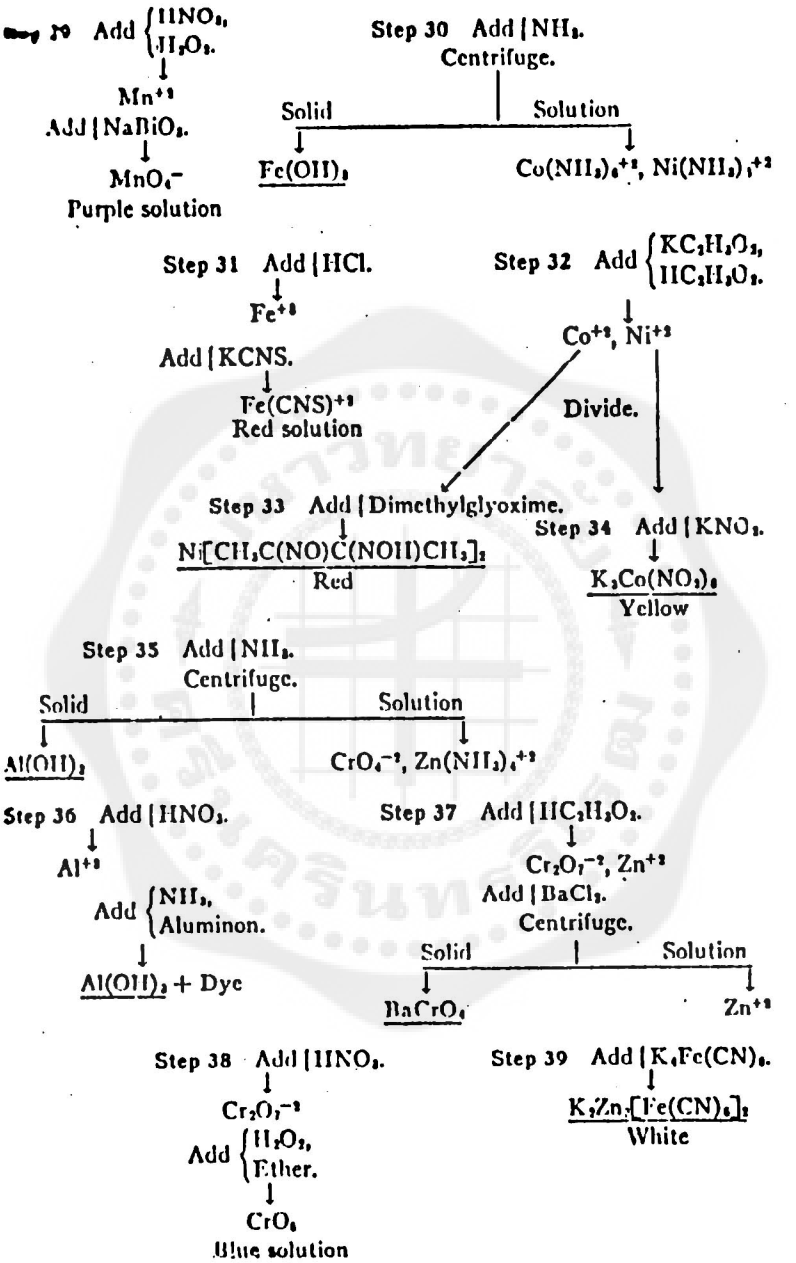
$PbSO_4$ (for Step 12) — Bi^{+3}, Cu^{+2}, Cd^{+2} (for Step 13)


Bi+3, Cu+2, Cd+2
Step 12 Add (NH4C2H3O2.
Pb(C2H3O2)2
Add [K2CrO4
PbCrO4
Yellow
Step 13 Add [NH3.
Centrifuge.
Solid | Solution
Bi(OH)3 Cu(NH3)4+2, Cd(NH3)4+2
Step 14 Add [HSnO2−.
Bi metal Divide.
Black
One-third
Two-thirds
Step 15 Add [HC2H3O2.
Cu+2, Cd+2
Add [K4Fe(CN)6.
Cu2Fe(CN)6
Red
Step 16 Add [Na2S2O4.
Test 2
Centrifuge.
Solid | Solution
Cu
Cd(NH3)4+2
Add [(NH4)2S.
CdS
Yellow
Step 16 Add [NaCN.
Test 3
Cu(CN)3−2,
Cd(CN)4−2
Add [H2S.
CdS
Yellow
HgS2−2, AsS2−, SbS3−, SnS3−2
Step 17 Add [HCl.
Centrifuge.
Solid | Solution
HgS, As2S3, Sb2S3, SnS2
Discard.


Step 18 Add [HCl (Conc.).
Centrifuge.
Solid
Solution
HgS, As2S3
SbCl6-3, SnCl6-2
Divide.
Step 19 Add [NH3.
Centrifuge.
Solid
Solution
(for Step 22)
HgS (Discard.)
AsS3-, AsO3-
(for Step 23)
Step 20 Add [HNO3 (Dil.).
Centrifuge.
Solid
Solution
As2S3
Discard.
Step 21 Add [HNO3 (Conc.).
H3AsO4
Add NH3, (NH4)2MoO4.
(NH4)3AsO4·12MoO3
Yellow
Step 22 Add [Fe (nail).
Centrifuge.
Solid
Solution
Fe, Sb
(Discard.)
Sn+2
Add [HgCl2.
Hg + Hg2Cl2
Black White
White to black precipitate
Step 23 Add [H2C2O4.
SbO(C2O4)- or Sb(C2O4)3-3
Sn(C2O4)3-2
Add [H2S.
Sb2S3.
Orange

แผนภาพที่ .3 แสดงการแยกธาตุหมู่อะลูมิเนียม-นิกเกิล



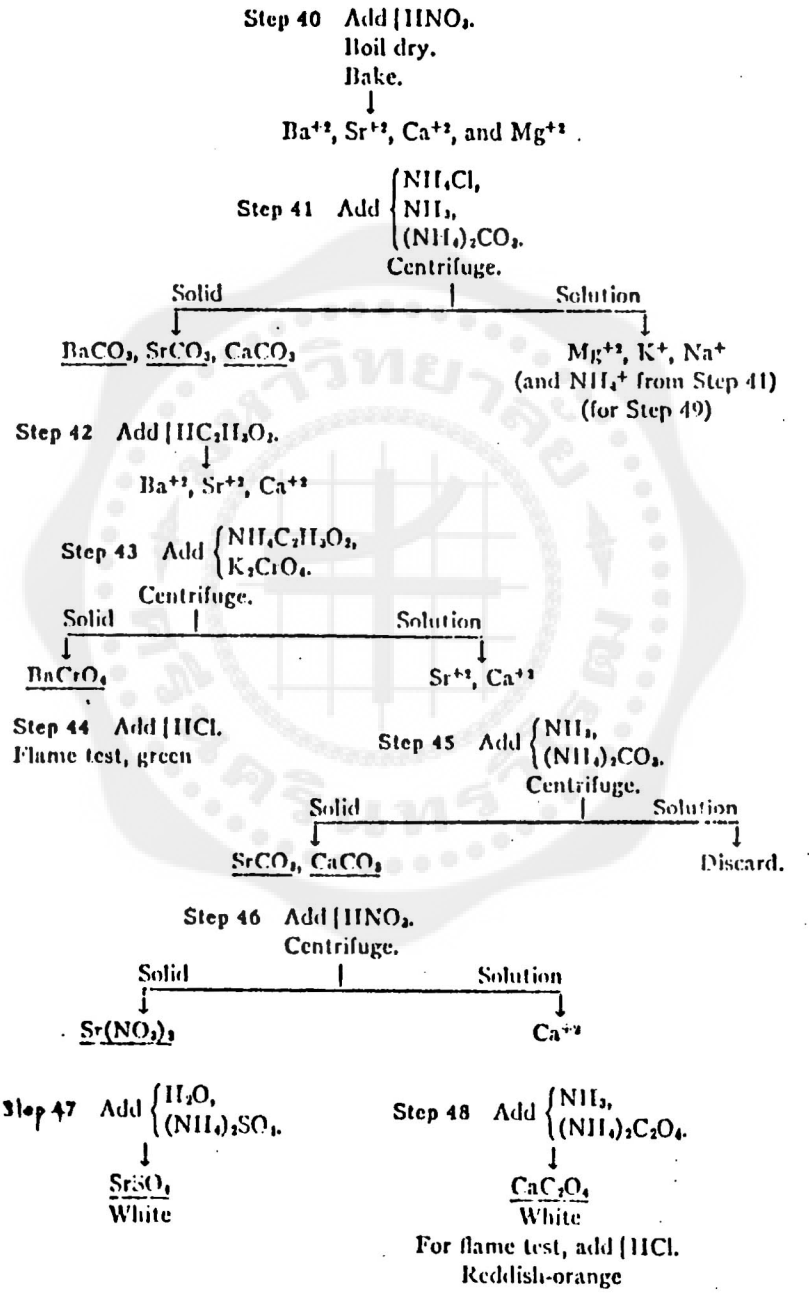

Step 29 Add {HNO3, H2O2.
Mn+2
Add | NaBiO3.
MnO4−
Purple solution
Step 30 Add | NH3.
Centrifuge.
Solid
Solution
Fe(OH)3
Co(NH3)6+2, Ni(NH3)6+2
Step 31 Add | HCl.
Fe+3
Add | KCNS.
Fe(CNS)+3
Red solution
Step 32 Add {KC2H3O2, HC2H3O2.
Co+2, Ni+2
Divide.
Step 33 Add | Dimethylglyoxime.
Ni[CH3C(NO)C(NOH)CH3]2
Red
Step 34 Add | KNO2.
K3Co(NO2)6
Yellow
Step 35 Add | NH3.
Centrifuge.
Solid
Solution
Al(OH)3
CrO4−2, Zn(NH3)4+2
Step 36 Add | HNO3.
Al+3
Add {NH3, Aluminon.
Al(OH)3 + Dye
Step 37 Add | HC2H3O2.
Cr2O7−2, Zn+2
Add | BaCl2.
Centrifuge.
Solid
Solution
BaCrO4
Zn+2
Step 38 Add | HNO3.
Cr2O7−2
Add {H2O2, Ether.
CrO5
Blue solution
Step 39 Add | K4Fe(CN)6.
K2Zn3[Fe(CN)6]2
White

แผนภาพที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ธาตุหมู่แบเรียม–แมกเนเซียม

Analysis of Group IV, the Calcium Group

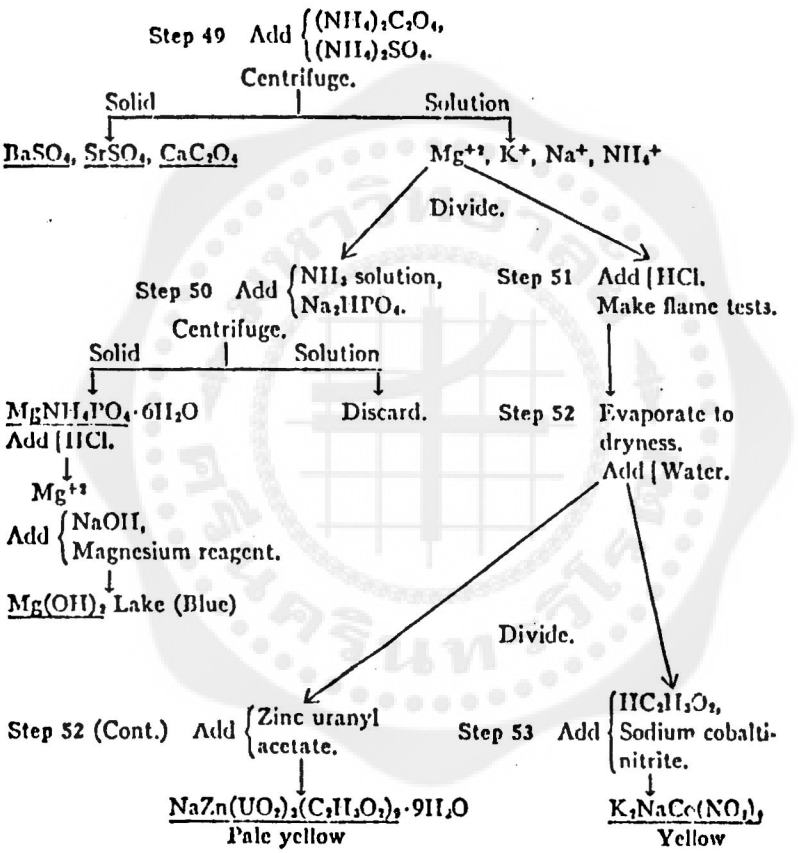
The solution from Step 24 or a solution known to contain only elements of Group IV may contain any or all of the following:

Ba^{+2}, Sr^{+2}, Ca^{+2}, and Mg^{+2}.



The solution from Step 41 or a solution known to contain only elements of Group V may contain any or all of the following:

Mg^{+2}, K^+, Na^+, and NH_4^+.



การตรวจสอบแอนไอออน มีการตรวจสอบหลายขั้นตอน ดังนี้

1. ตรวจกับกรดซัลฟูริก ในลักษณะสารตัวอย่างเป็นของแข็ง (sulfuric acid treatment)
2. ตรวจสอบกับซิลเวอร์ไนเตรท (treatment of anion with $AgNO_3$)
3. ตรวจสอบกับแบเรียมคลอไรด์ (treatment of anion with $BaCl_2$)
4. ปฏิกิริยาเฉพาะ (specific test for the anions)

.1 <u>การตรวจสอบกับกรดซัลฟูริก</u> ต้องนำสารตัวอย่างที่เป็นของแข็งไปทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริก ผลที่ได้ควรเป็นดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 4. แสดงผลการทดสอบกับการซัลฟูริก

ชนิดแอนไอออน	ผลของการสังเกต	ปฏิกิริยาเคมี
$C_2H_3O_2^-$	ไม่เกิดปฏิกิริยา	-
SO_4^{2-}	ไม่เกิดปฏิกิริยา	-
PO_4^{3-}	ไม่เกิดปฏิกิริยา	-
BO_3^{3-}	ไม่เกิดปฏิกิริยา	-
AsO_4^{3-}	ไม่เกิดปฏิกิริยา	-
NO_3^-	ไม่เกิดปฏิกิริยา	-

ชนิดแอนไอออน	ผลของการสังเกต	ปฏิกิริยาเคมี
Cl^-	มีก๊าซที่มีกลิ่นฉุน	$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$
Br^-	มีก๊าซที่มีสีน้ำตาล	$NaBr + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HBr$
	กลิ่นฉุน	$H_2SO_4 + 2HBr = 2H_2O + SO_2 + Br_2$
I^-	ก๊าซสีม่วงของแข็ง	$NaI + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HI$
	กลายเป็นสีน้ำตาล	$H SO_4 + 2HI = 2H_2O + SO_2 + I_2$
S^{2-}	ก๊าซ H_2S	$ZnS + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2S$
		$H_2SO_4 + H_2S = 2H_2O + SO_2 + S$
CO_3^{2-}	ได้ก๊าซไม่มีสี	$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$
SO_3^{2-}	ได้ก๊าซไม่มีสีกลิ่นฉุน	$Na_2SO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + SO_2$
CrO_4^{2-}	สีเปลี่ยนจากเหลือง เป็นส้มแดง	$2K_2CrO_4 + H_2SO_4 = K_2Cr_2O_7 + H_2O + K_2SO_4$

ถ้าให้แอนไอออนทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกเข้มข้นที่ร้อน ได้ผลดังนี้

1. แอนไอออนชนิดซัลเฟต ฟอสเฟต บอเรท และอาร์เซเนท จะไม่เกิดปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริก เมื่อให้ความร้อน

2. ไนเตรตจะให้ก๊าซสีน้ำตาลแดง NO_2 เมื่อให้ความร้อนกับกรดซัลฟูริก ปฏิกิริยา ดังสมการ

$$2\ NaNO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2\ HNO_3$$

$$4\ HNO_3 = 2\ H_2O + O_3 + 4\ NO_2$$

3. พวกอะซิเตตจะให้กรดอะซิติกมีกลิ่นน้ำส้มสายชู

$$2\ NaC_2H_3O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2\ CH_3COOH$$

4. พวกคลอไรด์ โบรไมด์ ไอโอไดด์ ซัลไฟด์ คาร์บอเนต ซัลไฟท์ และโครเมทจะไปเกิดปฏิกิริยาเมื่อให้ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกที่ร้อน

2 การตรวจสอบแอนไอออนกับซิลเวอร์ไนเตรต

เกลือซิลเวอร์ของแอนไอออนทั้ง 13 ชนิด ไม่ละลายในน้ำ (ยกเว้นไนเตรต อะซิเตต และซัลเฟต $AgNO_3$ ละลายได้ดีมาก Ag_2SO_4 ละลายได้ปานกลาง และ $AgC_2H_3O_2$ ละลายได้เล็กน้อย) เกลือที่ไม่ละลายน้ำนั้นจะมีสีเฉพาะตัว ดังนี้

AgCl สีขาว	AgBr สีครีม	AgI เหลืองอ่อน
Ag_2S ดำ	Ag_3AsO_4 น้ำตาลช็อกโกเลต	Ag_3PO_4 เหลือง
Ag_2CrO_4 น้ำตาลแดง	Ag_2CO_3 ขาว	$AgBO_2$ ขาว

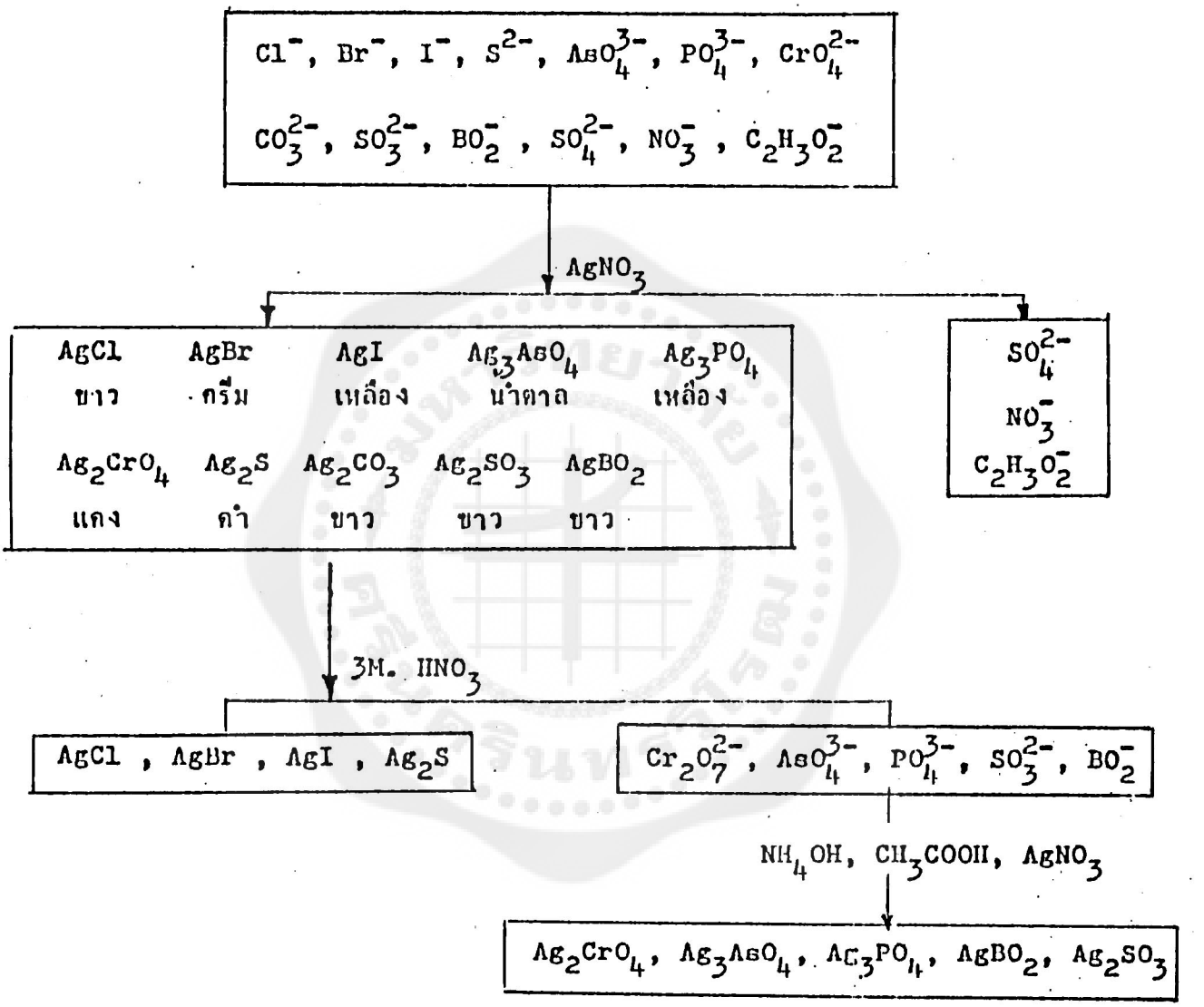
AgCl , AgBr , AgI และ Ag S ไม่ละลายในกรดไนตริกเจือจาง

Ag_2CrO_4 , Ag_3AsO_4 , Ag_2CO_3, Ag_3PO_4 , Ag_2SO_3 และ $AgBO_2$ ละลายได้ในกรดไนตริกเจือจาง

สำหรับ $AgC_2H_3O_2$ อาจจะตกตะกอนได้ถ้าอะซิเตตไอออนมีความเข้มข้นสูง

แผนภาพในการวิเคราะห์แอนไอออนด้วยซิลเวอร์ไนเตรต

แผนภาพที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ด้วยซิลเวอร์ไนเตรต



Ag_2CO_3 ปกติสีขาวแต่ไม่ค่อยเสถียรสามารถสลายตัวได้ Ag_2O สีดำ

$$Ag_2CO_3 \text{ (ขาว)} = Ag_2O \text{ (ดำ)} + CO_2 \qquad ...5.4)$$

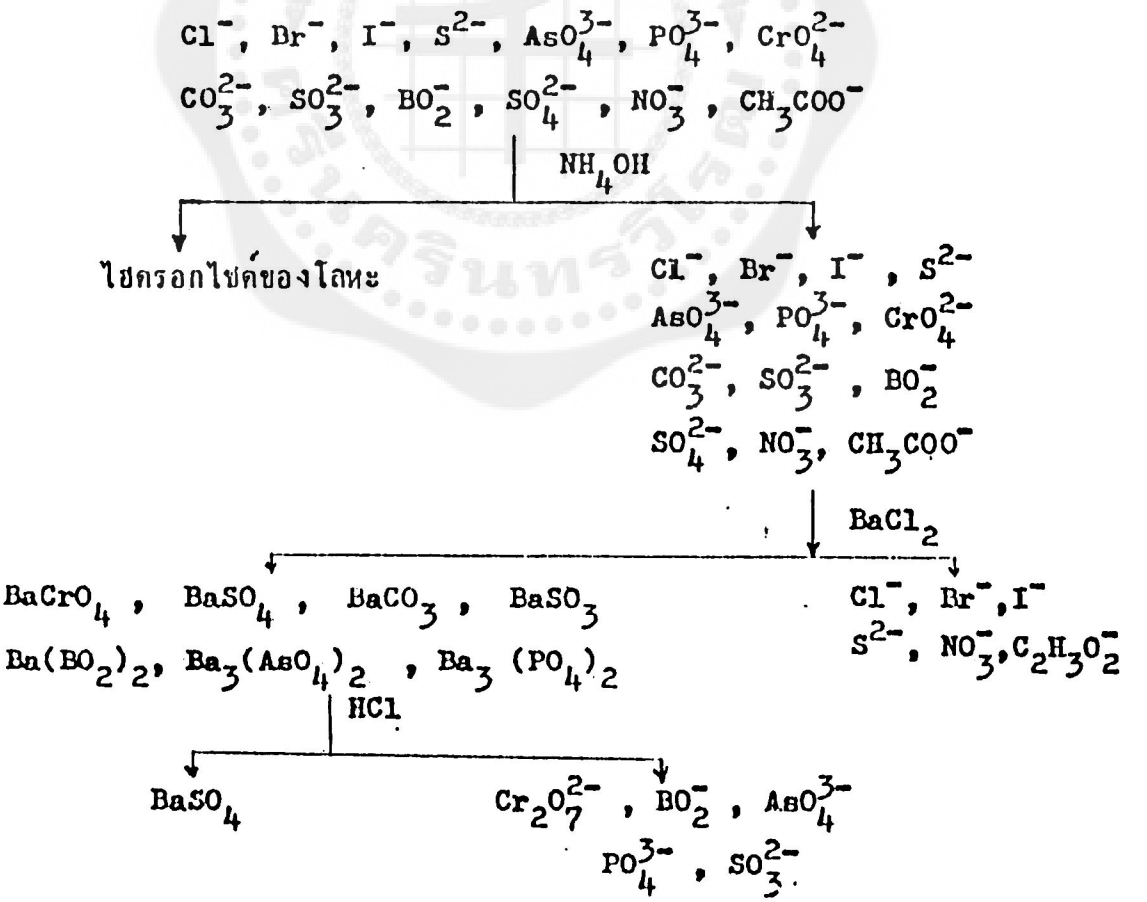
3. <u>การตรวจสอบแอนไอออนด้วยแบเรียมคลอไรด์</u>

เกลือแบเรียม $BaCl_2$, $BaBr_2$, BaI_2, BaS, $Ba(C_2H_3O_2)_2$ และ $Ba(NO_3)_2$ ละลายได้ในน้ำและสารละลายด่าง แต่ $BaSO_4$, $BaSO_3$, $BaCO_3$, $BaCrO_4$, $Ba_3(AsO_4)_2$, $Ba(PO_2)_2$ และ $Ba(BO_2)_2$ ไม่ละลาย $BaSO_4$ ไม่ละลายในกรดแก่ เช่น กรดไนตริกและไฮโดรคลอริก แต่เกลือแบเรียมชนิดอื่นละลายได้ในกรดไนตริกและไฮโดรคลอริกเจือจาง

$BaCrO_4$ มีสีเหลืองแต่เกลือแบเรียมชนิดอื่นสีขาว

แอนไอออนของเกลือแบเรียมที่ไม่ละลายน้ำและสารละลายด่าง เช่น SO_4^{2-}, SO_3^{2-}, CO_3^{2-}, CrO_4^{2-}, BO_2^-, AsO_4^{3-}, PO_4^{3-} เรียกว่า หมู่ซัลฟูริก (sulfuric acid group) ส่วนแอนไอออนที่ไม่อยู่ในหมู่นั้น เรียกว่า หมู่ไนตริก ได้แก่ NO_3^-, $C_2H_3O_2^-$ (nimiacid group)

แผนภาพที่ .. การวิเคราะห์ด้วยแบเรียมคลอไรด์



..4 ปฏิกิริยาเฉพาะ(specific test)

1. ตรวจสอบอาร์เซเนทไอออน (AsO_4^{3-}) ให้ทำปฏิกิริยากับสารผสมแมกนีเซีย (magnesia mixture) (สารละลายที่มี Mg^{2+}, OH^- และ NH_4^+) ดังสมการ

$$Mg^{2+} + NH_4^+ + AsO_4^{3-} = MgNH_4AsO_4$$

ฟอสเฟตก็ให้ตะกอนขาวด้วย $MgNH_4PO_4$ ถ้าจะแยกให้แน่ชัดเติม $AgNO_3$ ลงไป ถ้าตะกอนของ AsO_4 จะมีสีน้ำตาลช็อกโกเลต ของ Ag_3AsO_4 แต่ถ้า PO_4 จะได้ตะกอนเหลืองของ Ag_3PO_4

$$MgNH_4AsO_4 + 3\,Ag^+ = Ag_3AsO_4 + Mg^{2+} + NH_4^+$$

2. ตรวจสอบฟอสเฟต(PO_4^{3-}) ถ้าไม่มีอาร์เซเนท ก็ให้ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมโมลิบเดท $(NH_4)_2MoO_4$ โดยตรง ดังสมการ

$$PO_4^{3-} + 12MoO_4^{2-} + 24H^+ + 3NH_4^+ = (NH_4)_3PO_4 \cdot 12MoO_3 + 12H_2O$$

แต่ถ้ามีอาร์เซเนทจะต้องแยกออกไปโดยให้ทำปฏิกิริยากับ H_2S ได้ As_2O_5

$$2\,AsO_4^{3-} + 5\,H_2S + 6\,H^+ = As_2S_5 + 8\,H_2O$$

เพราะ AsO_4^{3-} สามารถทำปฏิกิริยากับโมลิบเดทได้

3. ตรวจสอบบอเรท (BO_3^{3-} หรือ BO_2^-) กรดบอริกมี 3 ชนิด กรดบอราซิก (H_3BO_3) เมตะบอริก (HBO_2, metaboric) เตตระบอริก($H_2B_4O_7$, tetraboric) พวกบอเรทที่งหมดจะทำปฏิกิริยากับ H_2SO_4 ได้ กรดออโทบอริก(H_3BO_3)

$$BO_2^- + H^+ + H_2O = H_3BO_3$$

$$B_4O_7^{2-} + 2H^+ + 5H_2O = 4H_3BO_3$$

$$BO_3^{3-} + 3H^+ = H_3BO_3$$

เมื่อให้กรดบอริกทำปฏิกิริยากับเมทานอล จะได้เมทิลบอเรท((methylborate), $(CH_3)_3BO_3$)ซึ่งมีกลิ่นหอมของเอสเทอร์

$$3\ CH_3OH + H_3BO_3 = (CH_3)_3BO_3 + 3\ H_2O$$

นำเมทิลบอเรทไปเผาได้เปลวไฟสีเขียว

$$2\ (CH_3)_3BO_3 + 9\ O_2 = 6\ CO_2 + 9\ H_2O + B_2O_3$$

4. <u>การตรวจสอบโครเมท (VI)</u> CrO_4^{2-} ต้องออกซิไดร์ CrO_4^{2-} ให้เป็น $Cr_2O_7^{2-}$ และใช้ H_2O_2 ออกซิไดส์ต่อให้เป็น CrO_5 ดังสมการ

$$2\ CrO_4^{2-} + 2\ H^+ = Cr_2O_7^{2-} + H_2O$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 4\ H_2O_2 + 2\ H^+ = 2\ CrO_5 + 5\ H_2O$$

ถ้าเติมอีเทอร์ลงไปจะได้สารละลายสีฟ้า แสดงว่ามีโครเมท

5. <u>การตรวจสอบซัลเฟต</u> (SO_4^{2-}) ให้ตกตะกอนกับ $BaCl_2$ ได้ $BaSO_4$

$$Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4$$

6. <u>การตรวจสอบซัลไฟท์</u> (SO_3^{2-}) ต้องออกซิไดส์ SO_3^{2-} ให้เป็น SO_4^{2-} ด้วย H_2O_2

$$SO_3^{2-} + H_2O_2 = SO_4^{2-} + H_2O$$

แล้วให้ทำปฏิกิริยากับ $BaCl_2$ ได้ $BaSO_4$

7. <u>การตรวจสอบคาร์บอเนต</u> (CO_3^{2-}) SO จะมีผลรบกวนต่อ CO_3^{2-} ได้ ถ้าไม่มี SO_3^{2-} ก็ให้เติมกรดลงไปในคาร์บอเนต ได้ก๊าซ CO_2 แล้วผ่านลงใน $Ba(OH)_2$ จะได้ตะกอนขาวของ $BaCO_3$ ดังสมการ

$$\text{carbonate of metal} + nH^+ = \text{metal cation}^{n+} + H_2O + CO_2$$

$$CO_2 + Ba^{2+} + 2OH^- = BaCO_3\ (\text{white}) + H_2O$$

ถ้ามี SO_3^{2-} อยู่ให้เติม Na_2O_2 จะได้ออกซิไดส์ได้ SO_4^{2-}

$$SO_3^{2-} + Na_2O_2 + H_2O = SO_4^{2-} + 2Na^+ + 2OH^-$$

เพราะ SO_3^{2-} จะให้ก๊าซ SO_2 ทำปฏิกิริยากับ $Ba(OH)_2$ ได้ ตะกอนขาวของ $BaSO_3$

8. <u>การตรวจสอบซัลไฟด์</u> (S^{2-}) ให้ทำปฏิกิริยากับตะกั่วอะซีเตท (lead acetate, $Pb(C_2H_3O_2)_2$ ดังสมการ

$$\text{sulfide of metal} + nH^+ = \text{metal cation}^{+n} + H_2S$$

$$Pb^{2+} + H_2S = PbS + 2H^+$$

9. <u>การตรวจสอบไอโอไดด์ (I^-)</u> ต้องปรับสภาพให้เป็นกรดและออกซิไดส์ด้วย HNO_3 จะได้ I_2 ซึ่งถ้าใส่ CCl_4 เขย่าจะได้สีม่วงในชั้น CCl_4

$$2HNO_2 + 2I^- + 2H^+ = 2NO + I_2 + 2H_2O$$

Fe^{3+} และไนไตรท์สามารถออกซิไดร์ไอโอไดด์ได้

10. <u>การตรวจสอบโบรไมด์ (Br^-)</u> ให้นำคลอรีน ออกซิไดส์ Br^- เป็น Br_2 หรือใช้ MnO_4^- เป็นตัวออกซิไดส์ ดังสมการ ใส่ CCl_4 ลงไปเขย่าจะได้สีน้ำตาลในชั้น CCl_4

$$Cl_2 + 2Br^- = 2Cl^- + Br_2$$

$$2MnO_4^- + 10Br^- + 16H^+ = 2Mn^{2+} + 5Br_2 + 8H_2O$$

11. <u>การตรวจสอบคลอไรด์ (Cl^-)</u> ให้ตกตะกอนกับ $AgNO_3$ แต่ S^{2-}, Br^-, I^- มีผลรบกวนต่อการทดลองด้วย ต้องกำจัดด้วยโปตัสเซียมเปอร์ออกซิไดซัลเฟต (potassium peroxydisulfate, $K_2S_2O_8$) จะทำให้ I^-, Br^- กลายเป็น I_2 และ Br_2 ตามสมการ

$$2\,I^- + S_2O_8^{2-} = 2\,SO_4^{2-} + I_2$$

$$2\,Br^- + S_2O_8^{2-} = 2\,SO_4^{2-} + Br_2$$

12. <u>การตรวจสอบไนเตรท (NO_3^-)</u> อาศัยปฏิกิริยาเชิงซ้อนที่เกิดจาก Fe^{2+} ในกรด H_2SO_4 เข้มข้น จะเกิดเป็นวงแหวนสีน้ำตาล คือ $Fe(NO)^{2+}$

$$3Fe^{2+} + NO_3^- + 4H^+ = 3Fe^{3+} + NO + 2H_2O$$

$$NO + Fe^{2+}(excess) \rightleftharpoons Fe(NO)^{2+}$$

ถ้ามี I^-, Br^-, CrO_4^{2-} จะมีผลรบกวนต่อปฏิกิริยา คือรบกวนต่อสีของ $Fe(NO)^{2+}$ ทั้งนี้เพราะ SO_4^{2-} สามารถทำปฏิกิริยากับ I^-, Br^- ดังสมการ

$$SO_4^{2-} + 8I^- + 10H^+ = H_2S + 4I_2 + 4H_2O$$

$$SO_4^{2-} + 2I^- + 4H^+ = SO_2 + I_2 + 2H_2O$$

$$SO_4^{2-} + 2Br^- + 4H^+ = SO_2 + Br_2 + 2H_2O$$

ส่วน CrO_4^{2-} จะถูก Fe^{2+} รีดิวซ์กลายเป็น Cr^{3+} มีสีเขียว

$$2CrO_4^{2-} + 2H^+ = Cr_2O_7^{2-} + H_2O$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 6Fe^{2+} + 14H^+ = 2Cr^{3+} + 6Fe^{3+} + 7H_2O$$

สีของ I_2, Br_2 และ Cr^{3+} รบกวนต่อ $Fe(NO)^{2+}$ ฉะนั้นต้องกำจัดไอออนต่าง ๆ ออกไปโดยให้ทำปฏิกิริยากับ $Pb(C_2H_3O_2)_2$ จนตะกอนตกสมบูรณ์ของ $PbCrO_4$ ส่วนไอออนที่เหลือให้ตกตะกอนกับ $AgNO_3$

13. <u>การตรวจสอบอะซิเตท (CH_3COO^-)</u> เปลี่ยนอะซิเตทแอนไอออนเป็นกรดอะซิติก แล้วให้ทำปฏิกิริยากับ C_2H_5OH จะได้กลิ่นหอมของเอทิลเอทาโนเอท (ethylethanoate, $C_2H_5C_2H_3O_2$)

$$C_2H_3O_2^- + H^+ = HC_2H_3O_2$$

$$C_2H_5OH + HC_2H_3O_2 = C_2H_5C_2H_3O_2 + H_2O$$

อุปกรณ์และสารเคมี

1. เตาไฟฟ้า (hot plate) ตะเกียงบุนเซน
2. เครื่องเซนตริฟิวจ์ พร้อมหลอดเซนตริฟิวจ์
3. ตะแกรง
4. โกร่ง, อ่างกระเบื้อง
5. ลวดแพลตินัม
6. ลวดนิโครม, กระจกโคบอลท์
7. หลอดทดลองขนาดต่าง ๆ
8. เครื่องอังไอน้ำ
9. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 โมลาร์, 0.5 โมลาร์, เข้มข้น 1:1
10. สารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 6 โมลาร์, 16 โมลาร์
11. สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต 0.1 โมลาร์
12. สารละลายแอมโมเนีย เข้มข้น, เข้มข้น 6 โมลาร์
13. สารละลายแอมโมเนียโมลิบเดท $(NH_4)_2MoO_4$ เข้มข้น 0.025 โมลาร์
14. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 6 โมลาร์, เข้มข้น
15. สารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต $(FeSO_4)$ เข้มข้น 0.1 โมลาร์
16. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์
17. สารละลายไทโออะเซตามีดเข้มข้น 1 โมลาร์
18. สารละลายแอมโมเนียมอะซีเตทเข้มข้น 1 โมลาร์
19. สารละลายโพแตสเซียมไอโอไดด์
20. สารละลายแอมโมเนียมคาร์บอเนตเข้มข้น 1 โมลาร์
21. สารละลายแอมโมเนียมซัลไฟด์
22. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 3 ช
23. สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต
24. สารละลายแอมโมเนียมออกซาเลตเข้มข้น 0.2 โมลาร์

25. สารละลายโพแตสเซียมไทโอไซยาเนตเข้มข้น 0.2 โมลาร์
26. โพแตสเซียมไซยาไนด์
27. สารละลายไดไทโซนเข้มข้น 0.005%
28. บอแรกซ์ $Na_2B_4O_7.10H_2O$
29. สารละลายซิลเวอร์ไนเตรตเข้มข้น 0.1 โมลาร์
30. สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 6 โมลาร์
31. สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดท
32. สารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต

สารตัวอย่าง

การเก็บสารตัวอย่าง ได้ทำการสุ่มตัวอย่างดินที่เพาะปลูกฝิ่นจากจังหวัดในบริเวณสามเหลี่ยมทองคำได้แก่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดตาก จังหวัดเชียงราย โดยสุ่มตัวอย่างจากดินบริเวณผิวดินเป็นตำแหน่งที่ 1 ต่อจากนั้นเก็บห่างจากตำแหน่งที่ 1 ออกมาประมาณ 1 เมตร เป็นอีกรอบ ๆ จุดอีก 5 จุด รวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง ในการทดลองนี้ได้เก็บตัวอย่าง ดังนี้

1. ชป. 1 NB 13529 ผู้เก็บตัวอย่าง นายวาทิน ดำรงค์เลาหพันธ์
   หินชุด O= Bedded To Massive Uimestone,Argiolaceous Lst.
   อายุ ordovician
   บ้านแม้วหมากพริก ต.เมืองแปง อ.ฝาย จ.แม่ฮ่องสอน
2. ชป. 2 MA 172339 ผู้เก็บตัวอย่าง นายสุพัฒน์ เหล่าเร่ง
   หินชุด Trgr:Granite, Granodiorite, Diorite
   อายุ Triassic
   บ้านห้วยดินขาว ต.ปางหินฝน อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่

3. ชป.3 MA 1975 ผู้เก็บตัวอย่าง นายธีรพัฒน์ ศรีสำรวจ
หินชุด Trgr = Granite , Granodiorite, Diorite
อายุ Triassic
บ้านสวนใต้ ต.อมก๋อย อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่

4. ชป.4I MT 996443 ผู้เก็บตัวอย่าง นายประจวบ กาหล
บ้านนาหลอดชมพูใหญ่ ต.แม่ละมุ้ง อ.อุ้มผาง จ.ตาก ความสูง 850

5. ชป.4II NT.042562 ผู้เก็บตัวอย่าง นายประจวบ กาหล
บ้านลีซอโปร่งน้ำร้อน ต.แม่ละมุ้ง อ.อุ้มผาง จ.ตาก ความสูง 800

6. ชป.5 ผู้เก็บตัวอย่าง นายดาบกำธร บุญลือ
บ้านกิ่งบ่อฮา ต.เมืองก๊วย อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่
หินชุด Trgr= Granodiorite
อายุ Triasoic

7. ชป.6 MB 835340 ผู้เก็บตัวอย่าง นายภูนิวัฒน์ เสนีย์วงศ์ ณ อยุธยา
บ้านป่าโกง ต.แม่นะ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ ความสูง 1320
หินชุด C = Comglomerate, sandstone, shall, state and Lst.
อายุ M = carboniferous

8. ชป.7 NB 649998 ผู้เก็บตัวอย่าง นายวรยุทธ อ่อนศรี
บ้านฝาลซอน ต.ห้วยชมพู อ.เมืองเชียงราย จ.เชียงราย
หินชุด U.Basic and Ultrabasic RX
อายุ Paleozoic

9. ชป.9 PB 475863 ผู้เก็บตัวอย่าง นายสมนึก ไทยมณี
บ้านลำตาขาว ต.ตับเตา อ.เทิง จ.เชียงราย
หินชุด CP=sandstone, shale and chert
อายุ U. Carboniferous

10. ชป.10 PA 728862 ผู้เก็บตัวอย่าง นายเพชร นิลมั่น

บ้านสองแคว ต.สะเบียง อ.เมืองน่าน จ.น่าน

หินชุด JpK = Purplish - red siltstone, tine grained sandstone, shale and conglomerate

อายุ Juranic

วิธีทำการทดลอง

1. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

1.1 การเตรียมสารละลายตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์หาไอออนบวก โดยการนำตัวอย่างดินจากที่เก็บตัวอย่างมาบดให้ละเอียดในโกร่ง แล้วชั่งประมาณ 0.05 กรัม ใส่ในอ่างกระเบื้อง เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 โมลาร์ประมาณ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้เข้ากันจึงนำไประเหยจนแห้งแล้วทำการเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 โมลาร์ อีกครั้งละ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง จะได้สารตัวอย่าง จึงปล่อยทิ้งให้เย็น และเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ จำนวน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะได้สารละลาย และกากที่เหลือให้กรองสิ่งที่ตกค้างออกด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ล้างตะกอนที่ตกค้างด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ครั้งละ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร จนได้สารละลายใสเก็บไว้ทดลองในขั้นต่อไป

1.2 การเตรียมสารละลายตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์หาไอออนลบ นำตัวอย่างดินประมาณ 0.05 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปต้มจนสารละลายใส กรองเอาแต่สารละลายใสใส่วิเคราะห์

2. การทดสอบด้วยเปลวไฟ

นำลวดนิโครมยาวประมาณ 5 เซนติเมตรไปล้างด้วยกรดเหลือเข้มข้น แล้วนำไปเผาไฟในเปลวไฟในรูปที่ 1 แล้วนำลวดไปจุ่มในสารตัวอย่างดิน แล้วนำไปเผาในเปลวไฟ ดูการเปลี่ยนแปลงสี กรณีที่ไม่เห็นชัดเจนจะใช้กระจกโคบอลท์มาช่วยในการตัดแสงจากเปลวไฟ

3. การทดสอบด้วยวิธี borax bead

นำลวดนิโครมทำเป็นห่วงตรงปลาย แล้วนำไปเผาไฟจนห่วงร้อนแดงจึงจุ่มลงในผงบอแรกซ์ $Na_2B_4O_7 \cdot 10\ H_2O$ แล้วนำไปจุ่มในตัวอย่างดินและนำไปเผาต่อที่เปลวไฟร้อน reducing ดูสีตอนร้อนและเย็น จึงจะนำไปเผาอีกครั้ง ที่บริเวณ oxidizing สังเกตสีเมื่อเสร็จแล้วนำไปเผาไฟให้หลอมแล้วล้างด้วยน้ำ

4. ทดสอบไอออนบวก

จากสารละลายตัวอย่างในข้อ 1.1 ไปวิเคราะห์ตามแผนภาพที่ 1-4 (ในหลักการ)

5. ทดสอบไอออนลบ

นำสารละลายตัวอย่างจากข้อ 1.2 ไปวิเคราะห์ตามหลักการทดสอบ

6. การทดสอบด้วยปฏิกิริยาเฉพาะ

ผลการทดลอง

จากการทดสอบด้วยวิธีการต่าง ๆ ในข้อ 1-4 ซึ่งเป็นวิธีการทางชิเมไมโครและปฏิกิริยาเฉพาะ ผลสรุปดังแสดงในตารางที่ 5 และ ตารางที่ 6

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ไอออนบวกที่ตรวจพบ

ตัวอย่างดิน	ไอออนบวกที่ตรวจพบ						
ชุด 1-1	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Pb^{2+}
1-2	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Pb^{2+}
1-3	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Pb^{2+}
1-4	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Pb^{2+}
1-5	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Pb^{2+}
1-6	Al^{3+}	-	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Pb^{2+}

ตัวอย่างดิน	ไอออนบวกที่ตรวจพบ							
ชป.2-1	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Pb^{2+}	
2-2	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Pb^{2+}	
2-3	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Na^{+}	K^{+}	-	
2-4	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Na^{+}	K^{+}	-	
2-5	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Na^{+}	K^{+}	-	
ชป.3-1	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Na^{+}	K^{+}	-	
3-2	-	-	Cu^{2}	-	Na^{+}	K^{+}	Pb^{2+}	
3-3	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Na^{+}	K^{+}	-	Ni^{2+}
3-4	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Na^{+}	K^{+}	-	Ni^{2+}
3-5	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	-	Ni^{2+}
ชป.4-1 I	-	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	-	K^{+}	Pb^{2+}	Ni^{2+}
4-2	-	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Na^{+}	K^{+}	Pb^{2+}	Ni^{2+}
4-3	-	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Pb^{2+}	Ni^{2+}
4-4	-	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	-	Ni^{2+}
4-5	-	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	-	Ni^{2+}
ชป.4-1 II	-	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	-	K^{+}	Pb^{2+}	Ni^{2+}
4-2	-	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Na^{+}	K^{+}	Pb^{2+}	Ni^{2+}
4-3	-	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Pb^{2+}	Ni^{2+}
4-4	-	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	-	Ni^{2+}
4-5	-	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	-	Ni^{2+}

ตัวอย่างดิน	ไอออนบวกที่ตรวจพบ						
ชป. 5-1	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	
5-2	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	
5-3	Al^{3+}	-	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	
5-4	Al^{3+}	-	-	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	
5-5	-	-	-	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	
ชป. 6-1	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}		
6-2	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}		
6-3	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}		
6-4	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	Pb^{2+}	K^{+}
6-5	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	
ชป. 7-1	-	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	
7-2	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Na^{+}	K^{+}	
7-3	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}		
7-4	-	-	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}		
7-5	-	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ca^{2+}	Na^{+}	K^{+}	
ชป. 8-1	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Pb^{2+}	Na^{+}	K^{+}
8-2	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Pb^{2+}	Na^{+}	K^{+}
8-3	Al^{3+}	Cu^{2+}	Fe^{3+}	-			
8-4	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-			
8-5	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Pb^{2+}	Na^{+}	K^{+}
ชป. 9-1	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Na^{+}	K^{+}	
9-2	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Na^{+}	K^{+}	
9-3	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Na^{+}	K^{+}	
9-4	Al^{3+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Na^{+}	K^{+}	
9-5	-	Fe^{3+}	Cu^{2+}	-	Na^{+}	K^{+}	

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์หาชนิดไอออนลบ

สารตัวอย่างที่	ชนิดไอออนลบ ที่ตรวจพบ		
ชป.1-1	Cl^-	PO_4^{3-}	
1-2	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
1-3	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
1-4	Cl^-	PO_4^{3-}	
1-5	Cl^-	PO_4^{3-}	
ชป.2-1	Cl^-	PO_4^{3-}	
2-2	Cl^-	PO_4^{3-}	
2-3	-	-	NO_3^-
2-4	Cl^-	-	NO_3^-
2-5	Cl^-	-	NO_3^-
ชป.3-1	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
3-2	-	PO_4^{3-}	NO_3^-
3-3	Cl^-	PO_4^{3-}	-
3-4	Cl^-	PO_4^{3-}	-
3-5	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
ชป.4-1 (I)	Cl^-	-	NO_3^-
4-2	Cl^-	PO_4^{3-}	-
4-3	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
4-4	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
4-5	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-

สารตัวอย่างที่	ชนิดไอออนที่ตรวจพบ		
ชป. 4-1 (II)	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
4-2	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
4-3	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
4-4	-	PO_4^{3-}	NO_3^-
4-5	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
ชป.5-1	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
5-2	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
5-3	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
5-4	Cl^-	PO_4^{3-}	-
5-5	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
ชป.6-1	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
6-2	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
6-3	Cl^-	PO_4^{3-}	-
6-4	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
6-5	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
ชป.7-1	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
7-2	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
7-3	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
7-4	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
7-5	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
ชป.8-1	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
8-2	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
8-3	-	PO_4^{3-}	NO_3^-
8-4	Cl^-	PO_4^{3-}	-
8-5	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-

สารตัวอย่างที่	ชนิดไอออนลบ ที่ตรวจพบ		
ชป.9-1	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
9-2	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
9-3	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
9-4	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-
9-5	Cl^-	PO_4^{3-}	NO_3^-

สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

จากผลการทดลองศึกษาทางคุณภาพวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเซมิไมโคร ผลได้แสดงในตารางที่ 1 และ 2 ที่อาจสรุปได้ว่าการตรวจสอบหาประเภทของไอออนด้วยเทคนิคสามารถจะตรวจพบไอออนในดินที่เพาะปลูกฝิ่นในแถบสามเหลี่ยมทองคำ โดยทั่วไปจากตัวอย่างประมาณ 50 ชนิดดังนี้ Al^{3+}, Fe^{3+}, Cu^{2+}, Ca^{2+}, Na^+, K^+, Pb^{2+}, Ni^{2+}, Cl^-, PO_4^{3-} และ NO_3^- ถ้าพิจารณาจากตารางจะพบว่าดินในเขตเดียวกันก็อาจจะตรวจพบโลหะชนิดต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากการเก็บตัวอย่างอาจมีการคละเคล้าไม่ดีพอ หรืออาจเกิดจากเทคนิคการวิเคราะห์ผิดพลาดได้

ถ้าพิจารณาผลการทดลองแล้วในดินแต่ละแหล่งจะมีชนิดก็โลหะคล้ายคลึงกัน ซึ่งโลหะที่ตรวจพบนี้จะเป็นโลหะที่มีปริมาณค่อนข้างจะสูง จึงสามารถที่จะตรวจพบได้โดยเทคนิคเซมิไมโคร แต่อย่างไรก็ตามเคยมีผู้ทดลองตรวจวิเคราะห์ธาตุในดินปลูกฝิ่นจากแหล่งทางเหนือของไทยด้วยเทคนิคนิวตรอนแอคติเวชันด้วยการใช้เครื่องนับรังสี ซึ่งสามารถตรวจพบธาตุได้ถึง 33 ธาตุ ซึ่งธาตุที่ทางคณะวิจัยในที่นี้ได้ตรวจสอบพบก็นับว่าสอดคล้อง แต่ธาตุที่มีในรายงานเดิมแล้วเราไม่สามารถตรวจสอบพบ เนื่องจากธาตุนั้น ๆ มีปริมาณต่ำมาก ๆ ในระดับหนึ่งส่วนในล้านส่วน ซึ่งวิธีที่ใช้วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการขึ้นรายงานนี้ไม่อาจตรวจสอบได้ แต่อย่างไรก็ตามชนิดของไอออนที่ตรวจพบนี้คงเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นที่จะช่วยประกอบข้อมูล แร่ธาตุในดินปลูกฝิ่นซึ่งจะ

ยังคงต้องทำการวิจัยต่อไปในแง่ของการหาปริมาณของธาตุแต่ละชนิด เพื่อจะนำไปสัมพันธ์กับปริมาณอัลคอลอยด์ในฝิ่น นอกจากนี้ยังจะให้ข้อมูลสมบูรณ์คงต้องได้ตัวอย่างฝิ่นจากบริเวณนั้น ๆ มาวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุด้วย เพราะเคยมีรายงานว่าในตัวอย่างฝิ่นจะสะสมธาตุบางชนิดเอาไว้ค่อนข้างมาก และอาจจะมีความสัมพันธ์กับแร่ธาตุในดิน

จากงานวิจัยนี้สามารถวิเคราะห์พบไอออนบางชนิดในดินปลูกฝิ่น ด้วยการใช้เทคนิคเซมิไมโคร แต่เทคนิคนี้ก็มีข้อจำกัดตรงที่ไม่สามารถจะตรวจพบไอออนที่มีปริมาณต่ำมาก ๆ ได้ แต่ต้นทุนในการวิเคราะห์ ค่อนข้างต่ำกว่าเทคนิคอื่น ๆ มาก ซึ่งก็เป็นข้อดีของวิธีเซมิไมโครนี้ ข้อเสียของเทคนิคนี้ก็ยังใช้อยู่กับการปนเปรื้อนของไอออนอื่น ๆ ซึ่งสามารถแสดงปฏิกิริยาเคมีร่วมด้วยกับรีเอเจนต์จึงอาจทำให้การดูผลการทดลองผิดพลาดได้

บรรณานุกรม

1. Christian, G.D., Analytical Chemistry, 3rd ed., John Wiley & Sons Y.S.A., 1980.
2. Fisher, R.B. and Peters, D.G., Chemical equilibrium, W.B. saunders Company, Toronto , 1970
3. sorum, C.H. and Lagowski, J.J., Introduction to semimicro Qualitative Analysis, 5th ed., Prentice Hall Inc., U.S.A., 1977.
4. Jackson, N.L.,soil chemical analysis, Coustable, London, 1958.
5. Houtman, J.P.W., Trace element behaviour in soil of some Indonesian sawah, and in sludge of an Indonesian river Chemistry and Physics. 1(1973).
6. Bate, L.C., Determination of minor elements in soil profiles by Nectron Activation Analysis., J.Radis anal,Chem.15,1973.
7. Slowinski, E.J. Masteron, W.L.Qualitative Analysis and the Properties of Jous in Aqueous solutions, W.B. Saunder Company, Philadelphia, 1971.
8. Singh, P.P; Chaula, R.P. Simple method for screening of soil samples for organo chlorine insecticide residue by Thin-layer chromatography., Int.J.Environ. Anal. Chem., 36(1), 1989.
9. Spevakova, V; Kacera, J., Irace element speciation in contaminated soils studied by atomic absorption and neutron activation analysis, Int. J.Environ., Anal. Chem, 35(4), 1989.

10. Yi. J. : Xu.Y. Fenxi Huaxue, Determination of arsenic in soil and sediment by hydrided-generation atomic absorption spectrometry. Jnl, 17(7), 1989.