หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 5

## อภิปรายสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

### อภิปรายสรุปผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก ทองแดง และสังกะสีในตัวอย่างตับ

จากการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติ ทั้งเพศชายและหญิง ซึ่งมีอายุตั้งแต่แรกเกิดจนถึงอายุ 75 ปี จำนวน 59 ตัวอย่างด้วยเทคนิค INAA ดังแสดงผลการวิเคราะห์อยู่ในตารางที่ 3.1 จะเห็นว่า ปริมาณเหล็กในตัวอย่างตับคนปกติ ทั้งเพศชายและหญิงมีค่าเฉลี่ยไม่ต่างกันมากนัก แต่ปริมาณเหล็กในตัวอย่างตับคนปกติอายุไม่เกินหนึ่งขวบมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณเหล็กในตัวอย่างตับคนปกติอายุตั้งแต่ 1-75 ปี ส่วนปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติเพศชายมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติเพศ-หญิง และปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติอายุไม่เกินหนึ่งขวบมีค่าเฉลี่ยสูงเกือบ 10 เท่าของค่าเฉลี่ยของปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติ อายุตั้งแต่ 1-75 ปี ซึ่งสามารถสรุปค่าเฉลี่ย และช่วงของปริมาณเหล็กและทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติ โดยแบ่งเพศและช่วงอายุได้ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าเฉลี่ยและช่วงของปริมาณเหล็กและทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติโดยแบ่งเพศและช่วงอายุ, วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA

| ธาตุ | เพศ | ช่วงอายุ (ปี) | ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุ (ไมโครกรัม/กรัม) | ช่วงปริมาณธาตุ (ไมโครกรัม/กรัม) |
|---|---|---|---|---|
| เหล็ก | ชาย | 0-75 | 559.92±270.92 | 154-1083 |
| | หญิง | 0-75 | 553.00±265.50 | 132-1070 |
| | ชายและหญิง | 0-<1 | 830.33±222.59 | 532-1083 |
| | ชายและหญิง | 1-75 | 462.23±208.88 | 132-1032 |
| ทองแดง | ชาย | 0-75 | 109.88±112.43 | 14-335 |
| | หญิง | 0-75 | 58.86±70.03 | 16-314 |
| | ชายและหญิง | 0-<1 | 223.87±68.42 | 138-335 |
| | ชายและหญิง | 1-75 | 30.43±15.56 | 14-96 |

จากข้อมูลนี้จะเห็นว่า การแบ่งช่วงอายุของตัวอย่างตับเป็น 0-<1 และ 1-75 ปี นั้นเหมาะสมมาก เพราะปริมาณเหล็กและทองแดงในตัวอย่างตับที่อยู่ในช่วงอายุ 0-<1 ปี นั้นมีค่าแตกต่างจากปริมาณธาตุทั้งสองนั้นในตัวอย่างตับที่อยู่ในช่วงอายุ 1-75 ปีมาก ซึ่งทำให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุทั้งสองที่คำนวณจากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างตับคนปกติทั้งหมด (โดยใช้คอมพิวเตอร์ระบบ SPSS$^{X}$, release 2.1) แตกต่างไปมาก

ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและทองแดงในตัวอย่างตับผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมีย ซึ่งมีเพียง 3 ตัวอย่างนั้น พบว่ามีปริมาณเหล็กสูงกว่าปริมาณเหล็กในตัวอย่างตับคนปกติมาก คือ 10 - 50 เท่า และมีค่าอยู่ในช่วง 9,600-13,000 ไมโครกรัม/กรัม และมีปริมาณทองแดงสูงกว่าปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติมากประมาณ 5-75 เท่า และมีค่าอยู่ในช่วง 1,200-1,900 ไมโครกรัม/กรัม

ในกรณีที่ใช้เทคนิคทาง AAS วิเคราะห์หาปริมาณธาตุในตัวอย่างตับนั้นได้วิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีเพิ่มขึ้นอีกธาตุหนึ่ง นอกเหนือจากปริมาณเหล็กและทองแดง ซึ่งเทคนิค INAA ไม่เหมาะสมที่จะใช้วิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีในตัวอย่างตับ เนื่องจากมีปัญหาเกี่ยวกับระยะเวลาของการอาบรังสีตัวอย่าง ตัวอย่างตับที่นำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทาง AAS นั้น ส่วนหนึ่งเป็นตัวอย่างเดิมที่ได้วิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและทองแดงด้วยเทคนิค INAA แล้ว โดยเป็นตัวอย่างตับคนปกติจำนวน 59 ตัวอย่าง และตัวอย่างตับผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมียจำนวน 3 ตัวอย่าง อีกส่วนหนึ่งเป็นตัวอย่างตับที่ได้รับเพิ่มโดยเป็นตัวอย่างตับคนปกติจำนวน 52 ตัวอย่าง และตัวอย่างตับผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมียจำนวน 7 ตัวอย่าง รวมทั้งหมดเป็นตัวอย่างตับคนปกติจำนวน 111 ตัวอย่าง ซึ่งมีอายุแรกเกิด - 87 ปี และตัวอย่างตับผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมียจำนวน 10 ตัวอย่าง การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและสังกะสีได้ใช้เทคนิคอะตอมมิกแอบซอพชันสเปกโตรโฟโตเมตรี แบบใช้เปลวไฟ แต่การวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงได้ใช้เทคนิคอะตอมมิกแอบซอพชันสเปกโตรโฟโตเมตรีชนิด GFA เนื่องจากปริมาณทองแดงในสารละลายตัวอย่างที่เตรียมขึ้นไม่สามารถให้ค่าแอบซอพแบนซ์สูงพอที่จะวัดได้ด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอพชันสเปกโตรโฟโตเมตรีแบบใช้เปลวไฟ ผลการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุทั้งสามในตัวอย่างตับทั้งหมดแสดงอยู่ในตารางที่ 3.12 ซึ่งจะเห็นว่า ปริมาณเหล็กและสังกะสีในตัวอย่างตับคนปกติเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุทั้งสองนั้นในตัวอย่างตับคนปกติเพศชาย

ส่วนปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติ เพศหญิงมีค่า เฉลี่ยต่ำกว่าค่า เฉลี่ยของปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติ เพศชาย ถ้าพิจารณาปริมาณธาตุทั้งสองนั้นในตัวอย่างตับคนปกติ โดยแบ่งช่วงอายุ จะพบว่าปริมาณ เหล็กและทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติอายุไม่ เกินหนึ่งขวบ มีค่า เฉลี่ยสูงกว่าปริมาณธาตุทั้งสองนั้นในตัวอย่างตับคนปกติ อายุ 1-87 ปี

โดย เฉพาะปริมาณทองแดงนั้นต่างกันประมาณ 4-8 เท่า ส่วนปริมาณสังกะสีในตัวอย่างตับโดย เฉลี่ยในตัวอย่างตับทั้งสองช่วงอายุแตกต่างกันไม่มากนัก ซึ่งสามารถสรุปค่า เฉลี่ยและช่วงของปริมาณธาตุทั้งสามในตัวอย่างตับคนปกติโดยแบ่ง เพศ และช่วงอายุได้ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงค่า เฉลี่ยและช่วงของปริมาณ เหล็ก ทองแดง และสังกะสีในตัวอย่างตับคนปกติโดยแบ่ง เพศและช่วงอายุ, วิ เคราะห์ด้วย เทคนิคทาง AAS

| ธาตุ | เพศ | ช่วงอายุ (ปี) | ค่า เฉลี่ยของปริมาณธาตุ (ไมโครกรัม/กรัม) | ช่วงปริมาณธาตุ (ไมโครกรัม/กรัม) |
|---|---|---|---|---|
| เหล็ก | ชาย | 0-87 | 524.52 ± 265.51 | 131-1088 |
| | หญิง | 0-75 | 594.75 ± 278.00 | 138-1070 |
| | ชายและหญิง | 0-<1 | 534.59 ± 309.56 | 206-1088 |
| | ชายและหญิง | 1-87 | 527.79 ± 256.49 | 131-1061 |
| ทองแดง | ชาย | 0-87 | 98.08 ± 119.76 | 13-488 |
| | หญิง | 0-75 | 85.08 ± 101.39 | 19-394 |
| | ชายและหญิง | 0-<1 | 242.31 ± 101.39 | 103-394 |
| | ชายและหญิง | 1-87 | 30.50 ± 13.19 | 13-99 |
| สังกะสี | ชาย | 0-87 | 261.38 ± 106.67 | 101-563 |
| | หญิง | 0-75 | 276.39 ± 108.78 | 113-575 |
| | ชายและหญิง | 0-<1 | 311.10 ± 104.39 | 126-563 |
| | ชายและหญิง | 1-87 | 251.97 ± 104.65 | 101-575 |

จากข้อมูลนี้จะเห็นว่า การแบ่งช่วงอายุของตัวอย่างตับเป็น 0-<1 และ 1-87 ปี นั้นเหมาะสมมาก เพราะปริมาณเหล็ก ทองแดงและสังกะสีในตัวอย่างตับที่อยู่ในช่วงอายุ 0-<1 ปีนั้น มีค่าแตกต่างจากปริมาณธาตุทั้งสามนั้นในตัวอย่างตับที่อยู่ในช่วงอายุ 1-87 ปี ซึ่งทำให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุทั้งสามที่คำนวณจากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างตับคนปกติทั้งหมด โดยใช้คอมพิวเตอร์ระบบ SPSS$^{x}$, release 2.1) แตกต่างไปมาก

ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็ก ทองแดง และสังกะสีในตัวอย่างตับผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมีย ซึ่งมีจำนวน 10 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณเหล็กในตัวอย่างตับผู้ป่วยมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณเหล็กในตัวอย่างตับคนปกติมากประมาณ 30-70 เท่า และมีค่าอยู่ในช่วง 9,600-33,000 ไมโครกรัม/กรัม ปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับผู้ป่วยมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติมากกว่า 6-45 เท่า และมีค่าอยู่ในช่วง 850-2,800 ไมโครกรัม/กรัม และปริมาณสังกะสีในตัวอย่างตับผู้ป่วยมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณสังกะสีในตัวอย่างตับคนปกติประมาณ 2-6 เท่า และมีค่าอยู่ในช่วง 60-90 ไมโครกรัม/กรัม

ถ้าพิจารณาเฉพาะตัวอย่างตับคนปกติส่วนที่ได้วิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและทองแดงด้วยเทคนิค INAA และ AAS จำนวน 59 ตัวอย่าง โดยพิจารณาแต่ละตัวอย่างพบว่า ผลการวิเคราะห์จากทั้งสองเทคนิคมีค่าใกล้เคียงกันมาก นำข้อมูลมาทดสอบความแตกต่างกันในแง่ทางสถิติของวิธีวิเคราะห์โดยใช้ F-test ดังนี้

1. หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณเหล็กและทองแดง ในตัวอย่างตับคนปกติชุดที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิคทั้ง INAA และ AAS ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณเหล็กและทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติจำนวน 59 ตัวอย่าง เปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA และเทคนิค AAS

| เทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ | ธาตุ | ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุ (ไมโครกรัม/กรัม) | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ไมโครกรัม/กรัม) |
|---|---|---|---|
| INAA | เหล็ก | 547.34 | 257.88 ($S_2$) |
| | ทองแดง | 79.61 | 92.34 ($S_4$) |
| AAS | เหล็ก | 549.15 | 258.37 ($S_1$) |
| | ทองแดง | 79.78 | 92.85 ($S_3$) |

2. กำหนดให้

$S_1$ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณเหล็กในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS

$S_2$ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณเหล็กในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA

$S_3$ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS

$S_4$ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA

3. หาค่า F จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน $S_1$, $S_2$, $S_3$ และ $S_4$ จาก

$$F_1 = \frac{(S_1)^2}{(S_2)^2} = \frac{(258.37)^2}{(257.88)^2} = \frac{66755.06}{66502.09} = 1.00$$

$$F_2 = \frac{(S_3)^2}{(S_4)^2} = \frac{(92.85)^2}{(92.34)^2} = \frac{8621.12}{8526.68} = 1.01$$

4. เปรียบเทียบค่า $F_1$ เท่ากับ 1.0 และ $F_2$ เท่ากับ 1.01 กับค่า F ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.90 จะเห็นได้ว่าค่า $F_1$ และ $F_2$ น้อยกว่า F แสดงว่าผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กและทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติด้วยทั้งสองเทคนิคนี้ไม่มีความแตกต่างกันในแง่ทางสถิติ และเนื่องจากใช้ค่า F ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ก็ยิ่งแสดงให้เห็นว่าผลการวิเคราะห์ด้วยทั้งสองเทคนิคมีค่าใกล้เคียงกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง

<u>การอภิปรายสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์</u>

ในการวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยนี้ ได้นำโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS$^x$, release 2.1 มาช่วยด้วย โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ศูนย์บริการคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย และได้เลือกใช้คำสั่งย่อยทั้งหมด 4 คำสั่ง ดังแสดงโปรแกรมและผลการวิเคราะห์อยู่ในบทที่ 4 หัวข้อการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ. SPSS$^x$, release 2.1 ซึ่งพอจะสรุปและอภิปรายผลการวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้

1) <u>คำสั่งโปรแกรม FREQUENCY/HISTOGRAM</u>

ผลที่ได้จะเป็นฮีสโตแกรมหรือกราฟแท่งระหว่างปริมาณธาตุ ซึ่งจะแบ่งเป็นช่วงตามความเหมาะสมโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ กับความถี่หรือจำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณธาตุอยู่ในช่วงนั้น ๆ ได้ผลดังรูปที่ 4.1-4.3 และตารางที่ 4.3 จะแสดงค่าทางสถิติ 4 ค่าที่ได้จากโปรแกรมนี้นอกเหนือจากฮีสโตแกรม

รูปที่ 4.1 แสดงฮีสโตแกรมของปริมาณเหล็กในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA ซึ่งมีจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 59 ตัวอย่าง จะเห็นว่า ช่วงปริมาณเหล็กที่มีจำนวนตัวอย่างมากที่สุดคือ 500-600 ไมโครกรัม/กรัม มีจำนวนตัวอย่าง 14 ตัวอย่าง

รูปที่ 4.2 แสดงฮีสโตแกรมของปริมาณเหล็กในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS ซึ่งมีจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 111 ตัวอย่าง จะเห็นว่า ช่วงปริมาณเหล็กที่มีจำนวนตัวอย่างมากที่สุดคือ 300-600 ไมโครกรัม/กรัม มีจำนวนตัวอย่าง 47 ตัวอย่าง และในช่วง 1050-1080 ไมโครกรัม/กรัม มีจำนวนตัวอย่าง 10 ตัวอย่าง

รูปที่ 4.3 แสดงฮีสโตแกรมของปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA ซึ่งมีจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 59 ตัวอย่าง จะเห็นว่า ช่วงปริมาณทองแดงที่มีจำนวนตัวอย่างมากที่สุดคือ 25-40 ไมโครกรัม/กรัม มีจำนวนตัวอย่าง 22 ตัวอย่าง

รูปที่ 4.4 แสดงฮีสโตแกรมของปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค GFA ซึ่งมีจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 111 ตัวอย่าง จะเห็นว่า ช่วงปริมาณทองแดงที่มีจำนวนตัวอย่างมากที่สุดคือ 10-30 ไมโครกรัม/กรัม มีจำนวนตัวอย่าง 46 ตัวอย่าง

รูปที่ 4.5 แสดงฮีสโตแกรมของปริมาณสังกะสีในตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS ซึ่งมีจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 111 ตัวอย่าง จะเห็นว่า ช่วงปริมาณสังกะสีที่มีจำนวนตัวอย่างมากที่สุดคือ 190-300 ไมโครกรัม/กรัม มีจำนวนตัวอย่าง 46 ตัวอย่าง

จากตารางที่ 4.3 จะได้ ค่าเฉลี่ยของปริมาณเหล็กและทองแดง ที่วิเคราะห์ในตัวอย่างตับคนปกติจำนวน 59 ตัวอย่างด้วยเทคนิค INAA มีค่าเท่ากับ 547.34 และ 79.61 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของปริมาณเหล็กและทองแดงที่วิเคราะห์ในตัวอย่างตับคนปกติ จำนวน 59 ตัวอย่าง ด้วยเทคนิค AAS มีค่าเท่ากับ 559.98 และ 91.44 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของปริมาณสังกะสีที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS มีค่าเท่ากับ 269.03 ไมโครกรัม/กรัม

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กและทองแดง ด้วยเทคนิค INAA มีค่าเท่ากับ 257.88 และ 92.34 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กและทองแดงด้วยเทคนิค AAS มีค่าเท่ากับ 272.82 และ 110.54 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีด้วยเทคนิค AAS มีค่าเท่ากับ 107.59 ไมโครกรัม/กรัม

ค่ามัธยฐาน หรือ ค่าปริมาณธาตุที่อยู่กึ่งกลางของค่าปริมาณธาตุทุก ๆ ค่า เมื่อนำมาเรียงลำดับจากค่ามากไปหาค่าน้อย จากตารางที่ 4.3 จะได้ ค่ามัธยฐานของปริมาณเหล็กและทองแดงที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA มีค่าเท่ากับ 530 และ 27 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ค่ามัธยฐานของปริมาณเหล็กและทองแดงที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS มีค่าเท่ากับ 509 และ 34 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ และค่ามัธยฐานของปริมาณสังกะสีที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS มีค่าเท่ากับ 253 ไมโครกรัม/กรัม

ค่าพิสัย หรือ ช่วงของปริมาณธาตุที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างตับ จะได้ ค่าพิสัยของการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก และทองแดง ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA มีค่าเท่ากับ 132-1083 และ 14-335 ไมโครกรัม/กรัม ค่าพิสัยของการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กและทองแดงที่วิเคราะห์

ด้วยเทคนิค AAS มีค่าเท่ากับ 131-1088 และ 13-488 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ค่าพิสัยของการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS มีค่าเท่ากับ 101-575 ไมโครกรัม/กรัม

2) <u>คำสั่งโปรแกรม PEARSON CORRELATION</u>

เป็นโปรแกรมที่สามารถบอกว่า ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ถ้ามีแล้วความสัมพันธ์จะเป็นไปในทิศทางใด และมีขนาดเท่าใดในรูปเมตริกซ์ ดังตารางที่ 4.4 และ 4.5

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า ในการวิเคราะห์ตัวอย่างตับคนปกติจำนวน 59 ตัวอย่าง ด้วยเทคนิค INAA พบว่า ปริมาณเหล็กและทองแดงในตัวอย่างจะมีค่ามากน้อย ขึ้นอยู่กับอายุของเจ้าของตัวอย่างตับ โดยจะสัมพันธ์กันในทางลบ กล่าวคือ ถ้าอายุน้อยจะมีปริมาณธาตุทั้งสองนั้นมาก แต่ถ้าอายุมากกลับจะมีปริมาณธาตุทั้งสองนั้นน้อย แต่ขนาดของความสัมพันธ์มีค่าเพียง 0.4974 หรือ 49.74 % สำหรับปริมาณเหล็กและ 0.5901 หรือ 59.01 % สำหรับปริมาณทอง-แดง ซึ่งเป็นขนาดความสัมพันธ์ในระดับกลาง เมื่อเทียบกับ 1.0000หรือ 100 % และจากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าในการวิเคราะห์ตัวอย่างตับคนปกติจำนวน 111 ตัวอย่าง ด้วยเทคนิค AAS พบว่าอายุของเจ้าของตัวอย่างจะมีผลต่อปริมาณทองแดงเท่านั้น ความสัมพันธ์นี้ก็เป็นไปในทางลบเช่นกัน และมีขนาดความสัมพันธ์เป็น 0.5901 หรือ 59.01 % ซึ่งก็ยังเป็นความสัมพันธ์ในระดับกลาง นั่นคือ จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม PEARSON CORRELATION สามารถบอกให้เรารู้ว่าอายุของเจ้าของตัวอย่างตับอาจจะมีผลต่อปริมาณเหล็กและทองแดง ที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างตับคนปกติ แต่ยังไม่สามารถคาดคะเนเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้

3) <u>คำสั่งโปรแกรม SCATTER DIAGRAM</u>

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมนี้จะได้เป็น SCATTER DIAGRAM ซึ่งเป็นกราฟที่เขียนเพื่อพิจารณารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว การเขียนกราฟจะใช้คำแหน่งบนแกนตั้ง 51 หน่วย แกนนอน 101 หน่วย ต่อหนึ่งหน้า โดยพิมพ์เครื่องหมาย * แทนจุดของคู่ลำดับ ถ้าจุดใดซ้ำกันจะใช้ตัวเลขแทนจำนวนที่ซ้ำ แต่ถ้าซ้ำกันตั้งแต่ 9 ค่าขึ้นไป จะแสดงโดยเลข 9 เท่านั้น จากการพิจารณารูปแบบความสัมพันธ์จะได้ว่าเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยโปรแกรมนี้จะให้ค่าความชันและจุดตัดแกนตั้งของเส้นตรง ทำให้สามารถสร้างเส้นตรงลงใน SCATTER DIAGRAM ดังในรูปที่ 4.6-4.14 และเขียนสมการเส้นตรงได้ดังสมการที่ (4)-(12)

เมื่อพิจารณาจาก SCATTER DIAGRAM แต่ละรูปดังนี้

รูปที่ 4.6 เป็น SCATTER DIAGRAM ระหว่างอายุกับปริมาณเหล็กที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA จะเห็นว่า การกระจายของจุด * มีมากเกือบดูไม่ออกว่าแนวโน้มของการกระจายตัวเป็นเส้นตรง และสมการเส้นตรงที่สร้างขึ้นมีความชันน้อยมากคือ -0.0488 อย่างไรก็ตามพอจะคาดคะเนความสัมพันธ์นี้ได้เป็นปฏิภาคกลับเชิงเส้นตรง นั่นคือ ถ้าอายุเจ้าของตัวอย่างต่ำน้อย ปริมาณเหล็กที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างนั้นอาจจะมาก

รูปที่ 4.7 เป็น SCATTER DIAGRAM ระหว่างอายุกับปริมาณทองแดงที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA จะเห็นว่า การกระจายของจุด * อยู่ในลักษณะเกือบเป็นเส้นโค้ง และสมการเส้นตรงที่สร้างขึ้นมีความชันเป็น -0.1617 ซึ่งมีค่ามากกว่ารูปที่ 4.4 นั่นคือ ความสัมพันธ์มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงมากกว่า ดังนั้น ความสัมพันธ์นี้ จึงเป็นปฏิภาคกลับในเชิงเส้นตรง เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.8 เป็น SCATTER DIAGRAM ระหว่างปริมาณเหล็กกับปริมาณทองแดงที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA จะเห็นว่า การกระจายของจุด * พอจะมองเห็นว่ามีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ซึ่งความชันควรเป็นบวก ซึ่งสอดคล้องกับสมการที่ได้มีความชันเป็น 1.6088 นั่นคือความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล็กกับปริมาณทองแดงเป็นปฏิภาคโดยตรงเชิงเส้นตรง

รูปที่ 4.9 เป็น SCATTER DIAGRAM ระหว่างอายุกับปริมาณเหล็กที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS จะเห็นว่า มีการกระจายของจุด * มากเช่นเดียวกับรูปที่ 4.4 ค่าความชันของเส้นตรงที่คาดคะเนได้คือ -0.0123 นั่นคือได้ความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงและเป็นปฏิภาคกลับ

รูปที่ 4.10 เป็น SCATTER DIAGRAM ระหว่างอายุกับปริมาณทองแดงที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค GFA จะเห็นว่าการกระจายของจุด * อยู่ในลักษณะเกือบเป็นเส้นโค้ง แต่ก็สามารถสร้างสมการเส้นตรงมีความชันเป็น -0.1408 นั่นคือ อายุและปริมาณทองแดงมีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรงแบบปฏิภาคกลับ

รูปที่ 4.11 เป็น SCATTER DIAGRAM ระหว่างอายุกับปริมาณสังกะสีที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS จะเห็นว่า การกระจายของจุด * มีมาก ทำให้ความชันของเส้นตรงที่คาดคะเนมีค่าน้อยมาก คือ -0.0113 แสดงว่าอายุกับปริมาณสังกะสีมีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรงและเป็นแบบปฏิภาคกลับ

รูปที่ 4.12 เป็น SCATTER DIAGRAM ระหว่างปริมาณเหล็กกับปริมาณทองแดงที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS จะเห็นว่ามีการกระจายจุด * มาก แต่คาดคะเนได้เป็นเส้นตรงมีความชัน 0.3670 แสดงว่าปริมาณเหล็กมีความสัมพันธ์กับปริมาณทองแดงในเชิงเส้นตรง และเป็นแบบปฏิภาคโดยตรง

รูปที่ 4.13 เป็น SCATTER DIAGRAM ระหว่างปริมาณเหล็กกับปริมาณสังกะสีที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS จะเห็นว่า มีการกระจายของจุด * แต่สามารถคาดคะเนแนวโน้มว่าเป็นเส้นตรง มีความชันเป็น 0.2512 นั่นคือ ปริมาณเหล็กมีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงกับปริมาณสังกะสีเป็นแบบปฏิภาคโดยตรง

รูปที่ 4.14 เป็น SCATTER DIAGRAM ระหว่างปริมาณทองแดงกับปริมาณสังกะสีที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS จะเห็นชัดว่า การกระจายของจุด * มีแนวโน้มเป็นลักษณะของเส้นตรง ซึ่งโปรแกรมนี้จะช่วยคำนวณหาความชันได้เป็น 0.2254 นั่นคือ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทองแดงกับปริมาณสังกะสีเป็นไปในเชิงเส้นตรงและเป็นแบบปฏิภาคโดยตรง

4) <u>คำสั่งโปรแกรม REGRESSION</u>

จากผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ พบว่า ปริมาณเหล็ก ทองแดง และสังกะสี ในตัวอย่างดับมีความสัมพันธ์กับอายุ และในระหว่างปริมาณธาตุทั้งสามนี้ก็มีความสัมพันธ์กันด้วย โดยมีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง เพื่อให้แน่ใจในความสัมพันธ์นี้ ผู้วิจัยจึงนำโปรแกรม REGRESSION มาช่วยวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งนอกจากจะช่วยบ่งว่ามีความสัมพันธ์ในระหว่างตัวแปรเหล่านี้จริงแล้ว โปรแกรมนี้ยังจะช่วยประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ทำให้สามารถคาดคะเนสมการการถดถอยเพื่อนำไปพยากรณ์ค่าตัวแปรตัวหนึ่งตัวใดได้

เนื่องจากตัวแปรมี 4 ตัวคือ อายุเจ้าของตัวอย่างดับ ปริมาณเหล็ก ปริมาณทองแดง และปริมาณสังกะสี ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ปริมาณธาตุตัวใดตัวหนึ่ง เป็นตัวแปรตาม และปริมาณธาตุ 2 ตัวที่เหลือกับอายุเป็นตัวแปรอิสระ ดังนั้นสมการการถดถอยที่ได้จะเป็นสมการการถดถอยเชิงเส้นตรงสำหรับตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัว (multiple linear regression) มีรูปสมการดังนี้

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \ldots + b_px_p$$

เมื่อ $y$ = ค่าของตัวแปรตาม

$x_p$ = ค่าของตัวแปรอิสระตัวที่ $p$ ; $p = 1,2,3,\ldots$

$b_p$ = สัมประสิทธิ์การถดถอยค่าที่ p ; p = 0,1,2,3,...

และถ้า p = 0 , $b_p = b_0$ = ค่าคงที่ของสมการการถดถอย

พร้อมกันนี้ ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการทางสถิติที่จะคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าไปในโปรแกรม 2 วิธี คือ ENTER และ STEPWISE สัมประสิทธิ์การถดถอยที่นำมาคาดคะเนสมการการถดถอยจะเป็นค่าเฉลี่ย โดยโปรแกรมนี้จะให้มาพร้อมกับให้ช่วงของสัมประสิทธิ์การถดถอยสำหรับตัวแปรอิสระแต่ละตัวในแต่ละสมการมาด้วย

ผลของวิธีคัดเลือกตัวแปรอิสระแบบ ENTER ได้ให้สัมประสิทธิ์การถดถอยซึ่งสามารถคาดคะเนสมการการถดถอยได้ดังสมการที่ (13)-(17) และให้ช่วงของสัมประสิทธิ์การถดถอยดังแสดงในตารางที่ 4.6 และ 4.7

สมการที่ (13) ตัวแปรตามคือ ปริมาณเหล็กในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA ($Fe_I$) ตัวแปรอิสระมี 2 ตัวคือ อายุเจ้าของตัวอย่างตับ (Age) และปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA ($Cu_I$) โดยมีค่าคงที่สมการเท่ากับ 514.3794 สัมประสิทธิ์ของ Age เท่ากับ -2.4618 และสัมประสิทธิ์ของ $Cu_I$ เท่ากับ 1.2107 จากสมการนี้จะสามารถประมาณค่า $Fe_I$ ได้เป็นค่าเฉลี่ย และถ้าต้องการประมาณช่วงของ $Fe_I$ ก็สามารถประมาณได้โดยแทนค่าช่วงของสัมประสิทธิ์ของ Age และช่วงของสัมประสิทธิ์ของ $Cu_I$ จากตารางที่ 4.6 ซึ่งมีค่าเท่ากับ (-5.1439)-(0.2204) และ (0.4756)-(1.9458) ตามลำดับ

สมการที่ (14) ตัวแปรตามคือ ปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA ($Cu_I$) ตัวแปรอิสระคือ อายุเจ้าของตัวอย่างตับ (Age) และปริมาณเหล็กในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA ($Fe_I$) โดยมีค่าคงที่ของสมการเท่ากับ 43.9485 สัมประสิทธิ์ของ Age เท่ากับ -1.4177 และสัมประสิทธิ์ของ $Fe_I$ เท่ากับ 0.1344 จากสมการนี้สามารถประมาณค่าเฉลี่ยของ $Cu_I$ ได้ และสามารถประมาณช่วงของ $Cu_I$ ได้จากการแทนค่าช่วงของสัมประสิทธิ์ของ Age และช่วงของสัมประสิทธิ์ของ $Fe_I$ จากตารางที่ 4.6 ซึ่งมีค่าเท่ากับ (-2.3034) - (0.6399) และ (0.0528)-(0.2160)

นั่นคือ สมการที่ (13) จะเป็นสมการที่นำไปคำนวณเพื่อประมาณค่าปริมาณเหล็กในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA ซึ่งจะมีค่าขึ้นอยู่กับปริมาณทองแดง และอายุของ

ตัวอย่างตับนั้น ๆ และในทางกลับกันสมการที่ (14) เป็นสมการที่ใช้ประมาณค่าปริมาณทองแดงจากปริมาณเหล็กและอายุเจ้าของตัวอย่างตับ

ในทำนองเดียวกัน สมการที่ (15)-(17) เป็นสมการถดถอยที่มีตัวแปรตามเป็นปริมาณเหล็ก ($Fe_{II}$) ปริมาณทองแดง ($Cu_{II}$) และปริมาณสังกะสี ($Zn_{II}$) ที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างตับคนปกติด้วยเทคนิค AAS ตามลำดับ โดยตัวแปรอิสระมี 3 ตัวคือ อายุเจ้าของตัวอย่างตับ และปริมาณธาตุอีก 2 ธาตุที่เหลือ ซึ่งเราสามารถประมาณค่า $Fe_{II}$, $Cu_{II}$ หรือ $Zn_{II}$ ได้เป็นค่าเฉลี่ย และถ้าแทนค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรอิสระเป็นช่วงจากตารางที่ 4.7 ก็สามารถประมาณช่วงของ $Fe_{II}$, $Cu_{II}$ หรือ $Zn_{II}$ ได้

ส่วนวิธีคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าโปรแกรมแบบ STEPWISE เป็นวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าไปทีละตัว เพื่อหาความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญกับตัวแปรตาม แล้วโปรแกรมนี้ก็จะคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระตัวนั้น และค่าคงที่สำหรับคาดคะเนสมการการถดถอย และผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะคาดคะเนสมการการถดถอยได้เพียง 4 สมการคือ สมการที่ (18)-(21) สมการที่ (18) เป็นสมการแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างตัวแปรตามคือ $Fe_I$ กับตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวคือ $Cu_I$ โดยมีค่าคงที่เท่ากับ 419.2645 และสัมประสิทธิ์การถดถอยเท่าเท่ากับ 1.6088 แสดงว่าปริมาณเหล็กในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA มีค่าเปลี่ยนแปลงตามปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA เท่านั้น ซึ่งควรจะนำไปประมาณค่า $Fe_I$ มากกว่าจะใช้สมการที่ (13)

สมการที่ (19) เป็นสมการการถดถอยแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างตัวแปรตามคือ ปริมาณทองแดงในตัวอย่างคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA ($Cu_I$) กับตัวแปรอิสระ 2 ตัวคือ อายุเจ้าของตัวอย่างตับ (Age) และปริมาณเหล็กในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค INAA ($Fe_I$) ซึ่งเป็นสมการเดียวกับสมการที่ (14) แสดงว่าเราสามารถประมาณค่า $Cu_I$ ได้จากสมการที่ (14) หรือ (19) ได้

สมการที่ (20) เป็นสมการการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคือ ปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค GFA ($Cu_{II}$) กับตัวแปรอิสระ 2 ตัว คือ อายุเจ้าของตัวอย่างตับ (Age) และปริมาณสังกะสีในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS ($Zn_I$) โดยมีค่าคงที่ของสมการเท่ากับ 105.2633 มีสัมประสิทธิ์การถดถอยของ Age เท่ากับ -2.4431 และสัมประสิทธิ์การถดถอยของ $Zn_{II}$ เท่ากับ 0.1978 ซึ่งต่างจากสมการที่ (16)

แสดงว่าปริมาณเหล็กในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS ($Fe_{II}$) ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS การประมาณค่า $Cu_{II}$ ควรใช้สมการที่ (20)

สมการที่ (21) เป็นสมการการถดถอยแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างตัวแปรตามคือ ปริมาณสังกะสีในตัวอย่างตับที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS ($Zn_{II}$) กับตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวคือ ปริมาณทองแดงในตัวอย่างตับคนปกติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค GFA ($Cu_{II}$) โดยมีค่าคงที่ของสมการเท่ากับ 249.5069 และมีสัมประสิทธิ์การถดถอยของ $Cu_{II}$ เท่ากับ 0.2135 ซึ่งต่างจากสมการที่ (17) ดังนั้นการประมาณค่า $Zn_{II}$ ควรใช้สมการที่ (21)

<u>อภิปรายสรุปผลการตรวจดูเซลตับในตัวอย่างตับ</u>

จากการตรวจดูเซลตับในตัวอย่างตับคนปกติเปรียบเทียบกับในตัวอย่างตับผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมียด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดาและแบบ TEM ดังแสดงผลในรูปที่ 3.22-3.29 จะเห็นว่าตัวอย่างตับผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมียมีปริมาณเหล็กสะสมมากขึ้น โดยที่กลุ่มของเหล็กจะเข้าไปอยู่ในเฮพาติกเซลหรือเซลตับ และคัพเฟอร์เซล เท่านั้น ในขณะที่ตัวอย่างตับคนปกตินั้นจะไม่เห็นกลุ่มของเหล็กในเฮพาติกเซลและคัพเฟอร์เซลเลย โดยที่รูปที่ 3.22-3.27 เป็นรูปจากกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดาใช้กำลังขยาย 200 และ 400 เท่า

รูปที่ 3.22 เป็นรูปแสดงเซลตับที่ได้จากการย้อมสีตัวอย่างตับคนปกติด้วย Turn bull blue ซึ่งจะได้เฮพาติคเซลติดสีเขียวอมเหลือง โดยเห็นรูปร่างของเซลและนิวเคลียส (ติดสีทึบกว่า) อย่างชัดเจน และมีเซลเม็ดเลือดแดงติดสีแดงกระจายอยู่ในเฮพาติกไซนูซอยด์ รูปที่ 3.23 แสดงให้เห็นกลุ่มของเหล็กสะสมที่เพิ่มขึ้นมากกว่าปกติติดสีย้อม Turn bull blue เป็นสีเขียวอมน้ำเงินอย่างชัดเจน กระจายตัวอยู่ทั่วไป ซึ่งถ้าดูจากรูปที่ 3.24 ซึ่งขยายใหญ่ขึ้น จะสามารถเห็นว่า กลุ่มเหล็กจะเกาะอยู่ในเฮพาติกเซลและคัพเฟอร์เซล แต่ไม่มีในเฮพาติกไซนูซอยด์ และจากรูปที่ 3.25 และ 3.26 จะได้ผลยืนยันตรงกับรูปที่ 3.22-3.24 โดยที่เปลี่ยนเป็นการย้อมสีด้วย H & E ซึ่งจะเห็นว่า รูปที่ 3.25 เซลตับในตัวอย่างคนปกติจะติดสีแดงอมน้ำตาล มีนิวเคลียสติดสีทึบ เซลเม็ดเลือดแดงติดสีแดงและกระจายตัวอยู่ในเฮพาติกไซนูซอยด์ รูปที่ 3.26 แสดงกลุ่มของเหล็กสะสมที่เพิ่มขึ้นในตัวอย่างตับผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมีย จะติดสีน้ำตาลเข้ม โดยจะกระจายตัวอยู่ในเซลตับและคัพเฟอร์เซล ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้นจากรูปขยายที่ 3.27 เนื่องจากกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา

มีกำลังขยายน้อย ผู้วิจัยจึงได้ใช้กล้องจุลทรรศน์แบบทรานสมิชชันอิเลคตรอนไมโครสโคปี (TEM) ตรวจดูเซลตับในตัวอย่างตับคนปกติและผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมีย โดยใช้กำลังขยาย 3,700 เท่า ซึ่งได้ผลดังรูปที่ 3.28 และ 3.29 ซึ่งเป็นรูปที่แสดงรายละเอียดมากกว่ารูปที่ 3.22-3.27 โดยรูปที่ 3.28 แสดงเฮพาติกเซลหรือเซลตับ (HC) ซึ่งจะเห็นนิวเคลียส (N) อย่างชัดเจน และแสดงให้เห็นคัพเฟอร์เซล (HC) และนิวเคลียส (N) ของตัวอย่างตับคนปกติ ซึ่งไม่ปรากฏกลุ่มของเหล็กให้เห็น ส่วนรูปที่ 3.29 เป็นรูปตัวอย่างตับผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมีย แสดงให้เห็นกลุ่มของเหล็กซึ่งเรียกว่าฮีโมสิเดอรินบอดี (HB) ปรากฏอยู่ใน HC และ KC อย่างชัดเจน

<u>อภิปรายสรุปผลการศึกษาเทคนิค microextraction ด้วย "MIXOR"</u>

จากหัวข้อการศึกษาเทคนิคเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายเหล็ก ทองแดง และสังกะสีโดยวิธีสกัดในบทที่ 3 นั้น ได้ทำการทดลองเพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากตัวอย่างตับที่นำมาวิเคราะห์มีปริมาณธาตุที่สนใจน้อยมาก ไม่สามารถวิเคราะห์ด้วยเทคนิค flame-AAS โดยได้ทดลองวิธีแก้ปัญหาไว้ 2 ลักษณะคือ

1. ใช้เทคนิค GFA แทนเทคนิค flame-AAS โดยไม่ต้องใช้วิธีเพิ่มความเข้มข้นด้วยวิธีสกัด เพราะเป็นเทคนิคที่ให้เซนติวิตีสูง แต่ต้องมีปริมาณธาตุมากพอจะวิเคราะห์ได้ซึ่งได้ทดลองเพื่อทดสอบความสามารถของเทคนิค GFA ซึ่งค่อนข้างยุ่งยากและต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ โดยทดลองวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก ทองแดง และสังกะสี ในสารละลายมาตรฐาน ซึ่งสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

(1) ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของพีคกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเป็นแบบปฏิภาคโดยตรงเชิงเส้นตรง นั่นคือสามารถสร้างกราฟมาตรฐานเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณธาตุในสารละลายตัวอย่างได้ ดังรูปที่ 3.9-3.11

(2) ความสามารถของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GFA ดีกว่าความสามารถของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค flame-AAS ดังจะเปรียบให้เห็นดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 แสดงผลการทดสอบความสามารถของการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานเหล็ก ทองแดง และสังกะสี ด้วยเทคนิค GFA เปรียบเทียบกับเทคนิค flame-AAS

| ธาตุที่สนใจวิเคราะห์ | ความเข้มข้นของสารละลายที่สามารถวิเคราะห์ได้ ($\mu g/cm^3$) | |
|---|---|---|
| | เทคนิค flame-AAS | เทคนิค GFA |
| เหล็ก | $6.2 \times 10^{-2}$ | $6.09 \times 10^{-3}$ |
| ทองแดง | $4.0 \times 10^{-2}$ | $5.06 \times 10^{-3}$ |
| สังกะสี | $9.0 \times 10^{-3}$ | $6.02 \times 10^{-3}$ |

2. ถ้าปริมาณเหล็ก ทองแดง และสังกะสี ในสารละลายตัวอย่างมีความเข้มข้นต่ำมาก ๆ และถ้าต่ำกว่าค่า detection limit ของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค flame-AAS หรือเทคนิค GFA ทำให้มีความจำเป็นต้องหาทางเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างเสียก่อน มิฉะนั้นจะทำการวิเคราะห์ไม่ได้ เทคนิคที่ได้ศึกษาขึ้นเพื่อใช้เป็นเทคนิคเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง คือ การทำ microextraction โดยใช้ MIXOR มีวิธีทำดังต่อไปนี้

(1) นำสารละลายตัวอย่างมา 10.00 $cm^3$ ปรับ pH ให้มีค่าประมาณ 3 ด้วยสารละลาย 0.10 M HCl หรือ 0.10 M $NH_4OH$

(2) นำสารละลายที่ปรับ pH แล้วใส่ลงใน MIXOR แล้วเติมสารละลาย 1% APDC จำนวน 0.50 $cm^3$ ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 30 วินาที

(3) เติมตัวทำละลาย MIBK จำนวน 1.00 $cm^3$ สกัดเป็นเวลานาน 2 นาที เติมผง $NaHCO_3$ ลงไปเล็กน้อยแล้วสกัดต่ออีก 5 วินาที

(4) ตั้ง MIXOR ทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้น (ประมาณ 20 นาที)

(5) แยกเอาสารละลายชั้นบน ซึ่งเป็นชั้นของ MIBK ซึ่งมีสารประกอบเชิงซ้อนของธาตุที่สนใจละลายอยู่ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GFA

(6) คำนวณหาปริมาณธาตุที่สนใจจากกราฟมาตรฐานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของพีคกับความเข้มข้นของสารละลายที่ได้จากการสกัดสารละลายมาตรฐานตามขั้นตอนข้อ (1)-(5) นี้

การทดลองหาประสิทธิภาพของเทคนิค microextraction เมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิค macroextraction โดยใช้กรวยแยกนั้น พอจะสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

(1) เทคนิค microextraction ให้เปอร์เซนต์การสกัดสูงกว่าเทคนิค macroextraction ดังแสดงผลในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าเฉลี่ยของเปอร์เซนต์การสกัดสารละลายมาตรฐานเหล็ก ทองแดง และสังกะสี โดยใช้เทคนิค microextraction เปรียบเทียบกับเทคนิค microextraction

| ธาตุที่สนใจวิเคราะห์ | เปอร์เซนต์การสกัดโดยเฉลี่ย | |
|---|---|---|
| | เทคนิค macroextraction | เทคนิค microextraction |
| เหล็ก | 80.00 | 84.17 |
| ทองแดง | 91.67 | 92.50 |
| สังกะสี | 83.33 | 91.67 |

(2) การทำ microextraction โดยวิธีให้ผลการวิเคราะห์ถูกต้องกว่าและมีความแม่นยำกว่าการใช้เทคนิค macroextraction ดังแสดงให้เห็นได้จากค่า % relative error และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตามตารางที่ 5.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.6 แสดงค่า % relative error โดยเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์สารละลายที่ได้จากการสกัดด้วยเทคนิค microextraction เปรียบเทียบกับเทคนิค macroextraction

| ธาตุที่สนใจวิเคราะห์ | % relative error โดยเฉลี่ย | | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | |
|---|---|---|---|---|
| | เทคนิค macroextraction | เทคนิค microextraction | เทคนิค macroextraction | เทคนิค microextraction |
| เหล็ก | -19.4 | -15.0 | 0.020 | 0.010 |
| ทองแดง | - 6.6 | -3.4 | 0.010 | 0.004 |
| สังกะสี | -17.6 | -10.0 | 0.010 | 0.007 |

(3) การทำ microextraction โดยวิธีนี้ให้ค่า detection limit ต่ำกว่าการใช้เทคนิค macroextraction ดังแสดงให้เห็นในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 แสดงผลการทดสอบความสามารถของการวิเคราะห์สารละลายที่ได้จากการสกัดด้วยเทคนิค microextraction เปรียบเทียบกับเทคนิค macroextraction

| ธาตุที่สนใจวิเคราะห์ | ความเข้มข้นของสารละลายที่สามารถวิเคราะห์ได้ ( $\mu g/cm^3$) | | |
|---|---|---|---|
| | การวิเคราะห์ด้วย GFA | การวิเคราะห์ด้วยการทำ macroextraction และใช้ GFA | การวิเคราะห์ด้วยการทำ microextraction และใช้ GFA |
| เหล็ก | $6.09 \times 10^{-3}$ | $1.72 \times 10^{-3}$ | $6.06 \times 10^{-4}$ |
| ทองแดง | $5.06 \times 10^{-3}$ | $9.57 \times 10^{-4}$ | $2.88 \times 10^{-4}$ |
| สังกะสี | $6.02 \times 10^{-3}$ | $5.15 \times 10^{-3}$ | $2.23 \times 10^{-3}$ |

ข้อเสนอแนะ

การทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจำเป็นต้องใช้เครื่องมือจากหลายหน่วยงาน เช่น เครื่องมือและอุปกรณ์ในเทคนิคนิวตรอนแอกติเวชัน ที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ และเครื่อง AAS-GFA ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยที่ภาควิชาเคมี ไม่มีเครื่องมือดังกล่าว จึงเป็นอุปสรรคและทำงานได้ช้า แต่ก็ได้รับความร่วมมืออย่างดีจากทั้งสองหน่วยงาน ซึ่งผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย สำหรับงานวิจัยที่น่าจะได้มีการศึกษาต่อ คือ การวิเคราะห์ตัวอย่างตับผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมียในระยะการเกิดโรคต่าง ๆ กัน หรือตัวอย่างตับผู้ป่วยหลังจากการรักษาในขั้นต่าง ๆ เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุทั้งสามนี้ตลอดจนแยกศึกษาในตัวอย่างตับผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมียชนิดต่าง ๆ ที่พบในประเทศไทย อีกประการหนึ่งคือ ควรจะได้ศึกษาหาวิธีลดปริมาณเหล็กและทองแดงในตับผู้ป่วยโรคนี้ให้หมดไปได้ก็จะเป็นการดีอย่างยิ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย