

บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับย่อยสลายผักตบชวาอย่างก่อนวิเคราะห์ ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส

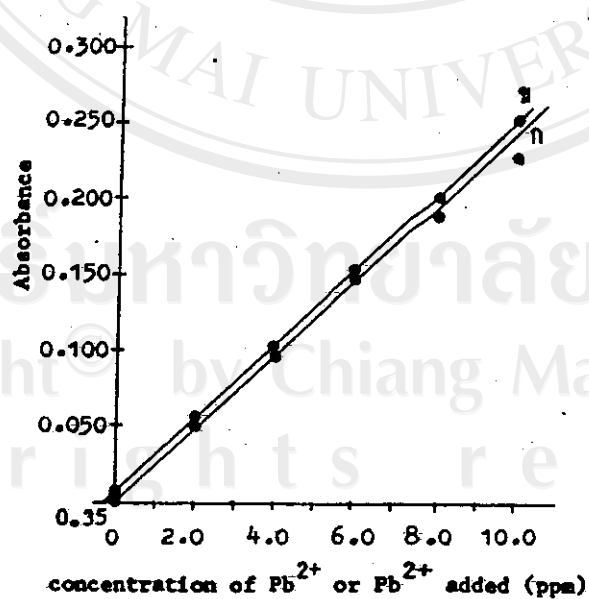
ในการศึกษานี้ได้ใช้ผักตบชวาจากตลาดต้นลำไย (E) ในการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารละลายย้อมระหว่างกรดไนตริกเข้มข้นกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สำหรับย่อยสลายผักตบชวาอย่างก่อนวิเคราะห์ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส oxidant ที่เหมาะสมหาได้จากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ผักตบชวาโดยวิธี standard addition โดยเลือก oxidant ที่ใช้ปริมาณน้อยที่สุด ซึ่งสามารถย่อยสลายสารตัวอย่างได้รวดเร็วและให้ร้อยละของการคืนกลับของธาตุที่จะวิเคราะห์ที่เติมลงไปในตัวอย่างไม่สูง ในแต่ละการทดลองได้ทำการทดลองซ้ำกัน 3 ครั้ง ข้อมูลในทุก ๆ ตารางหัก blank แล้ว

3.1.1 การวิเคราะห์ตะกั่ว

ซึ่งผักตบชวาที่บดจนละเอียดด้วยน้ำหนักที่เหมาะสม เติมสารละลายมาตรฐานตะกั่วที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน แล้วนำไปย่อยสลายด้วยสารละลายย้อมระหว่างกรดไนตริกเข้มข้นกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน (หัวข้อ 2.8) เติมน้ำยละลายผักตบชวาตามหัวข้อ 2.5.1 แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วโดยวิธีอะตอมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตเมทรีภายใต้สภาวะของเครื่อง AAS ตามหัวข้อ 2.9 ได้ข้อมูลดังแสดงในตาราง 5-13, 50 และรูป 5-8

ตาราง 5 ค่า absorbance ของสารละลายตะกั่วมาตรฐานที่ใส่ X (ก) และที่ใส่ X (ข) ที่ย่อยสลายด้วยสารผสมของกรดไนตริก-ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1:1 โดยปริมาตร (blank = 0.0001)

Pb^{2+} (ppm)	Absorbance	
	ก	ข ($X \approx 1.00$ g)
0.00	0.000	0.006
2.00	0.050	0.055
4.00	0.102	0.102
6.00	0.149	0.154
8.00	0.186	0.201
10.00	0.225	0.250



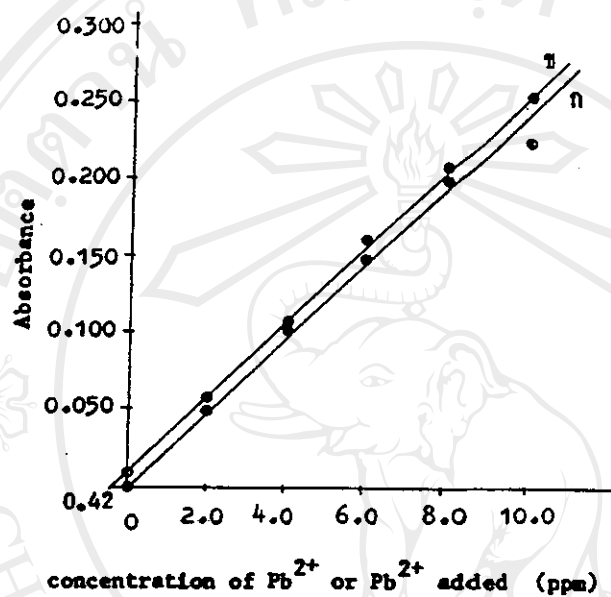
รูป 5 calibration curve ของสารละลายตะกั่วมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์ตะกั่ว X (ข) จากตาราง 5

ตาราง 6 ค่า percentage recovery และ percentage error ของ ตะกั่วที่ผสมละลาย X ด้วยสารผสมของกรดไนตริกคอสโตรเจน เปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 1:1 โดยปริมาตร พบว่าใช้สารผสม 60 ml เวลา 5-6 ชั่วโมง อุณหภูมิ 75-85°C

Pb ²⁺ ที่เติม (ppm)	Pb ²⁺ จาก calibration curve (ppm)	Pb ²⁺ ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.30	0.30	-	-
2.00	2.28	1.98	99.00	-1.00
4.00	4.25	3.95	98.75	-1.25
6.00	6.32	6.02	100.33	+0.33
8.00	8.30	8.00	100.00	0.00
10.00	10.30	10.00	100.00	0.00
เฉลี่ย			99.62	-0.384

ตาราง 7 ค่า absorbance ของสารละลายตะกั่วมาตรฐานที่ไม่ได้ X (ก) และที่ได้ X (ข) ที่ผสมละลายด้วยสารผสมของกรดไนตริกคอสโตรเจน เปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 1:2 โดยปริมาตร (blank = 0.001)

Pb ²⁺ (ppm)	Absorbance	
	ก	ข (X ≈ 1.00 g)
0.00	0.00	0.008
2.00	0.049	0.068
4.00	0.102	0.107
6.00	0.149	0.160
8.00	0.196	0.208
10.00	0.222	0.252



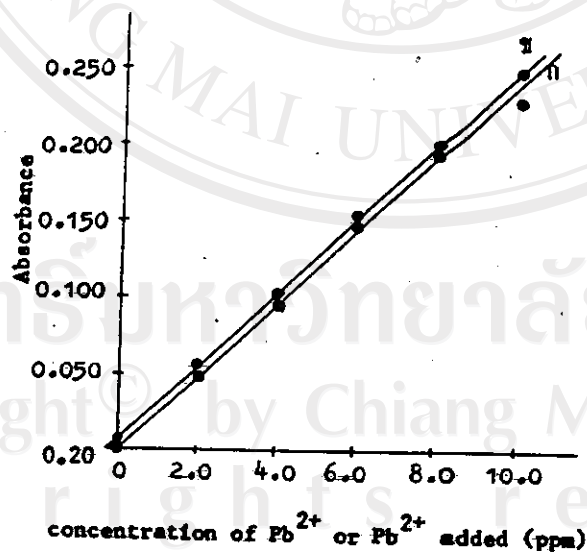
รูป 6 calibration curve ของสารละลายตะกั่วมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์ตะกั่วใน E (ข) จากตาราง 7

ตาราง 8 ค่า percentage recovery และ percentage error ของตะกั่วที่ บอยชอว E คำนวณด้วยกราฟในข้อ 6.1.2 เปรียบเทียบค่าที่พบใน 1:2 โดยมีการทบทวนซ้ำสามครั้ง 40 ml อุณหภูมิ 75-85°C เวลา 5-6 ชั่วโมง

Pb^{2+} ที่เติม (ppm)	Pb^{2+} จาก calibration curve (ppm)	Pb^{2+} ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.40	0.40	-	-
2.00	2.40	2.00	100.00	0.00
4.00	4.45	4.05	101.25	+1.25
6.00	6.40	6.00	100.00	+0.00
8.00	8.43	8.03	100.38	+0.38
10.00	10.40	10.00	100.00	0.00
เฉลี่ย			100.33	+0.33

ตาราง 9 ค่า absorbance ของสารละลายตะกั่วมาตรฐานที่ไม่ใช่ x (ก) และที่ใช่ x (ข) ที่บดขยี้ด้วยสารผสมของกรรไกรที่กดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1.33 โดยปริมาตร (blank = 0.001) ...

Pb^{2+} (ppm)	Absorbance	
	ก	ข ($x \leq 1.00$ g)
0.00	0.000	0.006
2.00	0.051	0.058
4.00	0.098	0.102
6.00	0.147	0.154
8.00	0.192	0.200
10.00	0.226	0.246



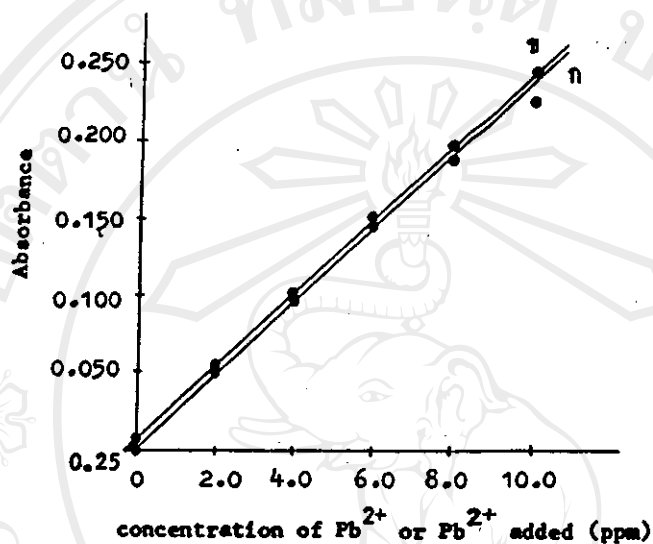
รูป 7 calibration curve ของสารละลายตะกั่วมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์ตะกั่วใน x (ข) จากตาราง 9

ตาราง 10 ค่า percentage recovery และ percentage error ของตะกั่วที่
 ย่อยละลายด้วยสารละลายของกรดไนตริกคอสโครเจนเปอร์ออกไซด์เพ้ากับ
 1:3 โดยปริมาตรที่ใส่สารละลาย 40 ml เวลา 5-6 ชั่วโมง อุณหภูมิ
 75-85°C

Pb ²⁺ ที่เติม (ppm)	Pb ²⁺ จาก calibration curve (ppm)	Pb ²⁺ ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.35	0.35	-	-
2.00	2.30	1.95	97.50	-2.50
4.00	4.30	3.95	98.75	-1.25
6.00	6.32	5.97	99.50	-0.50
8.00	8.30	7.95	99.38	-0.62
10.00	10.35	10.00	100.00	0.00
เฉลี่ย			99.03	-0.97

ตาราง 11 ค่า absorbance ของสารละลายตะกั่วมาตรฐานที่ใส่ 5 (ก) และ
 10 (ข) มล. ย่อยละลายด้วยสารละลายของกรดไนตริกคอสโครเจน
 เปอร์ออกไซด์เพ้ากับ 2:1 โดยปริมาตร (blank = 0.001)

Pb ²⁺ (ppm)	Absorbance	
	ก	ข (x ≤ 1.00 g)
0.00	0.000	0.009
2.00	0.051	0.055
4.00	0.102	0.102
6.00	0.152	0.151
8.00	0.188	0.198
10.00	0.223	0.242



รูป 8 calibration curve ของสารละลายตะกั่วมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์ตะกั่วใน ข (ข) จากตาราง 11

ตาราง 12 ค่า percentage recovery และ percentage error ของตะกั่วที่
มีอยู่ในตัวอย่าง ข กับสารละลายของตะกั่วที่เติมใส่โซลเจนแบบอัตโนมัติ
เท่ากับ 2:1 โดยปริมาตรของน้ำใช้สารละลาย 20 ml เวลา 8-9 ชั่วโมง
อุณหภูมิ 75-85°C

Pb ²⁺ ที่เติม (ppm)	Pb ²⁺ จาก calibration curve (ppm)	Pb ²⁺ ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.25	0.25	-	-
2.00	2.25	2.00	100.00	0.00
4.00	4.20	3.95	98.75	-1.25
6.00	6.18	5.93	98.83	-1.17
8.00	8.15	7.90	98.75	-1.25
10.00	10.15	9.90	99.00	-1.00
เฉลี่ย			99.07	-0.93

ตาราง 13 ผลการทดลอง ในการบ่มตัวอย่าง เพื่อหาปริมาณตะกั่ว

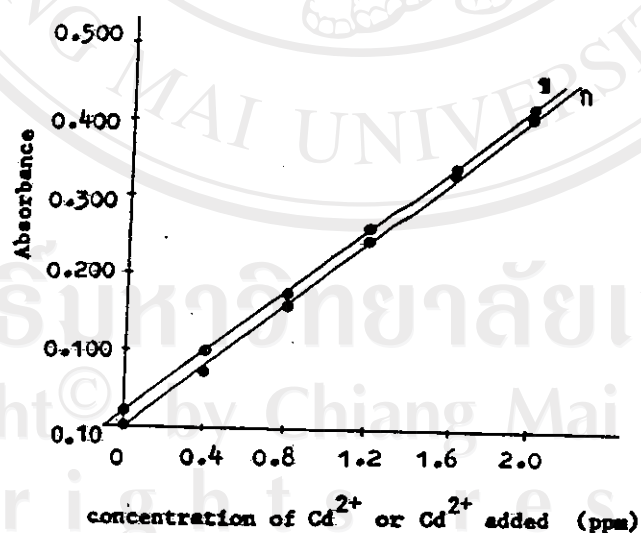
สารผสม	อัตราส่วน (v/v)	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณ (ml)	เวลา (ชั่วโมง)	blank	% recovery	Average error (%)
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	1:1	75-85	60	7-8	0.001	99.62	-0.38
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	1:2	75-85	40	6-7	0.001	100.33	+0.33
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	1:3	75-85	40	6-7	0.001	99.03	-0.97
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	2:1	75-85	70	7-8	0.001	99.07	-0.93

3.1.2 การวิเคราะห์แคดเมียม

ซึ่งมีกัมมันตรังสีที่ต่ำจนจะเลือกด้วยน้ำหนักที่เหมาะสม เติมสารละลายมาตรฐานแคดเมียมที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน แล้วนำไปย่อยละลายด้วยสารละลายผสมระหว่างกรดไนตริกเข้มข้นกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน (หัวข้อ 2.8) เตรียมสารละลายดังกล่าวอย่างตามหัวข้อ 2.5.2 แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมโดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตเมทรีภายใต้สภาวะของเครื่อง AAS ตามหัวข้อ 2.9 ได้ข้อมูลดังแสดงในตาราง 14-22, 50 และรูป 9-12

ตาราง 14. ค่า absorbance ของสารละลายแคดเมียมมาตรฐานที่ใส่ x (ก) และที่ใส่ x (ข) ที่บ่มสลายด้วยสารผสมของกรดไนตริก-กรดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่านั้น 1:1 โดยปริมาตร (blank = 0.001)

Cd^{2+} (ppm)	Absorbance	
	ก	ข ($x \approx 4.00$ g)
0.00	0.000	0.022
0.40	0.073	0.100
0.80	0.161	0.175
1.20	0.246	0.260
1.60	0.332	0.336
2.00	0.407	0.413



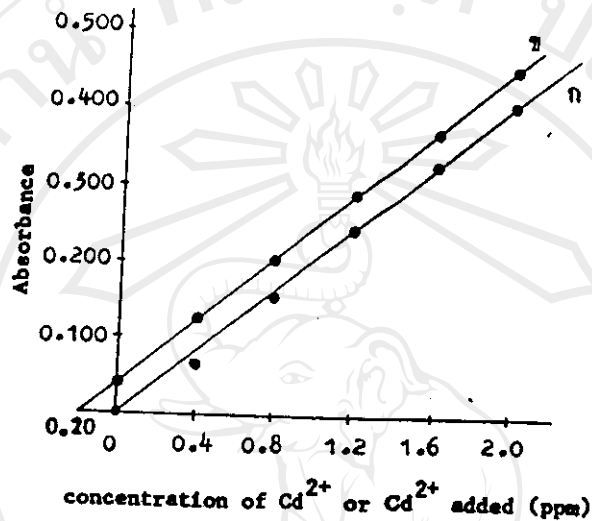
รูป 9 calibration curve ของสารละลายแคดเมียม (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์แคดเมียม x (ข) จากตาราง 14

ตาราง 15 ค่า percentage recovery และ percentage error ของแคดเมียม
ที่ขยายด้วย 5 ค่ายสารผสมของกรดไนตริกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
เท่ากับ 1:1 โดยปริมาตร พบว่าใช้สารผสม 120 ml เวลา 12-15 ชั่วโมง
อุณหภูมิ 75-85°C

Cd^{2+} ที่เติม (ppm)	Cd^{2+} จาก calibration curve (ppm)	Cd^{2+} ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.09	0.09	-	-
0.40	0.48	0.39	97.50	-2.50
0.80	0.88	0.79	98.75	-1.25
1.20	1.28	1.19	99.17	-0.83
1.60	1.66	1.57	98.13	-1.87
2.00	2.05	1.96	98.00	-2.00
เฉลี่ย			98.31	-1.89

ตาราง 16 ค่า absorbance ของสารละลายแคดเมียมมาตรฐานที่ใส่ 5 (ก)
และที่ใส่ 5 (ข) ที่ขยายด้วย 5 ค่ายสารผสมของกรดไนตริกต่อไฮโดรเจน
เปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1:2 โดยปริมาตร (blank = 0.002)

Cd^{2+} (ppm)	Absorbance	
	ก	ข (x 4.00 g)
0.00	0.000	0.040
0.40	0.065	0.119
0.80	0.152	0.201
1.20	0.241	0.280
1.60	0.327	0.364
2.00	0.401	0.451



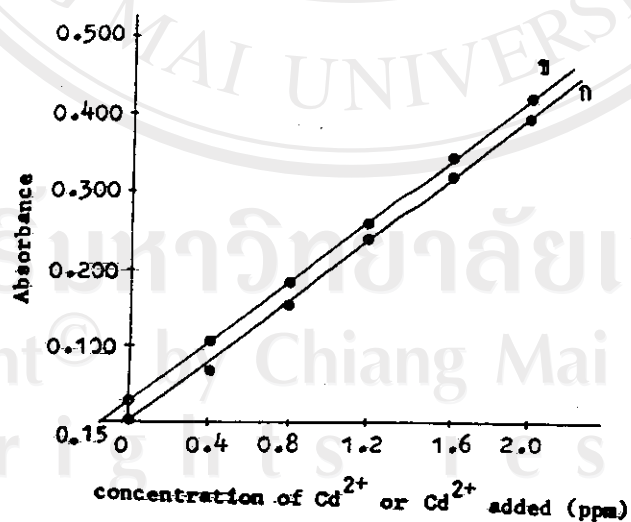
รูป 10 calibration curve ของสารละลายแคดเมียมมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์แคดเมียมใน ข (ข) จากตาราง 16

ตาราง 17 ค่า percentage recovery และ Percentage error ของแคดเมียม ที่ย่นสาย ข ด้วยส่วนผสมของกรดไนตริก-กรดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1:2 โดยปริมาตร พบว่าใช้สารผสม 100 ml เวลา 10-12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 75-85°C

Cd^{2+} ที่เติม (ppm)	Cd^{2+} จาก calibration curve (ppm)	Cd^{2+} ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.20	0.20	-	-
0.40	0.60	0.40	100.00	0.00
0.80	1.00	0.80	100.00	0.00
1.20	1.42	1.22	101.67	+1.67
1.60	1.78	1.58	98.75	-1.25
2.00	2.19	1.99	99.50	-0.50
เฉลี่ย			99.98	-0.02

ตาราง 18 ค่า absorbance ของสารละลายแคดเมียมมาตรฐานที่ใส่ X (ก) และที่ใส่ X (ข) ที่บ่มด้วยตัวสารผสมของกรดโบโรฟอสฟอริกในกรดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1:3 (blank = 0.002)

Cd^{2+} (ppm)	Absorbance	
	ก	ข ($X \leq 4.00$ g)
0.00	0.000	0.028
0.40	0.069	0.105
0.80	0.154	0.184
1.20	0.242	0.260
1.60	0.324	0.348
2.00	0.398	0.422



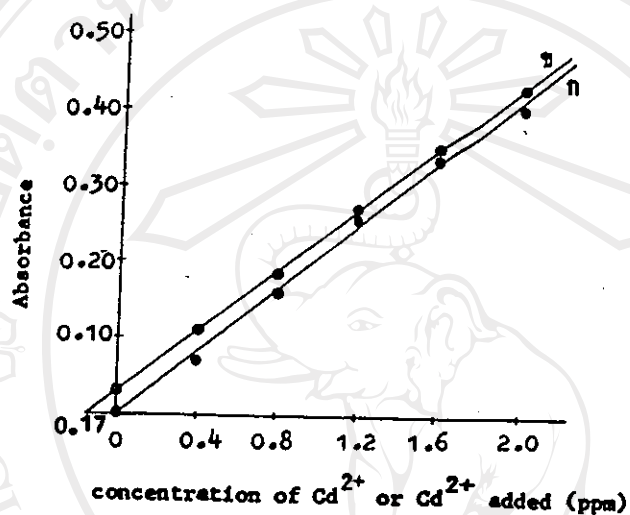
รูป 11 calibration curve ของสารละลายแคดเมียมมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์แคดเมียมใน X (ข) จากตาราง 18

ตาราง 19 ค่า percentage recovery และ percentage error ของแคดเมียม
 ที่ร้อยละ ๕ ค่ายสารเคมีของกรมการเกษตรและสหกรณ์
 ๑๕๓ โคมปริมาตร พบว่าใช้สารเคมี ๑๐๐ ml เวลา ๑๐-๑๒ ชั่วโมง จุดอุณหภูมิ
 ๗๕-๘๕°C

Cd^{2+} ที่เติม (ppm)	Cd^{2+} จาก calibration curve (ppm)	Cd^{2+} ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.14	0.14	-	-
0.40	0.54	0.40	100.00	0.00
0.80	0.93	0.79	98.75	-1.25
1.20	1.32	1.18	98.33	-1.67
1.60	1.71	1.57	98.13	-1.87
2.00	2.10	1.96	98.00	-2.00
เฉลี่ย			98.64	-1.36

ตาราง 20 ค่า absorbance ของสารละลายแคดเมียมมาตรฐานที่ ๒๒๕ nm
 และที่ ๒๒๕ nm ที่ร้อยละ ๕ ค่ายสารเคมีของกรมการเกษตรและสหกรณ์
 เปรียบเทียบกับ ๒๒๕ nm (blank = 0.002)

Cd^{2+} (ppm)	Absorbance	
	๒๒๕ nm	๒๒๕ nm (๒๒๕ nm)
0.00	0.000	0.027
0.40	0.069	0.120
0.80	0.160	0.184
1.20	0.254	0.276
1.60	0.338	0.351
2.00	0.403	0.425



รูป 12 calibration curve ของสารละลายแคดเมียมมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์แคดเมียมใน ข (ข) จากตาราง 20

ตาราง 21 ถ้า percentage recovery และ percentage error ของแคดเมียม ที่พบในสาร ข กับจำนวนของแคดเมียมในวิธีทดสอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์-เหล็ก 2:1 โดยปริมาตร พบว่าใช้สารละลาย 120 ml เวลา 12-13 ชั่วโมง อุณหภูมิ 75-85°C

Cd^{2+} ที่เติม (ppm)	Cd^{2+} จาก calibration curve (ppm)	Cd^{2+} ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.14	0.14	-	-
0.40	0.53	0.39	97.50	-2.50
0.80	0.92	0.78	97.50	-2.50
1.20	1.30	1.16	96.67	-3.33
1.60	1.69	1.55	96.88	-3.12
2.00	2.08	1.94	97.00	-3.00
เฉลี่ย			97.11	-2.89

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ ในการย่อยสลายเพื่อหาปริมาณแคดเมียม

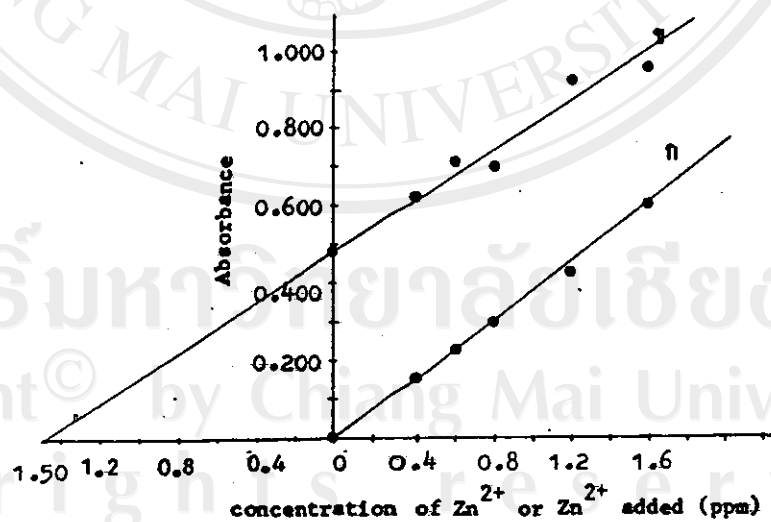
สารผสม	อัตราส่วน (v/v)	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาตร (ml)	เวลา (ชั่วโมง)	blank	% recovery	Average error (%)
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	1:1	75-85	120	12-13	0.001	98.31	-1.69
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	1:2	75-85	100	10-12	0.002	99.98	-0.02
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	1:3	75-85	100	10-12	0.002	98.64	-1.36
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	2:1	75-85	120	12-13	0.002	97.11	-2.89

3.1.3 การวิเคราะห์สังกะสี

ซึ่งได้แก่ทั้งตัวอย่างที่บดจนละเอียดด้วยน้ำหนักที่เหมาะสม เติมสารละลายมาตรฐานสังกะสีที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน แล้วนำไปย่อยสลายด้วยสารผสมระหว่างกรดไนตริกเข้มข้นกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน (หัวข้อ 2.8) เติมน้ำเติมจนกระทั่งได้ตัวอย่างตามหัวข้อ 2.5.3 แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีโดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตเมทรีภายใต้สภาวะของเครื่อง AAS ตามหัวข้อ 2.9 ไลเซนส์สงวนลิขสิทธิ์ในตาราง 23-31, 50 และรูป 13-16

ตาราง 23 ค่า absorbance ของสารละลายสังกะสีมาตรฐานที่ไม่ได้ X (ก) และที่ได้ X (ข) ที่บ่มละลายด้วยสารผสมของกรดไนตริก-ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 1:1 โดยปริมาตร (blank = 0.002)

Zn^{2+} (ppm)	Absorbance	
	ก	ข ($X \leq 1.00$ g)
0.00	0.000	0.485
0.40	0.155	0.623
0.60	0.232	0.716
0.80	0.302	0.700
1.20	0.432	0.927
1.60	0.601	0.959



รูป 13 calibration curve ของสารละลายสังกะสีมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์สังกะสีใน X (ข) จากตาราง 23

ตาราง 24 ค่า percentage recovery และ percentage error ของ

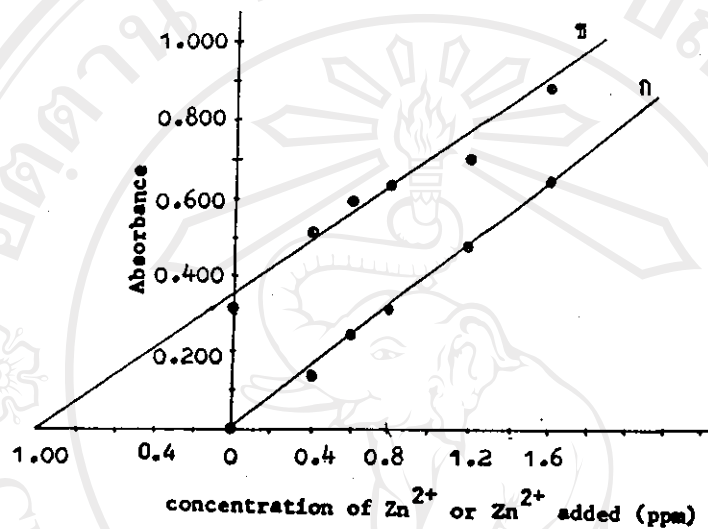
สังกะสีที่ละลายใน กรดไฮโดรคลอริกในปริมาณ 1.0 กรัม โดยปริมาตรของสารละลาย 60 ml เวลา 7-8 ชั่วโมง อุณหภูมิ 75-85°C

Zn ²⁺ ที่เติม (ppm)	Zn ²⁺ จาก calibration curve (ppm)	Zn ²⁺ ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	1.28	1.28	-	-
0.40	1.62	0.34	85.00	-15.00
0.60	1.78	0.50	83.33	-16.67
0.80	1.96	0.68	85.00	-15.00
1.20	2.30	1.02	85.00	-15.00
1.60	2.62	1.34	83.75	-16.25
เฉลี่ย			84.42	-15.58

ตาราง 25 ค่า absorbance ของสารละลายสังกะสีมาตรฐานที่ไม่ได้ 8 (ก)

และที่ได้ 8 (ข) ที่ละลายด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกในปริมาณ 1.0 กรัม โดยปริมาตร (blank = 0.002)

Zn ²⁺ (ppm)	Absorbance	
	ก	ข (x ≈ 1.00 g)
0.00	0.000	0.373
0.40	0.177	0.508
0.60	0.231	0.595
0.80	0.319	0.610
1.20	0.456	0.808
1.60	0.627	0.965



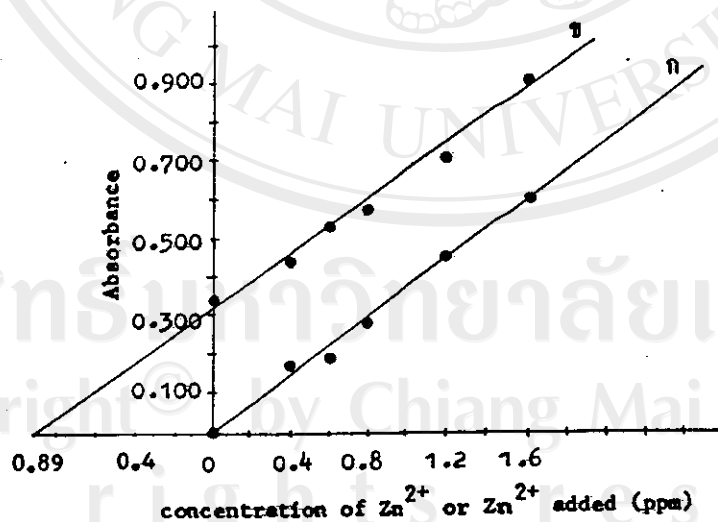
รูป 14 calibration curve ของสารละลายสังกะสีมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์สังกะสีใน E (ข) จากตาราง 25

ตาราง 26 ค่า percentage recovery และ percentage error ของสังกะสีในตัวอย่าง E คำนวณจากผลการวิเคราะห์โครโมเจนเมตริกของโครโซม 112 โดยปริมาตรของสารละลาย 50 ml เวลา 7-8 ชั่วโมง อุณหภูมิ 75-85°C

Zn^{2+} ที่เติม (ppm)	Zn^{2+} จาก calibration curve (ppm)	Zn^{2+} ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.94	0.94	-	-
0.40	1.32	0.38	95.00	-5.00
0.60	1.52	0.58	96.67	-3.33
0.80	1.70	0.76	95.00	-5.00
1.20	2.09	1.15	95.83	-4.17
1.60	2.47	1.53	95.63	-4.37
เฉลี่ย			95.63	-4.37

ตาราง 27 ค่า absorbance ของสารละลายสังกะสีมาตรฐานที่ไม่ได้ Σ (ก) และ
 ที่ได้ Σ (ข) ที่ย่อยสลายด้วยสารผสมของกรดในคลิกคอสโตรเจนเปอร์
 ออกไซด์เท่ากับ 1:3 โดยปริมาตร (blank = 0.002)

Zn^{2+} (ppm)	Absorbance	
	ก	ข ($\Sigma \leq 1.00$ g)
0.00	0.000	0.339
0.40	0.176	0.433
0.60	0.189	0.538
0.80	0.282	0.574
1.20	0.458	0.702
1.60	0.599	0.900



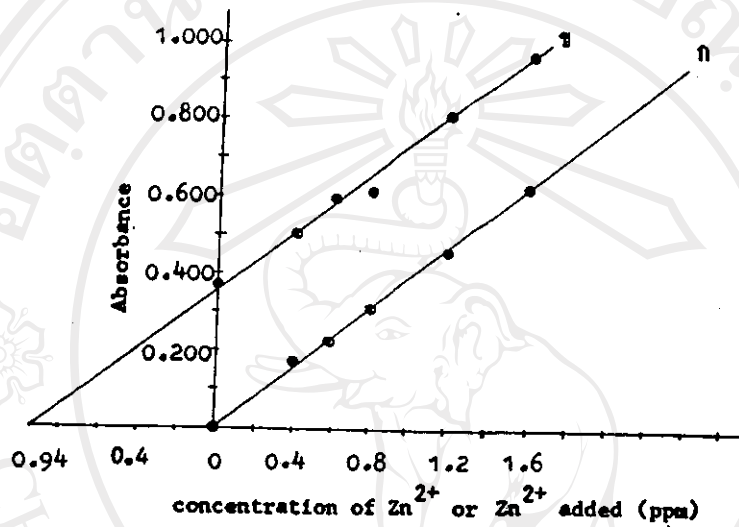
รูป 15 calibration curve ของสารละลายสังกะสีมาตรฐาน (ก) และ
 standard addition curve ของการวิเคราะห์สังกะสีใน Σ (ข)
 จากตาราง 27

ตาราง 28 ค่า percentage recovery และ percentage error ของสังกะสี
ที่บ่มสลาย ๕ ชั่วโมงของกรรไกรโครโมโครเจนเปอร์ออกไซด์
เท่ากับ 1:3 โดยปริมาตรพบว่าใช้สารบ่ม 50 ml เวลา 7-8 ชั่วโมง
อุณหภูมิ 75-85 °C

Zn ²⁺ ที่เติม (ppm)	Zn ²⁺ จาก calibration curve (ppm)	Zn ²⁺ ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.86	0.86	-	-
0.40	1.23	0.37	92.50	-7.50
0.60	1.42	0.56	93.33	-6.67
0.80	1.62	0.76	95.00	-5.00
1.20	2.00	1.14	95.00	-5.00
1.60	2.38	1.52	95.00	-5.00
เฉลี่ย			94.17	-5.83

ตาราง 29 ค่า absorbance ของสารละลายสังกะสีมาตรฐานที่ใส่ ๕ (ก) และ
ที่ใส่ ๕ (ข) ที่บ่มสลายด้วยสารบ่มของกรรไกรโครโมโครเจนเปอร์
ออกไซด์เท่ากับ 2 ml โดยปริมาตร (blank = 0.002)

Zn ²⁺ (ppm)	Absorbance	
	ก	ข (๕ ≈ 1.00 g)
0.00	0.000	0.319
0.40	0.135	0.504
0.60	0.242	0.589
0.80	0.310	0.631
1.20	0.475	0.697
1.60	0.648	0.882



รูป 16 calibration curve ของสารละลายสังกะสีมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์สังกะสีใน Σ (ข) จากตาราง 29

ตาราง 30 ค่า percentage recovery และ percentage error ของสังกะสี
 ในตัวอย่าง Σ ด้วยสารผสมของกรดไนตริก-กรดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
 เท่ากับ 2:1 โดยปริมาตรเท่ากับสารผสม 55 ml เวลา 7-8 ชั่วโมง
 อุณหภูมิ 75-85 °C

Zn^{2+} ที่เติม (ppm)	Zn^{2+} จาก calibration curve (ppm)	Zn^{2+} ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.88	0.88	-	-
0.40	1.22	0.34	85.00	-15.00
0.60	1.40	0.52	86.67	-13.33
0.80	1.58	0.70	87.50	-12.50
1.20	1.92	1.04	86.67	-13.33
1.60	2.28	1.40	87.50	-12.50
เฉลี่ย			86.69	-13.33

ตาราง 31 ผลการวิเคราะห์ต่าง ๆ ในการย่อยสลาย E เพื่อหาปริมาณสังกะสี

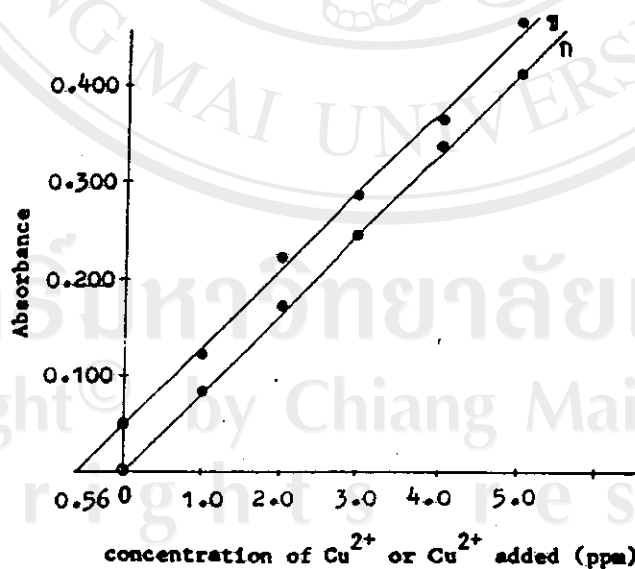
สารผสม	อัตราส่วน (v/v)	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาตร (ml)	เวลา (ชั่วโมง)	blank	% recovery	Average error (%)
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	1:1	75-85	60	7-8	0.002	84.42	-15.58
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	1:2	75-85	50	7-8	0.002	95.63	- 4.37
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	1:3	75-85	50	7-8	0.002	94.17	- 5.83
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	2:1	75-85	55	7-8	0.002	86.69	-13.31

3.1.4 การวิเคราะห์ทองแดง

ซึ่งได้แก่ตัวอย่างที่บดจนละเอียดด้วยน้ำหนักที่เหมาะสม เติมสารละลายมาตรฐานทองแดงที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน แล้วนำไปย่อยสลายด้วยสารละลายผสมเตรียมสารละลายดังกล่าวตามหัวข้อ 2.5.4 แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงโดยวิธีอะตอมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตเมทรีภายใต้สภาวะของเครื่อง AAS ตามหัวข้อ 2.9 ได้ข้อมูลดังแสดงในตาราง 32-40, 50 และรูป 17-20

ตาราง 32 ค่า absorbance ของสารละลายทองคำมาตรฐานที่ใส่ x (ก) และ
 ใส่ x (ข) ที่ย่อยละลายด้วยสารละลายทองคำในกรดไฮโดรเจนเปอร์
 ออกไซด์เท่ากับ 1:1 โดยปริมาตร (blank = 0.006)

Cu^{2+} (ppm)	Absorbance	
	ก	ข (E 1.00 g)
0.00	0.000	0.048
1.00	0.081	0.122
2.00	0.174	0.223
3.00	0.242	0.285
4.00	0.334	0.363
5.00	0.410	0.465



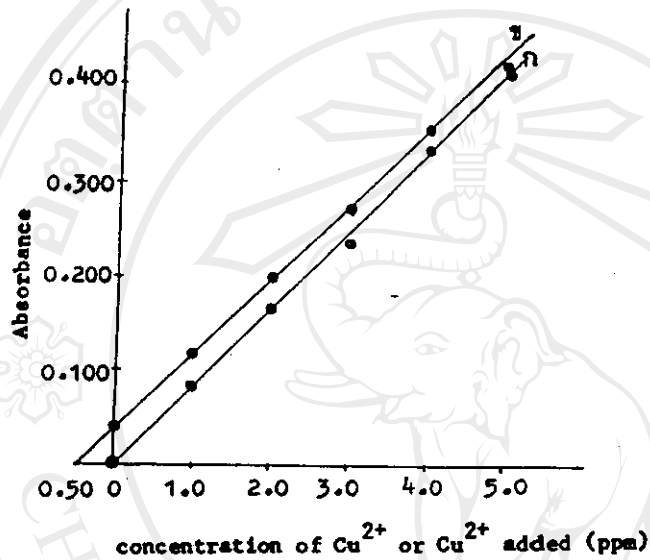
รูป 17 calibration curve ของสารละลายทองคำมาตรฐาน (ก) และ
 standard addition curve ของการวิเคราะห์ทองคำใน E (ข)
 จากตาราง 32

ตาราง 33 ค่า percentage recovery และ percentage error ของทองคำ
ที่ละลายใน กรดไฮโดรคลอริก และ กรดไนตริก และ กรดซัลฟิวริก
เพื่อบำบัดน้ำเสีย โดยปริมาตรของสารละลาย 50 ml เวลา 7-8 ชั่วโมง
อุณหภูมิ 75-85°C

Cu^{2+} ที่เติม (ppm)	Cu^{2+} จาก calibration curve (ppm)	Cu^{2+} ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.55	0.55	-	-
1.00	1.55	1.00	100.00	0.00
2.00	2.55	2.00	100.00	0.00
3.00	3.50	2.95	98.33	-1.67
4.00	4.50	3.95	98.75	-1.25
5.00	5.50	4.95	99.00	-1.00
เฉลี่ย			99.22	-0.78

ตาราง 34 ค่า absorbance ของสารละลายทองคำมาตรฐานที่ 1.00 g และ
ที่ 0.5 g ที่บดละเอียดด้วยสารละลายกรดไนตริกและกรดไฮโดรคลอริก
เพื่อสกัดทองคำ 1:2 โดยปริมาตร (blank = 0.001)

Cu^{2+} (ppm)	Absorbance	
	n	g (± 1.00 g)
0.00	0.000	0.040
1.00	0.082	0.118
2.00	0.164	0.199
3.00	0.238	0.267
4.00	0.330	0.346
5.00	0.410	0.416



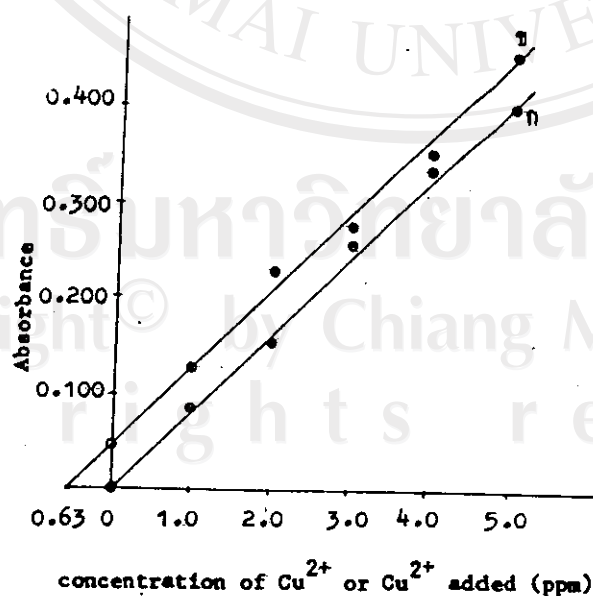
รูป 18 calibration curve ของสารละลายทองแดงมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์ทองแดงใน E (ข)

ตาราง 35 ค่า percentage recovery และ percentage error ของทองแดง
พืชมณฑล ๕ ด้วยสารผสมของกรดในปริมาตรไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
เท่ากับ 1:2 โดยปริมาตรพบว่าใช้สารผสม 50 ml เวลา 7-8 ชั่วโมง
อุณหภูมิ 75-85°C

Cu^{2+} ที่เติม (ppm)	Cu^{2+} จาก calibration curve (ppm)	Cu^{2+} ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.48	0.48	-	-
1.00	1.48	1.00	100.00	0.00
2.00	2.35	1.87	93.50	-6.50
3.00	3.32	2.84	94.67	-5.33
4.00	4.28	3.80	95.00	-5.00
5.00	5.25	4.77	95.40	-4.60
เฉลี่ย			95.71	-4.29

ตาราง 36 ค่า absorbance ของสารละลายทองคำมาตรฐานที่ไม่ใช่ x (ก) และ
 ไม่ใช่ x (ข) ที่บ่มละลายด้วยสารผสมของกรดไนตริก-ไฮโดรเจนเปอร์
 ออกไซด์เท่ากับ 1:3 โดยปริมาตร (blank = 0.001)

Cu^{2+} (ppm)	Absorbance	
	ก	ข ($x \approx 1.00$ g)
0.00	0.000	0.043
1.00	0.085	0.129
2.00	0.146	0.228
3.00	0.248	0.275
4.00	0.327	0.354
5.00	0.398	0.445



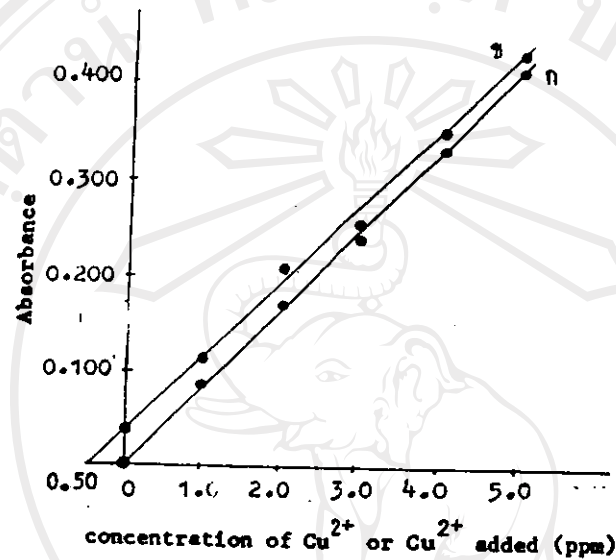
รูป 19 calibration curve ของสารละลายทองคำมาตรฐาน (ก) และ
 standard addition curve ของการวิเคราะห์ทองคำใน x (ข)
 จากตาราง 36

ตาราง 37 ค่า percentage recovery และ percentage error ของทองคำ
ที่ผสมละลาย 5 ค่ายสารผสมของกรกในกรีกคอสโคโรเจนเปอร์ออกไซด์
เท่ากับ 163 โดยปริมาตรพบว่าใช้สารผสม 50 ml เวลา 7-8 ชั่วโมง
อุณหภูมิ 75-85°C

Cu ²⁺ ที่เติม (ppm)	Cu ²⁺ จาก calibration curve (ppm)	Cu ²⁺ ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.55	0.55	-	-
1.00	1.58	1.03	103.00	+3.00
2.00	2.58	2.03	101.50	+1.50
3.00	3.55	3.00	100.00	0.00
4.00	4.55	4.00	100.00	0.00
5.00	5.60	5.05	101.00	+1.00
เฉลี่ย			101.10	+1.10

ตาราง 38 ค่า absorbance ของสารละลายทองคำมาตรฐานที่ 1.00 และ
ที่ 2.00 ที่ผสมละลายด้วยสารผสมของกรกในกรีกคอสโคโรเจนเปอร์
ออกไซด์เท่ากับ 231 โดยปริมาตร (blank = 0.000)

Cu ²⁺ (ppm)	Absorbance	
	1	2 (x 1.00 g)
0.00	0.000	0.039
1.00	0.084	0.117
2.00	0.174	0.211
3.00	0.240	0.255
4.00	0.327	0.351
5.00	0.417	0.432



รูป 20 calibration curve ของสารละลายทองแดงมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์ทองแดงใน E (ข) จากตาราง 38

ตาราง 39 ค่า percentage recovery และ percentage error ของทองแดง
ในตัวอย่าง E คำนวณหาผลรวมของกราฟในกราฟที่ 20 โดยเปรียบเทียบ
ค่ากับ 2.11 โดยปริมาตรพลาสมา 70 ml เวลา 8-9 ชั่วโมง
อุณหภูมิ 75-85°C

Cu ²⁺ ที่เติม (ppm)	Cu ²⁺ จาก calibration curve (ppm)	Cu ²⁺ ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.45	0.45	-	-
1.00	1.45	1.00	100.00	0.00
2.00	2.40	1.95	97.50	-2.50
3.00	3.28	2.83	94.33	-5.67
4.00	4.23	3.78	94.50	-5.50
5.00	5.20	4.75	95.00	-5.00
เฉลี่ย			96.27	-3.73

ตาราง 40 ผลสภาวะต่าง ๆ ในการย่อยสลาย เพื่อหาปริมาณทองแดง

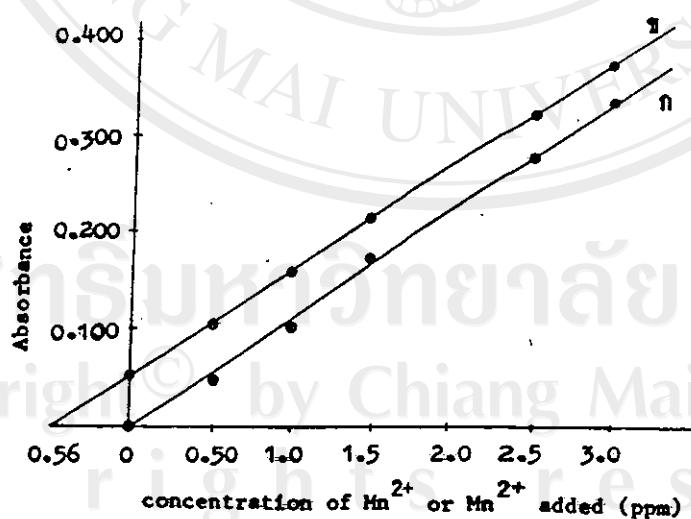
สารผสม	อัตราส่วน (v/v)	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาตร (ml)	เวลา (ชั่วโมง)	blank	% recovery	Average error (%)
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	1:1	75-85	50	7-8	0.006	99.22	-0.78
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	1:2	75-85	50	7-8	0.001	95.71	-4.29
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	1:3	75-85	50	7-8	0.001	101.10	+1.10
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	2:1	75-85	70	8-9	0.000	96.27	-3.73

3.1.5 การวิเคราะห์แมงกานีส

ซึ่งได้แก่ตัวอย่างที่บดจนละเอียดด้วยน้ำหนักที่เหมาะสม เติมสารละลายมาตรฐานแมงกานีสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน แล้วนำไปย่อยสลายด้วยสารละลายผสมระหว่างกรดไนตริกเข้มข้นกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน (หัวข้อ 2.8) เตรียมสารละลายดังกล่าวตามหัวข้อ 2.5.5 แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณแมงกานีสโดยอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตเมทรี ภายใต้สภาวะของเครื่อง AAS ตามหัวข้อ 2.9 ได้ข้อมูลดังแสดงในตาราง 41-50 และรูป 21-24

ตาราง 41 ค่า absorbance ของสารละลายแมงกานีสที่ใส่ x (ก) และที่ใส่ x (จ) ที่ย่อยสลายด้วยสารผสมของกรดโบโรนิกคอปเปอร์เจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1:1 โดยปริมาตร (blank = 0.001)

Mn ²⁺ (ppm)	Absorbance	
	ก	จ ($x \approx 0.10$ g)
0.00	0.000	0.058
0.50	0.050	0.114
1.00	0.106	0.159
1.50	0.173	0.214
2.50	0.277	0.320
3.00	0.332	0.372



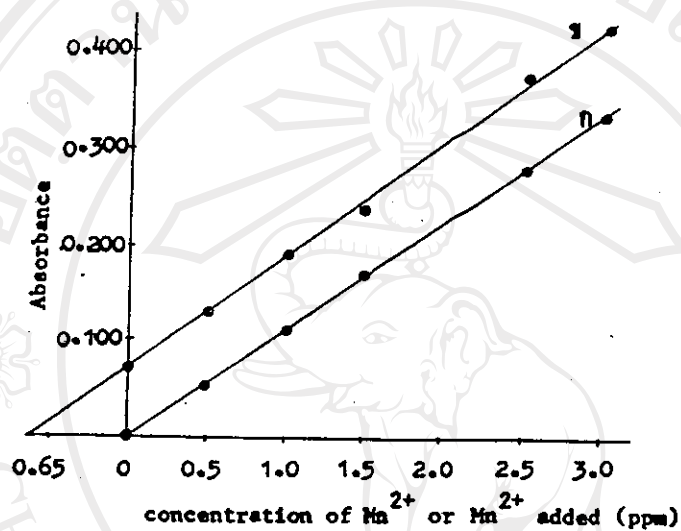
รูป 21 calibration curve ของสารละลายแมงกานีสมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์แมงกานีสใน x (จ) จากตาราง 41

ตาราง 42 ค่า percentage recovery และ percentage error ของแมงกานีส
ที่ละลายใน กรดไฮโดรคลอริกเจือจาง โดยวิธีออกไซด์-โครเมต
เพอร์ออกไซด์ เหนือ 1:1 โดยปริมาตรพบว่าใช้สารผสม 20 ml เวลา 3-4 ชั่วโมง
อุณหภูมิ 75-85°C

Mn ²⁺ ที่เติม (ppm)	Mn ²⁺ จาก calibration curve (ppm)	Mn ²⁺ ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.52	0.52	-	-
0.50	1.00	0.48	96.00	-4.00
1.00	1.47	0.95	95.00	-5.00
1.50	1.95	1.43	95.33	-4.67
2.50	2.90	2.38	95.20	-4.80
3.00	3.38	2.86	95.33	-4.67
เฉลี่ย			95.37	-4.63

ตาราง 43 ค่า absorbance ของสารละลายแมงกานีสที่ใส่ ๕ (ก) และ ๕ (ข)
ที่บดละเอียดด้วยสารผสมของกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง เหนือ
ออกไซด์ เหนือ 1:2 โดยปริมาตร (blank = 0.001)

Mn ²⁺ (ppm)	Absorbance	
	ก	ข (X ≈ 0.10 g)
0.00	0.000	0.071
0.50	0.053	0.131
1.00	0.112	0.192
1.50	0.170	0.239
2.50	0.279	0.371
3.00	0.330	0.424



รูป 22 calibration curve ของสารละลายแมงกานีสมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์แมงกานีสใน E (ข)

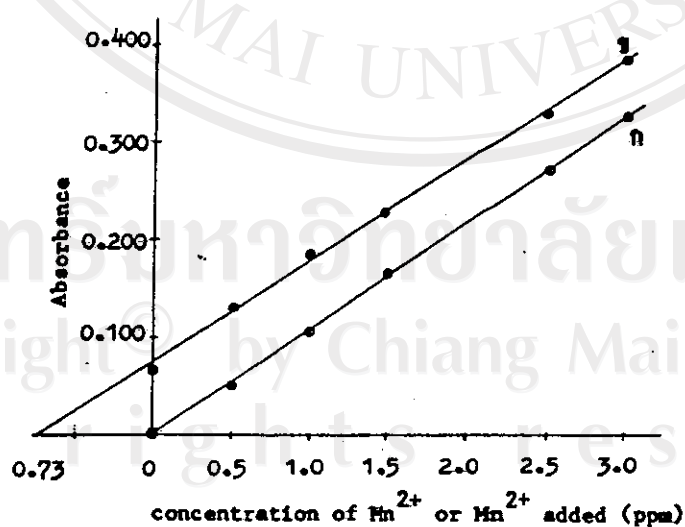
จากตาราง 43

ตาราง 44 ค่า percentage recovery และ percentage error ของแมงกานีส
ในตัวอย่าง E คำนวณตามของกรดโบโรติกไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
เท่ากับ 1:2 โดยปริมาตรพบว่ามีสารผสม 20 ml เวลา 3-4 ชั่วโมง
อุณหภูมิ 75-85°C

Mn ²⁺ ที่เติม (ppm)	Mn ²⁺ จาก calibration curve (ppm)	Mn ²⁺ พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.65	0.65	-	-
0.50	1.18	0.53	106.00	+6.00
1.00	1.65	1.00	100.00	+0.00
1.50	2.20	1.55	103.00	+3.33
2.50	3.28	2.63	105.20	+5.20
3.00	3.70	3.05	101.67	+1.67
เฉลี่ย			103.24	+3.24

ตาราง 45 ค่า absorbance ของสารละลายแมงกานีสมาตรฐานที่ใส่ E (ก) และใส่ E (ข) ที่ผสมด้วยสารละลายของกรดโบโรติกไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1:3 โดยปริมาตร (blank = 0.001)

Mn ²⁺ (ppm)	Absorbance	
	ก	ข (E 0.10 g)
0.00	0.000	0.066
0.50	0.054	0.132
1.00	0.107	0.186
1.50	0.167	0.230
2.50	0.274	0.331
3.00	0.328	0.384



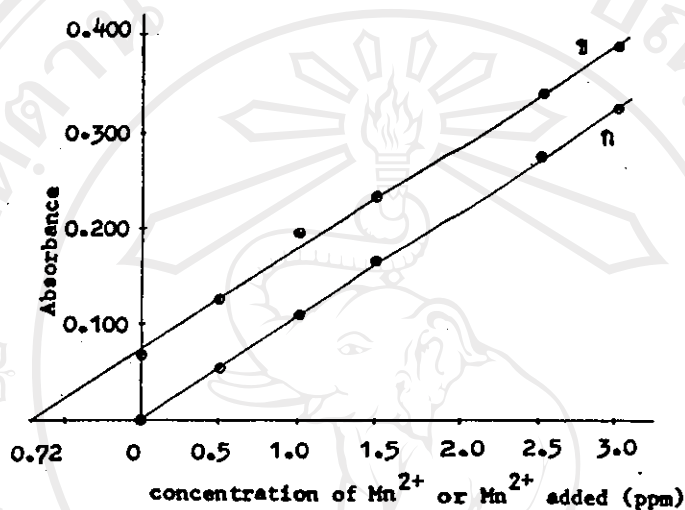
รูป 23 calibration curve ของสารละลายแมงกานีสมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve, ของการวิเคราะห์แมงกานีสใน E (ข)
จากตาราง 45

ตาราง 46 ค่า percentage recovery และ percentage error ของแมงกานีส
หัตถ์ละลาย 5 คิวบิกเซนติเมตรของกรดไนตริกคอลลอร์เจนเปอร์ออกไซด์
เท่ากับ 1:3 โดยปริมาตรพบว่าใช้สารผสม 20 ml ใช้เวลา 3-4
ชั่วโมง อุณหภูมิ 75-85°C

Mn ²⁺ ที่เติม (ppm)	Mn ²⁺ จาก calibration curve (ppm)	Mn ²⁺ ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.68	0.68	-	-
0.50	1.17	0.49	98.00	-2.00
1.00	1.65	0.97	97.00	-3.00
1.50	2.10	1.42	94.67	-5.33
2.50	3.07	2.39	95.60	-4.40
3.00	3.53	2.85	95.00	-5.00
เฉลี่ย			96.05	-3.95

ตาราง 47 ค่า absorbance ของสารละลายแมงกานีสมาตรฐานที่ไม่ใช่ (ก)
และที่ใช่ (ข) หัตถ์ละลายคิวบิกเซนติเมตรของกรดไนตริกคอลลอร์เจน
เปอร์ออกไซด์เท่ากับ 2:1 โดยปริมาตร (blank = 0.002)

Mn ²⁺ (ppm)	Absorbance	
	ก	ข (x ≈ 0.10 g)
0.00	0.000	0.067
0.50	0.054	0.128
1.00	0.111	0.197
1.50	0.167	0.236
2.50	0.273	0.342
3.00	0.273	0.388



รูป 24 calibration curve ของสารละลายแมงกานีสมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์แมงกานีสใน ข (ข) จากตาราง 47

ตาราง 48 ค่า percentage recovery และ percentage error ของแมงกานีสที่พบในตัวอย่าง ข ด้วยสารผสมของกรดไนตริกกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 2:1 โดยปริมาตรพบว่าใช้สารผสม 40 ml เวลา 4-5 ชั่วโมง อุณหภูมิ 75-85°C

Mn ²⁺ ที่เติม (ppm)	Mn ²⁺ จาก calibration curve (ppm)	Mn ²⁺ ที่พบ (ppm)	% recovery	% error
0.00	0.69	0.69	-	-
0.50	1.16	0.47	94.00	-6.00
1.00	1.65	0.96	96.00	-4.00
1.50	2.12	1.43	95.33	-4.67
2.50	3.10	2.41	96.40	-3.60
3.00	3.57	2.88	96.00	-4.00
เฉลี่ย			95.55	-4.45

ตาราง 49 ผลการวิเคราะห์ ในการย่อยสลาย 5 เพื่อหาปริมาณแมงกานีส

สารผสม	อัตราส่วน (v/v)	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาตร (ml)	เวลา (ชั่วโมง)	blank	% recovery	Average error (%)
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	1:1	75-85	20	3-4	0.001	95.37	-4.63
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	1:2	75-85	20	3-4	0.001	103.24	+3.24
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	1:3	75-85	20	3-4	0.001	96.05	-3.95
$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	2:1	75-85	40	4-5	0.002	95.55	-4.45

ตาราง 50 ผลการหาปริมาณตะกั่ว ผลเป็นเปอร์เซ็นต์ พบตะกั่วใน ๕ ตัวอย่างแตกต่างกัน

โลหะ	$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 = 1:1$				$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 = 1:2$				$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 = 1:3$				$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 = 2:1$			
	conventional method		standard addition		conventional method		standard addition		conventional method		standard addition		conventional method		standard addition	
	(1)*	(2)*	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Pb	7.50	0.43	8.75	0.51		0.58	10.50	0.61	8.75	0.51	8.75	0.51	6.25	0.36	7.50	0.43
Cd	0.56	0.03	0.63	0.04		0.07	1.25	0.07	0.88	0.05	0.94	0.05	0.88	0.05	1.06	0.06
Zn	64.00	3.69	75.00	4.33		2.71	50.00	2.89	43.00	2.48	44.50	2.57	44.00	2.54	47.00	2.71
Cu	27.50	1.59	28.00	1.62		1.44	27.50	1.59	27.50	1.59	31.50	1.82	22.50	1.30	25.00	1.44
Mn	130.00	7.50	140.00	8.08		9.38	162.50	9.38	170.00	9.81	182.50	10.53	172.50	9.95	180.00	10.39

(1)* ปริมาณโลหะในหน่วยไมโครกรัมต่อกรัมแห้ง

(2)* ปริมาณโลหะในหน่วยไมโครกรัมต่อกรัมสกัด

3.2 ผลการหา calibration curve ของสารละลายโลหะอินอนมาตรฐาน

3.2.1 calibration curve ของสารละลายมาตรฐานตะกั่ว

เตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วย่อยสลายด้วยสารผสมของกรดไนตริกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1:2 โดยปริมาตร โดยลบล้างตาราง 51 และรูป 25

3.2.2 calibration curve ของสารละลายมาตรฐานแคดเมียม

เตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วย่อยสลายด้วยสารผสมของกรดไนตริกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1:2 โดยปริมาตร โดยลบล้างตาราง 51 และรูป 26

3.2.3 calibration curve ของสารละลายมาตรฐานสังกะสี

เตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วย่อยสลายด้วยสารผสมของกรดไนตริกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1:2 โดยปริมาตร โดยลบล้างตาราง 51 และรูป 26

3.2.4 calibration curve ของสารละลายมาตรฐานทองแดง

เตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วย่อยสลายด้วยสารผสมของกรดไนตริกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1:3 โดยปริมาตร โดยลบล้างตาราง 51 และรูป 27

3.2.5 calibration curve ของสารละลายมาตรฐานแมงกานีส

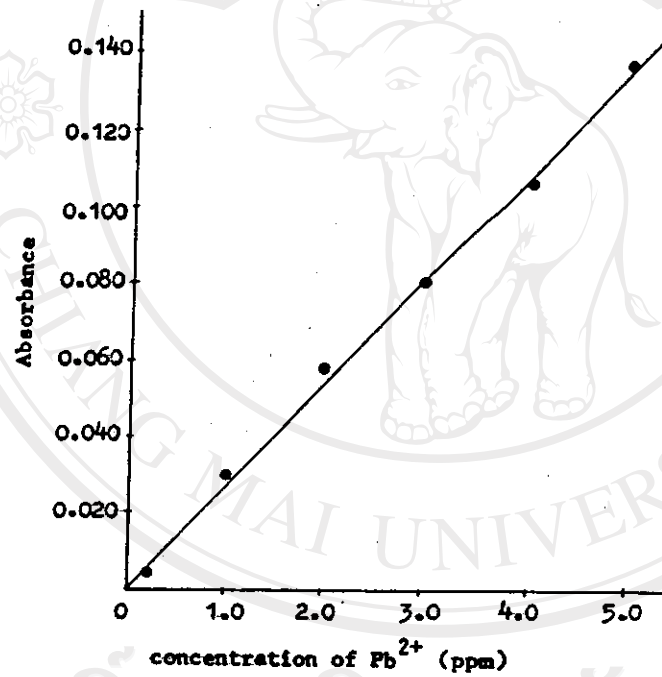
เตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วย่อยสลายด้วยสารผสมของกรดไนตริกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1:2 โดยปริมาตร โดยลบล้างตาราง 51 และรูป 27

ตาราง 51 ค่า absorbance ของสารละลายมาตรฐานของสารกึ่ง แกกเงินทองแดง และแมงกานีส

Pb ($\lambda = 217.0 \text{ nm}$)	Absorbance		Cd ($\lambda = 228.8 \text{ nm}$)	Absorbance		Zn ($\lambda = 213.9 \text{ nm}$)	Absorbance		Cu ($\lambda = 324.8 \text{ nm}$)	Absorbance		Mn ($\lambda = 279.5 \text{ nm}$)	Absorbance	
	(1)*	(2)*	[Cd ²⁺] (ppm)	(1)	(2)	[Zn ²⁺] (ppm)	(1)	(2)	[Cu ²⁺] (ppm)	(1)	(2)	[Mn ²⁺] (ppm)	(1)	(2)
0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.20	0.007	0.005	0.10	0.031	0.029	0.20	0.063	0.061	0.20	0.025	0.020	0.20	0.025	0.023
1.00	0.032	0.030	0.20	0.064	0.059	0.40	0.155	0.151	0.40	0.038	0.036	0.40	0.046	0.043
2.00	0.058	0.057	0.60	0.158	0.150	0.60	0.228	0.224	0.60	0.059	0.055	0.60	0.070	0.065
3.00	0.085	0.080	1.00	0.256	0.253	1.00	0.381	0.377	1.00	0.093	0.090	1.00	0.119	0.114
4.00	0.110	0.106	1.40	0.371	0.366	1.40	0.523	0.519	1.40	0.130	0.126	1.40	0.165	0.160
5.00	0.142	0.137	2.00	0.512	0.505	2.00	0.728	0.720	2.00	0.180	0.176	2.00	0.225	0.223
blank 0.004				blank 0.006			blank 0.014			blank 0.000			blank 0.023	

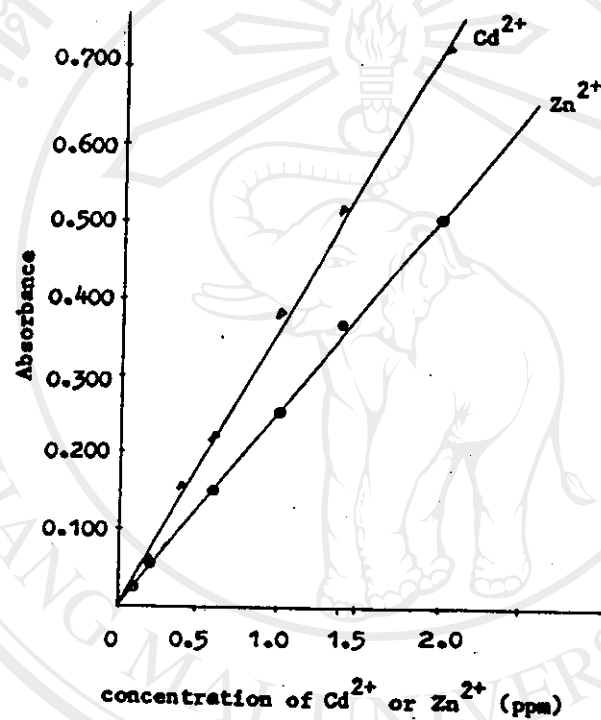
(1)* ไม่ใช้หลอดยาว

(2)* ขอบหลอด

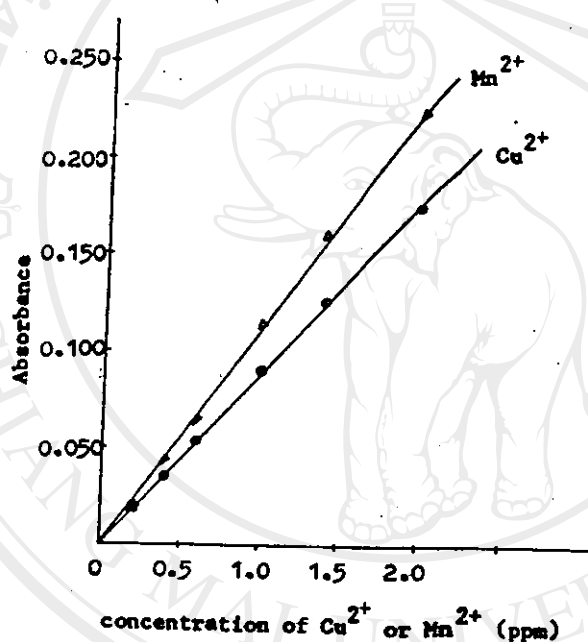


รูป 25

calibration curve ของสารละลายตะกั่วมาตรฐานความเข้มข้น
ต่าง ๆ ที่ย่อยสลายด้วยสารผสมของกรดไนตริก-กรดไฮโดรเจนเปอร์-
ออกซิกเท่ากับ 1:2 โดยปริมาตร



รูป 26 calibration curve ของสารละลายแคดเมียมมาตรฐาน และสารละลายสังกะสีมาตรฐานความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ย่อยสลายด้วยสารผสมของกรดไนตริกต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1:2 โคเบริมาพร



รูป 27 calibration curve ของสารละลายของทองแดงมาตรฐานและสารละลายแมงกานีสมาตรฐานความเข้มข้นต่าง ๆ ที่น้อยลงด้วยสารผสมของกรดไนตริกกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพอร์ม 1:3 และ 1:2 โดยปริมาตร ตามลำดับ

3.3 การหาความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์แก้ว แคลเมียม สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส

3.3.1 การหาความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์แก้ว

เตรียมสารละลายตัวอย่าง (A) ≈ 16.00 กรัม ย่อยสลายด้วย oxidant ที่เหมาะสม ปริมาตรเป็น 25.0 ml แล้วดูดสารละลายมา 1.0 ml ปริมาตรเป็น 10.0 ml ทำเช่นนี้ 11 ครั้ง โดยผลการทดลองดังตาราง 52

3.3.2 การหาความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์แคลเมียม

เตรียมสารละลายตัวอย่าง (B) ≈ 32.00 กรัม ย่อยสลายด้วย oxidant ที่เหมาะสม ปริมาตรเป็น 50.0 ml แล้วดูดสารละลายมา 4.0 ml ปริมาตรเป็น 10.0 ml ทำเช่นนี้ 11 ครั้ง โดยผลการทดลองดังตาราง 52

3.3.3 การหาความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์สังกะสี

เตรียมสารละลายตัวอย่าง (B) ≈ 16.00 กรัม ย่อยสลายด้วย oxidant ที่เหมาะสม ปริมาตรเป็น 25.0 ml แล้วดูดสารละลายมา 0.15 ml ปริมาตรเป็น 10.0 ml ทำเช่นนี้ 11 ครั้ง โดยผลการทดลองดังตาราง 52

3.3.4 การหาความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ทองแดง

เตรียมสารละลายตัวอย่าง (A) ≈ 16.00 กรัม ย่อยสลายด้วย oxidant ที่เหมาะสม ปริมาตรเป็น 25.0 ml แล้วดูดสารละลายมา 1.0 ml ปริมาตรเป็น 10.0 ml ทำเช่นนี้ 11 ครั้ง โดยผลการทดลองดังตาราง 52

3.3.5 การหาความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์แมงกานีส

เตรียมสารละลายตัวอย่าง (A) ≈ 16.00 กรัม ย่อยสลายด้วย oxidant ที่เหมาะสม ปริมาตรเป็น 25.0 ml แล้วดูดสารละลายมา 0.1 ml ปริมาตรเป็น 10.0 ml ทำเช่นนี้ 11 ครั้ง โดยผลการทดลองดังตาราง 52

ตาราง 52 การหาความเข้มข้นของสารวิเคราะห์ด้วย แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส

โลหะ	ครั้งที่	Absorbance	ความเข้มข้น โลหะจากกราฟ (ppm)	ปริมาณโลหะ ($\mu\text{g/g}$)	ค่าเฉลี่ย ($\mu\text{g/g}$)	S.D. ($\mu\text{g/g}$)	R.S.D. (%)
Pb	1	0.008	0.27	4.22	4.52	0.50	11.06
	2	0.009	0.32	5.00			
	3	0.008	0.28	4.38			
	4	0.009	0.31	4.84			
	5	0.009	0.31	4.84			
	6	0.008	0.29	4.53			
	7	0.007	0.24	3.75			
	8	0.006	0.23	3.59			
	9	0.008	0.29	4.53			
	10	0.009	0.32	5.00			
	11	0.009	0.32	5.00			
Cd	1	0.028	0.11	0.43	0.45	0.02	4.44
	2	0.029	0.11	0.43			
	3	0.028	0.11	0.43			
	4	0.029	0.11	0.43			
	5	0.029	0.11	0.43			
	6	0.030	0.12	0.47			
	7	0.029	0.11	0.43			
	8	0.029	0.11	0.43			
	9	0.031	0.12	0.47			
	10	0.030	0.12	0.47			
	11	0.030	0.12	0.47			
Zn	1	0.308	0.82	85.42	85.80	0.52	0.61
	2	0.309	0.82	85.42			
	3	0.308	0.82	85.42			
	4	0.311	0.83	86.46			
	5	0.310	0.83	86.46			
	6	0.309	0.82	85.42			
	7	0.308	0.82	85.42			
	8	0.310	0.83	86.46			
	9	0.309	0.82	85.42			
	10	0.308	0.82	85.42			
	11	0.310	0.83	86.46			

ตาราง 52 (ต่อ)

โลหะ	ครั้งที่	Absorbance	ความเข้มข้น โลหะจากภาพ (ppm)	ปริมาณโลหะ ($\mu\text{g/g}$)*	ค่าเฉลี่ย ($\mu\text{g/g}$)	S.D. ($\mu\text{g/g}$)	R.S.D. (%)
Cu	1	0.022	0.24	3.75	3.78	0.14	3.70
	2	0.021	0.23	3.59			
	3	0.021	0.23	3.59			
	4	0.022	0.23	3.59			
	5	0.022	0.24	3.75			
	6	0.022	0.24	3.75			
	7	0.023	0.25	3.91			
	8	0.023	0.25	3.91			
	9	0.024	0.25	3.91			
	10	0.024	0.25	3.91			
	11	0.024	0.25	3.91			
Mn	1	0.031	0.26	40.63	39.63	2.01	5.07
	2	0.029	0.24	37.50			
	3	0.030	0.25	39.06			
	4	0.030	0.25	39.06			
	5	0.032	0.28	43.75			
	6	0.031	0.26	40.63			
	7	0.028	0.23	35.94			
	8	0.030	0.25	39.06			
	9	0.030	0.25	39.06			
	10	0.031	0.26	43.63			
	11	0.031	0.26	43.63			

$\mu\text{g/g}^*$ = ปริมาณโลหะในหน่วยไมโครกรัมต่อกรัมแห้งตัวอย่าง

3.4 ผลการหาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส ในผักตัวอย่าง

นำสารเคมีที่เป็น oxidant ที่เหมาะสมในการย่อยสลายผักตัวอย่าง มาย่อยสลาย เพื่อหาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส ผลการทดลองพบแยกสรุปได้ดังนี้

ตาราง 53 ผลการหาปริมาณและ percentage recovery ในผักตัวอย่างต่าง ๆ ซึ่งวิเคราะห์ 12 กันยายน 2529

ชนิดโลหะ	ชนิดผักตัวอย่าง	ปริมาณโลหะ (µg/g)				% recovery
		conventional method		standard addition		
		µg/g ดักแห้ง	µg/g ดักสด	µg/g ดักแห้ง	µg/g ดักสด	
Pb	แครกิช	4.30	0.01	4.30	0.01	100.00
	ปวยเล้ง	4.84	0.03	5.08	0.04	101.03
	เขลารี่	43.75	0.16	46.88	0.21	102.59
	สลัด	3.13	0.01	3.52	0.02	99.56
Cd	แครกิช	0.23	0.01	0.25	0.01	100.00
	ปวยเล้ง	0.39	0.03	0.51	0.04	105.00
	เขลารี่	1.80	0.16	2.31	0.21	102.78
	สลัด	0.23	0.01	0.27	0.02	106.11
Zn	แครกิช	50.78	2.40	58.59	2.87	94.56
	ปวยเล้ง	85.94	6.81	93.75	7.43	96.82
	เขลารี่	50.78	4.53	56.25	5.02	95.48
	สลัด	56.78	2.93	54.30	3.13	94.66
Cu	แครกิช	3.44	0.17	4.84	0.24	98.62
	ปวยเล้ง	12.19	0.97	14.38	1.14	102.59
	เขลารี่	23.75	2.12	26.56	2.37	101.56
	สลัด	9.22	0.53	10.31	0.59	99.86
Mn	แครกิช	40.63	1.99	43.75	2.14	98.59
	ปวยเล้ง	187.50	14.86	203.13	16.10	98.50
	เขลารี่	171.88	15.35	187.50	16.74	99.86
	สลัด	120.31	6.94	132.81	7.66	99.25

ตาราง 54 ผลการหาปริมาณและ percentage recovery ในผักตัวอย่างต่าง ๆ ซึ่งเก็บวันที่ 19 กันยายน 2529

ชนิดโลหะ	ชนิดผักตัวอย่าง	ปริมาณโลหะ (µg/g)				Z recovery
		conventional method		standard addition		
		µg/g ยักแ่ง	µg/g ยักสกัด	µg/g ยักแ่ง	µg/g ยักสกัด	
Pb	แครกทิง	4.00	0.20	4.12	0.20	101.00
	ปวยเล้ง	4.50	0.36	4.80	0.38	100.53
	เชอวี่	44.20	3.95	46.80	4.18	102.54
	สลัด	3.20	0.19	3.50	0.20	99.58
Cd	แครกทิง	0.26	0.01	0.28	0.01	104.32
	ปวยเล้ง	0.43	0.03	0.53	0.04	102.38
	เชอวี่	1.85	0.17	1.97	0.18	106.56
	สลัด	0.25	0.01	0.30	0.02	101.32
Zn	แครกทิง	53.76	2.63	60.32	2.96	95.32
	ปวยเล้ง	88.95	7.05	96.59	7.65	94.78
	เชอวี่	52.38	4.68	56.35	5.03	96.32
	สลัด	50.32	2.90	55.48	3.20	94.30
Cu	แครกทิง	3.60	0.18	4.82	0.24	99.56
	ปวยเล้ง	12.13	0.96	14.59	1.16	98.32
	เชอวี่	20.59	1.84	24.32	2.17	99.46
	สลัด	10.12	0.58	11.35	0.65	98.12
Mn	แครกทิง	41.59	2.04	43.32	2.12	99.50
	ปวยเล้ง	186.50	14.78	200.50	15.89	98.43
	เชอวี่	173.56	15.50	180.59	16.12	99.46
	สลัด	118.32	6.83	130.54	7.53	98.56

ตาราง 55 ผลการหาปริมาณและ percentage recovery ในผักกวางตุ้งต่าง ๆ ซึ่งเก็บวันที่ 29 กันยายน 2529 และเป็นผักที่ไม่ฉ่ำ

ชนิดโลหะ	ชนิดผักกวางตุ้ง	ปริมาณโลหะ (µg/g)				% recovery
		conventional method		standard addition		
		µg/g ผักแห้ง	µg/g ผักสด	µg/g ผักแห้ง	µg/g ผักสด	
Pb	แครอท	3.98	0.20	4.05	0.20	100.32
	ปวยเล้ง	4.90	0.39	5.10	0.40	99.58
	เซเลอรี่	46.85	4.18	48.52	4.33	104.58
	สลัด	3.20	0.19	3.55	0.21	101.34
Cd	แครอท	0.31	0.02	0.35	0.02	105.32
	ปวยเล้ง	0.45	0.04	0.53	0.04	106.34
	เซเลอรี่	1.90	0.17	2.20	0.20	104.86
	สลัด	0.30	0.02	0.32	0.02	100.54
Zn	แครอท	53.96	2.64	54.00	2.65	95.43
	ปวยเล้ง	84.98	6.73	88.92	7.05	94.38
	เซเลอรี่	54.74	4.89	56.32	5.03	96.57
	สลัด	52.36	3.02	55.35	3.19	98.57
Cu	แครอท	3.82	0.19	4.62	0.23	98.54
	ปวยเล้ง	14.41	1.14	16.32	1.29	99.36
	เซเลอรี่	23.60	2.11	25.38	2.27	98.14
	สลัด	10.42	0.60	11.56	0.67	99.50
Mn	แครอท	41.52	2.03	44.32	2.17	99.58
	ปวยเล้ง	185.52	14.70	196.32	15.56	99.32
	เซเลอรี่	170.81	15.25	178.58	15.95	98.56
	สลัด	123.38	7.12	125.34	7.23	99.43

ตาราง 56 เปรียบผลการหาปริมาณและ percentage recovery ในผักตัวอย่างต่าง ๆ เก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง และเป็นผักที่ไม่ต่าง

ชนิดโลหะ	ชนิดผักตัวอย่าง	ปริมาณโลหะ (µg/g)				% recovery
		conventional method		standard addition		
		µg/g บักแ้ง	µg/g บักขี้	µg/g บักแ้ง	µg/g บักขี้	
Pb	แครกกี	4.09	0.20	4.16	0.20	100.44
	ปวยเล้ง	4.74	0.38	4.99	0.40	100.38
	เขลารี่	44.93	4.01	47.40	4.23	103.24
	สลัก	3.18	0.18	3.52	0.20	100.16
Cd	แครกกี	0.27	0.01	0.29	0.01	103.21
	ปวยเล้ง	0.42	0.03	0.52	0.04	104.57
	เขลารี่	1.85	0.17	2.16	0.19	104.74
	สลัก	0.26	0.02	0.30	0.02	102.66
Zn	แครกกี	52.83	2.59	57.64	2.82	95.10
	ปวยเล้ง	86.62	6.86	93.09	7.38	95.33
	เขลารี่	52.63	4.70	56.31	5.03	96.12
	สลัก	51.15	2.95	55.04	3.17	95.84
Cu	แครกกี	3.62	0.18	4.76	0.23	98.91
	ปวยเล้ง	12.91	1.02	15.10	1.19	100.09
	เขลารี่	22.65	2.02	25.42	2.30	99.72
	สลัก	9.92	0.57	11.07	0.64	99.16
Mn	แครกกี	41.25	2.02	43.80	2.15	99.22
	ปวยเล้ง	186.51	14.78	199.98	15.85	98.75
	เขลารี่	172.08	15.36	182.22	16.27	99.29
	สลัก	120.67	6.96	129.56	7.48	99.08

ตาราง 57 ผลการหาปริมาณและ percentage recovery ในผักตัวอย่างต่าง ๆ ซึ่งเก็บวันที่ 29 กันยายน 2529 และเป็นผักห้อง

ชนิดโลหะ	ชนิดผักตัวอย่าง	ปริมาณโลหะ (µg/g)				% recovery
		conventional method		standard addition		
		µg/g บั๊กแห้ง	µg/g บั๊กสด	µg/g บั๊กแห้ง	µg/g บั๊กสด	
Pb	แครอท	3.90	0.19	3.95	0.19	100.64
	ปวยเล้ง	4.80	0.38	4.87	0.39	98.62
	เซอร่า	45.32	4.05	46.45	4.15	103.64
	สลัด	3.10	0.18	3.45	0.20	102.65
Cd	แครอท	0.28	0.01	0.32	0.02	104.60
	ปวยเล้ง	0.44	0.04	0.46	0.04	102.56
	เซอร่า	1.86	0.17	1.90	0.17	101.52
	สลัด	0.30	0.02	0.30	0.02	100.00
Zn	แครอท	52.40	2.57	53.00	2.60	96.32
	ปวยเล้ง	80.96	6.42	85.52	6.78	94.30
	เซอร่า	54.32	4.85	56.04	5.00	96.50
	สลัด	52.00	3.00	54.32	3.13	95.34
Cu	แครอท	3.80	0.19	4.42	0.22	98.56
	ปวยเล้ง	14.30	1.13	16.02	1.27	99.30
	เซอร่า	20.56	1.84	24.32	2.17	98.10
	สลัด	9.50	0.55	10.34	0.60	99.43
Mn	แครอท	40.32	1.98	43.04	2.11	98.62
	ปวยเล้ง	184.50	14.62	196.34	15.56	99.43
	เซอร่า	170.58	15.23	177.82	15.88	98.10
	สลัด	120.32	6.94	124.56	7.19	99.86

ตาราง 58 แสดงปริมาณน้ำในผักตัวอย่างแต่ละชนิดที่ได้จากการทดลอง

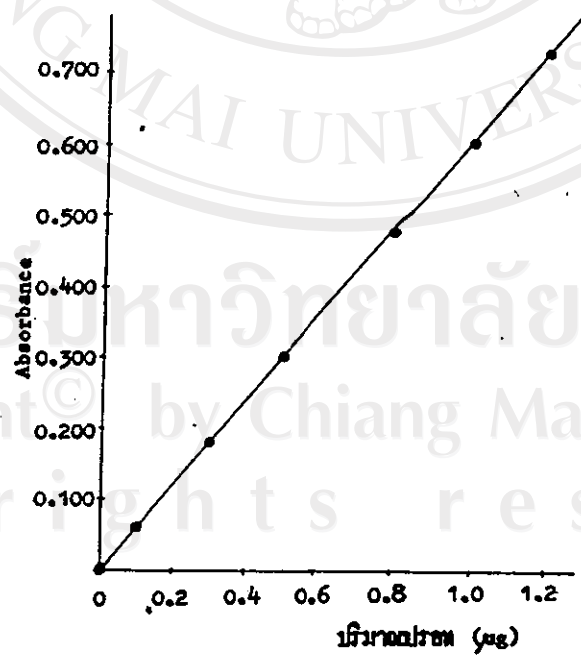
ชนิดผักตัวอย่าง	ปริมาณน้ำ (%)
แครอท	95.10
ปวยเล้ง	92.08
เขลารี่	91.07
สลัด	94.23
สลัดกอล	93.54

3.5 ผลการหาปริมาณปรอทในผักตัวอย่าง

เนื่องจากปริมาณปรอทที่อยู่ในผักตัวอย่างมีปริมาณน้อยมาก และผักตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์มีปริมาณจำกัด ปริมาณผักตัวอย่างที่ใช้มีปริมาณสูง ในงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีวิเคราะห์แบบเฉลี่ย โดยนำสารละลายแล้วแต่ละครั้งมารวมกันแล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ ผลการวิเคราะห์ได้รายงานไว้ในตาราง 59-71

ตาราง 59 ค่า absorbance ของสารละลายโปรตีนมาตรฐาน (blank = 0.000)

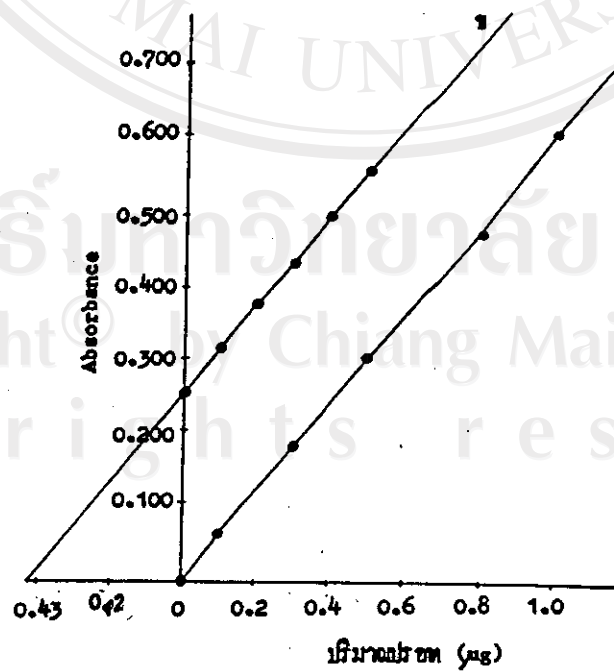
ปริมาณโปรตีน (μg)	Absorbance
0.00	0.000
0.10	0.060
0.30	0.180
0.50	0.302
0.80	0.475
1.00	0.605
1.20	0.725



รูป 28 calibration curve ของสารละลายโปรตีนมาตรฐาน

ตาราง 60 ค่า absorbance ของสารละลายปรอทมาตรฐานไม่ใช้ A (ก)
และใช้ A (ข)

Hg ²⁺ ที่เติม (μg)	Absorbance	
	ก	ข (A = 20.0 ml)
0.00	0.000	0.258
0.10	0.060	0.320
0.20	-	0.375
0.30	0.180	0.435
0.40	-	0.500
0.50	0.302	0.555
0.80	0.475	-
1.00	0.605	-
1.20	0.725	-



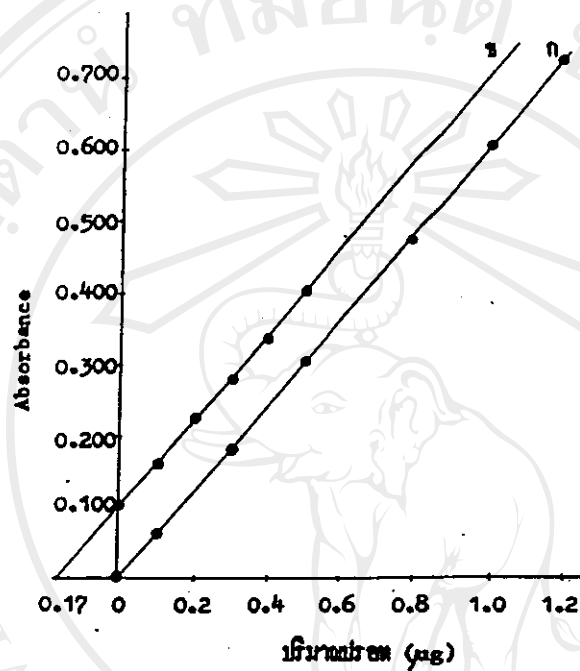
รูป 29 calibration curve ของสารละลายปรอทมาตรฐาน (ก) และ
standard addition curve ของการวิเคราะห์ปรอทใน A (ข)
จากตาราง 60

ตาราง 61 ค่า percentage recovery และ percentage error ของการวิเคราะห์ปรอทใน A

Hg ²⁺ ที่เติม (μg)	Hg ²⁺ จาก calibration curve (μg)	Hg ²⁺ ที่พบ (μg)	% recovery	% error
0.00	0.43	0.43	-	-
0.10	0.53	0.10	100.00	0.00
0.20	0.62	0.19	95.00	-5.00
0.30	0.72	0.29	96.67	-3.33
0.40	0.82	0.39	97.50	-2.50
0.50	0.92	0.49	98.00	-2.00
เฉลี่ย			97.43	-2.57

ตาราง 62 ค่า absorbance ของสารละลายปรอทมาตรฐานไม่ใช้ B (ก)
และใช้ B (ข)

Hg ²⁺ ที่เติม (μg)	Absorbance	
	ก	ข (B = 20.0 ml)
0.00	0.000	0.104
0.10	0.060	0.160
0.20	-	0.225
0.30	0.180	0.280
0.40	-	0.340
0.50	0.302	0.405
0.80	0.475	-
1.00	0.605	-
1.20	0.725	-



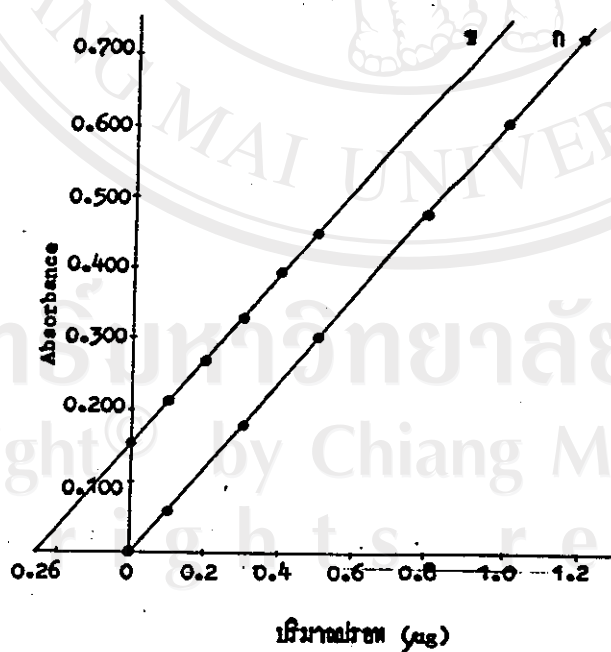
รูป 30 calibration curve ของสารละลายปรอทมาตรฐาน (ก) และ
standard addition curve ของการวิเคราะห์ปรอทใน ข (ข)
จากตาราง 62

ตาราง 63 ค่า percentage recovery และ percentage error ของการ
วิเคราะห์ปรอทใน ข

Hg ²⁺ ที่เพิ่ม (μg)	Hg ²⁺ จาก calibration curve (μg)	Hg ²⁺ ที่พบ (μg)	% recovery	% error
0.00	0.16	0.16	-	-
0.10	0.27	0.11	110.00	+10.00
0.20	0.37	0.21	105.00	+ 5.00
0.30	0.47	0.31	103.33	+ 3.33
0.40	0.57	0.41	102.50	+ 2.50
0.50	0.67	0.51	102.00	+ 2.00
เฉลี่ย			104.57	+ 4.57

ตาราง 64 ค่า absorbance ของสารละลายมาตรฐานไม่ใส่ C (ก) และ
ใส่ C (ข)

$\mu\text{g } \text{Zn}^{2+}$ ที่เติม (μg)	Absorbance	
	ก	ข ($C = 20.0 \text{ ml}$)
0.00	0.000	0.153
0.10	0.060	0.212
0.20	-	0.270
0.30	0.180	0.330
0.40	-	0.395
0.50	0.302	0.450
0.80	0.475	-
1.00	0.605	-
1.20	0.725	-



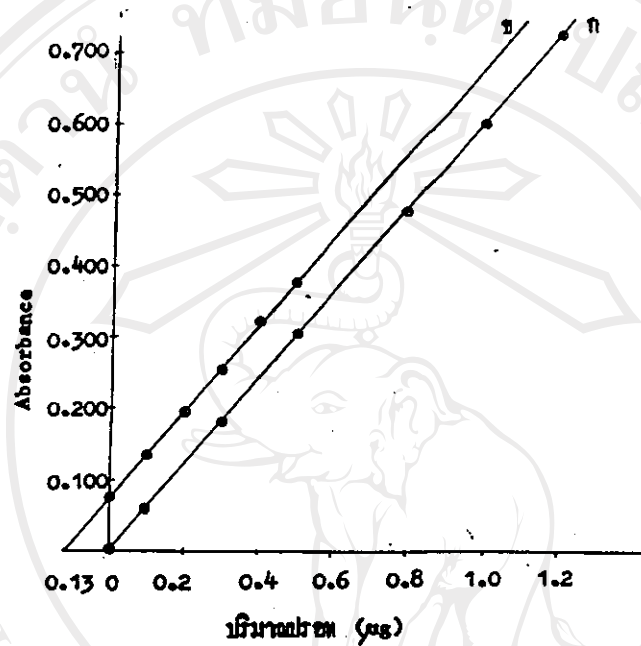
รูป 31 calibration curve ของสารละลายมาตรฐาน (ก) และ
standard addition curve ของกวนิเคาะที่ผสมใน C (ข)
จากตาราง 64

ตาราง 65 ค่า percentage recovery และ percentage error ของการวิเคราะห์ปรอทใน c

Hg ²⁺ ที่เติม (μg)	Hg ²⁺ จาก calibration curve (μg)	Hg ²⁺ ที่พบ (μg)	% recovery	% error
0.00	0.25	0.25	-	-
0.10	0.35	0.10	100.00	0.00
0.20	0.45	0.20	100.00	0.00
0.30	0.55	0.30	100.00	0.00
0.40	0.64	0.39	97.50	-2.50
0.50	0.74	0.49	98.00	-2.00
เฉลี่ย			99.10	-0.90

ตาราง 66 ค่า absorbance ของสารละลายปรอทมาตรฐานที่ใช้ D (ก)
และใช้ D (ข)

Hg ²⁺ ที่เติม (μg)	Absorbance	
	ก	ข (D = 20.0 ml)
0.00	0.000	0.076
0.10	0.060	0.132
0.20	-	0.195
0.30	0.180	0.252
0.40	-	0.320
0.50	0.302	0.375
0.80	0.475	-
1.00	0.605	-
1.20	0.725	-



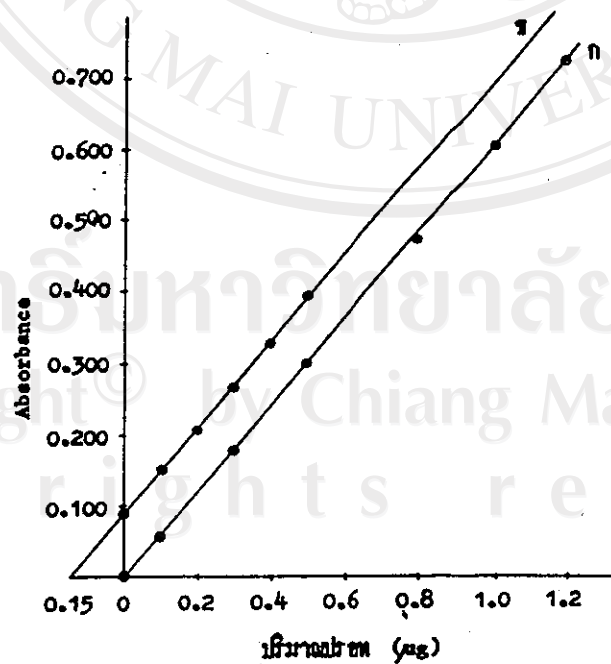
รูป 32 calibration curve ของสารละลายปรอทมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์ปรอทใน D (ข) จากตาราง 66

ตาราง 67 ค่า percentage recovery และ percentage error ของการวิเคราะห์ปรอทใน D

Hg^{2+} ที่เติม (μg)	Hg^{2+} จาก calibration curve (μg)	Hg^{2+} ที่พบ (μg)	% recovery	% error
0.00	0.13	0.13	-	-
0.10	0.23	0.10	100.00	0.00
0.20	0.32	0.19	95.00	-5.00
0.30	0.42	0.29	96.67	-3.33
0.40	0.52	0.39	97.50	-2.50
0.50	0.62	0.49	98.00	-2.00
เฉลี่ย			97.43	-2.57

ตาราง 68 ค่า absorbance ของสารละลายปรอทมาตรฐานไม่ใช้ E (ก) และใช้ E (ข)

Hg ²⁺ ที่เติม (μg)	Absorbance	
	ก	ข (E = 20.0 ml)
0.00	0.000	0.094
0.10	0.060	0.155
0.20	-	0.210
0.30	0.180	0.270
0.40	-	0.330
0.50	0.302	0.395
0.80	0.475	-
1.00	0.605	-
1.20	0.725	-



รูป 33 calibration curve ของสารละลายปรอทมาตรฐาน (ก) และ standard addition curve ของการวิเคราะห์ปรอทใน E (ข) จากตาราง 68

ตาราง 69 ค่า percentage recovery และ percentage error จากการวิเคราะห์ปรอทใน Z

Hg ²⁺ ที่เติม (μg)	Hg ²⁺ จาก calibration curve (μg)	Hg ²⁺ พบ (μg)	% recovery	% error
0.00	0.15	0.15	-	-
0.10	0.25	0.10	100.00	0.00
0.20	0.35	0.20	100.00	0.00
0.30	0.45	0.30	100.00	0.00
0.40	0.55	0.40	100.00	0.00
0.50	0.65	0.50	100.00	0.00
เฉลี่ย			100.00	0.00

ตาราง 70 ปริมาณปรอทวิเคราะห์ได้ในตัวอย่าง

ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณปรอท (μg)	
	conventional method	standard addition
แบริท	0.43	0.43
ปวยเล้ง	0.16	0.17
เชอร์รี่	0.25	0.26
ผัก	0.13	0.13
ผักกาด	0.15	0.15

ตาราง 71 ผลการหาปริมาณปรอทในผักตัวอย่าง 5 ชนิด

ผักตัวอย่าง	ปริมาณปรอทที่พบ (µg/g)				% recovery
	conventional method		standard addition		
	µg/g ดักแด้	µg/g ดักสีก	µg/g ดักแด้	µg/g ดักสีก	
แมคคิ	0.89	0.04	0.89	0.04	97.43
บวบเหลี่ยม	0.33	0.03	0.35	0.03	104.57
เขลารี่	0.52	0.05	0.54	0.04	99.10
สลัด	0.27	0.02	0.27	0.02	97.43
สลัดถั่ว	0.31	0.02	0.31	0.02	100.00

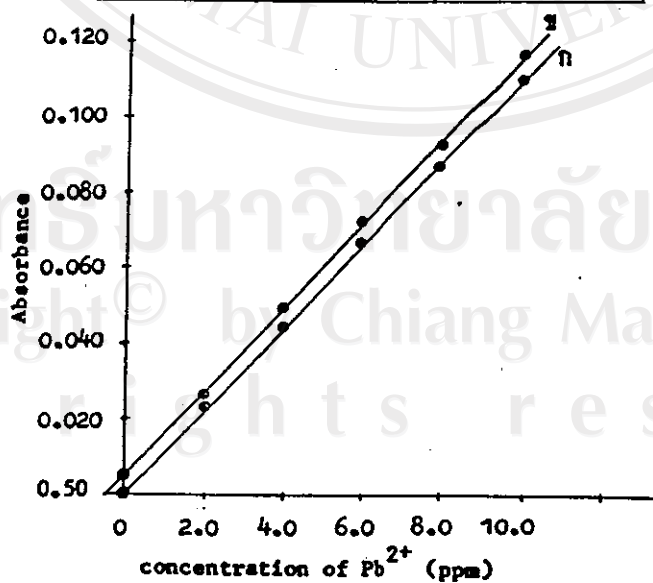
3.6 ผลการเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์โดย conventional method และวิธี standard addition

การวิเคราะห์ตะกั่ว

Sample (S) ที่ใช้เตรียมจากสารละลายตะกั่วมาตรฐานเข้มข้น 5 ppm

ตาราง 72 ค่า absorbance ของสารละลายตะกั่วที่ไม่ใช่ S (ก) และที่ใช้ S (ข)
(blank = 0.001)

Pb ²⁺ (ppm)	Absorbance	
	ก	ข (S = 2.5 ml)
0.00	0.000	0.005
2.00	0.023	0.027
4.00	0.044	0.050
6.00	0.067	0.072
8.00	0.087	0.093
10.00	0.110	0.116



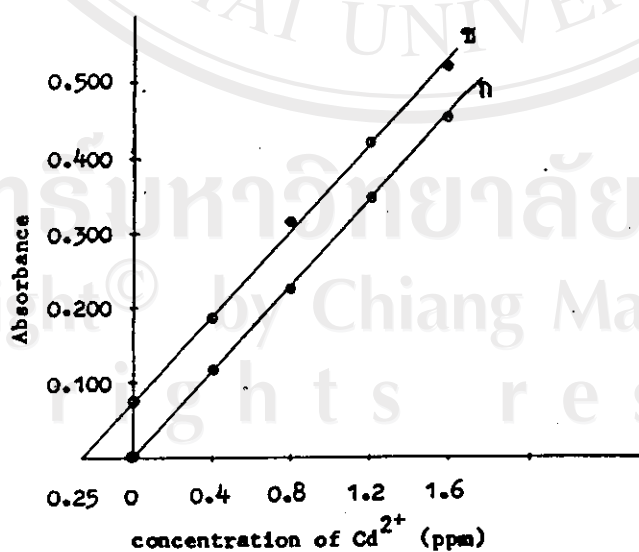
รูป 34 calibration curve และ standard addition curve
ของสารละลายตะกั่วมาตรฐานจากตาราง 72

การวิเคราะห์แคดเมียม

sample ที่ใช้เพื่อหาค่าสารละลายแคดเมียมมาตรฐานเข้มข้น 1 ppm

ตาราง 73 ค่า absorbance ของสารละลายแคดเมียมที่ไม่ใส่ S (n) และที่ใส่ S (g) (blank = 0.002)

Cd ²⁺ (ppm)	Absorbance	
	n	g (S = 6.5 ml)
0.00	0.000	0.075
0.40	0.118	0.185
0.80	0.225	0.311
1.20	0.343	0.420
1.60	0.452	0.517



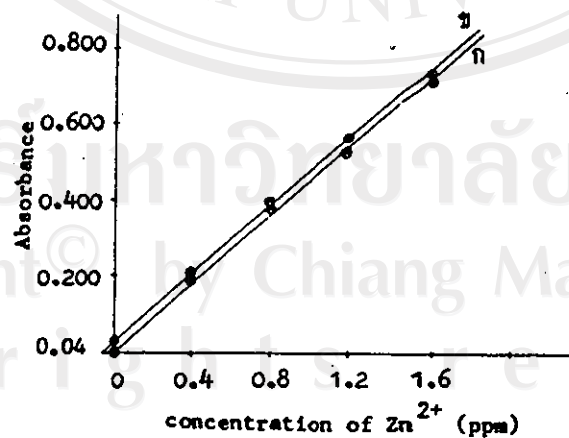
รูป 35 calibration curve และ standard addition curve
ของสารละลายแคดเมียมมาตรฐานจากตาราง 73

การวิเคราะห์สังกะสี

Sample ที่ใช้เพื่อหาค่าจากสารละลายสังกะสีมาตรฐานเข้มข้น 1 ppm

ตาราง 74 ค่า absorbance ของสารละลายสังกะสีที่ไม่ได้ใส่ (ก) และที่ได้ใส่ S (ง)

Zn ²⁺ (ppm)	Absorbance	
	ก	ง (S = 1.5 ml)
0.00	0.000	0.029
0.40	0.191	0.215
0.80	0.375	0.397
1.20	0.532	0.560
1.60	0.714	0.733



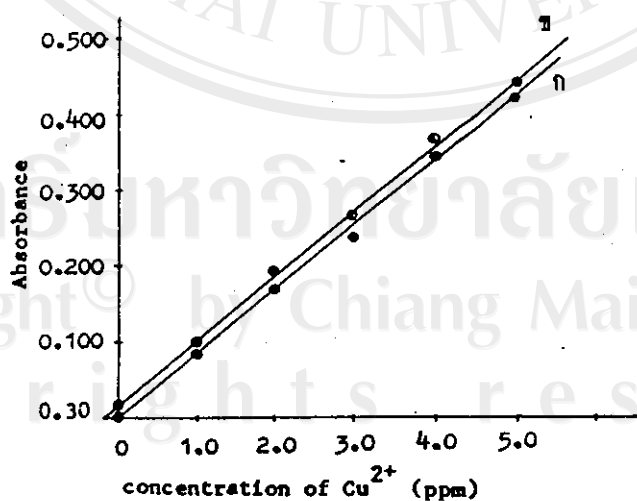
รูป 36 calibration curve และ standard addition curve
ของสารละลายสังกะสีมาตรฐานจากตาราง 74

การวิเคราะห์ทองคำ

Sample ที่ใช้เตรียมจากสารละลายทองคำมาตรฐานเข้มข้น 2 ppm

ตาราง 75 ค่า absorbance ของสารละลายทองคำที่ไม่ใช่ s (n) และที่ใช้ s (s)

Cu ²⁺ (ppm)	Absorbance	
	n	s (s = 4.5 ml)
0.00	0.000	0.017
1.00	0.080	0.100
2.00	0.170	0.195
3.00	0.240	0.265
4.00	0.345	0.365
5.00	0.420	0.440



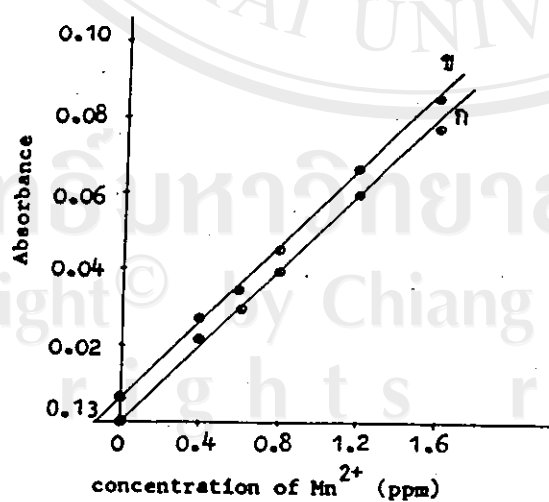
รูป 37 calibration curve และ standard addition curve
ของสารละลายทองคำมาตรฐานจากตาราง 75

การวิเคราะห์แมงกานีส

sample ที่ใช้เตรียมสารละลายมาตรฐานแมงกานีสเข้มข้น 1 ppm

ตาราง 76 ค่า absorbance ของสารละลายแมงกานีสที่ไม่ใส่ s (ก) และที่ใส่ s (ข) (blank = 0.001)

Mn ²⁺ (ppm)	Absorbance	
	ก	ข (S = 3.5 ml)
0.00	0.000	0.006
0.40	0.022	0.027
0.60	0.030	0.035
0.80	0.040	0.046
1.20	0.061	0.067
1.60	0.078	0.086



รูป 38 calibration curve และ standard addition curve
ของสารละลายแมงกานีสมาตรฐานจากตาราง 76

ตาราง 77 เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะโคบอลต์ conventional method กับ standard addition

โลหะ	ความเข้มข้นของ Sample (ppm)	
	conventional method	standard addition
Pb	0.42	0.50
Cd	0.24	0.25
Zn	0.04	0.05
Cu	0.20	0.30
Mn	0.11	0.13

3.7 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในผักกาดอย่าง

การวิเคราะห์แคดเมียม, แมงกานีส, โปตัสเซียม และโซเดียม

ทำการย่อยสลายผักกาดอย่างทีละชิ้นมาทั้ง 3 ครั้ง จำนวน 0.1000 g แล้วปรับปริมาตรเป็น 25.0 ml หลังจากนั้นเจือจางลงไป 50 เท่า นำไปวัดด้วย AAS ได้ผลการทดลองดังตาราง 78-81

ตาราง 78 แสดงผลการวิเคราะห์แคลเซียมในผักตัวอย่าง (blank = 0.007)

ชนิดผัก	Average Absorbance	Average concentration (ppm)	mg/g ผักแห้ง	mg/g ผักสด
แครอท	0.024	0.759	9.49	0.47
ปวยเล้ง	0.018	0.578	7.23	0.57
เซเลอรี่	0.068	2.097	26.21	2.34
สลัด	0.029	0.886	11.08	0.64
สลัดกอลา	0.049	1.513	18.91	1.22

ตาราง 79 แสดงผลการวิเคราะห์แมกนีเซียมในผักตัวอย่าง (blank = 0.003)

ชนิดผัก	Average Absorbance	Average concentration (ppm)	mg/g ผักแห้ง	mg/g ผักสด
แครอท	0.183	0.225	3.19	0.16
ปวยเล้ง	0.461	0.676	8.45	0.67
เซเลอรี่	0.267	0.378	4.73	0.42
สลัด	0.196	0.274	3.43	0.20
สลัดกอลา	0.306	0.435	5.44	0.35

ตาราง 80 แสดงผลการวิเคราะห์โป๊สซีเมนต์ในผักตัวอย่าง (blank = 0.021)

ชนิดผัก	Average Absorbance	Average concentration (ppm)	mg/g ผักแห้ง	mg/g ผักสด
แครอท	0.884	5.506	68.83	3.37
ปวยเล้ง	1.124	7.443	93.04	7.37
เขากวี่	0.892	5.563	69.54	6.21
สลัด	0.750	4.500	56.25	3.25
สลัดกอลา	0.591	3.392	42.40	2.74

ตาราง 81 แสดงผลการวิเคราะห์โซเดียมในผักตัวอย่าง (blank = 0.121)

ชนิดผัก	Average Absorbance	Average concentration (ppm)	mg/g ผักแห้ง	mg/g ผักสด
แครอท	0.098	0.096	6.00	0.29
ปวยเล้ง	0.264	0.278	17.38	1.38
เขากวี่	0.161	0.164	10.25	0.92
สลัด	0.079	0.075	4.69	0.27
สลัดกอลา	0.221	0.232	14.50	0.94