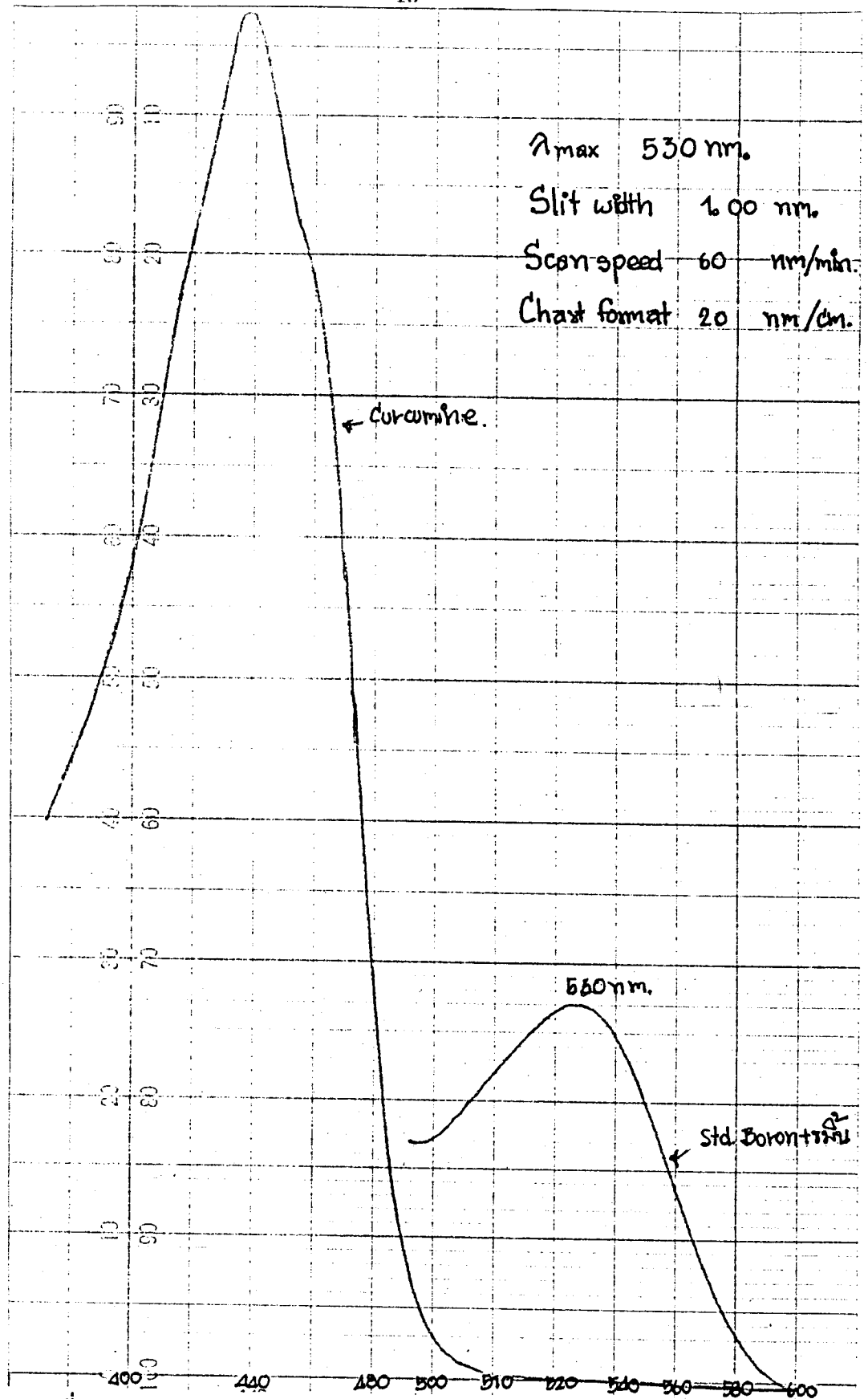


บทที่ 4

ผลการทดลองและการคำนวณ

4.1 ผลการศึกษาการหาความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนสูงสุด

จากการศึกษาสเปกตรัมของสารละลายมาตรฐานโบรอนที่ทำให้เกิดสีด้วยขมิ้นในสภาพที่เห็นกรด โดยใช้สารละลายมาตรฐานโบรอน 1 ppm. จะได้ความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดคือที่ 530 nm.



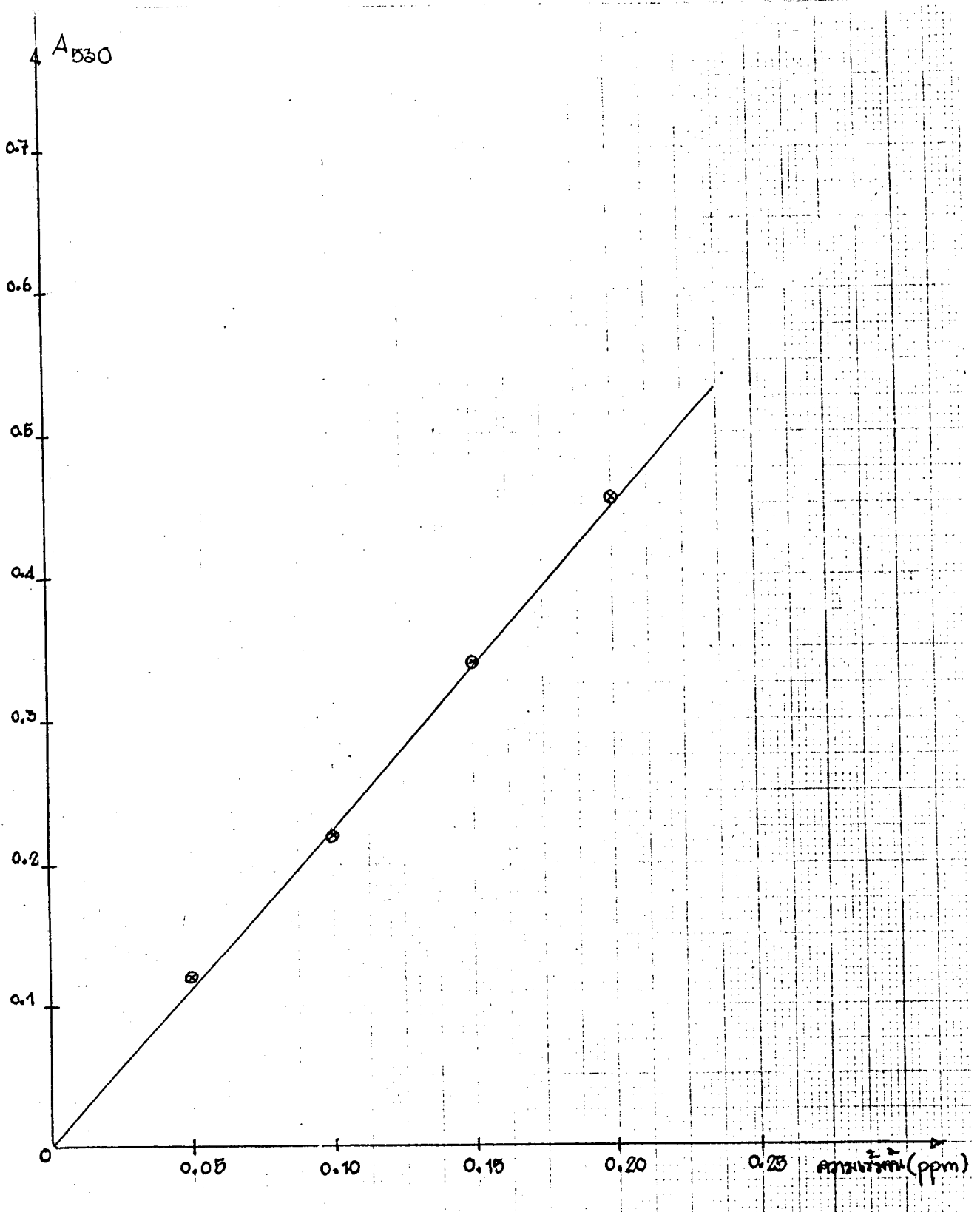
รูปที่ 4.1 สเปกตรัมของสารประกอบ rubrocurcumine เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง
 ขมิ้นกับกรดแอสคอร์บิก

4.2 ผลการสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานโบรอน

จากการนำสารละลายมาตรฐานโบรอนเข้มข้น 0.05, 0.10, 0.15 และ 0.20 ppm. ทำให้เกิดสีด้วยการละลาย curcumine ในสถานที่เป็นกรด นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530 ppm. ได้ผลตามตาราง

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารละลายมาตรฐานโบรอน

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโบรอน (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 530 nm.			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
0.05	0.131	0.109	0.120	0.120	0.0110
0.10	0.221	0.219	0.222	0.221	0.0015
0.15	0.341	0.340	0.339	0.340	0.0010
0.20	0.450	0.460	0.456	0.455	0.0050



รูปที่ 4.2 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานโปรอนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณบอแรกซ์ในตัวอย่างเนื้อสัตว์และเนื้อสัตว์แปรรูป
จำแนกตามประเภท เก็บครั้งที่ 1 วันที่ 27 มกราคม 2533 เก็บครั้งที่ 2 วันที่ 5
กุมภาพันธ์ 2533

ชนิด/เครื่องหมายการค้า หรือแหล่งเก็บตัวอย่าง	ปริมาณบอแรกซ์ที่ตรวจพบ (mg/kg)		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD) ของการวิเคราะห์	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
<u>ฮอทดอกหมู</u>				
Red. Sunday	2.94	1.69	0.00	0.02
ตราหมูสองตัว	0.93	0.61	0.04	0.07
C.P.(ชนิดบรรจุขนาดเล็ก)	0.57	0.84	0.02	0.00
C.P.(ชนิดแบ่งขาย ถุงไม่มี เครื่องหมายการค้า)	0.83	0.83	0.00	0.00
บางกอกหมูยอ *	0.21	0.25	0.04	0.00
<u>หมูยอ</u>				
ลัดดาวัล **	17.62	17.24	0.01	0.02
ลัดดา **	8.71	10.23	0.60	0.34
เพชรสุวรรณ	2.05	4.17	0.00	0.04
ศรีเจริญเชิญชิม	2.70	2.30	0.07	0.02
เลิศรส (ห่อใบตอง)	1.72	2.66	0.00	0.35
เลิศรส (ห่อพลาสติก)	1.48	3.01	0.00	0.12
ของฝากจากโคราช	1.54	2.37	0.00	0.27
ปึงหังเจียง	1.42	2.94	0.00	0.19
หมู 2 ตัว (แม่เข้ม)	1.44	1.09	0.01	0.00
407	0.85	2.20	0.09	0.95
บางกอกหมูยอ *	0.21	0.28	0.04	0.04

* มีค่าเฉลี่ยของปริมาณบอแรกซ์ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของปริมาณบอแรกซ์ในเนื้อสัตว์

** เป็นตัวอย่างที่มีปริมาณเฉลี่ยเกิน 3 mg/kg ขึ้นไป

ชนิด/เครื่องหมายการค้าหรือ แหล่งเก็บตัวอย่าง	ปริมาณบอแรกซ์ที่ตรวจพบ (mg/kg)		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD)ของ การวิเคราะห์	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
ลูกชิ้นหมู				
ตลาดเทศบาลเมืองขอนแก่น*	0.30	0.32	0.00	0.01
ตลาดโป้แบ้ *	0.28	0.31	0.02	0.03
โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ร้าน 4.) *	0.35	0.33	0.01	0.02
ลูกชิ้นปลา				
ชนิดสีขาว				
ตลาดโป้แบ้	2.84	2.38	0.10	0.07
ตลาด อ. จิระ	2.85	2.46	0.05	0.07
ตลาดเทศบาลเมืองขอนแก่น	1.85	2.84	0.12	0.10
ปากกิ่งโกหนา	1.29	1.00	0.02	0.02
สหกรณ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น	1.06	0.61	0.01	0.05
A.P	1.12	0.99	0.04	0.18
C.P. *	0.47	0.16	0.04	0.03
ร้านอาหาร ม.ข (ร้าน 2) *	0.37	0.35	0.02	0.05
ชนิดสีแดง				
ตลาด อ. จิระ	2.65	2.01	0.06	0.06
ตลาดโป้แบ้	1.79	1.44	0.02	0.40
ตลาดเทศบาลเมืองขอนแก่น	0.90	2.26	0.09	0.02
ชนิดแห้ง (ทอด)				
ตลาด อ. จิระ **	4.46	3.42	0.04	0.05
ตลาดเทศบาลเมืองขอนแก่น	2.61	2.18	0.04	0.05
ตลาดโป้แบ้	1.39	1.98	0.02	0.10
ลูกชิ้นเนื้อวัว				
ตลาดเทศบาลเมืองขอนแก่น **	3.49	3.99	0.01	0.05
ตลาดโป้แบ้ **	3.52	3.40	0.04	0.02
ตลาด อ. จิระ	2.92	2.38	0.07	0.07
ร้านเซียงฮง	2.75	2.52	0.02	0.04

ชนิด/เครื่องหมายการค้าหรือ แหล่งเก็บตัวอย่าง	ปริมาณบอแรกซ์ที่ตรวจพบ (mg/kg)		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD)ของ การวิเคราะห์	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
ตลาดเทศบาลโคราช	1.90	2.02	0.00	0.02
ร้านนิศรส	1.10	0.59	0.02	0.08
ตรา C.P.	0.92	0.86	0.01	0.02
ร้านอร่อยเค็ด	0.89	1.76	0.06	0.09
ร้านซัชนวนิม	0.41	0.96	0.07	0.01
ร้านหอมโกหนา *	0.50		0.02	0.00
ร้านอาหาร ม.ข (ร้าน 2) *	0.25	0.28	0.02	0.05
<u>ถักขึ้นไก่</u>				
GF	1.38	2.18	0.00	0.00
ศรีไทย *	0.27	0.32	0.05	0.02
C.P.	0.25	0.27	0.02	0.03
<u>แหนม</u>				
ปิงหังเชียง	1.25	2.78	0.00	0.28
ถักดาวัด **	2.63	3.38	0.00	0.14
ถักดา **	2.65	3.99	0.00	0.50
ศรีเจริญเจริญนิม	2.12	1.67	0.04	0.05
<u>ทอดมันสำเร็จรูป</u>				
ตราถู่ **	4.58	1.56	0.04	0.05
ตลาดเทศบาลโคราช **	2.71	4.08	0.00	1.62
<u>ปลาหมึกสื่อน้ำตาล</u>				
ตลาดเทศบาลเมืองขอนแก่น	1.41	1.38	0.00	0.00
<u>เนื้อสัตว์</u>				
หมู	0.26	0.26	0.00	0.00
ไก่	0.28	0.26	0.00	0.00
ปลา (ทะเล)	0.27	0.27	0.00	0.00
วัว	0.26	0.26	0.00	0.00

4.4 ผลการหาเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนมา (%recovery) ของบอแรกซ์

ซึ่งตัวอย่างสัณฐาน C.P. ชนิดแบ่งขายที่มีบอแรกซ์อยู่เดิม 0.8195 mg/kg แล้วเติมสารละลายมาตรฐานโบรอน 1 ppm 1.25, 2.50 และ 3.75 ml แล้วนำไปวิเคราะห์ได้ผลดังตารางที่

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนมาของบอแรกซ์

ชนิดของตัวอย่าง	น้ำหนัก (g)	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 530 nm	สารละลายมาตรฐานโบรอน 1 ppm ที่เติมลงไป (ml)	ปริมาณบอแรกซ์ (mg/kg)		% กลับคืนมา	เฉลี่ย
				ตามทฤษฎี	ตามวิเคราะห์ได้		
สัณฐาน C.P. แบ่งขาย	1.9770	0.110	1.25	6.3957	5.3529	83.69	83.65%
	2.0407	0.115	1.25	6.2213	5.2074	83.70	
	2.0324	0.113	1.25	6.2435	5.2178	83.57	
สัณฐาน C.P. แบ่งขาย	2.0020	0.220	2.50	11.8321	10.6823	90.28	91.49%
	2.0330	0.230	2.50	11.6642	10.8447	92.97	
	2.0110	0.223	2.50	11.7828	10.7492	91.23	
สัณฐาน C.P. แบ่งขาย	1.9976	0.344	3.75	17.3748	16.6657	95.92	95.88%
	1.9894	0.342	3.75	17.4431	16.6236	95.30	
	2.0506	0.345	3.75	16.9469	16.3425	96.43	

4.5 การคำนวณ

4.5.1 คำนวณการเตรียมสารละลายมาตรฐานโบรอน

จาก Stock solution ของโบรอนเข้มข้น 100 ppm นำมาเตรียมสารละลายมาตรฐานโบรอนเข้มข้น 1 ppm ปริมาณ 100 ml ได้โดยใช้สูตร

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

N_1 = ความเข้มข้นของ stock solution

N_2 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโบรอนที่เตรียม

V_1 = ปริมาตรของ stock solution

V_2 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโบรอนที่จะเตรียม

เตรียม 1 ppm ปริมาตร 100 ml $\therefore$ จะใช้ Stock Solution - 1 ml แล้วปรับ ปริมาตรให้เป็น 100 ml ในขวดปริมาตรขนาด 100 ml จะได้สารละลายมาตรฐานโบรอนที่มีความเข้มข้น 1 ppm การเตรียมสารละลายมาตรฐานโบรอนเข้มข้น 0.05 - 0.20 ppm ก็คิดในทำนองเดียวกัน

4.5.2 การคำนวณหาปริมาณบอแรกซ์

ตัวอย่าง สกัดตก C.P. ชนิดแบ่งขาย เก็บครั้งที่ 1 ที่ตลาดโบเบ้ อ.เมือง จ.ขอนแก่น วันที่ 27 มกราคม 2533

น้ำหนัก 2.0151 g ค่าการดูดกลืนแสงที่ 530 nm = 0.017

ความเข้มข้นของสารละลายโบรอนที่อ่านได้จากกราฟ เท่ากับ 0.0075 ppm

จากสารละลาย 1,000 ml มีโบรอนอยู่ 0.0075 mg

จากสารละลาย 25 ml มีโบรอนอยู่ $(0.0075 \times 25)/1000$
 $= 1.88 \times 10^{-4}$ mg

ตัวอย่าง 2.0151 g มีโบรอนอยู่ 1.88×10^{-4} mg

ตัวอย่าง 1,000 g มีโบรอนอยู่ $(1.88 \times 10^{-4} \times 1000) / 2.0151$
 $= 0.0930$ mg/kg

บอแรกซ์มีสูตร $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ มี Mw = 381.33 g/mol

โบรอน (B) Mw = 10.81 g/mol

$$\begin{aligned}\therefore \text{ในบอแรกซ์จะมีโบรอน} &= 10.81 \times 4 \text{ g} \\ &= 43.24 \text{ g}\end{aligned}$$

โบรอน 43.24 g มีอยู่ในบอแรกซ์ = 381.33 g

$$\begin{aligned}\text{โบรอน } 0.0930 \text{ mg มีอยู่ในบอแรกซ์} &= (381.33 \times 0.0930) / 43.24 \text{ mg} \\ &= 0.8201 \text{ mg}\end{aligned}$$

$\therefore$ ในสลทดอก C.P. ชนิดแบ่งขาย 1 kg จะมีบอแรกซ์อยู่ 0.8201 mg

ในตัวอย่างอื่น ๆ ก็คำนวณได้ในทำนองเดียวกัน

4.5.3 การหาค่าเฉลี่ยของปริมาณบอแรกซ์

คำนวณได้จาก

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}$$

$$n = 1, 2, 3, \dots, N$$

$$\bar{X} = \text{ค่าเฉลี่ย}$$

$$X_i = \text{ปริมาณบอแรกซ์ครั้งที่ } i$$

$$N = \text{จำนวนข้อมูล}$$

ตัวอย่างการคำนวณ สลทดอก C.P.แบ่งขาย เก็บครั้งที่ 1 วันที่ 27 มกราคม

2533 ที่ตลาดโป้แป๊ะ อ.เมือง จ.ขอนแก่น

$$\bar{X} = (0.8201 + 0.8316 + 0.8069) / 3 = 0.8195 \text{ mg/kg}$$

ในตัวอย่างอื่นก็คำนวณได้ในทำนองเดียวกัน

๗๗
๗๘
๗๙
๘๐
๘๑



หอสมุดกลาง

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

4.5.4 การคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)
หาได้จากสูตร

$$S.D = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{N - 1}$$

ตัวอย่างการคำนวณ สลัดดอก C.P. แห่งเขาภักดิ์ ครั้งที่ 1 วันที่ 27 มกราคม 2533 ที่ตลาดโป้แป๊ะ อ.เมือง จ.ขอนแก่น

$$S.D = \frac{(0.8201 - 0.8195)^2 + (0.8316 - 0.8195)^2 + (0.8069 - 0.8195)^2}{3 - 1}$$

$$= 1.02 \times 10^{-4}$$

ตัวอย่างอื่น ๆ ก็คำนวณได้ในทำนองเดียวกัน

4.5 การคำนวณหา 90% Confidence Limit

คำนวณหาได้จากสูตร

$$90\% \text{ Confidence Limit} = \bar{X} \pm \frac{t_s}{N}$$

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยปริมาณพบแมลง

t. = ค่า degree of freedom

= 2 ที่ 90% confidence 2.920

S = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N = จำนวนข้อมูล

ตัวอย่างการคำนวณ ฮีทดอก C.P. แบ่งขาย เก็บครั้งที่ 1 วันที่ 27 มกราคม 2533 ที่ตลาดโบ๊เบ๊ อ.เมือง จ.ขอนแก่น

$$90\% \text{ confidence limit} = 0.8195 \pm \frac{2.920 \times 1.02 \times 10^{-4}}{3}$$

$$= 0.8195 \pm 0.0001 \text{ mg/kg}$$

ในตัวอย่างอื่น ๆ ก็คำนวณได้ในการทำงานเดียวกัน

4.5.6 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ที่ได้กลับคืนมา (%recovery) ของบอลแรก

จากการทดลองใช้ตัวอย่างฮีทดอก C.P. ชนิดแบ่งขายจากตลาดโบ๊เบ๊ จังหวัดขอนแก่น ซึ่งมีปริมาณบอลแรกทั่วเคาะห้อย = 0.8195 mg/kg
ทั้งตัวอย่าง 3 ชุด แต่ละชุดเติมสารละลายมาตรฐานโบรอน 1 ppm ปริมาณแตกต่างกัน ดังนี้

เติม 1.25 , 2.50 , 3.75 ml

ตัวอย่างชุดแรกทั้งมา 1.9770 เติมสารละลายมาตรฐานโบรอน 1 ppm 1.25 ml นำไปเตรียมและทำให้เกิดสีตามข้อ 3.5.2 และ 3.5.3 ปริมาณโบรอนที่เติมลงไปคือ $1.25 \times 10^{-3} \text{ mg}$
สารตัวอย่างหนัก 1.9770 g จะมีโบรอนที่เติมลงไป $1.25 \times 10^{-3} \text{ mg}$

$$\text{สารตัวอย่างหนัก } 1000 \text{ g จะมีโบรอนที่เติมลงไป } \frac{1.25 \times 10^{-3} \times 1000}{1.9770} \text{ mg}$$

$$0.6323 \text{ mg}$$

คำนวณเป็นบอลแรก

มีโบรอน 43.24 g อยู่ในบอลแรกหนัก = 381.33 g

$$\begin{aligned} \text{มีไอรอน } 0.6323 \text{ g อยู่ในบอแรกซ์หนัก} &= \frac{381.33 \times 0.6323}{43.24} \text{ mg} \\ &= 5.5762 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แต่ปริมาณบอแรกซ์ที่มีอยู่ในตัวอย่างเดิม} &= 0.8195 \text{ mg} \\ \therefore \text{ปริมาณบอแรกซ์ตามทฤษฎีทั้งหมด} &= 5.5762 + 0.8195 \text{ mg/kg} \\ &= 6.3957 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

จากค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่วัดได้ 0.110 เมื่อนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานจะได้ความเข้มข้นของไอรอนเท่ากับ 0.048 mg/kg ปริมาตรสุดท้ายที่กลั่นนำไปวัดคือ 25 ml

$$\begin{aligned} \text{สารละลาย } 1000 \text{ ml มีเนื้อไอรอนอยู่ } 0.048 \text{ mg} \\ \text{สารละลาย } 25 \text{ ml มีเนื้อไอรอนอยู่ } &= \frac{0.048 \times 25}{1000} \\ &= 1.2 \times 10^{-3} \text{ mg} \end{aligned}$$

จากที่หั่งตัวอย่างมาก 1.9770 g นำมาเตรียมและทำให้เกิดปริมาตร 25ml

$$\begin{aligned} \text{สารตัวอย่างหนัก } 1.9770 \text{ g มีเนื้อไอรอน} &= 1.2 \times 10^{-3} \text{ mg} \\ &= \frac{1.2 \times 10^{-3} \times 1000}{1.977} \text{ mg} \\ &= 0.6069 \end{aligned}$$

คำนวณอยู่ในรูปของบอแรกซ์ เนื้อไอรอน 0.6069 mg อยู่ในบอแรกซ์หนัก

$$\begin{aligned} &= \frac{0.6069 \times 381.33}{43.44} \\ &= 5.3529 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนมาของบอแรกซ์} &= \frac{5.359 \times 100}{6.3957} \\ &= 83.69\% \end{aligned}$$

ในชุดที่ 2, 3 คำนวณได้ทำนองเดียวกัน