

ผลและวิจารณ์

ผล

1. ผลของขั้นตอนทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์

1.1 ผลการทดลองวัดชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสีเพื่อหาอัตราการนับและค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสี

จากทดลองการหาอัตราการนับที่สัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีของแต่ละไวแอลสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C แสดงผลที่ได้ในตาราง ที่ 3 พบว่าค่าอัตราการนับขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสี นั่นคือถ้าอัตราการนับมีค่ามาก จะทำให้ค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีมีค่ามาก และถ้าอัตราการนับมีค่าน้อยจะทำให้ค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีมีค่าน้อย

ตารางที่ 3 แสดงค่าอัตราการนับ (CPM) ที่สัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE ของแต่ละไวแอลสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C

ไวแอลที่	อัตราการนับ	พารามิเตอร์ของการเควน tSIE
	(CPM)	
1	134678.00	851.03
2	120076.00	739.75
3	119589.00	697.40
4	116753.00	415.87
5	115242.00	287.51
6	112896.00	98.68

จากทดลองการหาค่าอัตราการนับที่สัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีในแต่ละไวแอลสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการนับและค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีเป็นไปในลักษณะเช่นเดียวกันกับของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C หมายความว่าถ้าเกิดการ เควนเชิงเคมีมาก ค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีจะมีค่าน้อย ทำให้อัตราการนับมีค่าน้อย และถ้าเกิดการเควนเชิงเคมีน้อย ค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีมีค่ามาก จะทำให้อัตราการนับมีค่ามากตามไปด้วย

ตารางที่ 4 แสดงค่าอัตราการนับ(CPM) ที่สัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีของแต่ละไวแอลสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H

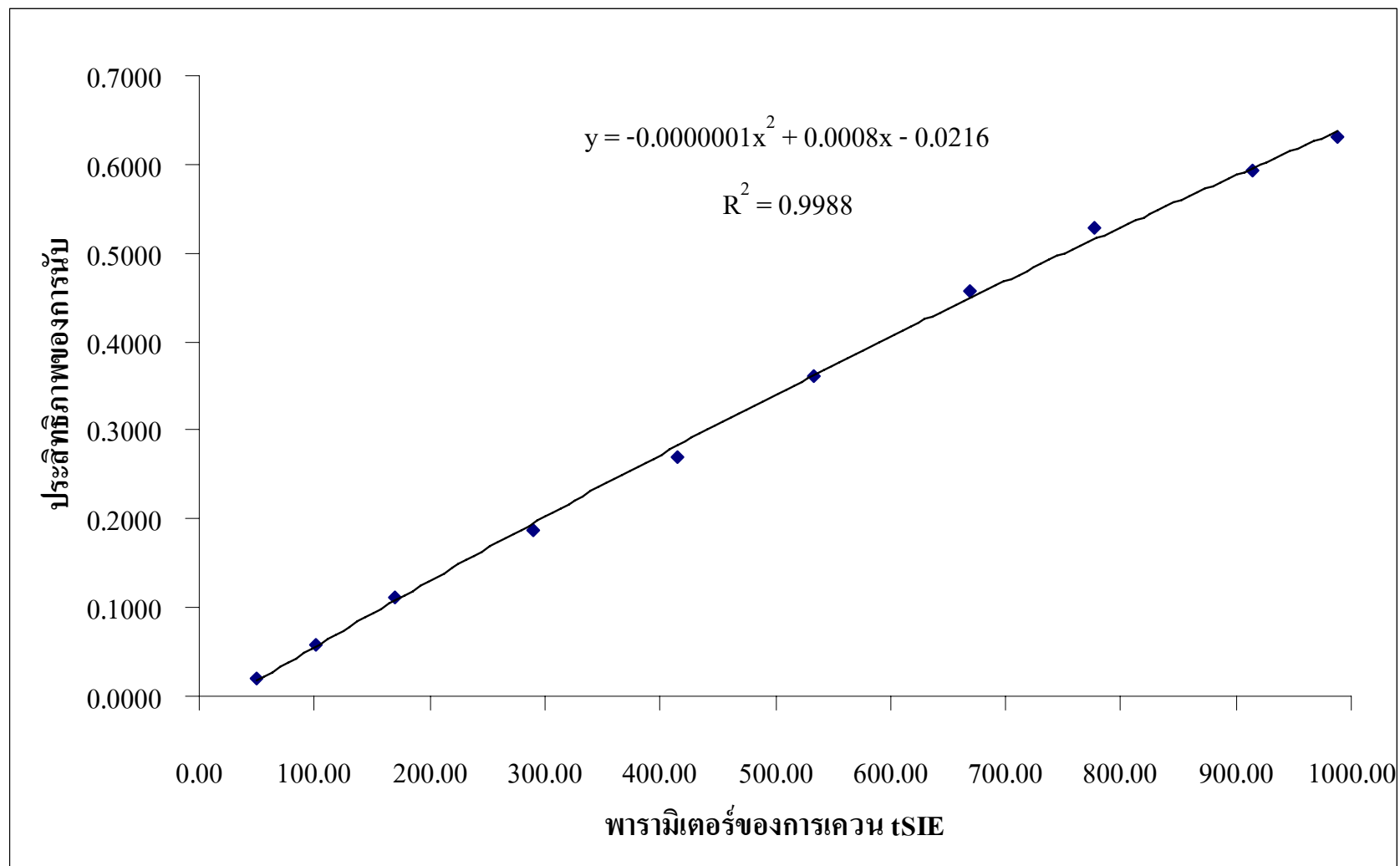
ไวแอลที่	อัตราการนับ	พารามิเตอร์ของการเควน tSIE
	(CPM)	
1	93,263.90	987.73
2	87,575.00	914.32
3	78,146.10	776.79
4	67,623.00	669.04
5	53,555.00	532.84
6	39,910.00	414.52
7	27,569.20	289.34
8	16,462.80	169.15
9	8,657.50	101.06
10	2,911.97	50.179

1.2 ผลการทดลองหา Calibration Curve, Calculated Curve และ Universal Curve สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H

เนื่องจากชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H ที่นำมาใช้ ผลิตขึ้นเมื่อวันที่ 3 มิถุนายน 2539 มีค่ากัมมันตภาพเท่ากับ 266,900 DPM และมีค่าครึ่งชีวิต (half life) สั้นเพียง 12.26 ปี แตกต่างกับสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่มีค่าครึ่งชีวิตยาวเท่ากับ 5730 ± 40 ปี ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลที่มีประสิทธิภาพที่สุด จึงต้องคิดค่ากัมมันตภาพที่เหลืออยู่ของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H ด้วย ซึ่งวันที่นำมาใช้วัดค่าอัตราการนับ (CPM) และค่าพารามิเตอร์ของการเคาน์ tSIE จากเครื่องนับรังสี โดยใช้เครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL แสดงผลดังตารางที่ 4 คือวันที่ 7 กันยายน 2549 ซึ่งเวลาผ่านไป 10 ปี 3 เดือน 4 วัน ทำให้เหลือค่ากัมมันตภาพเพียง 147,644 DPM เมื่อนำค่าอัตราการนับ (CPM) ที่ได้จากเครื่องนับรังสีกับค่ากัมมันตภาพที่เหลืออยู่ของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H ไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของการนับ แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 5 และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของการเคาน์ tSIE (แกน x) กับค่าประสิทธิภาพของการนับ สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H (แกน y) แสดงผลดังภาพที่ 38

ตารางที่ 5 แสดงค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H ที่สัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ของการเคาน์ tSIE จากเครื่องนับรังสีของแต่ละไวแอล

พารามิเตอร์ของการเคาน์ tSIE	ประสิทธิภาพของการนับ
987.73	0.6307
914.32	0.5923
776.79	0.5285
669.04	0.4573
532.84	0.3622
414.52	0.2699
289.34	0.1864
169.15	0.1113
101.06	0.0585
50.179	0.0197



ภาพที่ 38 กราฟสำหรับสอบเทียบ(calibration curve)สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H

จากภาพที่ 38 จะได้ว่ากราฟมีลักษณะความสัมพันธ์เป็นแบบพหุนามกำลัง 2 โดยกำหนดสมการที่ (37) ได้ดังนี้

$$y = 0.0000001x^2 + 0.0008x - 0.0216 \quad (37)$$

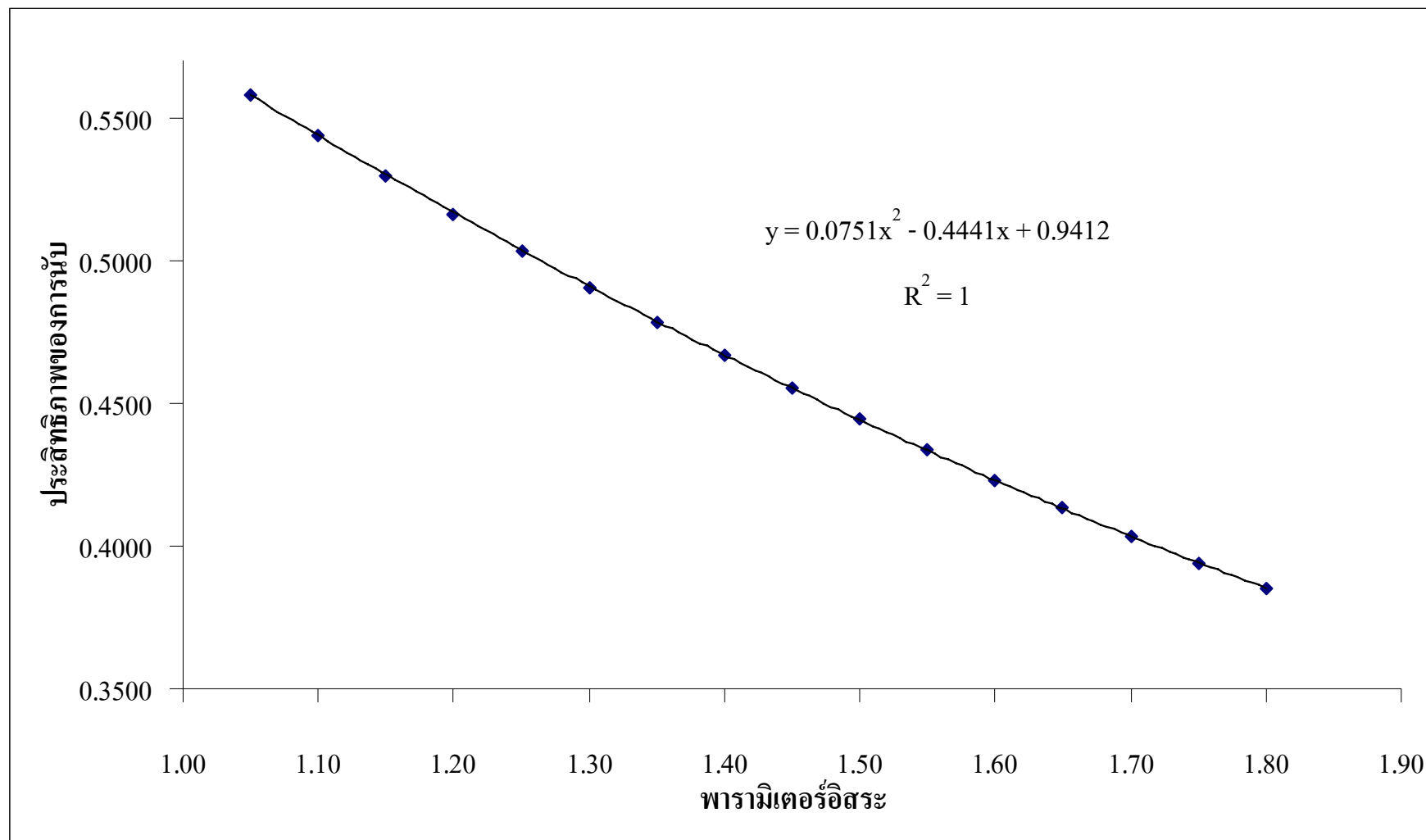
โดยที่ x คือ ค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE

y คือ ประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H

จากการทดลองคำนวณหาประสิทธิภาพของการนับที่เป็นฟังก์ชันของพารามิเตอร์อิสระ สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H โดยใช้ซอฟต์แวร์ CN2003 พบว่าเมื่อพารามิเตอร์อิสระมีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับดังนี้ 1.05, 1.10, 1.15, ..., 1.80 ประสิทธิภาพของการนับจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ แสดงผลดังตารางที่ 6 และแสดงการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์อิสระกับค่าประสิทธิภาพของการนับดังกราฟของภาพที่ 39

ตารางที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์อิสระกับประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H จากซอฟต์แวร์ CN2003

พารามิเตอร์อิสระ	ประสิทธิภาพของการนับ
1.05	0.5581
1.10	0.5437
1.15	0.5298
1.20	0.5163
1.25	0.5033
1.30	0.4907
1.35	0.4785
1.40	0.4667
1.45	0.4553
1.50	0.4442
1.55	0.4335
1.60	0.4232
1.65	0.4132
1.70	0.4035
1.75	0.3941
1.80	0.3850



ภาพที่ 39 กราฟที่ได้จากการคำนวณ(calculated curve)สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H

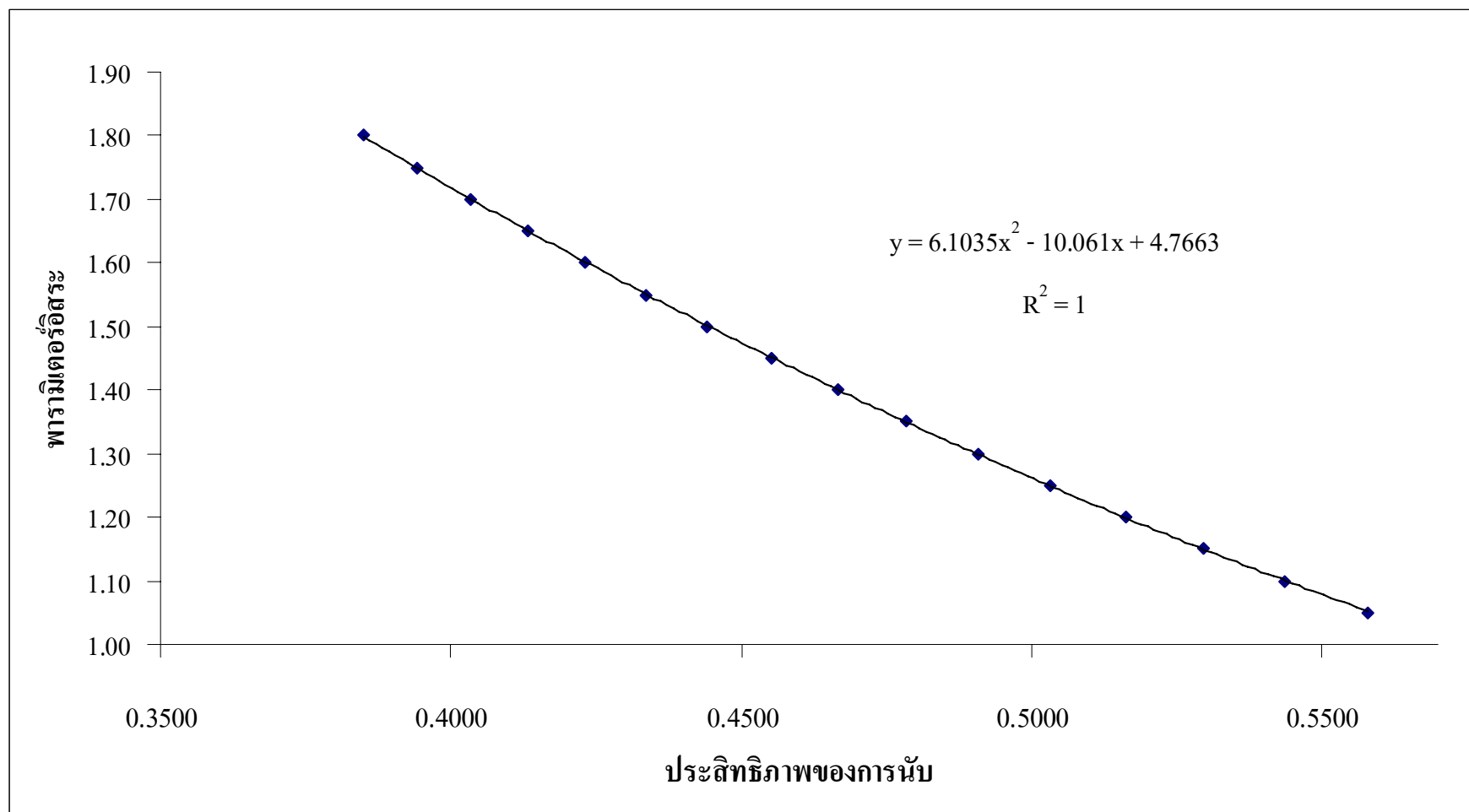
จากภาพที่ 39 จะได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H กับค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003 เป็นแบบพหุนามกำลัง 2 ซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ (38)

$$y = 0.0751x^2 - 0.4441x + 0.9412 \quad (38)$$

โดยที่ x คือ ค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003

y คือ ประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H จากซอฟต์แวร์ CN2003

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีกับค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003 ที่สอดคล้องกัน ทำได้โดยเปรียบเทียบความเท่ากันหรือใกล้เคียงกันของประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H จากการคำนวณของตารางที่ 5 และประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H จากซอฟต์แวร์ CN2003 ของตารางที่ 6 เริ่มต้นจะต้องหาสมการที่สามารถคำนวณค่าพารามิเตอร์อิสระได้เมื่อแทนค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H ลงไป ซึ่งในที่นี้ก็สามารถทำได้โดยการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการนับจากซอฟต์แวร์ CN2003 กับค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003 สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H เหมือนกับภาพที่ 39 เพียงแต่เปลี่ยนแกน หมายความว่าให้ค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003 ซึ่งเดิมอยู่ในแนวแกน x ให้อยู่ในแนวแกน y แทน และให้ประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H จากซอฟต์แวร์ อยู่ในแนวแกน x โดยกำหนดให้แสดงสมการบนแผนภูมิกราฟด้วยดังกราฟของภาพที่ 40



ภาพที่ 40 กราฟที่ได้จากการคำนวณ(calculated curve)สำหรับสารกัมมันตรังสี ^3H โดยสลับแกนของภาพที่ 39 เพื่อหาความสัมพันธ์ใหม่

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H จากซอฟต์แวร์ CN2003 (แกน x) กับค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003 (แกน y) ดังภาพที่ 40 พบว่ากราฟที่ได้มีความสัมพันธ์กันแบบพหุนามกำลัง 2 แสดงดังสมการที่ (39) ดังนี้

$$y = 6.1035x^2 - 10.061x + 4.7663 \quad (39)$$

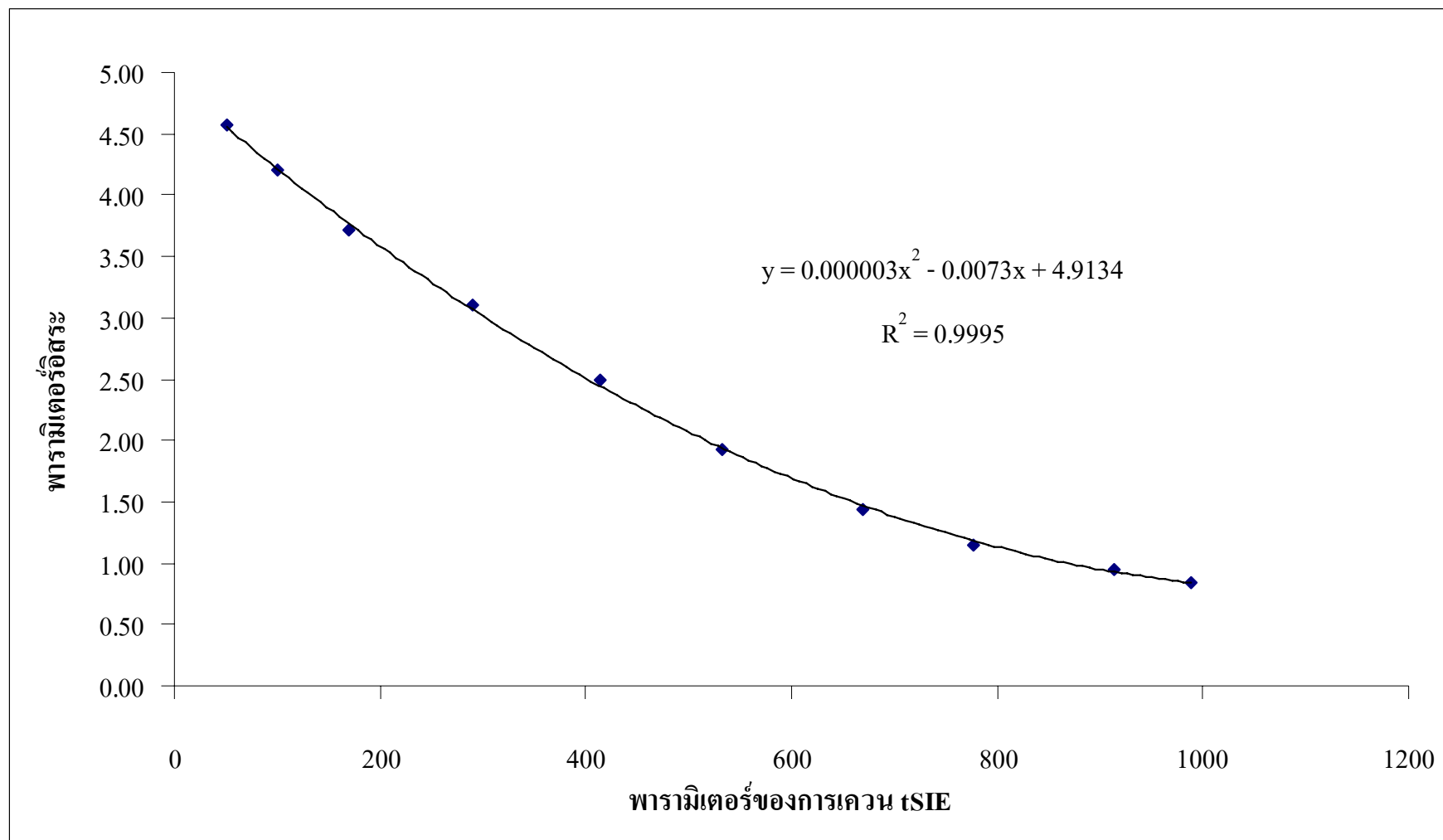
โดยที่ x คือ ค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H จากซอฟต์แวร์ CN2003

y คือ ค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003

แทนค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H จากการคำนวณของแต่ละไวแอลจากตารางที่ (5) ในสมการที่ (39) จะทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์อิสระที่สัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE แสดงผลที่ได้ดังตารางที่ 7 และนำข้อมูลดังกล่าวมาเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการ ซึ่งเรียกกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE กับค่าพารามิเตอร์อิสระว่ากราฟสากล (universal curve) แสดงกราฟดังภาพที่ 41

ตารางที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีกับค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003

พารามิเตอร์ของการเควน tSIE	พารามิเตอร์อิสระ
987.73	0.85
914.32	0.95
776.79	1.15
669.04	1.44
532.84	1.92
414.52	2.50
289.34	3.10
169.15	3.72
101.06	4.20
50.179	4.57



ภาพที่ 41 กราฟสากล (universal curve)

จากภาพที่ 41 ได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของการเควน tSIE (แกน x) และพารามิเตอร์อิสระ (แกน y) กำหนดได้ดังสมการที่ (40)

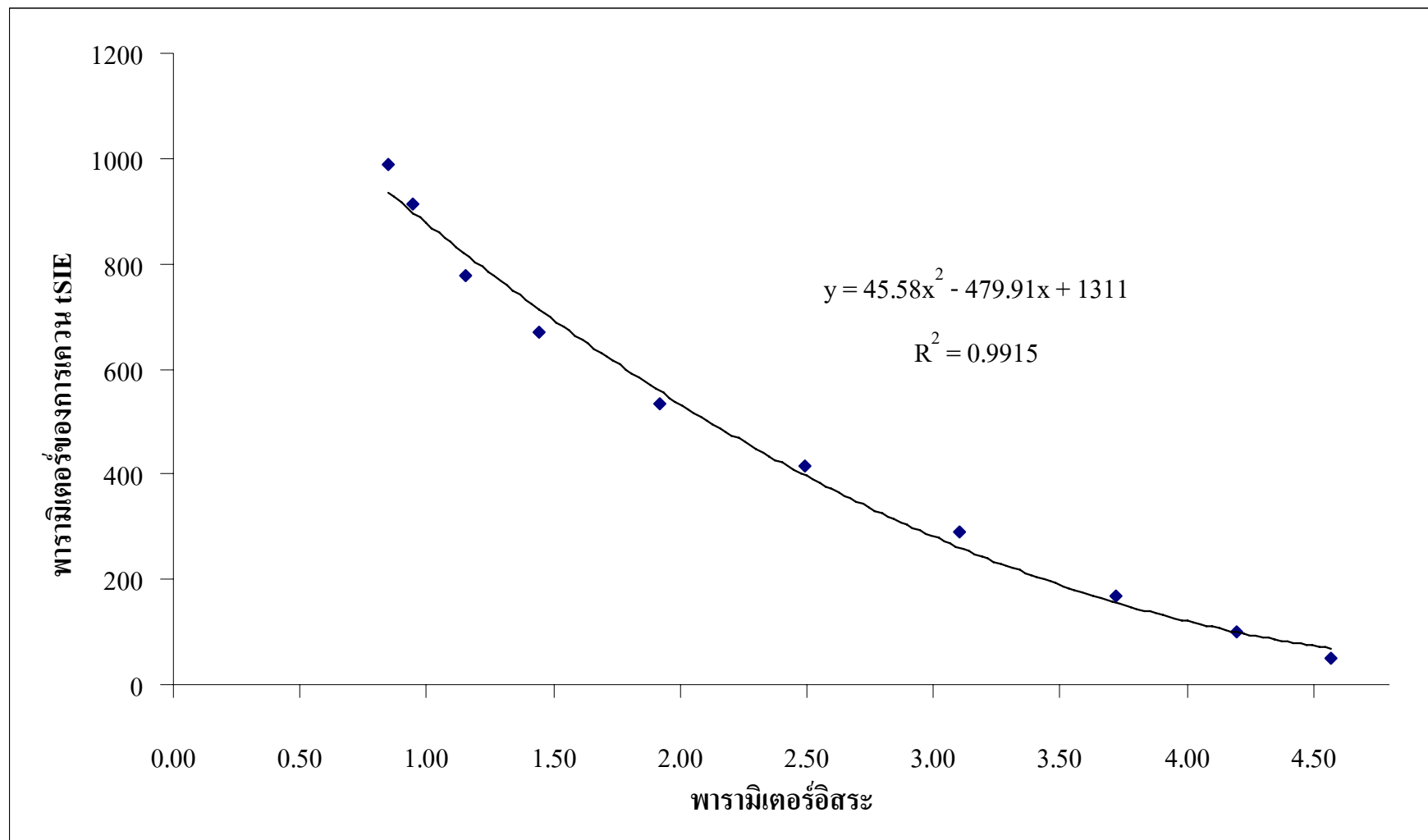
$$y = 0.000003 x^2 - 0.0073x + 4.9134 \quad (40)$$

โดยที่ x คือ ค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE

y คือ ค่าพารามิเตอร์อิสระ

จากกราฟที่ได้จากภาพที่ 38 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H กับพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีแสดงให้เห็นว่าเมื่อพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีมีค่ามากขึ้น ค่าประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกราฟของภาพที่ 41 กราฟสากลเป็นกราฟที่ไม่ขึ้นอยู่กับการนับของสารกัมมันตรังสีที่นำมาใช้ พบว่าถ้าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE มีค่าเพิ่มมากขึ้น ค่าพารามิเตอร์อิสระกลับยิ่งลดลง

จากสมการที่(40) จะได้ว่าถ้าแทนค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีของตารางที่ 3 ลงในสมการ จะได้ค่าพารามิเตอร์อิสระซึ่งไม่ใช่จุดมุ่งหมายที่แท้จริง จุดมุ่งหมายที่แท้จริงคือต้องการคำนวณหาประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสีเพื่อนำไปคำนวณหาค่ากัมมันตภาพของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี โดยใช้ความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE และอัตราการนับ (CPM) ซึ่งเป็นค่าที่สามารถกำหนดให้เครื่องนับรังสีแสดงผลออกมาได้ ดังนั้นต้องหาสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของการเควน tSIE กับค่าประสิทธิภาพของการนับของสารกัมมันตรังสีทำได้โดยสลับแกนกราฟสากลใหม่ หมายความว่าให้ค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE ซึ่งเดิมอยู่ในแนวแกน x ให้อยู่ในแนวแกน y แทน และให้ค่าพารามิเตอร์อิสระอยู่ในแนวแกน x แล้วเขียนกราฟโดยกำหนดให้แสดงสมการบนแผนภูมิของกราฟด้วย แสดงดังกราฟของภาพที่ 42



ภาพที่ 42 สลับแกนของกราฟสากล

จากภาพที่ 42 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์อิสระและค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE แสดงได้ดังสมการ

$$y = 45.58x^2 - 479.91x + 1311 \quad (41)$$

โดยที่ x คือ ค่าพารามิเตอร์อิสระ

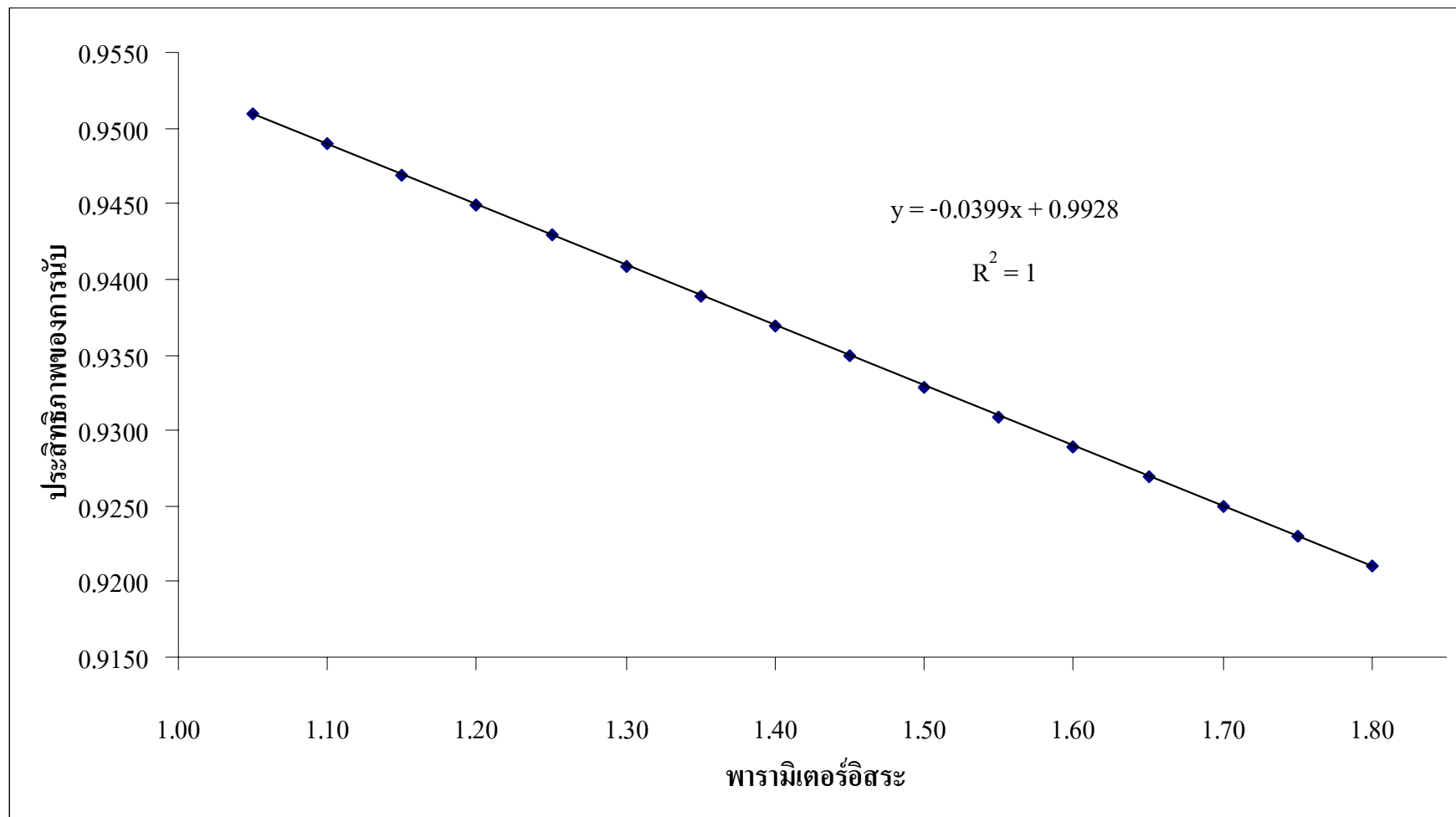
y คือ ค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE

1.3 ผลการทดลองหา Calculated Curve และ Calibration Curve สำหรับสารกัมมันตรังสี ^{14}C

เมื่อใช้ซอฟต์แวร์ CN2003 คำนวณหาประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐาน กัมมันตรังสี ^{14}C ที่สัมพันธ์กับพารามิเตอร์อิสระต่างๆ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 8 และนำความสัมพันธ์ดังกล่าวมาเขียนกราฟ โดยกำหนดให้แกน y เป็นค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C และแกน x เป็นค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003 ผลที่ได้แสดงดังกราฟของภาพที่ 43

ตารางที่ 8 แสดงค่าประสิทธิภาพของการนับที่สัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์อิสระต่างๆ จากซอฟต์แวร์ CN2003 สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C

พารามิเตอร์อิสระ	ประสิทธิภาพของการนับ
1.05	0.9510
1.10	0.9490
1.15	0.9469
1.20	0.9449
1.25	0.9429
1.30	0.9409
1.35	0.9389
1.40	0.9369
1.45	0.9349
1.50	0.9329
1.55	0.9309
1.60	0.9289
1.65	0.9270
1.70	0.9250
1.75	0.9230
1.80	0.9211



ภาพที่ 43 กราฟที่ได้จากการคำนวณ(calculated curve) สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C

จากภาพที่ 43 พบว่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C ลดลงเรื่อยๆ ในขณะที่พารามิเตอร์อิสระเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น กำหนดโดยสมการ

$$y = -0.0399x + 0.9928 \quad (42)$$

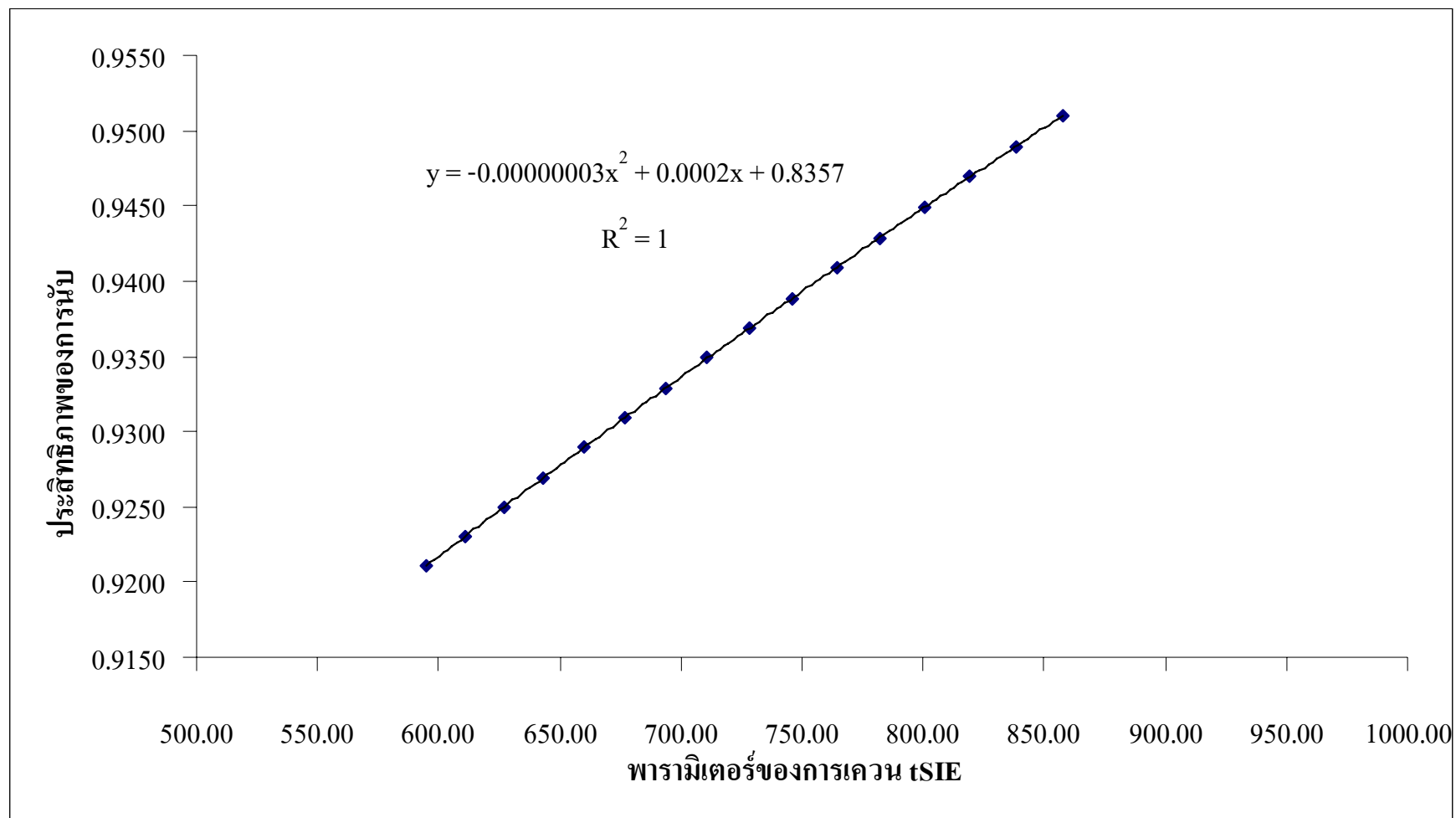
โดยที่ x คือ ค่าพารามิเตอร์อิสระ

y คือ ค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับสารกัมมันตรังสี ^{14}C

เมื่อนำข้อมูลของค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003 แสดงดังตารางที่ 8 แทนค่าในสมการที่ (41) ทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ของการควม $\pm$ SIE จากการคำนวณที่สัมพันธ์กับประสิทธิภาพของการนับของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C แสดงความสัมพันธ์ดังตารางที่ 9 และนำไปเขียนกราฟสำหรับสอบเทียบ(calibration curve) ของสารกัมมันตรังสี ^{14}C แสดงดังกราฟของภาพที่ 44

ตารางที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐาน
กัมมันตรังสี ^{14}C กับค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากการคำนวณ

ประสิทธิภาพของการนับ	พารามิเตอร์ของการเควน tSIE
0.9510	857.35
0.9490	838.25
0.9469	819.38
0.9449	800.74
0.9429	782.33
0.9409	764.15
0.9389	746.19
0.9369	728.46
0.9349	710.96
0.9329	693.69
0.9309	676.65
0.9289	659.83
0.9270	643.24
0.9250	626.88
0.9230	610.75
0.9211	594.84



ภาพที่ 44 กราฟสำหรับสอบเทียบ(calibration curve) สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C

จากภาพที่ 44 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสาร
มาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C กับค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากการคำนวณ กำหนดโดยสมการ

$$y = -0.00000003x^2 - 0.0002x + 0.8357 \quad (43)$$

โดยที่ x คือ ค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากการคำนวณ

y คือ ค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับสารกัมมันตรังสี ^{14}C

2. ผลของขั้นตอนทดสอบเพื่อพิสูจน์ผล

2.1 ผลการเปรียบเทียบและพิสูจน์ผลของค่ากัมมันตภาพที่คำนวณได้จากค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C ของ Packard Instrument Company ด้วยวิธี CIEMAT/NIST และค่าอัตราการนับ(CPM) ที่ได้จากเครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL กับค่ากัมมันตภาพจริงของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C

กำหนดให้ค่ากัมมันตภาพจากวิธี CIEMAT/NIST หมายถึง ค่ากัมมันตภาพที่คำนวณได้จากค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C ของ Packard Instrument Company ด้วยวิธี CIEMAT/NIST และค่าอัตราการนับ(CPM) ที่ได้จากเครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL เมื่อนำค่ากัมมันตภาพจากวิธี CIEMAT/NIST เปรียบเทียบกับค่ากัมมันตภาพจริงของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C และคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน หรือ % ความคลาดเคลื่อน แสดงผลดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่ากัมมันตภาพจากวิธี CIEMAT/NIST กับค่ากัมมันตภาพจริงของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C

ไอแอลที่	อัตราการนับ	ประสิทธิภาพ ของการนับ	กัมมันตภาพจากวิธี CIEMAT/NIST	กัมมันตภาพจริงของชุดสาร มาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C	% ความคลาดเคลื่อน
	(CPM)		(DPM)	(DPM)	
1	134678.00	0.9842	136843.07	136900.00	-0.04158
2	120076.00	0.8781	136747.27	136900.00	-0.11156
3	119589.00	0.8753	136628.77	136900.00	-0.19812
4	116753.00	0.8549	136564.38	136900.00	-0.24516
5	115242.00	0.8445	136459.59	136900.00	-0.32170
6	112896.00	0.8277	136400.27	136900.00	-0.36503

2.1 ผลการเปรียบเทียบและพิสูจน์ผลของค่ากัมมันตภาพที่ได้จากการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้นจากสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และค่าอัตราการนับ(CPM) ที่ได้จากเครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL กับค่า กัมมันตภาพจริงของชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้น

เมื่อนำชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้น ไปวัดในเครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL ออกคำสั่งให้เครื่องนับรังสีแสดงผลที่ได้ออกมาเป็นค่าอัตราการนับ (CPM) และพารามิเตอร์ของการเคาน์ tSIE ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงอัตราการนับซึ่งสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ของการเคาน์ tSIE จากเครื่องนับรังสีในแต่ละไวแอลเมื่อใช้คอกเทล ULTIMA GOLD™ LLT

ไวแอลที่	อัตราการนับ	พารามิเตอร์ของการเคาน์ tSIE
	(CPM)	
1	115320.00	654.15
2	116684.00	620.1
3	114719.00	532.20
4	95983.00	423.36
5	101086.00	373.68
6	94584.00	297.24

กำหนดให้ค่ากัมมันตภาพจากสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หมายถึง ค่ากัมมันตภาพที่ได้จากการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้นจากสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และค่าอัตราการนับ(CPM) ที่ได้จากเครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL กับค่ากัมมันตภาพจริงของชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้น และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนหรือ % ความคลาดเคลื่อน แสดงผลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่ากัมมันตภาพจากสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับค่ากัมมันตภาพจริงของชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้น

ไอแอลที	อัตราการนับ	ประสิทธิภาพ ของการนับ	ค่ากัมมันตภาพจากสมการ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	กัมมันตภาพจริงของชุดสาร กัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้น	% ความคลาดเคลื่อน
	(CPM)		(DPM)	(DPM)	
1	115320.00	0.9537	120919.46	121219.35	-0.24739
2	116684.00	0.8700	134118.78	134420.82	-0.22470
3	114719.00	0.8637	132818.54	132726.83	0.06910
4	95983.00	0.8555	112193.34	112487.90	-0.26186
5	101086.00	0.8516	118702.39	119085.86	-0.32201
6	94584.00	0.8453	111889.90	111942.71	-0.04718

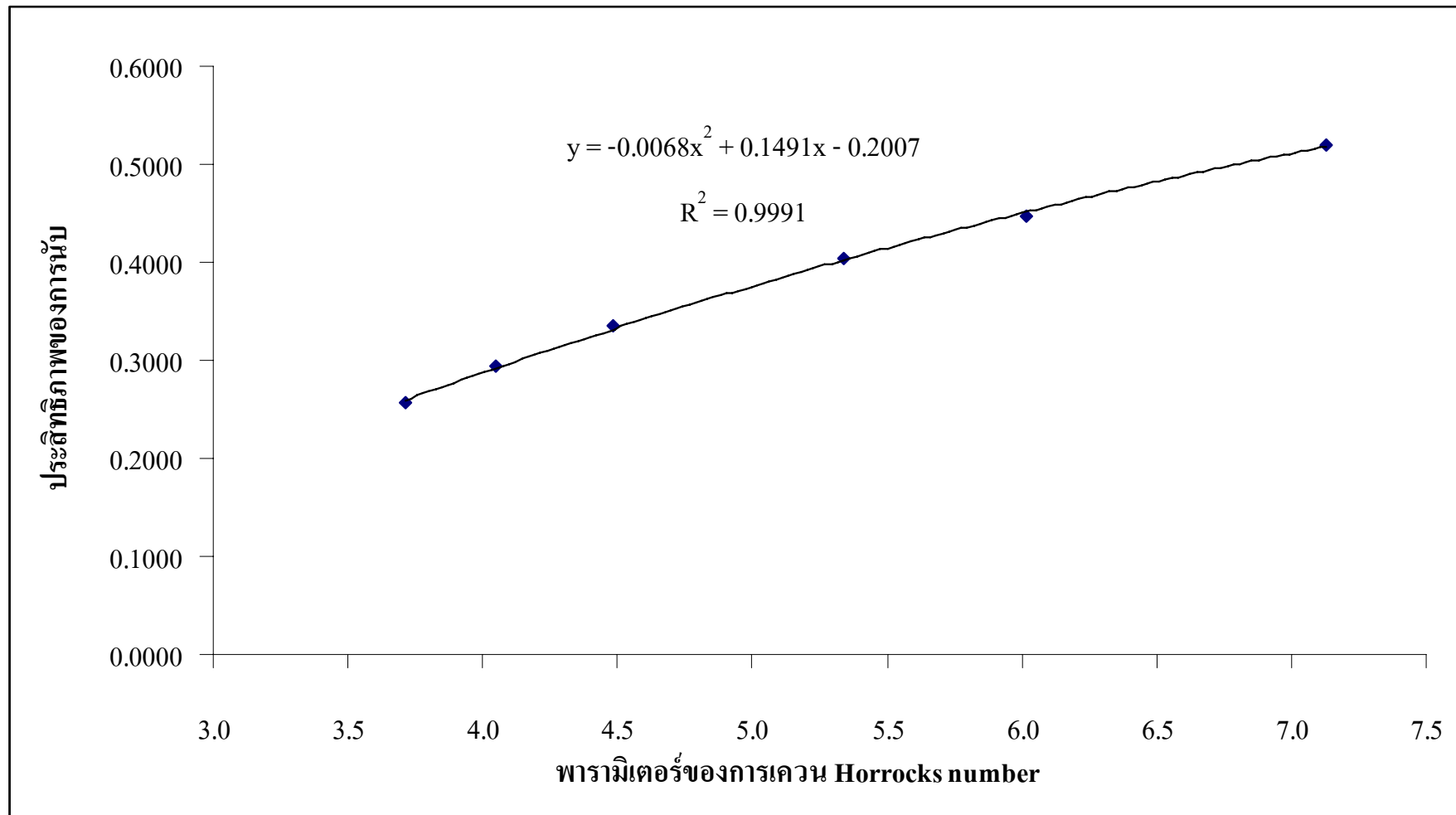
จากตารางที่ 10 และตารางที่ 12 เครื่องหมายลบ (-) ในส่วนของ %ความคลาดเคลื่อน หมายถึงค่ากัมมันตภาพจากสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีค่าน้อยกว่าค่ากัมมันตภาพจริงของชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้น และเครื่องหมายบวก (+) ในส่วนของ %ความคลาดเคลื่อน หมายถึงค่ากัมมันตภาพจากสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีค่ามากกว่าค่ากัมมันตภาพจริงของชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้น

วิจารณ์

พิจารณาสารกัมมันตรังสีที่ใช้ในการทดลองเพื่อสอบเทียบประสิทธิภาพของระบบวัดรังสีบีตา สาเหตุที่เลือกชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C และ ^3H เพราะเนื่องจากว่าเป็นส่วนหนึ่งของสารมาตรฐานกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในกลุ่มงานมาตรฐานการวัดรังสีและกัมมันตรังสี สำนักสนับสนุนการกำกับดูแลความปลอดภัยจากพลังงานปรมาณู สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ซึ่งเป็นห้องที่ใช้ในการทดลองงานวิจัยนี้

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างงานวิจัยของ Agustin Grau Malonda (2001) จาก http://www.nucleide.org/ICRM_LSC_WG/icrmciematnist.htm กับผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ โดยมีขั้นตอนการคำนวณค่ากัมมันตภาพของสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่คล้ายคลึงกันแต่แตกต่างกันตรงที่ ชนิดของค่าพารามิเตอร์ของการเควินเชิงเคมีที่เลือกใช้ โดยทั่วไปวิธี CIEMAT/NIST สามารถเลือกใช้พารามิเตอร์ของการเควิน Horrocks $H^\#$ หรือ Horrocks number, SQP(E) หรือ tSIE ก็ได้ แต่จากการทดลองสำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ของการเควิน tSIE ในขณะที่งานวิจัยของ Agustin Grau Malonda เลือกใช้พารามิเตอร์ของการเควิน Horrocks number ซึ่งพารามิเตอร์ของการเควิน Horrocks number เป็นสิ่งที่ใช้บ่งบอกถึงระดับของการเกิดการเควินเชิงเคมีในкокเทล โดยพิจารณาระยะห่างที่คอมป์ตันเอจ (Compton edge) ซึ่งเป็นสเปกตรัมที่มีตำแหน่งของพลังงานสูงสุดเลื่อนไปเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่เกิดการเควินเชิงเคมีขึ้น แต่ทั้งนี้ก็สามารถนำมาเปรียบเทียบผลการทดลองของทั้งสองงานวิจัยได้ โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ต่างๆที่ได้จากการทดลองและวิจารณ์ค่าที่ได้ระหว่างงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของ Agustin Grau Malonda ตามลำดับขั้นของการดำเนินการ

จากงานวิจัยของ Agustin Grau Malonda นำชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H จำนวน 6 ไวแอล เข้าเครื่องนับรังสี LSC แล้วสั่งให้ประมวลผลออกมาเป็นความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการนับ(CPM) กับค่าพารามิเตอร์ของการเควิน Horrocks number จากนั้นนำค่าอัตราการนับไปคำนวณหาประสิทธิภาพเนื่องจากทราบค่ากัมมันตภาพ(DPM) ของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H และค่าอัตราการนับจากเครื่องนับรังสีแล้ว ทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H กับค่าพารามิเตอร์ของการเควิน Horrocks number พบว่าทั้งงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของ Agustin Grau Malonda แสดงดังภาพที่ 45 ให้ผลในทำนองเดียวกันนั่นคือถ้าพารามิเตอร์ของการเควิน Horrocks number มีค่ามาก ประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H ที่ได้ก็มีค่ามากขึ้น และถ้าพารามิเตอร์ของการเควิน Horrocks number มีค่าน้อยลง ประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H ที่ได้ก็จะมีค่าน้อยลงด้วย



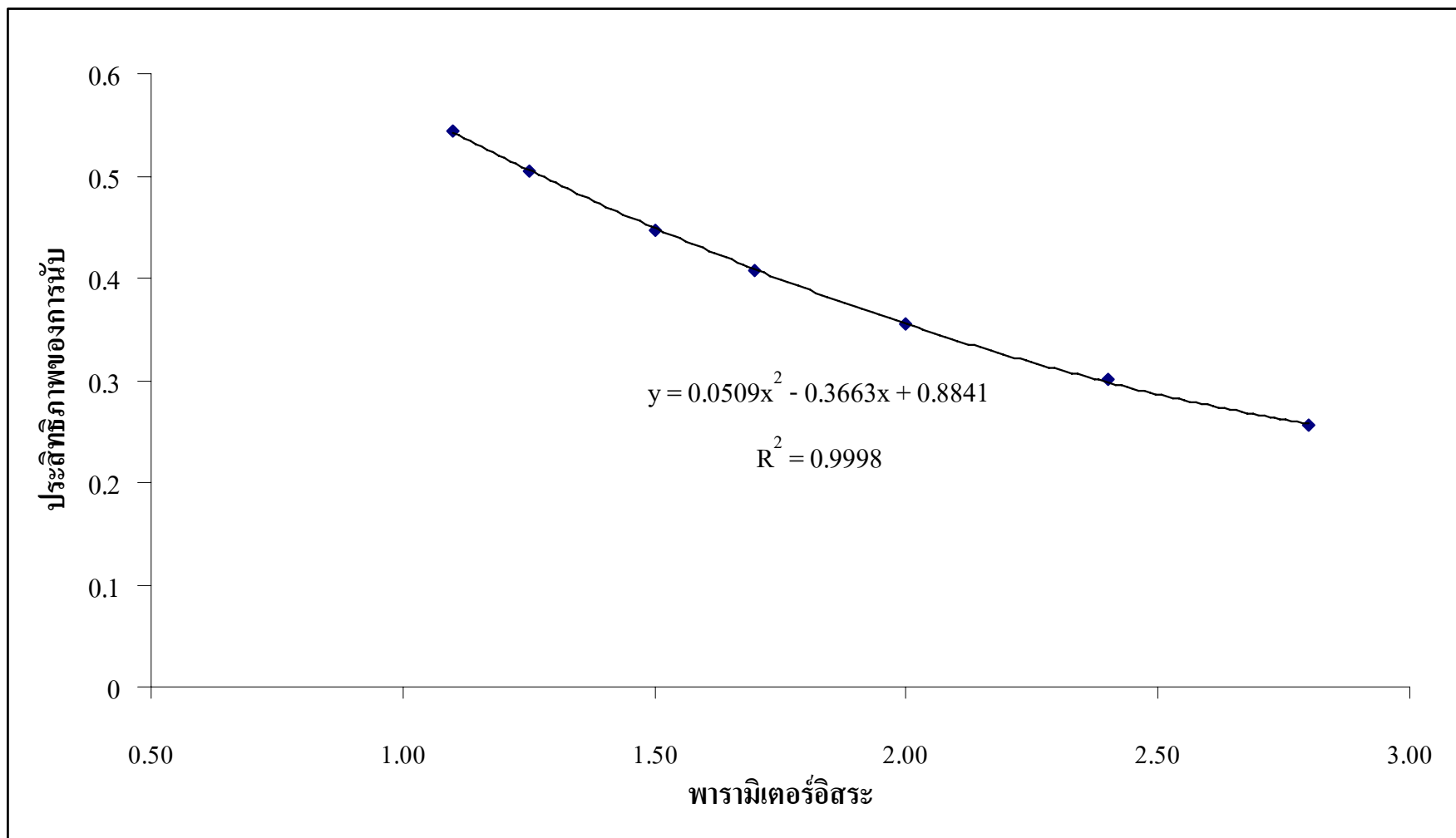
ภาพที่ 45 กราฟสำหรับสอบเทียบ(calibration curve) สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H ที่ได้จากการจำลองข้อมูลของ Agustin Grau Malonda

จากกราฟภาพที่ 45 กราฟที่ได้มีความสัมพันธ์ในรูปแบบของโพลิโนเมียลกำลังสองเช่นเดียวกับผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ ขั้นตอนต่อไปคือหากราฟที่ได้จากการคำนวณ (calculated curve) สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H โดยใช้ซอฟต์แวร์ CN2003 สำหรับคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของการนับ สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H ที่สัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์อิสระ พบว่าถ้าค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003 มีค่าน้อย ประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H จากซอฟต์แวร์ CN2003 จะมีค่ามาก และถ้าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003 มีค่ามากขึ้นค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H จากซอฟต์แวร์ CN2003 ก็จะมีค่าลดน้อยลงด้วย เมื่อเปรียบเทียบกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของ Agustin Grau Malonda แสดงกราฟดังภาพที่ 46 พบว่าให้ความสัมพันธ์ในลักษณะดังกล่าวเช่นเดียวกันและกราฟที่ได้ของทั้งสองงานวิจัยก็เป็นแบบโพลิโนเมียลกำลังสองเหมือนกัน

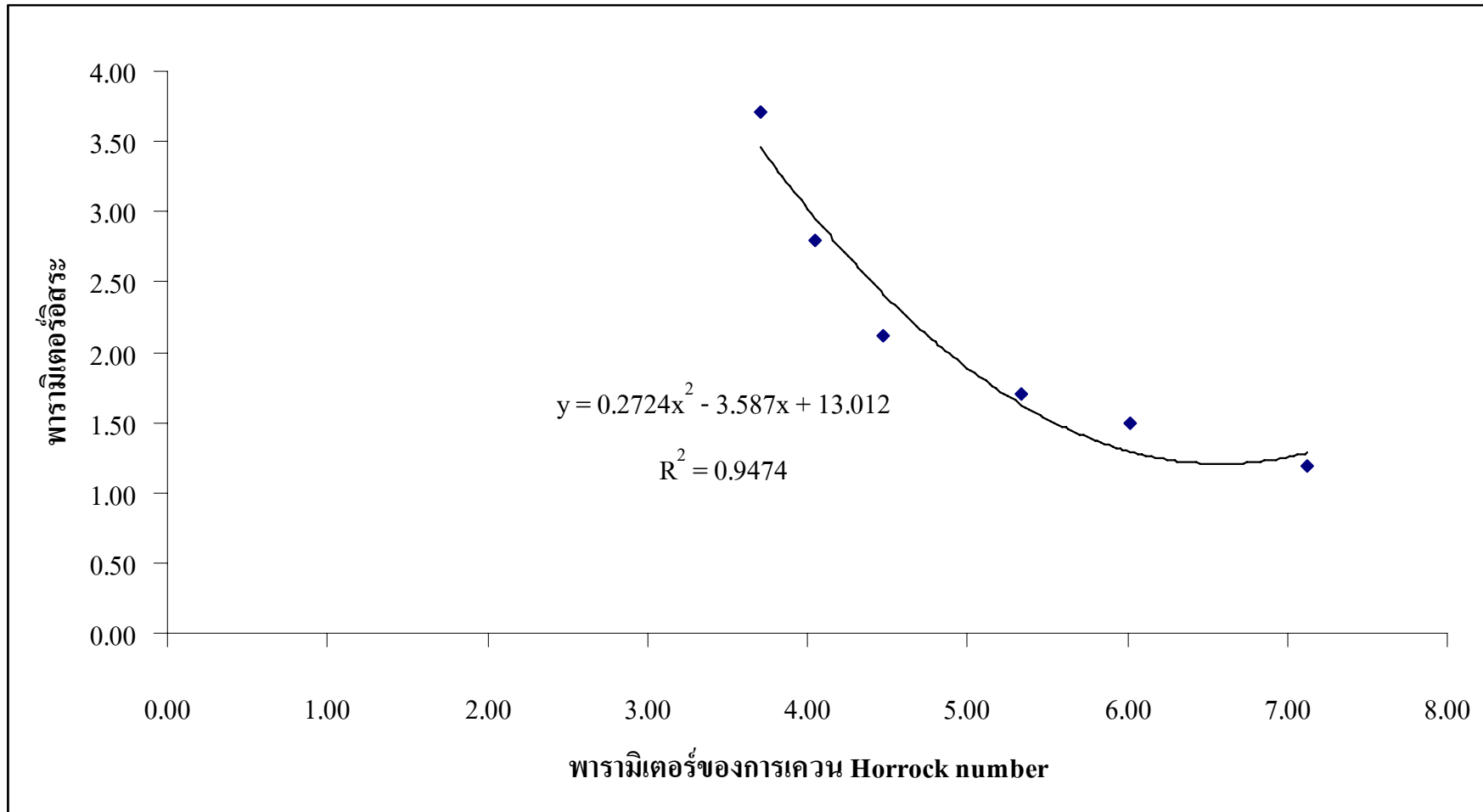
จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างกราฟสำหรับสอบเทียบ (calibration curve) กับกราฟที่ได้จากการคำนวณ(calculated curve) สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H โดยพิจารณาที่ประสิทธิภาพเท่ากัน จะได้กราฟสากล (universal curve) ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของการเควนจากเครื่องนับรังสีกับค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของ Agustin Grau Malonda แสดงกราฟดังภาพที่ 47 พบว่าสมการของกราฟสากลที่ได้เป็นแบบโพลิโนเมียลกำลังสองเช่นเดียวกัน

จากการใช้ซอฟต์แวร์ CN2003 เพื่อคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่สัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์อิสระ จะได้กราฟที่ได้จากการคำนวณ (calculated curve) สำหรับชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C เมื่อเปรียบเทียบกราฟแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของ Agustin Grau Malonda ซึ่งแสดงดังภาพที่ 48 พบว่าความสัมพันธ์นั้นมีลักษณะเป็นแบบเชิงเส้นเหมือนกัน

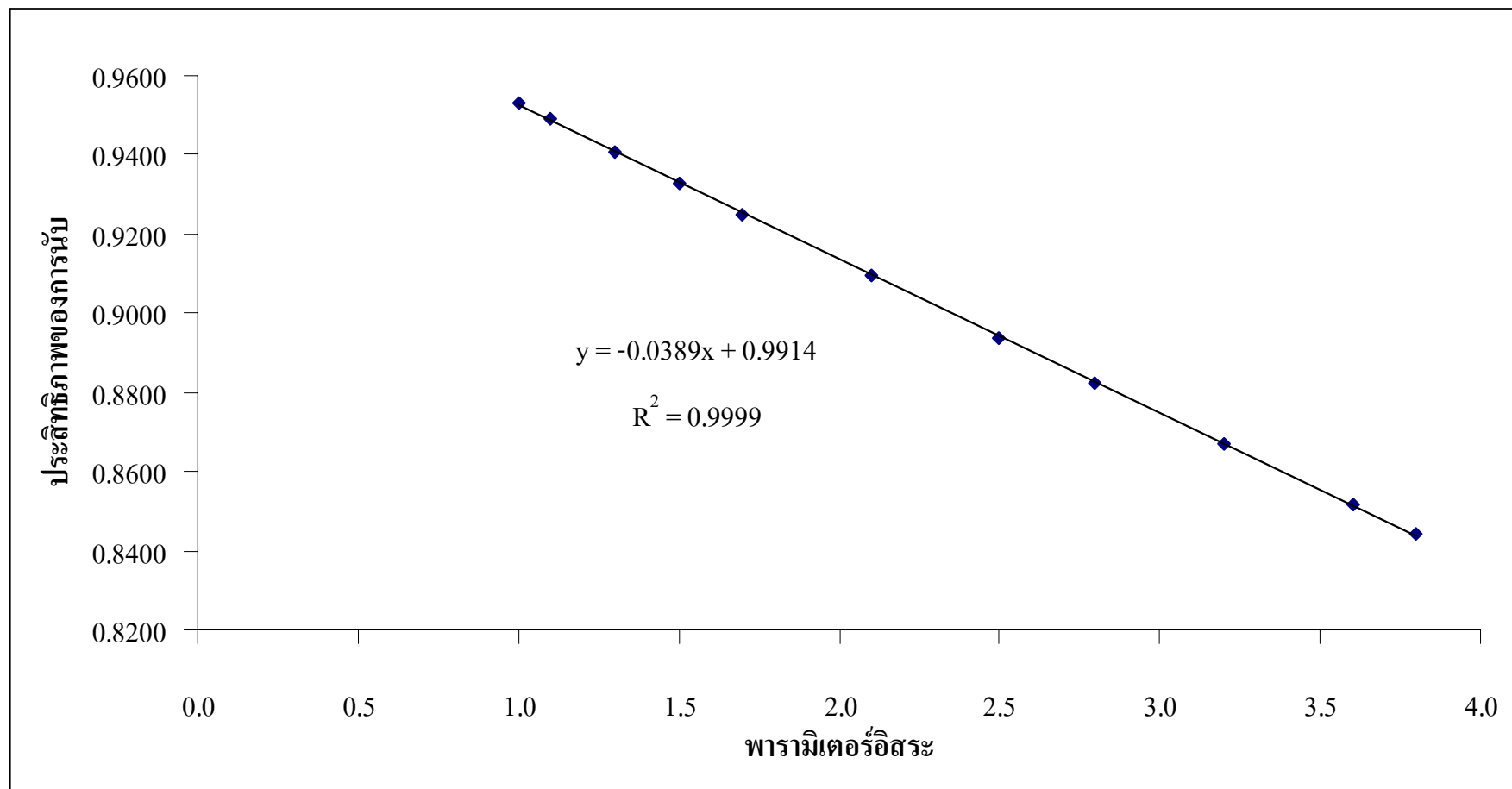
ขั้นตอนสุดท้ายของการคำนวณหาประสิทธิภาพของการนับสำหรับสารกัมมันตรังสีด้วยวิธี CIEMAT/NIST คือ การหากราฟสำหรับสอบเทียบ (calibration curve) เพื่อหาประสิทธิภาพของการนับสำหรับสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่ไม่ทราบค่ากัมมันตภาพ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของ Agustin Grau Malonda แสดงดังกราฟของภาพที่ 49 พบว่ามีความสัมพันธ์แบบโพลิโนเมียลกำลังสองเช่นเดียวกัน



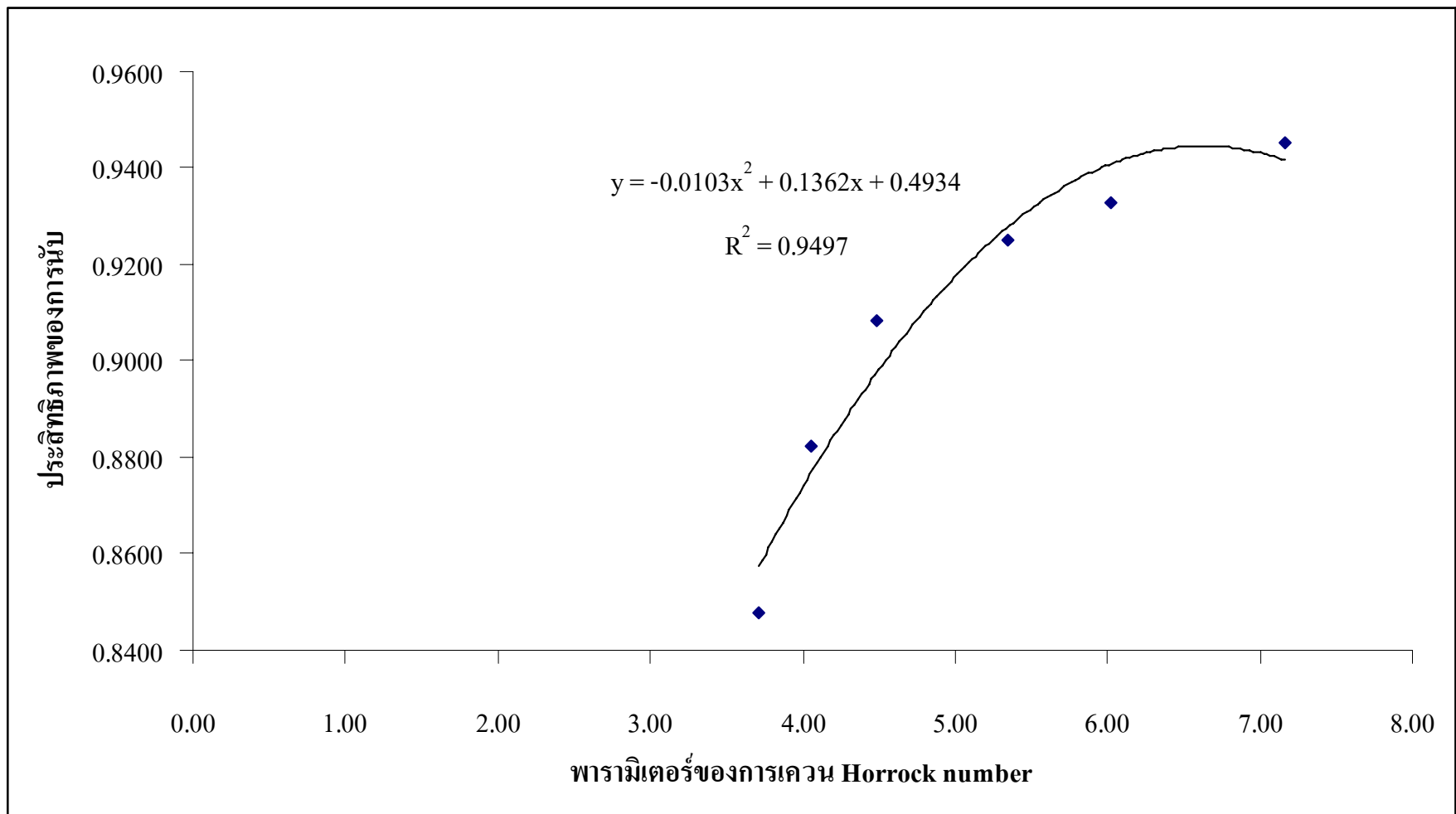
ภาพที่ 46 กราฟที่ได้จากการคำนวณ(calculated curve)สำหรับสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H ที่ได้จากการจำลองข้อมูลของAgustin Grau Malonda



ภาพที่ 47 กราฟสากล (universal curve) ที่ได้จากการจำลองข้อมูลของ Agustin Grau Malonda



ภาพที่ 48 กราฟที่ได้จากการคำนวณ(calculated curve) สำหรับสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่ได้จากการจำลองข้อมูลของ Agustin Grau Malonda



ภาพที่ 49 กราฟสำหรับสอบเทียบ(calibration curve) สำหรับสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่ได้จากการจำลองข้อมูลของ Agustin Grau Malonda

เมื่อเปรียบเทียบค่ากัมมันตภาพจากวิธี CIEMAT/NIST หรือค่ากัมมันตภาพที่คำนวณได้จากค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C ของ Packard Instrument Company ด้วยวิธี CIEMAT/NIST และค่าอัตราการนับ(CPM) ที่ได้จากเครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL กับค่ากัมมันตภาพจริงของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก ในแต่ละไวแอลมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 0.04% ถึง 0.37% ซึ่งถือว่าน้อยมาก โดยที่ชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C ทุกไวแอลมีค่ากัมมันตภาพจากวิธี CIEMAT/NIST น้อยกว่าค่ากัมมันตภาพจริง จึงได้ว่าวิธี CIEMAT/NIST เป็นวิธีที่สามารถทำนายค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C ได้อย่างแม่นยำ และเมื่อนำค่าประสิทธิภาพของการนับที่ได้ไปคำนวณหาค่ากัมมันตภาพก็มีค่าใกล้เคียงกับค่ากัมมันตภาพจริงมาก

เตรียมชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ขึ้นมาอีกชุดหนึ่งจำนวน 6 ไวแอลเพื่อตรวจสอบสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากวิธี CIEMAT/NIST และเมื่อเปรียบเทียบค่ากัมมันตภาพจากสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือค่ากัมมันตภาพที่ได้จากการคำนวณหาประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้นจากสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และค่าอัตราการนับ(CPM) ที่ได้จากเครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL กับค่ากัมมันตภาพจริงของชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้น พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก ในแต่ละไวแอลมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 0.05% ถึง 0.33% ซึ่งถือว่าน้อยมาก โดยที่ชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้นทุกไวแอล มีค่ากัมมันตภาพจากวิธี CIEMAT/NIST น้อยกว่าค่ากัมมันตภาพจริง ยกเว้นไวแอลที่ 3 ที่มีค่ากัมมันตภาพจากวิธี CIEMAT/NIST มากกว่าค่า กัมมันตภาพจริง แต่ทั้งนี้ก็ถือว่ามีความคลาดเคลื่อนไม่มากนัก จากการเปรียบเทียบจึงได้ว่าการคำนวณหาประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้นจากสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากวิธี CIEMAT/NIST มีความแม่นยำสูง สามารถนำมาใช้ได้กับการคำนวณหาประสิทธิภาพของการนับเพื่อคำนวณหาค่ากัมมันตภาพของสารกัมมันตรังสี ^{14}C อื่นๆ ที่ไม่ทราบค่ากัมมันตภาพได้