

การศึกษาความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเก็บรักษาเลือด
กับค่าผลบวกปลอมของสังกะสีในพลาสมา
THE STUDY ON RELATIONSHIP OF DURATION OF BLOOD
STORAGE AND FALSE-POSITIVE OF ZINC LEVEL IN PLASMA

ธารทิพย์ ธวัชเวชช¹, ธีรวุฒิ แสงบุญ², อัครกิตติ ไชยธนกุลวัฒน์²

ณัฐที ถึงสุข^{2*} และ ทวีศักดิ์ ดันอร่าม³

Thanthip Tawatwachoom¹, Teerawut Sarangboon², Arckarakit Chaithanakulwat²

Nuttee Thungsuk^{2*} and Thaweesak Tanaram³

¹เนชั่นแนล เฮลท์แคร์ ซิสเต็มส์ จำกัด เขต ห้วยขวาง กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10310

²หลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ ประเทศไทย 10540

³คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹National Healthcare Systems Company Limited, Huay Kwang, Bangkok, Thailand, 10310

²Department of Electrical Engineering, Dhonburi Rajabhat University, Bang Phli, Samut-Prakan, Thailand, 10540

³Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Mueang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author E-mail: Nuttee.t@dru.ac.th

วันที่เข้ารับ 14 สิงหาคม 2563

วันที่แก้ไขบทความ 23 ตุลาคม 2563

วันที่ตอบรับบทความ 26 ตุลาคม 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษาเลือด เพื่อการตรวจวิเคราะห์โดยไม่ให้ผลที่ได้เกิดค่าบวกปลอม (False-positive) เทคนิคที่ใช้ตรวจวัดธาตุสังกะสีในพลาสมาคือ Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ธาตุโลหะหนักในระดับปริมาณต่ำๆ ได้จากผลการวิจัยพบว่าที่ระยะการเก็บตัวอย่างพลาสมาที่เหมาะสมคือ 1-3 วันให้ผลการตรวจวิเคราะห์อยู่ในช่วงอ้างอิงดัชนีชี้วัดทางชีวภาพหรือ Biomarkers สำหรับการประเมินความเสี่ยงของการสัมผัสสังกะสีที่ 551-925 ug/L และยังไม่เกิดการแตกตัวของเม็ดเลือดส่วนระยะการเก็บรักษาตัวอย่างที่ 5-7 วัน พบว่ามีการแตกตัวของเม็ดเลือดแดงในระดับ Partial hemolysis มีค่าการตรวจวัดที่สูงขึ้นแต่ยังอยู่ในช่วงอ้างอิง ซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าแนวโน้มของการตรวจวัดสังกะสีในเลือดสูงขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างเลือด อีกทั้งยังส่งผลทำให้เม็ดเลือดแดงเกิดการแตกตัวมากขึ้น ส่งผลผลการตรวจวิเคราะห์สังกะสีในพลาสมามีค่าผลบวกปลอมได้

คำสำคัญ: ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ, ผลบวกปลอม, สังกะสีในพลาสมา Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)

Abstract

The aim of this research was to study the optimum duration of blood storage while waiting for analysis without resulting in false-positive value. The technique used to measure zinc in plasma was Atomic Absorption Spectroscopy (AAS), which is used to analyze heavy metal with small quantities. The results of the research were found that the optimum duration to store plasma was 1-3 days when the result of the analysis was in the reference range as a biomarker for the assessment of zinc exposure risk at 551-925 ug/L and there was no hemolysis occurrence. For the 5 to 7 days of storage duration, it was found that there was partial hemolysis and the analysis result was higher even it was still in the reference range of Biomarker. This can be verified that the tendency of zinc level in blood is higher when the storage duration is increased, and it also causes more hemolysis occurrence. It also influences the result of zinc analysis in plasma to be false-positive.

Keywords: Biomarkers, False positive, Zinc in plasma, Atomic absorption spectroscopy (AAS)

1. บทนำ

สังกะสี (Zinc) เป็นแร่ธาตุที่สำคัญต่อการทำงานของเซลล์ถูกค้นพบในปี พ.ศ.2412 ในมนุษย์สำคัญต่อเซลล์ในการทำงานต่างๆ พบครั้งแรกในผู้ที่เป็โลหิตจาง (Anemia) นับตั้งแต่นั้นมนุษย์เริ่มให้ความสนใจปัญหาสุขภาพด้านชีวเคมีและโภชนาการกันมากขึ้น (King *et al.*, 2006) สังกะสีมีส่วนสำคัญในกระบวนการเผาผลาญพลังงานในร่างกายโดยเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์และมีบทบาทในการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน (Prasad A.S., 1995) การสังเคราะห์โปรตีน การรักษาบาดแผล การสังเคราะห์ดีเอ็นเอและการแบ่งเซลล์ นอกจากนั้นสังกะสียังสนับสนุนการเจริญเติบโตและพัฒนาการในระหว่างการตั้งครรภ์ วัยเด็กและวัยรุ่นซึ่งการบริโภคสังกะสีทุกวันจำเป็นต้องมีการรักษาระดับให้คงที่เพราะร่างกายไม่มีระบบกักเก็บสังกะสีโดยเฉพาะและยังเป็นแร่ธาตุที่ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร ที่เป็นแหล่งที่พบธาตุสังกะสีมาก

คนหลายกลุ่มมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะขาดธาตุสังกะสีในอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งธัญพืชโฮลเกรน แม้ว่าสังกะสีจะมีมากอยู่ในอาหารจำพวกธัญพืชเช่นถั่ว และถั่วเปลือกแข็ง จมูกข้าวสาลี เมล็ดฟักทอง แต่ร่างกายไม่สามารถดูดซึมนำไปใช้งานได้มีประสิทธิภาพได้มากเท่ากับสังกะสีในเนื้อสัตว์เช่นเนื้อวัว เนื้อหมู ตับ สัตว์ปีก และอาหารทะเลโดยเฉพาะหอยนางรม ไข่และนมสด ผู้ติดสุรามีโอกาสขาดธาตุสังกะสีเนื่องจากการรับประทานอาหารไม่เพียงพอและการสูญเสียสังกะสีจำนวน

มากในปัสสาวะ เมื่อร่างกายมีสังกะสีที่ไม่เพียงพอได้ส่งผลถึงการเจริญเติบโตของร่างกายเข้าผลหาย
วิชาการสูญเสียความรู้สึกรสชาติและผิวหนังอักเสบ (Paul A.A., 2013)

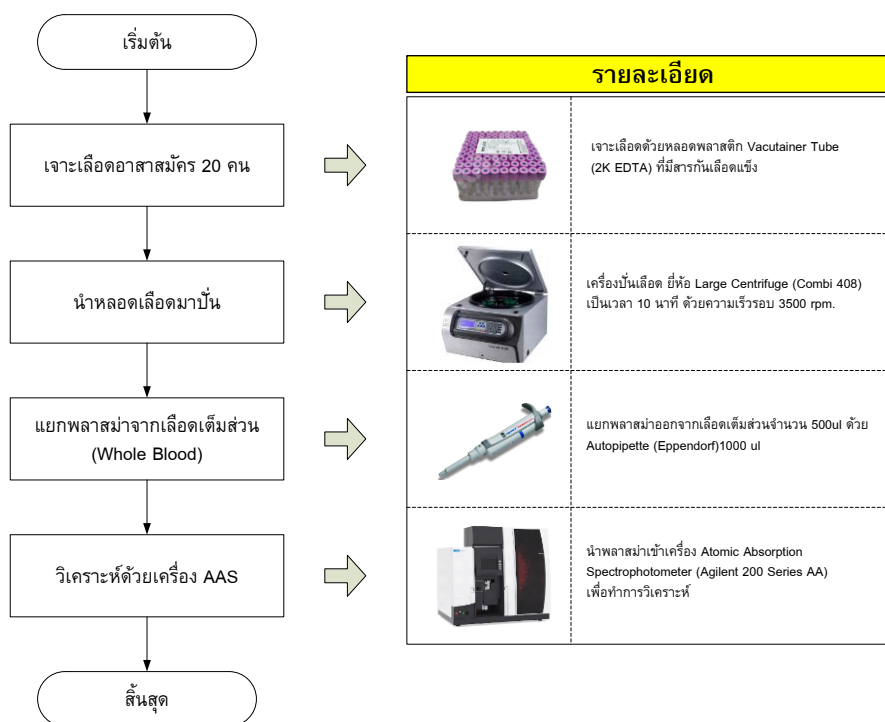
เทคนิคการตรวจวิเคราะห์ระดับของสังกะสีในเลือดส่วนพลาสมาได้ใช้เทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) (Yale New Haven Medical Center, 1964) เป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ธาตุโลหะหนัก อาศัยหลักการดูดกลืนแสง ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นเฉพาะของธาตุนั้นในสถานะแก๊ส ซึ่งธาตุแต่ละชนิดมีระดับพลังงานที่ต่างกันจึงมีการดูดกลืนพลังงานที่อิเล็กตรอนวงนอกสุด (Valence electron) แตกต่างกัน โดยสิ่งที่รบกวนต่อการวิเคราะห์สังกะสีในเลือดส่วนพลาสมา (Zinc in plasma) คือความเข้มข้นของสีพลาสมาที่เกิดจากการแตกของเม็ดเลือดแดง (Hemolysis) ของสิ่งที่ส่งตรวจ เมื่อมีการแตกของเม็ดเลือดแดงจะทำให้สารฮีโมโกลบินหลั่งออกมาไปรบกวนปฏิกิริยาหรือรบกวนการตรวจวัด (มาลา ตริวัชรกร, 2557) โดยการเกิดการแตกของเม็ดเลือดแดงอาจเกิดจากในร่างกายผู้ป่วยเอง เทคนิคการเจาะเลือดไม่ถูกวิธี การขนย้ายหลอดเลือดที่ไม่ระมัดระวังหรือการที่ไม่ได้ปล่อยให้ลิ่มเลือดมีการแข็งตัวเต็มที่ก่อนนำไปปั่นแยกส่วนของเลือด

อย่างไรก็ตามเมื่อมีการแตกของเม็ดเลือดแดงสารสีแดงของฮีโมโกลบินที่ออกมาจากเม็ดเลือดแดงยังรบกวนปฏิกิริยาการวัดโดยทำให้วัดค่าได้สูงขึ้นหรือลดลง สามารถทำให้แพทย์วินิจฉัยโรคและทำให้การรักษาผู้ป่วยผิดพลาดได้ (Kenneth D., 2002; J Nutr J., 2017 & David W. K., 2017) โดยระดับความเข้มข้นของสีจากการแตกของเม็ดเลือดแดงซึ่งเรียงตามความเข้มข้นสีจากน้อยไปมากดังนี้ Normal, Partial Hemolysis, Hemolysis 1+, Hemolysis 2+ และ Hemolysis 3+ ดังนั้นการศึกษาปัจจัยที่ทำให้การตรวจวัดธาตุสังกะสีในเลือดสูงปลอมเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการตรวจวัดธาตุสังกะสีในเลือดเป็นสิ่งจำเป็น

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

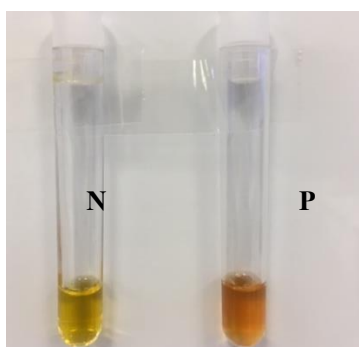
การวิจัยนี้ผู้วิจัยมุ่งที่จะศึกษาการหาปัจจัยที่ทำให้การตรวจวัดธาตุสังกะสีในเลือดสูงปลอมเพื่อป้องกันการวินิจฉัยโรคผิดพลาดและทำให้การรักษาผู้ป่วยผิดพลาดได้ โดยใช้ประชากรกลุ่มเป้าหมายคืออาสาสมัคร 20 คน เจาะเลือดใส่ในหลอดพลาสติก Vacutainer tube โดยไม่ต้องงดอาหารและน้ำก่อนเจาะเลือด ซึ่งได้มีการบันทึกข้อมูลสุขภาพทั่วไปของอาสาสมัครเช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา ความดันโลหิต อาหารที่รับประทานก่อนเจาะเลือด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียสเพื่อไม่ให้ถึงจุดเยือกแข็ง และเมื่ออุณหภูมิต่ำทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ช้าลงและไม่สามารถแบ่งตัวเพิ่มจำนวน (มาลา ตริวัชรกร, 2557) โดยทำการทดสอบวันที่ 1 3 5 และวันที่ 7 ตามการควบคุมคุณภาพการตรวจวิเคราะห์ได้ใช้สารควบคุมคุณภาพ 3 ระดับ (ค่าต่ำ ค่าปกติ และค่าสูง) โดยค่าการตรวจวัดจากเทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy (David W. K., 2017). สารควบคุมคุณภาพของธาตุสังกะสีในพลาสมานั้นอยู่ในระดับช่วงค่าที่ยอมรับได้ตามที่ระบุในเอกสารกำกับชุดน้ำยาควบคุม

คุณภาพ (Leaflet) และสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในพลาสมา มีขั้นตอนและเครื่องมือที่ใช้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนและรายละเอียดของการวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในพลาสมา

โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer สามารถแบ่งระดับสีด้วยระบบ RGB ซึ่งเป็นระบบสีของแสงที่เกิดจากการหักเห อยู่ในช่วงที่สายตาของมนุษย์สามารถมองเห็นและเกิดการรวมกันของแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือดังกล่าวสามารถสังเกตได้ว่าที่ระดับ N (Normal) มีสีเหลืองอำพันและที่ระดับ P (Partial hemolysis) มีสีเหลืองเข้มขึ้นดังแสดงการเปรียบเทียบสีของพลาสมาในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบสีของพลาสมาในระดับ N=Normal, P=Partial Hemolysis



3. ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลสุขภาพทั่วไปของอาสาสมัครจำนวน 20 คน ช่วงเวลา 7.00-8.00 น. ซึ่งพบว่าเป็นเพศหญิงจำนวน 14 คน และเพศชายจำนวน 6 คน ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วน 70 : 30 โดยช่วงอายุอยู่ระหว่าง 22 -41 ปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของอายุประมาณ 28 ปี โดยที่ประมาณร้อยละ 80 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี และมีความดันอยู่ในเกณฑ์ปกติ นอกจากนั้นพบว่าอาสาสมัครส่วนมากมีการรับประทานอาหารก่อนมาทำการเจาะเลือด โดยพบว่าส่วนใหญ่จะรับประทานอาหารเป็นจำพวกข้าว ซึ่งได้แก่ ข้าวแกงหรือข้าวต้ม

ตารางที่ 1 ข้อมูลสุขภาพทั่วไปของอาสาสมัครจำนวน 20 คน

ที่	เพศ	อายุ	การศึกษา	ความดัน	อาหาร
1	ชาย	22	ป.ตรี	123/89	ไม่ได้ทานมา
2	หญิง	32	ปวส	120/76	กาแฟ
3	หญิง	23	ป.ตรี	128/82	กาแฟ ขนมปัง
4	ชาย	24	ปวส	139/90	ข้าวต้ม
5	ชาย	31	ปวช	135/85	ลูกชิ้น
6	หญิง	25	ป.ตรี	119/80	ข้าวราดแกง
7	ชาย	25	ป.ตรี	120/82	ต้มเลือดหมู
8	หญิง	24	ป.ตรี	120/85	ต้มเลือดหมู
9	หญิง	26	ป.ตรี	126/84	ไข่กระทะ
10	ชาย	23	ป.ตรี	133/87	กาแฟ
11	หญิง	27	ป.ตรี	120/78	กาแฟ
12	หญิง	35	ป.ตรี	126/86	ข้าวราดแกง
13	หญิง	41	ป.ตรี	128/81	ข้าวราดแกง
14	หญิง	38	ป.ตรี	131/87	ข้าวราดแกง
15	หญิง	27	ป.ตรี	128/87	ข้าวราดแกง
16	หญิง	28	ป.ตรี	130/91	ข้าวราดแกง
17	หญิง	24	ป.ตรี	131/84	ข้าวต้ม
18	ชาย	30	ปวช	134/81	ข้าวต้ม
19	หญิง	29	ป.ตรี	128/82	กาแฟ
20	หญิง	29	ป.ตรี	130/80	กระเพราหมู

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบพลาสมาด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ในเพศชาย โดยแบ่งพลาสมาจากหลอดเจาะเลือดใส่ใน Test tube นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ในวันที่ 1 3 5 และวันที่ 7 ซึ่งพบว่าในวันที่ 1 ที่ทำการทดสอบค่าสังกะสีในพลาสมามีค่าอยู่ประมาณ 672.22 – 693.11 ug/L และได้ทำการทดสอบค่าสังกะสีในพลาสมาในวันที่ 3 5 และ 7 อีกครั้ง ซึ่งพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 716.32–752.21ug/L , 801.77–815.62



ug/L และ 901.51–932.44ug/L ตามลำดับ ซึ่งยืนยันได้ว่าเมื่อจำนวนวันเพิ่มมากขึ้นได้ส่งผลให้ค่าสังกะสีในพลาสมามีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่าเฉลี่ยของวันที่ 1, 3, 5 และวันที่ 7 เป็น 685.02 ug/L , 731.58ug/L , 807.22ug/L และ 915.05 ug/L ตามลำดับซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ เนื่องจากอยู่ในช่วงค่าอ้างอิงดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarkers) สำหรับการประเมินความเสี่ยงของการสัมผัสสังกะสีที่ 551-925 ug/L (Aubrey & Richard, 2019)

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบพลาสมาด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ในเพศชาย ในวันที่ 1 3 5 และวันที่ 7

ที่	Zinc in Plasma (ug/L)			
	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7
1	683.24	733.25	811.21	902.58
2	690.14	752.21	801.77	932.44
3	693.11	732.21	803.02	914.66
4	672.22	716.32	806.44	901.51
5	682.22	723.25	805.25	915.71
6	689.21	732.25	815.62	923.22
ค่าเฉลี่ย	685.02	731.58	807.22	915.02

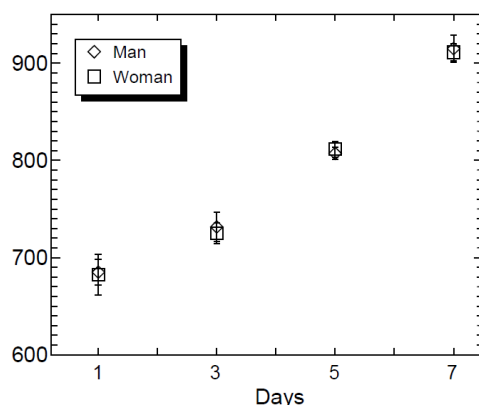
ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบพลาสมาด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ในเพศหญิงด้วยเงื่อนไขเดียวกันกับตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าในวันที่ 1 ที่ทำการทดสอบค่าสังกะสีในพลาสมามีค่าอยู่ประมาณ 661.02–689.24 ug/L และได้ทำการทดสอบค่าสังกะสีในพลาสมาในวันที่ 3 5 และ 7 อีกครั้ง ซึ่งพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 713.22–737.45 ug/L , 803.54–819.25 ug/L และ 902.44–917.55 ug/L ตามลำดับ นอกจากนั้นเมื่อทำการหาค่าเฉลี่ยค่าสังกะสีในพลาสมาที่ทำการทดสอบในเพศหญิงทั้ง 14 คน ในวันที่ 1, 3, 5 และวันที่ 7 พบว่ามีค่าเป็น 682.20 ug/L , 724.98 ug/L , 811.57 ug/L และ 911.24 ug/L ตามลำดับ ซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าเมื่อจำนวนวันเพิ่มมากขึ้นได้ส่งผลให้ค่าสังกะสีในพลาสมามีค่าเพิ่มขึ้น



ตารางที่ 3 ผลการทดสอบพลาสมาด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ในเพศหญิง ในวันที่ 1 3 5 และวันที่ 7

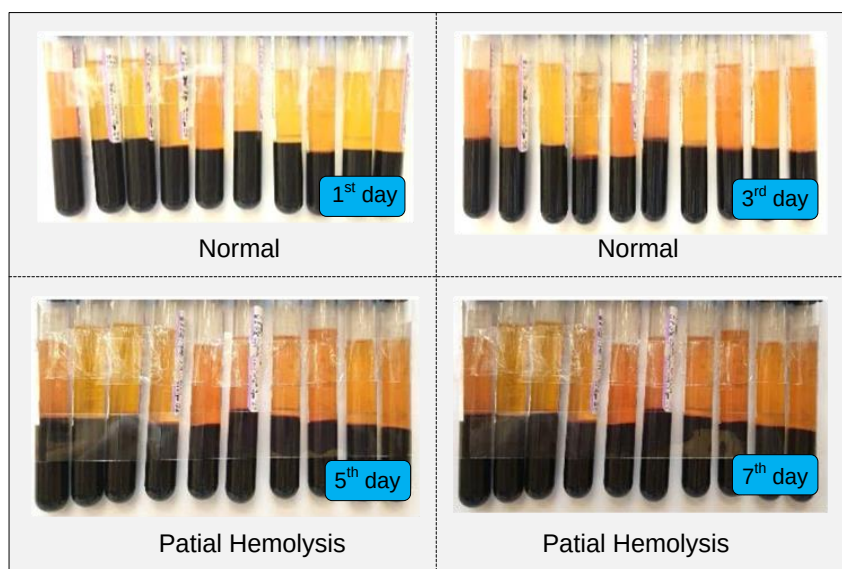
ที่	Zinc in Plasma (ug/L)			
	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7
1	681.21	732.41	815.21	912.02
2	680.12	727.24	817.12	911.17
3	689.24	714.25	811.36	915.63
4	682.21	737.45	811.25	911.11
5	661.02	713.22	815.25	912.55
6	685.54	725.14	814.21	906.25
7	688.22	725.33	803.54	917.55
8	680.01	726.14	819.25	912.25
9	687.12	724.25	809.35	912.22
10	687.22	719.36	811.57	902.44
11	681.24	732.21	805.25	907.52
12	682.14	721.22	812.15	912.22
13	681.01	726.21	805.25	913.21
14	684.44	725.35	811.28	911.24
ค่าเฉลี่ย	682.20	724.98	811.57	911.24

ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวันที่ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง (Days) ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 วัน คือวันที่ 1 3 5 และ 7 กับผลที่ทดสอบค่าสังกะสีในพลาสมาซึ่งแยกออกเป็นชายและหญิง ซึ่งสังเกตได้ว่าเมื่อจำนวนวันที่ทดสอบมากขึ้นได้ส่งผลให้ค่าสังกะสีในพลาสมาที่มีค่าสูงขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่าค่าสังกะสีในพลาสมาในเพศชายและเพศหญิงมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องเพศหรืออายุในการวิเคราะห์ค่าสังกะสีในพลาสมาแต่อย่างไรก็ตามกลับพบว่าความห่างกันของค่าค่าสังกะสีในพลาสมาในช่วงแรกมีค่าน้อยแต่จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาที่นานขึ้น และพบว่าความห่างกันของค่าค่าสังกะสีในพลาสมาในวันที่ 1 กับ 3 ประมาณ 44.67 ug/L และถ้าเป็นวันที่ 3 กับ 5 จะทำให้ค่าสังกะสีในพลาสมามีค่าประมาณ 81.11 ug/L และสุดท้ายค่าสังกะสีในพลาสมามีค่าประมาณ 103.73 ug/L ในวันที่ 5 กับ 7



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างวันที่ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างและค่าสังกะสีในพลาสมา

ภาพที่ 4 แสดงผลของ Test tube ที่นำไปแช่ตู้เย็นโดยรักษาระดับอุณหภูมิระหว่าง 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 3 5 และ 7 วันตามลำดับ พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 1 -3 วัน สีของพลาสมา ไม่เปลี่ยนแปลง (Normal) แต่อย่างไรก็ตามกลับพบว่าเกิด Partial hemolysis เมื่อเวลาผ่านไป 5-7 วัน โดยมีความสัมพันธ์กับค่าที่วัดได้จากการเปรียบเทียบสีอ้างอิงในรูปที่ 2 ซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าเมื่อ เกิดการแตกตัวของเม็ดเลือดมากขึ้นได้ส่งผลให้ค่าสังกะสีในเลือดเพิ่มขึ้นตาม



ภาพที่ 4 ผลของ Test tube ในวันที่ 1 3 5 และ 7

4. สรุปผลและการอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเก็บรักษาเลือดกับค่าผลบวกของสังกะสีในพลาสมาด้วยการเก็บตัวอย่างเลือดจากอาสาสมัคร 20 คน ในช่วงเวลาเดียวกัน คือ 7.00-8.00 น. โดยไม่ดื่มน้ำและอาหารก่อนการเจาะเลือด สุขภาพของอาสาสมัครทุกคนแข็งแรงปกติ จากการทดสอบพบว่าผลการตรวจวิเคราะห์สังกะสีในเลือดของอาสาสมัครทั้งเพศชายและเพศหญิงมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องเพศหรืออายุในการวิเคราะห์ค่าสังกะสีในพลาสมา แต่เมื่อหลังจากนำพลาสมาไปแช่ตู้เย็นโดยรักษาระดับอุณหภูมิระหว่าง 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 3 5 และ 7 วันตามลำดับ มาทำการทดสอบค่าสังกะสีในพลาสมาพบว่าค่าสังกะสีมีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษาเลือดเพิ่มขึ้นตามลำดับ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 5-7 วันมีการแตกตัวในระดับ Partial hemolysis เมื่อนำไปทดสอบสังกะสีในเลือดมีค่าสูงกว่าเลือดที่ไม่มีการแตกตัว (Normal) ณ ระยะเวลาการเก็บรักษา 1-3 วัน จึงเป็นการยืนยันได้ว่าค่าการแตกตัวของพลาสมาที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่าสังกะสีในเลือด โดยข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปประโยชน์ในการเก็บตัวอย่างเพื่อรอการตรวจวิเคราะห์ได้ ซึ่งไม่จำเป็นที่ต้องทำการวิเคราะห์ตัวอย่างทันทีโดยอาจจะเก็บไว้เพื่อรอตรวจวิเคราะห์ที่อาจเกิดจากปัญหาในการขนส่งหรือเครื่องมือวิเคราะห์มีปัญหา แต่อย่างไรก็ตามการรอเพื่อตรวจวิเคราะห์ไม่ควรเกินระยะเวลาหนึ่งสัปดาห์ ซึ่งอาจจะส่งผลให้เกิดการสูงปลอมสำหรับการตรวจวัดธาตุสังกะสีในเลือด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังสำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- มาลา ตรีวัชรกร. (2557). **การแตกตัวของเม็ดเลือดแดง**. มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช.
- Aubrey, L. A., & Richard, L. N. (2019). A review of biomarkers used for assessing human exposure to metals from E-Waste. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 16(1802). Doi: 10.3390/ijerph16101802
- David, W. K., Fabian, R., Shibani, G., Gloria, E. O., Lauren, S., Jonathan, H. S., & Janet, C. K. (2017). Identification of a hemolysis threshold that increases plasma and serum zinc concentration. **Journal of Nutrition**, 147(6), 1218–1225. Doi: 10.3945/jn.116.247171.



- Kenneth, D. Mc., (2002). **Clinical Laboratory Medicine** (7th ed.). N.p.: n.p.
- King, J.C., Cousins, R.J., Zinc, Shils, M.E., Shike, M., Ross, A.C., Caballero, B., & Cousins, R.J. (2006). **Modern Nutrition in Health and Disease** (10th ed.) Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins.
- Paul, A.A. (2013). D.A.T. Southgate, **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**.
- Prasad, A.S., Zinc. (1995). **An Overview**. Nutrition. 11, 93-99.
- Yale New Haven Medical Center. (1964). Principles and Applications of Atomic Absorption Spectroscopy. **Advances in Clinical Chemistry**. 7, 1-62.
- Nutr, J. (2017). Identification of a Hemolysis Threshold That Increases Plasma and Serum Zinc Concentration. **JN The Journal of Nutrition**, 147(6), 1218-1225.