



การศึกษาการกระจายของธาตุองค์ประกอบในเส้นผม

A Study of the elemental distribution in human hairs.

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพวรรณ ศรีรัตนประสิทธิ์

รายงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปี 2542

สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก

ชื่อเรื่อง การศึกษาการกระจายของธาตุองค์ประกอบในเส้นผม

ผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์พนพรรณ ศรีรัตนประสิทธิ์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์กายภาพ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายจะศึกษาการกระจายของธาตุองค์ประกอบที่มีอยู่ในเส้นผมมนุษย์ โดยมีสมมุติฐานว่าถ้าการกระจายตัวของธาตุองค์ประกอบในเส้นผมโดยรอบศีรษะมนุษย์มีค่าการกระจายสม่ำเสมอ จะสามารถเก็บตัวอย่างเส้นผมจากบริเวณใดก็ได้โดยสะดวก รอบศีรษะสำหรับใช้เป็นตัวแทนเส้นผมของบุคคลได้ เทคนิควิธีการวิเคราะห์ธาตุทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณที่ใช้ คือ เทคนิคการอาบนิวตรอน (Neutron Activation Analysis)

งานวิจัยนี้ได้คัดเลือกบุคคลปกติจำนวน 6 คนมาเป็นกลุ่มตัวอย่าง จัดเก็บตัวอย่างเส้นผมที่กระจายโดยทั่วไปจากบริเวณต่าง ๆ ล้างทำความสะอาดเส้นผม จากนั้นนำมาศึกษาวิเคราะห์ธาตุที่มีในเส้นผมด้วยการอาบเทอร์มัลนิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว - 1/1 โดยเลือกเงื่อนไขการอาบนิวตรอนด้วยเวลา 4 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้สลายตัว 2 ชั่วโมง วัดรังสีแกมมาของไอโซโทปธาตุที่เกิดขึ้นด้วยหัววัดรังสีเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง (HPGe)

ผลการวิจัยพบว่า ปริมาณธาตุที่ตรวจพบอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำในระดับขนาดหนึ่งในล้านส่วน (ppm) ค่าปริมาณของธาตุต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ คือ โซเดียม (Na) โบรมีน (Br)

สังกะสี (Zn) โครเมียม (Cr) และทอง (Au) มีค่าความผิดพลาดของการกระจายของข้อมูล

ปริมาณธาตุในแต่ละบุคคลไม่เกินร้อยละ 42.1 . 43.9 . 35.6 . 46.2 และ 39.2 ตามลำดับ จึงอาจกล่าวได้ว่าธาตุองค์ประกอบในเส้นผมมีค่าการกระจายสม่ำเสมอ เส้นผมจากบริเวณ

ใด ๆ สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนตัวอย่างเส้นผมบนศีรษะบุคคลนั้นโดยมีความเชื่อถือได้

Titles **A Study of the elemental distribution in human hairs.**

Researcher **Asst. Prof. Nopawan Sriratanaprasit**

Field **Physical Sciences**

Year **2000**

Abstract

The objective of this research are to study the distribution of elements in human hair and to test homogeneity of element concentration. Neutron activation analysis (NAA) is used to analyze the quantitative and quantitative of element concentration in human hair.

Samples of human hair are drawn from 6 persons. The cleaned samples were irradiated by thermal neutron from TRIGA MARK-2 research reactor. After 4 hours of irradiated time and 2 days of decayed time , the hyperpure germanium (HPGe) was used to analyze the gamma rays emitted from radioisotope.

Findings : the element concentration was found to be low level (ppm.) The tested elements are sodium (Na) , bromine (Br) , zinc (Zn) , chromium (Cr) and gold (Au) . The variation of these element concentration were not greater than 42.1 , 43.9 , 35.6 , 46.2 and 39.2 percents respectively. It may be interpreted that element concentration is rather homogeneous and that the samples of human hair may be reliable.

กิติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและพัฒนาวิชาการจากสถาบันราชภัฏพิบูลสงครามพิษณุโลก ประจำปี 2542 และการสนับสนุนพัฒนางานวิชาการของโปรแกรมวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม

การทดลองและเก็บข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุด้วยเทคนิคการอบนิวตรอนของงานวิจัยนี้สามารถดำเนินการสำเร็จด้วยดีโดยได้รับความกรุณาจากเลขาธิการสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่อนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าใช้เครื่องมือดำเนินการศึกษาวิจัยภายในสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ภายใต้การดูแลช่วยเหลือแนะนำของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร จงคำ ผู้อำนวยการกองฟิสิกส์ คุณวันชัย ธรรมวานิช และคุณวิเชียร รตนธงชัย นักนิวเคลียร์ฟิสิกส์ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ รวมทั้งคุณประเสริฐ ต่ายหัวดง และ คุณกาญจนา ดั่งทอง โปรแกรมฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏพิบูลสงครามที่ให้การช่วยเหลือด้านการจัดเตรียมตัวอย่างเส้นผม

สำหรับทุกท่านที่กล่าวถึงและอีกหลายท่านที่มีได้ระบุนามแต่มีส่วนช่วยเหลือให้รายงานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมาไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
กิตติกรรมประกาศ	ฎ
สารบัญตาราง	ด
สารบัญรูป	ต

บทที่

1	บทนำ.....	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
	1.2 จุดมุ่งหมายของการวิจัย	2
	1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
	1.4 ข้อจำกัด	2
	1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
	1.6 สมมติฐานการวิจัย.....	3
	1.7 สถานที่ดำเนินงานวิจัย	3
	1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
	1.9 ข้อตกลงเบื้องต้น	4
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
	2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับชนและผม	5
	2.2 ค่าครึ่งชีวิตและการสลายตัวของไอโซโทปรังสี	9
	2.3 เทคนิคการวิเคราะห์ธาตุด้วยการอาบนิวตรอน	11

	หน้า
3	วิธีดำเนินงานวิจัย 16
	3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 16
	3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 20
	3.3 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ 21
	3.4 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ 21
4	ผลการวิจัย 25
	4.1 กลุ่มตัวอย่างและตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา..... 25
	4.2 ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ 27
	4.3 ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณ 28
	4.4 ผลการวิเคราะห์การกระจาย 35
5	สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 40
	5.1 สรุปผล 40
	5.2 ข้อเสนอแนะ 42
	บรรณานุกรม 44
	ประวัติผู้วิจัย 45

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
4.1 แสดงข้อมูลของกลุ่มบุคคลเจ้าของตัวอย่างเส้นผมสำหรับ ศึกษาการกระจายของธาตุองค์ประกอบในเส้นผม พร้อม ลักษณะทางกายภาพของเส้นผมที่ปรากฏ	26
4.2 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุโซเดียม (Na) ในตัวอย่างเส้นผมด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน	30
4.3 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุโบรมีน (Br) ในตัวอย่างเส้นผมด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน	31
4.4 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุสังกะสี (Zn) ในตัวอย่างเส้นผมด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน	32
4.5 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุโครเมียม (Cr) ในตัวอย่างเส้นผมด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน	33
4.6 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุทอง (Au) ในตัวอย่างเส้นผมด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน	34
4.7 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโซเดียม (Na) ในตัวอย่างเส้นผมบุคคลตัวอย่างด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน	36
4.8 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโบรมีน (Br) ใน ตัวอย่างเส้นผมบุคคลตัวอย่างด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน	36
4.9 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุสังกะสี (Zn) ใน ตัวอย่างเส้นผมบุคคลตัวอย่างด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน	37

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.10 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโครเมียม (Cr) ในตัวอย่างเส้นผมบุคคลตัวอย่างด้วยเทคนิคการอบนิวตรอน	37
4.11 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุทอง (Au) ในตัวอย่างเส้นผมบุคคลตัวอย่างด้วยเทคนิคการอบนิวตรอน	38
4.12 แสดงข้อมูลร้อยละค่าคลาดเคลื่อนของผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโซเดียม (Na) . โบรมีน(Br) ,สังกะสี (Zn) . โครเมียม (Cr) และ ทอง (Au) ในตัวอย่างเส้นผมบุคคลตัวอย่าง 6 คน จากบริเวณต่าง ๆ รอบศีรษะด้วยเทคนิคการอบนิวตรอน	39
4.13 แสดงพิสัยของข้อมูลร้อยละค่าคลาดเคลื่อนของผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโซเดียม (Na) . โบรมีน(Br) ,สังกะสี (Zn) , โครเมียม (Cr) และ ทอง (Au) ในตัวอย่างเส้นผมจากบริเวณต่าง ๆ รอบศีรษะของบุคคลทั้งหมดด้วยเทคนิคการอบนิวตรอน	39
5.1 แสดงข้อมูลร้อยละค่าคลาดเคลื่อนมากที่สุดที่พบในการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโซเดียม (Na) , โบรมีน(Br) , สังกะสี (Zn) . โครเมียม (Cr) และ ทอง (Au) ในตัวอย่างเส้นผมจากบริเวณต่าง ๆ รอบศีรษะของบุคคลทั้งหมดด้วยเทคนิคการอบนิวตรอน	42

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพตัดขวางแสดงให้เห็นโครงสร้างของผิวหนังชั้นต่าง ๆ ตลอดจนต่อมต่าง ๆ ได้ผิวหนัง ขน และ รากผม	6
2.2 แสดงลักษณะของต่อมต่าง ๆ ได้ผิวหนัง	7
3.1 แสดงการแบ่งเส้นผมระหว่างบริเวณกระโหลกส่วนหน้าและ กระโหลกส่วนหลัง	17
3.2 รูปแสดงการตัดเส้นผมจากบริเวณกระโหลกส่วนหน้าขวา	17
3.3 รูปแสดงการตัดเส้นผมจากบริเวณกระโหลกส่วนหลังขวา	18
3.4 รูปแสดงการตัดเส้นผมจากบริเวณกระโหลกส่วนหลังซ้าย	18
3.5 รูปแสดงการจัดเก็บรวบรวมตัวอย่างเส้นผมที่ได้จากบุคคล ต่าง ๆ ก่อนนำไปวิเคราะห์	19
3.6 แสดงการล้างทำความสะอาดเส้นผมในน้ำยาล้างจาน น้ำสะอาดและน้ำยาอาซีโตน	20
3.7 แสดงการจัดเรียงสารตัวอย่างและสารมาตรฐานเพื่อนำ เข้าอาบนิวตรอนพร้อมกัน	23

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เส้นผมเป็นส่วนประกอบหนึ่งของร่างกายมนุษย์ที่ผู้วิจัยสนใจที่จะนำมาศึกษาวิเคราะห์หาธาตุองค์ประกอบ โดยคาดว่าชนิดของธาตุองค์ประกอบและปริมาณของธาตุที่มีอยู่ในเส้นผมจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ เช่น การศึกษาด้านภาวะโภชนาการ การวินิจฉัยโรค การศึกษาสภาพสิ่งแวดล้อมที่บุคคลนั้นได้รับอยู่ และ อาจนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการบ่งชี้บุคคลในการสืบสวนสอบสวนของงานตำรวจ เป็นต้น

ประเด็นที่น่าสนใจศึกษาก่อนจะนำผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของธาตุในเส้นผมไปใช้ประโยชน์ ก็คือ ต้องตอบคำถามให้ได้ว่าการกระจายของธาตุต่าง ๆ ในเส้นผมบริเวณต่าง ๆ โดยรอบศีรษะมนุษย์มีค่าสม่ำเสมอหรือไม่ เพียงใด เนื่องจากการเก็บตัวอย่างเส้นผมกระทำได้ลำบาก เพราะกระทบถึงเรื่องความสวยงามและบุคลิกภาพของมนุษย์ ทำให้บุคคลที่จะยินยอมให้เก็บเส้นผมจากบางบริเวณเป็นไปได้ยาก ถ้าสามารถตอบคำถามได้ว่าการกระจายตัวของธาตุองค์ประกอบในเส้นผมบริเวณต่าง ๆ โดยรอบศีรษะมีค่าสม่ำเสมอ (homogeneous) ก็น่าจะเป็นประโยชน์ทำให้ทราบว่าการเลือกเก็บตัวอย่างเส้นผมจากบริเวณใดจึงสามารถจัดเป็นตัวแทนเส้นผมที่ดี เช่น บริเวณโคนผม บริเวณปลายของเส้นผม บริเวณห่างจากโคนผมในระยะทางใด ๆ หรือ บริเวณศีรษะส่วนใดจึงเป็นตัวแทนที่ดี รวมทั้งจะเป็นประโยชน์มากถ้าทราบว่าการกระจายของธาตุบริเวณใด ๆ ก็ตามโดยรอบศีรษะของแต่ละบุคคลมีค่าเท่ากัน เนื่องจากทำให้สามารถตัดสินใจเลือกเส้นผมจากบริเวณใด ๆ ก็ได้มาใช้เป็นตัวแทนตัวอย่างเส้นผมของบุคคลนั้น ๆ ได้ การจัดเก็บตัวอย่างเส้นผมจากบริเวณใด ๆ ก็ได้จะเป็นการสะดวกมากในการใช้เส้นผมเป็นตัวแทนการศึกษาหรือการบ่งชี้เกี่ยวกับมนุษย์ ถ้าผลการวิจัยเรื่องการกระจาย

ของธาตุองค์ประกอบในเส้นผมที่เป็นไปตามสมมุติฐานว่ามีค่าสม่ำเสมอเป็นจริง น่าจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัยเกี่ยวกับการนำผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของเส้นผมไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานด้านอื่น ๆ ต่อไป

จากความจำเป็นและเหตุผลดังกล่าวมาแล้วผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาวิจัยในหัวข้อ "การศึกษาการกระจายของธาตุองค์ประกอบในเส้นผม" นี้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานต่อการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะพัฒนางานวิจัยในหัวข้อที่เกี่ยวข้องดังได้กล่าวมาแล้วต่อไป ผู้วิจัยได้เลือกใช้เทคนิคการอาบด้วยนิวตรอน (Neutron Activation Analysis : NAA) สำหรับการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในเส้นผม เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกรวดเร็วการเตรียมตัวอย่างไม่ยุ่งยาก เพราะไม่ต้องทำการละลายสารตัวอย่างและมีความไวในการวิเคราะห์สูง

1.2 จุดมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาการกระจายของธาตุองค์ประกอบในเส้นผมของมนุษย์ โดยการวิเคราะห์ปริมาณของธาตุที่มีในเส้นผมบริเวณต่าง ๆ รอบศีรษะมนุษย์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุในกลุ่มตัวอย่างเส้นผมเลือกใช้เทคนิคการอาบเทอร์มัลนิวตรอน (thermal neutron) จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ณ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ

1.4 ข้อจำกัด

1.4.1 เนื่องจากทรงผมมีความสำคัญต่อบุคลิกภาพและความสวยงาม ทำให้มีบุคคลที่ยินยอมให้เก็บตัวอย่างจำนวนหลายบริเวณรอบศีรษะในเวลาเดียวกันมีจำนวนน้อย กลุ่มบุคคลที่นำตัวอย่างเส้นผมมาศึกษาจึงเป็นเส้นผมจากคนสุขภาพปกติโดยทั่วไปจำนวนเพียง 6 คน โดยไม่จำกัดเพศวัยและอายุ

1.4.2 เนื่องจากความจำกัดด้านงบประมาณและสารเคมีในการวิเคราะห์ การสุ่มตัวอย่างเส้นผมที่ใช้ในงานวิจัยจึงสุ่มตัวอย่างหลายตัวอย่างจากบริเวณเป้าหมายแล้วนำมาคลุกเคล้ากัน จากนั้นจึงสุ่มตัวอย่างเส้นผมบริเวณเป้าหมายเดียวกันนั้นมาทำการ

วิเคราะห์เพียงตัวอย่างเดียว ในที่นี้ได้กำหนดบริเวณกลุ่มเป้าหมายเป็นสี่บริเวณ ได้แก่ บริเวณกระโหลกศีรษะส่วนหน้าซ้าย บริเวณกระโหลกศีรษะส่วนหน้าขวา บริเวณกระโหลกศีรษะส่วนหลังซ้าย และบริเวณกระโหลกศีรษะส่วนหลังขวา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ข้อมูลค่าการกระจายของธาตุในเส้นผมมนุษย์

1.5.2 อาจก่อให้เกิดแนวคิดใหม่ในการนำข้อมูลองค์ประกอบธาตุที่มีในเส้นผมมนุษย์ไปใช้ในงานด้านต่าง ๆ เช่น การศึกษาด้านภาวะโภชนาการ การวินิจฉัยโรค และงานด้านสิ่งแวดล้อม ตลอดจนอาจนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการบ่งชี้บุคคลในการสืบสวนสอบสวนของงานตำรวจ

1.6 สมมุติฐานการวิจัย

1.6.1. ปริมาณธาตุชนิดเดียวกันในเส้นผมบริเวณต่าง ๆ รอบศีรษะมีค่าเท่ากัน

1.6.2. ลักษณะการกระจายของธาตุชนิดต่าง ๆ ในเส้นผมมีลักษณะเช่นเดียวกัน

จึงสามารถเลือกใช้ธาตุชนิดใด ๆ เป็นตัวแทนสำหรับการศึกษาการกระจายได้

1.7 สถานที่ทำการวิจัย

1.7.1 โปรแกรมฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม

1.7.2 สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ

1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ

E, F, G, L, H, R = รหัสตัวอย่างเส้นผมบุคคลที่เลือกตั้งตามชื่อบุคคลตัวอย่างเส้นผม

NAA = รหัสย่อเรียกวิธีการวิเคราะห์ด้วยการอาบนิวตรอน (Neutron Activation Analysis : NAA)

vial = หลอดบรรจุสารตัวอย่างและสารมาตรฐานทำด้วยพลาสติก โพลีเอทิลีน (polyethylene) ซึ่งทนความร้อนสูงที่จะเกิดขึ้นพร้อมการอาบนิวตรอน

1.9 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.9.1 การวิจัยครั้งนี้ถือว่าหลอดบรรจุตัวอย่างและสารมาตรฐานมีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการทุกหลอด

1.9.2 การวิจัยครั้งนี้ถือว่าเมื่อปิดผนึกหลอดบรรจุตัวอย่างและสารมาตรฐานและทำการตัดแต่งเรียบร้อยแล้ว หลอดบรรจุดังกล่าวมีรูปร่างและคุณสมบัติเหมือนกันทุกหลอด

1.9.3 การคำนวณหาปริมาณของธาตุที่มีในตัวอย่างใช้วิธีการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานที่ใช้ แต่ถ้าในการวิเคราะห์พบธาตุอื่นที่ไม่มีในสารมาตรฐาน จะรายงานค่าการกระจายของธาตุด้วยค่าปริมาณความแรงรังสีต่อมวลสารของไอโซโทปธาตุนั้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับขนและผม

ผิวหนังเป็นแหล่งกำเนิดของขนและผมซึ่งอยู่ติดกับต่อมไขมัน ในแต่ละส่วนของผิวหนังมีปริมาณขนที่แตกต่างกันออกไป บริเวณใบหน้ามีขนน้อยที่สุดและมักพบเป็นขนอ่อน (lanugo) ริมฝีปากเป็นบริเวณที่บางซึ่งไม่มีขนแต่มีต่อมไขมันมาก รักแร้มีขนพร้อมมีต่อมกลิ่นและต่อมเหงื่อมาก บริเวณหนังศีรษะมีเส้นผมมาก ส่วนอุ้งมืออุ้งเท้าไม่มีขนเป็นต้น ผิวหนังเป็นส่วนที่ปกคลุมป้องกันอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย ผิวหนังแม้จะเป็นสิ่งที่บอบบางแต่ก็ช่วยปกคลุมป้องกันอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายได้ดี โดยเฉพาะป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียน้ำมากเกินไปจนดำรงชีวิตอยู่ไม่ได้ ผิวหนังบริเวณต่าง ๆ ในร่างกายมีความหนาไม่เท่ากัน ส่วนที่บางที่สุดได้แก่ เปลือกตา ซึ่งมีความหนาเพียง 0.2 - 0.6 มิลลิเมตร ส่วนที่หนาที่สุดได้แก่ฝ่ามือและฝ่าเท้าซึ่งมีความหนาประมาณ 2 - 4 มิลลิเมตร

ผิวหนังมีหน้าที่ต่อร่างกายหลายประการ กล่าวโดยสรุป ได้แก่ ปกคลุมร่างกาย ป้องกันอันตรายแก่ร่างกาย ให้ความรู้สึกจากการสัมผัส ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย เป็นแหล่งสร้างวิตามินดีจากแสงแดดแก่ร่างกาย ตลอดจนช่วยควบคุมปริมาณน้ำในร่างกาย เป็นต้น ผิวหนังสามารถจัดแบ่งตามโครงสร้างและหน้าที่ ได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่

ก. หนังกำพร้า (epidermis or cuticle or scraf skin)

เป็นผิวหนังชั้นนอกสุดประกอบด้วยชั้นย่อย ๆ อีก 4 - 5 ชั้น เซลล์ชั้นนอกจะหลุดออกเมื่อหมดอายุขัยจากนั้นเซลล์ชั้นในจะสร้างเซลล์ใหม่ทดแทนเซลล์ชั้นบนที่ตายไปเรื่อย ๆ

ข. หนังแท้ (dermis or corium or cutis vera)

ระหว่างชั้นหนังกำพร้าและหนังแท้ จะมีเยื่อแยกออกจากกัน หนังแท้ประกอบด้วยกลุ่มหรือฟอนของใย (fiber) ทำให้เกิดความตึงของผิวหนัง และ gel like matrix ซึ่งทำหน้าที่หล่อลื่นและเชื่อมใยเส้นใยดังกล่าวและยับยั้งการตี A เชื้อของผิวหนัง

หนังแท้แบ่งเป็น 2 ชั้น ได้แก่ papillary layer และ reticular layer โดยรากผม หรือ ขน จะอยู่ในชั้น reticular layer

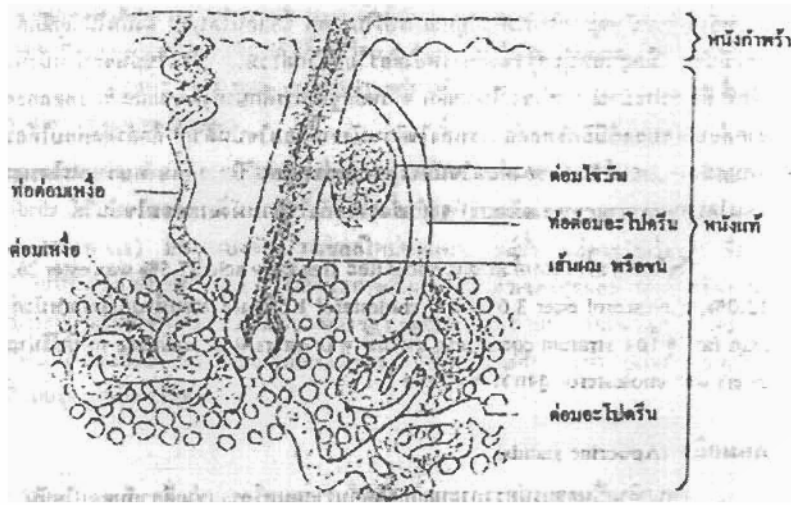
ค. หนังชั้นรองรับผิวหนัง (subcutaneous tissue or hypodermis)

เป็นหนังชั้นที่อยู่ใต้หนังแท้ลงไป

ในรูปที่ 2.1 แสดงภาพตัดขวางแสดงให้เห็นโครงสร้างของผิวหนังชั้นต่าง ๆ ส่วนรูปที่ 2.2 เป็นภาพแสดงลักษณะของต่อมต่าง ๆ ได้ผิวหนัง



รูปที่ 2.1 ภาพตัดขวางแสดงให้เห็นโครงสร้างของผิวหนังชั้นต่าง ๆ ตลอดจนต่อมต่าง ๆ ได้ผิวหนัง ขน และ รากผม



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของต่อมต่าง ๆ ได้ผิวหนัง

เส้นผมบนศีรษะมนุษย์เป็นลักษณะธรรมชาติสร้างขึ้น เพื่อกำบังศีรษะและสมอง ภายใต้อุณหภูมิที่ศีรษะ ขณะแรกเกิดมนุษย์จะมีรากเส้นผมโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1,135 แห่งต่อตาราง เซนติเมตร เส้นผมจะประกอบด้วยคีราติน (keratin) น้ำ (water) เม็ดสี (pigments) และ แร่ธาตุปริมาณน้อยต่าง ๆ (trace elements) คีราตินจัดเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งมี อยู่ถึง 65.95 % โดยน้ำหนัก ส่วนขั้นตอนการเจริญเติบโตของเส้นผมจะประกอบด้วย 3 วงจรที่ต่อเนื่องกัน ได้แก่ ระยะแอนนาเจน (anagen phase) ระยะคาตาเจน (catagen phase) และ ระยะทีโลเจน (telogen phase)

ระยะแอนนาเจน เป็นระยะของการเจริญเติบโต ซึ่งมีอัตราเฉลี่ยเท่ากับ 0.37 มิลลิเมตร/วัน หรือประมาณ 1 เซนติเมตร/เดือน โดยมีแนวโน้มจะมีอัตราสูงกว่านี้ ในเพศหญิง อัตราการเจริญเติบโตของเส้นผมในบางคนอาจอยู่เช่นนี้นานถึง 3 ปีโดยไม่เปลี่ยนแปลง แต่อาจเป็นเพียง 2 ปี หรือ 5 ปี หรือนานกว่านี้ในบางบุคคล ผู้หญิงที่มีระยะแอนนาเจนนานร่วมกับมีอัตราการเจริญเติบโตของเส้นผมค่อนข้างเร็ว มักจะประสบความสำเร็จในการเลี้ยงผมและสามารถมีเส้นผมยาวสลวยได้ ส่วนบางคนที่มีระยะแอนนาเจนสั้นพบว่าผมจะยาวช้ากว่าปกติ

ระยะคาตาเจน เป็นการสิ้นสุดระยะแอนนาเจน เส้นผมจะแข็งตัวเป็นก้อนแล้ว ในที่สุดก็หยุดการเจริญเติบโต โดยมีระยะเจริญเติบโตและระยะหยุดเจริญเติบโตเหลื่อมล้ำสลับกัน จัดเป็นระยะที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง กล่าวคือ ช่วยให้บุคคลนั้นไม่ต้องอยู่ในสภาพศีรษะล้านขณะที่กำลังรอให้ผมชุดใหม่เจริญขึ้นมาแทนที่ชุดเก่า

ระยะที่โลเจน เป็นระยะพักหรือระยะที่เส้นผมหลุดจากรากผมใหม่ ๆ ระยะที่โลเจนนี้ใช้เวลาประมาณ 100 วัน ก่อนที่รากผมจะเข้าสู่วงจรของการเจริญเติบโตครั้งใหม่

โดยปกติแล้วบนศีรษะจะมีรากผมประมาณ 100,000 แห่ง ในจำนวนรากผมทั้งหมดนี้พบว่าเป็นรากผมที่พบอยู่ในระยะแอนนาเจนทำหน้าที่สร้างเส้นผมใหม่อยู่ประมาณ 90% ระยะที่โลเจนที่กำลังพักการใช้งานมีประมาณ 9 % และอีก 1 % พบอยู่ว่าเป็นรากผมในระยะคาตาเจน ในขณะเดียวกันจะมีการหลุดร่วงของเส้นผมประมาณวันละ 100 เส้นหรืออาจมากกว่านี้เล็กน้อย ผมที่หลุดร่วงจะเป็นเส้นผมที่หลุดจากรากผมในระยะคาตาเจนซึ่งถือเป็นเรื่องปกติ

นายแพทย์สุรพงษ์ สืบวงศ์ลี ได้เขียนไว้ใน "ศาสตร์แห่งเส้นผม" ว่า

ก. ความใหญ่ ความเล็ก การหยิก และการเหยียดของเส้นผม เป็นการถ่ายทอดทางกรรมพันธุ์

ข. ความแข็งแรงและมีชีวิตชีวาของเส้นผม ขึ้นกับสุขภาพองค์รวมของร่างกาย

ค. ความแข็งแรงของเซลล์รากผม ขึ้นกับ ภาวะโภชนาการ และ ออกซิเจนที่ไหลเวียนไปทางหลอดเลือด

ง. วิตามินและเกลือแร่ที่พอเพียงมีความสำคัญต่อเส้นผม ตัวอย่างเช่น

- ธาตุเหล็ก มีผลต่อความแข็งแรงของเส้นผม ถ้าขาดธาตุนี้ เส้นผมจะเปราะบาง ธาตุอาหารชนิดนี้พบมากในตับ ไต หัวใจ ไข่แดง และ ผักสด เป็นต้น

- ธาตุสังกะสี มีผลต่อความแข็งแรงของเส้นผม ถ้าขาดธาตุนี้ เส้นผมจะหลุดร่วง ธาตุอาหารชนิดนี้พบมากในตับ หอยนางรม กุ้ง และ ปู เป็นต้น

- วิตามินบี มีผลต่อความแข็งแรงของเส้นผม ถ้าขาดธาตุนี้เส้น

ผมจะร่วง ธาตุอาหารชนิดนี้พบมากใน ข้าวซ้อมมือ ถั่ว ไข่ ตับ และ เนื้อปลา เป็นต้น

- วิตามินซี มีผลต่อการไหลของหลอดเลือดที่มาหล่อเลี้ยงราก

ของเส้นผม ทำให้เส้นผมไม่เปราะบางหรือแตกง่าย ธาตุอาหารชนิดนี้พบมากใน ส้ม มะนาว มะเขือเทศ ฝรั่ง และ ผักใบเขียว เป็นต้น

- วิตามินอี มีผลต่อความดกและหนาของเส้นผม มีผลต่อสุขภาพ

ภาพของรากผม ธาตุอาหารชนิดนี้พบมากใน ดอกคำฝอย น้ำมันถั่วเหลือง และ น้ำมันเมล็ดทานตะวัน เป็นต้น

2.2 ค่าครึ่งชีวิตและการสลายตัวของไอโซโทปรังสี

(Half - life and decay of radioisotope)

การสลายตัวของไอโซโทปกัมมันตรังสีเกิดขึ้นจากนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีเริ่มต้น (parent nucleus) สลายตัวเป็นนิวเคลียสใหม่หรือนิวเคลียสลูก (daughter nucleus) จำนวนของนิวเคลียสเริ่มต้นจะลดลงพร้อมกับการปล่อยอนุภาครังสีออกมา จำนวนอนุภาครังสีที่ปล่อยออกมาในหนึ่งหน่วยเวลามีค่าขึ้นกับจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้น ซึ่งเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า

$$-\frac{dN}{dt} \propto N \quad \dots (2.1)$$

ในที่นี้

N = จำนวนอะตอมของธาตุกัมมันตรังสีที่เวลา t ใด ๆ

t = เวลาที่เกิดธาตุกัมมันตรังสีเกิดการสลายตัว

เขียนตามหลักคณิตศาสตร์ได้ว่า

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N \quad \dots (2.2)$$

เมื่อ λ = ค่าคงตัวของการสลายตัว (decay constant) จะได้

$$-\frac{dN}{N} = \lambda dt \quad \dots (2.3)$$

อินทิเกรต (integrate) สมการที่ (2.3) ตั้งแต่เวลาเริ่มต้น ($t=0$) จนถึงเวลา t ใด ๆ ดังนี้

$$\int_{N_0}^N \left(-\frac{dN}{N}\right) = \int_0^t \lambda dt$$

$$(\ln N - \ln N_0) = -\lambda (t - 0)$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad \dots (2.4)$$

จากสมการที่ (2.4) เรียกว่า “กฎการสลายตัวของไอโซโทปกัมมันตรังสี” ซึ่งแสดงให้เห็นว่า จำนวนนิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสีจะสลายตัวไปตามเวลาแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (exponential) ถ้านำสมการที่ (2.4) นี้ไปคำนวณหาค่าเวลาที่ไอโซโทปกัมมันตรังสีสลายตัวจนเหลือจำนวนอะตอมเพียงครึ่งหนึ่งของจำนวนอะตอมของไอโซโทปรั้งสีที่มีอยู่ในเวลาเริ่มแรก จะได้ค่าครึ่งชีวิต (half-life: $T_{1/2}$) มีความสัมพันธ์เป็น

$$\lambda = 0.693 / T_{1/2} \quad \dots (2.5)$$

2.3 เทคนิคการวิเคราะห์ธาตุด้วยการอาบนิวตรอน

เทคนิคการวิเคราะห์ธาตุด้วยการอาบนิวตรอนค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์สองท่านคือ เฮฟวีซี (Hevesy) และ เลวี (Levi) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2479 จากนั้นมีการพัฒนามาเป็นลำดับขั้น จนในปัจจุบันนิยมใช้เทคนิคการอาบนิวตรอนเป็นเทคนิคมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ธาตุปริมาณน้อย (trace elements) อย่างกว้างขวาง

เทคนิคการวิเคราะห์ธาตุด้วยการอาบนิวตรอน เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุที่สามารถวิเคราะห์ธาตุได้ทั้งเชิงคุณภาพ (qualitative) และเชิงปริมาณ (quantitative) มีข้อเด่นที่สามารถวิเคราะห์ธาตุในตัวอย่างรูปแบบต่าง ๆ กันได้ เช่น ตัวอย่างในสภาพของแข็ง ของเหลว และ ก๊าซ โดยในตัวอย่างอาจมีหลายธาตุปนกันอยู่โดยไม่จำเป็นต้องทำการละลายหรือแยกธาตุต่าง ๆ ออกจากตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์ การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอนนี้จึงสะดวกรวดเร็วไม่จำเป็นต้องทำการคัดแยกตัวอย่าง หรือ ทำการละลายตัวอย่างก่อน นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์ในระดับปริมาณน้อยถึงหนึ่งในล้านส่วน (part per million) ถึง หนึ่งในพันล้านส่วน (part per billion) สำหรับธาตุต่าง ๆ ในตัวอย่างต่าง ๆ กันด้วย

หลักการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน เป็นการนำสารตัวอย่างไประดมยิง (bombard) ด้วยอนุภาคนิวตรอน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในนิวเคลียส (nuclear transformation) ของอะตอมของธาตุที่มีอยู่ในตัวอย่งนั้น ไอโซโทปธาตุกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นภายหลังการอาบนิวตรอนเป็นสารกัมมันตรังสี (radioisotope) สารกัมมันตรังสีทุกชนิดจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวหลายชนิด ได้แก่ ค่าครึ่งชีวิต (half-life) ชนิดของรังสีที่ปลดปล่อยออกมา และ ระดับพลังงานของรังสี จากคุณสมบัติเฉพาะตัวต่าง ๆ นี้ ทำให้ทราบถึงไอโซโทปธาตุกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นรวมทั้งชนิดของธาตุที่มีก่อนการอาบนิวตรอนได้ จากปริมาณรังสีที่วัดได้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีของสารมาตรฐานของธาตุนั้น ๆ ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน สามารถนำไปคำนวณปริมาณของธาตุที่วิเคราะห์ได้

หมายเหตุ เทคนิคนี้นิยมเรียกว่า "อาบ" แทนการใช้คำว่า "ระดมยิง" เพื่อให้เห็นภาพว่าอะตอมทั้งหมดของสารตัวอย่างถูกระดมยิงด้วยนิวตรอนอย่างทั่วถึงด้วยลำนิวตรอน

เมื่อธาตุถูกยิงด้วยอนุภาคนิวตรอน จะมีบางส่วนของอะตอมของธาตุนั้นเกิดเป็นสารกัมมันตรังสีขึ้น อัตราการเกิดสารกัมมันตรังสีขึ้นอยู่กับ ฟลักซ์ของนิวตรอน (neutron flux) ค่าครอสเซคชัน หรือ ภาคตัดขวางของการจับนิวตรอน (neutron cross-section) จำนวนอะตอมของธาตุที่มีในตัวอย่าง และปริมาณร้อยละของธาตุที่มีอยู่ในธรรมชาติ (isotopic abundance) อัตราการเกิดสารกัมมันตรังสีสามารถเขียนแสดงเป็นความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.6)

$$P = N\sigma\phi \quad \dots(2.6)$$

ในที่นี้

- P = อัตราการเกิดไอโซโทปรังสี หน่วยเป็น จำนวนอนุภาคต่อวินาที
- N = จำนวนอะตอมทั้งหมดของธาตุที่นำเข้าอบรังสี หน่วยเป็น อะตอม
- σ = ค่าภาคตัดขวางของการจับนิวตรอน มีหน่วยเป็น บาร์น (barn)
โดยที่ $1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2$
- ϕ = ฟลักซ์หรือความเข้มข้นของนิวตรอน มีหน่วยเป็น นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที (neutron/cm²/sec)

ถ้าอัตราการเกิดของไอโซโทปรังสีมีค่าคงที่ อัตราการเพิ่มของสารกัมมันตรังสีจะเท่ากับ ผลต่างระหว่างอัตราการเกิดและอัตราการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี ดังสมการที่ (2.7)

$$dN / dt = P - \lambda N \quad \dots(2.7)$$

- เมื่อ dN / dt = อัตราการเพิ่มของไอโซโทปรังสี
- λ = ค่าคงตัวในการสลายตัวของไอโซโทปรังสีที่เกิดขึ้น (decay constant) มีค่าเท่ากับ $0.693/T_{1/2}$
- $T_{1/2}$ = ค่าครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี
- N_0 = จำนวนอะตอมของไอโซโทปรังสีที่มีอยู่เริ่มแรก
- t = ช่วงเวลาที่ใช้ในการอบรังสี

จากสมการที่ (2.7) จะได้

$$N = P / [\lambda (1 - e^{-\lambda t})] + N_0 e^{-\lambda t}$$

เมื่อจำนวนไอโซโทปธาตุเริ่มต้นไม่มีอยู่เลย : แสดงว่า $N_0 = 0$

$$N = P / [\lambda (1 - e^{-\lambda t})] \quad \dots (2.8)$$

ความแรงรังสีที่เกิดขึ้นเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.9)

$$A = \lambda N \quad \dots (2.9)$$

ดังนั้นจากสมการที่ (2.8) และ (2.9) จะได้ว่า

$$A = P (1 - e^{-\lambda t}) \quad \dots (2.10)$$

แทนค่า P จากสมการที่ (2.6) ลงในสมการที่ (2.10) ค่าความแรงรังสีของไอโซโทปกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นเขียนได้เป็น

$$A = N \sigma \phi (1 - e^{-\lambda t}) \quad \dots (2.11)$$

จำนวนอะตอม (N) ของไอโซโทปเสถียร (stable isotope) ของธาตุที่นำเข้าอบรังสีสามารถคำนวณได้จากน้ำหนักของธาตุที่มีในตัวอย่างดังสมการที่ (2.12)

$$N = [N_0 W f] / M \quad \dots (2.12)$$

ในที่นี้

N_0 = ค่าคงที่ของเลขอาโวกาโดร (Avogadro's number) มีค่าเท่ากับ

$$6.023 \times 10^{23} \text{ atom / mole}$$

W = น้ำหนักของธาตุทั้งหมด หน่วยเป็นกรัม

f = ร้อยละของไอโซโทปของธาตุนั้นในธรรมชาติ (abundance)

M = น้ำหนักอะตอมของธาตุ

ดังนั้นเมื่อแทนค่า N จากสมการที่ (2.12) ลงในสมการที่ (2.11) จะได้สมการ

ของการอบนิวตรอน (neutron activation equation) ในรูปความแรงรังสี (radioactivity : A) และมวลของธาตุ (weight : W) ที่เกิดภายหลังการอบนิวตรอน ดังสมการที่ (2.13) และ (2.14)

$$A = [N_0 W f \sigma \phi (1 - e^{-\lambda t})] / M \quad \dots (2.13)$$

$$W = [MA] / [N_0 W f \sigma \phi (1 - e^{-\lambda t})] \quad \dots (2.14)$$

ความแรงรังสีของไอโซโทปรังสีที่เกิดขึ้นจากการอบด้วยนิวตรอนเป็นเวลานาน T ใด ๆ ภายหลังสิ้นสุดการอบนิวตรอน จะมีค่าลดลงเนื่องจากการสลายตัวของไอโซโทปกัมมันตรังสี ซึ่งเป็นการสลายตัวแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล สมการการอบนิวตรอนในสมการที่ 2.8 และ สมการที่ 2.9 จึงต้องแก้ไขเพิ่มเติมด้วยค่า $e^{-\lambda T}$ เปลี่ยนรูปเป็นสมการที่ (2.10) และ (2.11)

$$A = [N_0 W f \sigma \phi (1 - e^{-\lambda t}) e^{-\lambda T}] / M \quad \dots (2.15)$$

$$W = [MA \cdot e^{\lambda T}] / [N_0 W f \sigma \phi (1 - e^{-\lambda t})] \quad \dots (2.16)$$

ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุด้วยเทคนิคการอบนิวตรอน นิยมใช้การคำนวณเชิงเปรียบเทียบ (comparative method) ซึ่งกระทำได้โดยควบคุมตัวแปรหรือเงื่อนไขให้ตรงกันมากที่สุด ทั้งเงื่อนไขของการอบนิวตรอนและเงื่อนไขของการวัดรังสีของสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน โดยจัดเงื่อนไขค่าฟลักซ์ (ϕ) ค่าครอสเซคชัน (σ) และเวลาในการอบนิวตรอน (t) ให้มีค่าเดียวกัน จึงได้ความสัมพันธ์ของค่าความแรงรังสีเปรียบเทียบระหว่างสารตัวอย่างและสารมาตรฐานดังสมการที่ (2.17)

$$\frac{A_{\text{sample}}}{A_{\text{standard}}} = \frac{N_{\text{sample}}}{N_{\text{standard}}} \quad \dots (2.17)$$

- เมื่อ A_{sample} = ค่าความแรงรังสีของสารตัวอย่าง (sample)
 A_{standard} = ค่าความแรงรังสีของสารมาตรฐาน (standard)
 N_{sample} = น้ำหนักของสารตัวอย่าง
 N_{standard} = น้ำหนักของสารมาตรฐาน

หรืออาจเขียนได้เป็น

$$N_{\text{sample}} = N_{\text{standard}} \times \frac{A_{\text{sample}}}{A_{\text{standard}}} \quad \dots (2.18)$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
 Rajabhat University

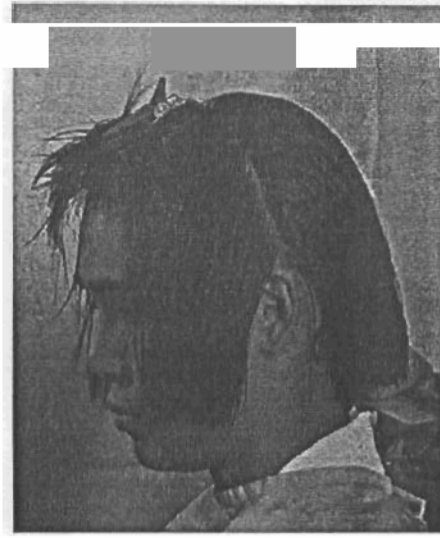
บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

เนื่องจากทรงผมมีความสำคัญต่อบุคลิกภาพและความสวยงาม ทำให้มีบุคคลที่ยินยอมให้เก็บตัวอย่างจำนวนหลายบริเวณรอบศีรษะในเวลาเดียวกันมีจำนวนน้อย กลุ่มบุคคลที่นำตัวอย่างเส้นผมมาศึกษาในงานวิจัยนี้จึงเป็นเส้นผมจากคนสุขภาพปกติโดยทั่วไปจำนวนเพียง 6 คนโดยไม่จำกัดเพศวัยและอายุ ประกอบกับความจำกัดด้านงบประมาณและสารเคมีในการวิเคราะห์ การสุ่มตัวอย่างเส้นผมที่ใช้ในงานวิจัยจึงสุ่มตัวอย่างจำนวนรวม 12 ตัวอย่างจากตำแหน่งบริเวณทั้ง 4 บริเวณเป้าหมาย แต่ละบริเวณจัดเก็บตัวอย่างเส้นผมจำนวน 3 ตัวอย่าง เส้นผมจำนวน 3 ตัวอย่างจากแต่ละบริเวณนำมาคลุกเคล้ากันแล้วสุ่มตัวอย่างเส้นผม ซึ่งเป็นตัวแทนเส้นผมของบริเวณนั้นนำมาเข้ารหัสของบริเวณนั้น ๆ มาทำการวิเคราะห์เพียงตัวอย่างเดียวเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ ดังนั้นบนศีรษะบุคคลหนึ่ง ๆ จะมีตัวอย่างเส้นผมที่วิเคราะห์จากสี่บริเวณ ๆ ละ 1 ตัวอย่างเส้นผมเท่านั้น

ในที่นี้ได้กำหนดบริเวณกลุ่มเป้าหมายเป็น 4 บริเวณ ได้แก่ บริเวณกระโหลกศีรษะส่วนหน้าซ้าย บริเวณกระโหลกศีรษะส่วนหน้าขวา บริเวณกระโหลกศีรษะส่วนหลังซ้าย และบริเวณกระโหลกศีรษะส่วนหลังขวา แผนภาพการจัดแบ่งบริเวณกลุ่มเป้าหมายเป็น 4 บริเวณ ในรูปที่ 3.1 แสดงการแบ่งเส้นผมระหว่างกระโหลกส่วนหน้าและกระโหลกส่วนหลัง รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการตัดเก็บเส้นผมจากบริเวณกระโหลกส่วนหน้าขวา รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะการตัดเก็บเส้นผมจากบริเวณกระโหลกส่วนหลังขวา และรูปที่ 3.4 แสดงลักษณะการตัดเก็บเส้นผมจากบริเวณกระโหลกส่วนหลังซ้าย แต่ภาพบุคคลที่สาธิตการจัดเก็บมิใช่บุคคลเจ้าของตัวอย่างเส้นผมของการวิเคราะห์ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงการสาธิตให้เห็นลักษณะการจัดเก็บเท่านั้น



รูปที่ 3.1 แสดงการแบ่งเส้นผมระหว่างกระโหลก
ส่วนหน้าและกระโหลกส่วนหลัง



รูปที่ 3.2 รูปแสดงการตัดเส้นผมจากบริเวณ
กระโหลกส่วนหน้าขวา



รูปที่ 3.3 รูปแสดงการตัดเส้นम्मจากบริเวณ
กระโหลกส่วนหลังขวา



รูปที่ 3.4 รูปแสดงการตัดเส้นम्मจากบริเวณ
กระโหลกส่วนหลังซ้าย

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

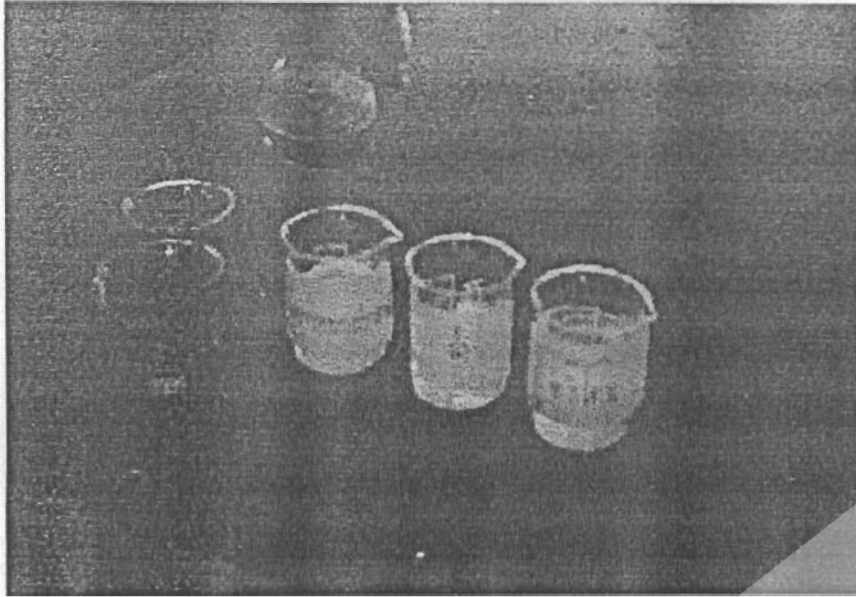
เนื่องจากบุคคลที่มอบตัวอย่างเส้นผมให้กับงานวิจัยนี้ ไม่ต้องการให้เปิดเผยชื่อ และนามสกุล จึงใช้วิธีการเข้ารหัสบุคคลตามตัวอักษรนำหน้าชื่อเป็น E.F.G.H ,L และ R เป็นต้น ได้แสดงข้อมูลของกลุ่มบุคคลเจ้าของตัวอย่างเส้นผมพร้อมด้วยลักษณะทางกายภาพของเส้นผมที่ปรากฏไว้ในตารางที่ 4.1

ตัวอย่างเส้นผมที่จัดเตรียมขึ้นเพื่อนำไปวิเคราะห์หาธาตุองค์ประกอบ ต้องนำไปล้างให้สะอาดปราศจากไขมันและสิ่งสกปรก โดยทำการล้างทำความสะอาดด้วย 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก การล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างจานจากนั้นล้างให้สะอาดอีกครั้งด้วยน้ำยาอะซีโตน (acetone) แล้วผึ่งให้แห้ง

ในรูปที่ 3.5 เป็นรูปแสดงการจัดเก็บรวบรวมตัวอย่างเส้นผมที่ได้จากบุคคลต่าง ๆ ก่อนนำไปวิเคราะห์ ส่วนรูปที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเส้นผม



รูปที่ 3.5 แสดงรูปการจัดเก็บรวบรวมตัวอย่างเส้นผมที่ได้จากบุคคลต่าง ๆ ก่อนนำไปวิเคราะห์



รูปที่ 3.6 แสดงการล้างทำความสะอาดเส้นผมในน้ำยาล้างจาน น้ำสะอาดและน้ำยาอะซีโตน

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.3.1 ต้นกำเนิดนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย (Research Reactor)

ขนาด 2 เมกะวัตต์

1.3.2 ระบบวัดรังสีแกมมา ประกอบด้วยหัววัดรังสีแกมมาชนิดเจอร์มาเนียม

ความบริสุทธิ์สูง (Hyperpure Germanium : HPGe) และชุดวิเคราะห์

พลังงานรังสีแกมมาแบบหลายช่อง (Multi Channel Analyzer : MCA)

1.3.3 หลอดบรรจุตัวอย่างทำด้วยวัสดุทนความร้อนสูงชนิดโพลีเอธิลีน

1.3.4 ท่อบรรจุหลอดตัวอย่างสำหรับการอบนิวตรอน (rabbit)

1.3.5 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างเส้นผม

1.3.6 อุปกรณ์ทำความสะอาดตัวอย่างเส้นผม

1.3.7 สารมาตรฐานสารมาตรฐานนมผง (Milk Powder : MP)

3.3 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative analysis)

ทำการศึกษารังสีแกมมาประกอบในเส้นผมเชิงคุณภาพด้วยเทคนิคการอบนิวตรอน โดยนำตัวอย่างเส้นผมที่ทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วมาบรรจุลงในหลอดบรรจุสาร แล้วปิดผนึกด้วยความร้อนนำเข้าอบนิวตรอนในห้อง A1 ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว - 1/1 ใช้เวลาอบนานต่างกันหลายเงื่อนไข คือ 20 วินาที 2 นาที 10 นาที 60 นาที 4 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ ตัวอย่างเส้นผมหลังการอบนิวตรอน นำมาศึกษารังสีแกมมาที่เกิดขึ้นด้วยหัววัดรังสีแบบสารกึ่งตัวนำชนิด HPGe จากค่าพลังงานรังสีแกมมาที่วัดได้นำไปศึกษาไอโซโทปกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นภายหลังการอบนิวตรอนจะทำให้ทราบชนิดของธาตุที่มีในตัวอย่างเส้นผมได้

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเชิงคุณภาพด้วยเวลาที่ใช้ออบนิวตรอนต่าง ๆ กัน นำมาพิจารณาค่าเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เชิงปริมาณของแต่ละธาตุในเส้นผมได้

3.4 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative analysis)

หลังจากศึกษาได้เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาวิเคราะห์ธาตุในเส้นผมในขั้นตอนการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในเส้นผมเชิงปริมาณด้วยเทคนิคการอบนิวตรอน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ปริมาณด้วยเทคนิคเชิงเปรียบเทียบ (comparative method) ด้วยการเปรียบเทียบค่าความแรงรังสีแกมมาของไอโซโทปกัมมันตรังสีของธาตุเป้าหมายที่ต้องการวิเคราะห์ระหว่างสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน ในที่นี้เลือกใช้สารมาตรฐานนมผง (Milk Powder : MP) ซึ่งมีธาตุปริมาณน้อยระดับใกล้เคียงกับปริมาณที่มีในตัวอย่างเส้นผมดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 3.1 โดยมีขั้นตอนการทดลองวิเคราะห์เชิงปริมาณดังต่อไปนี้

1. นำตัวอย่างเส้นผมที่สะอาดมาซึ่งบรรจุลงในหลอดบรรจุสาร จากนั้นปิดผนึกด้วยความร้อนแล้วตัดแต่งให้เรียบร้อยไม่มีรอยร้าว
2. นำสารมาตรฐานตามที่ระบุไว้ว่าเหมาะสมมาซึ่งบรรจุลงในหลอดบรรจุสาร จากนั้นปิดผนึกด้วยความร้อนแล้วตัดแต่งให้เรียบร้อยไม่มีรอยร้าว
3. นำสารตัวอย่างและสารมาตรฐานเข้าอบนิวตรอนในห้องอบ A1 ของเครื่อง

ปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว - 1/1 ใช้เวลาอบนานเท่ากับค่าเวลาที่เหมาะสมซึ่งได้จาก ผลการศึกษาในขั้นตอนการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ในการทดลองนี้ใช้เวลาอบนิวตรอน นานเท่ากับ 4 ชั่วโมง เนื่องจากค่าเวลาที่เลือกใช้นี้เป็นค่าที่เหมาะสมสามารถวิเคราะห์ ธาตุได้หลายธาตุพร้อมกันโดยไม่ต้องจัดเตรียมตัวอย่างการอบหลายชุด หรืออบหลาย ช่วงเวลาสำหรับตัวอย่างชุดเดียวกันซึ่งต้องรอเวลาสลายตัวทำให้การวิเคราะห์ล่าช้าเสีย เวลา นอกจากนี้การเลือกใช้เวลาอบนิวตรอนเป็นเวลาดังกล่าวนี้ทำให้ประหยัดเวลา และประหยัดค่าใช้จ่ายด้วย การจัดเรียงสารตัวอย่างและสารมาตรฐานแสดงไว้ ดังรูป ที่ 3.7

4. หลังจากครบเวลาอบนำสารตัวอย่างและสารมาตรฐานที่อบนิวตรอนแล้ว ไปพักไว้ให้สลายตัวในถ้ำตะกั่วเพื่อป้องกันอันตรายจากรังสีที่เกิดขึ้นภายหลังการอบ ตามระยะเวลาที่เหมาะสมซึ่งทำการคำนวณไว้ว่าจะไม่เกิดการรบกวนต่อพีคริสตีแกรมมา เป้าหมายที่ต้องการศึกษาจากพีคของรังสีแกมมาอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการใช้ในการคำนวณ ปริมาณ หรือให้มีการรบกวนน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ ในการทดลองนี้ใช้เวลาการสลายตัว ภายหลังการอบนานประมาณ 2 วัน

5. นำสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน ซึ่งได้ทำการอบนิวตรอนและทิ้งไว้ให้สลาย ตัวตามระยะเวลาที่เหมาะสมแล้ว ไปตรวจวัดรังสีแกมมาที่เกิดขึ้นด้วยหัววัดรังสีแกมมา แบบสารกึ่งตัวนำชนิด HPGe โดยใช้เวลาวัดในการวัดรังสีของแต่ละตัวอย่างด้วยระยะ เวลานานเท่ากันทั้งสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน ในการทดลองนี้ใช้เวลาวัดนานเท่ากับ 2000 วินาทีเท่ากันทุกตัว

หมายเหตุ เนื่องจากการทดลองนี้เลือกใช้เทคนิคการคำนวณปริมาณเชิงเปรียบเทียบ แต่การวัดรังสีของสารตัวอย่างและสารมาตรฐานในเวลาเดียวกันกระทำไม่ได้ จึงต้องใช้ หัววัดและระบบวัดรังสีชุดเดียวกันในการวัดรังสีของตัวอย่างทั้งหมดที่อบในเงื่อนไขเดียวกัน จากนั้นนำค่าความแรงรังสีที่วัดได้ไปคำนวณเป็นผลการวัดความแรงรังสีที่เวลา เดียวกันของสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน ตามสูตรความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสี กับเวลาการสลายตัว จึงต้องระมัดระวังเรื่องการจับบันทึกเวลาการวัดทุกตัวอย่างให้ถูก ต้องเพื่อให้ได้ผลการคำนวณที่ถูกต้องแม่นยำที่สุด

6. นำค่าความแรงรังสี ณ เวลาวัดเดียวกันและค่ามวลของทั้งสารตัวอย่างและสารมาตรฐานที่อาบในเงื่อนไขเดียวกันของหลอดการอาบนิวตรอนเดียวกันไปคำนวณปริมาณของธาตุ ดังสมการความสัมพันธ์ในสมการที่ 2.13



รูปที่ 3.7 แสดงการจัดเรียงสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน เพื่อนำเข้าอาบนิวตรอนพร้อมกัน

- สีเหลี่ยมสีดำแสดงถึงตำแหน่งของการวางสารมาตรฐาน
- สีเหลี่ยมสีขาวแสดงถึงตำแหน่งของการวางสารตัวอย่าง

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลธาตุที่มีในสารมาตรฐานนมผง (Milk Powder : MP) ซึ่งมีธาตุปริมาณน้อยระดับใกล้เคียงกับปริมาณที่มีในตัวอย่างเส้นผม ในที่นี้รายงานเฉพาะปริมาณธาตุ Na , Br , Zn , Cr ซึ่งต้องการใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณ

ชนิดของธาตุ	ปริมาณธาตุที่มีในสารมาตรฐาน
Na	3560
Br	20
Zn	28
Cr	0.50
Au	0

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 กลุ่มตัวอย่างและตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

กลุ่มบุคคลที่นำตัวอย่างเส้นผมมาศึกษาในงานวิจัยนี้ เป็นเส้นผมจากกลุ่มคนสุขภาพปกติโดยทั่วไปจำนวน 6 คนโดยไม่จำกัดเพศวัยและอายุ โดยพิจารณาจากคำบอกเล่าถึงสุขภาพของตนเองจากเจ้าของตัวอย่างเส้นผมประกอบสุขภาพที่ปรากฏซึ่งผู้วิจัยสังเกตพบ สาเหตุที่การทดลองจัดทำจากกลุ่มตัวอย่างบุคคลจำนวนน้อยเพียง 6 คน นั้น เนื่องจากทรงผมมีความสำคัญต่อบุคลิกภาพและความสวยงาม ทำให้มีบุคคลที่ยินยอมให้เก็บตัวอย่างจำนวนหลายบริเวณรอบศีรษะในเวลาเดียวกันมีจำนวนน้อย ประกอบกับความจำกัดด้านงบประมาณและสารเคมีในการวิเคราะห์ ได้แสดงข้อมูลของกลุ่มบุคคลเจ้าของตัวอย่างเส้นผมสำหรับศึกษาธาตุองค์ประกอบในเส้นผม พร้อมลักษณะทางกายภาพของเส้นผมที่ปรากฏไว้ในตารางที่ 4.1

การสุ่มตัวอย่างเส้นผมที่ใช้ในงานวิจัยได้กำหนดบริเวณกลุ่มเป้าหมายเป็น 4 บริเวณ ได้แก่ บริเวณกระโหลกศีรษะส่วนหน้าซ้าย บริเวณกระโหลกศีรษะส่วนหน้าขวา บริเวณกระโหลกศีรษะส่วนหลังซ้าย และบริเวณกระโหลกศีรษะส่วนหลังขวา จากนั้นจึงสุ่มตัวอย่างเส้นผมจากตำแหน่งต่าง ๆ ในแต่ละบริเวณเป้าหมายจำนวน 3 จุดต่าง ๆ กันภายในบริเวณเป้าหมายนั้น ๆ ตัวอย่างเส้นผมจำนวน 3 ตัวอย่างจากบริเวณเป้าหมายเดียวกันถูกนำมาคลุกเคล้ากันแล้วสุ่มตัวอย่างเส้นผมเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์เพียงตัวอย่างเดียวเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์

จึงกล่าวได้ว่าบุคคลเป้าหมายแต่ละคนจะถูกจัดเก็บตัวอย่างเส้นผมจากจุดต่าง ๆ รอบศีรษะรวม 12 ตัวอย่าง แต่มีตัวอย่างเส้นผมที่นำมาวิเคราะห์ปริมาณจาก 4 บริเวณเป้าหมาย โดยนำตัวอย่างเส้นผมที่จัดกระทำด้วยวิธีดังได้กล่าวมาแล้วนั้นมาเข้ารหัส ตัวอย่างเส้นผม การเข้ารหัสตัวอย่างเส้นผมระบุด้วย " รหัสบุคคลแล้วตามด้วยบริเวณเป้าหมายบนศีรษะ" ตัวอย่างรหัสเส้นผมที่ได้เข้ารหัส ได้แก่ E1 เป็นรหัสตัวอย่างจาก

เส้นผมของนาย E (นามสมมุติ) จากบริเวณเป้าหมายบนศีรษะตำแหน่งที่ 1 F3 เป็นรหัสตัวอย่างจากเส้นผมของ นาย F (นามสมมุติ) จากบริเวณเป้าหมายบนศีรษะตำแหน่งที่ 3 เป็นต้น

จากตัวอย่างเส้นผมของแต่ละบุคคลจากบริเวณกลุ่มเป้าหมายเดียวกันที่ได้ล้างทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว จะถูกนำมาเตรียมบรรจุลงในภาชนะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน ตัวอย่างทุกตัวถูกจัดเตรียมสำหรับการทดลองซ้ำตัวอย่างละ 4 ครั้ง จึงซึ่งเตรียมตัวอย่างทุกตัวอย่างเป็น 4 ตัวอย่างที่พร้อมจะทดลองวิเคราะห์ ได้แก่ ตัวอย่างเส้นผม E1 ถูกจัดเตรียมซึ่งทราบมวลในทุกภาชนะเป็น E1-1 E1-2, E1-3, E1-4, E2-1, E2-2, E2-3 และ E2-4 เป็นต้น ข้อมูลตัวอย่างเส้นผมและการเข้ารหัสตัวอย่างได้ปรากฏอยู่ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลของกลุ่มบุคคลเจ้าของตัวอย่างเส้นผมสำหรับศึกษาการกระจายของธาตุองค์ประกอบในเส้นผม พร้อมลักษณะทางกายภาพของเส้นผมที่ปรากฏ เนื่องจากบุคคลที่มอบตัวอย่างเส้นผมให้กับงานวิจัยนี้ไม่ต้องการให้เปิดเผยชื่อและนามสกุล จึงใช้วิธีการเข้ารหัสบุคคลตามตัวอักษรนำหน้าชื่อเป็น E, F, GH, L และ R เป็นต้น

รหัสบุคคล	ลักษณะของเส้นผมทางกายภาพที่ปรากฏ	หมายเหตุ
E	ดำสนิท	สุขภาพดี ไม่มีโรคจากการสอบถาม
F	น้ำตาลดำ	สุขภาพดี แต่มีอาการปวดศีรษะบ้างในเวลาใกล้มีรอบเดือน
G	ดำสนิทเป็นประกาย	สุขภาพดี เป็นนักกีฬาจึงออกกำลังกายสม่ำเสมอ
H	ดำ	สุขภาพปกติ
L	น้ำตาลเข้ม	สุขภาพปกติ
R	ดำ	สุขภาพปกติ

หมายเหตุ กลุ่มตัวอย่างเส้นผมที่เลือกใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ เลือกนำมาจากกลุ่มบุคคลที่มีปริมาณเส้นผมที่สามารถเก็บมาใช้ในการศึกษาด้วยปริมาณมากเพียงพอต่อการสุ่มเลือกเส้นผมตามการกระจายทั่วศีรษะได้สะดวก

4.2 ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative analysis)

จากการทดลองศึกษาธาตุองค์ประกอบในเส้นผมเชิงคุณภาพด้วยเทคนิคการอบนิวตรอน โดยนำตัวอย่างเส้นผมตัวอย่างที่ทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วมาบรรจุลงในหลอดบรรจุสารโดยปิดผนึกให้เรียบร้อยด้วยความร้อน นำตัวอย่างเส้นผมดังกล่าวเข้าอบเทอร์มัลนิวตรอนในท่อ A1 ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว - 1/1 ซึ่งมีค่าฟลักซ์ประมาณ 10^{-11} นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที จากนั้นศึกษาพลังงานรังสีแกมมาที่ถูกปล่อยออกมาด้วยหัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) นำค่าพลังงานรังสีแกมมาที่ตรวจพบไปวิเคราะห์หาชนิดของไอโซโทปกัมมันตรังสีและชนิดของธาตุที่มีในตัวอย่างเส้นผม การศึกษาเชิงคุณภาพในงานวิจัยนี้ศึกษาผลการอบนิวตรอนด้วยเวลานานต่างกันหลายเงื่อนไข คือ 50 วินาที , 1 นาที , 20 นาที , 2 ชั่วโมง , 4 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ

จากการทดลองศึกษาเงื่อนไขการอบนิวตรอนและเวลาที่ใช้ในการสลายตัวด้วยเวลาต่างๆ กัน ได้ข้อสรุปดังนี้

ก. เมื่อนำเส้นผมตัวอย่างไปอบนิวตรอนเพื่อศึกษาไอโซโทปกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้นด้วยเวลาการอบสั้นๆ เป็น 20 วินาที , 1 นาที และ 20 นาที ตามลำดับ พบไอโซโทปกัมมันตรังสีของธาตุอลูมิเนียม (Al) โซเดียม (Na) แมกนีเซียม (Mg) คลอรีน (Cl) ไททาเนียม (Ti) วานาเดียม (V) และ ไอโอดีน (I) คือ ไอโซโทปกัมมันตรังสีของ Al-28 , Na-24 , Mg-27 , Cl-38 , Ti-51 , V-52 และ I-128 ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 2.24 นาที , 14.96 ชั่วโมง , 9.46 นาที , 37.24 นาที , 5.76 นาที , 3.75 นาที และ 24.99 นาที ตามลำดับ

ข. เมื่อนำเส้นผมตัวอย่างเส้นผมไปอบเทอร์มัลนิวตรอนเพื่อศึกษาไอโซโทปกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตยาวปานกลาง ด้วยเวลาการอบนิวตรอนเป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง , 4 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ พบไอโซโทปกัมมันตรังสีของ

ธาตุที่มีค่าครึ่งชีวิตยาวเพิ่มเติมอีก ได้แก่ โครเมียม (Cr) , สังกะสี (Zn) , โบรมีน (Br) และ ทอง (Au) คือ ไอโซโทปกัมมันตรังสีของ Cr-51 , Zn-65 , Br- 82 และ Au-198 ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 27.7 วัน , 243.9 วัน , 35.3 ชั่วโมง และ 2.70 วัน ตามลำดับ

ค. การอาบตัวอย่างด้วยเทอร์มัลนิวตรอนในระดับเวลานานมากกว่า 12 ชั่วโมง พบไอโซโทปธาตุที่มีค่าครึ่งชีวิตยาวของธาตุเพิ่มขึ้น แต่พบการรบกวนจาก ไอโซโทปธาตุที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้นต่าง ๆ มาก แต่ก็จะสามารถแก้ปัญหาโดยปล่อยให้สลายตัวนาน ๆ จนไอโซโทปกัมมันตรังสีเหล่านั้นสลายตัวหมดหรือไม่เกิดการรบกวน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความเหมาะสมของงานวิจัยครั้งนี้ซึ่งสนใจเพียงปริมาณของธาตุในเส้นผมบริเวณต่าง ๆ ในบุคคลเท่านั้นจึงไม่คุ้มค่าสำหรับการวิเคราะห์ที่ต้องใช้เวลานานขึ้น โดยได้ปริมาณธาตุเพิ่มขึ้นไม่มากนัก

4.3 ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative analysis)

งานวิจัยนี้นำผลการศึกษาทดลองในขั้นตอนการศึกษาเชิงคุณภาพของธาตุองค์ประกอบในเส้นผม มาวิเคราะห์ผลดีผลเสียของเวลาที่ใช้ในการอาบนิวตรอน เวลาของการสลายตัว และ เวลาการวัดรังสีแกมมาด้วยเงื่อนไขต่าง ๆ กัน ผู้วิจัยพบว่าเงื่อนไขการอาบนิวตรอนเป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้สลายตัวนาน 2 วัน เป็นเงื่อนไขเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณของ โซเดียม โครเมียม สังกะสี โบรมีน และ ทอง โดยไม่มีผลการรบกวนจากไอโซโทปธาตุที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้น ได้แก่ Al-28 , Mg-27 , Cl-38 , Ti-51 , V-52 และ I-128 ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตเป็น 2.24 นาที , 9.46 นาที , 37.24 นาที , 5.76 นาที , 3.75 นาที และ 24.99 นาที ตามลำดับ สาเหตุที่เลือกใช้เวลาสลายตัวนาน 2 วันนั้น เนื่องจากมีวัตถุประสงค์ให้ธาตุที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้นหมดอย่างแท้จริง บนหลักการที่นักปฏิบัติการทางรังสีเลือกใช้กล่าวคือ “เมื่อต้องการให้สารรังสีสลายตัวหมดควรปล่อยให้สารรังสีสลายตัวนานกว่า 10 เท่าของค่าครึ่งชีวิตของสารรังสีนั้น”

วิธีการทดลองนำสารตัวอย่างเส้นผมและสารมาตรฐานไปอาบเทอร์มัลนิวตรอนในห้อง A1 ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปว - 1/1 ซึ่งจากรายงานของกองฟิสิกส์พบว่ามีค่าฟลักซ์ของเทอร์มัลนิวตรอนเท่ากับ 8.7×10^{-11} นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที จากนั้นศึกษาค่าความแรงรังสีของพลังงานรังสีแกมมาที่ถูกปล่อยออกมาด้วย

หัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) โดยใช้เครื่องมือวัดของกองฟิสิกส์ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ โดยศึกษาจากไอโซโทปกัมมันตรังสีของ Na-24 , Cr-51 , Zn-65 , Br- 82 และ Au-198 ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 14.96 ชั่วโมง , 27.7 วัน , 243.8 วัน , 1.47 วัน และ 2.697 วัน ด้วยพีคพลังงานรังสีแกมมาเท่ากับ 1368 , 319 , 1114 , 776 และ 411 KeV. ตามลำดับ

การทดลองวิเคราะห์ปริมาณธาตุในตัวอย่างเส้นผมรหัสต่าง ๆ ซึ่งทำการทดลองวิเคราะห์ธาตุด้วยการอบนิวตรอนพร้อมกันสามารถวิเคราะห์ธาตุได้พร้อมกัน 5 ธาตุ ได้แก่ Na-24 , Cr-51 , Zn-65 , Br- 82 และ Au-198 ในงานวิจัยได้ทำการทดลองซ้ำสำหรับรหัสตัวอย่างเส้นผมหนึ่ง ๆ ใด แต่ในรายงานการวิจัยนี้ได้นำมาเสนอเพียงบางส่วนของผลการทดลองเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับประกอบรายงานเท่านั้น ข้อมูลที่แสดงไว้ในตารางได้นำเสนอรหัสตัวอย่าง ค่ามวลของตัวอย่างที่ใช้ทดลอง เวลาเริ่มวัดภายหลังการอบนิวตรอน ค่าพื้นที่ใต้พีคที่เลือกใช้ในการคำนวณปริมาณของธาตุที่เวลาใด ๆ (Td) และ ข้อมูลสารมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตัวอย่างภายหลังการอบไม่สามารถวัดพร้อมกันด้วยหัววัดเดียวกันได้ จึงต้องคำนวณจากความสัมพันธ์ของการสลายตัวของรังสีเพื่อจะทราบความแรงรังสีที่ควรวัดได้ในเวลาเดียวกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุโซเดียม (Na) ในตัวอย่างเส้นผม ด้วยเทคนิคการอบนิวตรอน นิวตรอนฟลักซ์เท่ากับ $8.7 \times 10^{11} \text{ n-cm}^{-2} - \text{s}^{-1}$. เวลาอบ 4 ชั่วโมงทิ้งให้สลายตัว 2 วัน วัดรังสีแกมมาด้วยหัววัด HPGe นาน 2000 วินาที

รหัสสารตัวอย่าง	มวลสาร (กรัม)	เวลาเริ่มวัด (ชั่วโมง)	จำนวนนับ ณ เวลาที่วัดต่อกรัมสาร	จำนวนนับที่คำนวณ ณ เวลาเริ่มต้น t=0	ปริมาณธาตุ Na จากการวิเคราะห์ (ppm)
E1-1	0.0501	0.00	1176	23473	309
E2-1	0.0462	0.70	959	21442	283
E3-1	0.0678	1.05	990	15330	202
E4-1	0.0891	1.58	823	9940	131
F1-1	0.0715	3.15	567	9176	121
F2-1	0.0769	4.45	492	7863	104
F3-1	0.0428	5.07	383	11316	149
F4-1	0.0820	5.58	500	7898	104
MP1-1	0.1062	6.13	21585	270050	3560
MP2-1	0.1048	6.67	20813	270472	3560
G1-1	0.0492	22.43	120	6896	91
G2-1	0.0712	22.97	101	4111	54
G3-1	0.0819	23.52	251	9112	120
G4-1	0.0903	24.03	359	12106	160
H1-1	0.0925	24.63	17519	592990	7817
H2-1	0.1061	25.17	41445	1253628	16526
H3-1	0.0788	25.78	8407	352319	4645
H4-1	0.0648	27.53	6554	362215	4775
L1-1	0.0424	28.28	234	20463	270
L2-1	0.0450	28.82	182	46115	608
L3-1	0.0472	29.37	100	8260	109
L4-1	0.0916	29.90	326	11674	154
R1-1	0.0752	30.42	167	9090	120
R2-1	0.0792	30.95	73	3869	51
R3-1	0.08507	31.47	271	13689	180
R4-1	0.07752	32.98	122	7255	96

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุโบรมีน (Br) ในตัวอย่างเส้นผม ด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน นิวตรอนฟลักซ์เท่ากับ $8.7 \times 10^{11} \text{ n-cm}^{-2} - \text{s}^{-1}$. เวลาอาบ 4 ชั่วโมงทิ้งให้สลายตัว 2 วัน วัดรังสีแกมมาด้วยหัววัด HPGe นาน 2000 วินาที

รหัสสารตัวอย่าง	มวลสาร (กรัม)	เวลาเริ่มวัด (ชั่วโมง)	จำนวนนับ ณ เวลาที่วัดต่อกรัมสาร	จำนวนนับที่คำนวณ ณ เวลาเริ่มต้น t=0	ปริมาณธาตุ Na จากการวิเคราะห์ (ppm)
E1-1	0.0501	0.00	307	6128	3.9
E2-1	0.0462	0.70	270	5925	3.8
E3-1	0.0678	1.05	611	9200	5.9
E4-1	0.0891	1.58	541	6264	4.0
F1-1	0.0715	3.15	629	9359	6.0
F2-1	0.0769	4.45	584	8288	5.3
F3-1	0.0428	5.07	669	17267	11.1
F4-1	0.0820	5.58	777	10574	6.8
MP1-1	0.1062	6.13	2940	31229	20.0
MP2-1	0.1048	6.67	2957	32164	20.0
G1-1	0.0492	22.43	222	7011	4.5
G2-1	0.0712	22.97	353	7785	5.0
G3-1	0.0819	23.52	289	5601	3.6
G4-1	0.0903	24.03	362	6428	4.1
H1-1	0.0925	24.63	401	7034	4.5
H2-1	0.1061	25.17	156	2411	1.5
H3-1	0.0788	25.78	422	8888	5.7
H4-1	0.0648	27.53	282	7475	4.8
L1-1	0.0424	28.28	127	5221	3.3
L2-1	0.0450	28.82	159	18672	12.0
L3-1	0.0472	29.37	304	11468	7.3
L4-1	0.0916	29.90	548	8836	5.7
R1-1	0.0752	30.42	562	13585	8.7
R2-1	0.07917	30.95	479	11114	7.1
R3-1	0.08507	31.47	586	12782	8.2
R4-1	0.07752	32.98	369	9100	5.8

ตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุสังกะสี (Zn) ในตัวอย่างเส้นผม ด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน นิวตรอนฟลักซ์เท่ากับ $8.7 \times 10^{11} \text{ n-cm}^{-2} - \text{s}^{-1}$. เวลาอาบ 4 ชั่วโมงทิ้งให้สลายตัว 2 วัน วัดรังสีแกมมาด้วยหัววัด HPGe นาน 2000 วินาที

รหัสสารตัวอย่าง	มวลสาร (กรัม)	เวลาเริ่มวัด (ชั่วโมง)	จำนวนนับ ณ เวลาที่วัดต่อกรัมสาร	จำนวนนับที่คำนวณ ณ เวลาเริ่มต้น t=0	ปริมาณธาตุ Zn จากการวิเคราะห์ (ppm)
E1-1	0.0501	0.00	257	5130	36
E2-1	0.0462	0.70	320	6927	49
E3-1	0.0678	1.05	589	8688	62
E4-1	0.0891	1.58	460	5164	37
F1-1	0.0715	3.15	873	12214	87
F2-1	0.0769	4.45	883	11488	82
F3-1	0.0428	5.07	531	12414	88
F4-1	0.0820	5.58	879	10727	76
MP1-1	0.1062	6.13	418	3939	28
MP2-1	0.1048	6.67	407	3887	28
G1-1	0.0492	22.43	772	15733	112
G2-1	0.0712	22.97	896	12619	90
G3-1	0.0819	23.52	972	11901	85
G4-1	0.0903	24.03	1021	11339	81
H1-1	0.0925	24.63	629	6820	48
H2-1	0.1061	25.17	301	2845	20
H3-1	0.0788	25.78	571	7268	52
H4-1	0.0648	27.53	469	7261	52
L1-1	0.0424	28.28	810	19168	136
L2-1	0.0450	28.82	895	59871	426
L3-1	0.0472	29.37	976	20750	148
L4-1	0.0916	29.90	1911	17184	122
R1-1	0.0752	30.42	476	6353	45
R2-1	0.07917	30.95	456	5781	41
R3-1	0.08507	31.47	738	8708	62
R4-1	0.07752	32.98	586	7589	54

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุโครเมียม (Cr) ในตัวอย่างเส้นผม ด้วยเทคนิคการอบนิวตรอน นิวตรอนฟลักซ์เท่ากับ $8.7 \times 10^{11} \text{ n-cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. เวลาอบ 4 ชั่วโมงทิ้งให้สลายตัว 2 วัน วัดรังสีแกมมาด้วยหัววัด HPGe นาน 2000 วินาที

รหัสสารตัวอย่าง	มวลสาร (กรัม)	เวลาเริ่มวัด (ชั่วโมง)	จำนวนนับ ณ เวลาที่วัดต่อกรัมสาร	จำนวนนับที่คำนวณ ณ เวลาเริ่มต้น t=0	ปริมาณธาตุ Na จากการวิเคราะห์ (ppm)
E1-1	0.0501	0.00	2377	47445	1.00
E2-1	0.0462	0.70	4725	102347	2.15
E3-1	0.0678	1.05	3434	50704	1.07
E4-1	0.0891	1.58	4107	46170	0.97
F1-1	0.0715	3.15	4765	66863	1.41
F2-1	0.0769	4.45	3407	44510	0.94
F3-1	0.0428	5.07	2930	68821	1.45
F4-1	0.0820	5.58	2946	36137	0.76
MP1-1	0.1062	6.13	2506	23748	0.50
MP2-1	0.1048	6.67	2244	21562	0.50
G1-1	0.0492	22.43	1281	26653	0.56
G2-1	0.0712	22.97	1185	17047	0.36
G3-1	0.0819	23.52	1518	18995	0.40
G4-1	0.0903	24.03	2805	31851	0.67
H1-1	0.0925	24.63	1392	15440	0.33
H2-1	0.1061	25.17	1794	17358	0.37
H3-1	0.0788	25.78	1335	17403	0.37
H4-1	0.0648	27.53	1409	22377	0.47
L1-1	0.0424	28.28	616	14963	0.32
L2-1	0.0450	28.82	959	65883	1.39
L3-1	0.0472	29.37	935	20425	0.43
L4-1	0.0916	29.90	1331	12304	0.26
R1-1	0.0752	30.42	2697	37020	0.78
R2-1	0.07917	30.95	3342	43597	0.92
R3-1	0.08507	31.47	2787	33854	0.71
R4-1	0.07752	32.98	3657	48825	1.03

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุทอง (Au) ในตัวอย่างเส้นผม ด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน นิวตรอนฟลักซ์เท่ากับ $8.7 \times 10^{11} \text{ n-cm}^{-2} - \text{s}^{-1}$. เวลาอาบ 4 ชั่วโมงทิ้งให้สลายตัว 2 วัน วัดรังสีแกมมาด้วยหัววัด HPGe นาน 2000 วินาที

รหัสสารตัวอย่าง	มวลสาร (กรัม)	เวลาเริ่มวัด (ชั่วโมง)	จำนวนนับ ณ เวลาที่วัดต่อกรัมสาร	ความแรงรังสีจำเพาะ ของ Au ณ เวลาเริ่มต้น t=0 (c/g)
E1-1	0.0501	0.00	613	12236
E2-1	0.0462	0.70	678	14786
E3-1	0.0678	1.05	1047	15617
E4-1	0.0891	1.58	1336	15251
F1-1	0.0715	3.15	9981	144384
F2-1	0.0769	4.45	11164	152261
F3-1	0.0428	5.07	5588	137840
F4-1	0.0820	5.58	12823	166013
MP1-1	0.1062	6.13	0	0
MP2-1	0.1048	6.67	0	0
G1-1	0.0492	22.43	442	11423
G2-1	0.0712	22.97	395	7095
G3-1	0.0819	23.52	1039	16319
G4-1	0.0903	24.03	1093	15657
H1-1	0.0925	24.63	335	4715
H2-1	0.1061	25.17	360	4443
H3-1	0.0788	25.78	268	4482
H4-1	0.0648	27.53	185	3834
L1-1	0.0424	28.28	1162	37100
L2-1	0.0450	28.82	822	74610
L3-1	0.0472	29.37	595	17264
L4-1	0.0916	29.90	472	5826
R1-1	0.0752	30.42	370	6815
R2-1	0.07917	30.95	239	4205
R3-1	0.08507	31.47	241	3968
R4-1	0.07752	32.98	146	2681

ในตารางที่ 4.2 - ตารางที่ 4.6 เป็นข้อมูลแสดงการวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่าง ๆ คือ โซเดียม (Na) , โบรมีน (Br) , สังกะสี (Zn) , โครเมียม (Cr) และ ทอง (Au) ตามลำดับ ในตัวอย่างทุกชนิด ได้แก่ E, F, G, H, L และ R ปริมาณที่คำนวณได้อยู่ในระดับขนาดของหนึ่งในล้านส่วน (ppm) ยกเว้นธาตุทองที่ไม่สามารถคำนวณปริมาณที่แน่นอนได้ เนื่องจากไม่มีสารมาตรฐานที่มีทองเป็นองค์ประกอบได้เพราะมีราคาแพงเกินกว่างบประมาณที่มี ผู้วิจัยไม่สามารถจัดหาได้จึงคำนวณเพียงใช้ค่าความแรงจำเพาะ (specific radioactivity) ของทองที่พบภายหลังการอาบนิวตรอน เป็นค่ารายงานการกระจายของธาตุทองรอบศีรษะ โดยคำนวณจากค่าความแรงรังสีของแต่ละไอโซโทปธาตุที่วัดได้ต่อมวลของตัวอย่าง

4.4 ผลการวิเคราะห์การกระจาย (Distribution analysis)

จากข้อมูลแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ได้ด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน ได้แก่ ธาตุโซเดียม (Na) , โบรมีน (Br) , สังกะสี (Zn) , โครเมียม (Cr) และ ทอง (Au) ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.2 - ตารางที่ 4.6 นำมาจัดแสดงเป็นข้อมูลผลการวิเคราะห์ของแต่ละธาตุในตัวอย่างบุคคลต่าง ๆ โดยคำนวณค่าปริมาณธาตุจากการวิเคราะห์การใช้ค่าทางสถิติดังนี้

ก. ปริมาณที่มีของธาตุในตัวอย่างรายงานด้วยค่าเฉลี่ยโดยใช้ค่าทางสถิติชนิดเป็นตัวกลางเลขคณิต (arithematic mean)

ข. ค่าคลาดเคลื่อน (deviation) ของปริมาณธาตุจากบริเวณต่าง ๆ ในบุคคลเดียวกันที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยที่รายงาน รายงานด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ย (the standard deviation from the mean)

ค. ค่าการกระจายของปริมาณธาตุมากน้อยที่มีในตัวอย่างเส้นผมของบุคคลแต่ละคนใด ๆ ซึ่งแสดงถึงโอกาสการกระจายมากน้อยของธาตุในเส้นผมบริเวณต่าง ๆ โดยรอบศีรษะในแต่ละบุคคล และ / หรือ ความสม่ำเสมอของการกระจายของปริมาณธาตุต่าง ๆ โดยรอบศีรษะนั่นเอง โดยค่าการกระจายรายงานด้วยร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ย (percent of the deviation from the mean)

ในตารางที่ 4.7 - ตารางที่ 4.11 เป็นข้อมูลแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่าง ๆ ได้แก่ โซเดียม (Na) , โบรมีน (Br) , สังกะสี (Zn) , โครเมียม (Cr) และ ทอง (Au) ตามลำดับ โดยรายงานด้วยค่าเฉลี่ย , ค่าคลาดเคลื่อน , ร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน

ตารางที่ 4.7 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโซเดียม (Na) ในตัวอย่างเส้นผมบุคคลตัวอย่างด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน

รหัสตัวอย่าง	ผลการวิเคราะห์ปริมาณ (ppm.)	ค่าคลาดเคลื่อน (ppm.)	% ค่าคลาดเคลื่อน
E	231.3	80.9	35.0
F	119.5	21.4	17.9
G	106.2	44.7	42.1
L	192.2	66.0	34.4
H	8,440.7	241.0	2.9
R	111.7	42.8	38.3

ตารางที่ 4.8 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโบรมีน (Br) ในตัวอย่างเส้นผมบุคคลตัวอย่างด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน

รหัสตัวอย่าง	ผลการวิเคราะห์ปริมาณ (ppm.)	ค่าคลาดเคลื่อน (ppm.)	% ค่าคลาดเคลื่อน
E	4.4	1.0	22.7
F	7.3	2.6	35.6
G	4.3	0.6	14.0
L	5.4	2.0	37.5
H	4.1	1.8	43.9
R	7.5	1.3	17.3

ตารางที่ 4.9 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุสังกะสี (Zn) ในตัวอย่าง
เส้นผมบุคคลตัวอย่างด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน

รหัสตัวอย่าง	ผลการวิเคราะห์ปริมาณ (ppm.)	ค่าคลาดเคลื่อน (ppm.)	% ค่าคลาดเคลื่อน
E	46.0	12.1	26.3
F	83.2	5.5	6.6
G	91.7	13.9	15.2
L	143.6	5.8	4.0
H	43.0	15.3	35.6
R	50.5	9.3	18.4

ตารางที่ 4.10 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโครเมียม (Cr) ในตัวอย่าง
เส้นผมบุคคลตัวอย่างด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน

รหัสตัวอย่าง	ผลการวิเคราะห์ปริมาณ (ppm.)	ค่าคลาดเคลื่อน (ppm.)	% ค่าคลาดเคลื่อน
E	1.3	0.6	46.2
F	1.1	0.3	27.3
G	0.5	0.1	29.1
L	0.4	0.1	20.1
H	0.4	0.1	16.3
R	0.9	0.1	16.4

ตารางที่ 4.11 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุทอง (Au) ในตัวอย่าง
เส้นผมบุคคลตัวอย่างด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน

รหัสตัวอย่าง	ผลการวิเคราะห์ปริมาณ (ความแรงรังสีจำเพาะ : cpm / mg)	ค่าคลาดเคลื่อน (ความแรงรังสี จำเพาะ : cpm / mg)	% ค่าคลาดเคลื่อน (ความแรงรังสีจำเพาะ : cpm / mg)
E	14,472.3	1,529.5	10.6
F	150,124.5	12,122.6	8.1
G	12,623.5	4,276.7	33.9
L	26,793.1	6,964.7	26.0
H	4,368.4	376.0	8.6
R	4,417.3	1,732.8	39.2

หมายเหตุ ในการวิเคราะห์การกระจายด้วยธาตุทองไม่สามารถคำนวณหาปริมาณของธาตุทองที่มีในตัวอย่างเส้นผม เนื่องจากความจำกัดด้านงบประมาณจึงไม่สามารถจัดหาสารมาตรฐานที่มีธาตุทองเป็นองค์ประกอบเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ได้ แต่เนื่องจากที่ครึ่งสัปดาห์จากไอโซโทปทองมีความเด่นชัด จึงใช้วิธีการคำนวณด้วยค่าความแรงรังสีจำเพาะที่มีในตัวอย่างผมแทนการหาปริมาณ

ในตารางที่ 4.12 เป็นข้อมูลรวบรวมผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่าง ๆ ทุกธาตุทั้งหมดที่ทำกรวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอนซึ่งแสดงไว้ก่อนแล้วในตารางที่ 4.7 – ตารางที่ 4.11 เพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการวิเคราะห์และสรุปผล

ส่วนในตารางที่ 4.13 เป็นข้อมูลแสดงเฉพาะค่าร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุต่าง ๆ ในศีรษะบุคคลเดียวกันทั้ง 6 คนที่ทำการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้

ตารางที่ 4.12 แสดงข้อมูลร้อยละค่าคลาดเคลื่อนของผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโซเดียม (Na) , โบรมีน(Br) , สังกะสี (Zn) , โครเมียม (Cr) และ ทอง (Au) ในตัวอย่างเส้นผมบุคคลตัวอย่าง 6 คน จากบริเวณต่าง ๆ รอบศีรษะ ด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน

รหัสตัวอย่าง	ร้อยละค่าคลาดเคลื่อนของผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุ				
	Na	Br	Zn	Cr	Au
E	35.0	22.7	26.3	46.2	10.6
F	17.9	35.6	6.6	27.3	8.1
G	42.1	14.0	15.2	29.1	33.9
L	34.4	37.5	4.0	20.1	26.0
H	2.9	43.9	35.6	16.3	8.6
R	38.3	17.3	18.4	16.4	39.2

ตารางที่ 4.13 แสดงพิสัยของข้อมูลร้อยละค่าคลาดเคลื่อนของผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโซเดียม (Na) , โบรมีน(Br) , สังกะสี (Zn) , โครเมียม (Cr) และ ทอง (Au) ในตัวอย่างเส้นผมจากบริเวณต่าง ๆ รอบศีรษะของบุคคลทั้งหมด ด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน

ชนิดธาตุที่วิเคราะห์	พิสัยของข้อมูลร้อยละค่าคลาดเคลื่อนผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุ	ร้อยละค่าคลาดเคลื่อนมากที่สุดของผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุ
Na	2.9 - 42.1	42.1
Br	14.0 - 43.9	43.9
Zn	4.0 - 35.6	35.6
Cr	16.3 - 46.2	46.2
Au	8.1 - 39.2	39.2

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้จัดเก็บตัวอย่างเส้นผมจากบุคคลรวม 6 คน การสุ่มตัวอย่างเส้นผมที่ใช้ในงานวิจัยได้กำหนดบริเวณกลุ่มเป้าหมายเป็น 4 บริเวณบนศีรษะ ได้แก่ บริเวณกระโหลกศีรษะส่วนหน้าซ้าย บริเวณกระโหลกศีรษะส่วนหน้าขวา บริเวณกระโหลกศีรษะส่วนหลังซ้าย และบริเวณกระโหลกศีรษะส่วนหลังขวา แต่ละบริเวณเป้าหมายทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเส้นผมจากตำแหน่งต่าง ๆ จำนวน 3 จุดต่าง ๆ กันภายในบริเวณเป้าหมายนั้น ตัวอย่างเส้นผมจำนวน 3 ตัวอย่างจากบริเวณเป้าหมายเดียวกันถูกนำมาคลุกเคล้ากัน แล้วสุ่มตัวอย่างเส้นผมเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์เพียงตัวอย่างเดียวเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ ดังนั้นตัวอย่างเส้นผมในแต่ละบุคคลจะมีตัวอย่างสำหรับนำไปวิเคราะห์ปริมาณรวม 4 ตัวอย่างจากสี่บริเวณเป้าหมายดังกล่าวมาแล้ว

ตัวอย่างเส้นผมที่จะนำมาวิเคราะห์ธาตุถูกนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างไขมันและน้ำยาอาซิโตน จากนั้นบรรจุเส้นผมลงในภาชนะที่ทำด้วยโพลีเอทิลีนพร้อมบันทึกค่ามวลของเส้นผมที่ใช้วิเคราะห์ ปริมาณมวลของเส้นผมที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอนมีค่าประมาณ 40 - 110 มิลลิกรัม ข้อมูลตัวอย่างเส้นผมและการเข้ารหัสตัวอย่างได้ปรากฏอยู่ในตารางที่ 4.2

จากผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของตัวอย่างเส้นผมด้วยเทคนิคการอาบเทอร์มัลนิวตรอนในท่อ A1 ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว - 1/1 ซึ่งมีค่าฟลักซ์เท่ากับ 8.7×10^{11} นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที จากการศึกษาพลังงานรังสีแกมมาที่ถูกปล่อยออกมาด้วยหัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) จากการใช้เวลาอาบนานต่าง ๆ กัน จะพบไอโซโทปกัมมันตรังสีในตัวอย่างเส้นผมหลายชนิด ได้แก่ ไอโซโทปกัมมันตรังสีของ Al-28, Na-24, Mg-27, Cl-38, Ti-51, V-52, I-128, Cr-

51 , Zn-65 , Br- 82 และ Au-198 ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ. 2.24 นาที , 14.96 ชั่วโมง , 27.7 วัน , 243.8 วัน , 1.47 วัน และ 2.697 วัน

นำผลการศึกษาเชิงคุณภาพธาตุองค์ประกอบในเส้นผม มาวิเคราะห์ผลดีผลเสียของเวลาที่ใช้ในการอาบน้ำนิวตรอน เวลาของการสลายตัว และเวลาการวัดรังสีแกมมา ด้วยเงื่อนไขต่าง ๆ กัน จึงได้เลือกทำการทดลองวิเคราะห์ปริมาณของธาตุต่าง ๆ รวม 5 ธาตุ สำหรับวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อศึกษาการกระจายขององค์ประกอบธาตุในเส้นผม คือ โซเดียม โครเมียม สังกะสี โบรมีน และ ทอง โดยใช้เงื่อนไขเวลาการอาบน้ำเทอร์มัลนิวตรอนเป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้สลายตัวนาน 2 วัน โดยวิเคราะห์ปริมาณด้วยไอโซโทปกัมมันตรังสีของ Na-24 , Cr-51 , Zn-65 , Br- 82 และ Au-198 ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 14.96 ชั่วโมง , 27.7 วัน , 243.8 วัน , 1.47 วัน และ 2.697 วัน ตามลำดับ ด้วยพีคพลังงานรังสีแกมมาเท่ากับ 1368 , 319 , 1114 , 776 และ 411 KeV. ตามลำดับ ข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่าง ๆ ทุกธาตุที่ทำการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 4.13 ส่วนในตารางที่ 4.14 เป็นข้อมูลแสดงค่าร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนของธาตุต่าง ๆ ที่พบจากเส้นผมในบุคคลตัวอย่างทั้งหมด ในที่นี้ค่าคลาดเคลื่อนคำนวณจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (the standard deviation of the mean) โดยคำนวณจากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุเดียวกันของตัวอย่างเส้นผมที่เก็บจากบริเวณต่าง ๆ กันจากบุคคลเดียวกัน

ข้อมูลแสดงเฉพาะค่าร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุต่าง ๆ ในศีรษะบุคคลเดียวกันทั้ง 6 คนที่ทำการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้มีค่าดังตาราง 5.1

กล่าวโดยสรุปจากผลการวิจัยพบว่า ปริมาณธาตุที่ตรวจพบอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำในระดับขนาดหนึ่งในล้านส่วน (ppm) ค่าความผิดพลาดของผลการวิเคราะห์ปริมาณจากการสุ่มตัวอย่างบริเวณต่าง ๆ รอบศีรษะบุคคลแต่ละคนของธาตุต่าง ๆ ที่ทดลองได้ คือ โซเดียม (Na) โบรมีน (Br) สังกะสี (Zn) โครเมียม (Cr) และทอง (Au) มีค่าความผิดพลาดของการกระจายของแต่ละบุคคลไม่เกินร้อยละ 42.1 , 43.9 , 35.6 , 46.2 และ 39.2 ตามลำดับ จึงอาจกล่าวได้ว่าธาตุองค์ประกอบในเส้นผมมีค่าการกระจายสม่ำเสมอ เส้นผมจากบริเวณใด ๆ สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนตัวอย่างเส้นผมบนศีรษะบุคคลนั้นโดยมีความเชื่อถือได้

ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลร้อยละค่าคลาดเคลื่อนมากที่สุดที่พบในการวิเคราะห์ ปริมาณธาตุโซเดียม (Na) , โบรมีน(Br) ,สังกะสี (Zn) , โครเมียม (Cr) และ ทอง (Au) ในตัวอย่างเส้นผมจากบริเวณต่าง ๆ รอบศีรษะของบุคคลทั้งหมดด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน

ชนิดธาตุที่วิเคราะห์	ร้อยละค่าคลาดเคลื่อนมากที่สุดของผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุ
Na	42.1
Br	43.9
Zn	35.6
Cr	46.2
Au	39.2

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิเคราะห์การกระจายของธาตุองค์ประกอบในศีรษะมนุษย์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยคาดว่าจะประโยชน์สามารถนำตัวอย่างเส้นผมมาใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการศึกษาธาตุปริมาณน้อยในเส้นผมได้ โดยในแนวคิดเริ่มต้นนั้นผู้วิจัยพบปัญหาว่า ถ้าจะใช้เส้นผมเป็นตัวแปรสำหรับศึกษาสิ่งต่าง ๆ เช่น ภาวะโภชนาการ ตัวแปรศึกษามลพิษสิ่งแวดล้อมที่บุคคลอาศัยอยู่ โรคภัยไข้เจ็บของบุคคล หรือ พันธุกรรมของบุคคล เป็นต้น คำถามเริ่มต้นที่ควรสนใจก็คือ ตัวอย่างเส้นผมที่ควรใช้เป็นตัวแทนที่ดีของตัวอย่างเส้นผมควรเก็บมาจากเส้นผมบริเวณใดบนศีรษะมนุษย์ และ ตำแหน่งของเส้นผมควรเป็นบริเวณโคนผม ปลายผม หรือ บริเวณห่างจากโคนผมมาระยะเท่าใด จากการวิจัยผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานว่าเส้นผมบริเวณใด ๆ ก็ตามที่เก็บมาจากบุคคลสามารถนำมา

เป็นตัวแทนตัวอย่างเส้นผมในงานวิจัยศึกษาได้โดยมีค่าความผิดพลาดที่แฝงอยู่กับการเก็บตัวอย่างไม่เกินร้อยละ 75 ซึ่งถ้าพิจารณาสำหรับงานวิเคราะห์ในระดับธาตุปริมาณสูงในระดับหนึ่งในร้อย (ร้อยละ) หรือ หนึ่งในพัน (มิลลิกรัมต่อกรัม) ก็อาจจัดว่าคลาดเคลื่อนสูงจนยอมรับไม่ได้ แต่ในกรณีของการวิเคราะห์ธาตุปริมาณน้อยในระดับหนึ่งในล้านส่วน (ppm.) นี้ ผู้วิจัยคิดว่ายอมรับได้เมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการเก็บตัวอย่างที่จัดกระทำลำบากกว่าสำหรับงานวิจัยศึกษาบางเรื่อง ตัวอย่างการเก็บเลือด ปัสสาวะ และ อื่น ๆ เป็นต้น อย่างไรก็ตามก่อนนำไปใช้ศึกษามีปัญหาที่ต้องแก้ไขหรือตอบปัญหาให้ได้ก่อนว่า ปริมาณธาตุในเส้นผมคงตัวหรือเปลี่ยนแปลงอย่างไรหรือไม่ตามเวลา

ผู้วิจัยคาดว่าจะนำผลการศึกษานี้ไปใช้กับงานวิเคราะห์ศึกษาปริมาณธาตุที่มีในเส้นผมด้านต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยสนใจ อันได้แก่

ก. บ่งชี้การขาดธาตุอาหารและการเกิดโรค ได้แก่ ปริมาณธาตุไอโอดีนซึ่งน่าจะบ่งชี้ถึงการขาดไอโอดีนและการเกิดโรคคอพอก

ข. บ่งชี้การได้รับมลพิษจากสิ่งแวดล้อม เช่น สารหนู และ แคดเมียม เป็นต้น ว่า เก็บมาใช้ศึกษาธาตุในเส้นผมควรทำการเก็บตัวอย่างที่สะดวก

ค. ผู้ป่วยด้วยโรคต่าง ๆ และ / หรือ ผู้เสพยาเสพติดมีปริมาณธาตุในเส้นผมแตกต่างจากคนปกติหรือไม่ ถ้าแตกต่างก็เป็นประโยชน์ใช้เส้นผมเป็นตัวแปรบ่งชี้ในเรื่องนั้น ๆ ได้หรือไม่

เอกสารอ้างอิง

1. สมพร จงคำ, ผศ. ดร. Nuclear Activation Analysis. กรุงเทพฯ : สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน , มปป.
2. อัจฉรา แสงอริยวณิช และ นพวรรณ ศรีรัตนประสิทธิ์. การวิเคราะห์หินบะซอลต์ด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอนแบบไม่ทำลายตัวอย่าง. กรุงเทพฯ : สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน , มิถุนายน 2530.
3. สุพันธ์ นุชประมุล การวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่างๆในบุหรีและยาเส้นโดยวิธีนิวตรอนแอคติเวชัน. กรุงเทพฯ : สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน , 2539.
4. อรุณญา มโนสร้อย. เครื่องสำอาง3. กรุงเทพฯ โอเดียนสโตร์, 2532.
5. นพวรรณ ศรีรัตนประสิทธิ์ พิสิทธ์นิเวศสิทธิ์. พิษณุโลก สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม , 2540.
6. Internation Atomic Energy Agency. Practical Aspects of Operating a Neutron Activation Analysis Laboratory IAEA - TECDOC-564 , IAEA, Vienna, 1990.
7. สมพร จงคำ และคณะ การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในเส้นผมด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอน กองฟิสิกส์ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน , 2541.

ประวัติผู้วิจัย

- ชื่อผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์นพวรรณ ศรีรัตนประสิทธิ์
Assistance Professor Nopawan Sriratanaprasit
- ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ผู้สอนประจำโปรแกรมฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม
เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ (055) 216389 9jv 216
E-mail address : nopawan@pibul2.rip.ac.th
- ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับ	อักษรย่อ	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน	ประเทศ
2521	ปริญญาตรี	วท.บ.	ฟิสิกส์	ฟิสิกส์	จุฬาลงกรณ์	ประเทศไทย
2525	ปริญญาโท	วศ.ม.	นิวเคลียร์ เทคโนโลยี	นิวเคลียร์ เทคโนโลยี	จุฬาลงกรณ์	ประเทศไทย

4. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

4.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- อัจฉรา แสงอริยวณิช และ นพวรรณ ศรีรัตนประสิทธิ์. การวิเคราะห์หินบะซอลต์ด้วยเทคนิคการอบนิวตรอนแบบไม่ทำลายตัวอย่าง. กรุงเทพฯ : สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการพลังงาน , มิถุนายน 2530.
- อัจฉรา แสงอริยวณิช และ นพวรรณ ศรีรัตนประสิทธิ์. การศึกษาเบื้องต้นสารประกอบกอลลูโคแคปารีลนด้วยการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์. กรุงเทพฯ : สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการพลังงาน , 2530.