# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 โลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง โลหะหนักที่มีความหนาแน่นเกินกว่า 5 กรัม ตัวอย่างเช่น ปรอท ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม โคบอลต์ เป็นต้น ความเป็นพิษของโลหะหนัก เกิดจากร่างกายได้รับสารโลหะหนัก ซึ่งสารโลหะ หนักนั้นจะไปรบกวนการทำงานของเอ็นไซม์ของเซลล์และยึดกับเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้การควบคุมการลำเลียงของ สารต่างๆ ของเยื่อหุ้มเซลล์ผิดปกติไป ความเป็นพิษของโลหะหนักขึ้นอยู่กับรูปแบบทางเคมีของสารประกอบ ของโลหะหนักแต่ละชนิด และเส้นทางที่ร่างกายได้รับเข้าไป เช่น ทางระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ผิวหนัง เป็นต้น ซึ่งสารพิษเหล่านี้เมื่อสะสมอยู่ในร่างกายจนถึงระดับหนึ่งก็จะแสดงอาการออกมาให้เห็น ซึ่ง ผลของความเป็นพิษของโลหะหนักต่อกลไกระดับเซลล์มี 5 แบบคือ

1. ทำให้เซลล์ตาย
2. เปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของเซลล์
3. เป็นตัวการทำให้เกิดมะเร็ง
4. เป็นตัวการทำให้เกิดความผิดปกติทางพันธุกรรม
5. ทำความเสียหายต่อโครโมโซม ซึ่งเป็นปัจจัยทางพันธุกรรม โลหะหนักมีหลายชนิดแต่ชนิดที่ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐานอาหารส่วนใหญ่จะมี 3 ชนิด ได้แก่ ปรอท ตะกั่ว และแคดเมียม

**สารปรอท (Mercury: Hg)**

สารปรอท มักพบปนเปื้อนอยู่ในอากาศ น้ำ และดิน เป็นส่วนใหญ่ สาเหตุมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้สารปรอทเป็นวัตถุดิบ นอกจากนี้ ยังพบสารปรอทได้ในเครื่องสำอางและอาหาร โดยเฉพาะอาหารทะเลพบมากในสัตว์ทะเลตัวใหญ่ เช่น ฉลาม ทูน่า โลมา วาฬ เนื่องจากมีช่วงชีวิตที่ยืนยาว และกินปลาเล็กเป็นอาหารจึงมีโอกาสที่สารปรอทสะสมอยู่ในตัวค่อนข้างมาก (เรียกกระบวนการนี้ว่า Bio magnifications) ความเชื่อที่ว่าหูฉลามเป็นอาหารมีคุณค่าก็ไม่ได้หมายความว่าจะเป็นเช่นนั้นเสมอไป ซึ่ง การปนเปื้อนของสารปรอทจากแหล่งน้ำธรรมชาติมีสาเหตุมาจากโรงงานอุตสาหกรรมมักปล่อยสารปรอท ออกมากับน้ำทิ้งของโรงงานนั่นเอง

**ตะกั่ว (Lead : Pb)**

แต่ละวันคนเรามีโอกาสได้รับสารตะกั่ว โดยตรงจากการกินอาหาร น้ำดื่ม หรือหายใจเอาสารตะกั่ว เจือปนเข้าไปกลุ่มผู้เสี่ยงต่อการเกิดโรคพิษตะกั่ว ได้แก่ คนงานที่ทำเหมืองตะกั่ว โรงงานผลิตแบตเตอรี่ โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ และคนที่อาศัยอยู่ใกล้บริเวณโรงงานหลอมตะกั่วหรือใกล้

โรงงานที่มีการใช้สารตะกั่วเป็นวัตถุดิบ ทำให้มีผลต่อระบบทางเดินอาหาร และระบบประสาท สำหรับอันตรายโดยทั่วไปนั้นทำให้เม็ดเลือดแดงอายุสั้นลง ทำให้เป็นโรคเลือดจาง และเป็นอันตรายต่อระบบประสาท ไต ทางเดินอาหาร ตับ และหัวใจ อาการโรคพิษตะกั่วเกิดได้กับหลายระบบของร่างกาย คือ 1. ระบบประสาทส่วนกลางและสมอง อาการสำคัญที่พบ คือ สมองเสื่อมจากพิษตะกั่ว พบในเด็กมากกว่าผู้ใหญ่ มีอาการหงุดหงิดง่าย กระวน กระวาย ซึม เวียนศีรษะ รายที่เป็นรุนแรงอาจมีอาการสั่นเวลาเคลื่อนไหว ชัก หมดสติ และเสียชีวิตได้ 2. ระบบประสาทส่วนปลายและกล้ามเนื้อ พบมีอาการปวดตามกล้ามเนื้อและข้อต่างๆ กล้ามเนื้อที่ใช้บ่อยมีอาการอ่อนแรง หรืออัมพาต 3. ระบบทางเดินอาหาร เป็นอาการที่พบได้บ่อยที่สุด ผู้ป่วยมีอาการเบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียนโดยเริ่มแรกมักมีอาการท้องผูก แต่ บางรายอาจมีอาการท้องเดิน น้ำหนักลด กล้ามเนื้อหน้าท้องบีบเกร็งและกดเจ็บ ทำให้มีอาการปวดท้องมาก

**แคดเมียม (Cadmium: Cd)**

เป็นโลหะมีสีเงิน มีอยู่น้อยตามธรรมชาติ โดยทั่วไปแคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมจะพบใน แหล่งทำเหมืองสังกะสีและตะกั่ว ในอุตสาหกรรม ยาสูบและบุหรี่ พลาสติกและยาง นอกจากนี้ยังนิยมใช้เป็น วัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่ อุปกรณ์ไฟฟ้า อะไหล่รถยนต์ แคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำ อาหาร และใน ยาสูบ เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกดูดซึมในกระเพาะอาหาร แล้วแพร่กระจายไปที่ตับ ม้ามและลำไส้ และสะสม เพิ่มขึ้นในปริมาณสูงจะทำให้เกิดมะเร็ง ไตทำงานผิดปกติ เมื่อได้รับจากการสูดดมหรือการหายใจเอาควันที่มี แคดเมียมปนเปื้อนเข้าไปเล็กน้อยจะมีอาการอ่อนเพลีย คอแห้ง ระคายคอ แน่นหน้าอกปวดศีรษะ เมื่อได้รับ มากขึ้นจะมีอาการหายใจไม่ออก ไอไม่หยุดถ้ายังสูดเข้าไปอีกอาจถึงตายได้ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดโรคความ ดันโลหิตสูง ปวดกระดูกสันหลังแขนขา ซึ่งจะทำให้ไตพิการได้ โรคที่เกิดจากพิษของแคดเมียมเรียกว่า โรคอิไต-อิไต (Itai Itai disease) การได้รับแคดเมียมจำนวนมากอาจทำให้เกิดพิษฉับพลันได้ แต่ส่วนใหญ่โรค ที่เกิดจากแคดเมียมมักเป็นชนิดเรื้อรัง โดยการได้รับแคดเมียมติดต่อกันเป็นเวลานาน โรคที่เกิดอาจแบ่งเป็น กลุ่มได้ดังนี้ 1. โรคปอดเรื้อรัง การได้รับแคดเมียมนานๆ และในปริมาณมากโดยเฉพาะจากการหายใจ จะทำให้เกิด การอุดตันภายในปอด ซึ่งเป็นเพราะมีการอักเสบของหลอดลม มีพังผืดจับในทางเดินหายใจส่วนล่าง และมี การทำลายของถุงลมซึ่งจะกลายเป็นโรคถุงลมโป่งพองในที่สุด ผู้ที่มีความเสี่ยงมากคือคนทำงานกับผงแคดเมียม โดยตรง เช่น โรงงานแบตเตอรี่ขนาดเล็ก 2. โรคไตอักเสบ จะแสดงออกโดยมีการอักเสบของไต โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ท่อในไตซึ่งจะพบแคดเมียม ในปัสสาวะสูง มีโปรตีน กลูโคสสูงในปัสสาวะ อาจเป็นไตวายได้ในที่สุด

**สังกะสี (Zinc : Zn)**

ที่พบในอากาศส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ ZnO, ZnS และ $ZnSO_4$ จากอุตสาหกรรมทำเหมืองแร่ เช่น การบดย่อยแร่ ส่วนประกอบรั้วบ้านหลังคา หรือวัสดุ อื่นที่ใช้สังกะสีเป็นโลหะผสม นอกจากนี้ยังเกิดจากสารประกอบของสังกะสีที่นำมาทำยาฆ่าเชื้อรา เช่น zinc dimethyl dithiocarbamate ผลที่เกิดต่อมนุษย์ ทำให้เกิดอาการอ่อนเพลีย วิงเวียนศีรษะ และอาการท้องร่วง ถ้าได้รับไอฝุ่นของ Zn เข้าร่างกายมาก ๆ จะเกิดอาการไข้ที่เรียกว่า Zinc chills ซึ่งมีอาการจับไข้ หนาวสั่น ปวดกล้ามเนื้อ อาเจียน

**อะลูมิเนียม (Aluminum : Al)**

อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีมากที่สุดในโลก พบทั่วไปในดิน น้ำดื่ม อาหาร ภาชนะบรรจุต่างๆ ยาสารระงับกลิ่นตัว ตลอดจนฝุ่นละอองในอากาศ ซึ่งมีอาการเป็นพิษ กล่าวคือ มีก๊าซมากในลำไส้ ลำไส้ใหญ่อักเสบ เสียดท้อง โลหิตจาง ปวดศีรษะ ความจำเสื่อม แก่เกินวัย ร่างกายดูดซึมแคลเซียมได้น้อยลง กระดูกบาง กล้ามเนื้อไม่มีแรง

**เหล็ก (Iron : Fe)**

ความเป็นพิษของธาตุเหล็กที่เกิดจากการดูดซึมธาตุเหล็กเข้าร่างกาย และการกระจายตัวของธาตุเหล็กในธรรมชาติ ในเด็กที่ทานยาบำรุงเลือดที่มีธาตุเหล็ก หรือวิตามินรวมต่างๆ ที่ผสมอยู่ในลูกอมอาจได้รับธาตุเหล็กในปริมาณมากจนเป็นอันตราย นอกจากนี้ยังพบเหล็กในน้ำดิบ ท่อเหล็ก และอุปกรณ์เครื่องครัว โดยอวัยวะเป้าหมายหลักที่เหล็กเข้าไปทำปฏิกิริยาคือ ตับ ไต และระบบหัวใจและหลอดเลือด

**โคบอลต์ (COBALT: Co)**

เป็นส่วนประกอบของวิตามินบี 12 ดังนั้นจึงเป็นสารที่จำเป็นในการสร้างเลือด มีการดูดซึมน้อย ส่วนใหญ่ถูกขับออกโดยไม่ได้ดูดซึมเลย ส่วนที่ดูดซึมไว้จะถูกขับออกทางปัสสาวะและปนกับน้ำดีที่ยังอยู่ในร่างกายพบ ที่ตับและม้าม ไต ตับอ่อน ประมาณ 1 ug ต่อ 100 ซี.ซี. พบใน blood plasma หน้าที่ของ โคบอลต์ เกี่ยวข้องกับการสร้างเลือด เพราะเป็นส่วนประกอบของวิตามินบี ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น เอนไซม์บางตัวที่เกี่ยวข้องกับกรดอะมิโนและกลูโคส และอื่นๆ ปริมาณที่รับประทาน ปริมาณที่ควรรับประทานควรน้อยกว่า 1 ug ต่อวัน ได้จากอาหารพวกเนื้อสัตว์ พืชมีน้อย มากที่สุดในตับ ไต หอยนางรม เนื้อสัตว์และนม ผลของการขาดโคบอลต์ ยังไม่พบในคน ส่วนการได้รับ โคบอลต์ มากเกินไป มีผู้รายงานว่า การเติม โคบอลต์ ลงในเบียร์ จะทำให้คนที่ ดื่มเบียร์มาก ๆ เกิดโรคตับและหัวใจได้ ผลของการได้รับมากไปการได้รับมากเกินไปจะทำให้เกิดผลข้างเคียงสำหรับบางคนโดยที่ต่อมธัยรอยด์โต การลดปริมาณการบริโภค โคบอลต์ จะทำให้ต่อมธัยรอยด์ที่โตกลับคืนสู่ขนาดปกติได้

**เหล็ก (Iron : Fe)**

ความเป็นพิษของธาตุเหล็กที่เกิดจากการดูดซึมธาตุเหล็กเข้าร่างกาย และการกระจายตัวของธาตุเหล็กในธรรมชาติ ในเด็กที่ทานยาบำรุงเลือดที่มีธาตุเหล็ก หรือวิตามินรวมต่างๆที่ผสมอยู่ในลูกอมอาจได้รับธาตุเหล็กในปริมาณมากจนเป็นอันตราย นอกจากนี้ยังพบเหล็กในน้ำดิบ ท่อเหล็ก และอุปกรณ์เครื่องครัว โดยอวัยวะเป้าหมายหลักที่เหล็กเข้าไปทำปฏิกิริยาคือ ตับ ไต และระบบหัวใจและหลอดเลือด

**โครเมียม (Chromium : Cr)**

เป็นโลหะใช้เคลือบกันสนิม เรียกว่าชุบโครเมี่ยม สารประกอบโครเมทของตะกั่ว สังกะสีและแบเรียม ใช้ทำสีต่างๆ ใช้ทำพรมน้ำมัน ใช้ทำยางและใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา อุตสาหกรรมฟอกหนัง การย้อมสีขนสัตว์ ไหม และหนังสัตว์ บางคนนำตะแกรงชุบโครเมียมมาย่างเนื้อ ทำให้โครเมียมซึ่งชุบอยู่นั้นละลายเข้าสู่เนื้อย่างแล้วเกิดเป็นพิษอย่างเฉียบพลันได้

**พิษของโครเมียม** ส่วนมากคนเราได้รับพิษของโครเมียมโดยการหายใจซึ่งอาจทำให้เกิดเนื้องอกที่ปอดได้ แต่การได้รับร่วมกับน้ำและอาหารก็มีไม่น้อย สำนักงานคณะกรรมการป้องกันสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกาได้กำหนดมาตรฐานสำหรับน้ำดื่มว่ามีโครเมียมได้ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร หากร่างกายได้รับโครเมียมในปริมาณมากพอ จะเกิดแผลที่เยื่อเมือกของจมูก ปอด ทางเดินอาหาร ทำให้เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน มีอันตรายต่อไตตับ ปอด และเป็นมะเร็ง มีอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ นอกจากนี้ฝุ่นโครเมียมยังทำให้เกิดบาดแผลที่ผิวหนังตามโคนเล็บมือหรือที่เล็บเท้า

**ตารางที่ 2.1 ค่ามาตรฐานโลหะหนักที่ยอมให้มีได้ในผัก (หน่วย mg/kg)**

| มาตรฐานของ | As | Cd | Co | Fe | Pb |
|---|---|---|---|---|---|
| **ประเทศไทย** | 3 | 3 | - | 20 | 3 |
| WHO | 2 | 2 | - | 15 | 2 |

ประเทศไทย ค่าจากสถาบันอาหาร ปี 2554 , องค์การอนามัยโลก (WHO) ปี 2010

## 2.2 นิวตรอน

นิวตรอนเป็นอนุภาคมูลฐานชนิดหนึ่งซึ่งเป็นองค์ประกอบของนิวเคลียสของอะตอมของธาตุทุกชนิด ยกเว้นไฮโดรเจนธรรมดา อนุภาคนี้ไม่มี ประจุไฟฟ้าและมีมวล $1.67482 \times 10^{27}$ กิโลกรัมเท่ากับ 1.00839 amu ถูกค้นพบโดยแชดวิก (Chadwick) ได้เสนอว่าในปฏิกิริยาที่ยิงแอลฟาไปยังเบริลเลียม (Beryllium; ${}^{4}_{2}Be$) อนุภาคที่ได้ออกมาจากปฏิกิริยาคือ อนุภาคนิวตรอนดังปฏิกิริยา

$$ {}^{4}_{2}He \quad + \quad {}^{9}_{4}Be \quad \rightarrow \quad {}^{12}_{6}C \quad + \quad {}^{1}_{0}n $$

**ชนิดของนิวตรอนแบ่งตามขนาดของพลังงาน**

นิวตรอนพลังงานเทอร์มอล (thermal neutrons) หรือเรียกว่า นิวตรอนความร้อนเป็นนิวตรอนที่มีพลังงานประมาณ 0.025 MeV

นิวตรอนพลังงานเอพิเทอร์มอล (epithermal neutrons) เป็นนิวตรอนที่มีพลังงานประมาณ 1 eV

นิวตรอนช้า (slow neutrons) เป็นนิวตรอนที่มีพลังงานประมาณ 1 eV

นิวตรอนเร็ว (fast neutron) เป็นนิวตรอนที่มีพลังงาน อยู่ในช่วง 0.1 ถึง 10 MeV

## 2.3 เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Nuclear Reactor) คือ เครื่องผลิตพลังงานนิวเคลียร์ที่สามารถควบคุมการแบ่งแยกนิวเคลียร์และปฏิกิริยาลูกโซ่ให้เกิดขึ้นในอัตราที่พอเหมาะ ทำให้สามารถนำเอาพลังงานความร้อน นิวตรอน และรังสีที่เกิดขึ้นไปใช้ให้เป็นประโยชน์ได้

เรื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์มีหลายชนิด มีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันไป โดยแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วน ซึ่งแต่ละส่วนมีส่วนประกอบของเครื่องโดยทั่วไปมีดังนี้

1. เชื้อเพลิง (Fuel) อาจใช้ยูเรเนียม พลูโตเนียม เป็นต้น
2. มอเดอร์เรเตอร์ (Moderator) มีหน้าที่ทำให้นิวตรอนวิ่งช้าลงเพราะนิวตรอนช้ามีประสิทธิภาพในการทำให้เกิดการแบ่งแยกนิวเคลียสได้ดีกว่านิวตรอนเร็ว สารที่ใช้เป็นมอเดอร์เรเตอร์ได้แก่ คาร์บอน เมื่อนิวตรอนวิ่งผ่านคาร์บอนจะชนกับอะตอมของคาร์บอนทำให้มันวิ่งช้าลงได้ความเร็วตามต้องการ
3. แท่งบังคับ (Control Rods) มีหน้าที่ควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่ให้เกิดมากเกินไป ที่นิยมใช้คือ แคดเมียม หรือโบรอน แคดเมียมจะเป็นตัวดูดกลืนนิวตรอนไว้ได้ดีมาก ดังนั้นถ้าสอดแท่งแคดเมียมให้ลึกเข้าไปในเครื่องมาก ๆ ก็จะดูดกลืนนิวตรอนไว้ได้น้อยลงทุกทีและปฏิกิริยาลูกโซ่ก็จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามมา
4. ตัวทำให้เย็น (Coolant) เพื่อนำเอาความร้อนออกไปจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ โดยอาจใช้น้ำธรรมดาหรือโลหะโซเดียมหรือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ฮีเลียม อากาศเป็นต้น
5. เครื่องกำบัง (Shield) มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้รังสีออกจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ซึ่งอาจทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย เครื่องกำบังอาจทำด้วยคอนกรีตหนา ๆ หรืออาจใช้บ่อน้ำก็ได้

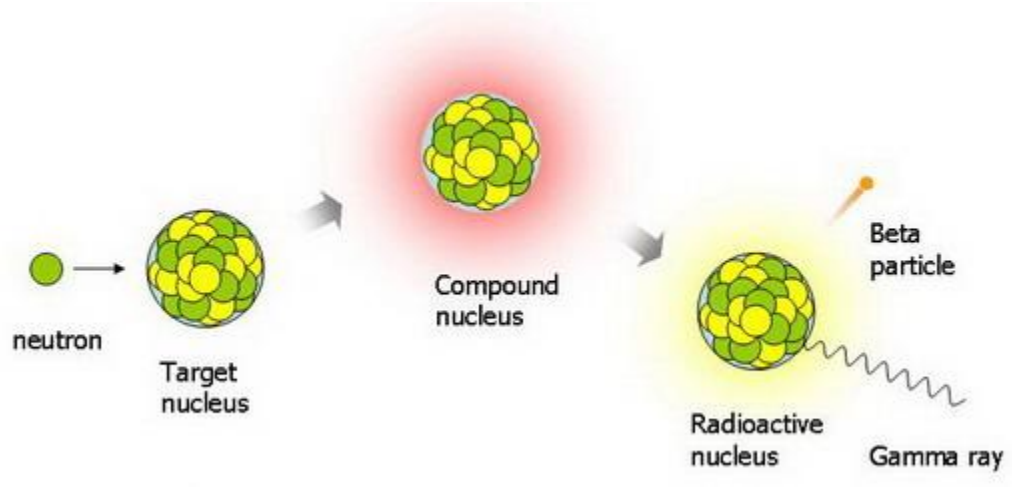
การทำงานของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์อาจอธิบายได้ดังนี้ เริ่มจากยูเรเนียมที่ใส่อยู่ในเครื่องนั้นปกติจะเป็น มีปริมาณน้อยกว่า 1% ของยูเรเนียมทั้งหมดทำหน้าที่ เป็นเชื้อเพลิง ส่วนยูเรเนียมที่เหลือนอกนั้นคือ เมื่อมีนิวตรอนวิ่งผ่านเข้าไปในเครื่องจะยิงนิวเคลียสของ ทำให้เกิดการแบ่งแยกนิวเคลียสขึ้น นิวเคลียสที่ถูกแบ่ง แยกออกจะมีนิวตรอนเกิดขึ้น 1 หรือ 2 ตัว ซึ่งจะวิ่งผ่านเข้าเครื่องต่อไปแล้วยิงนิวเคลียสอื่นต่อไป ทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่และได้พลังงานเกิดขึ้นมากมาย

## 2.4 การวิเคราะห์โดยวิธีการอาบนิวตรอน (Neutron Activation Analysis, NAA)

การวิเคราะห์โดยการอาบนิวตรอน เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ชนิดของธาตุ และปริมาณธาตุในตัวอย่าง โดยการทำให้ไอโซโทปเสถียร กลายเป็นไอโซโทปรังสี ซึ่งจะสลายตัวกลับเป็นไอโซโทปเสถียร โดยการปลดปล่อยรังสีที่มีพลังงานจำเพาะของแต่ละไอโซโทปออกมา

ตัวอย่างที่อาบนิวตรอน (neutron irradiation) จะทำให้นิวเคลียสของธาตุในตัวอย่างดูดกลืนนิวตรอน แล้วกลายเป็นสารกัมมันตรังสี เรียกว่า นิวไคลด์รังสี (radionuclide) หรือไอโซโทปรังสี (radioisotope) ซึ่งมีการสลายตัว โดยปลดปล่อยรังสีอัลฟา รังสีบีตา หรือรังสีแกมมา ที่มีพลังงานของรังสี และครึ่งชีวิตของไอโซโทปที่เป็นค่าจำเพาะ

ในการอาบนิวตรอน ปฏิกิริยาส่วนใหญ่ เกิดขึ้นระหว่างนิวเคลียสของธาตุ กับนิวตรอนที่มีพลังงานต่ำ หรือเทอร์มัลนิวตรอน (thermal neutron) เรียกว่า ปฏิกิริยาการจับนิวตรอน (neutron capture gamma ray) ซึ่งนิวเคลียสจะดูดกลืนนิวตรอน แล้วปลดปล่อยรังสีแกมมาออกมา ใช้สัญลักษณ์ของปฏิกิริยาเป็น (n,g) ตัวอย่างปฏิกิริยาระหว่างอลูมิเนียมกับนิวตรอน ได้แก่ ปฏิกิริยา Al-27(n,g)Al-28




รูปที่ 1 ปฏิกิริยา neutron capture gamma ray

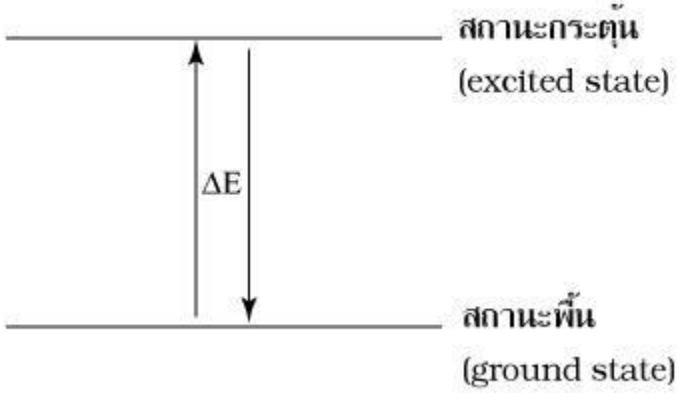
การวิเคราะห์โดยการอาบนิวตรอน เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่มีความไวสูง สามารถวิเคราะห์เพื่อหาธาตุที่มีปริมาณน้อย (trace element) ได้ดี ให้ความแม่นยำสูง จึงเป็นเทคนิคที่มีการนำมาประกอบการวิเคราะห์ธาตุในสารมาตรฐานโดยทั่วไป การวิเคราะห์โดยการอาบนิวตรอน สามารถวิเคราะห์ได้โดยไม่ทำลายตัวอย่าง มีการนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณธาตุ ในตัวอย่างหลายประเภท เช่น การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในตัวอย่างทางธรณีวิทยา การวิเคราะห์ปริมาณธาตุเพื่อจัดกลุ่มตัวอย่างทางโบราณคดี การวิเคราะห์ธาตุในตัวอย่างทางการแพทย์ การเกษตร อุตสาหกรรม และทางด้านสิ่งแวดล้อม

## 2.5 การวิเคราะห์โดยวิธี การดูดกลืนแสง (Atomic absorption, AA หรือ AAS)

เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปี (Atomic Absorption Spectroscopy, AAS) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ที่ได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่ง เพราะเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยง ความแม่น มีสภาพไวสูงและเป็นเทคนิคที่มีความเฉพาะดีมาก ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ก็ไม่สูงนัก ดังนั้นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ที่ทันสมัย โดยทั่วไปจะมีเครื่องอะตอมมิกแอบ

ซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์อยู่ด้วยเสมอความสามารถของเทคนิคนี้สูงมาก เพราะสามารถใช้วิเคราะห์ธาตุต่างๆ ได้ถึง 67 ธาตุ ซึ่งนับว่ามากพอควรสำหรับเครื่องมือเพียงอย่างเดียวทำให้การใช้งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ (metal element) ที่อยู่ในตัวอย่างทดสอบ ด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy ซึ่งเป็นกระบวนการที่อะตอมอิสระ (free atom) ของธาตุ ดูดกลืน (absorb) แสงที่ความยาวคลื่นระดับหนึ่งโดยเฉพาะซึ่งขึ้นอยู่กับธาตุแต่ละธาตุ เนื่องจากธาตุแต่ละชนิดมีระดับของพลังงานแตกต่างกันจึงมีการดูดกลืนพลังงานได้แตกต่างกัน พลังงานที่พอดีกับคุณสมบัติเฉพาะของธาตุจะทำให้อิเล็กตรอนของธาตุนั้นๆ เปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้น(ground state) ไปเป็นสถานะกระตุ้น (exited state)




รูปที่ 2: แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานจากสถานะพื้น(ground state) เป็นสถานะกระตุ้น(exited state)

ดังนั้นการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนสารละลายหรือตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ให้เป็นอะตอมอิสระ จากนั้นอะตอมอิสระจะดูดกลืน(absorb) พลังงานที่ระดับพลังงานจำเพาะ ยิ่งมีอะตอมอิสระมากก็ยิ่งมีค่าการดูดกลืน (absorbance) มาก จึงใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณของธาตุนั้นๆ ได้

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อรพิน เกิดชูชื่น และ คณะฯ, 2548 ได้ศึกษาการสะสมโลหะหนัก 5 ชนิด คือ โครเมียม แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และนิกเกิลในผักกาดหอมที่ปลูกโดย วิธีไฮโดรโปนิคชนิดสารละลายไม่หมุนเวียน ใช้น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำตาลทรายราชบุรี 5 ระดับ คือร้อยละ 0 (น้ำประปา) 25 50 75 และ 100 พบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในน้ำทิ้งร้อยละ 100 มีการสะสมโลหะหนัก 3 ชนิด คือ โครเมียม แคดเมียม และตะกั่ว มากกว่าผักกาดหอมที่ปลูกในน้ำทิ้งผสมน้ำประปา ส่วนโลหะหนักอีก 2 ชนิด คือทองแดงและนิกเกิล มีปริมาณการสะสมใน ผักกาดหอมที่ปลูกในน้ำประปามากที่สุด นอกจากนี้ผักกาดหอมที่ปลูกในไฮโดรโปนิคมีโครเมียม (Cr) และแคดเมียม (Ni) น้อย กว่าในผักกาดหอมที่ปลูกในดิน ดังนั้นถ้าจะนำน้ำทิ้งมาใช้ในการปลูกพืชที่รับประทานใบควรกำจัดโลหะหนักในน้ำทิ้งออก

ก่อน รวมทั้งกำจัดทองแดงและนิเกิลที่ปนเปื้อนในน้ำประปาด้วย และหรืออาจนำน้ำทิ้งมาใช้ในการปลูกพืชที่ไม่ได้นำมาบริโภค เช่น ไม้ดอก

วรรณา วิมลวัฒนาภัณฑ์ และ คณะฯ, 2550 ได้พัฒนาเทคนิคการอาบนิวตรอนสำหรับงานวิเคราะห์ปริมาณโลหะในผ้าไหมไทย ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบคุณภาพผ้าไหมเทียบกับเกณฑ์กำหนดของต่างประเทศโดยเฉพาะเพื่อการส่งออก ผลการทดลองเทคนิคการอาบนิวตรอนตัวอย่างผ้าไหมไทย ได้เงื่อนไขที่เหมาะสม สามารถวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพ ทั้งโลหะและธาตุปริมาณน้อยอื่นๆในผ้าไหมได้รวม 21 ธาตุ และได้ทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณกับผ้าไหมโฮลสตรีจากงานประกวดผ้าไหม ของศูนย์ศิลปาชีพในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ รวม 51ชิ้น การวิเคราะห์เชิงปริมาณนี้มุ่งวิเคราะห์หาโลหะหนักซึ่งข้อมูลมีความสำคัญต่อคุณภาพผ้าไหม ได้แก่ เงิน สารหนู ทอง โครเมียม ทองแดง เหล็ก ปรอท โพแทสเซียม พลวง และ สังกะสี

วรรณา วิมลวัฒนาภัณฑ์ และ คณะฯ 2550 ได้วิเคราะห์ปริมาณโลหะในเส้นด้ายไหมโดยเทคนิคนิวตรอนแอกติเวชัน ได้ผลการวิเคราะห์ ปริมาณโลหะหนักที่วิเคราะห์ได้อาจแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีในปริมาณมาก (major components) ได้แก่ Fe, K และ Zn โดยมีค่าเฉลี่ย 261, 123 และ 51มิลลิกรัม/กิโลกรัม (หรือ ppm) ตามลำดับ ส่วนโลหะอื่นจะอยู่ในกลุ่มที่มีในปริมาณน้อย (trace metals) โดยมีค่าน้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทั้งนี้สังเกตได้ว่าเส้นไหมสีเหลือง (ไหมธรรมชาติ) มีปริมาณโลหะต่าง ๆ ค่อนข้างสูงเทียบกับไหมสีอื่น ๆ โดยเฉพาะ Ag, As และ Zn ส่วนเส้นไหมสีน้ำเงินพบว่ามีปริมาณโลหะ Au และ Hg สูงที่สุด แต่มีปริมาณ Sb ต่ำกว่าไหมสีอื่น ๆ อย่างเด่นชัด เส้นไหมสีทองมีปริมาณโลหะมีค่า คือ Au ต่ำกว่าไหมสีอื่น ๆ อย่างมาก แต่มี Fe ในปริมาณมากที่สุด ส่วนเส้นไหมสีน้ำตาลมี Cr สูงสุด ในขณะที่เส้นไหมสีแดงมี K สูงถึงประมาณ 2 เท่าของไหมสีอื่นๆ และของค่าเฉลี่ย

## 2.7 กรอบความคิดในการวิจัย

งานวิจัยนี้มีสมมติฐานและกรอบงานวิจัยดังนี้

สมมติฐานการวิจัย

1. ผักสดแต่ละชนิดมีชนิดและปริมาณของโลหะหนักที่แตกต่างกัน

2. ความละเอียดในการวัดปริมาณของธาตุโลหะหนักโดยวิธี NAA ไม่แตกต่างจากวิธี AA