

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.1 องค์ประกอบของเยื่อไม้

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเยื่อไม้แต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันไปตามแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งประกอบด้วย

เซลลูโลส (Cellulose) ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเส้นใยและให้ความแข็งแรง

เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ทำหน้าที่เป็นสารยึดเซลลูโลสไว้ด้วยกันและให้ความแข็งแรงกับเส้นใยด้วย

ลิกนิน (Lignin) ทำหน้าที่เป็นสารยึดและให้ความแข็งแรงกับเนื้อเยื่อ (Tissue) ของไม้ ในกระบวนการสกัดเยื่อ จะต้องกำจัดลิกนินออกไป เพราะจะสีคล้ำเมื่อทิ้งไว้ (<http://www.agro.cmu.ac.th> :20 มีนาคม 2553)

เส้นใยเซลลูโลส ได้มาจากพืชทั้งที่เป็นไม้ (wood) และไมใช่ไม้ (non-wood) แต่เส้นใยจากไม้จะเป็นแหล่งเซลลูโลสที่เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตกระดาษที่สำคัญ เนื่องจากมีอยู่มากและราคาถูก ปริมาณของลิกนิน ไม้เนื้ออ่อนจะมีลิกนินอยู่ประมาณร้อยละ 30 ในขณะที่ไม้เนื้อแข็งจะมีเพียงร้อยละ 20 เท่านั้น ลิกนินนี้มีความสำคัญต่อการผลิต กระดาษมาก เนื่องจากเป็นส่วนที่ต้องกำจัดออกไปให้มากที่สุดและกระบวนการกำจัดลิกนินทำได้ยาก

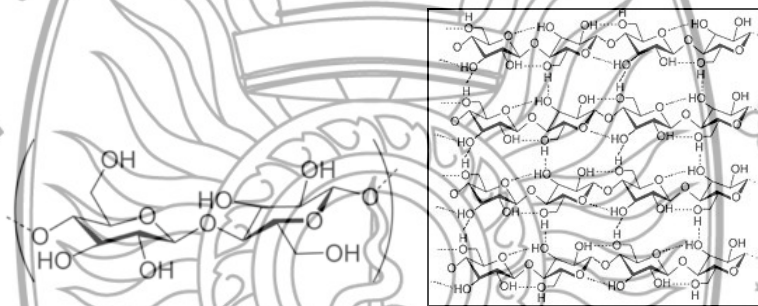
ความยาวของเส้นใยเซลลูโลส ไม้เนื้ออ่อนจะมีความยาวของเส้นใยเซลลูโลสมากกว่าไม้เนื้อแข็ง กล่าวคือ ความยาวเส้นใยของไม้เนื้ออ่อนอยู่ระหว่าง 3-6 มิลลิเมตร ขณะที่ไม้เนื้อแข็ง มีความยาวเส้นใยเพียง 1-2 มิลลิเมตรเท่านั้น

เส้นใยของพืช ตรงกลางมีลักษณะกลวง ผันงหนา ส่วนที่เป็นเซลลูโลสทั้งหมดจะอยู่ที่ผนังเซลล์ รวมทั้งส่วนใหญ่ของเฮมิเซลลูโลสด้วย ส่วนที่เป็นลิกนินจะอยู่ที่ผนังเซลล์เพียงครั้งเดียว ที่เหลือจะอยู่ระหว่างผนังเซลล์ของแต่ละเส้นใย ลิกนินระหว่างผนังเซลล์นี้จะกำจัดออกไปได้ง่ายแต่ลิกนินที่ปะปนอยู่ในผนังเซลล์จะกำจัดออกยาก

ลิกนินระหว่างผนังเซลล์เป็นสำคัญลิกนินทำหน้าที่คล้ายการช่วยจับยึดเส้นใยเข้าไว้ด้วยกัน ลิกนินทำให้อ่อนตัวได้ด้วย ความร้อน ช่วยให้เส้นใยแยกออกจากกันได้ ลิกนินละลายได้ในน้ำยาต้มเยื่อซึ่งมีทั้งชนิดเป็น กรดและด่างจึงใช้เป็นวิธีผลิตเยื่อกระดาษทางเคมี (chemical pulping) (นัยนา นิยมวัน, *เซลลูโลสจากไม้* สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=80&i2=9 : 20 มีนาคม 2553)

1.2 เซลลูโลส

เป็นสารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharides) เชิงเส้นตรงที่ประกอบด้วยหน่วยซ้ำๆ กัน มีสูตรโมเลกุลทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ มีหมู่ไฮดรอกซิล ถึง 3 หมู่ หรือประกอบด้วยกลูโคส ประมาณ 50000 โมเลกุลมาเชื่อมต่อกันเป็นสายยาว แต่ละสายของเซลลูโลส เรียงขนานกันไป มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายดังรูป 2.1 ทำให้มีลักษณะเป็นเส้นใย หรือเป็นโครงสร้างในเนื้อเยื่อพืช โดยรวมกับลิกนิน เพนโตเซนกัน แทนนิน ไขมัน สารที่ทำให้เกิดสี เป็นต้น แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสจึงมีมากและโครงสร้างของเซลลูโลสยังจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ จึงทำให้เซลลูโลสมีความเป็นผลึกสูงมาก อุณหภูมิการหลอมตัวจึงสูงมาก มักจะเกิดการสลายตัวก่อนถึงอุณหภูมิหลอมตัว และมีความสามารถในการละลายต่ำ เซลลูโลสธรรมชาติจะมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยต่างกัน การกระจายน้ำหนักโมเลกุลของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อสมบัติทางกายภาพ ส่วนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพไม่ดีในทางอุตสาหกรรมจะหาน้ำหนักโมเลกุลโดยประมาณได้โดยการวัดความหนืด



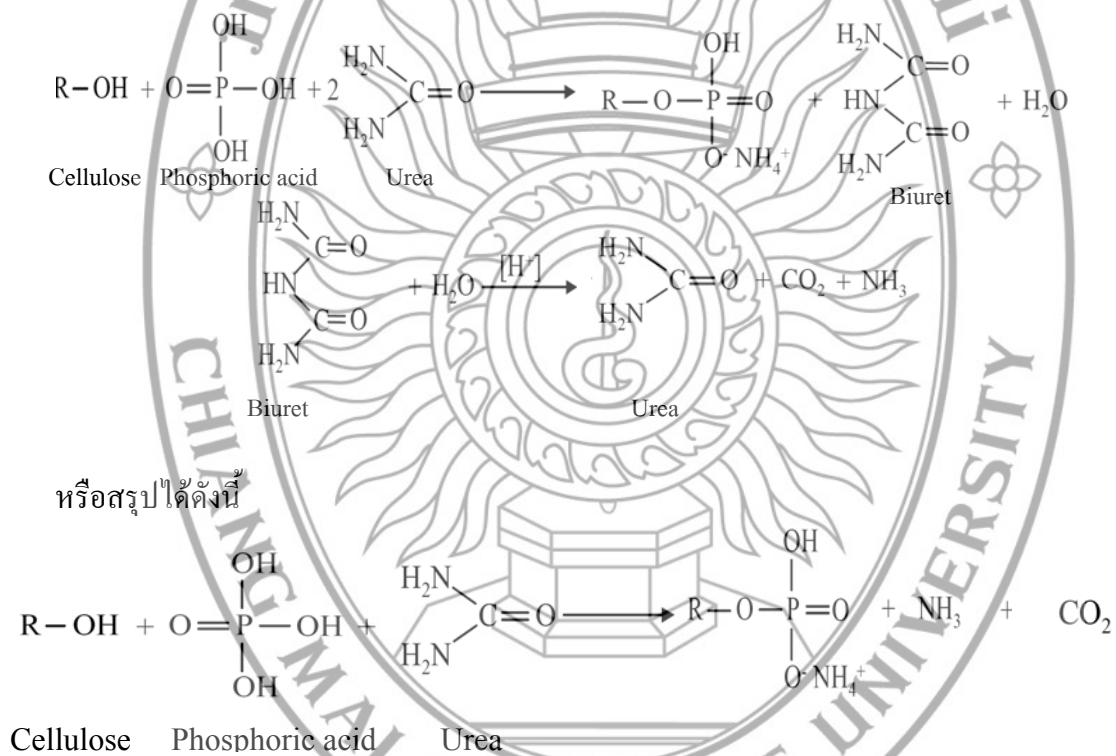
รูป 2.1 โครงสร้างของเซลลูโลส

ใยเซลลูโลสธรรมชาติ คือ ใยที่ได้จากส่วนต่างๆ ของพืชที่ให้เส้นใย เซลลูโลสเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ (cell wall) ในพืชเกิดจากหน่วยของ D-กลูโคส มาจับต่อกันด้วยพันธะ β -1,4'ไกลโคซิดิก (β -1,4' glycosidic bond) เซลลูโลสมีลักษณะเป็นโซ่ยาว เมื่อมีพันธะไฮโดรเจนระหว่างโซ่ของเซลลูโลสนี้ จึงทำให้เกิดเป็นเส้นใยที่เรียกว่า ไมโครไฟบริล (micro fibril) โครงสร้างของโมเลกุลส่วนใหญ่จะเรียงกันเป็นมัดๆ เรียกว่า ไฟบริน (fibrin) ไม่ละลายน้ำ โครงสร้างของเซลลูโลสในธรรมชาติจะมีหมู่คาร์บอกซิลเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นจึงทำให้เซลลูโลสมีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไอออน จากโครงสร้างของเซลลูโลส พบว่าโมเลกุลของเซลลูโลสมีหมู่ hydroxyl ที่คาร์บอนตำแหน่ง 2, 3 และ 6 ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดปฏิกิริยามากที่สุด การปรับปรุงลักษณะโครงสร้างและหมู่ฟังก์ชันในเซลลูโลสสามารถทำได้โดยใช้กระบวนการทางเคมี ซึ่งจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนไอออนของเซลลูโลสให้สูงขึ้น และเนื่องจากเซลลูโลสมีสมบัติเป็นเส้นใยที่มีลักษณะเป็นโครงสร้างหลวมๆ ที่ยึดเกาะกันด้วยพันธะ

ไฮโดรเจนทำให้ไอออนที่มีขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถผ่านเรซินแบบสังเคราะห์ได้จะสามารถผ่านสาร เซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออนได้ ดังนั้นค่าความจุของเซลลูโลสที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนไอออนจึงมี ค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเรซินประเภทสังเคราะห์ (มหาวิทยาลัยศิลปากร, [On-line]. Available, <http://www.thapra.lib.su.ac.th> :14 กรกฎาคม2551)

1.3 ปฏิกริยาฟอสโฟไลชัน (Phosphorylation) ของเซลลูโลส

หมู่ไฮดรอกซิล (OH) อิสระของเซลลูโลสถูกทำให้เกิดปฏิกิริยาฟอสฟอริกในสภาวะที่มี ยูเรีย ซึ่งยูเรียจะเกิดเป็นไบยูเรท (biuret) อย่างไรก็ตามในสภาวะที่มีน้ำอยู่ในสารละลาย ไบยูเรท จะสลายตัวเป็นยูเรีย แอมโมเนียและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทันที ซึ่งจะทำให้เกิดสมดุลของ ปฏิกิริยาแล้วเกิดผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการได้ (Gemende,B. *et al*, (nd)) ดังแสดงดังรูป 2.2



รูป 2.2 กระบวนการเกิดปฏิกิริยาฟอสโฟไลชันของเซลลูโลส (Bernhard Gemende *et al.*)

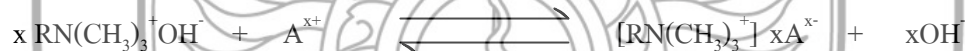
1.4 การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion – exchange Chromatography)

สำหรับวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน ใช้ในการแยกไอออนอนินทรีย์ทั้งแคตไอออน และแอนไอออน นอกจากนั้นยังใช้ประโยชน์ในการแยกกรดอะมิโนออกจากกันด้วย วิธีนี้มีหลักการขึ้นกับการแลกเปลี่ยนไอออน ขบวนการแลกเปลี่ยนไอออนซึ่งมีประจุเหมือนกันระหว่างไอออนที่อยู่ในสารละลายกับไอออนที่อยู่ในของแข็งซึ่งสัมพันธ์กับสารละลายนั้น วัตถุประสงค์ของแข็งซึ่งอยู่กับที่ใช้เทคนิคนี้เรียกว่าไอออนเอ็กซ์เชนเจอร์ (Ion - exchanger) ซึ่งเป็นสารที่มีโมเลกุลมาก และมีความเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมีเพราะจัดเป็นสารประเภท Cross-linked polymer (หรือเรซิน , Resin) อาจเรียกไอออนเอ็กซ์เชนเจอร์เรซิน สารนี้ประกอบด้วย Ionic functional group ต่อโมเลกุลเป็นจำนวนมาก และแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. แคตไอออนเอ็กซ์เชนเจอร์เรซิน ซึ่งมีหมู่ฟังก์ชันเป็นกรดแก่ของกลุ่มซัลโฟนิค (RSO_3H^+) หรือเป็นกรดอ่อนของกลุ่มกรดคาร์บอกซิลิก (RCOOH)



2. แอนไอออนเอ็กซ์เชนเจอร์เรซิน ซึ่งมีหมู่ฟังก์ชันเป็นเบสแก่ของกลุ่มควอเตอร์นารีอามีน ($\text{RN}(\text{CH}_3)_3^+\text{OH}^-$) หรือเบสอ่อนของกลุ่มเซคลินคาร์ หรือ เทอเชียรอามีน



1.5 กระบวนการดูดซับ(Adsorption Process)

การดูดซับเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการสะสมตัวของสาร หรือความเข้มข้นของสาร ที่บริเวณพื้นผิวหรือระหว่างผิวหน้า (interface) กระบวนการนี้สามารถเกิดที่บริเวณผิวสัมผัสระหว่าง 2 สภาวะใด ๆ เช่น ของเหลวกับของเหลว ก๊าซกับของเหลว ก๊าซกับของแข็ง หรือของเหลวกับของแข็ง โดยโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่ถูกดูดซับเรียกว่า สารถูกดูดซับ(adsorbate) ส่วนสารที่ทำหน้าที่ดูดซับเรียกว่า สารดูดซับ(adsorbent)

1.5.1 กลไกของกระบวนการดูดซับ

การดูดซับ (Adsorption) เป็นกระบวนการกักพอกสารละลายหรือสารแขวนลอยขนาดเล็กซึ่งละลายอยู่ในน้ำให้อยู่บนผิวของสารอีกชนิดหนึ่ง โดยที่สารละลายหรือสารแขวนลอย ขนาดเล็กนี้เรียกว่า Adsorbate ส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของสารที่ถูกดูดซับ เรียกว่า Adsorbent การดูดซับนี้จะเป็นการดูดซับแบบระหว่างสถานะ (Phase) ต่างๆ ทั้งสามสถานะ คือ ของเหลว (Liquid) ก๊าซ (Gas) และ ของแข็ง (Solid) ซึ่งมีได้ทั้งแบบ

ของเหลว- ของเหลว ก๊าซ-ของเหลว ก๊าซ-ของแข็ง และ ของเหลว-ของแข็ง โดยในที่นี้จะพิจารณาถึงเฉพาะแบบ ของเหลว-ของแข็ง (Liquid –Solid Interface)

ในการดูดซับผิวโมเลกุลของสารละลายหรือสารแขวนลอยก็จะถูกกำจัดออกจากน้ำและไปเกาะติดอยู่บนตัวดูดซับ โมเลกุลของสารส่วนใหญ่จะเกาะจับอยู่กับผิวภายในโพรงของตัวดูดซับและมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เกาะอยู่ที่ผิวภายนอก การถ่ายเทโมเลกุลจากน้ำไปหาตัวดูดซับเกิดขึ้นได้จนถึงสมดุลจึงหยุด ณ จุดสมดุล ความเข้มข้นของโมเลกุลในน้ำจะเหลือน้อยเพราะ โมเลกุลส่วนใหญ่เคลื่อนที่ไปเกาะจับอยู่กับตัวดูดซับ โดยในการเกาะติดจะมี Driving Force อยู่ 2 แบบ คือ การดูดซับทางกายภาพ และกาดูดซับทางเคมี

1.5.2 ประเภทของการดูดซับ

ปัจจัยสำคัญในการบอกชนิดของกระบวนการดูดซับจะพิจารณาจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่ถูกดูดซับกับผิวของสารดูดซับ ถ้าแรงยึดเหนี่ยวเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals Forces) จะเป็นการดูดซับทางกายภาพ (physical adsorption) แต่ถ้าแรงยึดเหนี่ยวทำให้เกิดพันธะเคมีระหว่างโมเลกุลที่ถูกดูดซับกับผิวของสารดูดซับจะเรียกว่า การดูดซับทางเคมี (chemical adsorption)

1) การดูดซับทางกายภาพ

เป็นการดูดซับที่เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลอย่างอ่อน คือ แรงแวนเดอร์วาลส์ (Vander Waals Forces) ซึ่งเกิดจากการรวมแรง 2 ชนิด คือ แรงกระจาย (London dispersion force) และแรงไฟฟ้าสถิตย์ (electrostatic force) การดึงดูดด้วยแรงที่อ่อนทำให้การดูดซับประเภทนี้มีพลังงานการคายความร้อนค่อนข้างน้อย คือ ต่ำกว่า 20 กิโลจูลต่อโมล และสามารถเกิดการผันกลับของกระบวนการได้ง่าย ซึ่งเป็นข้อดี เพราะสามารถฟื้นฟูสภาพของตัวดูดซับได้ง่ายด้วย สารที่ถูกดูดซับสามารถเกาะอยู่รอบ ๆ ผิวของสารดูดซับได้หลายชั้น (multilayer) หรือในแต่ละชั้นของโมเลกุลสารถูกดูดซับจะติดอยู่กับชั้นของโมเลกุลของสารถูกดูดซับในชั้นก่อนหน้านั้น โดยจำนวนชั้นจะเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารถูกดูดซับ และจะเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลายในสารละลาย

2) การดูดซับทางเคมี

การดูดซับประเภทนี้เกิดขึ้นเมื่อตัวถูกละลายกับตัวดูดซับทำปฏิกิริยาเคมีกัน ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของตัวถูกละลายเดิม คือมีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมหรือกลุ่มอะตอมเดิมแล้วมีการจัดเรียงอะตอมไปเป็นสารประกอบใหม่ขึ้น โดยมีพันธะเคมีซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรง มีพลังงานกระตุ้นเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้ความร้อนของการดูดซับมีค่าสูงประมาณ 50-400 กิโลจูลต่อโมล หมายความว่า การกำจัดตัวถูกละลาย

ออกจากผิวตัวดูดซับจะทำได้ยาก คือไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้ (irreversible) และการดูดซับประเภทนี้จะเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว(monolayer) เท่านั้น ซึ่งการดูดซับทางกายภาพและทางเคมีมีข้อแตกต่างกันหลายอย่าง ดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 การดูดซับทางกายภาพและทางเคมี

ตัวแปร	การดูดซับทางกายภาพ	การดูดซับทางเคมี
1. ค่าความร้อนของการดูดซับ	น้อยกว่า 20 กิโลจูลต่อ โมล	50-400 กิโลจูลต่อ โมล
2. อุณหภูมิที่เกิดการดูดซับ	ต่ำ	สูง
3. แรงดึงดูดระหว่าง โมเลกุล	แรงแวนเดอร์วาลส์	พันธะเคมี
4. การผันกลับของปฏิกิริยา	ผันกลับได้	ส่วนใหญ่ไม่ผันกลับ
5. การดูดซับบนแก๊ส-ของแข็ง	เกิดได้เกือบทุกชนิด	เกิดเฉพาะบางระบบ
6. พลังงานก่อกัมมันต์ในกระบวนการเกิด	ไม่เกี่ยวข้อง	เกี่ยวข้อง
7. รูปแบบชั้นของการดูดซับ	Monolayer และ multilayer	monolayer

(Pradthana 19 มีนาคม 2008, <http://pradthana.wordpress.com/2008/04/13/adsorption-process>)

1.6 ข้อมูลโลหะบางชนิด

1.6.1 แคลเซียม

แคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่พบมากในร่างกาย ส่วนใหญ่ถูกเก็บไว้ในกระดูก ฟัน เล็บ และอื่นๆ แคลเซียมเป็นเกลือแร่จำเป็น คือไม่ชอบทำงานตัวเดียว เพื่อนรักของแคลเซียมคือ ฟอสฟอรัส

การขาดแคลเซียมทำให้เกิดอาการ เหล่านี้ เป็นตะคิว ขา เกิดภาวะกระดูกพรุน ฟัน บางหากทานมากเกินไป จะทำให้กล้ามเนื้อกระบังลมทำงานมากเกินไป แข็งเกร็งจนไม่สามารถทำหน้าที่ยื่นต่อไปได้ คนไข้จะตายทันที เพราะหัวใจวาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งคนที่ เป็นโรคหัวใจมาก่อน นอกจากนี้ยังมีอาการทางจิต ความคิดสับสน เก็บกด และในที่สุดจะปรากฏอาการทางจิต

ผลของการได้รับมากเกินไป ถ้ารับประทานแคลเซียมและวิตามินดีมากจะทำให้ระดับ แคลเซียมในเลือดสูง (hypercalcemia) ทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ความดันเลือดสูง ปัสสาวะน้อย มีการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อและอาจเกิดนิ่วในไต ซึ่งเป็นสภาพที่มีผลจากการมีแคลเซียมไปจับเกาะ (calcification) ที่มากเกินไปตรงไต นอกจากนี้จำนวนแคลเซียม

ที่มากเกินไป จะทำให้กล้ามเนื้อกระบังลมทำงานมากเกินไป แข็งเกร็งจนไม่สามารถทำ
หน้าที่ต่อไปได้ คนไข้จะตายทันที เพราะหัวใจวาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งคนที่ เป็นโรคหัวใจ
มาก่อน นอกจากนี้ยังมีอาการทางจิต ความคิดสับสน เก็บกด และในที่สุดจะปรากฏอาการ
ทางจิต

1.6.2 แมกนีเซียม

เป็นสารอาหารประเภทเกลือแร่ (Mineral) ชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในกลุ่มเกลือแร่ที่มีมาก
ในร่างกาย (Macronutrients หรือ Principal elements) ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อร่างกาย
มนุษย์ โดยเฉพาะในโครงสร้างกระดูกมีธาตุ แมกนีเซียม เป็นองค์ประกอบประมาณ 25
กรัม หรืออาจมากกว่านี้ และเป็นส่วนประกอบสำคัญของเซลล์ต่างๆ กล้ามเนื้อ สมองและ
เนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่างๆ

ถ้าระดับแมกนีเซียมในกล้ามเนื้อลดลงจะทำให้เกิดตะคริวหรือกล้ามเนื้ออ่อน
แรงเรื้อรัง การขาดแมกนีเซียมจะเกิดในคนไข้ที่เป็นเบาหวาน ตับอ่อนอักเสบ (pancreatitis)
พิษสุราเรื้อรัง ควาซิออร์คอร์ด ไตพิการ บริโภคอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง หรือการดูดซึม
ผิดปกติอย่างร้ายแรง เนื่องจากท้องเดินเรื้อรังหรืออาเจียน

การขาดแมกนีเซียมจะเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับ โรคหัวใจขาดเลือด (coronary
heart disease) การได้รับแมกนีเซียมไม่เพียงพอจะมีผลทำให้เกิดการอุดตันในหัวใจและ
สมอง และมีส่วนช่วยทำให้แคลเซียมไปจับเกาะที่ไต เส้นเลือด และหัวใจ กล้ามเนื้อจะบิด
ตึง สับสน ไม่สามารถจดจำสถานที่หรือผู้คนได้ (disorientation)

ผลของการได้รับมากเกินไป ถ้ารับประทานในปริมาณมากจะเป็นพิษ โดยเฉพาะถ้า
บริโภคแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูง ตามปกติถ้าร่างกายได้รับแมกนีเซียมมากจะถูกขับออก
พอเพียง แต่ถ้าในกรณีที่ไตซำรุจะเป็นอันตรายมากเพราะอัตราการขับออกจะต่ำ

1.6.3 เหล็ก

ธาตุเหล็กเป็นสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ
เม็ดเลือดแดง มีหน้าที่ขนส่งออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์ทุกเซลล์ เพื่อให้ร่างกายทำงานได้
ตามปกติ ธาตุเหล็กจะอยู่ในอาหาร 2 รูปแบบ คือ

สารประกอบฮีม (Heme iron) คืออยู่ในรูปฮีโมโกลบิน พบมากในเลือด ตับ และ
เนื้อสัตว์ต่างๆ เช่น วัว หมู ปลา ไก่ ธาตุเหล็กในรูปแบบนี้จะถูกดูดซึมได้โดยตรงที่เยื่อบุผิว
ลำไส้เล็ก

สารประกอบที่ไม่ใช่ฮีม (Nonheme iron) พบได้ 2 รูปแบบ คือ

- 1 สารอินทรีย์ พบได้ในอาหาร เช่น ธัญพืช แป้ง ไข่ ผัก ผลไม้
- 2 สารอนินทรีย์ เช่น ยา

สารอาหารที่มีธาตุเหล็กมาก และร่างกายดูดซึมนำไปใช้ได้ก็คือ ธาตุเหล็กที่อยู่ในรูปสารประกอบฮีม คือ ธาตุเหล็กในเลือด ดับ และ เนื้อสัตว์ต่างๆ

ประโยชน์เหล็ก มีภูมิต้านทานโรค ทำให้ร่างกายแข็งแรง เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน อาการที่แสดงถึงการขาดธาตุเหล็ก ผิวหนังซีด เล็บเปราะ ลึนเป็นแผล เหนื่อย หงุดหงิด ช่วงหายใจสั้น ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง เวียนศีรษะ ปวดขมับ ปวดศีรษะ ร่างกายอ่อนแอ เจ็บป่วยง่าย การเจริญเติบโตช้า ในหญิงตั้งครรภ์มีโอกาสเสี่ยงต่อการคลอดก่อนกำหนด หรือแท้งบุตร (<http://www.hilunch.com/เหล็ก>) เหล็กไม่ปรากฏเป็นพิษต่อร่างกาย ยิ่งไปกว่านั้น ยังเป็นธาตุที่ร่างกายเราต้องการในปริมาณเล็กน้อย (trace element) เป็นโลหะจำเป็นสำหรับระบบการย่อยอาหาร เม็ดเลือดแดงของคนและสัตว์ มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ ทำหน้าที่นำออกซิเจน ไปสู่เซลล์ต่างๆ ของร่างกาย

1.6.4 สังกะสี

สังกะสี จัดเป็นแร่ธาตุในกลุ่มแร่ธาตุปริมาณน้อย (Trace Minerals) มีชื่ออีกอย่างว่า ซิงค์ (Zinc) ลักษณะทางเคมี คือ Zn ประมาณร้อยละ 90 ของสังกะสี ในร่างกายอยู่ที่กระดูกและกล้ามเนื้อ อีกร้อยละ 10 อยู่ที่ตับอ่อน ตับ เลือด โดยส่วนที่อยู่ในเม็ดเลือดนั้น ร้อยละ 80 อยู่ในเม็ดเลือดแดง และร้อยละ 20 อยู่ในน้ำเลือด ส่วนใหญ่ของ สังกะสี ที่รับประทานเข้าไปจะถูกขับถ่ายออกทางอุจจาระ ซึ่งเป็นผลรวมของ สังกะสี ที่บริโภคเข้าไปแล้วไม่ถูกดูดซึมจากน้ำย่อยของลำไส้เล็ก นอกจากนี้ร่างกายยังขับถ่าย สังกะสี ออกทางปัสสาวะโดยจับกับ กรดอะมิโน ได้อีกด้วย ซึ่งในคนปกติจะขับถ่าย สังกะสี ออกประมาณวันละ 300 – 600 ไมโครกรัม

ประโยชน์ของสังกะสี คือ เป็นสารอาหารที่ไม่ให้พลังงาน แต่ทำหน้าที่เป็นเพียงตัวกำกับการทำงานของร่างกาย มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก และโปรตีนเอนไซม์ในร่างกายมากกว่า 100 ชนิด อาจกล่าวได้ว่าเอนไซม์ที่เป็นสารสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาภายในร่างกายเกือบทุกชนิดต้องการ สังกะสี เป็นส่วนประกอบจึงจะทำหน้าที่ได้ดี

โทษของการได้รับ สังกะสี มากเกินไปจะก่อให้เกิดอาการต่างๆ ดังนี้

1. ภูมิคุ้มกันร่างกายเสื่อม และ สังกะสี ยังขัดขวางไม่ให้ร่างกายใช้ธาตุทองแดงได้เต็มที่ เป็นผลให้ระดับทองแดงในเลือดต่ำ ทำให้เกิดอาการซีด เม็ดเลือดขาวต่ำ
2. โดยถ้าร่างกายได้รับ สังกะสี เกินกว่า 2 กรัมขึ้นไป จะเกิดอาการระคายเคืองต่อระบบทางเดินอาหารแบบเฉียบพลัน ทำให้ปวดท้อง และอาเจียนได้
3. ในกรณีที่บริโภคมากกว่าวันละ 100 มก. เป็นเวลานานจะทำให้ระดับไขมัน HDL (High-density lipoprotein) ซึ่งเป็น ไขมันชั้นดีลดลง (<http://th.wikipedia.org> : 31 มีนาคม 2553)

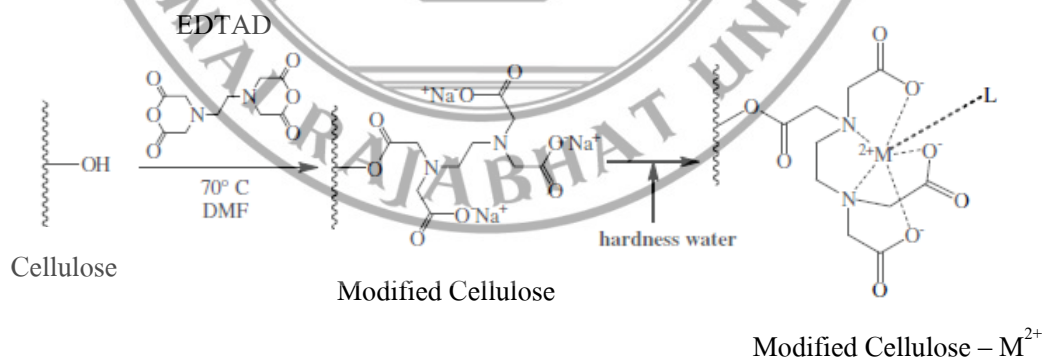
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Gemende, B *et al.* (nd) ได้ศึกษาการกำจัดโลหะหนักจากน้ำเสียโดยการแลกเปลี่ยนไอออนกับการปรับปรุงไม้สนป่าโดยใช้สมบัติการแลกเปลี่ยนไอออนของพอลิเมอร์ จากการนำเนื้อไม้สนมาปรับปรุงโดยกระบวนการฟอสโฟริเลชัน (phosphorylation) ด้วยการใช้ความร้อนจากไมโครเวฟ จากการศึกษาพบว่าไม้สนมีสมบัติการแลกเปลี่ยนไอออนหลังจากได้รับการปรับปรุงแล้วโดยมีความสามารถประมาณครึ่งหนึ่งของการใช้โพลีเมอร์สังเคราะห์ เมื่อทดสอบกับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ในปริมาณสูง

วรัญญา ศรีวิไล (2550) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงเซลลูโลสเพื่อดูดซับเหล็ก โดยอาศัยปฏิกิริยาฟอสโฟริเลชัน (phosphorylation) พบว่าอัตราส่วนโดยมวลของเซลลูโลสบริสุทธิ์ กรดฟอสฟอริกเข้มข้น และยูเรีย ที่เหมาะสม คือ 1.51 : 1:2.27 เพราะสามารถดูดซับเหล็กได้ดีที่สุดที่เวลาดูดซับตั้งแต่ 0-4 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเซลลูโลสบริสุทธิ์พบว่าได้ประสิทธิภาพดีกว่าประมาณ 20 % เช่นเดียวกับ จวรรณพร ชะเต (2551) ได้ทำการปรับปรุงเซลลูโลสที่ได้จากปอสาเพื่อดูดซับเหล็กและแคดเมียมในน้ำ พบว่าอัตราส่วนโดยมวลที่เหมาะสมของเซลลูโลส, กรดฟอสฟอริกเข้มข้น และยูเรีย คือ 2.0:1.0:3.0 โดยที่ระยะเวลาในการดูดซับทั้ง 30 และ 60 นาที สามารถดูดซับเหล็กและแคดเมียมได้ประมาณร้อยละ 90 และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับเปลือกปอสาที่ไม่ได้ทำการปรับปรุง พบว่าเซลลูโลสปรับปรุงและเปลือกปอสาที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมใกล้เคียงกัน

จากการศึกษาของ Osvaldo Hamitz junior และคณะ (2010) ถึงการกำจัด Ca (II) และ Mg(II) โดยการนำชานอ้อยมาแช่ในสารละลายต่าง แล้วทำปฏิกิริยาทางเคมีเชื่อมต่อกับพันธะเอสเทอร์กับ EDTA dianhydride (EDTAD) ซึ่งการปรับปรุงนี้ได้ทดลองเทียบกับเซลลูโลสที่มีการปรับปรุงทางเคมีชนิดอื่น พบว่าเซลลูโลสที่ทำปฏิกิริยากับ EDTAD ให้การดูดซับมากกว่า โดยสามารถดูดซับ Ca และ Mg ในช่วง 15.6-54.1 mg/g และ 13.5-42.6 mg/g ตามลำดับ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังรูปที่

2.3



รูป 2.3 การเกิดพันธะเอสเทอร์ของเซลลูโลสกับ EDTAD และการจับกับโลหะ

O'Connell, David W; Birkinshaw, Colin; O'Dwyer, Thomas F (2006) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงหมู่ของเซลลูโลสเพื่อการดูดซับเพื่อกำจัด Ni(II) ออกจากสารละลาย ในการทดลองนี้ ได้ทดลองกับหมู่ glycidyl methacrylate ด้วย imidazole กลายเป็น Cellulose-g-GMA-Imidazole เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการกำจัด Ni(II) ในการทดลองนี้ ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผล โดยเฉพาะ ความเข้มข้น ระยะเวลาในการดูดซับ ผลของ pH เป็นต้น ซึ่งจากการทดสอบพบว่า Cellulose-g-GMA-Imidazole สามารถดูดซับ Ni(II) ได้ประมาณ 48 mg/g

N. F. KEMBER & R. A. WELLS ได้ศึกษาสมบัติของเส้นใยฝ้ายที่ปรับปรุงด้วยสารเคมีเพื่อให้มีสมบัติในการแลกเปลี่ยนไอออน ซึ่งได้ทำการศึกษาผลของ pH ที่ใช้ในการเตรียมโปรตีนจากเมล็ดของพืชน้ำมัน โดยการเติมฟอสเฟตและเอมีนไปในเส้นใยฝ้าย ขณะที่สภาวะที่เหมาะสมที่ทำการทดลองเซลลูโลสที่ได้ไม่เอื้ออำนวยในการเป็นวัสดุดีบในการทำการแยกทางโครมาโทกราฟี

นอกจากนี้ J.B. Lawton และ G.O. Phillips (1975) ได้นำปัจจัยทางเทอร์โมไดนามิกส์มาใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนไอออนบนแอนไอออนเอกซ์เชนจ์เรซินหลายชนิดที่ประกอบด้วย หมู่คาร์บอกซิล คาร์บอกซิเมทิล ฟอสเฟต หรือ ซัลเฟต เป็นต้น จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงได้มีการทำเซลลูโลสให้มีหมู่ซัลเฟต และเซลลูโลสหมู่ฟอสเฟตและเกาะด้วยโพแทสเซียมมากกว่าที่จะเกาะด้วยโซเดียม อย่างไรก็ตามในขณะที่ยังเหลือเซลลูโลส (-COO⁻) และ คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสกลับได้ผลการแทนที่โซเดียม ด้วย Cu(II) เป็นดังนี้ คือ คาร์บอกซิเมทิล > คาร์บอกซิล > ซัลเฟต แต่เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสได้ลำดับการแทนที่ คือ Cu²⁺ > Mn²⁺ > Ca²⁺ สำหรับหมู่ซัลเฟตได้ลำดับการแทนที่เป็นดังนี้ Mn²⁺ > Ca²⁺ > Cu²⁺