



บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหาและแนวเหตุผลทฤษฎีที่สำคัญ

ปัจจุบันนี้มนุษย์มีการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตทั้งทางด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ตลอดจนความสะดวกสบายในการดำรงชีวิตประจำวัน ในการพัฒนาดังกล่าวได้มีการนำสารเคมีเข้ามาใช้ประโยชน์เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นผลทำให้มีสารเคมีปะปนอยู่ในสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไปทั้งอากาศ ดิน น้ำ ตลอดจนอาหารที่บริโภค ก่อให้เกิดปัญหาภาวะมลพิษในสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย จากการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาของสารที่เป็นพิษทางด้านสาธารณสุขในประเทศไทยพบว่า สารเคมีประเภทโลหะหนักที่ปนเปื้อนในอาหารที่เป็นปัญหาสำคัญอันดับแรก คือ "ตะกั่ว" (กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2526-2527)

ตะกั่ว (Lead) เป็นธาตุโลหะหนัก มีลักษณะอ่อน สีเทาเงิน มีสัญลักษณ์ทางเคมีคือ "Pb" จัดอยู่ในหมู่ธาตุหมู่ที่ IVA ของตารางธาตุ มีน้ำหนักอะตอมเท่ากับ 207 จุดหลอมเหลว 327.4°C จุดเดือด 1620°C และมีความถ่วงจำเพาะ 11.35 เนื่องจากตะกั่วมีจุดหลอมเหลวต่ำจึงทำให้อ่อนและตัดแปลงให้มีรูปร่างต่าง ๆ ได้ตามความต้องการ และสามารถกลายเป็นไอที่อุณหภูมิสูง ๆ นอกจากนี้ตะกัวยังเป็นธาตุที่พบได้ง่ายมีกระจายอยู่ทั่วไปตามเปลือกโลก โดยมีปริมาณเฉลี่ยประมาณ 15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Waldron, 1980) ตะกั่วที่พบนี้มีทั้งในรูปของสารตะกั่วอิสระและสารประกอบของตะกั่ว สารประกอบของตะกั่วนี้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ สารประกอบตะกั่วอนินทรีย์ (Inorganic Lead Compound) และสารประกอบตะกั่วอินทรีย์ (Organic Lead Compound)

จากคุณสมบัติดังกล่าวตะกั่วจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ ตั้งแต่โบราณกาลจวบจนปัจจุบัน ได้มีหลักฐานว่าประมาณ 3,000 ปีก่อนคริสตกาลชาวโรมันได้นำตะกั่วมา

ใช้ในการทำถ้ำเก็บน้ำดื่ม และทำท่อระบายน้ำโสโครก ในปัจจุบันนี้มนุษย์นำตะกั่วมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ตัวอย่างเช่น

1. สารประกอบตะกั่วอนินทรีย์ (Inorganic Lead Compounds)

สารประกอบตะกั่วอนินทรีย์นี้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายประเภท ที่สำคัญและพบบ่อย ได้แก่

1.1 การทำแบตเตอรี่โดยมีการใช้ Lead monoxide (PbO) ทำเปลือกหม้อแบตเตอรี่และใช้ Lead dioxide (PbO_2) ทำเป็นขั้วของอิเล็กโตรด

1.2 การทำโลหะผสม ใช้โลหะตะกั่ว (Lead Metal) และ/หรือ ตะกั่วออกไซด์ (PbO) ผสมกับโลหะอื่น เช่น ดีบุก ทองแดง และแอนติโมนี เพื่อทำเป็นตัวแบบพิมพ์ นอกจากนี้โลหะตะกั่วยังถูกใช้ในการบัดกรีเชื่อมโลหะต่าง ๆ เช่น บัดกรีกระป๋องบรรจุอาหารสำเร็จรูป ใช้เชื่อมต่อท่อประปา และใช้เป็นโลหะผสม (Amalgam) ในการทำฟัน เป็นต้น

1.3 การทำสีใช้ตะกั่วหลายชนิด เช่น

- ส่วนผสมระหว่าง Lead Carbonate ($PbCO_3$) กับ Lead hydroxide ($Pb(OH)_2$) ซึ่งเรียกว่า "White Lead" ใช้ผสมในฝุ่นสีขาว สีน้ำมันและหมึกพิมพ์

- Lead oxide (Pb_3O_4) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า สีเสน (Red Lead) ใช้เป็นสีทาโลหะเพื่อกันสนิม

- Lead chromate ($PbCrO_4$) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "Chrome yellow" ใช้ทำสีเหลืองสำหรับผสมในสีมันและสีพิมพ์ ซึ่งใช้มากในการทาสีและการพ่นสีวัตถุ

1.4 การเคลือบภาชนะเซรามิกใช้ Lead silicate ($PbSiO_3$)

1.5 การทำยาฆ่าแมลงและยาปราบศัตรูพืชใช้ Lead arsenate ($Pb(AsO_4)_2$)

1.6 การทำสีย้อม สีทา ใช้ Lead acetate ($Pb(C_2H_3O_2)_2 \cdot 3H_2O$) และยั้งนำ Lead acetate และ Lead subacetate มาใช้ในทางยาโดยใช้เป็น ยาฝาดสมานอีกด้วย

2. สารประกอบตะกั่วอินทรีย์ (Organic Lead Compounds) สารประกอบตะกั่วอินทรีย์นี้ถูกนำมาใช้มากที่สุด ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและ น้ำมันก๊าซโซลีน ได้แก่ Alkyl lead ซึ่งมี 2 ชนิด คือ Tetraethyl lead (TEL) และ Tetramethyl lead (TML) โดยใช้เป็นสารป้องกันการกระตุกของ เครื่องยนต์เวลาทำงาน ใช้ผสมในน้ำมันเบนซินในอัตราส่วนประมาณ 0.7 กรัม/ลิตร หรือ 0.07%

จากการนำตะกั่วมาใช้ประโยชน์อย่างมกนี้ มีผลทำให้ตะกั่วปะปนอยู่ใน สิ่งแวดล้อม และมีโอกาสเข้าสู่ร่างกายมากขึ้น ทั้งในคนที่ประกอบอาชีพเกี่ยวข้องกับ ตะกั่วหรือไม่ก็ตาม ซึ่งในประเทศไทยได้เริ่มสนใจปัญหาสุขภาพอนามัยที่เกิดจาก ตะกั่วอย่างจริงจัง เมื่อปี พ.ศ.2513 ภายหลังจากมีคนตาย เนื่องจากได้รับตะกั่ว เข้าสู่ร่างกายเกินขนาด (กองอาชีวอนามัย, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์)

เมตาบอลิซึมของตะกั่ว (Lead Metabolism)

มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับเมตาบอลิซึมของตะกั่วทั้งในด้านการดูดซึม เข้าสู่ร่างกาย (Absorption) , การกระจายตัว (Distribution) ในร่าง กาย และ การขับถ่าย (Excretion) ออกจากร่างกาย (WHO, 1977; Hernberg, 1980; Waldron, 1980; Goyer, 1986) พบว่า

1. การดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย (Absorption)

สารประกอบตะกั่วอินทรีย์สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 2 ทาง คือ จากระบบทางเดินหายใจ (Respiratory Tract) ดูดซึมได้ดีที่ปอด (Lungs) และ จากระบบทางเดินอาหาร (Gastro-Intestinal Tract) ดูดซึมได้ดีที่กระเพาะ อาหาร (Stomach) และลำไส้เล็ก (Small Intestine) ส่วนประกอบตะกั่ว อินทรีย์เข้าสู่ร่างกายได้ดีโดยดูดซึมผ่านทางผิวหนัง (Skin Absorption) (WHO, 1977; Waldron, 1980; Goyer, 1986)

2. การกระจายตัว (Distribution)

การไหลเวียนของโลหิตจะพาตะกั่วไปสู่เนื้อเยื่อทั่วร่างกายและเก็บสะสมไว้ตามแหล่งต่าง ๆ อวัยวะที่เก็บตะกั่วได้มากที่สุดคือ ตับและไต หลังจากนั้นระดับตะกั่วในเนื้อเยื่อเหล่านี้จะค่อย ๆ ลดลงแล้วเคลื่อนที่ไปเกาะที่ส่วน matrix ของกระดูกในสภาพเกลือที่ละลายยาก เช่น Lead phosphate ($Pb_3(PO_4)_2$) ปริมาณตะกั่วที่สะสมในกระดูกนี้จะเพิ่มขึ้นตามอายุของคน และในเพศชายจะมีตะกั่วสะสมในกระดูกมากกว่าเพศหญิง นอกจากนี้ตะกั่วยังไปสะสมอยู่ที่ผมและเล็บอีกด้วย ตะกั่วที่สะสมในกระดูกและเนื้อเยื่อนี้สามารถกลับมาสู่กระแสโลหิตได้ และจากการศึกษาพบว่าตะกั่วมีค่าครึ่งชีวิตในร่างกายเท่ากับ 1,940 วัน

ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการผ่านของตะกั่วจากมารดาไปสู่ทารกในครรภ์ พบว่าสารประกอบตะกั่วอนินทรีย์สามารถผ่านจากเลือดของมารดาไปสู่ทารก โดยผ่านรก (Placenta) โดยที่ระดับตะกั่วในทารกจะเพิ่มมากขึ้นภายใน 12-14 สัปดาห์แรกของการตั้งครรภ์ และการกระจายตัวของตะกั่วภายในร่างกายของทารกในครรภ์และในคนโตเต็มวัย (Adult) มีลักษณะคล้ายคลึงกัน (Hernberg, 1980; Goyer, 1986)

3. การขับถ่าย (Excretion)

ตะกั่วถูกขับออกจากร่างกายได้หลายทาง คือ ทางปัสสาวะโดยการกรองผ่านไต ทางอุจจาระโดยการขับออกมากับน้ำดีแล้วออกมาพร้อมกับอุจจาระ ขับออกมาทางผิวหนังโดยออกมากับเหงื่อ และยังสามารถออกมากทางอื่นโดยเป็นส่วนประกอบในเส้นผม จากการศึกษาการขับตะกั่วออกจากร่างกาย โดยใช้ ^{204}Pb พบว่ามีการขับตะกั่วออกจากร่างกายโดยผ่านทางต่าง ๆ ดังนี้คือ ทางปัสสาวะ (Urine) 76%, ทางสิ่งคัดหลั่งของกระเพาะอาหารและลำไส้ (Gastrointestinal Secretion) 16%, ทางผม (Hair) เล็บ (Nails) และเหงื่อ (Sweat) 8% นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่ามีตะกั่วออกมาทางน้ำนมในปริมาณ 5-12 ไมโครกรัม/ลิตร (Waldron, 1980)

ร่างกายสามารถขับตะกั่วออกได้เต็มที่ประมาณ 2 มิลลิกรัมต่อวัน ถ้าร่างกายได้รับตะกั่วมากเกินไปจนขับออกไม่ทันก็จะทำให้เกิดการสะสมขึ้น ถ้าปริมาณมากถึง 0.8 ส่วนในล้านส่วน (ppm.) หรือ 80 ไมโครกรัม/เดซิลิตร ก็จะเริ่มเกิดอาการพิษของตะกั่วที่เรียกว่า "โรคแพ้พิษตะกั่ว" (Lead Poisoning) ซึ่งอาจทำ

ให้เสียชีวิตในที่สุด (Goyer, 1986)

พิษของตะกั่ว (Toxicity of Lead)

พิษของตะกั่วอาจเป็นได้ทั้งแบบปัจจุบัน (Acute Poisoning) หรือเรื้อรัง (Chronic Poisoning) ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดและปริมาณของตะกั่วที่เข้าสู่ร่างกาย และระยะเวลาที่ได้รับหรือสัมผัสตะกั่ว (WHO, 1977; Clayton, 1978; Hammond and Beliles, 1980) ซึ่งพิษของตะกั่วมีต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย ดังนี้ :-

1. **ผลต่อระบบเลือด** (Haematological Effects)

ตะกั่วมีผลต่อระบบเลือดโดยการยับยั้งการสังเคราะห์ฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) และมีผลทำให้อายุของเม็ดเลือดแดงสั้นลง สิ่งเหล่านี้ก่อให้เกิดสภาวะ "โรคโลหิตจาง" (Anaemia) (Hernberg, 1980; Goyer, 1986)

2. **ผลต่อระบบประสาท** (Neurological Effects)

ตะกั่วมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง (Central Nervous System) และระบบประสาทส่วนปลาย (Peripheral Nervous System) โดยที่สารประกอบตะกั่วอินทรีย์มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง โดยทำให้เนื้อเยื่อสมองเสื่อม (Encephalopathy) และก่อให้เกิดภาวะทางจิตได้ (Hernberg, 1980; Goyer 1986) ส่วนสารประกอบตะกั่วอนินทรีย์จะมีผลต่อระบบประสาทส่วนปลายทำให้มีการทำลายเยื่อไมอีลิน (Myelin Sheath) และการสร้างแอกซอน (Axon) ทำให้การส่งกระแสประสาทเสียไปและเป็นอัมพาตในที่สุด (Hernberg, 1980; Buchthal and Behse, 1981)

3. **ผลต่อไต** (Renal Effects)

ตะกั่วจะทำลายเซลล์ของท่อไตในส่วนต้น (Proximal Tubule) ทำให้มีการขับกรดอะมิโน น้ำตาล และฟอสเฟตในปัสสาวะเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ เนื่องจากท่อไตไม่สามารถดูดซึมสารเหล่านี้กลับ ทำให้เกิดภาวะอะมิโนแอสิดูเรีย (Aminoaciduria), ไกลโคซูเรีย (Glycosuria) และ ไฮเพอร์ฟอสเฟตยูเรีย (Hyperphosphaturia) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีผลทำให้การขับถ่ายกรดยูริก (Uric acid) เสียไปจึงมีกรดยูริกในเลือดสูง ซึ่งเรียกว่าภาวะยูริกแอสิดิเมีย (Uricacidemia) และทำให้เกิดโรคเก๊าท์ (Gout) ขึ้นได้ (Hernberg, 1980)

4. ผลต่อกระเพาะอาหารและลำไส้ (Gastrointestinal Effects)
ตะกั่วมีผลทำให้ท้องผูกหรือท้องเสีย ปวดท้อง เบื่ออาหาร อาเจียน
น้ำหนักลด (Hernberg, 1980; Waldron 1986)
5. ผลต่อระบบไหลเวียนเลือด (Cardiovascular System)
ตะกั่วมีผลทำให้กล้ามเนื้อหัวใจอักเสบ (Hernberg, 1980)
6. ผลต่อระบบสืบพันธุ์ (Reproductive System)
ตะกั่วมีผลทำให้เป็นหมัน โดยโอกาสมีบุตรจะลดลงในสตรีและมีการ
คลอดก่อนกำหนด ในบุรุษจะทำให้จำนวนอสุจิลดลง (Hyperspermia) อสุจิอ่อน
กำลังลง (Asthenospermia) รูปร่างของอสุจิผิดปกติ (Teratospermia) นอก
จากนี้ตะก้วยังมีผลทำให้โครโมโซมผิดปกติ (Chromosome Aberration)
(Hernberg, 1980)
7. ฤทธิ์ในการก่อมะเร็ง (Carcinogenicity)
จากการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าตะกั่วสามารถก่อให้เกิดเนื้องอก
ทั้งแบบร้ายแรง (Malignant Tumours) และแบบไม่ร้ายแรง (Benign
Tumours) และทำให้เป็นมะเร็งที่ไตในสัตว์จำพวกหนู (Hernberg, 1980) ส่วน
ในมนุษย์ยังไม่สามารถสรุปผลได้แน่นอนว่าตะกั่วก่อให้เกิดมะเร็ง อย่างไรก็ตามเมื่อ
ตรวจสุขภาพคนงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับตะกั่วพบว่าคนงานเหล่านี้เป็นโรคมะเร็งที่
อวัยวะต่าง ๆ ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ปอด (Kang and Infante, 1980)

หลักฐานการพบตะกั่วปนเปื้อนในอาหารและน้ำดื่ม

โดยทั่วไปน้ำดื่มจากแหล่งน้ำธรรมชาติแหล่งต่าง ๆ จะมีตะกั่วปนเปื้อนอยู่
โดยเฉลี่ย 1-10 ไมโครกรัม/ลิตร น้ำฝนมีตะกั่วปนเปื้อนอยู่โดยเฉลี่ย 34-300
ไมโครกรัม/ลิตร ซึ่งปริมาณตะกั่วที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำฝนจะมากหรือน้อยกว่านี้เพียงใด
นั้นก็ขึ้นกับปริมาณตะกั่วที่ปะปนอยู่ในบรรยากาศบริเวณนั้น ๆ นอกจากนี้ น้ำที่ผ่านท่อที่
เชื่อมด้วยตะกั่วก็อาจมีตะกั่วปนเปื้อนอยู่ถึง 920 ไมโครกรัม/ลิตร (Bellies,
1975) ในประเทศไทยก็ตรวจพบตะกั่วปนเปื้อนอยู่ในอาหาร และน้ำดื่มที่ใช้เช่นกัน
จากการวิเคราะห์แหล่งน้ำธรรมชาติ ในปี พ.ศ. 2519-2525 พบว่ามีตะกั่วปนเปื้อน
อยู่ในแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำเพชรบุรี

และแม่น้ำปราณบุรี เป็นปริมาณโดยเฉลี่ย 0.38 มิลลิกรัม/ลิตร, 0.38 มิลลิกรัม/ลิตร, 0.13 มิลลิกรัม/ลิตร, 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร, 0.27 มิลลิกรัม/ลิตร และ 0.32 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งล้วนเป็นค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดของประเทศไทย (0.05 มิลลิกรัม/ลิตร) ในน้ำบริโภคพบว่าตะกั่วปนเปื้อนโดยเฉลี่ย 0.058 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภคที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก คือ 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร (กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2526-2527) และจากการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในอาหารประเภทต่าง ๆ ในท้องตลาดพบว่า อาหารจำพวกผักสดมีตะกั่วปนเปื้อนอยู่โดยเฉลี่ย 1.109 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ผลไม้มีตะกั่วปนเปื้อนอยู่โดยเฉลี่ย 0.608 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และไข่มีตะกั่วปนเปื้อนอยู่โดยเฉลี่ย 0.93 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (กองวิเคราะห์อาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2529) ซึ่งค่ามาตรฐานปริมาณตะกั่วในอาหารและน้ำดื่มที่กำหนดตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (ปี พ.ศ. 2529) คือ 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หรือ 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร นอกจากนี้ยังตรวจพบว่าอาหารที่ถูกบรรจุในถุงกระดาษที่มีหมึกพิมพ์ จะมีตะกั่วปนเปื้อนอยู่ในปริมาณ 0.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เนื่องจากหมึกพิมพ์ทุกสีจะมีปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง 0.75 - 1855.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ประยดา แก้วดวงเทียน, 2529) จากการศึกษาที่มีตะกั่วปนเปื้อนอยู่ในอาหารและน้ำดื่ม เช่นนี้ทำให้ตะกั่วมีโอกาสเข้าสู่ร่างกายในปริมาณเฉลี่ยวันละ 300 ไมโครกรัม (Bellies, 1975; Waldron 1980) ซึ่ง JEFA (The Joint FAO/WHO Committee on Food Additives) ได้กำหนดปริมาณเฉลี่ยของตะกั่วที่มนุษย์สามารถรับเข้าสู่ร่างกายโดยการรับประทานในแต่ละวัน (Daily Intake) ดังนี้ สำหรับบุรุษไม่ควรได้รับเกิน 525 ไมโครกรัม และในสตรีไม่ควรได้รับเกิน 435 ไมโครกรัม (National Health and Medical Research Council, 1984)

จากการสำรวจพบว่าสารประกอบตะกั่วอนินทรีย์ ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างมากจึงมีปะปนอยู่ในสิ่งแวดล้อมเกือบจะทั้งหมดของตะกั่วที่มนุษย์สัมผัสและรับเข้าสู่ร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาหาร นอกจากนี้สารประกอบตะกั่วอนินทรีย์ยังสามารถเข้าสู่ร่างกายโดยผ่านระบบทางเดินอาหารได้อีกด้วย (กองอาชีวอนามัย, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์; กองวิเคราะห์อาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2529; Goyer, 1986) ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาถึงผลกระทบของสารประกอบตะกั่วอนินทรีย์ ในปริมาณที่มีโอกาสได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยการรับประทานในแต่ละวันต่อเยื่อเซลล์กระเพาะอาหารและลำไส้


องค์ประกอบทางเคมีและการจัดโครงสร้างของเยื่อเซลล์สิ่งมีชีวิต (Chemical Constituents and Structural Organization of Biological Cell Membrane)

เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต เซลล์หลายเซลล์ที่อยู่เป็นกลุ่มมีสารรอบเซลล์ (Surrounding Intercellular Substances) รวมเรียกว่า เนื้อเยื่อ (Tissue) กลุ่มของเนื้อเยื่อประเภทเดียวกันเรียกว่า อวัยวะ (Organ) และอวัยวะที่ร่วมกันทำหน้าที่ด้วยกันจัดเป็นระบบ (System) การที่สิ่งมีชีวิตดำรงคุณสมบัติอยู่ได้จึงต้องอาศัยเซลล์ ถ้าเซลล์ผิดปกติก็จะมีผลทำให้ระบบร่างกายแปรปรวน การทำงานของร่างกายบกพร่องและเกิดโรคร้ายไข้เจ็บ ดังนั้นการศึกษาถึงระบบเซลล์จึงเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้สามารถทราบถึงสาเหตุของการเกิดโรคได้

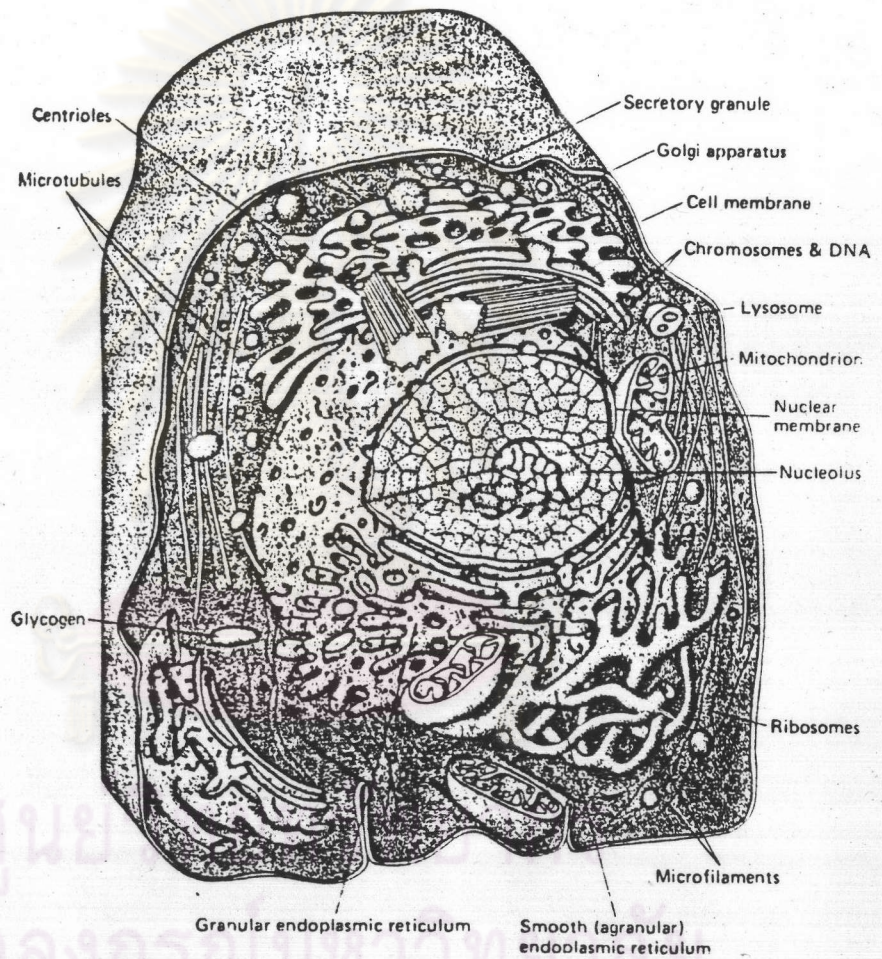
เซลล์โดยทั่วไปจะมีองค์ประกอบทางเคมีและการจัดโครงสร้างคล้ายคลึงกัน ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน คือ (ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์; Giese, 1979; Guyton, 1985) (ดังแสดงในรูปที่ 1)

1. เยื่อเซลล์ (Cell Membrane) เป็นส่วนที่หุ้มอยู่รอบนอกของเซลล์ มีหน้าที่แยกส่วนประกอบภายในเซลล์จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเซลล์
2. ไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) เป็นส่วนที่อยู่ภายในเซลล์ ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่มีชีวิต (Organelles) สารที่ไม่มีชีวิต (Inclusion) และสารพวกอื่นที่เรียกว่า Ground Substances หรือ Matrix ได้แก่ น้ำ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเกลือแร่ต่าง ๆ
3. ส่วนประกอบที่มีชีวิต (Organelles) เช่น นิวเคลียส (Nucleus) ไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) เป็นต้น
4. สารที่ไม่มีชีวิต (Inclusion) เป็นส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์ ซึ่งเกิดจากสิ่งที่เซลล์สร้างขึ้นภายหลังการสันดาป (Catabolic pathways) และเก็บไว้เพื่อใช้หรือหลังหรือขจัดจากเซลล์ เช่น ไกลโคเจน (Glycogen) เป็นต้น

เยื่อเซลล์เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดส่วนหนึ่งของเซลล์ เนื่องจากมีหน้าที่ควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่าง ๆ คุณสมบัติที่สำคัญคือ ยอมให้สารบางชนิดผ่านเข้าหรือออกจากเซลล์ได้ (Semipermeable) นอกจากนี้เยื่อเซลล์ยังมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเพื่อให้เหมาะสมกับหน้าที่ในภาวะต่าง ๆ เช่น เปลี่ยนเป็น ไมโครวิลไล (microvilli), ซีเลีย (cilia), แฟลกเจลลา (flagella) และ จังก์ชันแนลคอมเพล็กซ์ (junctional complex) เป็นต้น เนื่องจากเยื่อเซลล์มีความสำคัญดังที่กล่าวมานี้ เมื่อเกิดภาวะผิดปกติต่อเยื่อเซลล์ก็อาจมีผลทำให้สภาพของเซลล์และการทำหน้าที่ของเซลล์เปลี่ยนแปลงไปซึ่งอาจก่อให้เกิดความผิดปกติต่อร่างกายตามมา



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของเซลล์ เมื่อศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Guyton, 1985)

องค์ประกอบทางเคมีของเยื่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต (Chemical Constituents of Biological Cell Membrane)

โดยทั่วไปเยื่อเซลล์ประกอบด้วยลิพิด และโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ คือ มีโปรตีนอยู่ประมาณ 60% ลิพิด 40% นอกจากนี้ยังมีคาร์โบไฮเดรต น้ำ และกรดนิวคลีอิกเป็นส่วนประกอบอีกในปริมาณเล็กน้อย องค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้จะแตกต่างกันไปบ้างตามชนิดของเยื่อเซลล์และชนิดของสิ่งมีชีวิต (Bretschers, 1973; Bretschers, 1975; Giese, 1979; Guyton, 1985)

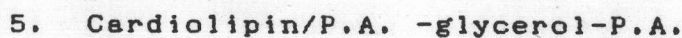
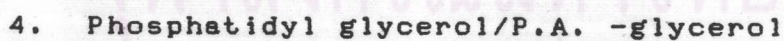
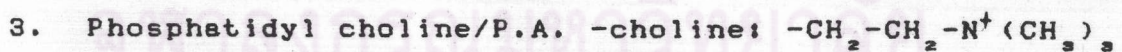
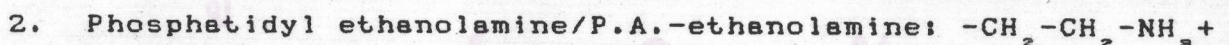
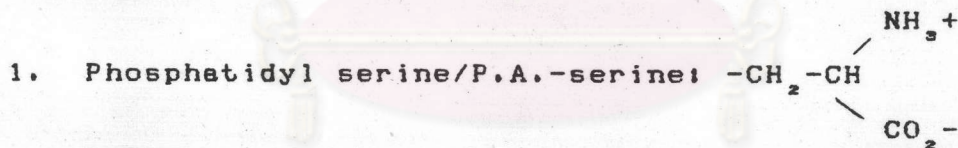
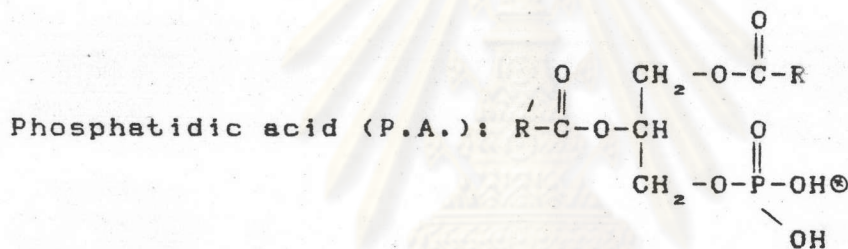
ลิพิด (Lipid) คือ สารประกอบประเภทไขมันซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยอนุพันธ์ (Derivatives) ของกรดไขมัน (Fatty acid) ลิพิดที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อเซลล์มี 3 ประเภทคือ

1. ฟอสโฟลิพิด (Phospholipid) หรือ ฟอสโฟกลีเซอรไรด์ (Phosphoglyceride) คือ ลิพิดที่ประกอบด้วยกลีเซอริน (Glycerin), กรดไขมัน (R) 2 ตัว, ฟอสเฟต (Phosphate) และแอลกอฮอล์ (Alcohol, (X)) ซึ่งฟอสโฟลิพิดแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างของกลุ่ม X ต่างกันดังแสดงในรูปที่ 2 โมเลกุลของฟอสโฟลิพิดเป็นแอมฟิพาติก (Amphiphatic) คือประกอบด้วยส่วนที่มีขั้ว (Polar) ซึ่งละลายน้ำได้ดี (Hydrophilic Head Group) และส่วนที่ไม่มีขั้ว (Non Polar) ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (Hydrophobic Tail) เนื่องจากมีลักษณะโมเลกุลเป็นเช่นนี้จึงมีผลทำให้ส่วนไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) หันเข้าหากัน และส่วนไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) หันออกเข้าหาน้ำ การจับกันแบบนี้ทำให้เกิดเป็นหยดเล็กๆ (Micelles) หรือแผ่นคู่ (Bilayer หรือ Lamellar)

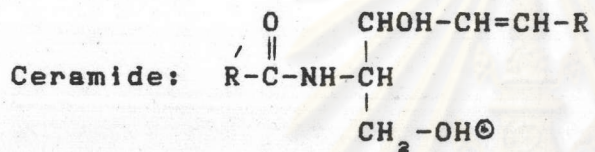
องค์ประกอบลิพิดของเยื่อเซลล์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยฟอสโฟลิพิด ซึ่งมีประมาณ 55-75% ของลิพิดที่เป็นองค์ประกอบทั้งหมด และฟอสโฟลิพิดส่วนใหญ่ที่พบในเยื่อเซลล์คือฟอสฟาติดีลโคลีน (Phosphatidyl choline) หรือเลคซิธิน (Lecithin) และ ฟอสฟาติดีลเซรีน (Phosphatidyl serine) หรือเซฟาลิน (Cephalin) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างแสดงในรูปที่ 2

2. สฟิงโกลิพิด (Sphingolipids) เป็น ลิพิดที่มีแกนกลางเป็นสฟิงโกซิน (Sphingosin) ซึ่งอาจมีส่วนประกอบอื่นเป็นหมู่ฟอสเฟต หรือ

คาร์โบไฮเดรต ซึ่งถ้าประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเป็น ไกลโคลิปิด (Glycolipid) ได้แก่ ซีรีโบรไซด์ (Cerebroside) และ แกงกลิโอไซด์ (Gangliosides) (ดังสูตรโครงสร้างที่แสดงในรูปที่ 3 และ ตารางที่ 1) โมเลกุลของสฟิงโกลิปิด มีลักษณะแบบแอมφιพาติกเช่นกัน โดยส่วนที่มี ขั้ว (Polar) ซึ่งเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ (Hydrophilic) คือส่วนที่เป็นฟอสเฟต และคาร์โบไฮเดรต ด้วยลักษณะโมเลกุลเช่นนี้จึงทำให้เกิดการจับกันเป็นแผ่นคู่ (Bilayer) เช่นกัน สฟิงโกลิปิดนี้ เป็นองค์ประกอบของเยื่อเซลล์ทั้งในพืชและสัตว์ โดยพบมากในเยื่อเซลล์ของสมองและเส้นประสาท



รูปที่ 2 แสดงสูตรโครงสร้างหลักของฟอสโฟลิปิด และ สูตรโครงสร้างของ ฟอสโฟลิปิด ชนิดต่างๆ (Giese, 1979)



1. Sphingomyelin: ceramide-P-choline
2. Cerebrosides: ceramide-sugar
3. Gangliosides: ceramide-sugars

รูปที่ 3 แสดงสูตรโครงสร้างของสฟิงโกลิปิด (Giese, 1979)

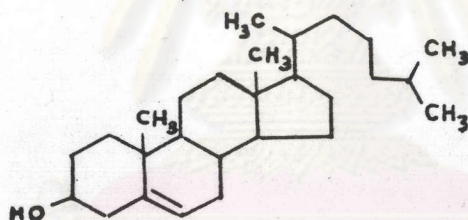
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 แสดงสูตรโครงสร้างของสฟิงโกลิปิดชนิดต่าง ๆ

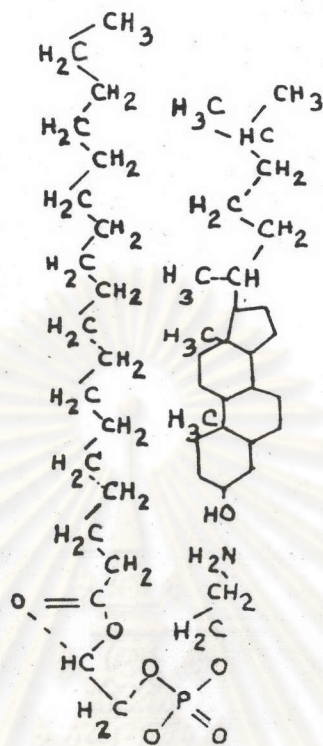
ลิปิด	สูตรโครงสร้าง (ตัวอย่าง)
Sphingomyelin	$ \begin{array}{c} \text{HOHC}-\text{CH}=\text{CH} (\text{CH}_2)_{12} \text{CH}_3 \\ \\ \text{RCONHCH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{O}-\text{P}(=\text{O})(\text{OH})-\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3 \end{array} $
Cerebroside	$ \begin{array}{c} \text{HOHC}-\text{CH}=\text{CH} (\text{CH}_2)_{12} \text{CH}_3 \\ \\ \text{RCONHCH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_9\text{O}_5 \end{array} $
Ganglioside	$ \begin{array}{c} \text{HOHC}-\text{CH}=\text{CH} (\text{CH}_2)_{12} \text{CH}_3 \\ \\ \text{RCONHCH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{O}-\text{Glu-Gal-N-acetyl galactosamine-Gal} \\ \\ \text{N-acetylneuraminic acid} \end{array} $

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. โคเลสเตอรอล (Cholesterol) เป็น นิวทรัลลิปิด (Neutral Lipid) ชนิดหนึ่ง พบเป็นองค์ประกอบของเยื่อเซลล์ประมาณ 30% ของลิปิดทั้งหมด ซึ่งมีมากในเยื่อเซลล์พลาสมาและเซลล์ประสาท เยื่อเซลล์ของแบคทีเรียและพืชจะไม่มีโคเลสเตอรอลเป็นองค์ประกอบ โคเลสเตอรอลเป็นลิปิดชนิดมีขั้ว (Polar Lipid) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 4 โคเลสเตอรอลนี้จะเรียงแทรกตัวรวมอยู่กับฟอสโฟลิปิด (ดังแสดงในรูปที่ 5) ซึ่งโคเลสเตอรอลมีผลทำให้เยื่อเซลล์มีความคงตัวลดการเคลื่อนไหวของ Hydrocarbon Chain ของฟอสโฟลิปิดและลดคุณสมบัติการยอมให้สารผ่านเยื่อเซลล์ (Shah and Schulman, 1967; Zatz and Cleary, 1975)



รูปที่ 4 แสดงสูตรโครงสร้างของ โคเลสเตอรอล



รูปที่ 5 แสดงการแทรกตัวของ โคเลสเตอรอล กับ ฟอสโฟลิปิด ชนิด
 ฟอสฟาติดีลเอทานอลามีน (Phosphatidylethanolamine)
 (Nystrom, 1973)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัดส่วนของลิพิดชนิดต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อเซลล์นี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของเยื่อเซลล์และชนิดของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3 นอกจากนี้ยังเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิและภาวะโภชนาการอีกด้วย

ตารางที่ 2 แสดงสัดส่วนของ ลิพิดชนิดต่าง ๆ ของเยื่อเซลล์ต่างชนิดกัน (Christensen, 1975)

	Myelin	Erythrocyte	Mitochondrion	Microsomes	Escherichia coli and Azotobacter agilis	Bacillus megaterium
Cholesterol	25	25	5	6	0	0
Phosphatidylethanolamine	14	20	28	17	100	45
Phosphatidylserine	7	11	0	0	0	0
Phosphatidylcholine	11	23	48	64	0	0
Phosphatidylinositol	0	2	8	11	0	0
Phosphatidylglycerol	0	0	1	2	0	45
Cardiolipin	0	0	11	0	0	0
Sphingomyelin	6	18	0	0	0	0
Cerebroside	21	0	0	0	0	0
Cerebroside Sulfate	4	0	0	0	0	0
Ceramide	1	0	0	0	0	0
Lysylphosphatidylglycerol	0	0	0	0	0	10
Unknown or Other	12	2	0	0	0	0

ตารางที่ 3 แสดงอัตราส่วนของโปรตีนและลิพิดของเยื่อเซลล์ขององค์ประกอบและเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ในหนู (Giese, 1979)

	Protein/ Lipid	Cholesterol/ Polar Lipid
Plasma membranes		
Myelin	0.25+	0.95
Erythrocyte	1.1	1.0
Rat liver cells	1.5	0.5
Nuclear membranes	2.0	0.11
Endoplasmic reticulum		
Rough-surface	2.5	0.10
Smooth-surface	2.1	0.11
Mitochondrial membranes		
Inner membrane	3.6	0.02
Outer membrane	1.2	0.04
Golgi membranes	2.4	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรตีน (Protein) โปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโน (Amino acid) กรดอะมิโนที่พบบ่อยในสิ่งมีชีวิตมีอยู่ 20 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีโครงสร้างบางส่วนที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยประกอบด้วยคาร์บอน (Carbon (C)), ไฮโดรเจน (Hydrogen (H)), ออกซิเจน (Oxygen (O)) และ ไนโตรเจน (Nitrogen (N)) เป็นหลัก โดยอาจมี ฟอสฟอรัส (Phosphorus (P)), ซัลเฟอร์ (Sulphur (S)) และ เหล็ก (Iron (Fe)) รวมอยู่ด้วยแล้วแต่กรดอะมิโนนั้น ๆ โมเลกุลของกรดอะมิโนมีคุณสมบัติเป็น Zwitterion ดังนั้นที่ pH เป็นกลาง กรดอะมิโนจะมีทั้งประจุบวกและประจุลบ และจะมีจุดที่เรียกว่า Isoelectric Point (pI) ซึ่งเป็น pH ที่ปริมาณประจุบวกเท่ากับ ปริมาณลบของประจุลบ และประจุบวกเท่ากับศูนย์ โมเลกุลของกรดอะมิโนมาเชื่อมโยงกันด้วยพันธะเปปไทด์ (Peptide bond) จะกลายเป็นเปปไทด์ชนิดต่าง ๆ (Peptide) และโปรตีนจะมีลักษณะโครงสร้างทางเคมีเป็น สายเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 5,000 ดาลตัน (Dalton) ขึ้นไป ซึ่งชนิดของโปรตีนจะแตกต่างกันไปตามชนิดและการจัดเรียงลำดับของกรดอะมิโน (amino acid sequence) ที่แตกต่างกัน เนื่องจากพันธะที่ยึดโครงสร้างของโปรตีนเป็นพันธะที่มีแรงดึงดูดอ่อน เช่น พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bond) จึงทำให้โปรตีนถูกทำให้เปลี่ยนแปลงโครงสร้างได้ง่าย และเสียสภาพ (Denaturation) ได้ การเสียสภาพเหล่านี้ อาจเกิดจากอุณหภูมิที่สูงหรือการเปลี่ยนแปลง pH ที่ต่ำหรือสูงเกินไป หรือโดยการถูกทำลายด้วยสารบางอย่าง

เยื่อเซลล์ประกอบด้วยโปรตีนหลายชนิด โดยเป็นโครงสร้างร่วมกับสารประกอบไขมัน อาจแบ่งโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของเยื่อเซลล์ เป็น 2 ชนิด คือ

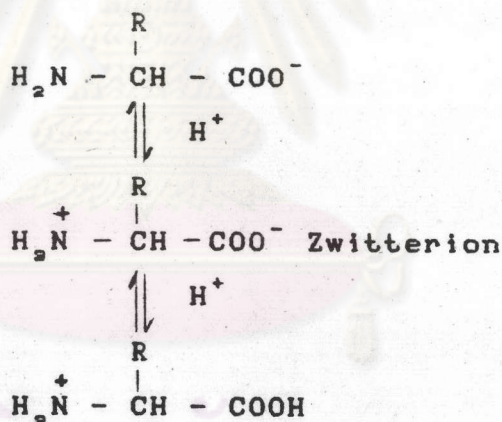
1. โปรตีนเปลือกหรือโปรตีนผิว (Extrinsic หรือ Peripheral Protein) เป็น โปรตีนที่จับอยู่ด้านนอกของเยื่อเซลล์ มักจะเป็นโปรตีนที่ละลายในน้ำได้ดี สามารถสกัดออกจากเยื่อเซลล์ได้ด้วยขบวนการง่าย ๆ เช่น ใช้สารละลายเกลือบางชนิดเป็นต้น

2. โปรตีนแก่นหรือโปรตีนฝังใน (Intrinsic หรือ Integral Protein) เป็น โปรตีนที่มีลักษณะเป็นก้อน (Globular Protein) ประกอบอยู่ในชั้นของลิพิด โดยอาจมีบางส่วนโผล่ออกมาจากผิวด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้าน ส่วนที่ฝังในชั้นของลิพิด คือ ส่วนที่เป็นไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) ส่วนที่อยู่ด้านผิว คือ ส่วนที่เป็นไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) โปรตีนแก่นนี้สกัดออกจาก

เยื่อเซลล์ได้ยากต้องใช้สารละลายที่มียาล้าง (Detergent)

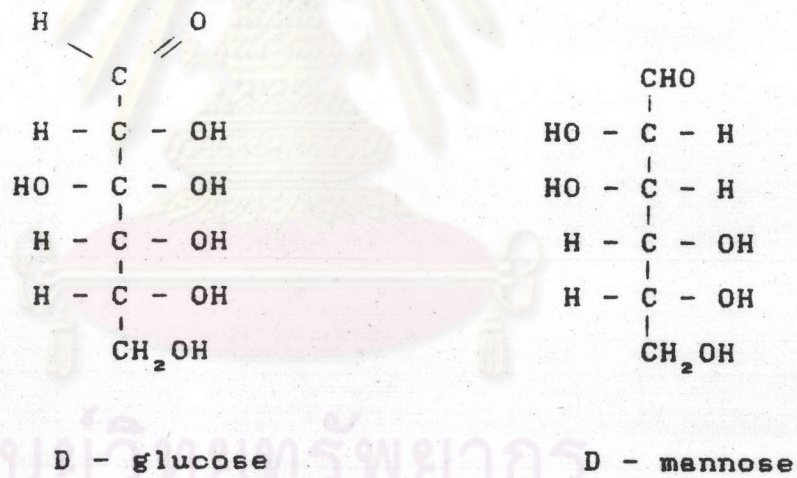
เยื่อเซลล์ของสัตว์ต่างชนิด (Species) จะมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบในสัดส่วนที่แตกต่างกันไป และแม้กระทั่งเยื่อเซลล์จากสัตว์ชนิดเดียวกันแต่เป็นเยื่อเซลล์ต่างชนิดกันก็จะมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3

องค์ประกอบของเยื่อเซลล์นอกจากจะประกอบด้วย ลิพิด และโปรตีนดังที่ได้กล่าวมาแล้วก็ยังประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต ซึ่งคาร์โบไฮเดรตนี้ไม่ได้ประกอบอยู่ในเซลล์โดยอยู่เป็นอิสระ แต่จะอยู่ร่วมกับโปรตีน เรียกว่า ไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) หรือรวมกับลิพิด เรียกว่า ไกลโคลิพิด (Glycolipid)



รูปที่ 6 แสดงโครงสร้างของกรดอะมิโน

คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) เป็นสารที่ประกอบด้วย คาร์บอน (Carbon (C)), ออกซิเจน (Oxygen (O)) และไฮโดรเจน (Hydrogen (H)) เป็นหลัก คาร์โบไฮเดรตที่พบในเยื่อเซลล์เป็นคาร์โบไฮเดรตที่เป็นน้ำตาลหรืออนุพันธ์ของน้ำตาลได้แก่ D-galactose, D-mannose, N-acetyl-D-galactosamine, N-acetyl-D-glycosamine, L-fucose และ sialic acid คาร์โบไฮเดรตเหล่านี้จะยื่นออกมาจากผิวเซลล์ด้านนอก มีหน้าที่เป็นตัวตรึง (Lock) โปรตีนให้อยู่ในเยื่อเซลล์ไม่ให้เคลื่อนกลับเข้าไปในไซโทพลาสซึม นอกจากนี้ยังเป็นตัวรับ (Receptor substances) พวกไวรัส เลคติน (Lectin) และฮอร์โมนบางชนิด เช่น อินซูลิน (Insulin) เป็นต้น ตัวอย่างของสูตรโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตบางชนิดแสดงไว้ในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตบางชนิด

การจัดโครงสร้างของเยื่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต (Structural Organization of Biological Cell Membrane)

จากการพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของเยื่อเซลล์ ซึ่งมีลิปิดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ เนื่องจากลิปิดเป็นโมเลกุลที่มีลักษณะแอมฟิพาติก (Amphiphatic molecule) จึงมีผลทำให้มีการจัดโครงสร้างเป็นแบบสองชั้น (Bilayer) เมื่อเป็นสารละลายอยู่ในน้ำ จากคุณสมบัตินี้จึงได้มีผู้เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับการจัดโครงสร้างของเยื่อเซลล์ในรูปแบบต่าง ๆ จนกระทั่งถึงปัจจุบัน (ปกาวดี คล่อง พินยาพงษ์, 2527 ; Korn, 1968 ; Bretshers, 1973; Giese, 1979 ; Guyton, 1985) ดังนี้

ปี ค.ศ. 1855 Nägeli พบว่าผิวหนังของเซลล์ไม่ยอมให้เม็ดสีผ่านเข้าไปในเซลล์พืชและยังตอบสนองต่อแรงดันออสโมติก (Osmotic pressure) ของเซลล์ทำให้ขนาดของเซลล์เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม และส่วนนี้มีลักษณะที่ทึบและมีความหนืด รวมทั้งลักษณะอื่น ๆ แตกต่างไปจากส่วนของไซโตพลาสซึม จึงเรียกส่วนนี้ว่า เยื่อพลาสมา (Plasma membrane)

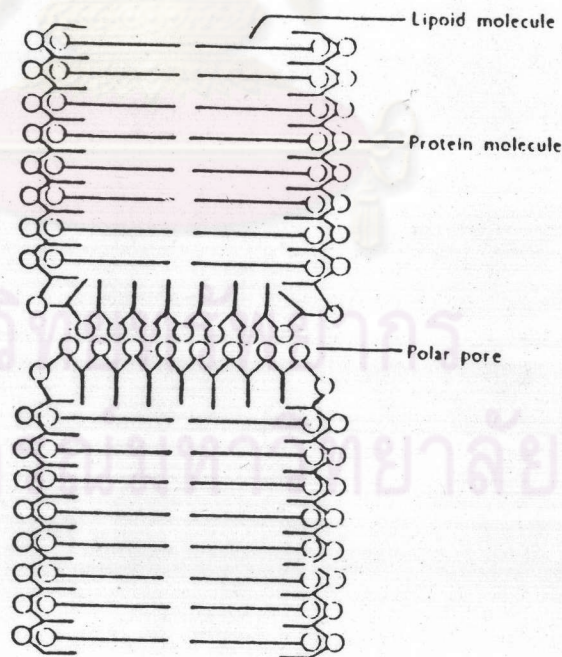
ปี ค.ศ. 1899 Overton พบว่าเนื้อเยื่อเซลล์ก็มีลิปิดเป็นส่วนประกอบอยู่ ซึ่งต่อมา Langmuir ได้พบว่าลิปิดที่เป็นส่วนประกอบเยื่อเซลล์นี้ จะเรียงตัวโดยหันเอาส่วนที่มีขั้วหาน้ำ ส่วนของกรดไขมันซึ่งไม่มีขั้วนั้นจะชี้ขึ้น

ปี ค.ศ. 1925 Gorter และ Grendel ได้สกัดเอาลิปิดออกจากเซลล์เม็ดเลือดแดง แล้วคำนวณหาพื้นที่ของลิปิดที่เรียงตัวแผ่กระจายบนผิวน้ำในลักษณะโมเลกุลเรียงเดี่ยว (Monolayer) จะมีพื้นที่เป็นสองเท่าของผนังเซลล์เม็ดเลือดแดง ซึ่งแสดงว่าลิปิดที่ผนังเซลล์เม็ดเลือดแดงจะมีการเรียงตัวเป็นสองชั้น (Bilayer) โดยหันส่วนที่ไม่มีประจุ (Hydrophobic) เข้าหากันในลักษณะที่เรียกว่า Bimolecular Lipid Leaflet

ได้มีการศึกษาต่อมาโดย Cole, Harvey และ Shapiro พบว่าแรงดึงผิวของเยื่อเซลล์มีค่าประมาณ 0.2 ไดน์/เซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าแรงดึงผิวของไขมันที่สร้างขึ้นบนน้ำ ซึ่งมีค่าประมาณ 10 ไดน์/เซนติเมตร แสดงว่าต้องมีสารอื่นเป็นองค์ประกอบของเยื่อเซลล์นอกเหนือไปจากลิปิด Danielli และ

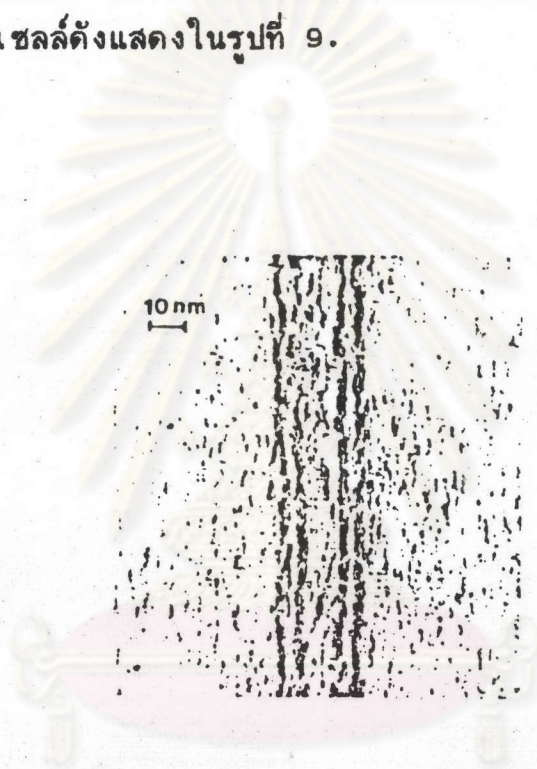
Harvey พบว่าเมื่อทดลองนำโปรตีนรวมกับลิปิดแล้ววัดแรงดึงผิว จะมีค่าแรงดึงผิวใกล้เคียงกับของเยื่อเซลล์ธรรมชาติ แสดงว่า เยื่อเซลล์มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย โดยโปรตีนคลุมส่วนที่มีประจุของลิปิดไว้อีกชั้นหนึ่ง

ปี ค.ศ. 1952 Danielli และ Davson ได้เสนอโครงสร้างของเยื่อเซลล์ว่ามีการเรียงตัวของโมเลกุลของลิปิดเป็นสองชั้น (Bilayer) ขนานกันตลอด และหันส่วนที่มีขั้ว (Polar Head group) ออกด้านนอกผิว และส่วนที่ไม่มีขั้ว (Non Polar group) คือส่วนที่เป็นกรดไขมันจะหันเข้าหากันด้านในและตั้งฉากกับผิวของเยื่อเซลล์และแต่ละด้านของผิวของโมเลกุลของลิปิดจะมีโมเลกุลของโปรตีนที่จัดเป็น โมเลกุลเรียงเดี่ยว (Monolayer) เกาะอยู่ดังแสดงในรูปที่ 8



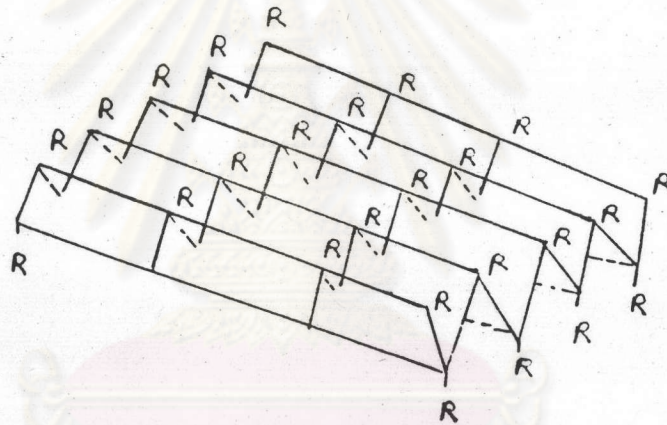
รูปที่ 8 แสดงโครงสร้างของเยื่อเซลล์ตามทฤษฎีของ Danielli และ Davson (Giese, 1979)

ต่อมาเมื่อมีการศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron Microscope) พบว่าเยื่อเซลล์มีลักษณะเป็นแถบ 3 ชั้น เรียกว่า "Unit Membrane" ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนเป็นแถบ 2 ชั้น และมีลิพิดแทรกอยู่เป็นแถบที่บางกว่า ซึ่งอยู่ตรงกลาง โดยมีช่องว่างระหว่างแถบของโปรตีน ประมาณ 100 แองสตรอม (\AA) เยื่อเซลล์จะมีรอยแยกเป็นช่อง ๆ ซึ่งเรียกช่องนี้ว่า "Pores" แต่ละช่องจะมีความกว้างประมาณ 7-10 แองสตรอม ช่องเหล่านี้เป็นทางผ่านของสารต่าง ๆ ที่เข้าและออกจากเซลล์ดังแสดงในรูปที่ 9.

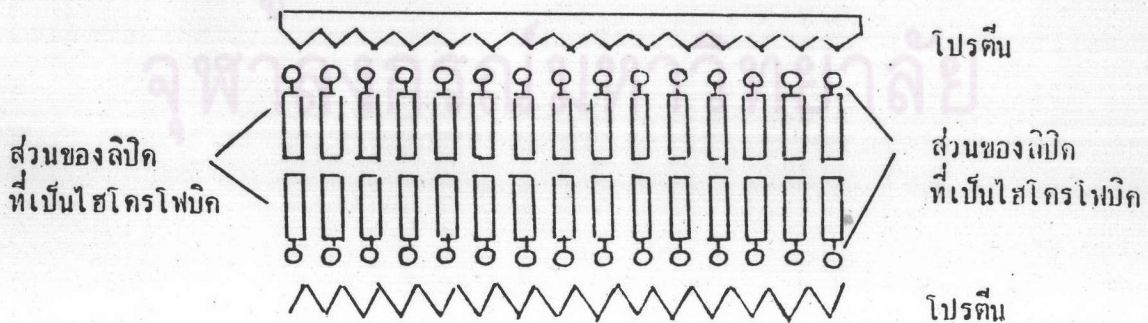


รูปที่ 9 แสดงภาพเยื่อเซลล์ "Unit Membrane" จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Giese, 1979)

ปี ค.ศ. 1959 Robertson ศึกษาเยื่อเซลล์จากเชื้อไมอีลินด้วยวิธี X-ray Diffraction และ Electron Microscope พบว่าเยื่อเซลล์มีลักษณะคล้ายกับรูปแบบที่เสนอโดย Davson และ Danielli ต่างกันตรงที่ว่า โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อเซลล์นั้นมีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ (Extended Conformation) และมีการกระจายของโปรตีนทั้งสองด้านไม่เหมือนกัน คือ ส่วนที่ปกคลุมลิปิดด้านนอกจะเป็นมิวโคโปรตีน (Mucoprotein) ซึ่งมีการเรียงตัวเป็นแบบ β -Pleated Sheet (ดังแสดงในรูปที่ 10) โดยมีส่วน Ionic Side Chain (R) เกาะอยู่กับส่วนที่มีขั้วของลิปิดและสิ่งแวดล้อมภายนอกเซลล์ ส่วนโปรตีนที่ปกคลุมด้านในจะเป็น Unconjugated Protein ซึ่งรูปแบบโครงสร้างของเยื่อเซลล์ตามแบบ Davson, Danielli และ Robertson (Davson - Danielli - Robertson Model) แสดงไว้ในรูปที่ 11

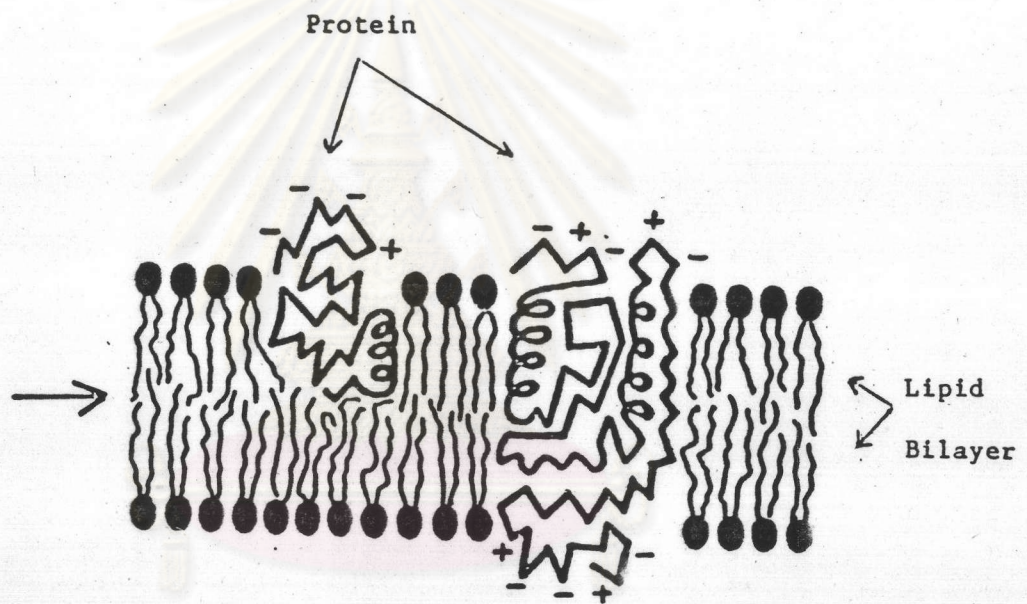


รูปที่ 10 แสดงโครงสร้างของโปรตีนแบบ β - Pleated Sheet (Harrison, 1975)



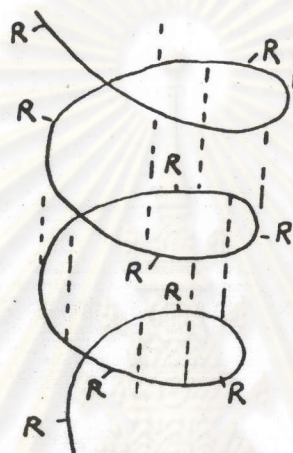
รูปที่ 11 แสดงรูปจำลองโครงสร้างของเยื่อเซลล์ตามแบบ Davson - Danielli - Robertson model

ปี ค.ศ. 1960 Singer และ Wallach ได้เสนอโครงสร้างของเยื่อเซลล์ในลักษณะ Mosaic Model ซึ่งประกอบด้วยลิพิดเรียงตัวกันเป็นแผ่นคู่ โดยมีโปรตีนแทรกอยู่ และเกาะอยู่ตามผิวส่วนที่มีขั้ว หรือส่วนที่มีประจุของโปรตีนและลิพิด จะหันออกสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกเซลล์ ส่วนที่ไม่มีขั้วหรือไม่มีประจุจะอยู่ด้านในของเยื่อเซลล์ นอกจากนี้โปรตีนบางส่วนที่มีลักษณะเป็นก้อน (Globular Protein) ยังแทรกตัวไปอยู่ในชั้นของลิพิดตลอดความหนา ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 แสดงโครงสร้างเยื่อเซลล์แบบ Mosaic Model (Giese, 1979)

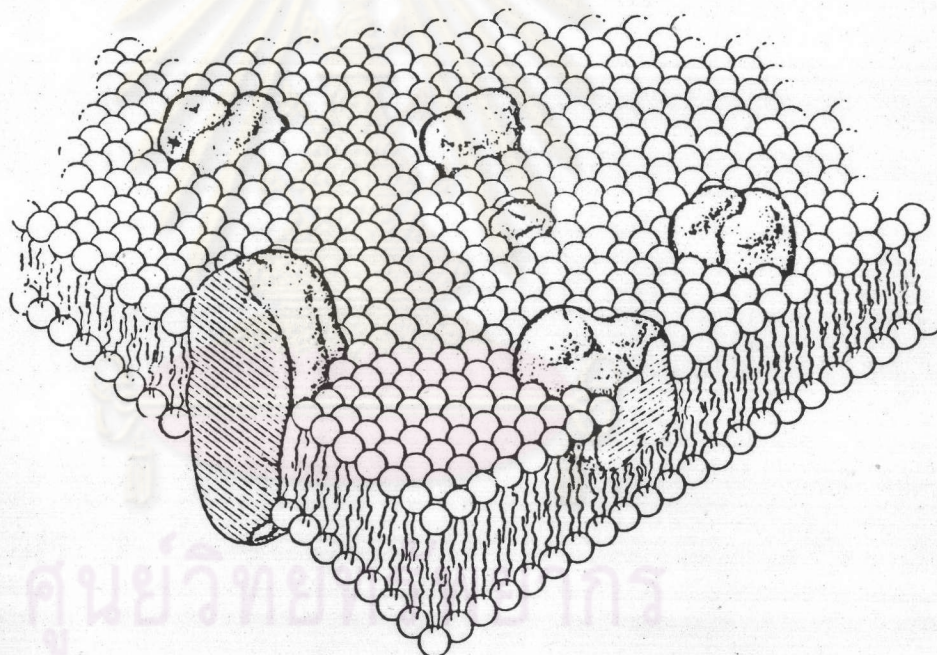
โปรตีนที่มีลักษณะเป็นก้อนนี้จะมีการเรียงตัวแบบ α - Helical Conformation
ดังแสดงในรูปที่ 13 ซึ่งโปรตีนแบบนี้ก็คือโปรตีนแกน นั่นเอง



รูปที่ 13 แสดงโครงสร้างของโปรตีนแบบ α - Helical Conformation
(Harrison , 1975)

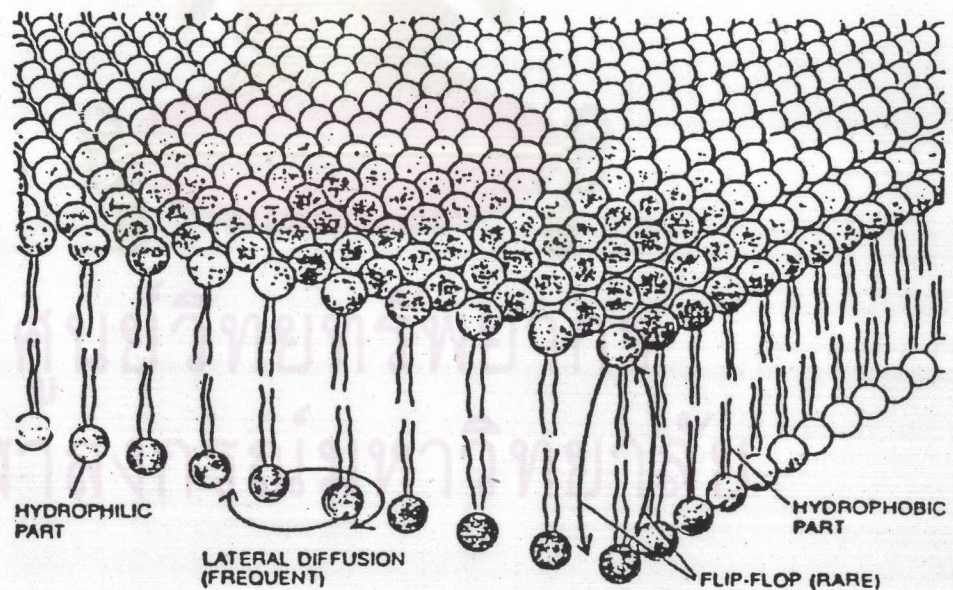
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปี ค.ศ. 1972 Singer และ Nicolson ได้ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับ Mosaic Model เพิ่มขึ้น และได้อธิบายในรูปของ Fluid Mosaic Model ซึ่งกล่าวถึง การเคลื่อนที่ของโครงสร้างของเยื่อเซลล์โดยที่โปรตีนแบบก้อน (Globular Protein) จะฝังตัวเข้าไปลอยอยู่ในชั้นของลิพิด โปรตีนแบบก้อนนี้จะสามารถเคลื่อนที่ไปตามแนวของเยื่อสองชั้นของ ลิพิด (Lipid Bilayer) ซึ่งการเคลื่อนที่ของโปรตีนชนิดนี้ในเยื่อเซลล์เกิดจากความเป็นของไหลของลิพิดในเยื่อเซลล์ (Singer and Nicolson, 1972) ดังแสดงในรูปที่ 14



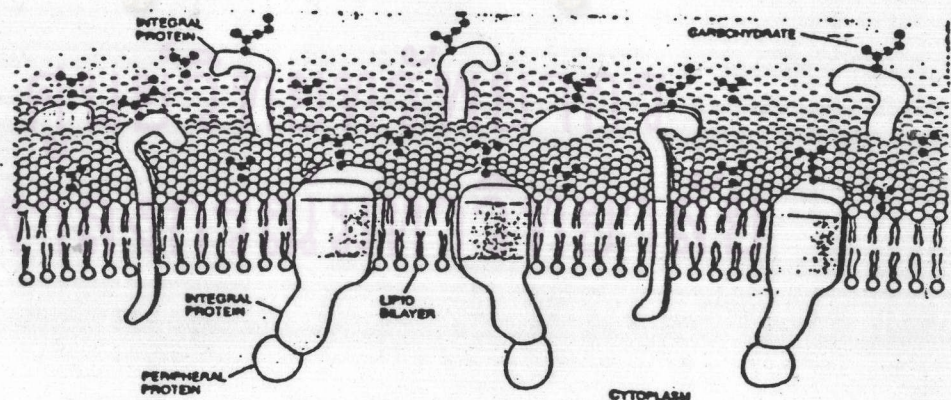
รูปที่ 14 แสดงโครงสร้างเยื่อเซลล์แบบ Fluid Mosaic Model
(Singer and Nicolson, 1972; Giese, 1979)

ปี ค.ศ. 1977 Rothman และ Lenard อธิบายว่า ส่วนประกอบของเยื่อเซลล์ของแต่ละด้านไม่เหมือนกัน เนื่องจากมีสัดส่วนขององค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันไปทั้งชนิดและปริมาณของลิพิดและโปรตีน โปรตีนจะมีทั้งส่วนที่อยู่ทางด้านไซโทพลาสซึมของเซลล์ ส่วนโปรตีนแบบก่อนที่เป็นโปรตีนแก่นั้นจะแทรกผ่านชั้นของลิพิดโดยมีส่วนของโมเลกุลยื่นออกทั้งสองด้าน โดยหมู่ที่อยู่ด้านผิวหน้าของเซลล์และด้านไซโทพลาสซึมจะต่างกัน ลิพิดก็มีการกระจายชนิดของลิพิดในโมเลกุลสองชั้นไม่เท่ากัน ซึ่งความไม่สมมาตรของลิพิดนี้คงไว้ได้โดยอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของลิพิดจากโมเลกุลเรียงเดี่ยวชั้นหนึ่ง ไปยังโมเลกุลเรียงเดี่ยวอีกชั้นหนึ่งที่เรียกว่า การเคลื่อนที่แบบสลับชั้น (Flip flop) นอกจากนี้คาร์โบไฮเดรตก็มีการกระจายไม่เท่ากันเช่นกัน โดยคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณส่วนนอกของเซลล์ ดังแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 15 แสดงการเคลื่อนที่ของลิพิดของเยื่อเซลล์แบบตามแนว (Lateral Diffusion) และแบบสลับชั้น (Flip Flop)

จากการศึกษาการจัดโครงสร้างของเยื่อเซลล์ จนกระทั่งปัจจุบันสรุปได้ว่า เยื่อเซลล์โดยทั่วไปประกอบด้วยลิพิด โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ลิพิดมีการจัดตัวเป็นโมเลกุลสองชั้น (Bilayer) โดยหันส่วนไฮโดรโฟบิกไว้ด้านในและหันส่วนไฮโดรฟิลิกออกด้านนอกทั้งสองด้าน โมเลกุลของลิพิดจะเรียงตัวกันและแสดงลักษณะเป็นของไหล (Fluidity) ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งตามแนวนอน (Lateral diffusion) และแบบสลับชั้น (flip flop) โปรตีนแแกน (Integral Protein) มีทั้งแบบฝังตัวหรือแทรกตัวผ่านตลอดชั้นทั้งสองของลิพิด ส่วนโปรตีนที่อยู่รอบนอก (Peripheral Protein) จะเกาะติดอยู่ที่ผิวของเยื่อเซลล์ คาร์โบไฮเดรตหรือน้ำตาลโมเลกุลง่าย ๆ ที่เข้ามาเกาะกลุ่มกันเป็นสายแล้วเกาะติดกับโปรตีนกลายเป็นไกลโคโปรตีน หรือเกาะติดกับลิพิดเป็นไกลโคลิพิดนั้น สามารถเคลื่อนไปตามแนวของเยื่อเซลล์ได้ การจัดโครงสร้างของเยื่อเซลล์ดังกล่าวเป็นแบบไม่สมมาตร (Asymmetry) เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตมักอยู่ทางผิวนอกของเยื่อเซลล์ โปรตีนที่อยู่รอบนอกจะเกาะติดที่ผิวของเยื่อเซลล์ด้านในเป็นส่วนใหญ่ในโมเลกุลสองชั้นของลิพิดเองนั้นแต่ละชั้นประกอบด้วยลิพิดชนิดต่าง ๆ ในอัตราส่วนที่ต่างกันและที่สำคัญคือโปรตีนแแกนแต่ละชนิดจะมีการจัดตัวที่แน่นอนในเยื่อเซลล์ซึ่งการจัดโครงสร้างดังกล่าวแสดงดังในรูปที่ 16



รูปที่ 16 แสดงรูปจำลองของโครงสร้างของเยื่อเซลล์โดยทั่วไปที่ยอมรับกันในปัจจุบันซึ่งแสดงความไม่สมมาตรของเยื่อเซลล์ (Membrane Asymmetry) (Guyton, 1985)

เยื่อเซลล์เทียม (Artificial Cell Membrane)

การศึกษาเกี่ยวกับเยื่อเซลล์นั้นเป็นการยากที่จะนำเยื่อเซลล์ธรรมชาติจากสิ่งมีชีวิตมาศึกษา จึงมีผู้พยายามที่จะสร้างเยื่อเซลล์เทียมที่มีองค์ประกอบและโครงสร้างใกล้เคียงกับเยื่อเซลล์ธรรมชาติมากที่สุด เพื่อนำมาศึกษาตามวิธีต่าง ๆ ที่ต้องการ อันจะทำให้ประเมิณผลถึงเยื่อเซลล์ธรรมชาติได้ ซึ่งการสร้างเยื่อเซลล์เทียมนั้นอาศัยความรู้พื้นฐานจากคุณสมบัติขององค์ประกอบและโครงสร้างของเยื่อเซลล์ธรรมชาติเป็นหลักโดยวิธีต่าง ๆ กัน ดังนี้

ปี ค.ศ. 1917 Langmuir เตรียมฟิล์ม (Film) บนผิวน้ำ โดยกระจายลิปิดไปบนผิวน้ำ แล้วนำมาศึกษาแรงตึงผิวกับพื้นที่ลิปิดนั้นแผ่กระจายบนผิวน้ำเป็น Monomolecular Film (Langmuir, 1917)

ปี ค.ศ. 1937 Schulman และ Rideal ได้รายงานวิธีเตรียมโปรตีนฟิล์ม (Protein film) ระหว่างสารละลายที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ

ปี ค.ศ. 1938 Langmuir และคณะสร้างเยื่อเซลล์เทียม โดยใช้ลวดแพลตินัม (Platinum) ที่ขดเป็นวง และแผ่นที่เจาะเป็นรูเล็ก ๆ โดยใช้ส่วนผสมระหว่างอัลบูมินในไข่ (Egg Albumin) และเลคซิธิน (Lecithin) มาสร้างเป็นแผ่นเยื่อระหว่างน้ำที่อยู่สองข้างของรูเล็ก ๆ นั้น ซึ่งสามารถสร้างเยื่อเซลล์เทียมที่ค่อนข้างจะเสถียร

ปี ค.ศ. 1940 Dean และคณะสร้างเยื่อเซลล์เทียมจากอัลบูมิน (Albumin) และเลคซิธิน (Lecithin) ระหว่าง aqueous phase ทั้งสองข้าง

วิธีสร้างเยื่อเซลล์เทียมจาก Monomolecular film ขึ้นจากลิปิดต่าง ๆ ชนิดกันได้พัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ โดยมีการเติมโคเลสเตอรอล (Cholesterol) ลงไปเพื่อทำให้ฟิล์มนั้นมีความคงตัว (Stable) มากขึ้น ลิปิดที่ใช้คือ ฟอสโฟลิปิด ต่าง ๆ ชนิด รวมทั้งมีการเติมโปรตีน คือ อัลบูมิน ลงไปด้วย ในสัดส่วนที่แตกต่างกันออกไป

ปี ค.ศ. 1962 - 1964 Mueller และคณะ ได้สร้างเยื่อเซลล์เทียมที่ใกล้เคียงกับธรรมชาติมาก เยื่อเซลล์เทียมนี้คือ Black Lipid Film (BLF)

หรือ Black Lipid Membrane (BLM) ซึ่งสร้างจากฟอสโฟลิปิด ที่สกัดจากสมองของวัว หรือสร้างจากโคเลสเตอรอล ในรูปของออกซิไดส์ หรือสร้างจากเลคซิธินในไข่ (Egg Lecithin)

เยื่อเซลล์เทียมยังมีการสร้างในวิธีอื่น ๆ เช่น Bangham สร้างเยื่อเซลล์เทียมจากการนำฟอสโฟลิปิดมาใส่ในสารละลาย aqueous มาทำโซนิเคชัน (Sonication) ซึ่งเรียกเยื่อเซลล์เทียมนี้ว่า ลิโปโซม (Liposomes) หรือลิปิดไมโครเวสิเคิล (Lipid microvesicles) Thompson และคณะสร้าง BLM ในลักษณะ สเฟียร์คอลล เวสิเคิล (Spherical Vesicle) Mueller และ Rudin สร้างในลักษณะ สเฟียร์มูล (Spherules) เป็นต้น

แม้ว่าจะมีการสร้างเยื่อเซลล์เทียมหลายวิธี และมีการพัฒนาต่างรูปแบบกันไป แต่การสร้าง Monomolecular Film ขึ้นจากฟอสโฟลิปิด ก็ยังเป็นรูปแบบของเยื่อเซลล์เทียมที่มีผู้นิยม และนำมาศึกษาปฏิกิริยาของยา และสารเคมีต่าง ๆ ต่อองค์ประกอบของเยื่อเซลล์ เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนในการทดลอง และง่ายต่อการแปลผล (Langmuir, 1917; Fettpilze, 1978)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การดูดซึมสารประกอบตะกั่วอนินทรีย์เข้าสู่ระบบทางเดินอาหาร
 สารประกอบตะกั่วอนินทรีย์ สามารถถูกดูดซึมผ่านกระเพาะอาหาร และลำไส้โดยเฉลี่ยประมาณ 10% ของจำนวนที่รับประทานเข้าไปทั้งหมด (Waldron, 1980) การดูดซึมผ่านกระเพาะอาหารและลำไส้ เป็นอย่างไรนั้นขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดและสถานะของตะกั่ว สภาวะร่างกายของผู้รับตะกั่ว ภาวะโภชนาการ และปริมาณที่ได้รับ (Gross, Pfitzer, Yeager and Kehoe, 1975; Hernberg, 1980 ; Waldron, 1980)

1.1 ชนิดและสถานะของตะกั่ว ตะกั่วที่เข้าไปกับอาหารไม่ว่าจะอยู่ในรูปละลายได้หรือไม่ละลายก็ตาม เช่น สารประกอบตะกั่วซัลเฟต สารประกอบตะกั่วซิลไฟด์ เมื่อตกถึงกระเพาะอาหาร ซึ่งมีกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid) อยู่ สารประกอบตะกั่วดังกล่าวจะละลายได้มากขึ้น แม้โลหะตะกั่วซึ่งแข็งก็จะกลายเป็นเกลือตะกั่วคลอไรด์ที่ละลายได้ดี ตะกั่วที่ละลายได้ส่วนใหญ่จะถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็ก (ไมตรี สุทธิจิตต์, 2523) จากการทดลองในสัตว์ทดลองพบว่าตะกั่วถูกดูดซึมมากที่สุดที่ลำไส้เล็กส่วนกลาง (Jejunum) ในขณะที่การดูดซึมธาตุโลหะชนิดอื่น ๆ ลดลงซึ่งอาจเนื่องมาจากมีการแข่งขัน (Competitive) จับกับ Binding Sites ที่ผนังลำไส้ (Barton, Conrad, Harrison and Nuby, 1978 ; Hussein, Coghill, Milne and Hopwood, 1984)

1.2 สภาวะร่างกายของผู้รับตะกั่ว สภาวะร่างกายของผู้รับตะกั่วที่สำคัญ คือ อายุ และการรับประทานอาหาร

1.2.1 อายุ จากการศึกษาพบว่า การดูดซึมตะกั่วผ่านกระเพาะอาหารและลำไส้จะลดลงเมื่อมีอายุเพิ่มขึ้น ในหนูที่ยังไม่หย่านมจะมีอัตราการดูดซึมตะกั่วผ่านทางเดินอาหารได้มากกว่าหนูที่หย่านมแล้ว (Kostial, Siminovic and Pisconic, 1971) และอัตราการดูดซึมจะค่อย ๆ ลดลงที่ละน้อยอย่างมีความสัมพันธ์กับอายุของสัตว์ทดลองที่เพิ่มขึ้น ในสัตว์ทดลองที่โตเต็มวัย (Adult) จะมีอัตราการดูดซึมน้อยกว่าสัตว์ทดลองที่ยังไม่โตเต็มวัย (Kostail et al., 1971 ; Forbes and Reina, 1972 ; Brown, 1975 ; Keller and Doherty, 1980 ; Rader, Celesk, Peeler and Mahaffey, 1983)

1.2.2 การรับประทานอาหาร ในภาวะอดอาหารจะมี อัตราการดูดซึมตะกั่วผ่านกระเพาะอาหาร และลำไส้ได้ดีกว่าในภาวะที่มีอาหาร (Hammond and Beliles, 1980)

1.3 ภาวะโภชนาการ องค์ประกอบของอาหารที่บริโภคมีส่วนในการเพิ่มหรือลดอัตราการดูดซึมตะกั่วผ่านกระเพาะอาหารและลำไส้ อาหารที่มีผลทำให้มีการดูดซึมสารประกอบตะกั่วอนินทรีย์มากขึ้น ได้แก่ อาหารที่มีองค์ประกอบเป็น ฟอสฟอรัส แคลเซียม เหล็กและโปรตีนในปริมาณน้อย ส่วนอาหารที่มีองค์ประกอบเป็นวิตามินดี หรือไขมันในปริมาณมากจะมีผลเพิ่มการดูดซึม (Gross et al., 1975 ; Barton, et al., 1978 ; Hernberg, 1980 ; Van Barnveld and Van Den Harmer, 1985)

1.4 ปริมาณที่ได้รับ การดูดซึมสารประกอบตะกั่วอนินทรีย์ผ่านลำไส้ นั้นพบว่าไม่ขึ้นกับปริมาณในการได้รับว่ามากหรือน้อยเพียงใด เนื่องจากมีการแข่งขันกับแคลเซียมในการจับกับ Binding Sites ที่ผนังลำไส้ (Kostail et al., 1978 ; Gross et al., 1975 ; Barton et al., 1978)

2. พิษของสารประกอบตะกั่วอนินทรีย์ต่อกระเพาะอาหารและลำไส้

อาการที่เกิดจากโรคแพ้พิษตะกั่วโดยทั่วไป ที่มีต่อระบบทางเดินอาหาร คือ ท้องผูก หรือท้องเสีย ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ถ่ายอุจจาระเป็นสีดำ ซึ่งอาการเหล่านี้ จะเกิดขึ้นเมื่อมีระดับตะกั่ว (Pb^{++}) ในเลือดเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดคือ 0.08 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร (80 ไมโครกรัม%) (NIOSH, 1978) แต่บางครั้งก็อาจพบอาการเหล่านี้ เมื่อมีระดับตะกั่วในเลือดประมาณ 0.06 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร (60 ไมโครกรัม%) ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพร่างกายของแต่ละบุคคลด้วย (Beliles, 1975)

เมื่อศึกษาผลของสารประกอบตะกั่วอนินทรีย์ต่อกระเพาะอาหารและลำไส้พบว่า มีผลทำให้ความตึงของกล้ามเนื้อเรียบของกระเพาะอาหารและลำไส้มีมากกว่าปกติ (Hypertonicity of Gastrointestinal Smooth Muscle) กระเพาะอาหารเคลื่อนไหวช้าลง ซึ่งคาดว่าตะกั่วมีผลต่ออะเซทิลโคลิน (Acetylcholine) แต่จะมีผลยับยั้งอย่างไรนั้นยังไม่ทราบแน่ชัด นอกจากนี้ยังมีผลทำให้เกิดภาวะกระเพาะอาหารว่างช้าลง (Slow Gastric Emptying) เมื่อทำ

การทดลองในสุนัข (Walesh and Ryden, 1984)

ในการศึกษาเกี่ยวกับเยื่อผิวกระเพาะอาหารและลำไส้โดยให้สารประกอบตะกั่วอนินทรีย์ที่เป็นเกลือของตะกั่วคือ ตะกั่วอะซิเตทแก่หนู โดยป้อนให้ทางปากพบว่า เมื่อให้สารดังกล่าวระยะเวลาหนึ่งติดต่อกันมีผลทำให้เซลล์เยื่อบุลำไส้เล็กเกิดการอักเสบ มีการดูดซึ่มกลูโคสและกรดอะมิโนน้อยลง การขนส่งโซเดียมและโปแตสเซียมไอออน ($\text{Na}^+ - \text{K}^+$ Transport) ผ่านเยื่อเซลล์ลดลง เนื่องจากมีการยับยั้งเอนไซม์ $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ ของเซลล์เยื่อบุของลำไส้เล็กของหนู (Van Barneveld and Van Den Harmer, 1985) นอกจากนี้ยังมีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อื่น ๆ คือ Cytochrome Oxidase และ Succinate dehydrogenase ในลำไส้แมวอีกด้วย (ไมตรี สุกธิจิตต์, 2523)

ในการศึกษาเปรียบเทียบการดูดซึ่มตะกั่วอะซิเตทในระบบทางเดินอาหารพบว่าลำไส้เล็กส่วนกลาง (Jejunum) มีการดูดซึ่มตะกั่วอะซิเตทมากที่สุด ส่วนลำไส้ใหญ่ในส่วนโคลอน (Colon) และถุงน้ำดี (Bile sac) จะมีการดูดซึ่มตะกั่วอะซิเตทรองลงไปตามลำดับซึ่งเมื่อศึกษาที่เยื่อเซลล์พบว่า ที่ลำไส้เล็กส่วนกลางนั้น ตะกั่วจะจับอยู่ที่ส่วนไมโครวิลไล (Microvilli) และเมื่อเวลาผ่านไปจะจับกับ Absorptive Cell และ Goblet Cell จนกระทั่งมาจับกับเยื่อเซลล์รอบ Vesicles และ Smooth Endoplasmic Reticulum (Hussein et al., 1984)

จากข้อมูลดังกล่าวมานี้ทำให้การศึกษาผลของตะกั่วเป็นที่น่าสนใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลของสารประกอบตะกั่วที่มีผลต่อเยื่อเซลล์กระเพาะอาหารและลำไส้ในกรณีที่ได้รับสารประกอบตะกั่วอนินทรีย์ในปริมาณที่มีปนเปื้อนในอาหารและน้ำดื่มในแต่ละวัน ซึ่งอาจจะทำให้ทราบถึงสาเหตุของโรคบางโรค เช่น โรคขาดสารอาหาร โรคเกี่ยวกับกระเพาะอาหารและลำไส้ เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคมะเร็งกระเพาะอาหารที่เป็นปัญหาที่พบมากในประเทศที่มีการพัฒนาทางอุตสาหกรรมหรือแม้กระทั่งในประเทศไทย ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้สารละลายตะกั่วอะซิเตท (Lead acetate solution) ซึ่งเป็นสารประกอบตะกั่วอนินทรีย์ชนิดหนึ่งที่พบปะปนอยู่ในสิ่งแวดล้อมมากเช่นกัน โดยพบในสิเคิลิอบวัตถุ สีย้อม เป็นต้น การวิจัยนี้ศึกษาการซึมผ่านเยื่อเซลล์เทียมของสารละลายตะกั่วอะซิเตทในขนาดความเข้มข้นต่าง ๆ ที่มีโอกาสได้รับการเข้าสู่ร่างกายในแต่ละวัน เยื่อเซลล์เทียมที่ใช้สร้าง

จาก Monomolecular Film ตามวิธีของ Langmuir (Langmuir, 1917 ; Adamson, 1960 ; Malcolm, 1965) แล้ววัดแรงดึงผิวโดยวิธีของ Wilhemy (Wilhemy Plate Method) หาค่า γ - Area Curve เพื่อนำไปแปลผล (Felmeister, 1972) นอกจากนี้ยังทำการศึกษาผลของสารละลายตะกั่วอะซีเตทในขนาดความเข้มข้นดังกล่าว ต่อเยื่อเซลล์กระเพาะอาหารและลำไส้หนูแรก เพื่อศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงของเยื่อเซลล์ดังกล่าวทางด้านจุลกายวิภาค



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมมติฐานของการวิจัย

1. องค์ประกอบทางเคมีและสภาวะความเป็นกรด-ด่างของเยื่อเซลล์ กระทบอาหารและลำไส้มีผลต่อการซึมผ่านของสารประกอบตะกั่วอินทรีย์
2. สารประกอบตะกั่วอินทรีย์บางส่วนที่ไม่ได้ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดและอยู่บริเวณเยื่อเซลล์ผิวของกระเพาะอาหารและลำไส้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพเยื่อเซลล์ที่บริเวณดังกล่าว
3. การเปลี่ยนแปลงสภาพเยื่อเซลล์ของกระเพาะอาหารและลำไส้ ถ้าได้รับสารประกอบตะกั่วอินทรีย์ โดยการรับประทานติดต่อกันเป็นระยะเวลาาน อาจมีแนวโน้มทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหารและลำไส้อักเสบ ตลอดจนกระทั่งโรคมะเร็งในกระเพาะอาหารและลำไส้ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการซึมผ่านเยื่อเซลล์กระเพาะอาหารและลำไส้ ของสารละลายตะกั่วอะซิเตท
2. เพื่อศึกษาอันตรกิริยา (Interaction) ระหว่างสารละลายตะกั่วอะซิเตทกับส่วนประกอบของเยื่อเซลล์กระเพาะอาหารและลำไส้ได้
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเยื่อเซลล์กระเพาะอาหารและลำไส้ที่เนื่องมาจากผลของสารละลายตะกั่วอะซิเตท

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้

1. ทำให้ทราบถึงความสามารถในการซึมผ่านเยื่อเซลล์กระเพาะอาหารและลำไส้ของสารตะกั่ว
2. ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เนื่องจากสารตะกั่วกับส่วนประกอบของเยื่อเซลล์กระเพาะอาหารและลำไส้

3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาหาความผิดปกติของเชื้อเซลล์ของระบบทางเดินอาหารที่เนื่องมาจากพิษของสารตะกั่วต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย