

# 4

## การจัดระเบียบภายในชีวิต (Organization of Life)

### 4.1 ระบบการทางกายภาพในโปรโตพลาสซึม (Physical Organization of Protoplasm)

โปรโตพลาสซึมภายในเซลล์เป็นสารประกอบที่ละเอียดซับซ้อนมาก และง่ายต่อการเสียสภาพถ้ามีสิ่งมากระทบกระเทือนแม้เพียงเล็กน้อย ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นจะต้องมีสิ่งห่อหุ้มโปรโตพลาสซึมเพื่อทำหน้าที่ยึดเหนี่ยว ห่อหุ้มและป้องกัน แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากโปรโตพลาสซึมเป็นสารที่มีชีวิต และเป็นหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต จึงจำเป็นจะต้องได้รับสารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต และมีการขับถ่ายสารที่ไม่ต้องการ สารต่าง ๆ จึงต้องผ่านเข้าออกระหว่างโปรโตพลาสซึมเสมอ แต่เนื่องด้วยโปรโตพลาสซึมในสิ่งมีชีวิตนั้นมีสิ่งห่อหุ้มซึ่งเรียกว่าเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) อยู่ เยื่อหุ้มเซลล์นั้นจึงร่วมมือบทบาทในการผ่านเข้าออกของสารอยู่ด้วย การผ่านเข้าออกของสารที่เกิดกับเซลล์นั้นเป็นไปตามหลักการทางฟิสิกส์ทั่ว ๆ ไป จึงควรที่นักศึกษาจะได้เรียนรู้และพิจารณาขบวนการหรือหลักการนี้ไว้เพื่อเป็นพื้นฐานหรือแนวทางต่อไป

การเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ของสารต่าง ๆ นั้น ตามหลักการทางฟิสิกส์อาจแยกได้เป็น 2 แบบ คือ การแพร่กระจาย (Diffusion) และออสโมซิส (Osmosis) ซึ่งจะขอแยกอธิบายเป็นเรียง ๆ ไปดังนี้

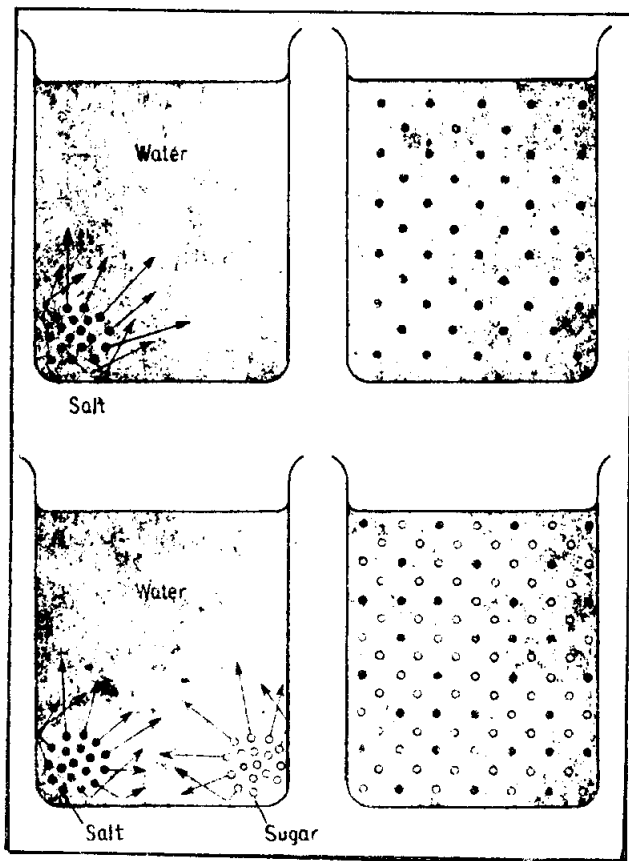
#### การแพร่กระจาย (Diffusion)

การแพร่กระจายเป็นการเคลื่อนที่ของอนุของสารจากบริเวณที่มีปริมาณของอนุของสารนั้นมากไปสู่บริเวณที่มีปริมาณของอนุน้อยกว่า ถ้าปริมาณของอนุของสารในบริเวณทั้งสองมีความแตกต่างกันมาก อัตราเร็วของการแพร่กระจายจะมีมาก การแพร่กระจายจะหยุดเมื่อบริเวณทั้งสองนั้นมีปริมาณของอนุของสารเท่าเทียมกัน เรียกจุดการหยุดแพร่กระจายนี้ว่าจุดสมดุล ซึ่งเป็นจุดที่อัตราเร็วของการแพร่กระจายของสารทั้งสองบริเวณเท่ากัน

อาจเปรียบเทียบอัตราการแพร่กระจายของสารได้กับการไหลของน้ำในภาชนะสองใบที่มีท่อติดต่อกันได้ ถ้าภาชนะใบหนึ่งมีน้ำขังอยู่เต็ม ส่วนอีกภาชนะหนึ่งว่างเปล่า เมื่อเปิดท่อน้ำให้ไหลไปหากันได้ น้ำจากภาชนะหนึ่งจะไหลไปสู่ภาชนะที่ว่างอย่างรวดเร็วและแรงในระยะแรก ต่อมาอัตราการไหลจะเริ่มลดลง จนกระทั่งระดับน้ำในภาชนะทั้งสองนั้นเท่ากัน น้ำจะหยุดไหล (ถึงจุดสมดุล)

อัตราเร็วของการแพร่กระจาย มีมากน้อยต่างกันตามสถานะของสาร สารที่มีสถานะเป็น ก๊าซจะมีอัตราเร็วของการแพร่กระจายสูงสุด สารที่มีสถานะเป็นของเหลวมีอัตราเร็วรองลงมาและ สารที่เป็นของแข็งจะมีอัตราเร็วต่ำ

ตัวอย่างของการแพร่กระจายที่เห็นได้ชัดได้แก่ การกระจายของกลิ่นน้ำหอมหรือกลิ่นต่าง ๆ การแพร่กระจายของหยดหมึกหรือหยดน้ำยาที่มีสีลงในน้ำเปล่า การแพร่กระจายของ แกล็ดจุนสี หรือเกล็ดต่างทับทิม หรือผงครามในน้ำ เป็นต้น



ภาพ 4-1 แสดงการแพร่กระจาย

การแพร่กระจายนี้มีบทบาทต่อการทำงานของสารต่าง ๆ ในโปรโตพลาสซึมเป็นอย่างมาก การซึมแพร่ของก๊าซจากเซลล์ภายในร่างกาย การหายใจทั้งที่เป็นลมหายใจเข้าและลมหายใจออกต่างก็เป็นผลของการแพร่กระจายทั้งสิ้น

## ออสโมซิส (Osmosis)

ออสโมซิสเป็นการแพร่กระจายของอนุภาคของของเหลว จากสารละลายที่เจือจางกว่า (มีปริมาณของน้ำมากกว่า) ไปสู่สารละลายที่เข้มข้นกว่า (มีปริมาณของน้ำน้อยกว่า) โดยผ่านเยื่อบาง ๆ นักศึกษาอาจพิจารณาเห็นได้ว่าในเรื่องของออสโมซิสนี้ มุ่งไปที่การแพร่กระจายของน้ำ จึงอาจแปลความหมายของออสโมซิสในทางชีววิทยาได้ว่า เป็นการแพร่ของอนุภาคของน้ำจากบริเวณที่มีปริมาณของน้ำมากกว่า (สารละลายที่เข้มข้นน้อยกว่า) โดยผ่านเยื่อบาง ๆ

ขบวนการออสโมซิสมีบทบาทอย่างสำคัญในการทำงานของโปรโตพลาสซึมเช่นกัน การขนถ่ายสารต่าง ๆ ภายในสิ่งมีชีวิตจากเซลล์หนึ่งไปสู่อีกเซลล์หนึ่งเป็นไปโดยวิธีออสโมซิสนี้ เยื่อบาง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของขบวนการออสโมซิสในเซลล์นั้น ได้แก่ เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) นั้นเอง

เยื่อหุ้มเซลล์เป็นเยื่อบางซึ่งมีคุณสมบัติที่ยอมให้สารบางชนิดผ่านเข้าออกได้ เรียกเยื่อบางที่มีคุณสมบัติเช่นนี้ว่า Semipermeable membrane หรือ Differentially permeable membrane หรือ Selectively permeable membrane เป็นเยื่อที่ยอมให้น้ำ กลีเซอรอล และสารบางชนิดซึมผ่านได้ แต่ไม่ยอมให้สารบางชนิดซึมผ่าน ความสามารถหรือคุณสมบัติดังกล่าวนี้ จะมีอยู่ตรงเท่าที่เซลล์ยังมีชีวิตอยู่เท่านั้น ผลของขบวนการออสโมซิสในสิ่งมีชีวิตที่อาจพบเห็นได้ในชีวิตประจำวันได้แก่ การเหี่ยวเฉาหรืออวบเต่งของต้นพืช การยุบตัวของผลไม้หรืออาหารประเภทแช่อิ่ม หรือ ดองน้ำส้ม น้ำเกลือ เป็นต้น

ในปรากฏการณ์ของขบวนการออสโมซิสนี้ มีศัพท์วิชาการที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลายที่นักศึกษาคควรทราบ คือ

*Hypertonic Solution* หมายถึงสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่า กล่าวคือมีอัตราส่วนของปริมาณของสารมากกว่าปริมาณของน้ำ

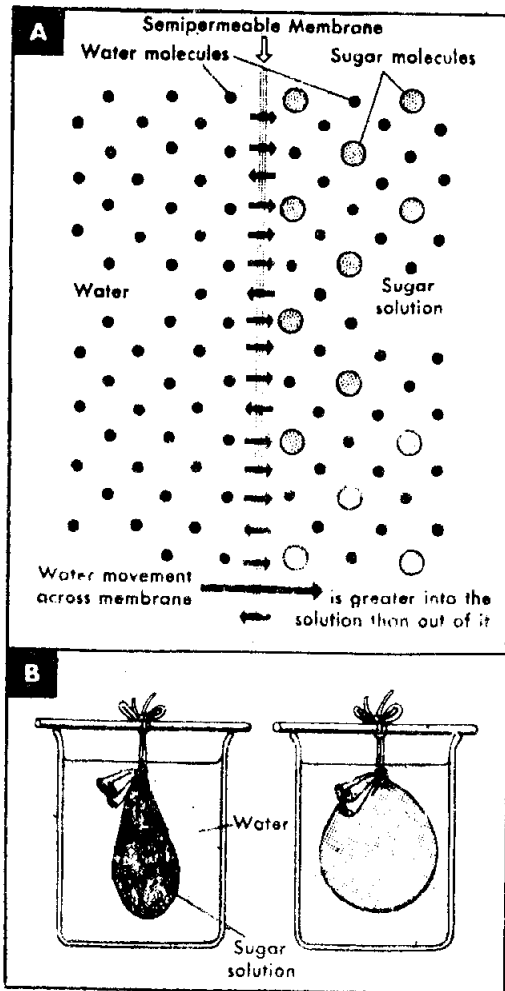
*Hypotonic Solution* หมายถึงสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า หรือมีปริมาณของสารน้อยกว่าปริมาณของน้ำ

*Isotonic Solution* หมายถึงสารละลายที่มีความเข้มข้นเท่ากัน

---

\* เยื่อบาง (membrane) แบ่งตามคุณสมบัติการยอมให้ซึมผ่านออกเป็น 3 แบบ คือ

1. *Impermeable membrane* เป็นเยื่อที่ไม่ยอมให้สารใด ๆ ผ่านได้เลย
2. *Semipermeable* หรือ *Differentially permeable* หรือ *Selectively permeable membrane* เป็นเยื่อที่ยอมให้สารเพียงบางชนิดผ่านได้
3. *Permeable membrane* เป็นเยื่อที่ยอมให้สารทุกชนิดผ่านได้



ภาพ 4-2 แสดง permeability และออสโมซิส

- A. โมเลกุลของน้ำตาลลอดผ่านเยื่อ semipermeable ไม่ได้เพราะมีขนาดโต ส่วนโมเลกุลของน้ำเคลื่อนผ่านได้
- B. ผลของความสามารถซึมผ่านได้ของโมเลกุลของน้ำทำให้เกิดขบวนการออสโมซิส

อัตราความเร็วของการออสโมซิสนั้นจะหยุดเมื่อสารละลายทั้งสองด้านของเยื่อบางมีความเข้มข้นเท่ากันหรือเป็น Isotonic solution

ในกรณีที่เซลล์แช่อยู่ในสารละลาย hypertonic จะทำให้น้ำภายในเซลล์ซึมออกมาจากเซลล์มาก จนทำให้เซลล์เหี่ยวแฟบ โปรโตพลาสซึมจะหดรวมกันเป็นกลุ่มก้อน เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Plasmolysis ซึ่งถ้าเกิดนาน ๆ จะทำให้เซลล์หมดสมรรถภาพในการทำงานได้ ถ้าความ

เข้มข้นของ hypertonic solution ลดลงจนต่ำกว่าความเข้มข้นของสารในโปรโตพลาสซึม ทำให้โปรโตพลาสซึมสามารถดูดน้ำกลับเข้าสู่เซลล์ได้อีกครั้งหนึ่ง เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Deplasmolysis ในขณะที่น้ำซึมผ่านเยื่อ semipermeable membrane นั้น อนุของสารใน hypertonic solution ก็อาจจะซึมผ่านเยื่อบางไปสู่ hypotonic solution ด้วยเช่นกัน การซึมผ่านของอนุของสารที่ละลายในสารละลาย hypertonic ไปสู่สารละลาย hypotonic นี้เรียกว่า Dialysis ถ้าพิจารณาเปรียบเทียบกับ การแพร่กระจาย (diffusion) จะดูเหมือนว่า Dialysis ก็คือการแพร่กระจายที่ผ่านเยื่อบางนั่นเอง

## 4.2 ระบบการทางเคมีในโปรโตพลาสซึม

### (Chemical Organization of Protoplasm)

ภายในโปรโตพลาสซึมจะมีสารเคมีอยู่มากมายหลายชนิด บางชนิดเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างง่าย ๆ แต่บางชนิดเป็นสารประกอบที่ค่อนข้างซับซ้อน ปริมาณของสารประกอบแต่ละชนิดในโปรโตพลาสซึมของเซลล์หนึ่ง ๆ มิได้มีปริมาณที่แน่นอนเท่ากันโดยตลอด ดังนั้นโปรโตพลาสซึมจึงมีสภาพเป็นของผสม (mixture) ในบรรดาธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารต่าง ๆ ภายในเซลล์นั้น มีธาตุที่นับว่าสำคัญมากและมักพบอยู่เสมอห้าธาตุ ได้แก่ ออกซิเจน คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ธาตุทั้งห้าธาตุนี้มีปริมาณรวมกันประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักของโปรโตพลาสซึม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ธาตุออกซิเจนมีมากประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นยังมีธาตุที่สำคัญรองลงไปอีกประมาณเจ็ดธาตุ ได้แก่ กำมะถัน โซเดียม คลอรีน แมกเนเซียม โปตัสเซียม แคลเซียม และเหล็ก (ในเวลาต่อมาได้มีการค้นคว้าพบว่ามีเพิ่มอีกห้าธาตุคือ โบรอน มังกานีส ทองแดง สังกะสี และโมลิบดีนัม) ธาตุทั้งหมดนี้มีความสำคัญต่อขบวนการทำงานภายในเซลล์เป็นอย่างมาก จึงเรียกธาตุเหล่านี้รวมกันว่า *Essential element* ส่วนธาตุอื่น ๆ นอกเหนือไปจาก 17 ธาตุนี้แม้จะขาดแคลนไปบ้างก็ไม่ทำให้ขบวนการทำงานภายในเซลล์เสียหายไปมากนัก จึงเรียกธาตุเหล่านี้ว่า *Non-essential element* ธาตุต่าง ๆ ทั้งที่เป็น essential element และ non-essential element นี้ถ้ารวมตัวกันขึ้นเป็นสารประกอบต่าง ๆ แล้วละลายหรือลอยปะปนอยู่ในโปรโตพลาสซึม

สารเคมีที่อยู่ในโปรโตพลาสซึมอาจแยกออกได้เป็นสองประเภทคือ *สารประกอบอนินทรีย์ (inorganic compound)* กับ *สารประกอบอินทรีย์ (organic compound)* ข้อแตกต่างระหว่างสารสองประเภทที่เห็นได้เด่นชัดก็คือ สารประกอบอินทรีย์ทุกชนิดจะมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยเสมอ นอกจากนั้นสูตรโครงสร้างทางเคมียังค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อนอีกด้วย ส่วน

สารประกอบอินทรีย์นั้น ไม่จำเป็นว่าจะต้องมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ และสูตรโครงสร้างทางเคมีก็เป็นไปง่าย ๆ เมื่อเทียบกับสารประกอบอินทรีย์ สารอินทรีย์ที่สำคัญซึ่งพบมากในโปรโตพลาสมีได้แก่ น้ำ และเกลือแร่

### น้ำ (Water)

น้ำเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีอยู่ในโปรโตพลาสมีมากประมาณ 65-90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักของโปรโตพลาสมี สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำจะมีปริมาณของน้ำในโปรโตพลาสมีมาก ส่วนในมนุษย์นั้นจะมีน้ำอยู่ประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักของร่างกาย

น้ำมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลาย (solvent) ที่สามารถละลายสารต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง จึงทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่จะรับส่งสารต่าง ๆ ที่ผ่านเข้าออกระหว่างเซลล์ทั่วร่างกาย และช่วยให้ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์เกิดเร็วขึ้น นอกจากนี้เนื่องจากน้ำเป็นสารเคมีที่มีความร้อนจำเพาะสูง ซึ่งหมายความว่า ในการที่จะทำให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงไปนั้น จะต้องใช้ปริมาณความร้อนเป็นจำนวนมาก ดังนั้น น้ำจึงทำหน้าที่เป็นตัวกลางสกัดกั้นมิให้อุณหภูมิภายในโปรโตพลาสมีเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันซึ่งจะไปกระทบกระเทือนต่อปฏิกิริยาเคมีของสารภายในโปรโตพลาสมี ด้วยเหตุนี้แม้ว่าอุณหภูมิภายนอกเซลล์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงไป อุณหภูมิของโปรโตพลาสมีก็จะเปลี่ยนแปลงตามอย่างช้า ๆ และไม่มากนัก ทำให้อัตราของปฏิกิริยาเคมีในโปรโตพลาสมีไม่กระทบกระเทือนมากจนเสียกระบวนการ

### เกลือแร่ (Inorganic mineral salt)

เกลือแร่อินทรีย์ที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตนั้น มีประมาณ 1-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมด เกลือแร่เหล่านี้มีแหล่งที่อยู่และบทบาทหน้าที่แตกต่างกันไป เช่น เป็นองค์ประกอบของกระดูก ฟัน เปลือก กेलิด กระดอง ขน ฯลฯ ส่วนเกลือแร่ที่อยู่ในโปรโตพลาสมี อาจมีสภาพเป็นสารตกตะกอน หรืออยู่ในสภาพของสารละลาย หรืออยู่ในรูปของอะตอมที่มีประจุไฟฟ้า (ion) สิ่งมีชีวิตจำเป็นที่จะต้องใช้เกลือแร่เหล่านี้เพื่อความปกติสุขและการเจริญเติบโตของร่างกาย แม้ว่าธาตุบางชนิดร่างกายต้องการเป็นจำนวนน้อยมาก แต่ก็ขาดเสียมิได้ ธาตุต่าง ๆ ที่ร่างกายต้องการนอกเหนือไปจาก essential element เรียกว่า trace element หรือ non-essential element

เราอาจสรุปประโยชน์ของเกลือแร่ได้ดังนี้ คือ

1. สร้างโครงกระดูก ฟัน และระบบของเหลวในร่างกาย
2. ควบคุมอัตราความเป็นกรดหรือด่างของของเหลวในร่างกาย

การเคลื่อนย้ายของเกลือแร่ภายในร่างกายเกิดขึ้นได้โดยขบวนการแพร่กระจาย (diffusion)

## อินทรีย์สารภายในโปรโตพลาสซึม (Organic Compounds in Protoplasm)

ภายในโปรโตพลาสซึมนอกจากจะมีน้ำและสารอนินทรีย์ละลายปะปนอยู่แล้ว ยังมีสารประกอบเคมีซึ่งมีสูตรโครงสร้างยุ่งยากซับซ้อนมาก สารเคมีเชิงซ้อนเหล่านี้ เดิมเข้าใจกันว่าพบเฉพาะในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเท่านั้น จึงเรียกลักษณะนี้ว่า สารประกอบอินทรีย์หรืออินทรีย์สาร (organic compound) แต่ในเวลาต่อมาได้มีการค้นคว้าพบว่า อินทรีย์สารหลายชนิดพบได้ในธรรมชาตินอกร่างกายของสิ่งมีชีวิต และบางชนิดสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้ในห้องปฏิบัติการ จึงทำให้ความหมายของคำว่า อินทรีย์สาร เปลี่ยนแปลงไปจากความเข้าใจที่มีมาแต่เดิม และจากผลของการศึกษาวิจัย พบว่าอินทรีย์สารทุกชนิดที่พบจะมีลักษณะคล้ายคลึงรวมกันอยู่อย่างหนึ่ง คือจะมีอะตอมของธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยเสมอ จำนวนอะตอมของธาตุคาร์บอนจะมีมากน้อยเพียงใดแล้วแต่ชนิดของอินทรีย์สารนั้น ๆ นอกจากนั้น การเกาะเกี่ยวของอะตอมอาจเกาะยึดต่อเนื่องกันเป็นเส้นยาวหรืออาจเกาะเกี่ยวกันเป็นวงบรรจบก็ได้

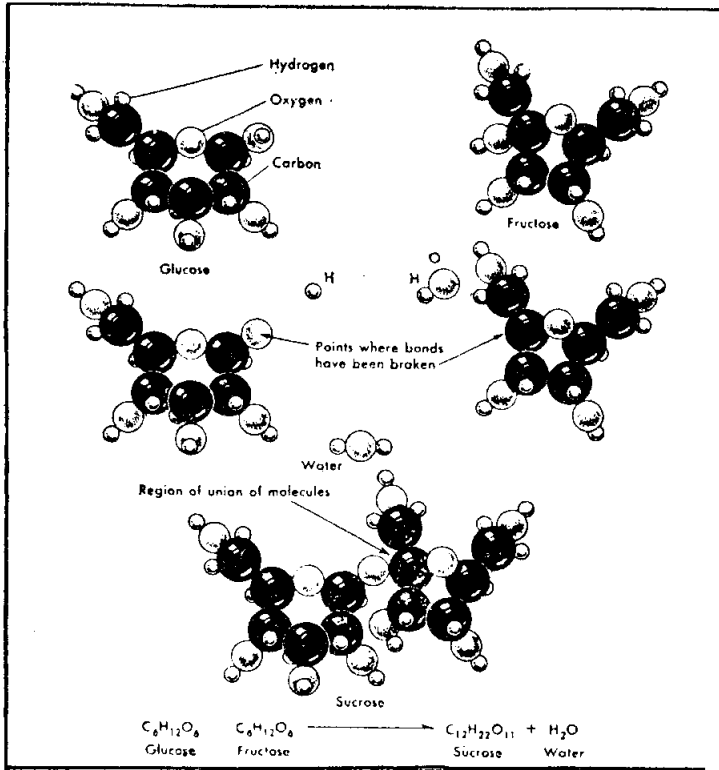
นักชีวเคมี (biochemist) พบว่าในสิ่งมีชีวิตมีอินทรีย์สารอยู่หลายชนิด แต่ที่พบมาก และทำหน้าที่เป็นแหล่งให้กำเนิดพลังงานแก่ร่างกายนั้นมีอยู่สามประเภท อินทรีย์สารทั้งสามประเภทนี้นักสรีรวิทยา (physiologist) เรียกว่า อาหาร (food) โดยได้ระบุความหมายของอาหารไว้ว่าจะต้องทำให้เกิดพลังงานเพื่อนำไปใช้งานได้ จะต้องนำไปใช้ทำให้ร่างกายเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอเสียหายได้ และจะต้องทำให้ร่างกายมีสภาพเป็นปกติสุข สำหรับน้ำและเกลือแร่อนินทรีย์นั้น แม้ว่าจะเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิต แต่เนื่องจากไม่ได้ให้พลังงาน จึงไม่นับเนื่องเข้าเป็นอาหาร อินทรีย์สารที่จัดว่าเป็นอาหารนั้นมีทั้งในพืช และสัตว์ แยกอธิบายตามความยุ่งยากซับซ้อนของโครงสร้างองค์ประกอบ จากสารที่มีโครงสร้างยุ่งยากน้อยไปหามากได้ ดังนี้

1. คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)
2. ไขมัน (lipid or fat and oil)
3. โปรตีน (protein)

### คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

คาร์โบไฮเดรตเป็นอินทรีย์สารที่ประกอบด้วยอะตอมของธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ปริมาณของธาตุไฮโดรเจนจะมีจำนวนเป็นสองเท่าของธาตุออกซิเจนเสมอ อัตราส่วนอย่างต่ำของธาตุทั้งสามเป็น  $\text{CH}_2\text{O}$  โดยทั่วไปนิยมแบ่งสารประกอบคาร์โบไฮเดรตออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. **Monosaccharide** หรือ Simple sugar เป็นน้ำตาลที่มีโครงสร้างง่ายที่สุด โมเลกุลของน้ำตาลประเภทนี้มีหมู่ น้ำตาลซึ่งเรียกว่า หมู่ saccharide 1 หมู่ ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน 6 อะตอม ไฮโดรเจน 12 อะตอม และออกซิเจน 6 อะตอม มีสูตรโมเลกุลว่า  $C_6H_{12}O_6$  น้ำตาลที่มีจำนวนธาตุคาร์บอนอยู่ 6 อะตอมนี้ เรียกว่า น้ำตาล hexose อาจมี monosaccharide บางชนิดที่มีจำนวนคาร์บอนน้อยกว่า 6 อะตอม ถ้ามีเพียง 1 อะตอม เรียกว่า น้ำตาล monose มี 2 อะตอม เรียกว่า น้ำตาล diose มี 3 อะตอม เรียกว่า น้ำตาล triose มี 4 อะตอม เรียกว่า น้ำตาล tetrose และถ้ามี 5 อะตอม เรียกว่า น้ำตาล pentose



ภาพ 4-3 แสดงโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตและการรวมตัวเข้าด้วยกัน

ตัวอย่างของน้ำตาล monosaccharide ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส (glucose) น้ำตาลฟรุคโตส (fructose) น้ำตาลกาแลคโตส (galactose)

2. **Disaccharide** หรือ Double sugar เป็นน้ำตาลที่ประกอบด้วย monosaccharide 2 หมู่มารวมกัน โดยวิธีการทางเคมีที่เรียกว่า condensation ซึ่งจะคายน้ำออกมา 1 โมเลกุล ดังนั้นสูตรโมเลกุลของ disaccharide จึงเป็น  $C_{12}H_{22}O_{11}$



ตัวอย่างของน้ำตาล disaccharide ได้แก่ น้ำตาลทราย (sucrose) น้ำตาลมอลโตส (maltose) น้ำตาลแลคโตส (lactose)

(ตำราบางเล่มถือว่า disaccharide จัดอยู่ในพวก Oligosaccharide หรือ Compound sugar ซึ่งเป็นน้ำตาลที่เมื่อสลายตัวจะแตกตัวให้ monosaccharide กล่าวคือถ้า oligosaccharide ใดที่แตกตัวให้ monosaccharide 2 โมเลกุลเรียก oligosaccharide นั้นว่า disaccharide ถ้าแตกตัวให้ 3 โมเลกุลเรียกว่า trisaccharide ถ้าแตกตัวได้ 4 โมเลกุลเรียก tetrasaccharide ดังนี้ เป็นต้น)

3. **Polysaccharide** เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลใหญ่มาก ประกอบด้วย monosaccharide มาต่อเชื่อมกันนับร้อยนับพันโมเลกุล ทำให้มีน้ำหนักโมเลกุลสูงสลายตัวได้ยาก สูตรโมเลกุลเขียนโดยทั่วไปว่า  $(C_6H_{10}O_5)_n$  โดยที่ n หมายถึงเลขจำนวนเต็มใด ๆ ก็ได้

ตัวอย่างของ polysaccharide ได้แก่ แป้งในพืช (plant starch) แป้งไกลโคเจนในสัตว์ (animal starch เช่น แป้งในหอยนางรม) เซลลูโลส (cellulose เช่น เยื่อกระดาษ) เด็กซ์ทริน (dextrin) และไคติน (chitin เช่น เปลือกหุ้มตัวแมลง) เป็นต้น

### ไขมัน (Lipid or Fats and Oil)

ไขมันเป็นอินทรีย์สารที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน แต่ปริมาณของธาตุไฮโดรเจนไม่เป็นสองเท่าของธาตุออกซิเจนดังเช่นในคาร์โบไฮเดรต ไขมันประกอบด้วยสารประกอบสองชนิดมารวมกัน คือ กรดไขมัน (fatty acid) 3 โมเลกุล กับกลีเซอรอล (glycerol) 1 โมเลกุล อินทรีย์สารประเภทไขมันนี้จะให้พลังงานมากกว่าคาร์โบไฮเดรตเมื่อมีน้ำหนักเท่ากัน กล่าวคือ ไขมัน 1 กรัมเมื่อเผาไหม้โดยสมบูรณ์แล้วจะให้พลังงานความร้อน 9.1 กิโลแคลอรี ในขณะที่คาร์โบไฮเดรต 1 กรัม ให้พลังงานความร้อนเพียง 4.1 กิโลแคลอรีเท่านั้น

นอกจากไขมันปรกติที่ได้พบเห็นโดยทั่วไปแล้ว ยังมีอินทรีย์สารอีกบางประเภทที่มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับไขมัน เรียกสารอินทรีย์เหล่านี้ว่า "อนุพันธ์ของไขมัน" (fats derivative) ทั้งไขมันและอนุพันธ์ของไขมันนี้รวมเรียกว่า ไลปิด (lipid) ไลปิดทุกชนิดสามารถละลายในตัวทำละลายได้หลายชนิด เช่น อัลกอฮอล์ อีเทอร์ คลอโรฟอร์มและไซลีน ตัวทำละลายเหล่านี้เรียกว่า "ตัวละลายไขมัน" (fats solvent)

ไลปิดอาจแยกออกตามลักษณะของสารที่มาประกอบได้เป็นสามพวก คือ

1. ไลปิดเชิงเดี่ยว (Simple lipid หรือ True fats) เป็นไลปิดที่มีแต่ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเท่านั้น ได้แก่ ไขมัน (fats) น้ำมัน (oil) และสารพวกขี้ผึ้ง (wax)

2. ไลปิดเชิงประกอบ (Compound lipid) เป็นไลปิดเชิงเดี่ยวที่มีธาตุหรือหมู่ธาตุบางชนิดมารวมอยู่ด้วย เช่น มีหมู่อนุมูลกรดฟอสฟอริก ธาตุไนโตรเจน หรือธาตุกำมะถันเป็นต้น สารพวกนี้ได้แก่ ฟอสโฟไลปิดในไข่แดง ในสมอง ไกลโคไลปิด และไลโปโปรตีน

3. อนุพันธ์ของไลปิด (Lipid derivative) เป็นไลปิดเชิงเดี่ยวหรือเชิงประกอบก็ตามที่เปลี่ยนแปลงไปโดยปฏิกิริยาทางเคมี สารพวกนี้ได้แก่ กรดไขมัน (fatty acid) สเตอรอล (sterol ซึ่งเป็นต้นเหตุให้เส้นเลือดเปราะตีบตัน และกระตุ้นให้เซลล์เกิดมะเร็ง) สเตอรอยด์ (steroid เป็นสารประกอบในน้ำดี และเป็นองค์ประกอบของฮอร์โมนเพศ)

## โปรตีน Protein

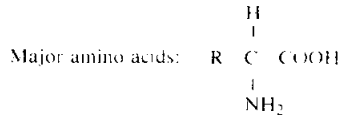
โปรตีนเป็นอินทรีย์สารที่มีความยุ่งยากซับซ้อนมากที่สุด เป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมาก ทั้งนี้เป็นเพราะโปรตีนประกอบขึ้นด้วยหมู่มอเลกุลย่อย ๆ เป็นจำนวนมากรวมกัน โมเลกุลย่อย ๆ ที่มาประกอบกันเป็นโปรตีนนี้เรียกว่า “กรดอะมิโน” (amino acid) ซึ่งประกอบขึ้นด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน โดยที่ธาตุไนโตรเจนจะยึดเกาะอยู่กับธาตุไฮโดรเจน กลายเป็นหมู่อะมิโนที่เรียกว่า อนุมูลกรดอะมิโน (amino radical - NH<sub>2</sub>) กรดอะมิโนมีอยู่มากหลายชนิด แต่มีชนิดที่สำคัญ ๆ อยู่ประมาณ 24 ชนิด ซึ่งพบในสิ่งมีชีวิตทั่วไป


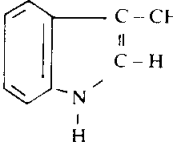
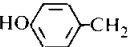
มีสิ่งมีชีวิตหลายชนิดที่สามารถสังเคราะห์กรดอะมิโนได้เอง แต่ถึงกระนั้นก็ต้องอาศัยกรดอะมิโนจากแหล่งอาหารอื่นภายนอกอีกมาก ทั้งนี้เพื่อนำไปสร้างเสริมความเจริญเติบโต นอกจากนี้กรดอะมิโนยังเป็นองค์ประกอบของน้ำย่อยหรือ เอ็นไซม์ (enzyme) ต่างที่ใช้ในขบวนการดำรงชีวิต

โปรตีนเป็นสารที่มีอยู่ในโปรโตพลาสซึมมากเป็นที่สองรองจากน้ำ คือมีอยู่ประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวในบางกรณี โปรตีนสามารถเปลี่ยนไปเป็นคาร์โบไฮเดรตและไขมันได้ด้วย โปรตีนปรกติจะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส แต่สิ่งเหล่านี้จะเกิดขึ้นได้เมื่อโปรตีนสลายตัวหรือเสียสภาพไป

โปรตีนทั่วไปแยกออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. โปรตีนเชิงเดี่ยว (Simple protein) เป็นโปรตีนที่เมื่อแยกสลายแล้วจะได้กรดอะมิโนหรือสารที่เกิดจากกรดอะมิโนเท่านั้น ตัวอย่างเช่น ไข่ขาว ไข่แดง ซีรัมในน้ำเลือด เอ็น ขน กระดุก เล็บ เขา หนัง



Name	Abbreviation	R	Category
Alanine	ALA	$\text{CH}_2$	Neutral
Arginine	ARG	$\text{NH}_2 - \text{C}(\text{NH}) = \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$	Basic
Asparagine	ASP - $\text{NH}_2$	$\text{NH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_2 -$	Neutral
Aspartic acid	ASP	$\text{COOH} - \text{CH}_2 -$	Acidic
Cysteine	CYS	$\text{SH} - \text{CH}_2 -$	Acidic
Glutamic acid	GLU	$\text{COOH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$	Acidic
Glutamine	GLU - $\text{NH}_2$	$\text{NH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$	Neutral
Glycine	GLY	H -	Neutral
Histidine	HIS	$\text{H} - \text{C} = \text{C} - \text{CH}_2 -$ $\begin{array}{c}   \quad   \\ \text{H} - \text{N} \quad \text{N} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \\   \\ \text{H} \end{array}$	Basic
Isoleucine	ILEU	$\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} -$ $\quad \quad \quad   \\ \quad \quad \quad \text{CH}_3$	Neutral
Leucine	LEU	$\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 -$ $\quad \quad   \\ \quad \quad \text{CH}_3$	Neutral
Lysine	LYS	$\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$	Basic
Methionine	MET	$\text{CH}_2 - \text{S} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$	Neutral
Phenylalanine	PHE	 - $\text{CH}_2 -$	Neutral
Proline	PRO	*	Neutral
Serine	SER	$\text{CH}_2\text{OH} -$	Neutral
Threonine	THR	$\text{CH}_3 - \text{CHOH} -$	Neutral
Tryptophan	TRY		Neutral
Tyrosine	TYR		Acidic
Valine	VAL	$\text{CH}_3 - \text{CH} -$ $\quad \quad   \\ \quad \quad \text{CH}_3$	Neutral

\*The structure of proline does not fit the prototype. It is as follows: 
$$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ | \\ \text{CH}_2 - \text{NH} \end{array}$$

ภาพ 4-4 แสดงกรดอะมิโนชนิดต่างๆ

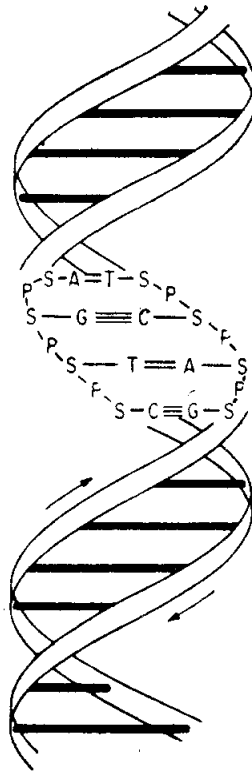
2. โปรตีนเชิงประกอบ (Compound protein หรือ Conjugated protein) เป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยโปรตีนเชิงเดี่ยวรวมกับสารที่มีไฮโปโปรตีน หมู่ของสารที่มีไฮโปโปรตีนนี้เรียกว่า prosthetic group พบในนิวเคลียสของเซลล์ ในน้ำนม ไข่แดง กระดุก เอ็น ฮอร์โมน

3. อนุพันธ์ของโปรตีน (Derived protein) เป็นโปรตีนที่ได้จากการสลายของโปรตีนเชิงเดี่ยว หรือเชิงประกอบก็ตาม การสลายหรือเสียดสภาพของโปรตีนนั้นเกิดขึ้นได้โดยปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความร้อน แสง พลังงานกล และปฏิกิริยาทางเคมี

### กรดนิวคลีอิก (Nucleic Acid)

ภายในโปรโตพลาสซึมโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณนิวเคลียสพบว่ามีโปรตีนเชิงประกอบชนิดหนึ่งอยู่มาก โปรตีนนั้นคือนิวคลีโอโปรตีน (nucleoprotein) ซึ่งเมื่อแยกสลายแล้วจะได้โปรตีนเชิงเดี่ยวกับ prosthetic group คือ กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) กรดนิวคลีอิกนี้นับได้ว่าเป็นส่วนสำคัญและมีบทบาทในการดำรงชีวิตมาก

กรดนิวคลีอิกเป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ ประกอบด้วยหน่วยย่อยซึ่งเรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (nucleotide) มารวมกัน นิวคลีโอไทด์ประกอบด้วย อนุมูลฟอสเฟต ( $PO_4$ ) น้ำตาล pentose ( $C_5$ ) และเบสที่มีไนโตรเจน (nitrogenous Base) ดังนั้นเมื่อพิจารณาโดยสรุปจะเห็นได้ว่า กรดนิวคลีอิกเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากนิวคลีโอไทด์หลาย ๆ หน่วยมาเชื่อมต่อกันในลักษณะดังภาพที่ 4-5



ภาพ 4-5 แสดงโครงสร้างของกรดนิวคลีอิกชนิด DNA

กรดนิวคลีอิกแยกออกเป็นสองชนิดตามลักษณะของน้ำตาล pentose ที่มาประกอบเป็นนิวคลีโอไทด์ กล่าวคือ ถ้าน้ำตาลนั้นเป็นน้ำตาลชนิด ribose กรดนิวคลีอิกนั้นเรียกว่า Ribose nucleic acid หรือ Ribonucleic acid หรือเรียกโดยย่อว่า RNA แต่ถ้าน้ำตาลนั้นเป็นน้ำตาลชนิด desoxyribose กรดนิวคลีอิกนั้นเรียกว่า Desoxyribose nucleic acid หรือ Desoxyribonucleic acid หรือเรียกโดยย่อว่า DNA (ตำราบางเล่มเขียนชื่อน้ำตาลว่า deoxyribose ซึ่งถูกต้องทั้งสองคำ)

นอกจาก DNA จะต่างจาก RNA ที่ชนิดของน้ำตาลที่มาประกอบแล้ว ยังต่างกันที่ DNA ประกอบด้วยเบส 4 ชนิด คือ อะดีนีน (adenine) กัวนีน (guanine) ไซโตซีน (cytosine) และไทมีน (thymine) ส่วน RNA ประกอบด้วย อะดีนีน กัวนีน ไซโตซีนและยูราซิล (uracil)

DNA มีหน้าที่ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากบรรพบุรุษไปยังรุ่นลูกหลานได้ ส่วน RNA มีหน้าที่เกี่ยวกับการสร้างโปรตีนและหน่วยย่อยหรือเอ็นไซม์ โดยรับคำสั่งจาก DNA

กรดนิวคลีอิกทั้ง DNA และ RNA มีบทบาทและวิวัฒนาการเกี่ยวกับกำเนิดของสิ่งมีชีวิตตามที่ได้กล่าวแล้วในตอนต้น จึงใคร่ขอให้ผู้ศึกษาย้อนกลับไปทบทวนเพื่อความเข้าใจอีกครั้งหนึ่ง

## วิตามิน (Vitamin)

วิตามินเป็นอินทรีย์สารซึ่งแม้ว่ามีโซ่อาหารที่จะทำให้เกิดพลังงาน และแม้ว่าร่างกายต้องการวิตามินในจำนวนน้อยมาก เมื่อเทียบกับอินทรีย์สารที่เป็นอาหาร แต่ร่างกายจะขาดวิตามินไม่ได้ ถ้าขาดไปจะทำให้เกิดอาการผิดปกติต่าง ๆ ทั้งนี้เพราะวิตามินทำหน้าที่ส่งเสริมและควบคุมการเจริญเติบโต และควบคุมความเป็นปกติของการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย

ปัญหาเกี่ยวกับความต้องการวิตามินนี้ เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมานาน เป็นเรื่องที่ร้ายแรงและต่างก็ตระหนักในความจำเป็นของวิตามิน นักโภชนศาสตร์ทราบดีว่าวิตามินมีบทบาทในการป้องกันโรคซึ่งเกิดจากการขาดอาหาร (deficiency disease) และได้เสนอแนะว่าวิธีที่จะได้รับวิตามินนั้นทำได้โดยการรับประทานอาหารให้ถูกสัดส่วนตามหลักโภชนาการ

ในชั้นเดิมเมื่อมีการค้นพบหรือรู้จักวิตามินชนิดใดชนิดหนึ่งขึ้นมา มักจะกำหนดชื่อวิตามินนั้นเป็นชื่ออักษร แต่ต่อมาในระยะที่วิทยาการทางชีวเคมีก้าวหน้ามากขึ้น ได้มีการกำหนดชื่อของวิตามินในทำนองเดียวกันกับชื่อของสารเคมีอื่น ๆ ที่ค้นพบกันโดยทั่วไป

## ประวัติความเป็นมาเกี่ยวกับวิตามิน

การค้นคว้าเกี่ยวกับวิตามินซึ่งเป็นรากฐานทำให้เกิดการวิจัยทางวิทยาศาสตร์นั้น เริ่มต้นจากการค้นพบวิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) โดยที่บรรดาลูกเรือเป็นจำนวน

มากในราชนาวีอังกฤษเกิดป่วยเป็นโรคเลือดออกตามไรฟัน (scurvy) ได้มีการพยายามหาทางแก้ไขกันอยู่ตลอดมา จนในปี 1757 นายแพทย์ เจมส์ ลินด์ (Dr. James Lind) แพทย์ประจำกองทัพเรือ ได้ทำการทดลองโดยนำลูกเรือที่ป่วยมาวิเคราะห์และควบคุมอาหาร ในที่สุดค้นพบว่าลูกเรือที่ได้อาหารที่มีมะนาวและส้มอยู่เป็นประจำ จะหายป่วยอย่างรวดเร็ว จึงได้ทำการแก้ไขโดยสั่งให้ลูกเรือได้รับอาหารประเภทส้มรวมอยู่ด้วยเสมอ ด้วยเหตุดังกล่าว ทำให้ทหารเรือในราชนาวีอังกฤษได้รับสมญาพิเศษว่า พวกเขา “limey” มาจนกระทั่งทุกวันนี้

การค้นคว้าอีกเรื่องหนึ่งที่ต้องกล่าวถึงก็คือ การตั้งข้อสังเกตของนายทหารเรือของราชนาวีญี่ปุ่น ชื่อ ตากากิ (Takaki) ซึ่งได้เสนอแนะว่า ถ้ารับประทานข้าวที่ขัดหรือสีอยู่เป็นประจำแล้ว ควรที่จะเพิ่มปริมาณของอาหารประเภท เนื้อ นม หรือผักมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เกิดโรคเหน็บชา (beriberi) ในปัจจุบันเราทราบว่าข้าวที่ขัดจนขาวจะสูญเสียวิตามิน B<sub>1</sub> หรือ ไธอามีน (thiamine) แม้ข้อเสนอแนะของบุคคลผู้นี้จะมีใช้การค้นพบวิตามิน แต่ก็ป็นช่องทางที่ทำให้เกิดแนวคิดริเริ่มค้นพบวิตามินดังกล่าว

ในเรื่องราวที่เกี่ยวกับวิตามิน มีศัพท์ที่ควรแก่การสนใจอยู่ 3 คำ คือ *Avitaminosis* หมายถึง สภาพการณ์ที่เกิดการผิดปกติในร่างกายเนื่องจากขาด หรือไม่มีวิตามิน

*Hypovitaminosis* หมายถึง สภาพการณ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากได้รับวิตามินน้อยเกินไป ถ้าสภาพการณ์เช่นนี้เกิดนาน ๆ จะทำให้เกิด *avitaminosis* ได้

*Hypervitaminosis* หมายถึง สภาพการณ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากได้รับวิตามินมากเกินไป ซึ่งวิตามินบางชนิดถ้าได้รับปริมาณมากเป็นเวลานานติดต่อกัน จะเกิดเป็นพิษได้

ปัจจุบันมีการค้นพบวิตามินแล้วประมาณ 20 ชนิด วิตามินเหล่านี้สามารถแบ่งออกตามคุณสมบัติการละลายได้เป็นสองประเภท คือ

1. วิตามินที่ละลายในน้ำ (water soluble vitamin) ที่สำคัญได้แก่วิตามิน B complex และ วิตามิน C

2. วิตามินที่ละลายในน้ำมัน (fats soluble vitamin) ที่สำคัญได้แก่วิตามิน A, D, E, และ K

**วิตามิน B**  
เดิมเชื่อกันว่าวิตามิน B เป็นสารประกอบเพียงชนิดเดียวเท่านั้น แต่ในเวลาต่อมาพบว่า สารประกอบประเภทวิตามิน B มีอยู่หลายชนิด จึงมีการกำหนดลำดับเพิ่มเติมขึ้นมาอีก

วิตามิน B<sub>1</sub> เป็นวิตามินที่พบก่อนวิตามิน B อื่น ๆ มีชื่อทางเคมีว่า Thiamine chloride เป็นวิตามินที่ละลายในน้ำและถูกทำลายด้วยความร้อน เป็นตัวกระตุ้นให้ย่อยรับประทานอาหาร ช่วยในการผลิตน้ำนม ควบคุมการทำงานของต่อมผลิตฮอร์โมน ควบคุมการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ถ้าร่างกายได้รับวิตามินนี้ไม่เพียงพอ จะทำให้การทำงานของต่อมผิดปกติ ถ้าขาดวิตามินนี้จะทำให้เกิดโรคเหน็บชา (beriberi) วิตามินนี้พบมากในข้าวที่ไม่ได้ขัดผิว โปรตีนประเภท เนื้อ หมู ไช้ และมีในผักสดและผลไม้

วิตามิน B<sub>2</sub> มีชื่อทางเคมีว่า Riboflavin ทำหน้าที่ร่วมกับวิตามิน B<sub>1</sub> ในการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ถ้าขาดวิตามินนี้จะทำให้เกิดแผลพุพองตามผิวหนังอ่อน (dermatitis) วิตามิน B<sub>2</sub> นี้ ตำราบางเล่มเรียกว่าวิตามิน G

นอกจากนั้นยังมีวิตามิน B ชนิดอื่น ๆ อีกซึ่งมีหน้าที่เฉพาะ คือ

Niacin หรือ Nicotinic acid ถ้าขาดจะทำให้ผิวหนังหยาบแห้ง ลึ้นบวม

Pyridoxine หรือ วิตามิน B<sub>6</sub>

Pantothenic acid

Biotin

Cyanocobalamin หรือ วิตามิน B<sub>12</sub> ถ้าขาดจะทำให้โลหิตจาง

Folic acid

Choline

Inositol

Para-aminobenzoic acid

วิตามิน B ทั้งหมดนี้รวมเรียกว่า B-complex ผลของอาการที่แน่นอนยังไม่ปรากฏแน่ชัด เพียงแต่อยู่ในชั้นทดลองกับสัตว์บางชนิดเท่านั้น

## วิตามิน C

มีชื่อทางเคมีว่า Ascorbic acid ถ้าขาดวิตามินนี้จะทำให้เลือดออกตามไรฟัน (scurvy) เหงือกบวม เลือดออกใต้ผิวหนัง (haemorrhage) อ่อนเพลีย โลหิตจาง น้ำหนักลด ซึ่พจรสูง วิตามินนี้มีในผลไม้พวกส้ม ต่าง ๆ ผลไม้รสเปรี้ยว ผักสด มะเขือเทศ กะหล่ำปลี

## วิตามิน A

เป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน พบมากใน นม เนย ไข่ ตับ และพืชที่มีสีส้มแดงหรือแดง ถ้าขาดวิตามินนี้จะทำให้ความต้านทานของร่างกายลดลง ตาแห้งไม่มีน้ำหล่อเลี้ยง อ่อนเพลีย

โลหิตจาง ถ้าได้รับวิตามินไม่เพียงพอจะทำให้ตาบอด และมองไม่เห็นในที่แสงสลัว (night blindness)

### วิตามิน D

มีชื่อทางเคมีว่า Calciferol พบในแหล่งที่พบวิตามิน A ส่วนมากเกิดขึ้นได้เองเป็นวิตามินที่เปลี่ยนแปลงมาจากไลปิดประเภทสเตอรอล (sterol) ทำหน้าที่ควบคุมการดูดซึมธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสในร่างกาย ถ้าขาดวิตามินนี้จะทำให้ฟันผุ กระดูกอ่อนคดโค้งงอไม่แข็งแรง กล้ามเนื้ออ่อนเปลี้ยและชักกระดูก

### วิตามิน E

มีชื่อทางเคมีว่า Tocopherol เป็นวิตามินที่ช่วยป้องกันไม่ให้เป็นหมัน ช่วยทำให้ตัวอ่อนเกาะติดผนังมดลูกได้เหนียวแน่นขึ้น วิตามินนี้พบใน พืชผักสีเขียว เมล็ดพืช นม และน้ำมันพืช

### วิตามิน K

เป็นวิตามินที่พบมากในผัก ทำหน้าที่ช่วยสร้างสวรัที่ช่วยให้โลหิตแข็งตัว ถ้าขาดวิตามินนี้จะทำให้เลือดแข็งตัวช้า เสียเลือดมาก หรือเลือดไหลหยุดช้า (haemophilia) และทำให้เลือดตกในโดยไม่มีบาดแผล

จากที่ได้กล่าวมานี้ นักศึกษาจะเห็นได้ว่าภายในโปรโตพลาสซึมของเซลล์หนึ่งนั้นมีสารต่าง ๆ สะสมอยู่เพื่อเป็นจักรกลที่จะช่วยให้ขบวนการต่างเพื่อการดำรงชีวิตดำเนินไปได้ด้วยดี ซึ่งจะส่งผลให้เซลล์มีความปรกติ และส่งผลให้สิ่งมีชีวิตนั้น ๆ สามารถดำรงสภาพของการมีชีวิตอยู่ได้โดยสมบูรณ์

## 4.3 ระบบการทางชีวภาพในโปรโตพลาสซึม

### (Biological Organization of Protoplasm)

#### 4.3.1 เซลล์และความรู้เกี่ยวกับเซลล์

##### (Cell and Study of Cell)

เซลล์คือก้อนโปรโตพลาสซึมซึ่งมีเยื่อบางห่อหุ้มอยู่ เซลล์เป็นหน่วยโครงสร้างมูลฐานของสิ่งมีชีวิต ซึ่งกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อการดำรงชีวิตจะเกิดขึ้นจากการทำงานภายในเซลล์นั้น สิ่งมีชีวิตทุกชนิดจะมีเซลล์เป็นองค์ประกอบทั้งทางรูปร่างและหน้าที่

### ประวัติโดยสังเขปในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องเซลล์

การศึกษาเกี่ยวกับเซลล์นั้น ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางภายหลังจากมีการ



ประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์แล้ว นักประดิษฐ์ที่สร้างกล้องจุลทรรศน์ขึ้นใช้เป็นครั้งแรกคือ ช่างประกอบแว่นชาวดัตช์ ชื่อ *Hans Janssen* และบุตรชายชื่อ *Zacharias Janssen* ร่วมกันสร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1590 ต่อมาในปี ค.ศ. 1650 พ่อค้าชาวดัตช์ชื่อ *Antoni van Leeuwenhoek* ได้ปรับปรุงกล้องจุลทรรศน์ของ *Janssen* ให้ดียิ่งขึ้น แล้วนำไปสำรวจดูของเหลวชนิดต่าง ๆ และพบว่าในของเหลวเหล่านั้นมีจุลินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมาก ในปี ค.ศ. 1665 นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ *Robert Hooke* ได้สำรวจแผ่นเยื่อไม้คอร์กซึ่งเป็นเปลือกของต้นโอ๊ค พบว่าแผ่นไม้เยื่อไม้คอร์กนั้นประกอบด้วยช่องเหลี่ยมเล็ก ๆ เป็นจำนวนมาก ผังของช่องเหลี่ยมนั้นค่อนข้างหนา จึงเรียกช่องเหลี่ยมแต่ละช่องนั้นว่า เซลล์ (cell) ซึ่งเป็นภาษาละตินมีความหมายว่าห้องเล็ก ๆ

การค้นคว้ายังคงต่อเนื่องกันมาเรื่อย ๆ ในปี ค.ศ. 1835 นักสัตววิทยาชาวฝรั่งเศสชื่อ *Felix Dujardin* ได้ค้นพบว่าในเซลล์ที่มีชีวิตนั้นจะมีสารชั้น ๆ สีใส ลักษณะคล้ายวุ้น จึงเรียกสารภายในเซลล์นั้นว่า *sarcode* ในปี ค.ศ. 1839 นักสรีรวิทยาชาวโบฮีเมีย (ปัจจุบัน คือ เชโกสโลวะเกีย) ชื่อ *Evangelista Johannes Purkinje* ได้ศึกษาตัวอ่อนของสัตว์หลายชนิดพบว่าภายในเซลล์มีสารเหลวบรรจุอยู่ จึงเรียกสารนั้นว่า *Protoplasm*

ในปีเดียวกันนี้นักสัตววิทยาชาวเยอรมันชื่อ *Theodor E. Schwann* ได้ยืนยันว่า สัตว์ทุกชนิดจะประกอบด้วยเซลล์ และนักพฤกษศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ *Mathias Jakob Schleiden* ยืนยันเช่นกันว่าพืชทุกชนิดประกอบขึ้นด้วยเซลล์ ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์เยอรมันทั้งสองนี้จึงร่วมกันตั้งเป็นทฤษฎีว่า สิ่งมีชีวิตทั้งหลายประกอบด้วยเซลล์และมีผลิตภัณฑ์ของเซลล์เป็นองค์ประกอบ ทฤษฎีนี้เรียกว่า *ทฤษฎีเซลล์ (Cell Theory)*

ในปี ค.ศ. 1846 นักพฤกษศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ *Hugo von Mohl* ค้นพบว่าในเซลล์ของพืชทั้งหลายมีโปรโตพลาสซึมอยู่ ในปี ค.ศ. 1850 *Ferdinand Cohn* ซึ่งเป็นนักพฤกษศาสตร์ชาวเยอรมันเช่นกัน ได้เสนอความเห็นว่ โปรโตพลาสซึมในพืชและในสัตว์นั้น มีลักษณะและองค์ประกอบเช่นเดียวกัน ความเห็นนี้ได้มีการพิสูจน์ว่าเป็นความจริงโดยนักสัตววิทยาชาวเยอรมันชื่อ *Max Schultze* ใน ค.ศ. 1861

ทฤษฎีเซลล์ที่เสนอโดย *Schwann* และ *Schleiden* นั้นได้มีการแก้ไขเพิ่มเติมให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้นโดยนักชีววิทยาชาวเยอรมัน ชื่อ *Rodolf Ludwig Carl Virchow* ในปี ค.ศ. 1858 โดยที่ *Virchow* เพิ่มเติมว่า เซลล์ต่าง ๆ นั้นย่อมเกิดขึ้นจากเซลล์ที่มีอยู่เดิมก่อนแล้ว ซึ่งในเวลาต่อมาพบว่านั่นคือการแบ่งเซลล์นั่นเอง

นอกจากผลงานสำคัญ ๆ ของนักวิทยาศาสตร์ตามที่ได้กล่าวมาแล้วยังมีผลงานอื่น ๆ เกี่ยวกับเซลล์ที่ควรแก่การบันทึก เช่น

ในปี ค.ศ. 1824 *R.J.H. Dutrochet* นักชีววิทยาชาวฝรั่งเศส ได้กล่าวว่าเนื้อเยื่อทั้งหลายของพืชและสัตว์ประกอบด้วยเซลล์เล็ก ๆ

ปี ค.ศ. 1831 นักพฤกษศาสตร์ชาวอังกฤษ ชื่อ *Robert Brown* พบว่าภายในเซลล์จะมีนิวเคลียส (*nucleus*) อยู่

*Edward Straburger* นักชีววิทยาชาวเยอรมัน กล่าวในปี ค.ศ. 1879 ว่านิวเคลียสเกิดมาจากนิวเคลียสเดิมที่มีชีวิตอยู่ ความคิดนี้ได้รับการสนับสนุนในปี 1882 โดยนักชีววิทยาชาวออสเตรียชื่อ *Walter Flemming* และในปี 1882 นี้เช่นกันที่ *August Weismann* นักชีววิทยาชาวเยอรมัน กล่าวว่า เซลล์ในรุ่นหลัง ๆ สามารถจะมีลักษณะย้อนกลับไปหาบรรพบุรุษได้

### ขนาดของเซลล์

เซลล์ส่วนมากมีขนาดเล็กมาก จนไม่อาจมองเห็นได้ด้วยตาปกติและไม่อาจใช้มาตรวจความยาวที่ใช้กันเป็นประจำได้ จึงกำหนดมาตราวัดขึ้นใหม่โดยกำหนดหน่วยเป็นไมครอน (*Micron*) ใช้สัญลักษณ์  $\mu$  ความยาว 1 ไมครอน เท่ากับ  $1/1,000$  มิลลิเมตร หรือ  $10^{-6}$  เมตร (หน่วยวัดที่ละเอียดยิ่งกว่านี้ได้แก่ *Millimicron* ซึ่งยาวเท่ากับ  $10^{-9}$  เมตร ใช้สัญลักษณ์  $m\mu$  และหน่วย *Angstrom* ซึ่งมีความยาวเท่ากับ  $10^{-10}$  ใช้สัญลักษณ์  $A^\circ$  โดยปกติเซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 10-100 ไมครอน มีเซลล์เพียงส่วนน้อยที่มีขนาดใหญ่จนมองเห็นได้เช่น เซลล์ของเส้นประสาทอาจยาวถึง 3 ฟุต เซลล์ของเส้นใยพืชบางชนิดยาวประมาณ 2 ฟุต หรือไขของสัตว์ต่าง ๆ (ส่วนที่เป็นเซลล์ของไขนั้นเป็นจุดเล็ก ๆ ลอยอยู่บนผิวไขแดง ส่วนไขแดงและไขขาวนั้น เป็นผลิตภัณฑ์ของเซลล์)

### รูปร่างของเซลล์

เซลล์ของสิ่งมีชีวิตไม่ได้มีรูปร่างเหมือนกันทุกชนิดไป และแม้แต่สิ่งมีชีวิตชนิดใดชนิดหนึ่งเองเซลล์ก็มีรูปร่างต่าง ๆ กัน อาจมีรูปร่างเป็นเหลี่ยม กลม แบน รี ทรงกระบอก หรือรูปทรงใด ๆ ก็ได้ นอกจากนั้นเซลล์บางชนิดยังสามารถเปลี่ยนรูปร่างได้อยู่เสมอ

### โครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์ (Cell Structure and Function)

จากการศึกษาของนักเซลล์วิทยา (*Cytologist*) พบว่าเซลล์ของพืชและสัตว์นั้นส่วนใหญ่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน จะมีสิ่งแตกต่างกันบ้างเพียงในส่วนปลีกย่อยบางประการเท่านั้น ในการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องเซลล์นั้น ในชั้นเดิมมีอุปกรณ์เพียงกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาเท่านั้น จนประมาณกลางปี ค.ศ. 1950 ได้มีการประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนขึ้นใช้ ทำให้ความรู้เกี่ยวกับเซลล์ได้รายละเอียดกระจ่างชัดยิ่งขึ้น เนื่องด้วยเหตุที่เซลล์พืชและเซลล์สัตว์มีความแตกต่าง