

Concept 11-1

1. แหล่งที่ได้อาหารของสิ่งมีชีวิต
 - 1.1. สัตว์ได้อาหารจากการบริโภคพืชหรือบริโภคสัตว์ด้วยกัน เรียกว่า มีการดำรงชีพแบบ **heterotrophic**
 - 1.2. สิ่งมีชีวิต (พืช,แบคทีเรียบางชนิด) ที่สามารถสร้างอาหารจำพวกอินทรีย์สาร ได้จากอนินทรีย์สาร เรียกว่า มีการดำรงชีพแบบ **autotrophic**
2. กรรมวิธีการสร้างอาหารของพวก autotrophic

การสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis)	การสังเคราะห์เคมี (Chemosynthesis)
<p>เป็นกระบวนการสร้างอาหารของสิ่งมีชีวิตที่มีคลอโรฟิลล์ โดยใช้พลังงานแสงเพื่อเปลี่ยน CO₂ และ H ที่มาจากน้ำหรือแหล่ง H อื่น ๆ ให้เป็นอินทรีย์สาร โดยเฉพาะน้ำตาล และ ก๊าซออกซิเจนเป็นผลิตภัณฑ์ (by product)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● พืชทั่ว ๆ ไป ● โพรทิสต์ที่มีสีเขียว ได้แก่ สาหร่ายทุกชนิด ไดอะตอม ● แบคทีเรียจำพวก <ul style="list-style-type: none"> ● green sulfur bacteria ● purple sulfur bacteria 	<p>เป็นกระบวนการสร้างอาหารจำพวกอินทรีย์สาร โดยใช้พลังงานจากการเปลี่ยนแปลงหรือออกซิไดส์ (oxidation) สารอนินทรีย์</p> <ul style="list-style-type: none"> ● แบคทีเรียจำพวก <ul style="list-style-type: none"> ● iron bacteria ● hydrogen bacteria ● nitrifying bacteria

1. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นกระบวนการที่สร้างอินทรีย์สารได้มากที่สุดในโลก โดยมากเป็น 200 เท่า ของน้ำหนักรวมอินทรีย์สารสังเคราะห์จากโรงงานทุกแห่งในโลก
2. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เกิดในทะเลมากที่สุดถึง 85 % และเกิดในน้ำจืดเพียง 5 %
3. ไดอะตอม (Chrysophyta:สาหร่ายสีน้ำตาลแกมเหลือง) ในทะเล นับว่าเป็นผู้ผลิตที่มีปริมาณมากที่สุด
4. การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

<p>ฌอง แบบติสต์ แวน เฮลมونت องท์ (Jean Baptiste Van Helmont)</p>	<p>น้ำหนักของพืชที่เพิ่มขึ้น มาจากน้ำเพียงอย่างเดียว</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ทดลองปลูกต้นหลิว รดน้ำอย่างเดียวกทุกวัน เป็นเวลา 5 ปี เมื่อนำดินในถังไปทำให้แห้งแล้วชั่งปรากฏว่ามี นน.น้อยกว่าดินที่ใส่ก่อนทดลองเพียง 2 ออนซ์ เท่านั้น ● มีการปิดฝาดังเพื่อป้องกันดินไม่ให้สูญหายไป เช่น ลมพัด หรือ สัตว์ขุดคุ้ย พร้อมกับป้องกันไม่ให้ใบไม้หรือสิ่งอื่น ๆ ลงไปเพิ่มเติมในดิน
--	--

CONCEPT 11-1

<p>โจเซฟ ปริสต์ลีย์ (Joseph Priestley)</p>	<p>อากาศเสีย — พืช → อากาศดี</p> <ul style="list-style-type: none"> • ทำการทดลองโดยจุดเทียนไขไว้ในครอบแก้ว ปรากฏว่าสักรุ่นเทียนไขก็ดับ • ทำการทดลองโดยใส่หนูไว้ในครอบแก้วอีกใบหนึ่ง สักพักหนูก็ตาย • เมื่อนำหนูที่มีชีวิตไปไว้ในครอบแก้วเดิมที่เทียนไขดับ ปรากฏว่าหนูตายเกือบทันที และ เมื่อจุดเทียนไขแล้วนำไปใส่ในครอบแก้วเดิมที่หนูตายอยู่แล้ว ปรากฏว่าเทียนไขดับเกือบทันที • สมมติฐาน ⇒ ก๊าซที่ทำให้หนูตายและทำให้เทียนไขดับนั้น เป็นก๊าซชนิดเดียวกัน • อากาศที่หนูหายใจออกมา และ อากาศที่ทำให้เทียนไขดับ ในสมัยนั้นเรียกว่า อากาศเสีย • บังเอิญครั้งหนึ่ง พริสต์ลีย์ ได้นำเอาพืชสีเขียวใส่ในครอบแก้วที่เคยจุดเทียนไขไว้ก่อนแล้ว อีก 10 วันต่อมา เมื่อจุดเทียนไขในครอบแก้วนั้นใหม่ ปรากฏว่า เทียนไขลุกไหม้อยู่ได้ระยะหนึ่ง โดยไม่ดับทันที • แสดงว่า พืชทำให้อากาศในครอบแก้วมีการเปลี่ยนแปลง จากอากาศที่ทำให้เทียนไขดับ เป็น อากาศที่ทำให้เทียนไขติดไฟได้ • หลายครั้งที่พริสต์ลีย์แบ่งอากาศหลังจากเทียนไขลุกไหม้และดับแล้วออกเป็น 2 ส่วน นำพืชใส่ไว้ในส่วนหนึ่ง และให้อีกส่วนหนึ่งมีแต่แก้วบรรจุน้ำ ทุกครั้งที่จุดเทียนไขจะพบว่า เทียนไขจะลุกไหม้ได้ระยะหนึ่งในอากาศส่วนแรก แต่จะดับทันทีในอากาศส่วนที่สอง • การที่พริสต์ลีย์แบ่งอากาศที่ได้จากเทียนไขลุกไหม้และดับแล้วออกเป็น 2 ส่วน แล้วจึงทำการทดลองต่อไป เพื่อให้การทดลองทั้งสองมีอากาศเหมือนกัน เมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกันจะทำให้สรุปได้อย่างมั่นใจว่า การเปลี่ยนแปลงของอากาศที่เกิดมาจากพืชไม่ใช่ปัจจัยอื่น • (เป็นครั้งแรกที่แสดงว่า พืชให้ O₂ ออกมา)
<p>แจน อินเกิน ฮูซ (Jan Ingen Housz) (แพทย์)</p>	<p>อากาศเสีย — พืชสีเขียว,แสงสว่าง → อากาศดี</p>
<p>นักเคมี (Jean Senebier)</p>	<p>CO₂ — พืชสีเขียว,แสงสว่าง → O₂</p> <ul style="list-style-type: none"> • พบว่า อากาศเสีย คือ CO₂ และอากาศดี คือ O₂
<p>Jan Ingen Housz</p>	<p>CO₂ — พืชสีเขียว,แสงสว่าง → สารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ + O₂</p>
<p>นิโกลาส ธีโอดอร์ เดอ โซซูร์ (Nicolas Theodore de Soussure)</p>	<p>CO₂ + น้ำ — พืชสีเขียว,แสงสว่าง → สารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ + O₂</p> <ul style="list-style-type: none"> • ความคิดใกล้เคียงกับเฮลมอนท์
<p>Julius Robert Mayer</p>	<p>CO₂ + H₂O + พลังงานแสง — พืชสีเขียว → สารอินทรีย์ + O₂ + พลังงานเคมี</p>
<p>Julius Sachs</p>	<ul style="list-style-type: none"> • พืชที่รับแสงสว่างจะมีแป้ง แต่พืชที่อยู่ในที่มืดปราศจากแป้ง • การค้นพบนี้ ยืนยันว่า แป้งเป็นผลิตภัณฑ์ของการสังเคราะห์ด้วยแสง
<p>นักเคมี</p>	<p>6CO₂ + 6H₂O — แสง,พืชสีเขียว → C₆H₁₂O₆ + 6O₂</p> <ul style="list-style-type: none"> • สารอินทรีย์ที่ได้จากการสร้างอาหารของพืช คือ สารประเภทคาร์โบไฮเดรต และจากการศึกษาต่อมาพบว่า คาร์โบไฮเดรตที่ได้คือน้ำตาล โดยทั่วไปจะเขียนสูตรของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คือน้ำตาลเฮกโซส (C₆H₁₂O₆) แทนคาร์โบไฮเดรต

CONCEPT 11-1

Blackman	<ul style="list-style-type: none"> การสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างน้ำตาลนั้น เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา 2 ปฏิกิริยา คือ ปฏิกิริยาที่ใช้แสง (light reaction) หรือ Photochemical reaction กับปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสง (Dark reaction) หรือ enzyme reaction
แวนนีล (Van Niel)	$\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{A} \xrightarrow{\text{รังควัตถุ,แสงสว่าง}} \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{A}$ <p>A อาจเป็น O_2 ในกรณีพืชสีเขียวที่สังเคราะห์ด้วยแสง หรือ A อาจเป็น S หรือ หมู่อินทรีย์ (organic radicle) หรือ A อาจไม่เป็นอะไรเลย ในกรณีที่จุลินทรีย์บางชนิดสังเคราะห์ด้วยแสงโดยใช้ H โมเลกุล (molecular Hydrogen) เป็นตัวรีดิวซ์ (reductant)</p> <ul style="list-style-type: none"> สมมติฐาน \Rightarrow ในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โมเลกุลของน้ำแยกสลายให้ออกซิเจนเป็นอิสระ เหตุผล \Rightarrow ในแบคทีเรียบางชนิด ที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ ให้ S ออกมาในการสังเคราะห์ด้วยแสง แสดงว่า S เกิดจากการสลายตัวของ H_2S <ul style="list-style-type: none"> $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S} \xrightarrow{\text{แบคทีเรีย,แสง}} \text{คาร์โบไฮเดรต} + \text{H}_2\text{O} + \text{S}$
นักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่ง (Sam Ruben and Martin Kamen)	$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2^{18}\text{O} \xrightarrow{\text{พืชสีเขียว,แสง}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6^{18}\text{O}_2$ <ul style="list-style-type: none"> ได้ทดลองใช้ O^{18} พิสูจน์ว่า O_2 ที่ได้จากปฏิกิริยาสังเคราะห์ด้วยแสงมาจากน้ำไม่ใช่จากคาร์บอนไดออกไซด์
การศึกษาต่อมา	$6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{พลังงานแสง, คลอโรฟิลล์}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{O}_2$

CONCEPT 11-1

โรบิน ฮิลล์ (Robin Hill)	<p>Hill reaction</p> $4\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{แสง, คลอโรพลาสต์}} 4\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ <p>ถ้ามีสารรับอิเล็กตรอน น้ำก็จะแตกตัวให้ O_2 โดยไม่จำเป็นต้องมี CO_2 และปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นได้ โดยคลอโรพลาสต์ได้รับพลังงานจากแสง \Rightarrow Light reaction</p> <ul style="list-style-type: none"> ● คลอโรพลาสต์ + น้ำ + เหล็กเฟอริก $\xrightarrow{\text{แสง}}$ เหล็กเฟอรัส + ก๊าซออกซิเจน ● ทดลองผ่านแสงเข้าไปในของผสมที่ประกอบด้วยคลอโรพลาสต์ที่สกัดออกมาจากใบพืชและมีเหล็กเฟอริก (Fe^{3+}) อยู่ด้วย ปรากฏว่า เหล็กเฟอริกเปลี่ยนเป็นเหล็กเฟอรัส (Fe^{2+}) และมีก๊าซออกซิเจนเกิดขึ้น ● $\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{แสง, คลอโรพลาสต์}}$ ไม่เกิดก๊าซออกซิเจน ● ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเหล็กเฟอริกจะเป็นตัวรับไฮโดรเจน (Hydrogen acceptor) จากน้ำ ทำให้มีก๊าซออกซิเจนเกิดขึ้น (ดังการทดลองครั้งที่ 1) แต่ถ้าไม่มีตัวรับไฮโดรเจนจากน้ำ ก็จะไม่มีการเกิดออกซิเจนเกิดขึ้น (ดังการทดลองครั้งที่ 2) ● เหล็กเฟอริกเปลี่ยนเป็นเหล็กเฟอรัสได้ก็เพราะได้รับ e^- จากน้ำซึ่งแตกตัวได้เมื่อมีคลอโรพลาสต์และแสง ขณะเดียวกันก็ให้ก๊าซออกซิเจนด้วย แสดงว่าเหล็กเฟอริกเป็นตัวออกซิไดส์ (สารที่รับอิเล็กตรอน) ● สำหรับในพืช สารประกอบที่เป็นตัวรับ H (Hydrogen acceptor) คือ NADP^+ (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate) (เป็นสารชนิดเดียวกับ NAD^+ แต่มีหมู่ฟอสเฟตเพิ่มขึ้นอีก 1 หมู่) ซึ่งอยู่ในรูป oxidant (ตัวรับ e^-) แต่เมื่อรับ H จะแปรสภาพไปอยู่ในรูป reductant (ตัวเสีย e^-) คือ $\text{NADPH} + \text{H}^+$ ดังสมการ $\text{NADP}^+ + 2\text{H} \rightarrow \text{NADPH} + \text{H}^+$ ● การทดลองของฮิลล์ครั้งนี้ ก่อให้เกิดการตื่นตัวกันมาก เพราะปฏิกิริยาที่เขาทดลองนี้มีการปลดปล่อยก๊าซออกซิเจนเช่นเดียวกับพืช แต่ในการทดลองของเขาใช้เพียงคลอโรพลาสต์ซึ่งเป็นออร์แกเนลล์ของเซลล์พืชเท่านั้น ● จากการทดลองนี้ จึงนำไปสู่แนวความคิดว่า ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงน่าจะมีอย่างน้อย 2 ขั้นตอน ใหญ่ คือ ขั้นที่ปล่อยก๊าซ O_2 (Light reaction) กับขั้นที่เกี่ยวข้องกับ CO_2 (Dark reaction)
--------------------------	---

CONCEPT 11-1

<p>แดเนียล อาร์โนน (Daniel Amon et al.)</p>	<p>ทำการทดลองเพื่อติดตามขั้นตอนของการเกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> ● non-cyclic electron transfer $\text{ADP} + \text{Pi} + \text{NADP}^+ + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{แสง, คลอโรพลาสต์}} \text{ATP} + \text{NADPH} + \text{H}^+ + \text{O}_2$ <p>(ไม่มีน้ำตาลเกิดขึ้น)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Cyclic electron transfer $\text{ADP} + \text{Pi} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{แสง, คลอโรพลาสต์}} \text{ATP}$ <ul style="list-style-type: none"> ● non-cyclic electron transfer and Calvin Cycle $\text{ADP} + \text{Pi} + \text{NADP}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{แสง, คลอโรพลาสต์}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ <ul style="list-style-type: none"> ● Calvin Cycle $\text{ATP} + \text{NADPH} + \text{H}^+ + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{คลอโรพลาสต์}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{ADP} + \text{Pi} + \text{NADP}^+$ <ul style="list-style-type: none"> ● การสร้างน้ำตาลของคลอโรพลาสต์นั้นไม่จำเป็นต้องใช้แสง แต่ต้องมี ATP, NADPH+H⁺ และ CO₂ ⇒ ปัจจัยในการสังเคราะห์น้ำตาล คือ ATP และ NADPH+H⁺
---	--

1. **กิจกรรมที่ 11.1** การทดลองเพื่อทดสอบการเกิดก๊าซของพืชน้ำเมื่อได้รับแสงสว่าง
 - 1.1. ตัวแปรอิสระ ⇒ แสง
 - 1.2. ตัวแปรตาม ⇒ ก๊าซที่เกิดขึ้น
 - 1.3. ตัวแปรควบคุม ⇒ ขนาดของบีกเกอร์ที่ใส่น้ำ ปริมาณน้ำ ขนาดหลอดทดสอบ กรวยแก้ว พืชน้ำ หรือสาหร่ายหางกระรอก อุณหภูมิ
 - 1.4. วิธีทำ
 - 1.4.1. นำพืชน้ำหรือสาหร่าย แช่ลงในน้ำที่มีน้ำเกือบเต็ม เอากรวยแก้วครอบพืชน้ำต้นนี้เอาไว้ คั่วหลอดแก้วที่มีน้ำเต็มสวมปลายกรวยแก้ว เพื่อให้ก๊าซที่เกิดขึ้นแทนที่น้ำในหลอดแก้ว จัดเครื่องมือ 2 ชุด ชุดหนึ่งไปตั้งไว้กลางแดด อีกชุดไปไว้ในตู้มืด ในไม่ช้าจะเห็นฟองก๊าซ ชนิดหนึ่งไม่มีสีปุดขึ้นมาแทนที่น้ำในหลอดแก้วในชุดที่ตั้งไว้กลางแดด
 - 1.5. ก๊าซที่พืชคายออกมาคือก๊าซออกซิเจน
 - 1.6. การทดสอบก๊าซที่เกิดขึ้นทำได้โดยการยกหลอดแก้วขึ้นมาช้า ๆ ในขณะที่หลอดแก้วอยู่ใต้น้ำ ใช้นิ้วอุดปากหลอดแก้วไว้ ยกหลอดขึ้นจากน้ำแล้วหงายหลอดขึ้น พร้อมกับเปิดนิ้ว และใส่เศษไม้หรือรูปที่ติดไฟแดง ๆ ลงไปในหลอดแก้ว เศษไม้จะลุกเป็นไฟขึ้น แสดงว่าก๊าซที่พืชน้ำปล่อยออกมานั้นเป็นก๊าซออกซิเจน
 - 1.7. สรุปผลการทดลอง ⇒ พืชคายก๊าซ O₂ ออกมาในขณะที่พืชได้รับแสงสว่าง