

การหายใจ (Respiration)

การหายใจ หมายถึง การสลายโมเลกุลของสารอาหารแล้วได้พลังงาน

สารอาหารให้พลังงาน ได้แก่	คาร์โบไฮเดรต	→	กลูโคส
	โปรตีน	→	กรดอะมิโน
	ไขมัน	→	กรดไขมัน + กลีเซอรอล

การหายใจแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

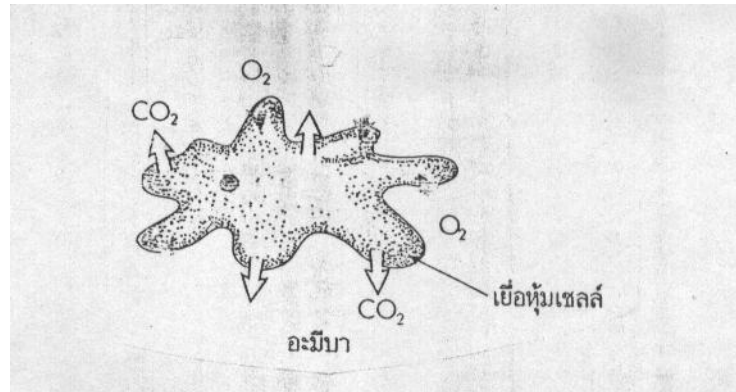
1. การหายใจภายนอก (external respiration) เป็นการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างบรรยากาศกับโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส เช่น การหายใจเข้า-ออก ในขั้นนี้ยังไม่เกิดพลังงานขึ้น
2. การหายใจภายใน (internal respiration) เป็นการสลายสารอาหารเพื่อให้ได้พลังงาน ซึ่งเกิดขึ้นในเซลล์ที่มีชีวิตจึงเรียก การหายใจระดับเซลล์ (cellular respiration)

โครงสร้างพื้นฐานที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส

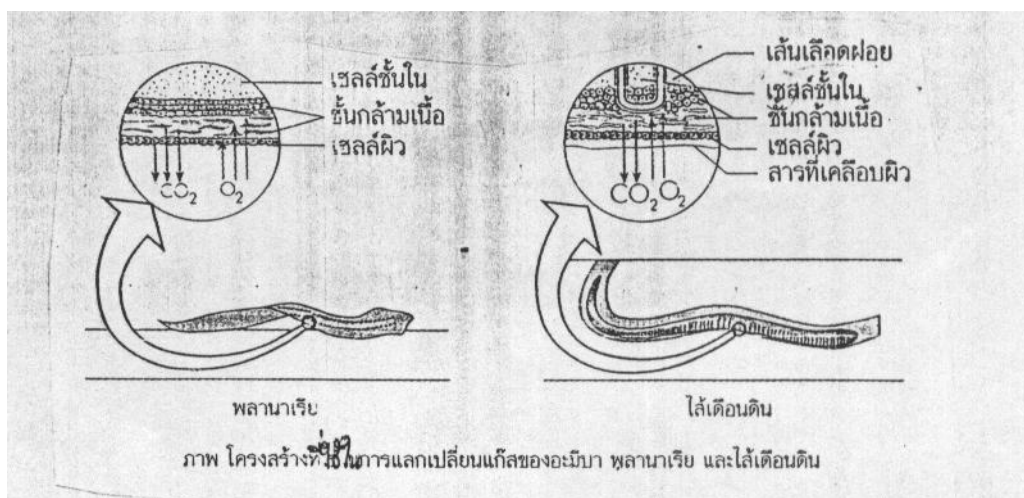
1. ผนังบาง
2. ชุ่มชื้น
3. มีโครงสร้างช่วยในการลำเลียง
4. มีโครงสร้างช่วยในการป้องกันอันตราย การกระทบกระเทือน

โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน

1. อะมีบา, พารามีเซียม เป็นโพรทิสต์ อยู่ในน้ำ ใช้เยื่อหุ้มเซลล์ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส



2. พลาณาเรีย, ไส้เดือนดิน ใช้ผิวหนังในการแลกเปลี่ยนแก๊ส



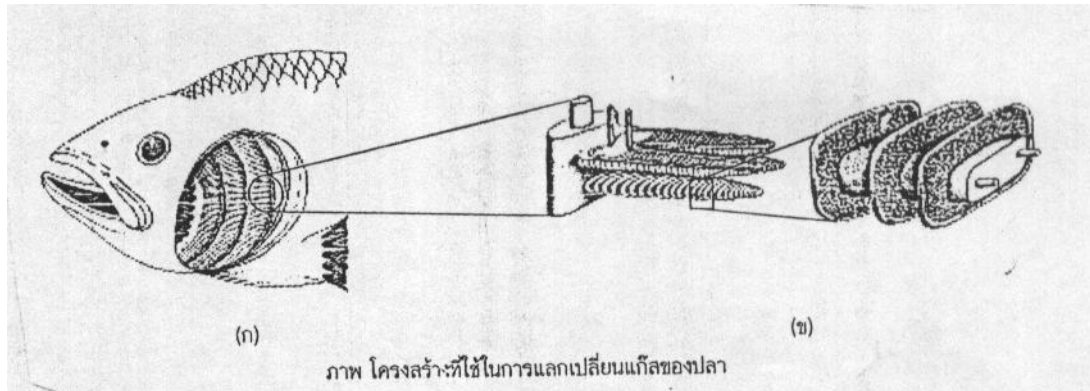
พลาณาเรีย ปรับตัวโดยมีลำตัวแบน

ไส้เดือนดินมีระบบหมุนเวียนเลือดช่วยใน

การลำเลียงแก๊ส

โครงสร้างเฉพาะที่ใช้ในการลำเลียงแก๊ส

1. เหงือก (gill) พบในสัตว์น้ำ เช่น หอย ปู กุ้ง ปลา

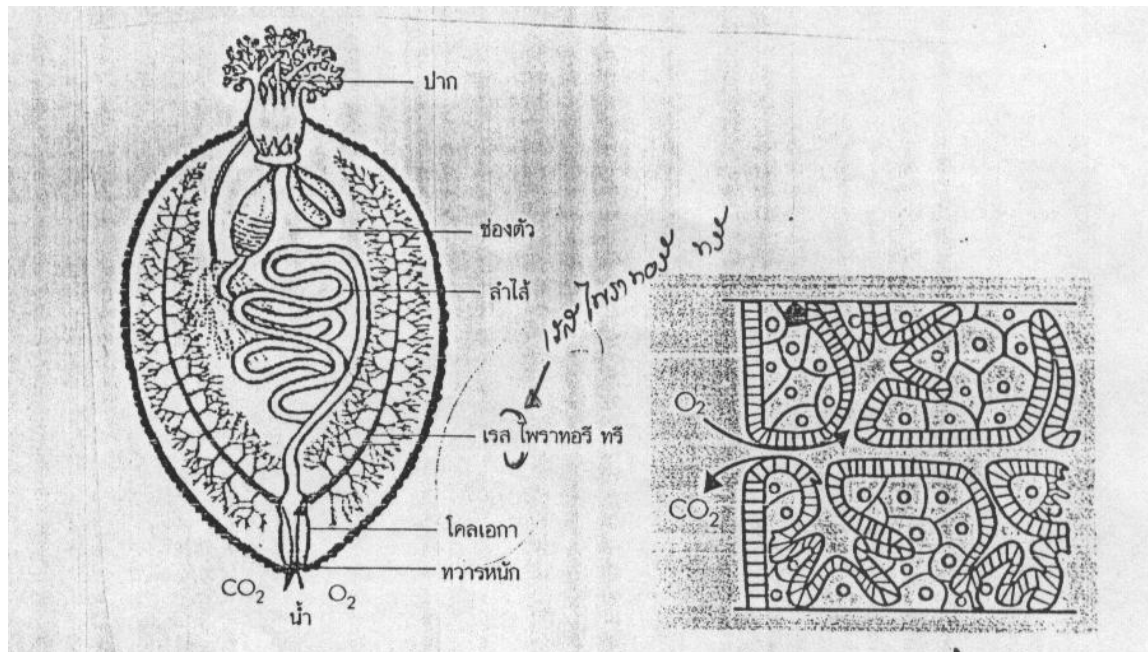


(ก) ตำแหน่งของเหงือก

(ข) ภาพขยายแสดงเส้นเหงือก

ภาพการแลกเปลี่ยนแก๊สของเหงือกปลา

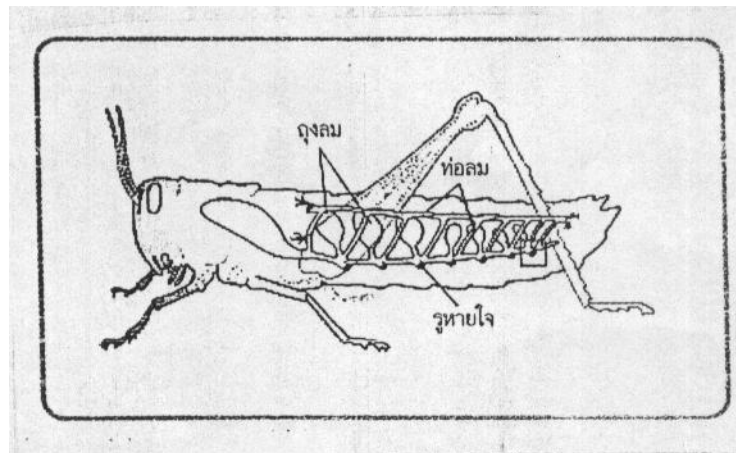
2. respiratory tree พบในปลิงทะเล



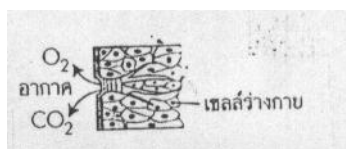
ภาพ เรสไพราทอรี ทรี ของปลิงทะเล

ภาพ โครงสร้างภายในของเรสไพราทอรี ทรี
และทิศทางการแลกเปลี่ยนแก๊ส

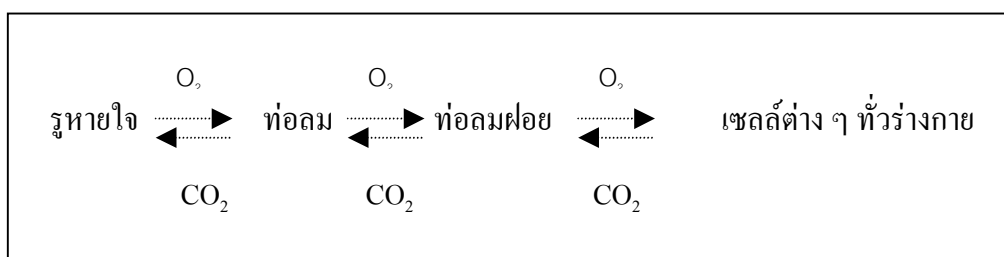
3. ท่อลม พบในแมลง



ภาพโครงสร้างท่อลมของแมลง

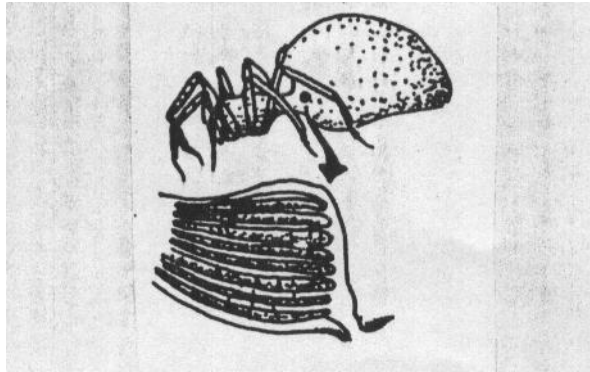


ภาพการแลกเปลี่ยนแก๊สระบบท่อลมของแมลง



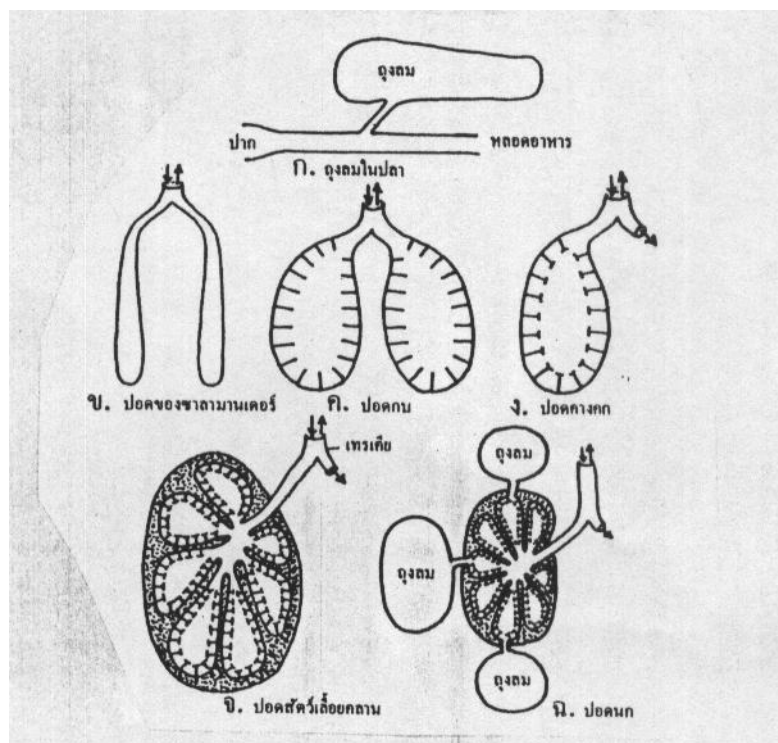
แผนผังการแลกเปลี่ยนแก๊สของแมลง

4. ลิ้นงู (lung book) พบในแมงมุม



ภาพ ลิ้นงูของแมงมุม

5. ปอด (lung)

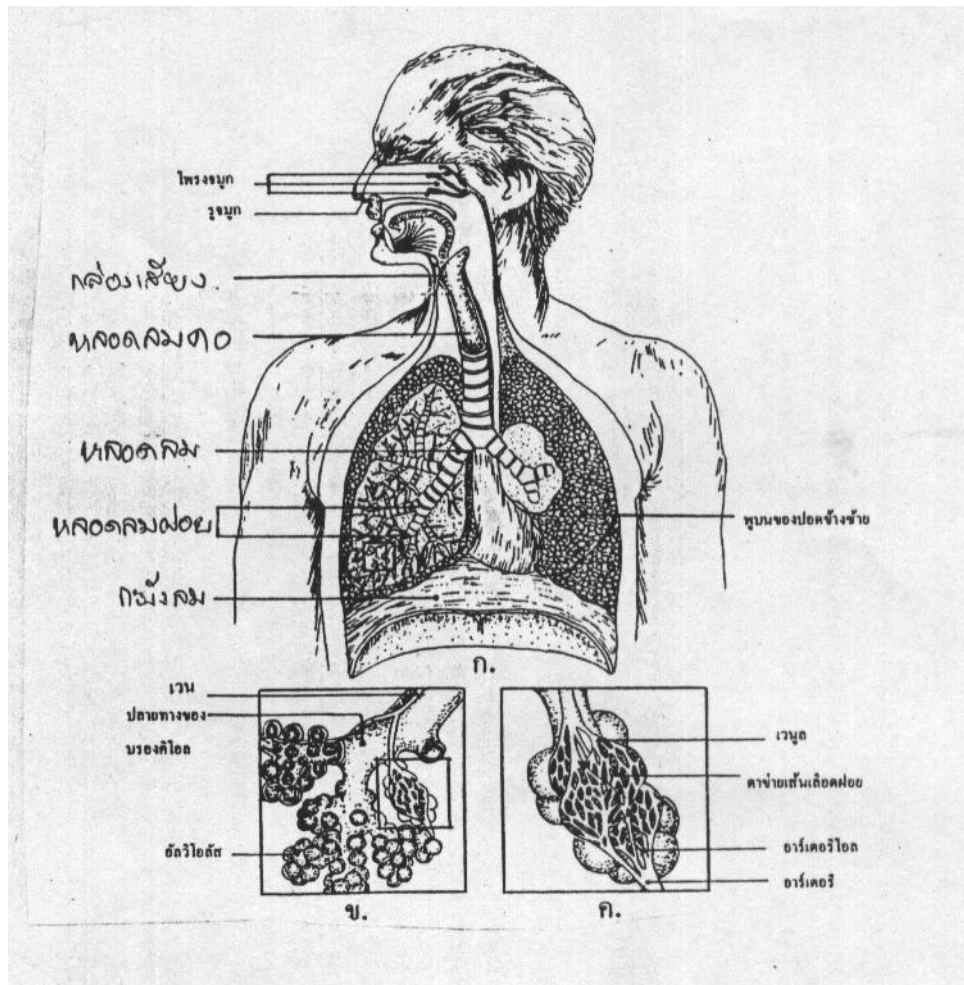


ภาพลักษณะของปอดในสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ

โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของคน : ปอด

ส่วนประกอบอวัยวะหายใจของคน ประกอบด้วย

รูจมูก (nostril หรือ naris) → โพรงจมูก (nasal cavity) → คอหอย (pharynx) →
กล่องเสียง (larynx) → หลอดลมคอ (trachea) → หลอดลม (bronchus) →
หลอดลมฝอย (bronchiole) → ถุงลมปอด (alveolus)



(ก) ส่วนประกอบอวัยวะหายใจของคน (ข) ขยาย (ก) ตรงบริเวณอัลวีโอล (ค) ขยาย (ข)

เพื่อให้เห็นแขนงเส้นเลือดฝอยที่บริเวณอัลวีโอล

การหายใจภายนอก (external respiration) ของคนประกอบด้วย

1. กลไกการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างบรรยากาศกับปอด
2. กลไกการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างบรรยากาศปอดกับเลือด
3. กลไกการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างเลือดกับเซลล์

1. กลไกการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างบรรยากาศกับปอด

โดยการหายใจเข้า-ออก ซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อเยื่อ 2 ชนิด คือ

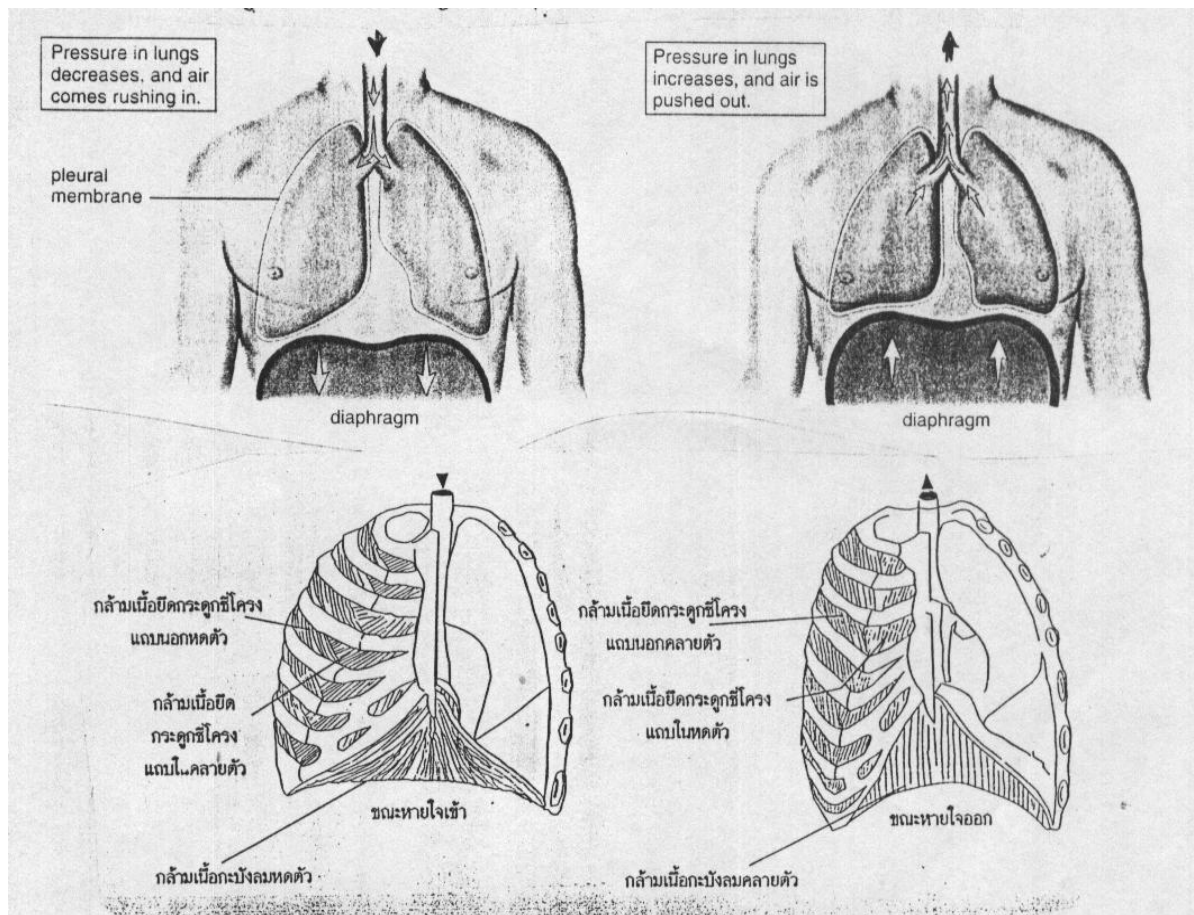
1. กล้ามเนื้อกะบังลม (diaphragm)
2. กล้ามเนื้อซี่โครงซี่โครง (inter costal) มี 2 แถบ ทำงานตรงกันข้าม

เมื่อกกล้ามเนื้อซี่โครงซี่โครงแถบนอกหดตัว แถบในจะคลายตัว กระดูกซี่โครงจะยกตัว

สูงขึ้น → หายใจเข้า

เมื่อกกล้ามเนื้อซี่โครงซี่โครงแถบนอกคลายตัว แถบในจะหดตัว กระดูกซี่โครงจะลดตัว

ต่ำลง → หายใจออก



ภาพ การทำงานของกล้ามเนื้อยึดกระดูกซี่โครง

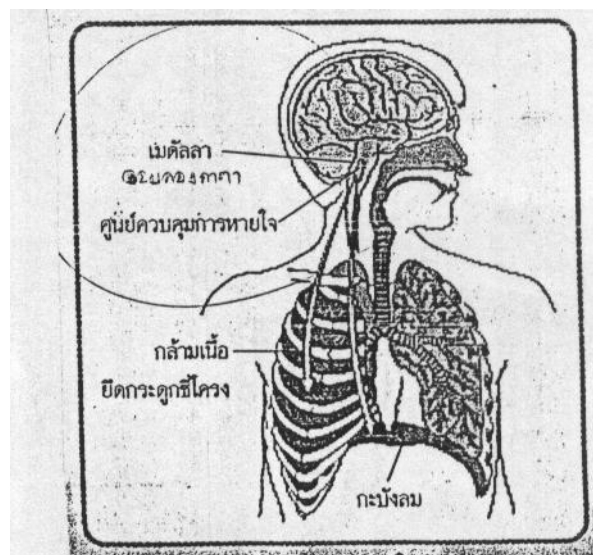
(ก) ขณะหายใจเข้า

(ข) ขณะหายใจออก

เปรียบเทียบการหายใจเข้า – ออก

การหายใจเข้า (inspiration)	การหายใจออก (expiration)
1. กล้ามเนื้อกะบังลมหดตัวแบนราบลง 2. กล้ามเนื้อยึดกระดูกซี่โครงแถบนอกหดตัว กระดูกซี่โครงยกตัวสูงขึ้น 3. ปริมาตรในช่องอกเพิ่มขึ้น ความดันลดลง น้อยกว่าบรรยากาศภายนอก อากาศภายนอก เคลื่อนเข้าสู่ปอด	1. กล้ามเนื้อกะบังลมคลายตัวยกตัวสูงขึ้น 2. กล้ามเนื้อยึดกระดูกซี่โครงแถบนอก คลายตัว กระดูกซี่โครงลดตัวต่ำลง 3. ปริมาตรในช่องอกลดลง ความดัน เพิ่มขึ้น มากกว่าบรรยากาศภายนอก ดันอากาศออกจากปอด

การหายใจเข้า-ออก ถูกควบคุมโดยสมองส่วน medulla oblongata ศูนย์นี้จะไวต่อปริมาณ CO_2 ในเลือด

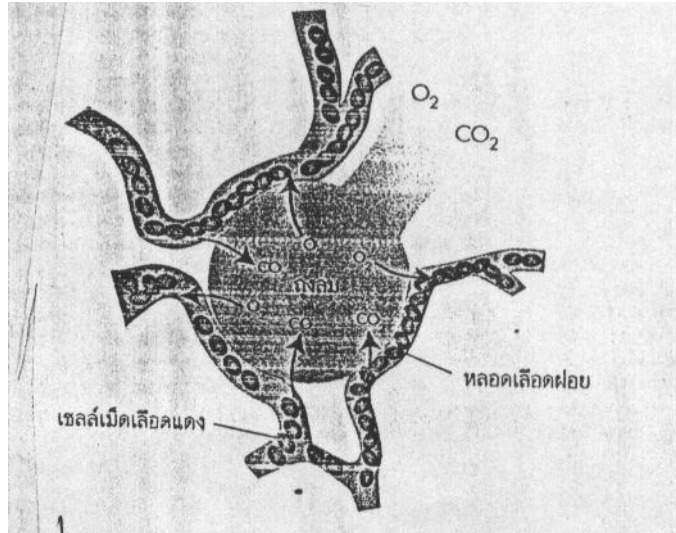


ภาพ การควบคุมการหายใจเข้า-ออก

โดยสมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตา

2. กลไกการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างปอดกับเลือด

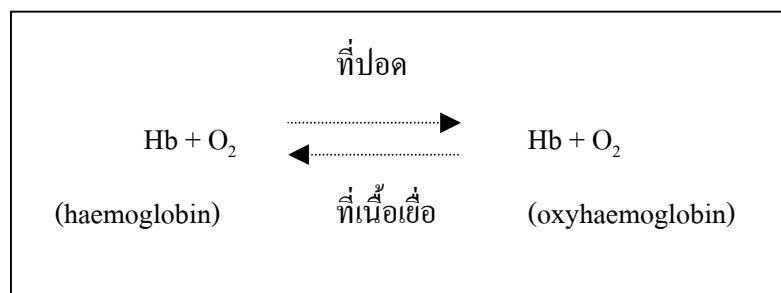
โดยกระบวนการแพร่ (diffusion) เกิดขึ้นเนื่องจากความดันของแก๊สในสองบริเวณที่แตกต่างกัน



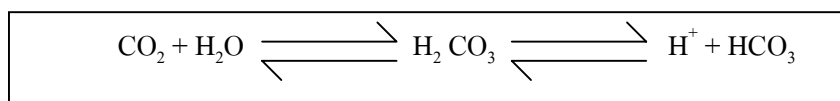
ภาพ การแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างหลอดเลือดฝอยและถุงลมในปอด

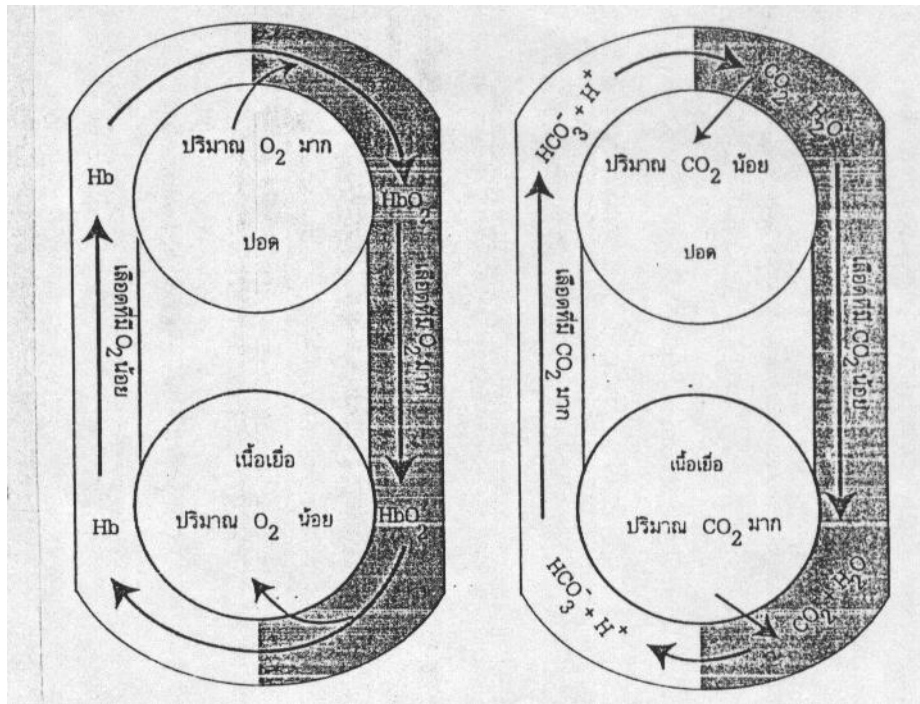
3. กลไกการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างเลือดกับเซลล์

การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจน



การแลกเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์





แผนภาพ การแลกเปลี่ยนแก๊ส

(ก) ออกซิเจน (ข) คาร์บอนไดออกไซด์

การวัดอัตราการหายใจ

วัดจากปริมาณ O_2 ที่ใช้ไป	=	$\frac{\pi r^2 d}{wt}$	หน่วยปริมาตร/หน่วยน้ำหนัก/หน่วยเวลา
r	=	รัศมีของรูหลอดแก้ว	
d	=	ระยะทางเฉลี่ยที่หยดน้ำสีเคลื่อนที่ไป	
w	=	น้ำหนักของสัตว์ที่ทดลอง	
t	=	เวลา	

การหายใจระดับเซลล์แบ่งได้ 2 แบบ คือ

1. การหายใจแบบใช้ออกซิเจน (aerobic respiration) เป็นการสลายสารอาหารเพื่อให้ได้พลังงาน โดยใช้ออกซิเจนเข้าร่วมในปฏิกิริยา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

- 1.1 ไกลโคลิซิส
- 1.2 การสร้างแอซิติลโคเอนไซม์ เอ
- 1.3 วัฏจักรเครบส์
- 1.4 การถ่ายทอดอิเล็กตรอน

2. การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) เป็นการสลายอาหารเพื่อให้ได้พลังงาน โดยไม่ใช้ออกซิเจนเข้าร่วมปฏิกิริยา ทำให้การสลายโมเลกุลของสารอาหารไม่สมบูรณ์ ประกอบด้วย

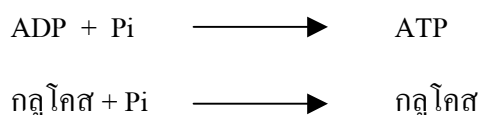
- 2.1 ไกลโคลิซิส
- 2.2 การหมัก

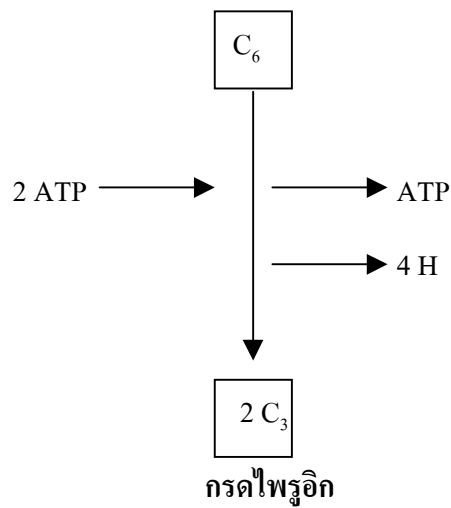
การหายใจแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic respiration)

1. ไกลโคลิซิส (Glycolysis)

เป็นการสลายกลูโคสไปเป็นกรดไพรูวิก เกิดที่ไซโทพลาซึมของเซลล์ เกิดทั้งการหายใจแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน เริ่มต้นด้วยฟอสโฟริเลชัน (Phosphorylation) ของน้ำตาลกลูโคส ทำให้กลูโคสมีค่าพลังงานศักย์สูงขึ้น ในการฟอสโฟริเลชันของกลูโคส 1 โมเลกุลต้องใช้พลังงาน 2 ATP

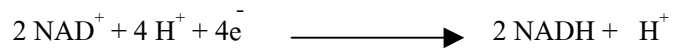
ฟอสโฟริเลชัน หมายถึง การรวมตัวของหมู่ฟอสเฟต (Pi) กับสารแล้วทำให้สารนั้นมีค่าพลังงานศักย์สูงขึ้น เช่น



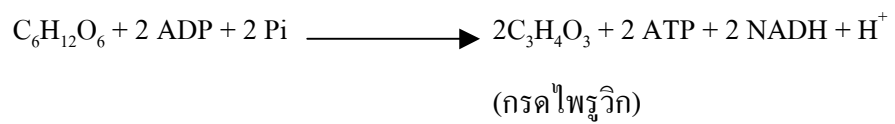


ขั้นไกลโคลิซิสได้ผลลัพธ์ดังนี้

1. ได้กรดไพรูวิก 2 โมเลกุล
2. เกิด 4 ATP ใช้ในการฟอสโฟรีเลชันไป 2 ATP ได้สุทธิ 2 ATP
3. เกิด H 4 อะตอม โดยมี NAD⁺ มารับ

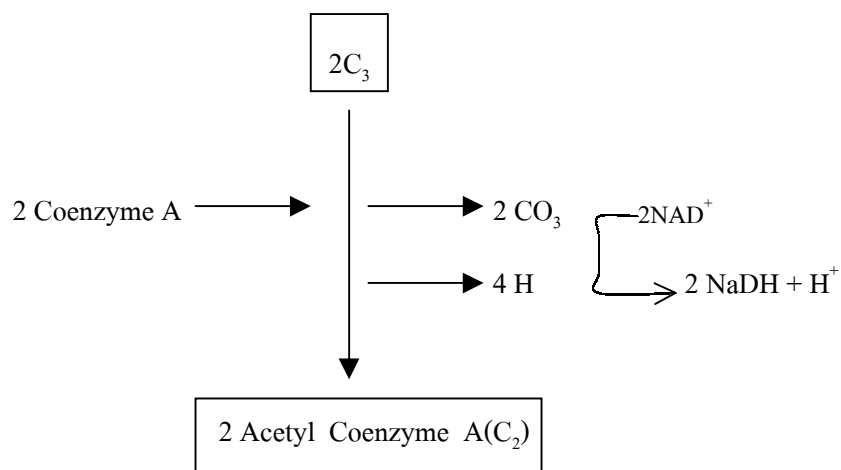


สมการรวมของไกลโคลิซิส



2. การสร้างแอสิติลโคเอนไซม์ เอ (Acetyl Coenzyme A)

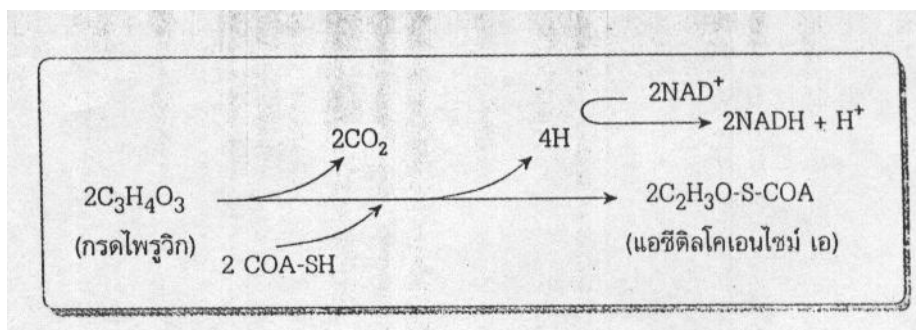
เกิดที่เยื่อชั้นในของไมโทคอนเดรีย โดยกรดไพรูวิกจะทำปฏิกิริยากับโคเอนไซม์ เอ (Coenzyme A) ได้เป็นแอซิติลโคเอนไซม์ เอ (Acetyl Coenzyme A)



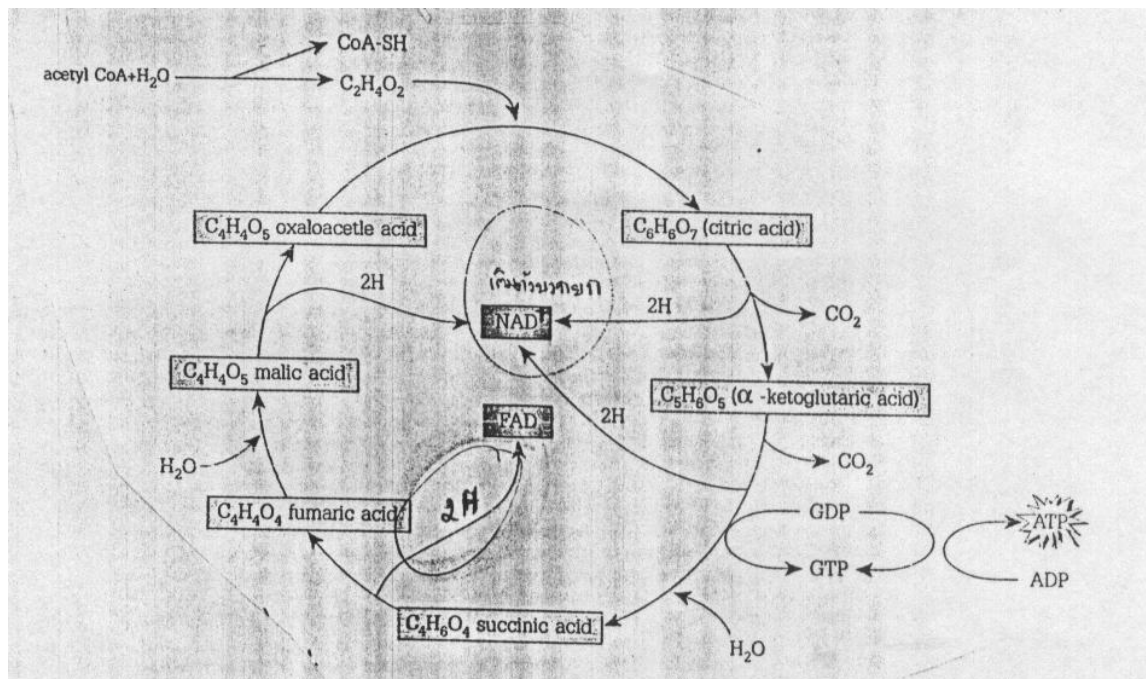
การสร้างแอสิติลโคเอนไซม์ เอ ได้ผลลัพธ์ดังนี้ (1 กลูโคส ได้กรดไพรูวิก 2 โมเลกุล
จึงเอา 2 คูณตลอด)

1. ได้แอซิติลโคเอนไซม์ เอ 2 โมเลกุล
2. ได้ CO_2 2 โมเลกุล
3. ได้ H^+ 4 อะตอม โดยมี NAD^+ มารับไฮโดรเจน จึงได้ $\text{NADH} + \text{H}^+$ 2 โมเลกุล

รวมสมัคร



3. วัฏจักรเครบส์ (krebs cycle) หรือวัฏจักรของกรดซิตริก (Citric acid cycle) ตั้งชื่อตามชื่อของ เซอร์ ฮันส์ เครบส์ (Sir Hans Krebs) เกิดขึ้นที่บริเวณเมทริกซ์ของไมโทคอนเดรีย โดยเริ่มต้นด้วยแอซิติลโคเอนไซม์ เอ ซึ่งมีคาร์บอน 2 อะตอม รวมตัวกับสารซึ่งมีคาร์บอน 4 อะตอม ที่มีอยู่แล้วภายในเซลล์ ได้สารที่มีคาร์บอน 6 อะตอม คือ กรดซิตริก (Citric acid) และปล่อยโคเอนไซม์ เอ เป็นอิสระ ดังวัฏจักรต่อไปนี้



แผนภาพ วัฏจักรเครบส์ (Krebs cycle)

มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนคาร์บอนอะตอม จาก C₆ → C₅ → C₄
หรือ C₂ → C₆ → C₅ → C₄

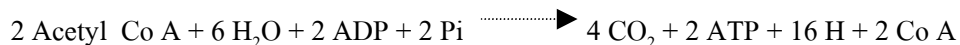
ผลลัพธ์ของวัฏจักรเครบส์ (เกิด 2 รอบ ∴ acetyl Co A 2 โมเลกุล)

1. ได้ CO₂ 4 โมเลกุล

2. ได้ 2 ATP

3. ได้ H 16 อะตอม $\begin{matrix} \rightarrow 12 \text{ H} + 6 \text{ NAD}^+ \rightarrow 6 \text{ NADH} + \text{H}^+ \\ \rightarrow 4 \text{ H} + 2 \text{ FAD} \rightarrow 2 \text{ FADH}_2 \end{matrix}$

สรุปสมการของวัฏจักรเครบส์

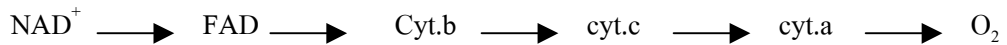


4. การถ่ายทอดอิเล็กตรอน (electron transport)

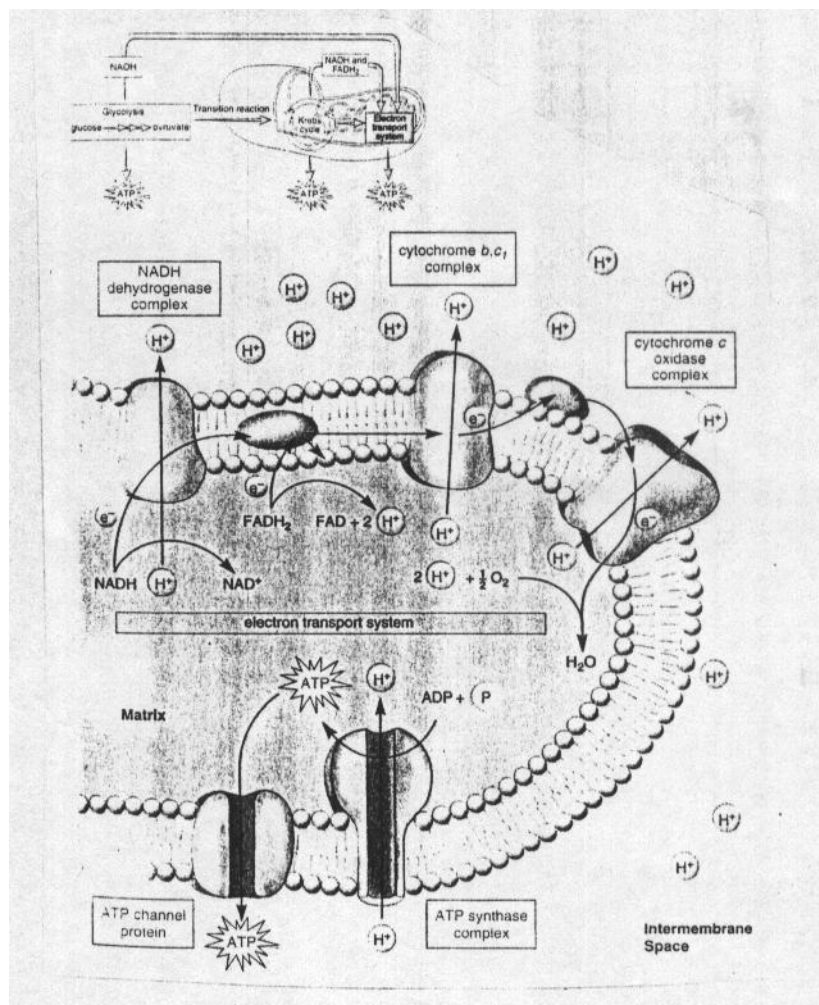
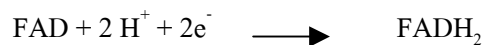
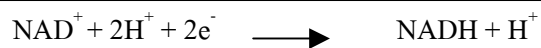
เกิดที่เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย และเกี่ยวข้องกับสาร 2 ประเภท

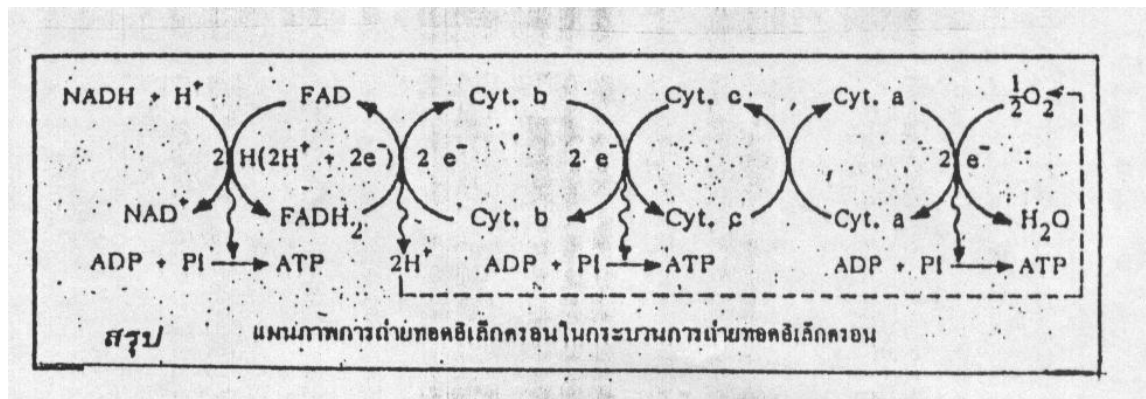
1. สารที่เป็นตัวนำอิเล็กตรอน
2. สารที่เป็นตัวรับพลังงานจากการถ่ายทอดอิเล็กตรอน

1. สารที่เป็นตัวนำอิเล็กตรอน ได้แก่

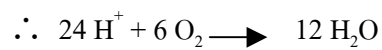
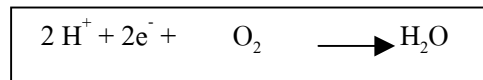


โดย NAD^+ , FAD รับได้ทั้งโปรตอนและอิเล็กตรอน

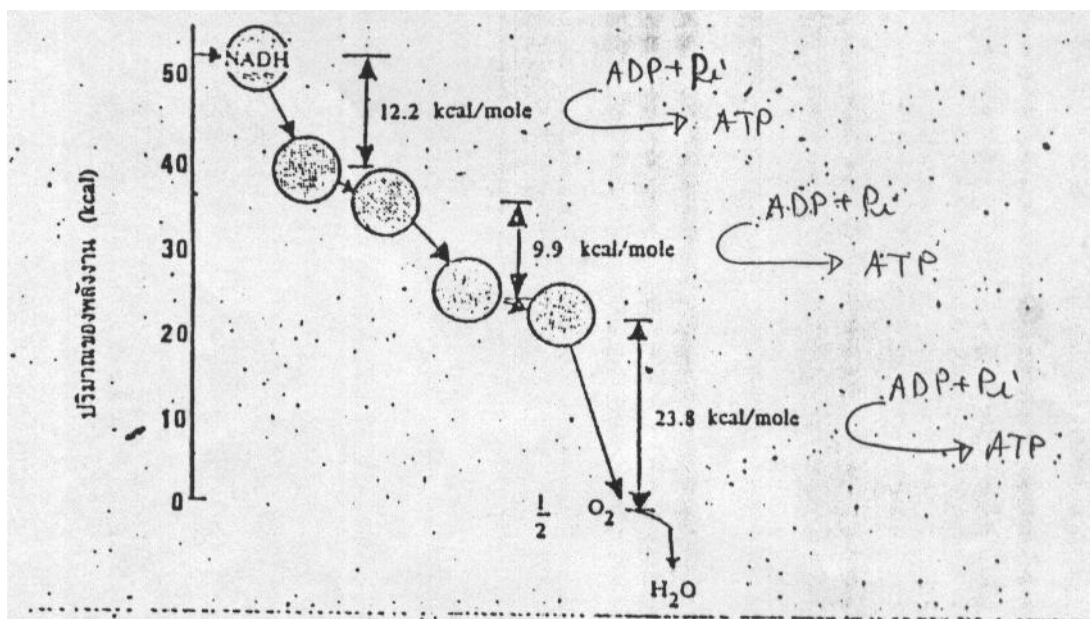




O_2 เป็นตัวรับ e^- ตัวสุดท้าย



2. สารรับพลังงานจากการถ่ายทอดอิเล็กตรอน คือ $ADP + Pi \longrightarrow ATP$



แผนภาพ แสดงปริมาณพลังงานที่ปล่อยออกมาขณะที่มีการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแต่ละคู่ระหว่าง
ตัวนำต่าง ๆ หมายถึงตัวนำอิเล็กตรอน

ถ้า NAD^+ เป็นสารตัวแรกที่มาจับ e^- เมื่อถ่ายทอด e^- สิ้นสุดลง จะสังเคราะห์ ATP ได้ 3 โมเลกุล
 ถ้า FAD เป็นสารตัวแรกที่มาจับ e^- เมื่อถ่ายทอด e^- สิ้นสุดลง จะสังเคราะห์ ATP ได้ 2 โมเลกุล

ถ้าสลายกลูโคส 1 โมเลกุล จะได้ H^+ ทั้งหมด 24 อะตอม

โดยจาก

- Glycolysi 4 อะตอม
- Acetyl Co A 4 อะตอม
- Krebs cycle 16 อะตอม

รวมทั้งสิ้น 24 อะตอม

โดย H^+ 20 อะตอม มี NAD^+ มารับ $\longrightarrow$ สังเคราะห์ ATP ได้ 30 ATP
 H^+ 4 อะตอม มี FAD มารับ $\longrightarrow$ สังเคราะห์ ATP ได้ 4 ATP
 รวมทั้งสิ้น 34 ATP (32 หรือ 34 ATP ดูจากตารางสรุปข้างล่างนี้)

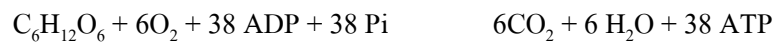
ตาราง ปริมาณ ATP ที่ได้รับจากการสลายกลูโคส 1 โมเลกุล

กระบวนการ	จำนวน ATP	จำนวน H^+ อะตอม	จำนวน ATP ที่ได้จากการถ่ายทอดอิเล็กตรอน	ATP รวม
1. ไกลโคลิซิส กลูโคส $\longrightarrow$ 2 กรดไพรูวิก	2 ATP	4H $\begin{cases} \text{ถ้า} \\ \text{ถ้า} \end{cases}$	$2\text{FADH}_2 = 4\text{ATP} (2 \times 2 \text{ ATP})$ $2\text{NADH} + \text{H}^+ = 6\text{ATP} (2 \times 3 \text{ ATP})$	6 ATP หรือ 8 ATP
2. การสร้างแอสซิดิลโคเอนไซม์ เอ 2 กรดไพรูวิก $\longrightarrow$ 2 แอสซิดิลโคเอนไซม์ เอ + 2CO_2		4H	$2\text{NADH} + \text{H}^+ = 6\text{ATP} (2 \times 3 \text{ ATP})$	6ATP
3. วัฏจักรเครบส์ 2 แอสซิดิลโคเอนไซม์ เอ $\longrightarrow$ 4 CO_2	2 ATP	16 $\begin{cases} 12\text{H} \longrightarrow 6\text{NADH} + \text{H}^+ = 18\text{ATP} (6 \times 3 \text{ ATP}) \\ 4\text{H} \longrightarrow 2\text{FADH}_2 = 4 \text{ATP} (2 \times 2 \text{ ATP}) \end{cases}$		24 ATP
กลูโคส $\longrightarrow$ 6 CO_2	4 ATP	24	32 ATP หรือ 34 ATP	36 หรือ 38 ATP

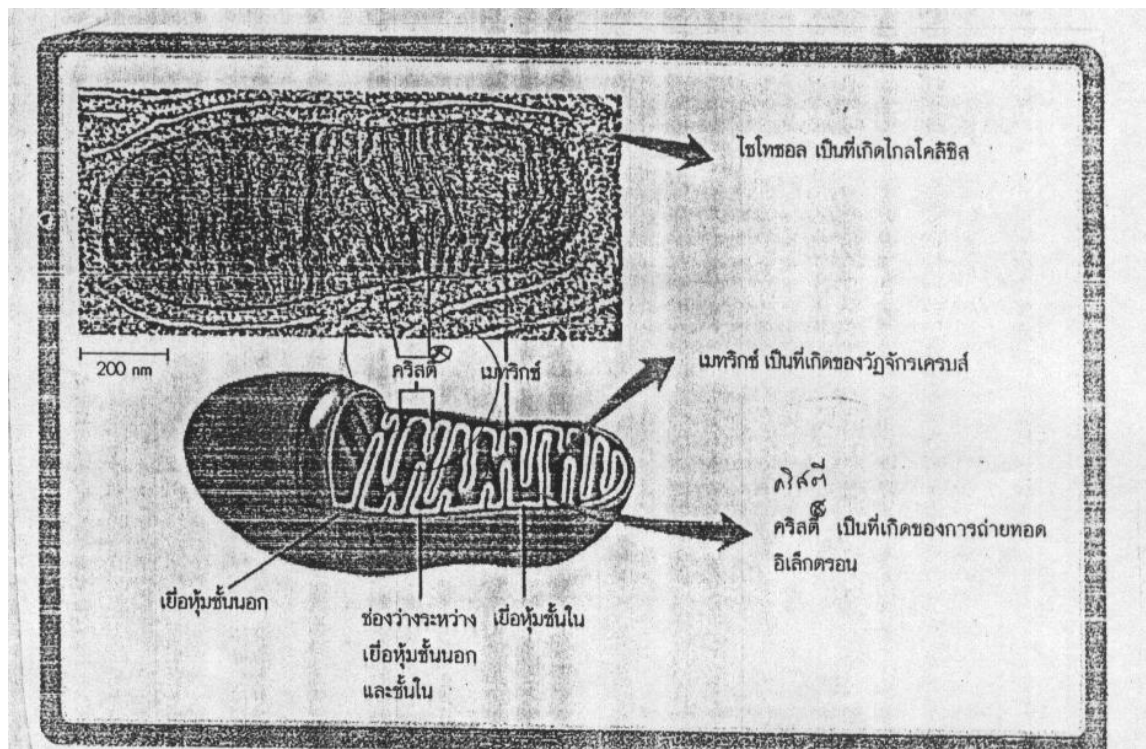
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการหายใจ

1. $C_6H_{12}O_6 + 2 ADP + 2 Pi \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2 ATP + 4H$
2. $2C_3H_4O_3 + 2 Co \rightarrow 2 Acetyl Co A + 2 CO_2 + 4H$
3. $2 Acetyl Co A + 6H_2O + 2 ADP + 2 Pi \rightarrow 4 CO_2 + 2 ATP + 16 H + 2 Co A$
4. $24H + 6O_2 + 34 ADP + 34 Pi \rightarrow 12H_2O + 34 ATP$

รวมสมการการหายใจ



แหล่งผลิตพลังงานของเซลล์ คือ ไมโทคอนเดรีย (mitochondria)



การหายใจทั้ง 4 ขั้นตอน เกิดที่บริเวณต่าง ๆ ดังนี้

1. ไกลโคไลซิส เกิดที่ไซโทพลาซึมของเซลล์
2. การสร้างแอซิดโคเอนไซม์ เอ เกิดที่เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย
3. วัฏจักรเครบส์ เกิดที่เมทริกซ์ของไมโทคอนเดรีย
4. การถ่ายทอดอิเล็กตรอน เกิดที่เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย

การสลายสารอาหารไขมัน, โปรตีน

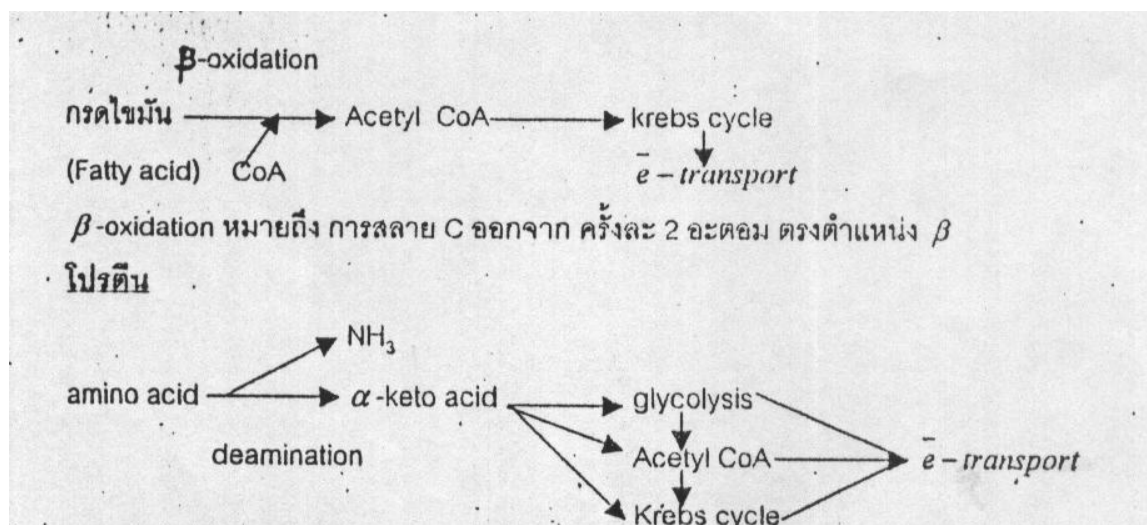
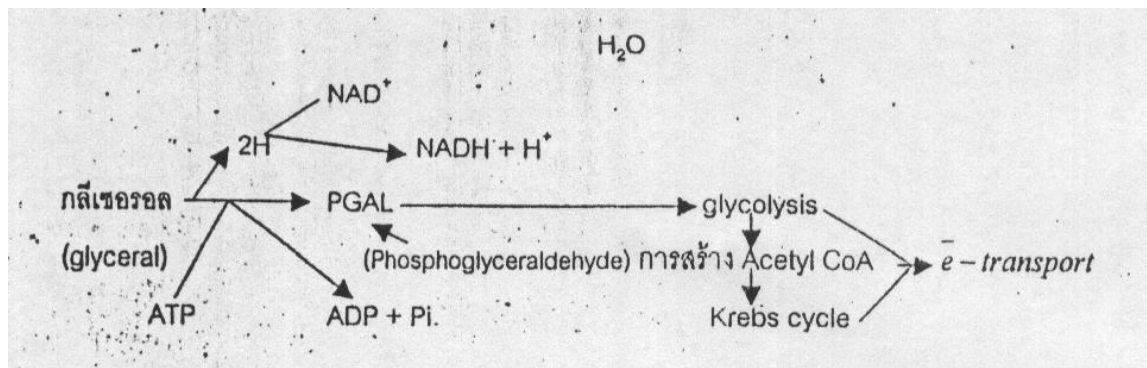
ไขมัน

น้ำดี

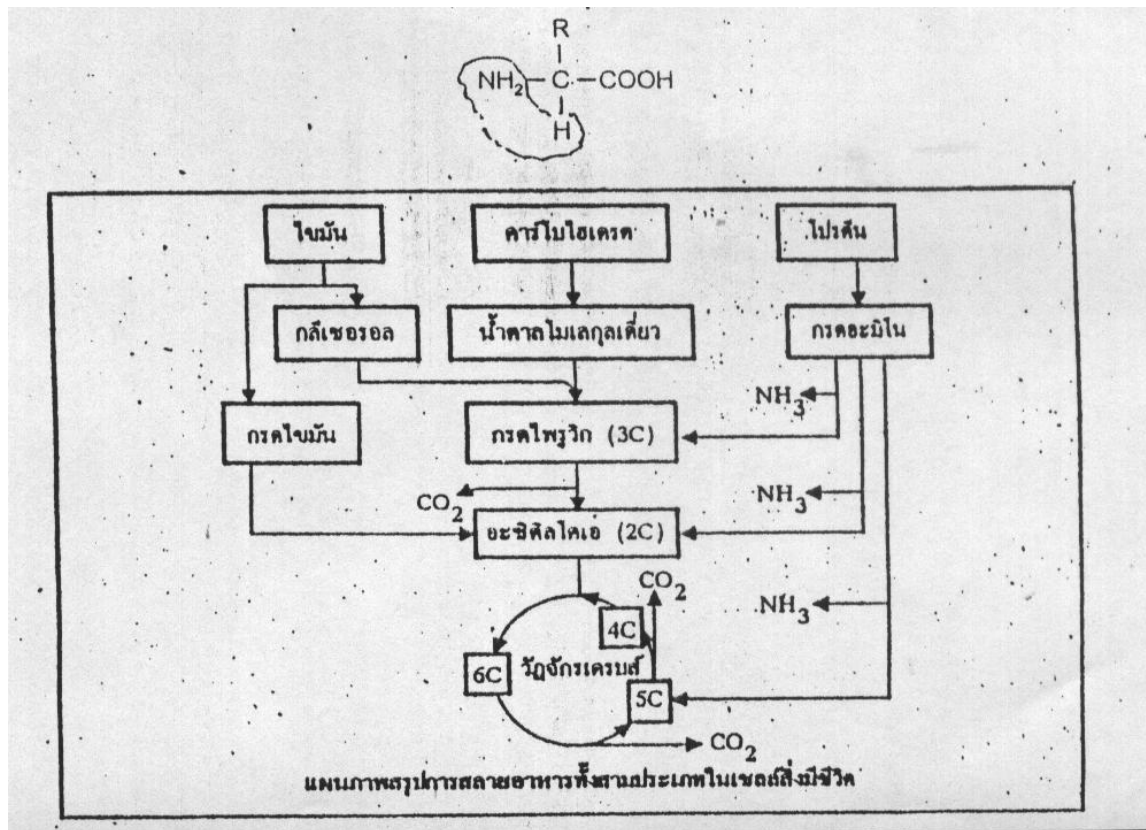
Lipase

ไขมัน → ทอนโมเลกุลของไขมันให้เล็กลง → กรดไขมัน + กลีเซอรอล

H_2O



Deamination หมายถึง การดึงหมู่ amine (NH₂) ออกมาแล้วได้ก๊าซแอมโมเนีย (NH₃)



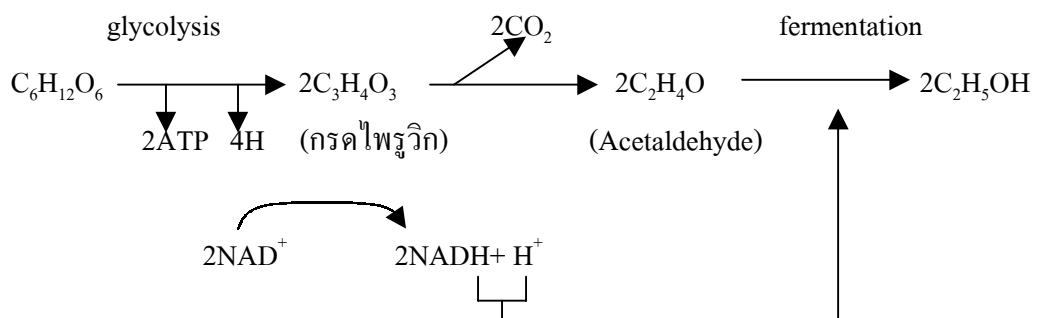
2. การหายใจโดยไม่ใช้ O₂ (anaerobic respiration) หมายถึง การสลายโมเลกุลของสารอาหารเพื่อให้ได้พลังงาน โดยไม่มี O₂ เข้าร่วมในปฏิกิริยา

ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน

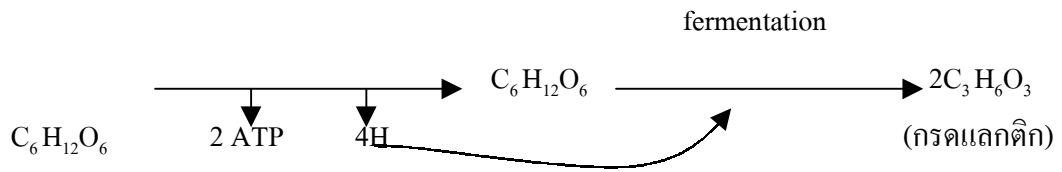
1. glycolysis
2. การหมัก (Fermentation)

2.1 การหายใจแบบไม่ใช้ O₂ ของยีสต์

- ประกอบด้วย Glycolysis และ Fermentation
- เกิดใน cytoplasm

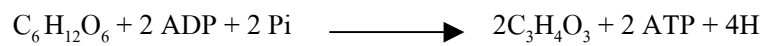


2.2 การหายใจโดยไม่ใช้ O₂ ของกล้ามเนื้อลาย



สรุป

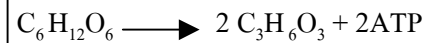
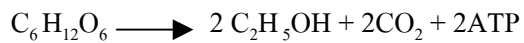
- การหายใจแบบใช้ออกซิเจน



- การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน

↓
ในยีสต์และพืช

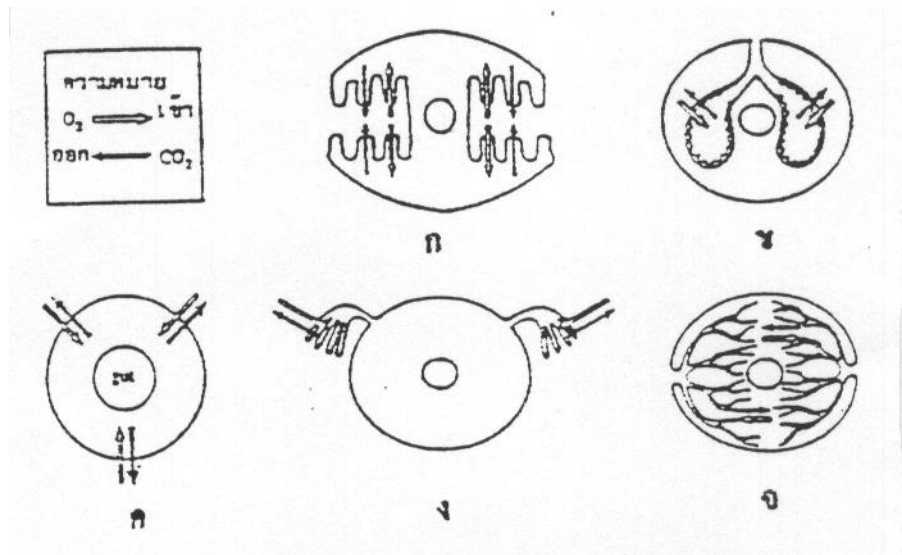
↘ ในกล้ามเนื้อลายของสัตว์



ตัวอย่างข้อสอบ

การหายใจ (Respiration)

1. จากแผนภาพโครงสร้างการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ข้อใดเข้าคู่กันได้อย่างถูกต้อง



	ก	ข	ค	ง	จ
1.	ฟองน้ำ	ไก่อ	ไฮดรา	หมักน้ำ	กบ
2.	พยาริตัวแบน	กระต่าย	ฉลาม	ไรน้ำ	แมงมุม
3.	ปลากัด	สุนัข	ไส้เดือนดิน	ลูกอ๊อด	แมลงสาป
4.	ปะการัง	ค้างคาว	ปลานาเรีย	ปลาตีน	คางคก

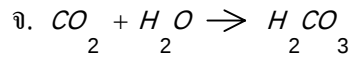
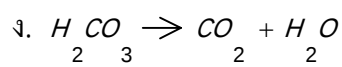
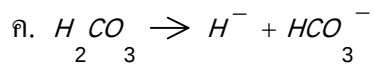
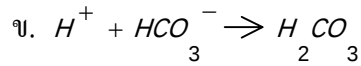
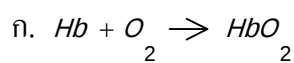
2. สิ่งมีชีวิตคู่ใดมีรูปแบบของอวัยวะแลกเปลี่ยนก๊าซหายใจคล้ายคลึงกัน

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| 1. ปลานาเรีย - พยาริใบไม้ | 2. ฟองน้ำ - ปลิงทะเล |
| 3. ไส้เดือนดิน - กบ | 4. แมงมุม - ปู |

3. ข้อใดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการหายใจและแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิต

- | | |
|--------------|-----------------------------|
| 1. อะมีบา | ผิวเซลล์ |
| 2. ปลานาเรีย | ผิวหนังและการหมุนเวียนเลือด |
| 3. ปลา | เหงือกและซี่เหงือก |
| 4. แมลง | ช่องหายใจและท่อลม |

4. เหตุการณ์ในข้อใดเกิดขึ้นขณะที่เลือดไหลผ่านเส้นเลือดฝอยที่อยู่รอบ ๆ กลูกลมปอด



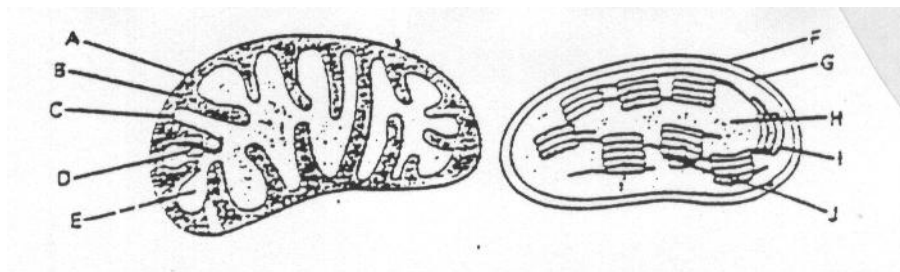
1. ก และ ข

2. ข และ ง

3. ก, ข และ ง

4. ข, ค และ จ

5. จากแผนภาพข้อใดแสดงบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ได้ถูกต้อง



บริเวณที่เกิดปฏิกิริยา					
	การสังเคราะห์ ATP	การผลิต O_2	การใช้ O_2	การผลิต CO_2	การใช้ CO_2
1.	D, E, J	H	C	E	G
2.	D, E	H	E	H	B
3.	D, E, J	I	C	E	H
4.	D, J	I	E	B	H

6. จงเรียงลำดับการลำเลียง O_2 จากปอดไปใช้ในร่างกายให้ถูกต้อง

ก. Oxyhaemoglobin O_2 + haemoglobin

ข. O_2 ถูกลำเลียงเข้าสู่ pulmonary vein

ค. O_2 แพร่ผ่าน capillaries เข้าสู่เนื้อเยื่อ (lymph)

ง. O_2 แพร่ผ่าน alveoli ในปอดเข้าสู่ capillaries

จ. Oxyhaemoglobin เคลื่อนผ่านหัวใจด้านซ้าย

ฉ. O_2 แพร่เข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดงเข้าไปรวมตัวกับ haemoglobin

1. ก ข ฉ จ ง และ ก

2. ง ฉ จ ข ก และ ค

3. ข ง ฉ จ ค และ ก

4. ง ฉ ข จ ก และ ค

7. การเคลื่อนที่อย่างเป็นขั้นตอนของอิเล็กตรอนระหว่างการหายใจระดับเซลล์ข้อใดถูกต้อง

1. food $\rightarrow$ electron transport chain $\rightarrow$ NADH $\rightarrow$ oxygen
2. oxygen $\rightarrow$ food $\rightarrow$ electron transport chain $\rightarrow$ NADH
3. food $\rightarrow$ NADH $\rightarrow$ electron transport chain $\rightarrow$ oxygen
4. electron transport chain $\rightarrow$ food $\rightarrow$ NADH $\rightarrow$ oxygen

8. ในการถ่ายทอดอิเล็กตรอน สาร NADH 2 โมเลกุล และ FADH_2 3 โมเลกุล ถูกนำไปใช้ในการสร้าง ATP ได้จำนวนหนึ่ง ซึ่งสามารถปล่อยพลังงานออกมาได้ประมาณกี่กิโลกรัม

1. 73
2. 87
3. 94
4. 109

9. สารประกอบในข้อใดที่เกิดจากกระบวนการหมักทั้งในยีสต์และในเซลล์กล้ามเนื้อ

1. ATP และ NAD^+
2. ATP และเอทิลแอลกอฮอล์
3. NAD^+ และกรดแลกติก
4. ATP และกรดแลกติก

10. ข้อใดเป็นหน้าที่ของก๊าซออกซิเจนในการหายใจ

- ก. เป็นตัวรับอิเล็กตรอนและโปรตอน
- ข. สร้างพลังงานในรูป ATP ในขณะที่มีการถ่ายทอดอิเล็กตรอน
- ค. รวมกับคาร์บอนไดออกไซด์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์

1. ก
2. ก ข
3. ข ค
4. ก ข ค