

## บทที่ 8

# พลังงานและชีวิต (Energy and Life)

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการพลังงานในการรักษาสภาพความมีชีวิตเอาไว้ โดยถ้าเป็นพวกที่สังเคราะห์แสงได้ ก็จะใช้พลังงานจากแสงมาสร้างเป็นกลูโคส แล้วจากนั้นกลูโคสก็จะถูกนำไปใช้ในการสร้างโครงสร้างคาร์บอนของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน กรดอะมิโนและชีวโมเลกุลอื่น ๆ ต่อไป สำหรับสัตว์ซึ่งสังเคราะห์แสงไม่ได้ จะได้รับสารเหล่านี้โดยการกินพืชและ/หรือสัตว์ที่กินพืชเป็นอาหารเข้าไปโดยตรง และเมื่อต้องการใช้พลังงาน ก็จะทำได้โดยออกซิโดสสารอาหารให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งในขบวนการคatabolism นี้จะได้พลังงานออกมาสองส่วนด้วยกัน ส่วนหนึ่งจะเป็นพลังงานที่นำไปใช้ในการทำงานไม่ได้ และจะสูญเสียไปในรูปของความร้อน อีกส่วนหนึ่งคือพลังงานอิสระ (free energy) ซึ่งจะถูกใช้ในการทำงานต่าง ๆ ของเซลล์สิ่งมีชีวิต โดยจะต้องถูกเปลี่ยนรูปไปให้อยู่ในรูปของ ATP ก่อน แล้ว ATP จะเป็นตัวถ่ายทอดพลังงานไปให้แก่ขบวนการที่ต้องการใช้พลังงานอีกทีหนึ่ง

สารอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานใหญ่ ๆ ของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตและไขมัน ดังนั้นในบทนี้ จะกล่าวถึงขบวนการสลายสารทั้งสองชนิดนี้ เพื่อให้เกิดพลังงานในรูปของ ATP

## การสลายคาร์โบไฮเดรต

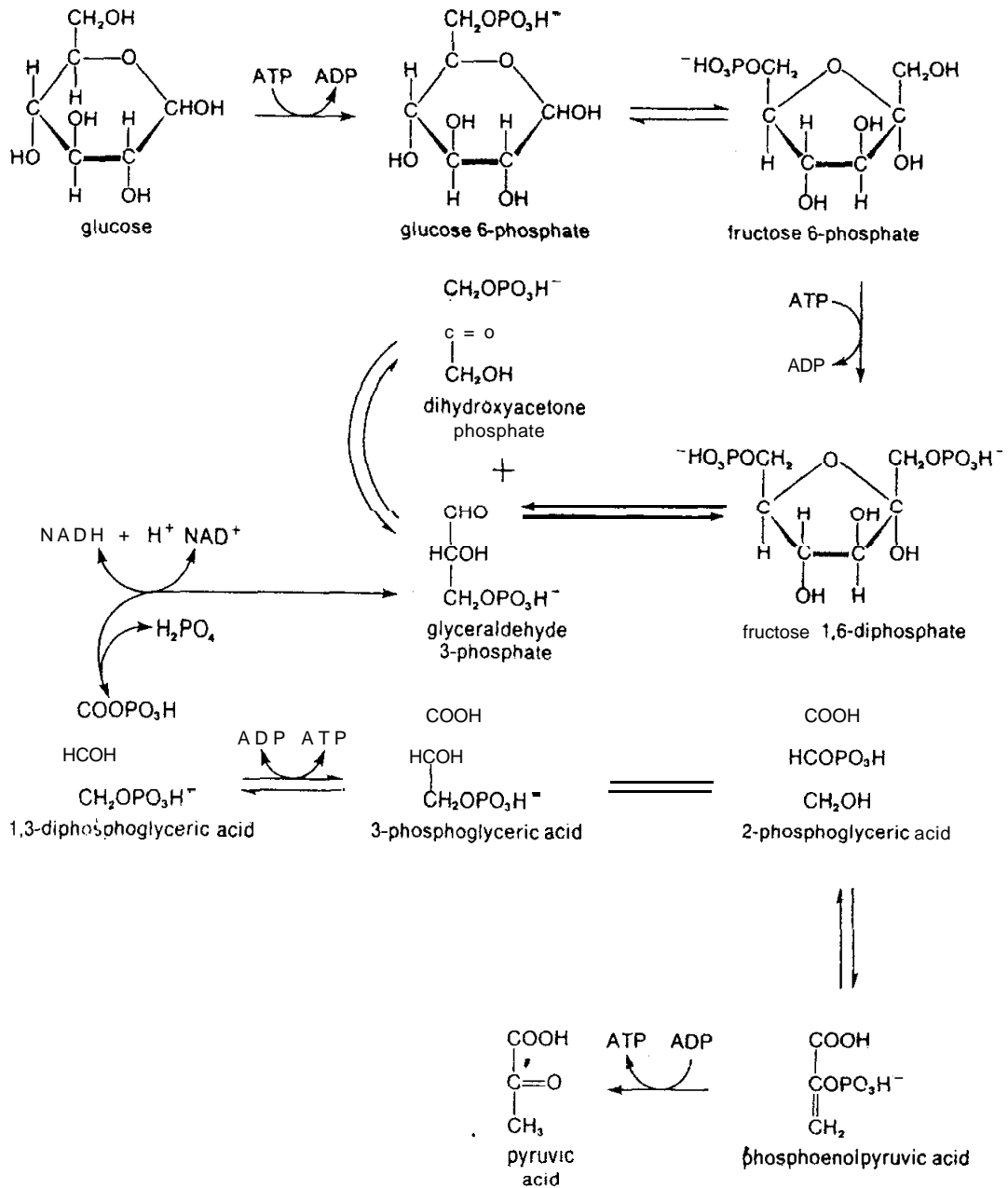
คาร์โบไฮเดรตตัวที่เป็นแหล่งพลังงานสำคัญคือกลูโคส ซึ่งเมื่อร่างกายได้รับเข้าไปแล้ว ก็จะส่งไปตามกระแสเลือดจนกระทั่งถึงเซลล์ แล้วจึงจะถูกออกซิไดส์ภายในเซลล์จนเกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในที่สุด

วิธีที่เซลล์ออกซิไดส์กลูโคสจนสมบูรณ์นั้น ถ้าเป็นในสัตว์ที่ใช้ออกซิเจน (aerobic animal) จะเกิดขึ้นเป็น 3 ระยะคือ

ระยะแรก เป็นการสลายกลูโคสให้ได้ไพรูเวท โดยใช้วิถีกลัยโคไลซิส (glycolysis)  
ระยะที่สอง เป็นการเปลี่ยนไพรูเวทให้กลายเป็น acetyl CoA  
ระยะที่สาม acetyl CoA ที่ได้จะเข้าสู่วัฏจักรเครบส์ ซึ่งในวัฏจักรนี้จะทำให้เกิดขบวนการออกซิเดชันของกลูโคสที่สมบูรณ์ขึ้น

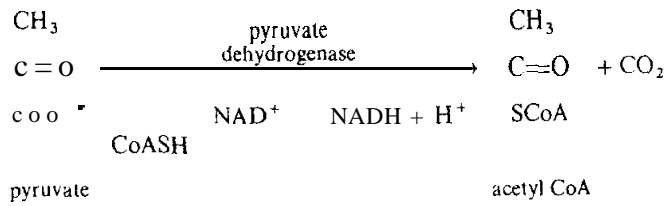
## วิถีกลัยโคไลซิส

วิธีนี้เรียกอีกชื่อว่าวิธี Embden-Meyerhof ตามชื่อนักชีวเคมีชาวเยอรมันสองท่านคือ Otto Embden และ Otto Meyerhof ซึ่งเป็นผู้อธิบายถึงรายละเอียดของวิถีในปลายคริสต์ศตวรรษที่ 19 เป็นขบวนการสลายกลูโคสซึ่งเป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน 6 ตัวให้ได้ 2 โมเลกุลของไพรูเวท ซึ่งมีคาร์บอน 3 ตัว ขั้นตอนของวิธีนี้ (รูปที่ 8-1) เริ่มจาก กลูโคสจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของฟอสเฟทเอสเทอร์โดยใช้ ATP 1 โมเลกุล จากนั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นฟรุคโตสแล้วมีการเติมฟอสเฟทอีก 1 หมู่โดยใช้ ATP อีก 1 โมเลกุล ได้เป็นฟรุคโตส-1,6-ไดฟอสเฟท ซึ่งต่อไปจะแยกตัวออกเป็นไตรออสฟอสเฟทสองตัวด้วยกัน โดยตัวหนึ่งคือกลีเซอรอลดีไฮด์-3-ฟอสเฟท และอีกตัวหนึ่งคือไดไฮดรอกซีอะซิโตนฟอสเฟท ไตรออสฟอสเฟททั้งสองตัวนี้จะเปลี่ยนรูปกลับไปมาซึ่งกันและกันได้ โดยในวิถีกลัยโคไลซิสนี้ ไดไฮดรอกซีอะซิโตนฟอสเฟทจะเปลี่ยนมาอยู่ในรูปของกลีเซอรอลดีไฮด์-3-ฟอสเฟท ทำให้ได้น้ำตาลตัวหลังนี้ 2 โมเลกุลด้วยกัน ดังนั้นจากขั้นตอนนี้เป็นต้นไป จำนวนตัวทำปฏิกิริยา (reactant) และจำนวนผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะต้องคูณด้วย 2 เสมอ กลีเซอรอลดีไฮด์-3-ฟอสเฟทจะถูกออกซิไดส์จนได้กรดคาร์บอกซิลิกตัวหนึ่งคือ 3-ฟอสโฟกลีเซอเรท ซึ่งในการนี้  $2 \text{NAD}^+$  จะถูกรีดิวส์ไปเป็น  $2\text{NADH} + 2\text{H}^+$  และจะมีการสร้าง ATP ขึ้นมา 2 โมเลกุลด้วย ต่อไป 3-ฟอสโฟกลีเซอเรทจะมีการจัดเรียงตัวเองใหม่ และจะถูกดึงน้ำออกจากโมเลกุลเพื่อให้ได้ฟอสโฟอินอลไพรูเวท เมื่อถึงขั้นตอนนี้แล้ว หมู่ฟอสเฟทจะถูกย้ายไปให้ ADP เพื่อเกิดเป็น ATP อีก 2 โมเลกุล กับได้ไพรูเวทเกิดขึ้น 2 โมเลกุลด้วย ดังนั้นถ้าจะดูว่าวิถีกลัยโคไลซิสให้พลังงานมากน้อยเท่าใด จะพบว่าในการสลายกลูโคส 1 โมเลกุล จะได้พลังงานในรูป ATP เกิดขึ้นทั้งหมด 4 โมเลกุล แต่ในขั้นตอนต้น ๆ ของวิธีนี้ได้มีการใช้ ATP ไปรวม 2 โมเลกุล ดังนั้น ATP สุทธิที่ร่างกายได้จริงจะเท่ากับ 2 ATP

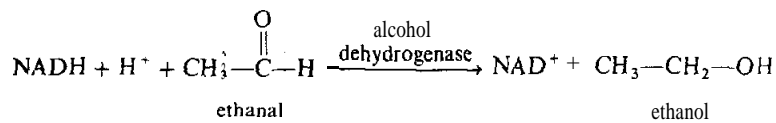
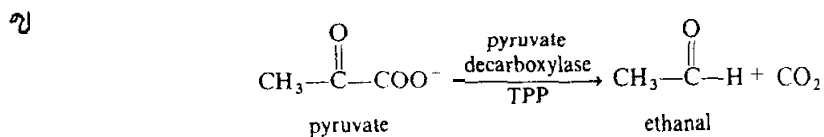
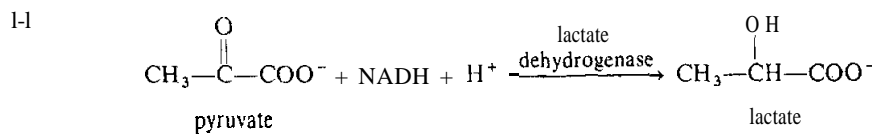


รูปที่ 8-1 รูปแสดงขั้นตอนของวิถีกลัยโคไลซิส

จากนี้ถ้าเป็นในสิ่งมีชีวิตที่ใช้ออกซิเจน ไพรูเวทก็จะถูกดึงเอาหมู่คาร์บอนไดออกไซด์ออก ถูกออกซิไดส์และเติมหมู่ CoA เข้าไป แล้วได้เป็น acetyl CoA ซึ่งจะเข้าสู่วัฏจักรเครบส์ต่อไป



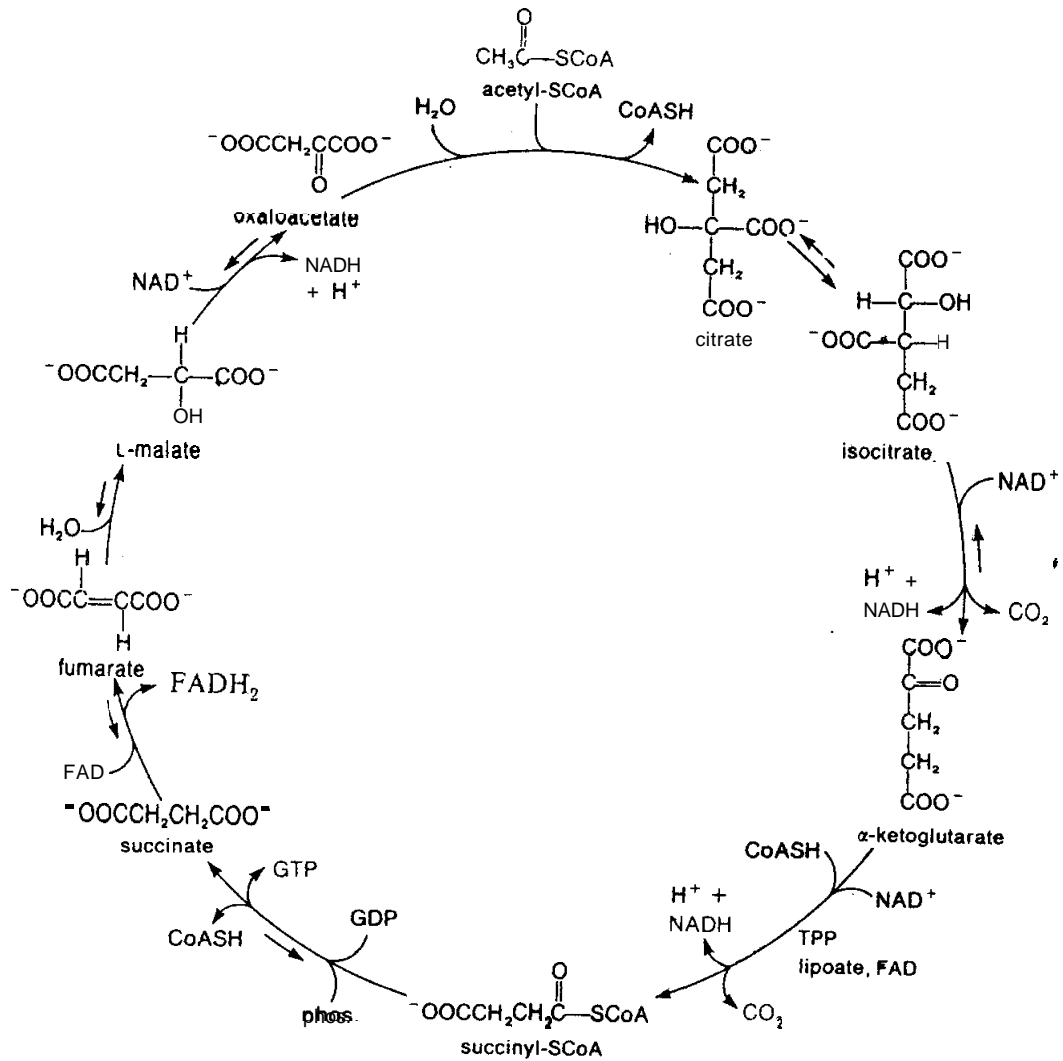
ถ้าเป็นในสิ่งมีชีวิตที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic animal) กลูโคสจะถูกสลายโดยใช้วิถีกลัยโคไลซิสเช่นกัน แต่เมื่อได้ไพรูเวทแล้ว ไพรูเวทจะถูกรีดิวซ์ต่อ (รูปที่ 8-2) ให้ได้แลคเตทหรือไม่เช่นนั้นก็จะถูกดึงเอาหมู่คาร์บอนไดออกไซด์ออกก่อน แล้วจึงถูกรีดิวซ์ให้ได้เอธานอล (ethanol) สำหรับขบวนการสลายกลูโคสจนได้เป็นเอธานอลนี้ เรียกว่าขบวนการหมักสุรา (alcohol fermentation)



รูปที่ 8-2 การรีดิวซ์ไพรูเวทให้ได้เป็นแลคเตท (ก) หรือเอธานอล (ข)

## วัฏจักรเครบส์

วัฏจักรเครบส์หรือวัฏจักรกรดซิตริก (citric acid cycle) หรือวัฏจักรกรดไตรคาร์บอกซิลิก (tricarboxylic acid cycle, TCA cycle) เกิดในไมโทคอนเดรียของเซลล์ ปฏิกริยาในวัฏจักร



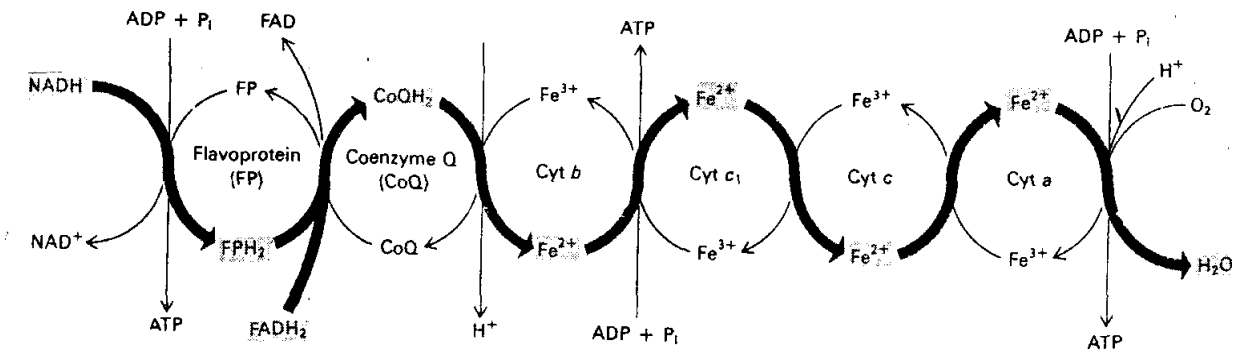
รูปที่ 8-3 รูปแสดงขั้นตอนของวัฏจักรเครบส์หรือวัฏจักรกรดซิตริก (citric acid cycle) โดยเน้นให้เห็นถึงการถ่ายเทของคาร์บอนในวัฏจักร และการเปลี่ยนแปลงของโคเอนไซม์ที่เกิดขึ้น

นี่จะทำให้คาร์บอนของกลูโคสถูกออกซิไดส์อย่างสมบูรณ์ จนได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น ขั้นตอนของวัฏจักรนี้ (รูปที่ 8-3) เริ่มจากหมู่เซทิลของ acetyl CoA จะรวมตัวกับกรดไคคาร์บอกซิลิกที่มีคาร์บอน 4 ตัว ตัวหนึ่งคือออกซาโลซีเตท ได้เป็นซีเตรทซึ่งเป็นกรดไคคาร์บอกซิลิกที่มีคาร์บอน 6 ตัว แล้วซีเตรทก็จะเปลี่ยนรูปไปเป็นไอโซซีเตรท ขั้นตอนต่อไปอีก 2 ขั้นตอนจะเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งต้องใช้โคเอนไซม์  $NAD^+$  เข้ามาช่วย แล้วได้ 2 คาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น ต่อจากนี้ปฏิกิริยาส่วนที่เหลือของวัฏจักรก็จะเป็นการเปลี่ยน succinyl CoA กลับไปเป็นออกซาโลซีเตท เพื่อเริ่มวัฏจักรต่อไป ดังนั้นถ้าดูทั้งวัฏจักรแล้วจะพบว่าแต่ละรอบของวัฏจักรจะมีการรีดิวส์ 1 FAD และ 3  $NAD^+$  กับจะได้พลังงานในรูปแบบ GTP อีก 1 โมเลกุล

## ออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชัน (oxidative phosphorylation) และลูกโซ่การขนส่งอิเล็กตรอน (electron transport chain)

รีดิวส์โคเอนไซม์  $NADH$  และ  $FADH_2$  ที่ได้จากวิถีกลัยโคไลซิสและวัฏจักรเครบส์ จะมีพลังงานสะสมอยู่ในโมเลกุลในรูปของพลังรีดิวส์ (reducing power) ซึ่งจะถูกใช้ในการรีดิวส์ออกซิเจนให้เป็นน้ำ โดยขบวนการที่เรียกว่าลูกโซ่การขนส่งอิเล็กตรอนหรือลูกโซ่การหายใจ (respiratory chain) ในขณะเดียวกันนั้น พลังงานจากลูกโซ่การขนส่งอิเล็กตรอนก็จะถูกนำไปใช้ในการเติมหมู่ฟอสเฟตให้แก่ ADP เพื่อเกิดเป็น ATP โดยขบวนการออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชันด้วย เนื่องจากทั้งสองขบวนการนี้เกิดขึ้นพร้อมๆ กันไป จึงเรียกว่าเป็นขบวนการที่เกิดควบคู่กัน (coupling process)

ในลูกโซ่การขนส่งอิเล็กตรอน (รูปที่ 8-4) รีดิวส์โคเอนไซม์จะส่งผ่านอิเล็กตรอน 2 ตัวไปตามตัวกลางต่าง ๆ ของขบวนการ ซึ่งตัวกลางเหล่านี้จะพบได้ที่เยื่อหุ้มไมโทคอนเดรียชั้นในของยูคาริโอท ตัวกลางทั้งหมดมีด้วยกัน 6 ตัว ตัวแรกเป็นเอนไซม์ซึ่งมีโคเอนไซม์เกาะติดอยู่ด้วยอย่างแน่นหนา โครงสร้างของโคเอนไซม์มีลักษณะคล้ายคลึงกับไรโบฟลาวิน (riboflavin) และ FAD ดังนั้นจึงเรียกเอนไซม์ตัวนี้ว่าฟลาโวโปรตีน (flavoprotein) ฟลาโวโปรตีนจะรับ 2 อิเล็กตรอนมาจาก  $NADH$  ทำให้  $NADH$  กลายเป็น  $NAD^+$  และตัวฟลาโวโปรตีนเองจะ



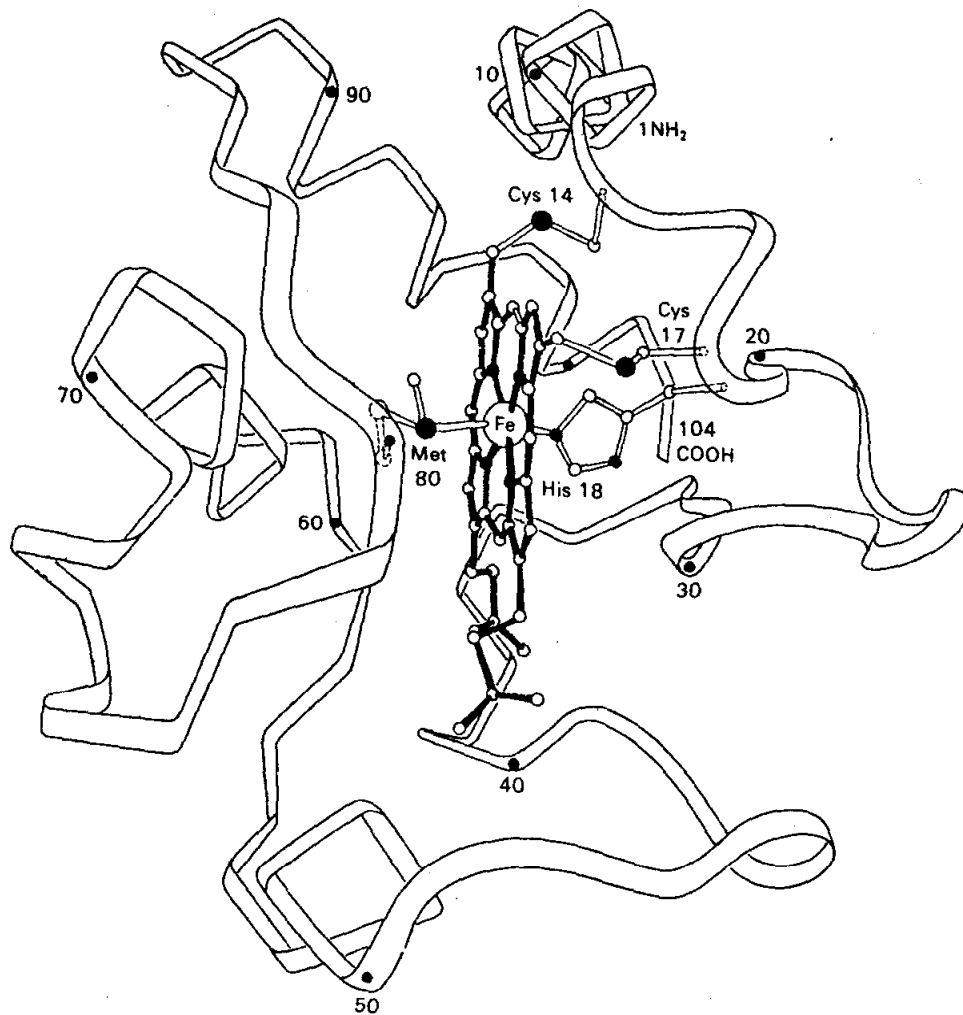
รูปที่ 8 - 4 รูปแสดงลูกโซ่การขนส่งอิเล็กตรอน ซึ่งเกิดควบคู่ไปกับขบวนการออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชัน ลูกศรที่เป็นเส้นทึบแสดงถึงวิถีทางที่อิเล็กตรอนถูกส่งผ่านจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง จนกระทั่งถึงขั้นตอนสุดท้ายคือ ไปรีดิวส์ออกซิเจนให้เป็นน้ำ

ถูกรีดิวส์ จากนั้นฟลาโวโปรตีนก็จะส่งอิเล็กตรอนต่อไปกับตัวกลางตัวที่สองคือโคเอนไซม์ Q เพื่อกลับสู่สภาพออกซิไดส์ตามเดิม ส่วนโคเอนไซม์ Q เมื่อรับอิเล็กตรอนมาแล้ว ก็จะอยู่ในสภาพรีดิวส์ ดังนั้นก็จะส่งอิเล็กตรอนต่อไปยังตัวกลางที่อยู่ถัดไป ซึ่งได้แก่ ไซโตโครม (cytochrome) 4 ชนิดคือ ไซโตโครม b, c<sub>1</sub>, c และ a ตามลำดับ

ไซโตโครม (รูปที่ 8-5) คือโปรตีนที่มีเหล็ก-ฮีมคอมเพล็กซ์เป็นส่วนประกอบ ลักษณะจะคล้ายกับที่พบในฮีโมโกลบิน แต่ต่างกันตรงที่เหล็กในฮีโมโกลบินในสภาพปกติจะอยู่ในสถานะเป็น Fe<sup>2+</sup> ส่วนเหล็กในไซโตโครมจะเปลี่ยนไปมาไต่ระหว่าง Fe<sup>2+</sup> และ Fe<sup>3+</sup>

เมื่ออิเล็กตรอนถูกส่งมาให้ไซโตโครม b อยู่ในสภาพรีดิวส์แล้ว ไซโตโครม b ก็จะส่งอิเล็กตรอนต่อไปให้ไซโตโครมตัวถัด ๆ ไป คือ ไซโตโครม c<sub>1</sub>, c และ a จากนั้นไซโตโครม a ก็จะส่งอิเล็กตรอนต่อไปให้ออกซิเจน ทำให้ออกซิเจนถูกรีดิวส์เป็นน้ำเกิดขึ้น

ในระหว่างที่มีการขนส่งอิเล็กตรอนนี้ จะเกิดพลังงานขึ้นซึ่งมากพอที่จะไปทำให้เกิดการเติมหมู่ฟอสเฟตให้แก่ ADP เพื่อเกิดเป็น ATP โดยทุกๆ 1 NADH ที่ถูกออกซิไดส์เป็น NAD<sup>+</sup> ในลูกโซ่การหายใจนี้ จะทำให้เกิด 3 ATP ขึ้นจากออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชัน แต่ถ้า



รูปที่ 8-5 โครงสร้างของไซโตโครม c

4



เป็น  $FADH_2$  รีดิคัลโคเอนไซม์ตัวนี้เข้าสู่ลูกโซ่การหายใจที่ตำแหน่งหลังจาก  $NADH$  เข้าสู่ลูกโซ่ ทำให้ในการออกซิไดส์ 1  $FADH_2$  เป็น  $FAD^+$  นั้น ให้พลังงานเพียง 2 ATP เท่านั้น

## พลังงานจากการโอบไฮเดรท

ถ้าจะสรุปพลังงานที่สิ่งมีชีวิตที่ใช้ ออกซิเจนได้รับในรูปของ ATP จากการสลายกลูโคส 1 โมเลกุล จะได้ดังแสดงในตารางที่ 8-1 คือได้รวมทั้งสิ้น 38 ATP

วิธี	ATP ที่ได้
1. กลัยโคไลซิส (เกิด 4 ATP แต่ใช้ไป 2 ATP)	2
2. วัฏจักรเครบส์ (1 กลูโคสสลายได้ 2 acetyl CoA จึงเข้าวัฏจักรเครบส์ 2 รอบ ดังนั้นได้ 2 GTP ซึ่งเท่ากับ 2 ATP)	2
3. ขบวนการออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชัน	
3.1 2 NADH จากกลัยโคไลซิส	6
3.2 2 NADH จากการเปลี่ยนไพรูเวทเป็น acetyl CoA	6
3.3 6 NADH จากวัฏจักรเครบส์	18
3.4 2 $FADH_2$ จากวัฏจักรเครบส์	4
	<b>38</b>

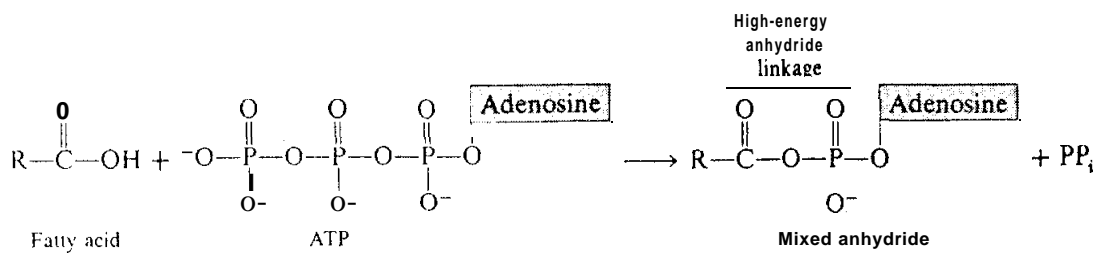
ตารางที่ 8-1 ตารางแสดงจำนวน ATP ที่ได้จากการสลายกลูโคส 1 โมเลกุล ในสิ่งมีชีวิตที่ใช้ ออกซิเจน

## การสลายไขมัน

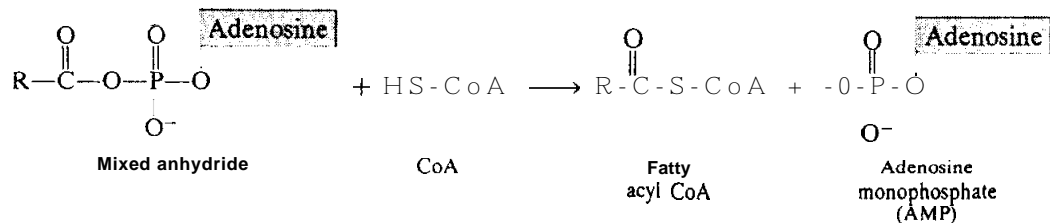
เมื่อสิ่งมีชีวิตต้องการใช้พลังงานนั้น ถ้ามีไขมันสะสมอยู่ด้วย ร่างกายจะทำการสลายไขมันมาใช้ก่อนที่จะไปสลายโมเลกุลอื่น ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต โดยเมื่อมีความต้องการพลังงานเกิดขึ้น กรดไขมัน (fatty acid) จะถูกขนส่งไปยังเซลล์ที่ต้องการพลังงานนั้น แล้วถูกเปลี่ยนรูปไปเป็น fatty acyl CoA ก่อน จากนั้นจึงจะผ่านเข้าไปในไมโทคอนเดรีย เพื่อเกิดการสลายต่อไปได้

กลไกการเกิด fatty acyl CoA นี้ ต้องอาศัยพลังงานจากพันธะฟอสเฟตของ ATP มาช่วยด้วย โดยเริ่มจาก

(i) กรดไขมันจะทำปฏิกิริยากับ ATP ทำให้ ATP แตกออกเป็น AMP และไพโรฟอสเฟต แล้วส่วน AMP จะเกิดพันธะ anhydride กับกรดไขมัน ซึ่งพันธะนี้จะมีพลังงานสูง



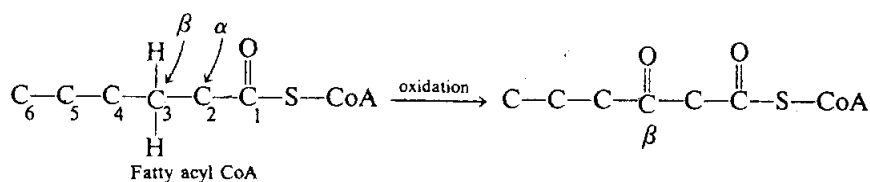
(ii) สารประกอบ anhydride จาก (i) จะเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ -SH ของ CoA เกิดเป็น fatty acyl CoA และส่วน AMP จะถูกปล่อยออกเป็นอิสระ พันธะไฮโดรเจนของ fatty acyl CoA นี้ก็มีพลังงานสูง เนื่องจากพลังงานบางส่วนในการสลาย ATP เป็น AMP จะถูกเก็บไว้ที่พันธะนี้



สรุปได้ว่า ในการเปลี่ยนกรดไขมัน 1 โมเลกุลให้เป็น fatty acyl CoA จะต้องสลายพันธะฟอสเฟตที่มีพลังงานสูงไป 2 พันธะด้วยกัน โดยพันธะแรกใช้ในการเปลี่ยน ATP เป็น AMP และพันธะที่สองใช้ในการสลายไพโรฟอสเฟตเป็น 2 P<sub>i</sub>

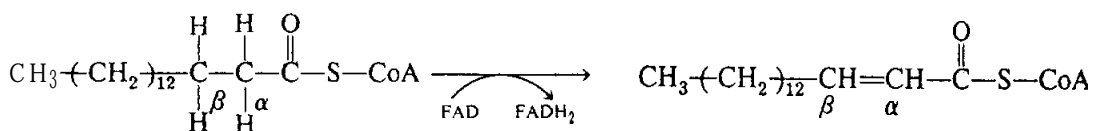
## เบต้าออกซิเดชัน (beta oxidation)

เมื่อ fatty acyl CoA เข้าไปในไมโทคอนเดรียของเซลล์แล้ว ก็จะมีการสลายขึ้นโดยใช้ขบวนการที่เรียกว่าเบต้าออกซิเดชัน ที่ได้ชื่อเช่นนี้เพราะในระหว่างขบวนการนี้ คาร์บอนที่ตำแหน่งที่ 3 (หรือตำแหน่งเบต้า) ของกรดไขมันอิ่มตัวในโมเลกุลของ fatty acyl CoA จะถูกออกซิไดส์ไปเป็นคีโตน

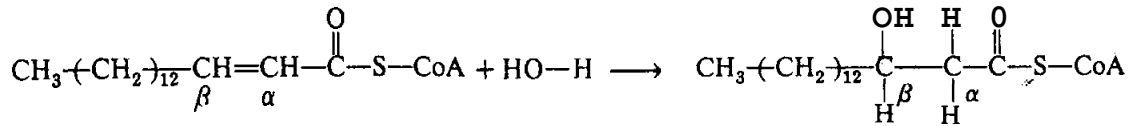


ขบวนการเบต้าออกซิเดชันประกอบขึ้นด้วยปฏิกิริยา 4 ขั้นตอนด้วยกัน ในที่นี้จะยกตัวอย่างการสลาย palmitoyl CoA ซึ่งเป็น fatty acyl CoA ที่เกิดจากกรดพาล์มิติก (palmitic acid) ซึ่งมีคาร์บอน 16 ตัว

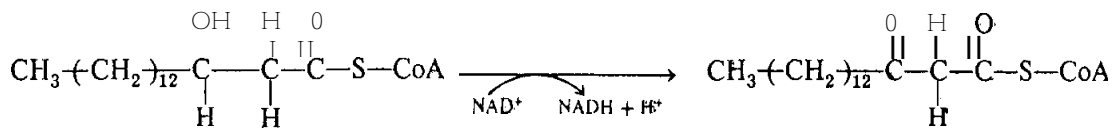
**ขั้นตอนที่ 1** เป็นการดึงเอาไฮโดรเจนออก (dehydrogenation) แล้วเกิดเป็นพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนตัวที่ 2 และ 3 ของ palmitoyl CoA ขั้นตอนนี้ได้ 1 FADH<sub>2</sub> ด้วย



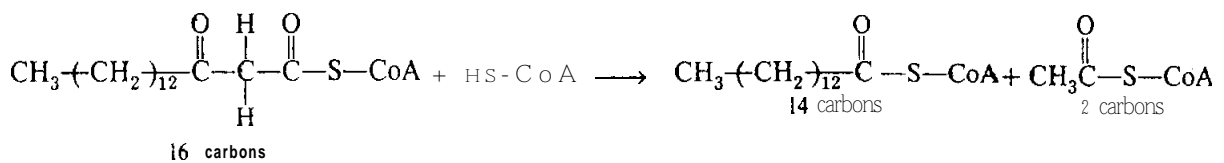
**ขั้นตอนที่ 2** จะมีการเติมโมเลกุลของน้ำ (hydration) เข้าไปที่พันธะคู่ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนที่ 1



**ขั้นตอนที่ 3** เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) โดยหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งเบต้า จะถูกออกซิไดส์ให้เป็นคีโตน ขั้นตอนนี้ทำให้ได้ 1 NADH ด้วย



**ขั้นตอนที่ 4** เป็นการตัดพันธะคาร์บอนระหว่างคาร์บอนตัวที่ 2 และ 3 ออก (carbon-carbon bond cleavage) ทำให้ได้ acetyl CoA และ fatty acyl CoA ตัวใหม่ที่มีคาร์บอน น้อยลงกว่าเดิม 2 ตัวเกิดขึ้น ปฏิกิริยานี้ต้องใช้ CoA 1 โมเลกุลแต่ไม่ต้องใช้พลังงานจาก ATP เลย



จากนี้ fatty acyl CoA ตัวที่สั้นลงนี้จะเข้าสู่ขบวนการเบต้าออกซิเดชันรอบใหม่ต่อไป จนกว่าจะสลายได้เป็น acetyl CoA ทั้งหมด โดยที่แต่ละรอบของเบต้าออกซิเดชัน จะให้ acetyl CoA, NADH และ FADH<sub>2</sub> อย่างละ 1 โมเลกุล จนกระทั่งเมื่อ fatty acyl CoA เหลือคาร์บอนเพียง 4 ตัวในโมเลกุลแล้ว ก็จะเข้าสู่ขบวนการเบต้าออกซิเดชันรอบสุดท้าย ซึ่ง ในขั้นตอนที่ 3 จะได้ acetoacetyl CoA เกิดขึ้น แล้วเข้าสู่ขั้นตอนที่ 4 ต่อไป คือทำปฏิกิริยา กับ CoA เพื่อเกิดเป็น acetyl CoA ซึ่งในครั้งนี้จะได้ acetyl CoA 2 โมเลกุลด้วยกัน

สรุปได้ว่า การสลายกรดพาล์มิติก 1 โมเลกุล จะต้องเข้าสู่ขบวนการเบต้าออกซิเดชัน 7

รอบ แล้วได้ acetyl CoA 8 โมเลกุล กับ NADH และ FADH<sub>2</sub> อีกอย่างละ 7 โมเลกุล ถ้าจะคิดเป็นพลังงานในรูปของ ATP ก็จะได้ดังแสดงในตารางที่ 8-2 คือได้รวมทั้งสิ้น 129 ATP ทั้งนี้โดยคิดว่าในตอนเปลี่ยนกรดไขมันให้กลายเป็น palmitoyl CoA นั้น ต้องสลายพันธะฟอสเฟตไป 2 พันธะด้วยกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับการสลาย 2 ATP ไปเป็น 2 ADP + 2P<sub>i</sub>

วิธี	ATP ที่ได้
1. ขบวนการเบต้าออกซิเดชัน (ตอนเปลี่ยนกรดไขมันให้กลายเป็น palmitoyl CoA ต้องใช้พลังงานเท่ากับสลาย 2ATP)	-2
2. วัฏจักรเครบส์ (acetyl CoA 8 โมเลกุลจากเบต้าออกซิเดชัน จะเข้าสู่วัฏจักรเครบส์ 8 รอบ)	8
3. ขบวนการออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชัน	
3.1 7 NADH จากเบต้าออกซิเดชัน	21
3.2 7 FADH <sub>2</sub> จากเบต้าออกซิเดชัน	14
3.3 24 NADH จากวัฏจักรเครบส์ 8 รอบ	72
3.4 8 FADH <sub>2</sub> จากวัฏจักรเครบส์ 8 รอบ	16
	129

ตารางที่ 8-2 ตารางแสดงจำนวน ATP ที่ได้จากการสลายกรดไขมัน 1 โมเลกุลอย่างสมบูรณ์ ในสิ่งมีชีวิตที่ใช้ออกซิเจน

การสลายกรดไขมันนอกจากจะให้พลังงานอย่างมากมายกับเซลล์แล้ว ยังมีผลพลอยได้อีกคือ NADH และ FADH<sub>2</sub> ที่เกิดขึ้นจะเข้าสู่ลูกโซ่การหายใจเพื่อรีดิวส์ออกซิเจนให้เกิดเป็นน้ำ สัตว์บางชนิดเช่นอูฐได้อาศัยผลพลอยได้นี้นำมาใช้เป็นประโยชน์คือ ในขณะที่ปกติอูฐจะเก็บสะสมอาหารไว้ที่หนอกในรูปของไขมัน ซึ่งจะถูกลายนำมาใช้เมื่ออูฐต้องอยู่ในทะเลทรายนาน ๆ ไขมันนี้จะให้ทั้งพลังงานและน้ำอย่างเพียงพอแก่อูฐ ทำให้มันสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแห้งแล้งได้นานกว่าสัตว์อื่น