



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Vzdělávací materiál vytvořený v projektu OP VK

<b>Název školy:</b>	Gymnázium, Zábřeh, náměstí Osvobození 20
<b>Číslo projektu:</b>	CZ.1.07/1.5.00/34.0211
<b>Název projektu:</b>	Zlepšení podmínek pro výuku na gymnáziu
<b>Číslo a název klíčové aktivity:</b>	III/2 - Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

### Anotace

<b>Název tematické oblasti:</b>	<b>Biochemie</b>
<b>Název učebního materiálu:</b>	Metabolismus lipidů - odbourávání
<b>Číslo učebního materiálu:</b>	VY_32_INOVACE_Ch0212
<b>Vyučovací předmět:</b>	Seminář z chemie
<b>Ročník:</b>	4. ročník čtyřletého studia, 8. ročník osmiletého studia
<b>Autor:</b>	Jana Drlíková
<b>Datum vytvoření:</b>	20. 1. 2013
<b>Datum ověření ve výuce:</b>	24. 1. 2013
<b>Druh učebního materiálu:</b>	pracovní list
<b>Očekávaný výstup:</b>	Uplatnění dosud získaných znalostí z oblasti obecné, organické chemie, biochemie a biologie na vyvozování nového učiva v probíraném tématu.
<b>Metodické poznámky:</b>	Pracovní list studenta je doplněn vypracovanou verzí pro učitele. Ve výuce je pracovní list používán jako text, na jehož základě je procvičováno již probrané učivo, jsou vyvozovány nové poznatky a řešeny drobné problémové úlohy ze zadaného tématu.

## Metabolismus lipidů

### pracovní list

## A) Odbourávání (.....) lipidů

### 1. Hydrolytické štěpení lipidů

Svou chemickou podstatou je tento pochod ....., katalyzovaná lipasami.

triacylglycerol  $\xrightarrow{\text{lipasa}}$  směs mono a diacylglycerolů, glycerolu a vyšších karboxylových kyselin

Zapište úplnou kyselou hydrolyzu triacylglycerolu reakčním schématem:

	trávení v potravě přijatých lipidů	hydrolyza buněčných lipidů
lipasy	pankreatické a střevní	hormon senzitivní lipasa (HSL)
iniciace tvorby lipas	nervové řízení: parasympatikus přítomnost natrávených bílkovin a karboxylových kyselin v duodenu stimuluje vznik střevních hormonů: cholecystokinin (sekrece pankreatických enzymů a vyprazdňování žlučníku)	hormony: adrenalin, noradrenalin, glukagon, ACTH
aktivace lipas	Ca <sup>2+</sup> , žlučové kyseliny	proteiny na povrchu tukových kapének
lokalizace	tenké střevo	tukové buňky (adipocyty), buňky jaterní tkáně, kapénky triacylglycerolů jsou přítomny i v dalších buňkách

### 2. Role žlučových kyselin v trávení lipidů

Žlučové kyseliny ..... a napomáhají vstřebávání lipidů tím, že usnadňují rozptýlení hydrofobního tuku do vody ve formě malých kapiček, tedy fungují jako .....

### 3. Vstřebávání a transport produktů hydrolýzy lipidů

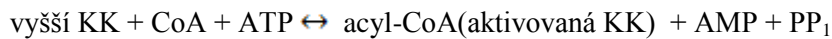
V tenkém střevě se 10-12 C karboxylové kyseliny vstřebávají přímo střevní sliznicí do krve, delší KK reesterifikují na triacylglyceroly, pak se s nehydrolyzovanými lipidy obalí vrstvou lipoproteinů, cholesterolu a fosfolipidů a vytvoří kulovité částičky – ..... a přes lymfu se dostávají do krevního řečiště. Chylomikrony jsou cílovými buňkami zachycovány, váží se na jejich membrány a pomocí lipoproteinových lipas jsou hydrolyzovány na glycerol a vyšší KK. Glycerol je transportován krví do jater a ledvin a v jejich buňkách je přeměňován v reakcích metabolismu sacharidů.

Vyšší KK vstupují do cílových buněk a jsou jimi následně využívány, např.: je resyntetizován tuk.

KK vznikající hydrolýzou buněčných triacylglycerolů v tukových buňkách jsou uvolňovány do krve, kde se vážou na albumin a v komplexu s ním jsou transportovány krví.

### 4. Aktivace vyšších KK

Před odbouráváním musí být KK aktivovány (.....). Reakce probíhá v cytosolu buňky.

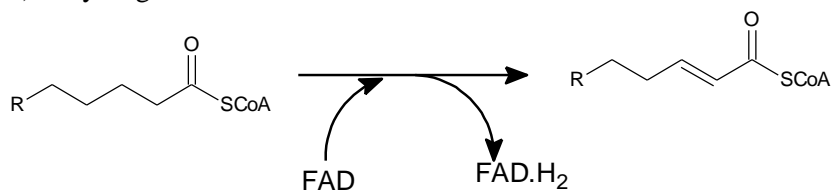


Reakce je „poháněna“ hydrolýzou anorg. difosfátu: .....  
(exergonický děj:  $\Delta G$  .....)

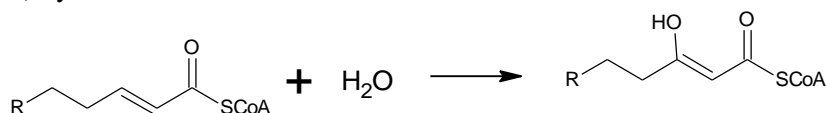
### 5. $\beta$ – oxidace, Lynnenova spirála (F. Knoop 1904, F. Lynnen 1951)

Reakce této metabolické dráhy probíhají v matrixi mitochondrií, v modifikované podobě v peroxisomech.

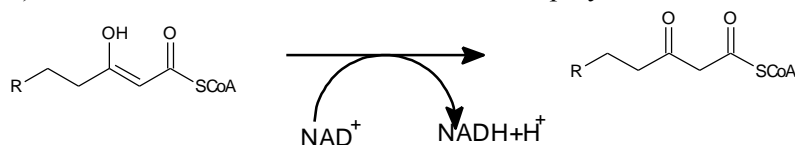
a) dehydrogenace



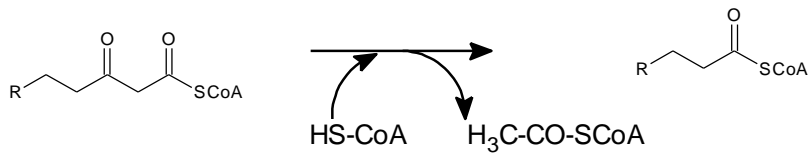
b) hydratace



c) oxidace sekundární alkoholové funkční skupiny



d) odštěpení acetylkoenzymu A



Zapište pomocí reakčních schémat  $\beta$  – oxidaci kyseliny hexanové:

## 6. Metabolické využití produktů $\beta$ – oxidace

### a) metabolisovaný H ( $\text{FAD}\cdot\text{H}_2$ , $\text{NADH} + \text{H}^+$ )

- oxidace v dýchacím řetězci na ....., získaná energie je částečně využita k syntéze energeticky bohatých substrátů (.....)
- hydrogenační a redukční činidlo v některých reakcích metabolismu

### b) acetylkoenzym A

- odbourání v citrátovém cyklu
- přeměna na oxosloučeniny (acetoacetát, D-3-hydroxybutyrát) v metabolické dráze označované jako ketogeneze
- biosyntéza vyšších KK

## 7. Modifikace $\beta$ – oxidace

### a) odbourávání nenasyčených KK

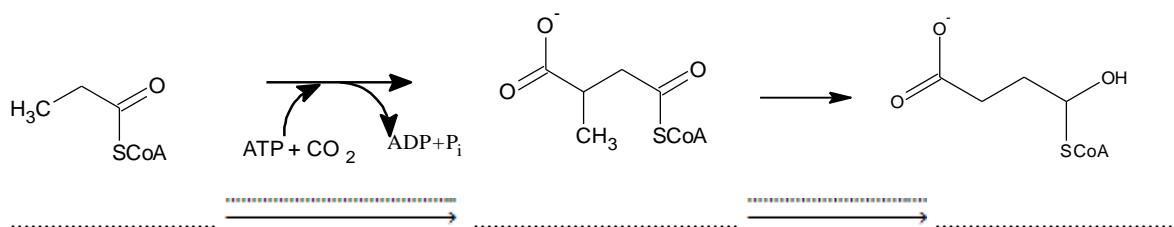
Lynnenova spirála probíhá standardně až do chvíle, kdy se = vazba ocitne v poloze  $\beta$ - $\gamma$ . Pak katalyzován enzymem izomerasou proběhne přesmyk = vazby do polohy  $\alpha$ - $\beta$  a odbourávání pokračuje hydratací kyseliny.

### b) $\beta$ - oxidace vyšších KK s lichým počtem atomů C

Zdroje KK s lichým počtem atomů C:

- .....  
- .....

Reakce  $\beta$  – oxidační dráhy probíhají až do chvíle, kdy vznikne propionyl-CoA.



### c) odbourávání rozvětvených KK

Reakce  $\beta$  – oxidační dráhy probíhají obvyklým způsobem až do místa větvení. V tomto okamžiku začnou být využívány jiné reakce.

# Metabolismus lipidů

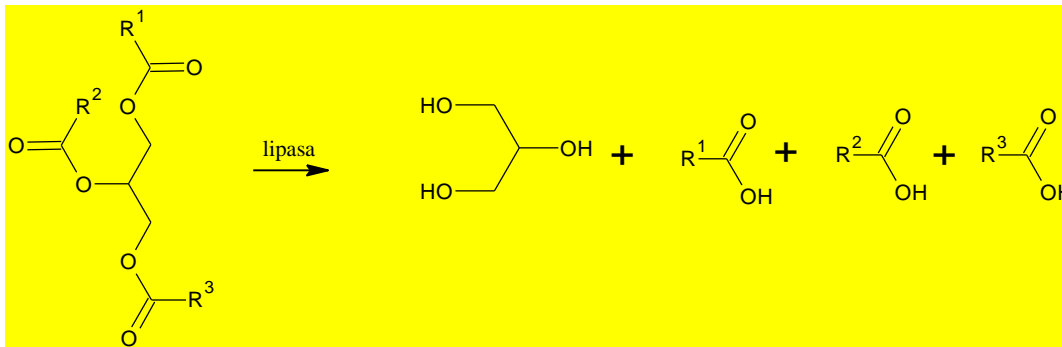
pracovní list – vyplněná verze

## A) Odbourávání (katabolismus) lipidů

### 1. Hydrolytické štěpení lipidů

Svou chemickou podstatou je tento pochod **kyselá hydrolyza esteru**, katalyzovaná lipasami.

triacylglycerol  $\xrightarrow{\text{lipasa}}$  směs mono a diacylglycerolů, glycerolu a vyšších karboxylových kyselin  
Zapište úplnou kyselou hydrolyzu triacylglycerolu reakčním schématem:



	trávení v potravě přijatých lipidů	hydrolyza buněčných lipidů
lipasy	pankreatické a střevní	hormon senzitivní lipasa (HSL)
iniciace tvorby lipas	nervové řízení: parasympatikus přítomnost natrávených bílkovin a karboxylových kyselin v duodenu stimuluje vznik střevních hormonů: cholecystokinin (sekrece pankreatických enzymů a vyprazdňování žlučníku)	hormony: adrenalin, noradrenalin, glukagon, ACTH
aktivace lipas	Ca <sup>2+</sup> , žlučové kyseliny	proteiny na povrchu tukových kapének
lokalizace	tenké střevo	tukové buňky (adipocyty), buňky jaterní tkáně, kapénky triacylglycerolů jsou přítomny i v dalších buňkách

### 2. Role žlučových kyselin v trávení lipidů

Žlučové kyseliny **aktivují lipasy** a napomáhají vstřebávání lipidů tím, že usnadňují rozptýlení hydrofobního tuku do vody ve formě malých kapiček, tedy fungují jako **emulgátory tuků**.

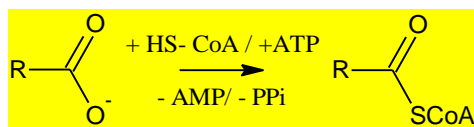
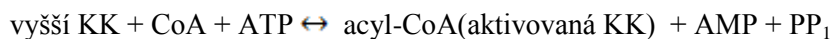
### 3. Vstřebávání a transport produktů hydrolýzy lipidů

V tenkém střevě se 10-12 C karboxylové kyseliny vstřebávají přímo střevní sliznicí do krve, delší KK reesterifikují na triacylglyceroly, pak se s nehydrolyzovanými lipidy obalí vrstvou lipoproteinů, cholesterolu a fosfolipidů a vytvoří kulovité částičky – **chylomikrony** a přes lymfu se dostávají do krevního řečiště. Chylomikrony jsou cílovými buňkami zachycovány, váží se na jejich membrány a pomocí lipoproteinových lipas jsou hydrolyzovány na glycerol a vyšší KK. Glycerol je transportován krví do jater a ledvin a v jejich buňkách je přeměňován v reakcích metabolismu sacharidů. Vyšší KK vstupují do cílových buněk a jsou jimi následně využívány, např.: je resyntetizován tuk.

KK vznikající hydrolýzou buněčných triacylglycerolů v tukových buňkách jsou uvolňovány do krve, kde se vážou na albumin a v komplexu s ním jsou transportovány krví.

### 4. Aktivace vyšších KK

Před odbouráváním musí být KK aktivovány (**uvedeny na vyšší energetickou úroveň**). Reakce probíhá v cytosolu buňky.

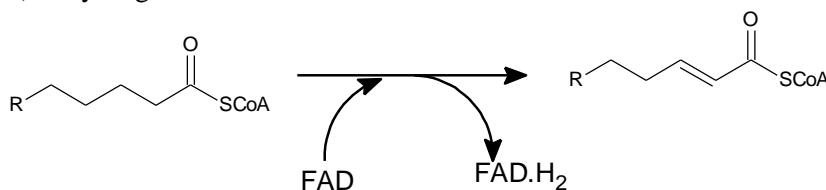


Reakce je „poháněna“ hydrolýzou anorg. difosfátu:  $\text{PP}_1 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{difosfatasa}} 2\text{P}$   
(exergonický děj:  $\Delta G < 0$ )

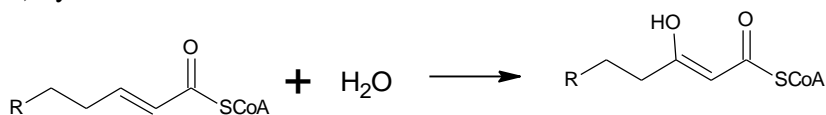
### 5. $\beta$ – oxidace, Lymnenova spirála (F. Knoop 1904, F. Lymnen 1951)

Reakce této metabolické dráhy probíhají v matrix mitochondrií, v modifikované podobě v peroxisomech.

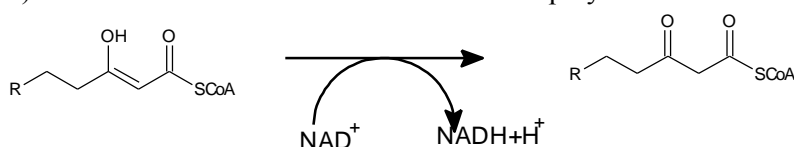
a) dehydrogenace



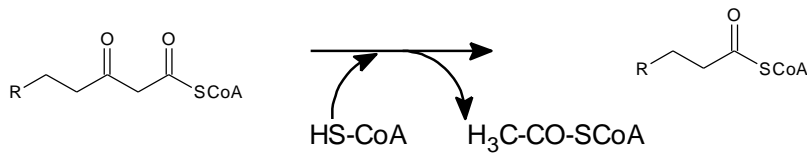
b) hydratace



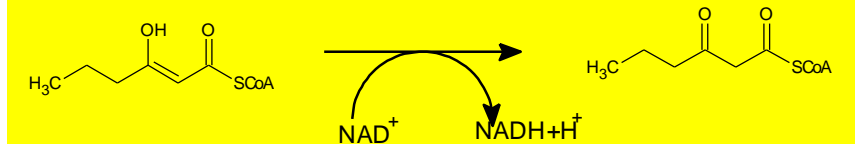
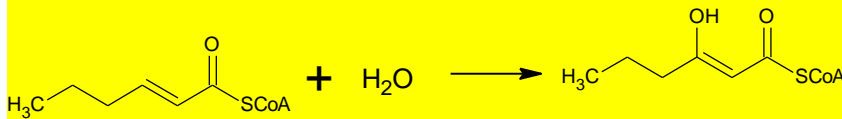
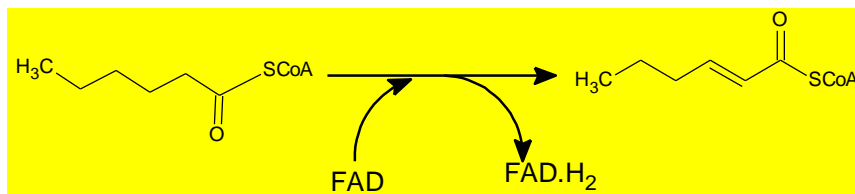
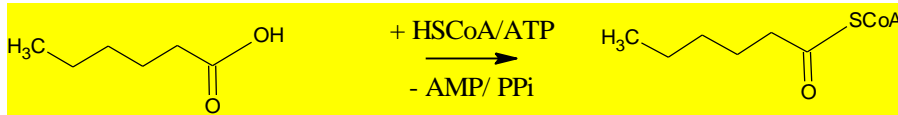
c) oxidace sekundární alkoholové funkční skupiny



d) odštěpení acethylkoenzymu A



Zapište pomocí reakčních schémat  $\beta$  – oxidaci kyseliny hexanové:



## 6. Metabolické využití produktů $\beta$ – oxidace

### a) metabolisovaný H (FAD.H<sub>2</sub>, NADH + H<sup>+</sup>)

- oxidace v dýchacím řetězci na **H<sub>2</sub>O**, získaná energie je částečně využita k syntéze energeticky bohatých substrátů (**ATP**)
- hydrogennační a redukční činidlo v některých reakcích metabolismu

### b) acethylkoenzym A

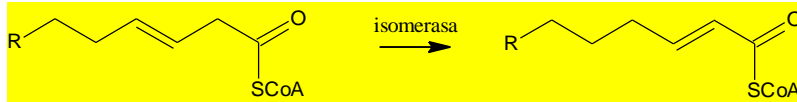
- odbourání v citrátovém cyklu
- přeměna na oxosloučeniny (acetoacetát, D-3-hydroxybutyrát) v metabolické dráze označované jako ketogeneze
- biosyntéza vyšších KK



## 7. Modifikace $\beta$ – oxidace

### a) odbourávání nenasyčených KK

Lynnenova spirála probíhá standardně až do chvíle, kdy se = vazba ocitne v poloze  $\beta$ - $\gamma$ . Pak katalyzován enzymem izomerasou proběhne přesmyk = vazby do polohy  $\alpha$ - $\beta$  a odbourávání pokračuje hydratací kyseliny.



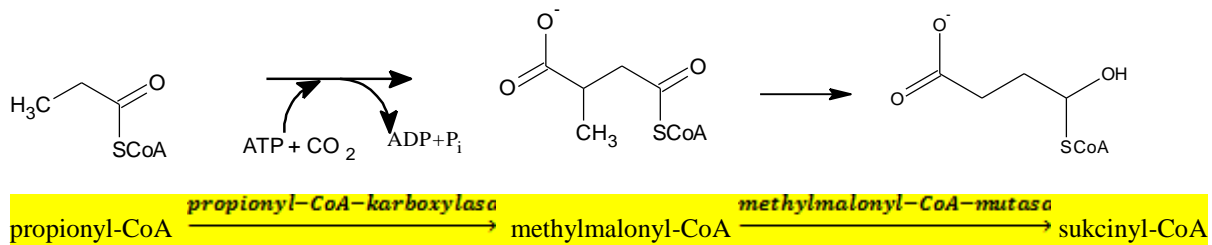
### b) $\beta$ - oxidace vyšších KK s lichým počtem atomů C

Zdroje KK s lichým počtem atomů C:

- vzácně z přírodních lipidů

- při odbourávání deaminovaných KK vzniklých z isoleucinu, valinu a methioninu

Reakce  $\beta$  – oxidační dráhy probíhají až do chvíle, kdy vznikne propionyl-CoA.



### c) odbourávání rozvětvených KK

Reakce  $\beta$  – oxidační dráhy probíhají obvyklým způsobem až do místa větvení. V tomto okamžiku začnou být využívány jiné reakce.

zdroje: archiv autorky