P XXI/1/1 Acetyl-CoA-Stoffwechselweg: Prozesse

Homoacetatgärung von Methanol

Ein *Clostridium sp*., das aus der anoxischen Zone von Seesedimenten isoliert wurde, wächst auf Methanol (CH_3OH) als alleiniger Kohlenstoff- und Elektronenquelle. Die Oxidation des Substrates verläuft nach der Summengleichung:

$$CH_3OH + {}^1/_2\ HCO_3^- \rightarrow {}^3/_4\ CH_3COO^- + H_2O + {}^1/_4\ H^+$$

Das *Clostridium sp.* setzt Methanol dissimilativ über den Acetyl-CoA-Weg um.

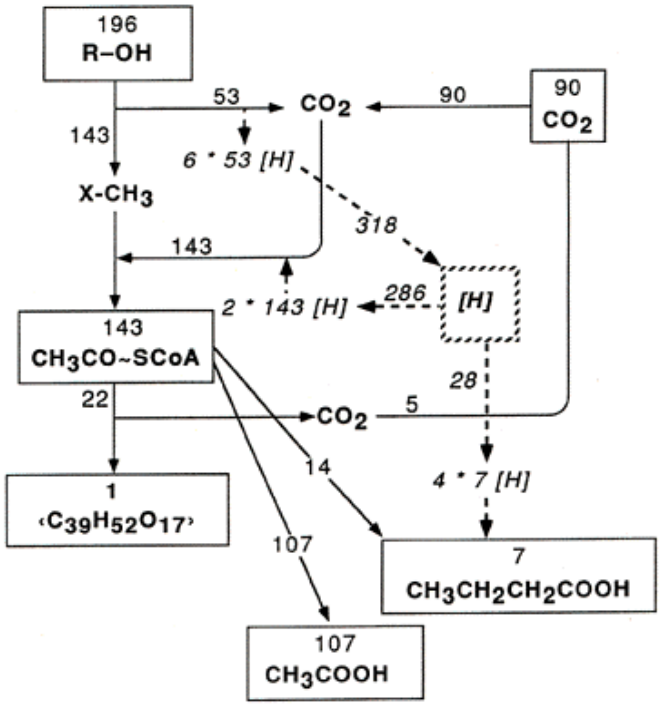
Schwerpunkte

- Wie kann nicht-photosynthetische Fixierung von CO_2-C geschehen ?
- Wie konstruiert man Assimilations- und Dissimilationsgleichungen ?
- Welche Teilrekationen geschehen im Acetyl-CoA-Weg ?
- Wie überprüft man Stoffwechselbilanzen, wenn man Stoffwechselmechanismen annimmt ?
- Wie kann man aus der Kenntnis von Stoffwechselmechanismen Stoffwechselbilanzen überprüfen ?
- Wo wird im Acetyl-CoA-Weg ATP gebildet ?
- Wann und auf welchem Weg wird im Acetyl-CoA-Weg Buttersäure gebildet ?
- Welche Teilschritte des Acetyl-CoA-Weges werden durch das Schlüsselenzym CODH katalysiert ?
- Was können wir aus der quantitativen Gesamtbilanz eines Wachstumsversuches erfahren ?

Erklärungen:

In der Figur ist der verallgemeinerte Stoffwechselweg für die Assimilation und die Dissimilation eines Alkohols (R-OH) über den Acetyl-CoA-Weg dargestellt. Der Kohlenstoff des Alkohols - in unserem Fall Methanol (R-OH = CH_3OH) - wird dabei einerseits in Biomasse assimiliert (formal $<C_{39}H_{52}O_{17}>$), andererseits wird er zur Energiegewinnung dissimilativ zu Essigsäure (CH_3COOH) oxidiert. Bei geringen Mengen an Methanol würde die Dissimilationsreaktion ausschliesslich Essigsäure ergeben; bei grossem Methanol-Angebot, entsteht neben Essigsäure auch Buttersäure ($CH_3CH_2CH_2COOH$). Die Zahlen in der Figur stellen stöchiometrische Faktoren dar. [H] symbolisiert an wasserstoffübertragende Coenzyme gebundene Elektronen.

Figur 1. Acetyl-CoA-Weg mit Methanol (R-OH = CH_3OH)



Aufgaben
Überlegen Sie sich Lösungen zu den folgenden Fragen

1a C-Fixierung mit Methanol
Die C-Bilanz der Dissimilationsgleichung zeigt, dass im Produkt (Acetat CH_3COO^-) mehr organischer Kohlenstoff vorhanden ist als im organischen Substrat Methanol. Wie kommt dies zustande ?

1b C-Fixierung mit Isopropanol
Das Bakterium kann auch auf Isopropanol homoacetogen wachsen. Wie lautet die stöchiometrisch ausgeglichene Gleichung für die Homoacetatgärung von Isopropanol ?

1c Assimilation von Methanol
Methanol wird über den Acetyl-CoA-Weg zu Biomasse assimiliert, wobei pro formale Biomasse-Einheit $<C_{39}H_{52}O_{17}>$ Kohlenstoff aus 22 Molekülen Acetyl-CoA eingebaut wird. Wie lautet die Assimilationsgleichung ?

1d ATP-Bildung
Wieviele Moleküle ATP werden gesamthaft aus der dissimilativen Umwandlung von Acetyl-CoA zu 107 Molekülen Essigsäure und zu 7 Molekülen Buttersäure gebildet ?

1e Buttersäurebildung
Warum wird bei grossem Angebot an Methanol zusätzlich Buttersäure freigesetzt ?

1f Kohlenmonoxid-DH
Kohlenmonoxid-Dehydrogenase (CODH) ist ein Schlüsselenzym des Acetyl-CoA-Weges. Bezeichnen Sie den Wirkungsort des Enzyms im Stoffwechselschema.

1g Gesamtgleichung
Stellen Sie die Gesamtgleichung, die sowohl Assimilation, wie Dissimilation von 196 Molekülen CH_3OH enthält, stöchiometrisch ausgeglichen dar. Dabei wird klar, dass noch ein weiterer Pfeil in die Figur eingefügt werden muss.

1h Stoffwechselflexibilität
Das Clostridium kann in Gegenwart von Sulfat seinen Metabolismus ändern. Es ist dann nicht länger ein Fermentierer, sondern wird zum Sulfatreduzierer. Es deponiert die überschüssigen Elektronen nicht mehr in reduzierten organischen Endprodukten (Essigsäure, Buttersäure), sondern auf Sulfat. Stellen Sie die Verwertung von Methanol im Acetyl~CoA-Weg für sulfatreduzierende Bedingungen in einer Figur, ähnlich zu Figur 1, dar.