இயல் 4

நுண்ணுயிர்களின் வளர்சிதை மாற்றம்

கற்றல் நோக்கங்கள்

மாணவர்கள் இப்பாடப்பகுதியைப் பயின்ற பிறகு,

- *செல்களின் செயல்பாடுகளில் ஏ.டி.பி.யின் பங்கு பற்றி கண்டறிதல்.*
- *வளர்சிதை மாற்றம் பற்றி வரையறுத்தல், சிதை மாற்றம் (கெடபாலிஸம்) மற்றும் வளர் மாற்றம் (அனாபலிஸம்) இடையே உள்ள அடிப்படை வேறுபாடுகளை பற்றி விளக்குதல்.*
- *ஆக்ஸிஜனேற்றம், ஒடுக்கம் வினைகளைப் பற்றி விளக்குதல்.*
- *மூன்று வகையான பாஸ்பாரிலேஷன் வினைகள் வழியே ஏ.டி.பியின் உருவாக்கம்பற்றிஎடுத்துக்காட்டுகளுடன் பட்டியலிடுதல்.*
- *கார்போஹைட்ரேட், கொழுப்பு, புரதத்தின் சிதை மாற்றம் மற்றும் ATP உற்பத்தியின் வழித்தடங்களான கிளைகாளைசிஸ், க்ரெப்ஸ் சுழற்சி, எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலி மற்றும் கெமிஆஸ்மாடிக் முறைகள் பற்றி விளக்குதல்.*
- *நொதித்தல் மற்றும் அதன் உற்பத்தி பொருட்கள் பற்றி தெளிவாக புரிந்து கொள்ளுதல்.*
- *நொதிகளின் (என்ஸைம்கள்) செயல்பாடு மற்றும் நுண்ணுயிர்களால் உற்பத்தி செய்யப்படும் நொதிகளின் முக்கியத்துவம் பற்றி விளக்குதல்.*

இயல் திட்டவரை

4.1 வளர்சிதை மாற்றம்

4.2 வேதிவினைகளின் ஆற்றல்

4.3 ஏ.டி.பி.யின் (ATP) உற்பத்தி

4.4 கார்பேஹைடுரேட் சிதை மாற்றம்

4.5 TCA சுழற்சி – டிரைகார்பாக்ஸிலிக் அமில சுழற்சி

4.6 எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலி

4.7 கொழுப்பு சிதை மாற்றம்

4.8 புரத சிதை மாற்றம்

4.9 நொதித்தல்

4.10 நொதிகள்

4.11 நுண்ணுயிர்களின் நொதிகள்

4.12 நுண்ணுயிர் நொதிகளின் பயன்கள்

VJMK88

அனைத்து உயிரினங்களும் இடைவிடாமல் செயல்பட ஆற்றல் தேவைப்படுகின்றது. தோற்றத்தில் எளிய உயிரினங்களாயிருப்பினும், அவைகளில் வாழ்வியல் செயல்பாடுகளுக்கு தேவையான பல்வேறு கூட்டு உயிர் வேதி வினைகளை கொண்டுள்ளன. உயிரினங்களின் செல்களில் முக்கியமாக மூன்று வகையான செயல்பாடுகள் நடைபெறுகின்றன. அவை வேதி வினைகள், கடத்து மற்றும் இயக்க செயல்பாடுகள் ஆகும்.

வேதி செயல்பாடுகளில், எளிய மூலக்கூறுகளிலிருந்து கூட்டு மூலக்கூறுகளை உற்பத்தி செய்ய ஆற்றல் தேவைப்படுகின்றது. கடத்து செயல்பாடுகளில் ஊட்டச்சத்துகளை எடுத்துச் செல்லவும், கழிவுகளை அகற்றவும், அயனிக்களின் சமநிலையை பராமரிக்கவும் ஆற்றல் தேவைப்படுகின்றது. இயக்க செயல்பாடுகளில், செல்களின் உடற்கூறு உருவ அமைப்பு மாற்றங்களுக்கும் ஆற்றல் தேவைப்படுகின்றது.

உயிரினங்கள் ஒய்வான நிலையில் இருப்பினும், செல்களின் அடிப்படையான செயல்பாடுகளுக்கு குறிப்பிட்ட அளவு அற்றல் இன்றியமையாததாகும். அனைத்து உயிரினங்களின் அமைப்புகளும் வெப்பவியக்க விசையியல் விதியின் கீழ் இயங்குகின்றன. இவ்விதி ஒரு தொகுப்பாக உள்ள அமைப்பில் (ஒரு செல் அல்லது தாவரம்) செயல்படும் ஆற்றல் மாற்றத்தை ஆய்வு செய்கிறது.

மண்டலத்துக்கும் சூழ்நிலைக்குமிடையே நிகழும் ஆற்றல் பரிமாற்றம் ஒன்றுடன் ஒன்று சமநிலையாகின்றது. செல்களுக்குள் நிகழும் அனைத்து வேதி வினைகளிளும் ஆற்றல் மாற்றம் உள்ளடங்கியுள்ளது. (எடுத்துக்காட்டு:) ஒளிச்சேர்க்கை பாக்டீரியாக்கள் கதிரியக்க ஆற்றலை வேதி ஆற்றலாக மாற்றுகின்றன. உயிருள்ள செல்களில் வெப்பவியக்க விசை மாற்றம் என்பது வளர்ச்சி, இனப்பெருக்கம், ஒளிச்சேர்க்கை, சுவாசித்தல் போன்ற செயல்பாடுகளுக்கு இன்றியமையாத ஒன்றாகும். நுண்ணுயிர்கள் தொடர்ந்து உயிர்வாழ, இனப்பெருக்கம் அடைய மற்றும் ஊட்டச்சத்தை பெற வளர்சிதை மாற்றத்தினால் ஆற்றல் பெறுகின்றன.

வளர்சிதை மாற்ற பண்புகளின் அடிப்படையில் நுண்ணுயிர்களின் சிற்றினத்தையும் சூழியியல் தனியிடத்தினையும் பெரும்பாலும் வேறுபடுத்தலாம். நுண்ணுயிர்கள் நொதித்தல் மற்றும் உயிர்மண் வேதி சுழற்சி செயல்களில் வளர்சிதை மாற்ற வினைகளை தொடர்ந்து பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

> **உங்களுக்குத் தெரியுமா?**
>
> நாம் உட்கொள்ளும் உணவில் நான்கில் மூன்று பங்கு ஆற்றல் கார்போஹைட்ரேடில் இருந்து பெறப்படுகின்றன. அனைத்து உயிரினங்களுக்கும் குளுக்கோஸே ஒரு முக்கிய எரிபொருளாகும்.

4.1 வளர்சிதை மாற்றம் (Metabolism)

வளர்சிதை மாற்றம் என்பது அனைத்து உயிர் செல்களுக்குளும் நிகழும் வேதிவினை செயல்களே ஆகும். ஒரு வேதி வினையானது ஆற்றலை வெளியிடவோ அல்லது உள்ளெடுக்கவோ செய்யும். ஆற்றலை சமநிலைப்படுத்தும் செயலாக வளர்சிதை மாற்றம் கருதப்படுகிறது. இவ்வேதி வினைகள் சிதைமாற்றம் மற்றும் வளர்மாற்றம் என இரண்டு பிரிவுகளாக பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

சிதைமாற்றம் (Catabolism)

கூட்டுகரிம பொருட்கள் உடைந்து எளிய பொருட்களாக மாற்றம் அடைவதே சிதைமாற்றம் அல்லது சிதைவுறுதல் என்பதாகும். பொதுவாக சிதை மாற்ற வினைகள் நீர்பகுப்பு வினைகளாகும்.

இவ்வேதிவினை, நொதிகளால் ஒழுங்குபடுத்தப்பட்டு ஆற்றலை வெளியேற்றுவதால் எக்ஸர்கோனிக் வினை எனப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டு: செல்களில் சர்க்கரையானது, சிதைவடைந்து கார்பன் டைஆக்ஸைடு மற்றும் நீராக மாற்றடைந்து ஆற்றலை வெளியேற்றுகிறது.

வளர்மாற்றம் (Anabolism)

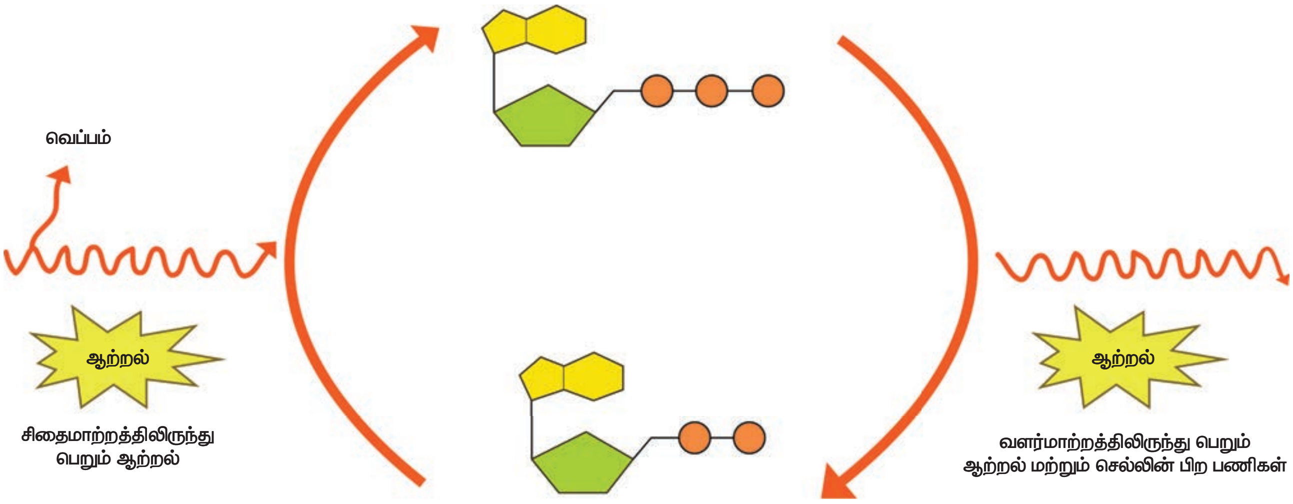
எளிய கரிம பொருட்களிலிருந்து கூட்டு கரிம பொருட்கள் உருவாக்கப்படுவதாலே (அனபாலிக்) வளர்மாற்றம் அல்லது உயிரியல் சேர்க்கை வினைகள் எனப்படுகின்றது. வளர்மாற்ற செயல்களில் நீர்வெளியேற்றம் மற்றும் உயிரிசேர்கை வினைகள் உள்ளடங்கியுள்ளன (படம் 4.1). இவ்வினைகள் நொதிகளால் ஒழுங்குபடுத்தப்பட்டு, ஆற்றலை உள்ளே எடுத்துக்கொள்வதால், வினை என்பதால் என்டர்கோனிக் எனப்படுகிறன. எடுத்துக்காட்டு: அமினோ அமிலங்கலிருந்து புரதம் உருவாதல்.

வளர்மாற்ற வினைகள் இயங்க தேவைப்படும் ஆற்றலை சிதைமாற்ற வினைகள் வழங்குகின்றன. இந்த ஆற்றல் வெளியிடும் மற்றும் ஆற்றல் தேவைப்படும் இணைப்பு வினைகள் ஏ.டி.பி (அடினோசின் டிரை பாஸ்பேட்) மூலக்கூறுகளினால் சாத்தியமாகிறது.

4.2 வேதிவினைகளில் ஆற்றல்

ஒளிசார்பு உயிரிகள் ஒளிச்சேர்கையின்போது ஒளியாற்றலை, பாக்டீரியோகுளோரோபில் மற்றும் பிற நிறமிகளினால் ஈர்த்து, செல் செயல்பாடுகளுக்கு தேவையான வேதியாற்றலாக மாற்றம் செய்கின்றன. இவ்வகை ஆற்றல் பாக்டீரியாக்களின் செல்சுவர், சவ்வு மற்றும் நொதிகள் உருவாக்கத்திற்கும், செல்களின் கூறுகள் பழுதுபார்த்தலுக்கும், இயக்கங்களுக்கும், இனப்பெருக்கத்திற்கும் தேவைப்படுகின்றது.

TN_GOVT_XII_Micro_Biology_TAMIL_CH04.indd 44 2/14/2020 4:37:31 PM



படம் 4.1: சிதைமாற்றம் மற்றும் வளர்மாற்றம் வினைகள்

அணுக்களில் உள்ள இணைப்புகள் உருவாகும்போதோ அல்லது சிதைவடையும்போதோ வேதி வினைகளில் ஆற்றல் மாற்றம் நடைபெறும். வேதிவினையில் இணைப்புகள் உருவாகும் பொழுது ஆற்றல் தேவைப்படுகின்றது. இதுபோன்ற ஆற்றல் தேவைப்படும் வினை, ஆற்றல் உள்வாங்குதல் எனப்பொருள்படும் என்டர்கோனிக் வினை எனப்படும். அணுக்களில் இணைப்பு உடையும் பொழுது ஆற்றல் வெளியேற்றப்படுகின்றது. இவை ஆற்றல் வெளியேற்றுதல் எனப்பொருள்படும் எக்ஸர்கோனிக் வினை எனப்படும்.

வேதிவினைகளின்போது ஆற்றல் வெளியேறவோ அல்லது உட்கொள்ளவோப்படுகிறது. அவ்வாறு பயன்பாட்டிற்க்குரிய ஆற்றலின் அளவு வினையின் தனி ஆற்றல் மாற்றம் (ΔG) என குறிப்பிடப்படுகின்றது.

4.2.1 உயர் ஆற்றல் பாஸ்பேட்கள்

அடினோசின் டிரை பாஸ்பேட்கள் என்பன அனைத்து உயிர்வாழ் ஆற்றலை கடத்தும் மூலக்கூறுகளில் இன்றியமையாதவையாகும். இவை சில வேதி வினைகளின் போது ஆற்றலை சேமிக்கின்றன மற்றும் ஆற்றல் தேவைப்படும் வினைகளில் வழங்குகின்றன. ATPயில் அடினோசின் பகுதியில் அடினைன், ரிபோஸ் மற்றும் மூன்று பாஸ்டபேட் குழுக்கள் உள்ளடங்கியுள்ளன. சில பாஸ்பேற்றம் கூட்டுப்பொருட்கள் வெளியே உள்ள இரண்டு பாஸ்பேட்குழுக்களுடன் நீரிலி இணைப்புகளால் (ஆன்ஹைட்ரைடு இணைப்பு) இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

உயிர்வேதிவினை செயல்களில் பங்குபெறும் சில உயர் ஆற்றல் நியுக்ளியோடைட்கள் கீழே (அட்டவணை 4.1) கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 4.1: உயிர்வேதிவினை செயல்களில் பங்குபெறும் சில உயர் ஆற்றல் நியுக்ளியோடைட்கள்

நியுக்ளியோடைட்களின் பெயர்கள்	உயிரி உற்பத்தி
யூரிடின் டிரைபாஸ்பேட்கள் (UTP)	பாலிஸாக்கரைடு (கூட்டு சர்க்கரை)
சைட்டிடின் டிரைபாஸ்பேட்கள்	கொழுப்பு
குவானின் டிரைபாஸ்பேட்கள்	புரதம்

செல்களுக்குள் சத்துப்பொருகள் அதிக ஒடுக்கமடைந்த பொருள்கலிருந்து ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைந்த பொருள்களாக உடைக்கப்படுகின்றன.

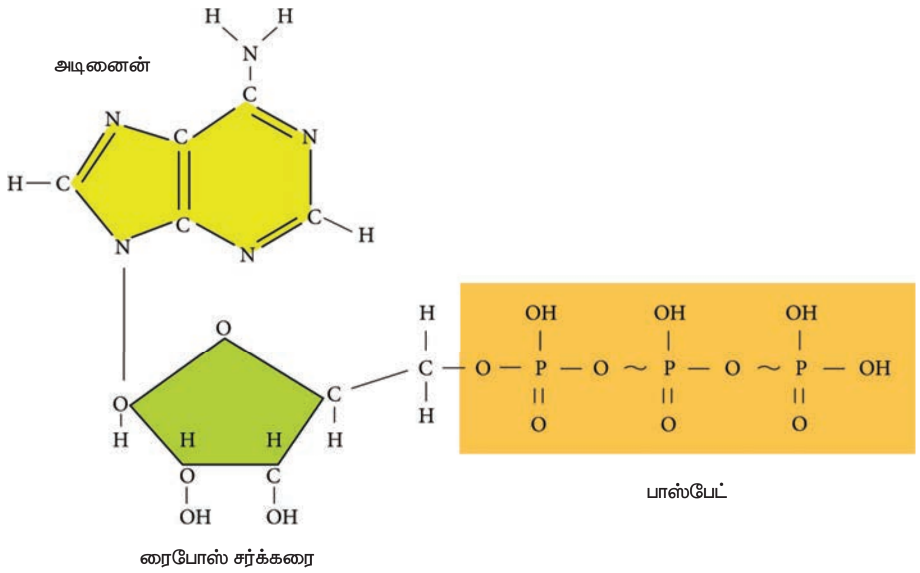
ஆக்ஸிசனேற்ற ஒடுக்க வினைகளின்போது வெளியேற்றப்படும் ஆற்றலானது செல்களுக்குள் ATPயாக உருவாகி இருத்திவைக்கப்படுகின்றது. ஆற்றலை உள்வாங்கி ADPயானது பாஸ்பேட்களுடன் இணைந்து ATPயாக உருவாகின்றது.

$$ATP + H_2O \longrightarrow ADP + pi\ (\Delta G^\circ = -7.3\ K\ Cal/mol)$$

$$ATP + H_2O \longrightarrow AMP + ppi\ (\Delta G^\circ = -10.9\ K\ Cal/mol)$$

ATPகள் செல்லின் ஆற்றல் தளங்களாக செயல்படுகின்றன. இவை ஆற்றல் இருத்தி வைத்தல் மற்றும் உருவாதல் செயல்களான ஒளிச்சேர்க்கை,

TN_GOVT_XII_Micro_Biology_TAMIL_CH04.indd 45 2/14/2020 4:37:32 PM



படம் 4.2: எடிபி யின் அமைப்பு

நொதித்தல் மற்றும் சுவாசித்தல் போன்ற செயல்பாடுகளில் உருவாகின்றன. பொரும்பாலும் ATPயானது பாக்டீரியா மற்றும் ஆர்க்கிய செல்களில் செல் சுவர்களில் உருவாகின்றன ஆனால், யூகேரியோட்களில் வினைகள் மைட்டோகான்டிரியாவில் நிகழ்கின்றன (படம் 4.2).

4.2.2 ஆக்ஸிசனேற்றம் – ஒடுக்கம் வினைகள்

ஆக்ஸிசனேற்றம் என்பது அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகளிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் இழப்பினால் ஆற்றல் தொடர்ந்து உருவாகும் வினையாகும். ஒடுக்கம் என்பது அணுக்கள் அல்லது மூலக் கூறுகளிலிருந்து ஒன்று அல்லது அதற்க மேற்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் பெறுதல் ஆகும். ஆக்ஸிசனேற்றம் மற்றும் ஒடுக்கமடைதல் இரண்டுமே இணைந்த செயல்கலாகும். ஒரு பொருள் ஆக்ஸிசனேற்றம் அடையும், மற்றொன்று அதே சமயத்தில் ஒடுக்கம் அடையும்.

$F_2 + 2e^- \longrightarrow 2F^-$

$H_2 + 2e^- \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$

$NAD^+ + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons NADH + H^+$

4.3 ATPயின் உற்பத்தி

ஆக்ஸிசனேற்றம் மற்றும் ஒடுக்கம் வினைகளால் வெளியேற்றப்படும் அதிக ஆற்றலானது செல்களுக்குளேயே ATPகளாக தக்கவைக்கபடுகின்றன. ஆற்றலை உள்வாங்கி ADPயானது பாஸ்பேட்களுடன் இணைந்து ATPயாக உருவாகின்றது. வேதி கூட்டுப் பொருட்களுடன் பாஸ்பேட் சேர்தல் பாஸ்பேற்றம் எனப்படும்.

நுண்ணுயிர்கள் ADPயிலிருந்து ATPயினை உருவாக்க மூன்று வகையான பாஸ்பேற்ற வினைகளைப் பயன்படுத்துகின்றன.

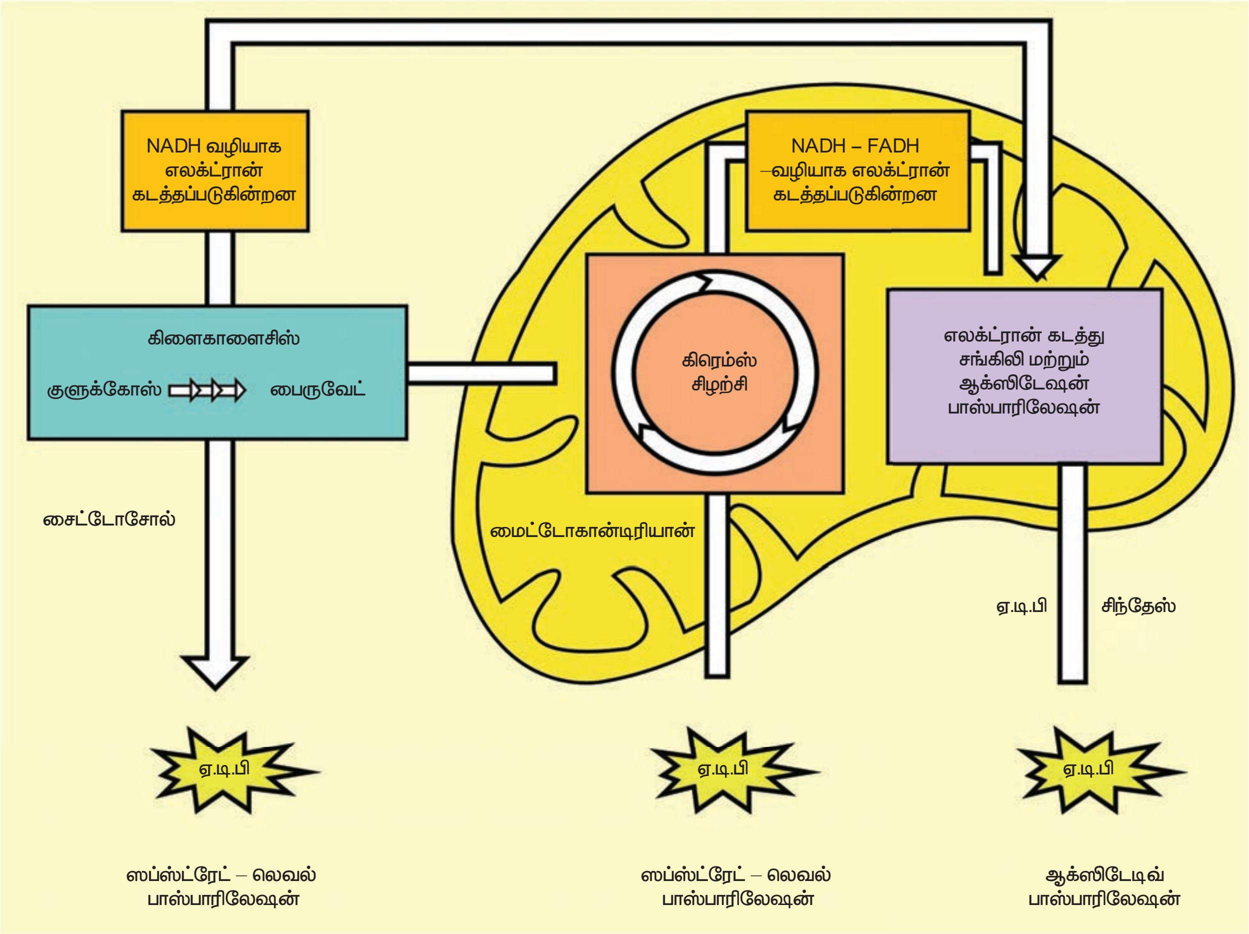
4.3.1 சப்ஸ்ட்ரேட் லெவல் பாஸ்பாரிலேஷன்

இது ஒரு வளர்சிதை மாற்ற வினை. இதில் பாஸ்பேற்றமடைந்த மற்றொரு பொருளிலிருந்து பாஸ்பேட் நேரடியாக ADPயுடன் வினைப்புரிந்து ATP உருவாகும்.

> உங்களுக்குத் தெரியுமா?
>
> ஆல்கலைன் பாஸ்படேஸ் என்பது வெப்ப உணர்திறன் பெற்ற நொதியாகும். இவை பாலில் பாஸ்சுரைஷேஷன் முறைகளில் சுட்டிக் காட்டும் நொதியாக பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

4.3.2 ஆக்ஸிடேடிவ் பாஸ்பேற்றம்

இது, எலக்ட்ரான்கள், எலக்ட்ரான் கடத்திகள் வரிசையின் வழியே கரிம கூட்டுபொருள்களிலிருந்து ஆக்ஸிசனுக்கு அல்லது பிற கனிம மூலக்கூறுகளுக்கு கடத்தப்படும் வினையாகும். எடுத்துக்காட்டு: NADH மற்றும் $FADH_2$. பின்பு, எலக்ட்ரான்கள் வெவ்வேறு எலக்ட்ரான் கடத்து வரிசகைளின் வழியே சென்று ஆக்ஸிசனை அடைகின்றன. ஆக்ஸிசடேடிவ் பாஸ்பாரிலேஷன் வினை எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலி வினையின் போது நிகழ்கின்றன (படம் 4.3).



படம் 4.3: பாஸ்பாரிலேஷன்

4.3.3 ஒளிச்சேர்க்கை பாஸ்பாரிலேஷன்

இவ்வினை ஒளி உள்வாங்கும் நிறமிகள் கொண்ட செல்களில் ஒளிசேர்க்கையின் போது நிகழ்கின்றன. எடுத்துக்காட்டு: ஒளிசேர்க்கையில், கார்பன்டை ஆக்ஸைடு மற்றும் நீர் போன்ற குறைந்த ஆற்றல் கொண்ட எளிய பொருட்கள் ஒளி அற்றலுடன் வினைபுரிந்து குறிப்பாக சர்க்கரை போன்ற கூட்டு கரிம பொருட்களை உருவாக்குவதில் ஒளிச்சேர்க்கை நிறமிகள் பங்குபெறுகின்றன.

ஒளிச்சார்பு பாக்டீரியாகளான ஊத, பச்சை, கந்தக பாக்டீரியா மற்றும் சைனொ பாக்டீரியாவில் ஒளிசேர்க்கை நிறமியான பாக்டீரியோ குளோரோபில் ATP உற்பத்தியில் ஈடுபடுகின்றன.

4.4 கார்போஹைட்ரேட் சிதைமாற்றம்

நுண்ணுயிர்கள் பெரும்பாலும் கார்போஹைடுரேட் ஆக்ஸிசனேற்றம் அடைந்து ஆற்றலை பெறுகின்றன. இவையே ஆற்றல் பெறுவதில் முதன்மையான ஆதாரமாக உள்ளன. கார்போஹைட்ரேட் மூலக்கூறுகள் உடைந்து ஆற்றலை உற்பத்தி செய்கின்றன. இதனால் வளர்சிதை மாற்றத்தில் இச்செயல் முக்கியமாக கருதப்படுகின்றன. கார்போஹைட்ரேட்களில் குளுக்கோஸே ஆற்றல் வழங்கும் ஆதாரமாக செல்களால் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

குளுக்கோஸிலிருந்து ஆற்றலை உற்பத்தி செய்ய நுண்ணுயிர்கள் பொதுவாக இரண்டு செயல்பாடுகளை பயன்படுத்துகின்றன. அவை

- சுவாசித்தல்
- நொதித்தல்

4.4.1 செல் சுவாசித்தல்

சுவாசித்தல் என்பது கரிம பொருட்கள் ஆக்ஸிசனேற்றம் அடைந்து இறுதியாக எலக்ட்ரான்களைக் கனிம பொருட்கள் பெற்று ஏ.டி.பியை உற்பத்தி செய்யும் செயல்முறை என்று வரையறுக்கப்படுகின்றது. காற்று சுவாசிகளில் இறுதியாக எலக்ட்ரான்களை பெறுவது ஆக்ஸிசன் மற்றும் காற்றற்ற சுவாசிகளில் ஆக்ஸிசனை தவிர்த்து பிற கனிம பொருட்களான No_3, So_4^{2-} இறுதியாக எலக்ட்ரான்களை பெறுகின்றன.

TN_GOVT_XII_Micro_Biology_TAMIL_CH04.indd 47 2/14/2020 4:37:33 PM

காற்று சுவாசித்தலின் போது குளுக்கோஸ் ஆக்ஸிசனேற்றம் மூன்று முதன்மையான நிலைகளில் நிகழ்கின்றது. அவை

- கிளைகாளைசிஸ்
- க்ரெப்ஸ் சுழற்சி
- எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலி

கிளைகாளைசிஸ்

கிளைகாளைசிஸ் என்பது சர்க்கரை மூலக்கூறுகள் உடையும் செயல்முறை ஆகும். அவை நொதிகளால் சிதைக்கப்பட்டு ஏ.டி.பியை உற்பத்தி செய்கின்றன. கிளைகாளைசிஸ் என்பது குலுக்கோஸானது ஆக்ஸிசனேற்றமடைந்து பைருவிக் அமிலமாக மாற்றப்படுகின்றது. அதனோடு சில ஏ.டி.பி. மற்றும் ஆற்றல் உள்ளடங்கிய NADH யையும் உற்பத்தி செய்கின்றன. இவை புரோகேரியோட்கள் மற்றும் யூகேரியோட் செல்களின் சைட்டோபிளாசத்தில் நிகழ்கின்றன. கிளைகாளைசிஸ் செல்களின் மைட்டோகான்டிரிய பகுதியை தவிர்த்து சைட்டோபிளாசத்தில் நிகழ்கின்றன. கிளைகாளைசிஸ் வினை எம்டன், மேயர்ஹாப், பாரானாஸ் ஆகியோரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. ஆகையால் இம்மூன்று விஞ்ஞானிகளுக்கு மரியாதை அளிக்கும் நோக்கத்தல் இச்சுழற்சி சுருக்கமாக இ.எம்.பி சுழற்சி என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றது. இச்சுழற்சி அனைத்து தாவரங்களிலும், விலங்குகளிலும், நுண்ணுயிர்களிலும் நிகழ்கின்றன. கிளைகாளைசிஸ் சுழற்சிக்கு ஆக்ஸிசன் தேவைப்படுவதில்லை. இவை காற்றுள்ள மற்றும் காற்றில்லா சூழ்நிலையிலும் நடைபெற இயலும். கிளைகாளைசிஸ் வினை என்பது வரிசையாக பத்து நொதிகளால் வினையூக்கப்படும் வினையாகும்.

காற்றுள்ள சூழ்நிலை

$$\text{குளுக்கோஸ்} \xrightarrow{\text{கிளைகாளைசிஸ்}} \text{பைருவேட்} \xrightarrow[O_2]{\text{சுவாசித்தல்}} CO_2 + H_2O$$

காற்றற்ற சூழ்நிலை

$$\text{குளுக்கோஸ்} \xrightarrow{\text{கிளைகாளைசிஸ்}} \text{பைருவேட்} \xrightarrow{\text{நொதித்தல்}} \text{நொதித்தல்}$$

வழியே உற்பத்தியான பொருட்கள்

$$C_6H_{12}O_6 + 2NAD + 2ADP + 2P \longrightarrow 2CH_3\,COCOOH + 2\ ATP + 2NADH + 2H^+$$

குளுக்கோஸ் 6 கார்பன்களை கொண்ட மூலக்கூறு மற்றும் பைருவேட் என்பது 3 கார்பன்களை கொண்ட மூலக்கூறு ஆகும். ஒரு குளுக்கோஸ் மூலக்கூறு கிளைகாளைசிஸ் சுழற்சியில் நுழைந்து 2 பைருவேட் மூலக்கூறுகளை உற்பத்தி செய்கின்றன. ஒவ்வொரு குளுக்கோஸ் மூலக்கூறுகலிருந்து பெறும் மொத்த ஆற்றல் 2 ஏ.டி.பி (ATP) மூலக்கூறுகளாகும்.

கிளைகாளைசிஸ் சுழற்சி இரண்டு நிலைகளை உள்ளடங்கியுள்ளன. அவை

1. ஆயத்த நிலை/தயாரிப்பு நிலை/ மூலதன நிலை – இங்கு ஏ.டி.பி ஆனது உட்கொள்ளப்படுகிறது அல்லது எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது.
2. வழங்கும் நிலை – இங்கு ஏ.டி.பி உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன (படம் 4.4).

தயாரிப்பு நிலையில் இரண்டு ஏ.டி.பி மூலக்கூறுகள் பயன்படுத்தப்பட்டு பிறகு குளுக்கோஸானது பாஸ்பேற்றமடைந்தும், உருமாற்றப்பட்டும் மற்றும் உடைந்தும் இரண்டு மூன்று கார்பன்களைக் கொண்ட கூட்டுப்பொருட்களான கிலசரால்டிஹைடு பாஸ்பேட் மற்றும் டைஹைடுராக்ஸி அசிடோன் பாஸ்பேட் என மாற்றமைகின்றன.

வழங்கும் நிலை அல்லது ஆற்றலை பாதுகாக்கும் நிலையில், இந்த இரண்டு மூன்று கார்பன் மூலக்கூறுகள் (3C) பல படிகளில் ஆக்ஸிசனேற்றம் அடைந்து இரண்டு பைருவிக் அமில மூலக்கூறுகள் தயாரிக்கப்படுகிறது மற்றும் 2 NAD^+ மூலக்கூறுகள் NADH ஒடுக்கமடைகின்றன எனவே நான்கு ஏ.டி.பி மூலக்கூறுகள் ஸப்ஸ்டிரேட் லெவல் பாஸ்பாரிலேஷனால் உருவாக்கப்படுகின்றது.

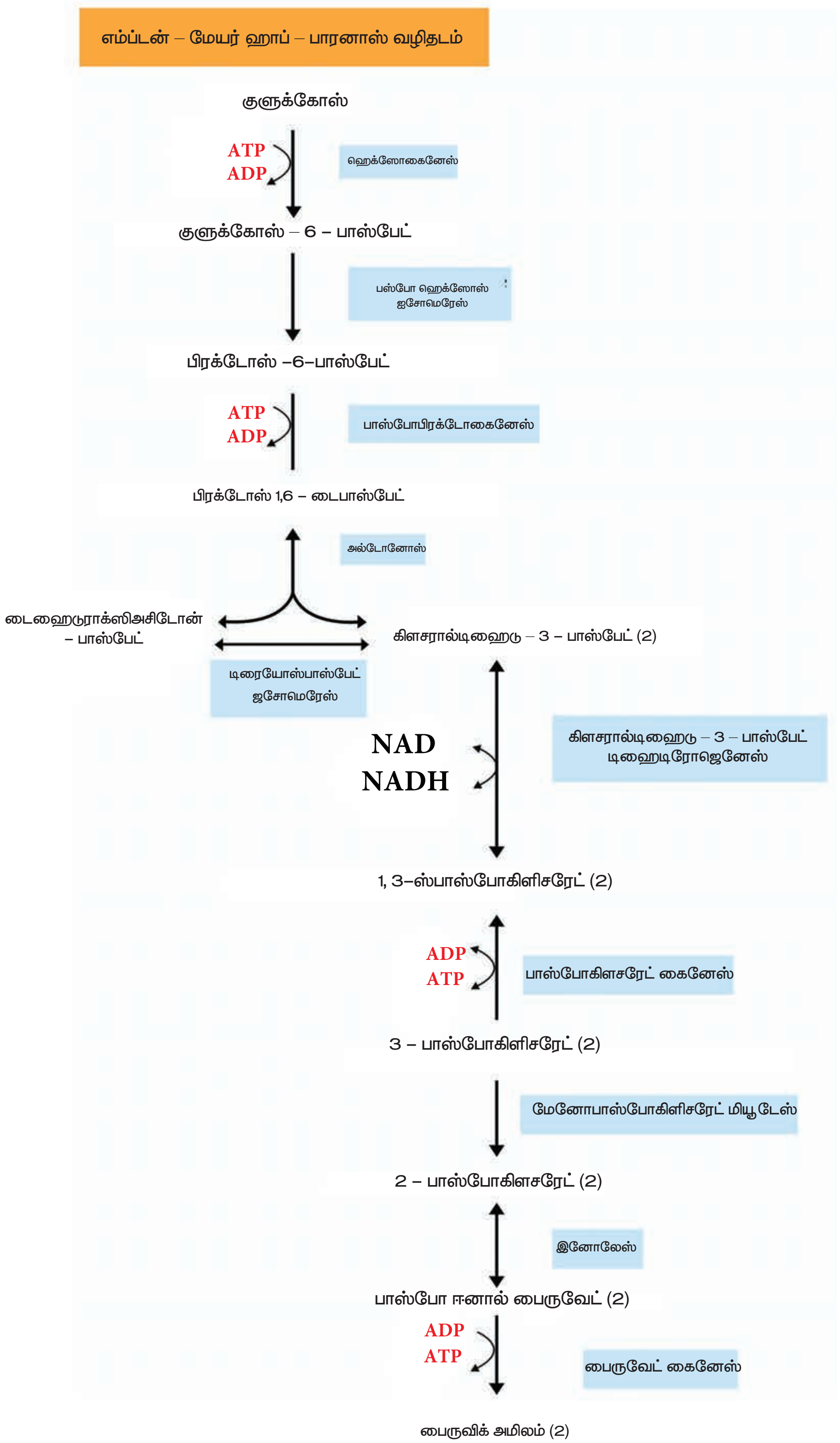
கிளைக்காலைஸிசை தொடங்குவதற்கு இரண்டு ஏ.டி.பி மூலக்கூறுகள் தேவைப்படுகின்றன மற்றும் சுழற்சியின் இறுதியில் நான்கு ATP உருவாக்கப்படுகின்றன. எனவே, ஒவ்வொரு குளுக்கோஸ் மூலக்கூறுகளும் ஆக்ஸிசனேற்றம் இரண்டு ATPக்கள் கிளைகாளைஸிஸ் வழியே பெறப்படுகின்றன.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

குளுக்கோமீட்டரில் பயன்படுத்தப்படும் தாள்களில் உள்ள வேதிப்பொருள் குளுக்கோஸ் ஆக்ஸிடேஸ் எனப்படும். அவை இரத்த மாதிரிகளில் உள்ள குளுக்கோஸ் உடன் வினைப்புரிந்து குளுக்கோனிக் அமிலமாக மாற்றுகின்றன.

TN_GOVT_XII_Micro_Biology_TAMIL_CH04.indd 48 2/14/2020 4:37:33 PM

கிளைகாலைசிஸ்



படம் 4.4: கிளைகாளைசிஸ் பாதை

கிளைகாளைஸிசிற்கு மாற்று முறைகள்

பல பாக்டீரியாக்கள் குளுக்கோஸை ஆக்ஸிசனேற்றம் செய்வதற்கு கிளைகாளைசிஸ் வினைகளுடன் சேர்த்து பிற வழித்தடங்களையும் கொண்டுள்ளன. பெரும்பாலும் பாக்டீரியாக்களில் நிகழும் பொதுவான வழிதடங்களான.

- பென்டோஸ் பாஸ்பேட் வழிப்பாதை (அ) ஹெக்சோஸ் மோனோ பாஸ்பேட் ஷண்ட் வழிபாதை
- என்ட்னர் – டோடராப் வழிபாதை

4.5 டிரைகார்பாக்ஸிலிக் அமில சுழற்சி

டி.சி.ஏ. சுழற்சியை முதன்முதல் 1937இல் சர் ஹான்ஸ் அடால்ப் க்ரெப்ஸ் ஜெர்மன் எனும் உயிர் வேதியியலாளர் என்பவரால் தெளிவாக விவரிக்கப்பட்டது. இவை டிரைகார் பாக்ஸிலிக் அமில சுழற்சி, சிட்ரிக் அமில சுழற்சி, ஆம்பிபோலிக் சுழற்சி என்றும் கூறப்படுகின்றது. புரோகேரியோட் செல்களில், சிட்ரிக் அமில சுழற்சியானது சைட்டோபிளாசத்திலும் யூக்கேரியோட் செல்களில் இவை மைட்டோகான்டிரியத்திலும் நிகழ்கின்றன.

இச்செயலில் குளுக்கோஸ் வழிப்பொருளான கொழுப்பு அமிலங்கள் மற்றும் அமினோ அமிலங்கள் ஆக்ஸிசனேற்றமடைந்து வரிசையாக பல்வேறு நொதிகளால் கட்டுப்படுத்தப்பட்டு கார்பன்டையாக்சைடாக மாற்றப்படுகின்றன. க்ரெப்ஸ் சுழற்சில், மேற்கூறிய எரிபொருட்கள் ஆக்ஸிச்னேற்றமடைந்து உயர் ஆற்றல் கொண்ட எலக்ட்ரான்களை சேகரித்து செயல்படுத்தப்பட்ட ஏலக்ட்ரான் கடத்திகளான NADH மற்றும் $FADH_2$ வழியே கடத்தப்படுகின்றன.

மேலும் க்ரெப்ஸ் சுழற்சியானது பல பிற மூலக்கூறுகள் உருவாகும் முன்னோடி ஆதாரமாக விளங்குகிறது. எனவே இச்சுழற்சி ஆம்பிபோலிக் வழித்தடம் (வளர்மாற்றம் மற்றும் சிதைமாற்றம் ஆகிய இரண்டு செயல்களும் இச்சுழற்சியில் நிகழ்கின்றன) எனப்படுகிறது. இச்சுழற்சியினை மூலக்கூறுகள் உருவாக்குதல் மற்றும் சிதைத்தல் ஆகிய இரண்டு செயல்களுக்கும் பயன்படுத்தபடலாம்.

பைருவேட் = CoA–SH + NAD^+

$$\xrightarrow[\longleftarrow]{\text{பைருவேட் டிஹைடிரோஜினேஸ் கூட்டுநொதி}}$$

அசிடைல் CoA + CO_2 + NADH

பைருவேட் நேரடியாக க்ரெப்ஸ் சுழற்சியில் நுழைவதில்லை. தயாரிப்பு படிகளில், இவை பிறகு கார்பன் மூலக்கூறுகளை இழந்து பின் இரண்டு கார்பன்களை கொண்ட கூட்டு பொருளாக மாற்றப்படுகின்றன. இச்செயல்முறை கார்பாக்சில் நீக்கம் என்றழைக்கப்படுகின்றது. இரண்டு கார்பன்களை கொண்ட அசிட்டைல் குழு கோஎன்சைம் Aயுடன் அதிக ஆற்றல் கொண்ட இணைப்புகளுடன் இணைந்து அசிடைல் கோஎன்சைம் (அசிட்டைல் CoA) உருவாக்கப்படும்.

பிடிஹெச்சி பைருவேட் டீஹைட்ரோஜினேஸ் கூட்டிணைவு (காம்பிளக்ஸ்) ஆக்ஸிசனேற்றமடைகிறது மேலும் NAD^+ ஒடுக்கமடைந்து NADH ஆக மாற்றப்படுகின்றது. இந்நொதியே பைருவேட் அசிட்டைல் CoAவாக மாற்றமடைவதற்கு காரணமாகும். எனவே இந்நொதி கிளைக்காலைசிஸ் வளர்சிதை மாற்ற வழித்தடத்தை சிட்ரிக் அமில வழித்துடன் இணைந்து செயல்படுவதில் பங்குபெறுகின்றன.

உயர் சிந்தனை கேள்விகள்

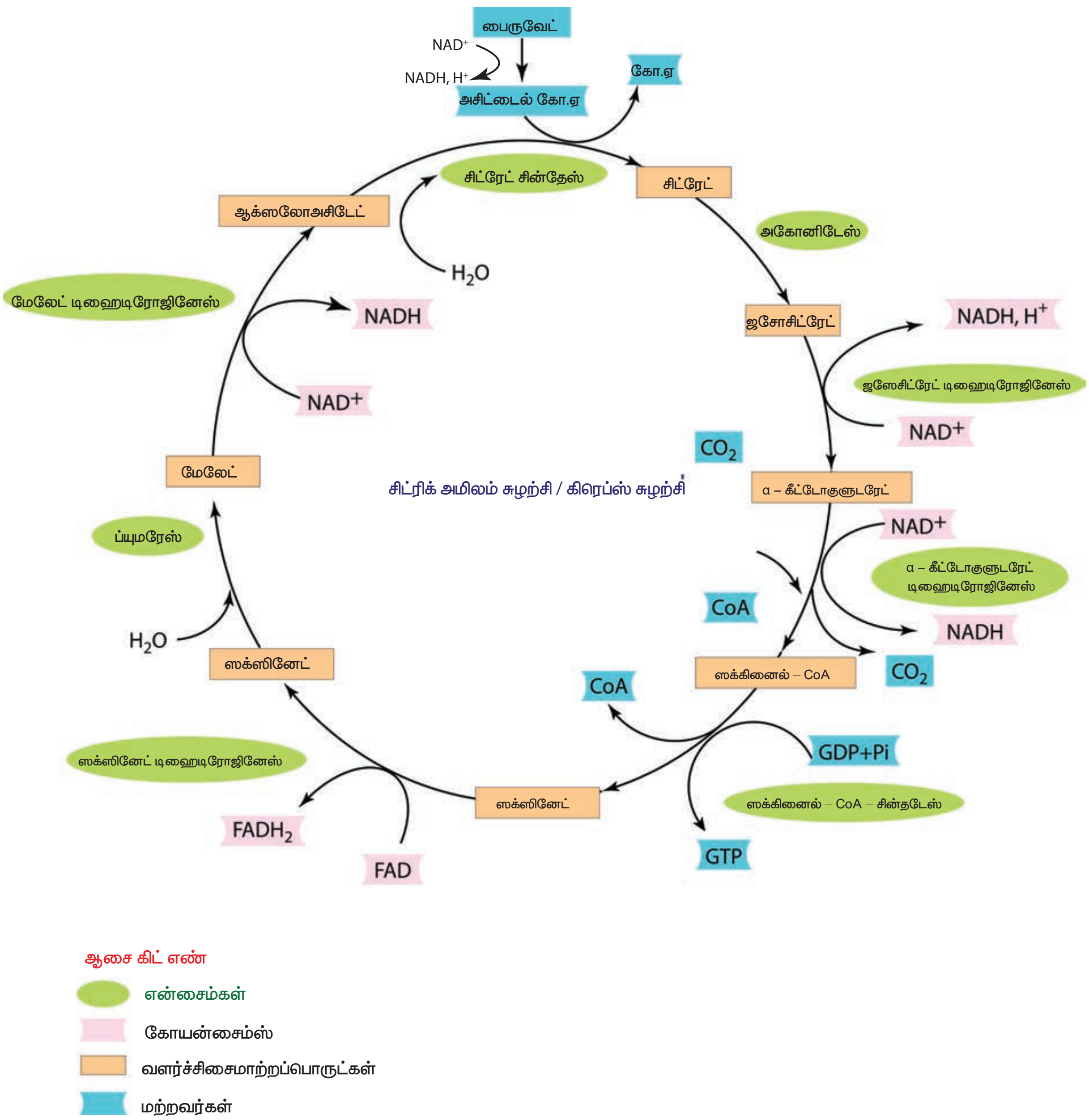
கிளைகாளைசிஸ் வினைக்கு அக்ஸிஜன் தேவைப்படுகிறதா?

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

பைருவேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் குறைபாடுடன் பிறந்த குழந்தைகளில் பொதுவாக லேக்டிக் அசிடோசிஸ் மற்றும் தொடர்ந்து குறைவான உணவு உட்கொள்ளுதல் போன்றவைகளை உண்டாக்குகின்றன.

பைருவேட் டிஹைடிரோஜினேஸ் அணைவு எனும் மூன்று நொதிகள் கொண்ட கூட்டு பொருளால் பைருவேட் அசிட்டைல் CoA ஆக மாற்றப்படும் செயலே பைருவேட் டிகார்பாக்ஸிலேஷன் எனப்படும்.

பின்பு அசிடைல் CoA சிட்ரிக் அமில சுழற்சியில் செல்சுவாசத்தை மேற்கொள்வதற்கும். மேலும் இந்நொதி கிளைக்காலைசிஸ் வினை டி.சி.ஏ சுழற்சியுடன் இணைவதற்கும் பயன்படுத்தப்படுகின்றது (படம் 4.5).



படம் 4.5: க்ரெப்ஸ் சுழற்சி

க்ரெப்ஸ் சுழற்சியில் பைருவிக் அமிலம் ஆக்ஸிசனேற்றமடைந்ததிலிருந்து அதிக வேதி ஆற்றல் நறைந்த பொருட்களான ATP, NADH, $FADH_2$ ஆகிய பொருட்களை உற்பத்தி செய்கின்றன. பைருவிக் அமிலம் ஒரு கார்பன் அணுக்களை இழந்து CO_2 ஆகவும் மற்றும் NAD^+ ஒடுக்கமடைந்து NADH ஆக ஒடுக்கமடைகின்றது. இரண்டு கார்பன்களை கொண்ட அசிடைல் மூலக்கூறு கோஎன்சைம் Aவுடன் இணைக்கப்படுகின்றது. அசிட்டைல் CoA வில் உள்ள அசிட்டைல் தொகுதியை 4C கொண்ட கூட்டுபொருளுடன் (ஆக்ஸலோஅசிடேட்) இடமாற்றப்படுகின்றது. பின்பு 6C கூட்டுபொருளான சிட்ரேட்டை உண்டாகுகின்றது. கோஎன்சைம்A வெளியேற்றப்பட்டு பிறகு மீண்டும் இணைப்பு வினைகளுக்கு சென்று மற்றொரு அசிட்டைல் CoAவை உண்டாக்குகின்றது. ஆக்ஸலோஅசிட்டேட் என்பது இங்கு வளர்சிதை மாற்ற வழித்தடத்தில் முதல் வினைபடுபொருளாகவும் மற்றும் இறுதிபொருளாகவும் உள்ளது (ஒரு வளையத்தை உருவாக்குதல்).

பின் சிட்ரேட் உருவாக்கப்படுகிறது. இச்சுழற்சி தொடந்து ஏழு வெவ்வேறு நொதிகளால் வினையூக்கப்பட்டு ஐசோசிட்ரேட், கீட்டோ குளுடரேட், சக்ஸினைல் CoA, சக்ஸினேட்,

TN_GOVT_XII_Micro_Biology_TAMIL_CH04.indd 51 2/14/2020 4:37:34 PM

பியுமரேட், மாலேட் மற்றும் ஆக்ஸலோ அசிடேட் போன்றவை உண்டாக்குகின்றன.

க்ரெப்ஸ் சுழற்சியின் இறுதியில் ஒரு பைருவிக் அமிலமானது இரண்டு CoA, 1ATP (ஸப்ஸ்ட்ரேட் பாஸ்பாரிலேஷன்), 3 NADH மற்றும் 1 $FADH_2$ வை உறுவாக்குகின்றன. பின்பு NADH மற்றும் $FADH_2$, எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலியால் ஆக்ஸிசனேற்றமடைந்து அதிக ATPகளை வழங்குகின்றன.

4.6 எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலி

எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலி என்பது எலக்ட்ரான் கடத்திகள் தொடர் வரிசையில் உள்ளடங்கியுள்ளது. இதில், ஆக்ஸிசனேற்றம் மற்றும் ஒடுக்க வினைகள் நிகழ்கின்றன. இடிசி (ETC) யானது, யூகேரியோட் செல்களில், மைட்டோகாண்டிரியாவின் உள்சவ்வுகளிலும், புரோகேரியோட்களில் பிளாஸ்மா சவ்வு அல்லது சைட்டோபிளாசத்திலும் நிகழ்கின்றது.

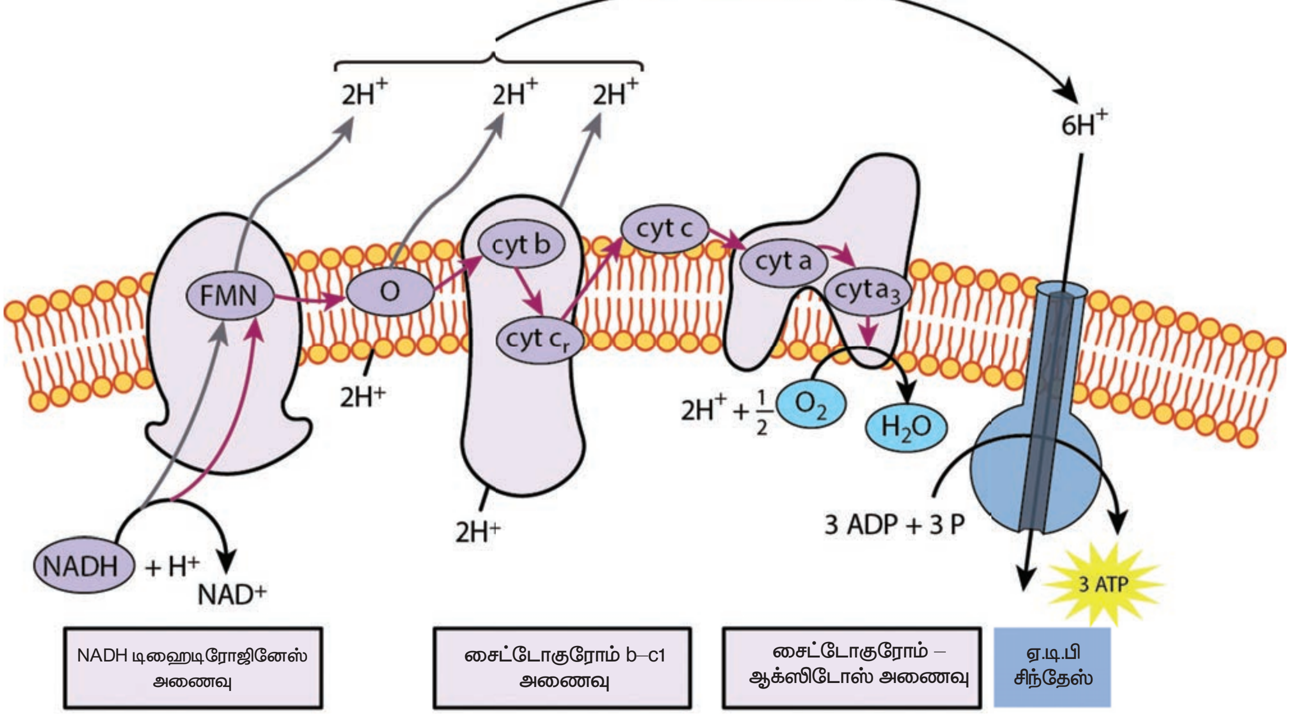
மைட்டோகாண்டிரியாவின் உள்சவ்வுகளில் பொதிந்துள்ள எலக்ட்ரான் கடத்திகளின் வழியே எலக்ட்ரான்களை கொடுப்பவைகளான NADH மற்றும் $FADH_2$ யிடமிருந்து ஆக்ஸிசன் மூலக்கூறுகள் பெறுகின்றன. இச்செயலில், புரோடான்கள் மைட்டோகாண்டிரியாவின் மேட்ரிக்ஸ் பகுதியிலிருந்து உள்சவ்வுகளுக்கு இடையில் அழுத்தப்படுகின்றன, அதே நேரத்தில் O_2 மற்றும் H^+ வுடன் இணைந்து நீர் உருவாகின்றது (படம் 4.6).

உயர் சிந்தனை கேள்விகள்

ஏன் ஒவ்வொரு NADH 3 ATPக்களையும் மற்றும் ஒவ்வொரு $FADH_2$ 2 ATPக்களை உருவாக்கின்றன?

எலக்ட்ரான்கள் சங்கிலியின் வழியே கடந்து செல்லும் பொழுது அவற்றின் தனி ஆற்றல் அதிகப்படியான ATPயாக சேமித்து வைக்கப்படுகின்றது. எலக்ட்ரான்களை கடத்துவதன் வழியே ATPக்களை உருவாக்கும் செயல்முறையே ஆக்ஸிடேட்டிவ் பாஸ் பாரிலேஷன் என்றழைக்கப்படுகின்றது.

சுவாச சங்கிலி என்பது ஒரு எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலி ஆகும். இதில் எலக்ட்ரான் இணைகளோ அல்லது ஆகிஸிசனேற்றம் அடைந்த பொருட்களிலிருந்து வெளியேறும் எலக்ரான் இணைக்ளோ அல்லது எலக்ட்ரான்களை கொண்ட ஹைட்ரஜன் அணுக்களோ ஆக்ஸிசன் ஒடுக்கமடைந்து நிராகுதலில் இணைக்கப்படுகின்றன.



படம் 4.6: எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலி மற்றும் ATPயின் கெமிஆஸ் மாட்டிக்

TN_GOVT_XII_Micro_Biology_TAMIL_CH04.indd 52 2/14/2020 4:37:34 PM

மைட்டோகான்டிரியல் அமைப்பில் எலக்ட்ரான் கடத்திகள் மூன்று பகுதிகளாக வரிசையாக அமைந்துள்ளன. அவை

பிளேவோபுரதங்கள்: இப்புரதம் பிளேவினை கொண்டுள்ளன.இவைஒருரிபோபிளேவினிலிருந்து பெறப்படுகின்ற (Vit B_{12}) கோஎன்சைம் ஆகும். பிளோவோபுரதங்களில் ஒரு முக்கிய புரதம் பிளேவின் மோனோ நியுக்ளியோடைட் ஆகும்.

யுபிகுயினோன் (கோஎன்சைம் Q): இவை சிறிய புரதங்கல்லாத கடத்திகள் ஆகும்.

சைடோகுரோம்கள்: இப்புரதங்கள் இரும்புத்தொகுதியை கொண்டுள்ளன, ஒடுக்க நிலையிலும்(Fe^{2+})மாற்றாக ஆக்ஸினேற்றமடைந்த நிலையிலும்(Fe^{3+}) உள்ளன. எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலியில் செட்டோகுரோம்களான Cyt b, Cyt c_1, Cyt c, Cyt a, Cya_3 ஆகியவை உள்ளடங்கியுள்ளன.

எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலியின் முதல் படியில் உயர் ஆற்றல் கொண்ட எலக்ட்ரான்கள் NADH லிருந்து FMNக்கு மாற்றப்படுகின்றன. உண்மையில் இவை $2e^-$உள்ளடக்கிய ஹைட்ரஜன் FMNக்கு கடத்தப்படுகின்றன.

நீர்த்த ஊடக்கத்திலிருந்து கூடுதலாக H^+களை எடுத்துச் செல்கின்றன. இதனால் முதல் மாற்றத்தில் NADHயானது NAD^+யாக அக்ஸிசனேற்றமடைகின்றது. FMN யானது $FMNH_2$ யாக ஒடுக்கமடைகின்றது.

இரண்டாவது படியில், $FMNH_2$ ஆனது 2 H^+களை மைட்டோகான்டிரிய சவ்வின் மறுபக்கத்திற்கு நகர்த்துகின்றன மற்றும் 2 எலக்ட்ரான்கள் கோஎன்சைம் Qவிற்க கடத்தி செல்கின்றன. இதனால் $FMNH_2$ ஆக்ஸிசனேற்றமடைந்து FMN ஆக மாற்றப்படுகின்றன. கோஎன்சைம் Qயும் கூடுதலாக $2H^+$ நீர்த்த ஊடகத்திலிருந்து சவ்வின் மறுபக்கத்திற்கு வெளியேற்றுகின்றன.

அடுத்தபடியில், எலக்கட்ரான்கள் தொடர்ச்சியாக கோஎன்சைம் Qவிலிருந்து Cyt b, Cyt c_1, Cyt c, Cyt a, Cya_3விற்கு எடுத்துச்செல்லப்படுகின்றன.

சங்கிலியில் உள்ள ஒவ்வொரு சைட்டோகுரோம்களும் எலக்கட்ரான்களை எடுக்கும்பொழுது ஒடுக்கமடைகின்றன மற்றும் எலக்கட்ரான்களை கொடுக்கும்பொழுது ஆக்ஸிசனேற்றமடைகின்றன.

க்ரெப்ஸ் சுழற்சியிலிருந்து பெறப்படும் $FADH_2$ ஆனது எலக்ட்ரான்களின் மற்றொரு ஆதாரமாகும். இ.டி.சி.யின் இறுதியில், NADH ஆனது 3 புரோடான்களை வெளியேற்றுகின்றன. (3 ATP உற்பத்தி செய்தல்) ஆனால் $FADH_2$ 2 புரோட்டான்களை மட்டும் வெளியேற்றுகின்றன. (ATP உற்பத்தி செய்தல்).

4.6.1 ATPயின் கெமிஆஸ் மாட்டிக் இயக்கமுறை

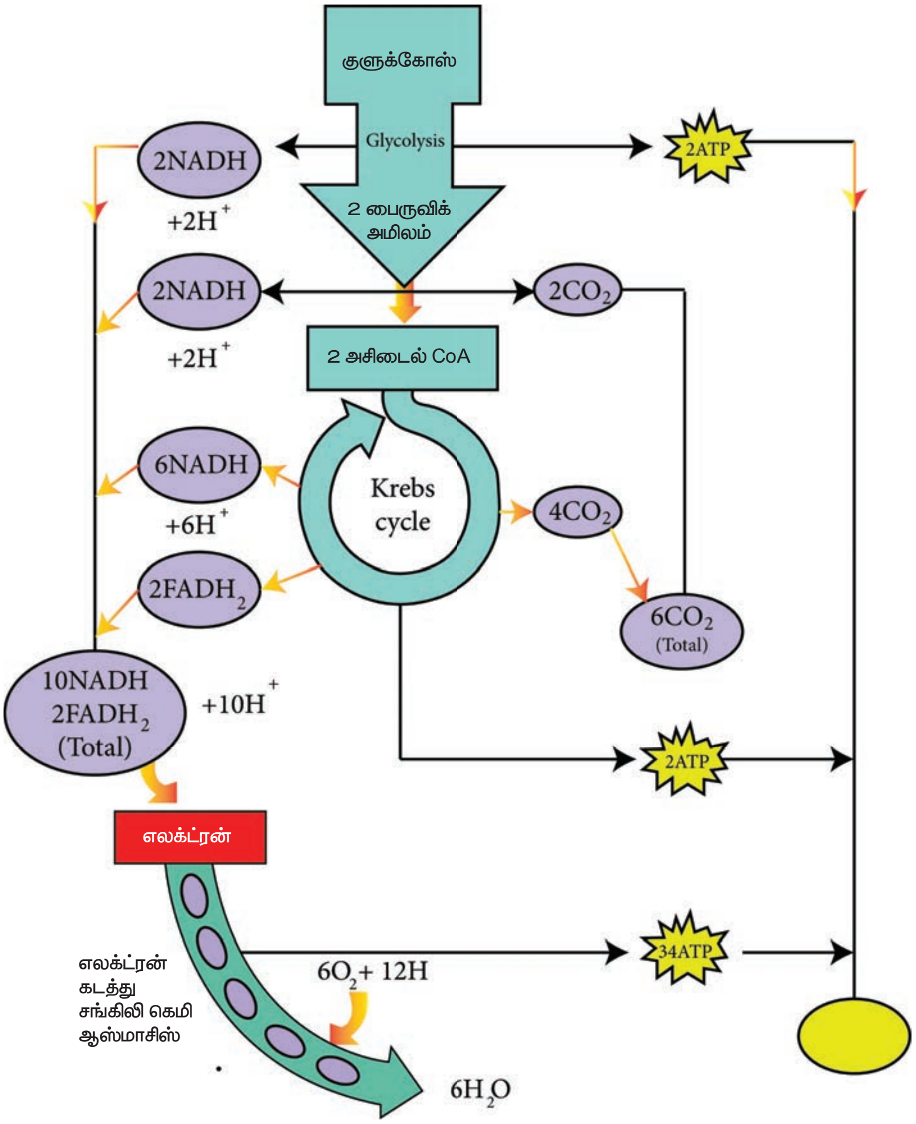
ATPயின் உற்பத்தி, கெமிஆஸ் மாட்டிக் இயக்கமுறையின் வாயிலாக **நடைபெறுகிறது என 1961யில்** பீட்டர் மிட்செல் என்னும் உயிர்வேதியியலாளரால் முதல் முதலில் முன்மொழியப்பட்டது. ETCயில், உயர் ஆற்றல் எலக்ட்ரான்கள் NADH யிலிருந்து எலக்ட்ரான் கடத்திகளை கடந்து செல்லும் பொழுது சங்கிலியில் உள்ள சில கடத்திகள் புரோட்டான்களை அழுத்தி சவ்விலிருந்து உள்சவ்வின் இடைவெளிக்கு கடத்துகின்றன. ஆதலால் அடர்த்தி செரிவுக்கு கூடுதலாக ஒரு மின் சுமை செரிவு உருவாக்கப்படுகிறது. உருவாக்கப்பட்ட மின் வேதி செரிவு பெற்றுள்ள உள்ளார்ந்த ஆற்றல் புரோடான் நகர்வு விசை எனப்படும்.

புரோட்டான்கள் புரத வழித்தடங்கள் வழியாக சவ்வுகளை கடந்து சென்று பரவுகின்றன. அவை ஏ.டி.பி.ஏஸ் எனும் நொதியினை கொண்டுள்ளன. இப்பாய்வு (ஓட்டம்) நிகழும் பொழுது ஆற்றல் வெளியேற்றப்படும். பிறகு அவை நொதிகளால் பயன்படுத்தப்பட்டு ADP மற்றும் பாஸ்பேட்டிலிருந்து ATP உருவாக்கப்படுகின்றன.

சங்கிலியின் இறுதியில், எலக்ட்ரான்கள் மேட்ரிக்ஸ் நீர்மத்தில் உள்ள புரோட்டான்கள் மற்றும் O_2 இணைந்து நிரை உருவாக்குகின்றன. எனவே O_2 மூலக்கூறுகளே இறுதியாக எலக்ட்ரான் ஏற்பியாகும். எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலியானது ஒளி பாஸ்பேற்ற செயல்களிலும் நிகழ்கின்றன. சைனோபாக்டீரியாவின் தைலகாய்டு சவ்விலும், யூகேரியோட்களில் பசுங்கனிங்கங்கள் (குளோரோமிளாஸ்ட்கள்) போன்ற தளங்களில் அமைந்துள்ளன (படம் 4.7).

காற்றுள்ள சுவாசித்தலின் மேற்புறப்பார்வை:

- எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலி வழியே மீண்டும் உற்பத்தியாகும் NAD மற்றும் FAD மீண்டும் கிளைகாளைசிஸ் மற்றும் க்ரெப்ஸ் சுழற்சியில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.



படம் 4.7: காற்றுச் சுவாசத்தின் கண்ணோட்டம்

அட்டவணை 4.2: புரோக்கேரியோட்களில் சுவாத்தலின் போது உருவாக்கப்படும் மொத்த ATPகள்

கிளைலைசிஸ் 1. குளுக்கோஸ் ஆக்ஸிசனேற்ற அடைந்து பைருவிக் அமிலம் ஆதல் 2. 2NADHயின் தயாரிப்பு	**தயாரிப்பு படிகள்** 2ATP (இ.டி.சியில் ஆக்ஸிடேட்டிவ் பாஸ்பாரிலேஷன்) 6ATP (இ.டி.சியில் ஆக்ஸிடேட்டிவ் பாஸ்பாரிலேஷன்)
தயாரிப்பு படிநிலை 1. அசிடைல் CoA மற்றும் 2. 2 NADHயின் உற்பத்தி	6ATP (இ.டி.சியில் ஆக்ஸிடேட்டிவ் பாஸ்பாரிலேஷன்)
க்ரெப்ஸ் சுழற்சி 1. சக்ஸினைனல் CoA ஆக்ஸிசனேற்றமடைந்து சக்ஸினிக் அமிலமாக மாற்றமடைகின்றது. 2. 6NADHயின் உற்பத்தி 3. 2FADHயின் உற்பத்தி	2ATP (ஸப்ஸ்ட்ரேட் லெவல் பாஸ்பாரிலேஷன்) 18ATP (இ.டி.சியில் ஆக்ஸிடேட்டிவ் பாஸ்பாரிலேஷன்) 4ATP (இ.டி.சியில் ஆக்ஸிடேட்டிவ் பாஸ்பாரிலேஷன்)

1NADH = 3ATP 1FADH$_2$ = 2ATP

- எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலியில் கடத்தப்படும் பல்வேறு எலக்ட்ரான்கள் மாற்றமடைந்து ஏறக்குறைய 34 ATPக்களை உற்பத்தி செய்கின்றன.

(10 NADH = 10 x 3 = 30 + 2 $FADH_2$ = 2 x 2 = 4)

புரோக்கேரியோட்களில் குளுக்கோஸ் மூலக்கூறானது ஆக்ஸிசனேற்றம் அடைந்து மொத்தம் 38 ATP மூலக்கூறுகளை உற்பத்தி செய்கின்றது. ஆனால் யூக்கேரியோட்களில் 36 ATP மூலக்கூறுகள் மட்டும் உற்பத்தியாகின்றன. ஏனென்றால் யூக்கேரியோட்களில் எலக்ட்ரான்கள் சைட்டோபிளாசத்திலிருந்து மைட்கான்டிரிய சவ்வினை முழுவதும் கடந்து செல்லும் பொழுது சில ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படுகின்றது.

க்ரெப்ஸ் வினையானது எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலியிலிருந்து தனித்து செயல்படுகின்றது (அட்டவணை 4.2). அத்தகைய பிரித்தல் செயல் புரோக்கேரியோட்களில் காணப்படுவதில்லை.

$$C_6H_{12}O_6 + 6CO_2 + 38ADP + 38P_i \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38ATP$$

4.7 கொழுப்பு சிதைமாற்றம்

நுண்ணுயிர்கள் பொதுவாக தொடர்ந்து பல்வேறு கொழுப்புகளான டிரைகிளிசரைடு அல்லது டிரைகிளிசரால் (கிளசரால் மற்றும் கொழுப்பு அமிலங்கள், அதிக எஸ்டர்கள்) ஆற்றல் அளிக்கும் ஆதாரங்களாக சேமிக்கப்பட்டு பின்பு பயன்படுகின்றன. இவை நீர் பகுப்பினால் கிளிசரால் மற்றும் கொழுப்பு அமிலங்களாக நுண்ணுயிர்களின் லிபேஸ் எனும் நொதியினால் மாற்றப்படுகின்றன. பிறகு கிளசராலானது பாஸ்பேற்றம் மற்றும் ஆக்ஸிச்னேற்றமடைந்து டைஹைறாக்ஸி அசிடோன் பாஸ்பேட்டாக மாற்றப்படுகின்றன. பிறகு அவை கிளைக்காளைசிஸ் வழித்தடங்களில் சிதை மாற்றமடைகின்றன. இதை தொடர்ந்து டிரைகிளிசரால் மற்றும் பிற கொழுப்புகலிருந்து பெறும் கொழுப்பு அமிலங்கள் பீட்டா ஆக்ஸிசனேற்ற வழித்தடத்தில் ஆக்ஸிசனேற்றம் அடைகின்றன. இவ்வழித்தடத்தில் கொழுப்பு அமிலங்கள் சிதைக்கப்பட்டு அசிட்டைல் CoA வாக மாற்றப்பட்டு (2C துண்டுகள்) பிறகு அவை TCA சுழற்சியில் நுழைகின்றன.

குமிழ்கள் காணப்படுவது கேட்டலேஸ் இருத்தலை முடிவில் உறுதிப்படுத்துகிறது. ஒரு நுண்ணுயிர் கேட்டலேஸ் நொதியினை உற்பத்தி செய்யுமெனில். அவற்றுடன் ஹைட்ரஜன் பெராக்ஸைடை சேர்க்கும் பொழுது ஆக்ஸிசன் குமிழ்களை உருவாக்குகின்றது.

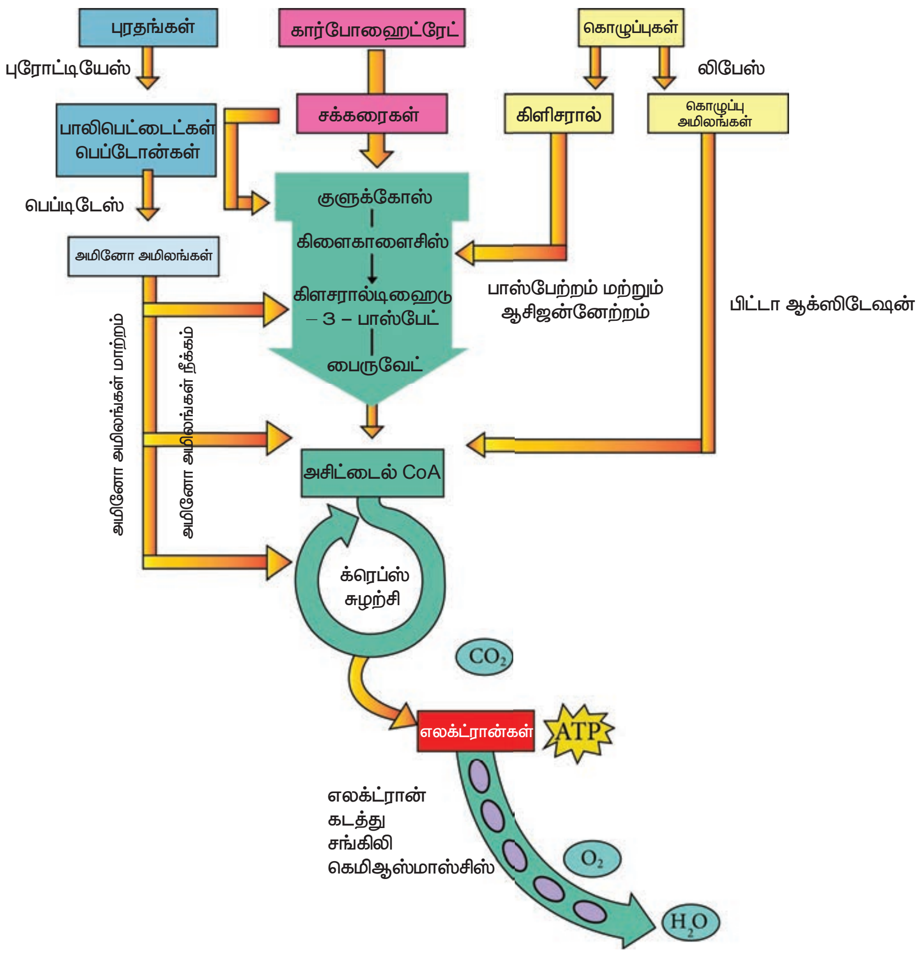
இன்றைய காலநிலையில் ஒரு முக்கிய சுற்றுசூழல் பிரச்சனைகளில் பெட்ரோவேதி தொழிற்சாலை தொடர்பான செயல்பாடுகளிலிருந்து வெளிவரும் ஹைட்ரோகார்பன் எனும் வேதிபொருட்களால் அசுத்தப்படுத்துதாகும். பல்வேறு பாக்டீரியாக்கள் இவ்வகை ஹைடிரோகார்பன்களை உணவாக உட்கொண்டு மாசுபாட்டை குறைக்க இயலும்.

சூடோமோனாஸ் புட்டீடா (சூப்பர் பக்) அல்கேனி வோராக்ஸ் போர்குமென்ஸ், மைக்கோபாக்டீரியம், பிரிவிபாக்டீரியம், ஆஸ்பர்ஜில்லஸ், பெனிசிலியம், கான்டிடா லிபோலைடிகா போன்ற நுண்ணுயிர்கள் பொதுவாக பெட்ரோலிய பொருட்களை சிதைத்தலில் முக்கிய காரணிகளாகின்றன. **இவ்வகை நுண்ணுயிர்கள் முக்கியமாக பயோரெமிடியிலும் சுற்றுச்சூழல் மாசடைவதையும் குறைக்கின்றன. சிதறிய எண்ணெய்களை சிதைப்பதில் முதன்மையாக பணியாற்றுகின்றன.**

4.8 புரத சிதைமாற்றம்

பல நுண்ணுயிர்கள் புரதங்களை அதன் கார்பன் மற்றும் ஆற்றலுக்கு ஆதாரமாக பயன்படுகின்றது. நோய் உண்டாக்கும் நுண்ணுயிர்கள் புரோடியேஸ் நொதியை சுரக்கின்றன. அவை புரதங்கள் மற்றும் பாலிபெட்டைட்களை நீர்பகுப்பு செய்து அமினோ அமிலங்களாக மாற்றுகின்றன. பிறகு அவை வெளியேறும் செல்களுக்குள் கடத்தப்பட்டு சிதைமாற்றம் அடைகின்றன. புரோட்டியேஸ் (பெட்டிடேஸ் அல்லது புரோடினேஸ்) புரங்களின் சிதைவிற்கு உதவிபுரிகின்றன (படம் 4.8). இவ்வகை புரதங்களை சிதைக்கும் நொதிகள் இறுதியாக புரதங்களின் நீண்ட சங்கிலியை உடைத்து அமினோ அமிலங்களாக மாற்றுகின்றன. இந்நொதிகள் வினைப்புரியும் தளங்களின் அடிப்படையில் புரதங்கள் உடைக்கப்படுவதால் அவை எக்ஸோபெப்பிடேஸ் மற்றும் எண்டோபெப்டிடேஸ் என வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. இப்புரத சிதைவுறுதல் இரண்டு வினைகளில் ஈடுபடுத்துகின்றன. அவை

- அமினோநீக்கம்
- அமினோ மாற்றம்



படம் 4.8: புரதம் , கார்போஹைடிரேட் மற்றும் லிப்பிடுகளின் ஒட்டுமொத்த வளர்சிதை மாற்றம்

அமினோநீக்கம் என்பது அமினோ அமிலத்திலிருந்து அமினோ தொகுதியை நீக்குவதாகும். அமினோ மாற்றம் என்பது அமினோ அமிலத்திலிருந்து அமினோ தொகுதியை அமினோ அமில ஏற்பிகளுக்கு மாற்றுவதாகும்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

பல்வேறு சிதைமாற்ற முறைகளான இரத்தம் உறைதல், பைரினோலைசிஸ், காம்பிளிமென்ட் செயல்படுத்துதல், பாகோஸைட்டோசிஸ், இரத்த அழுத்த கட்டுப்பாடு ஆகியவை புரோட்டியேஸால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன

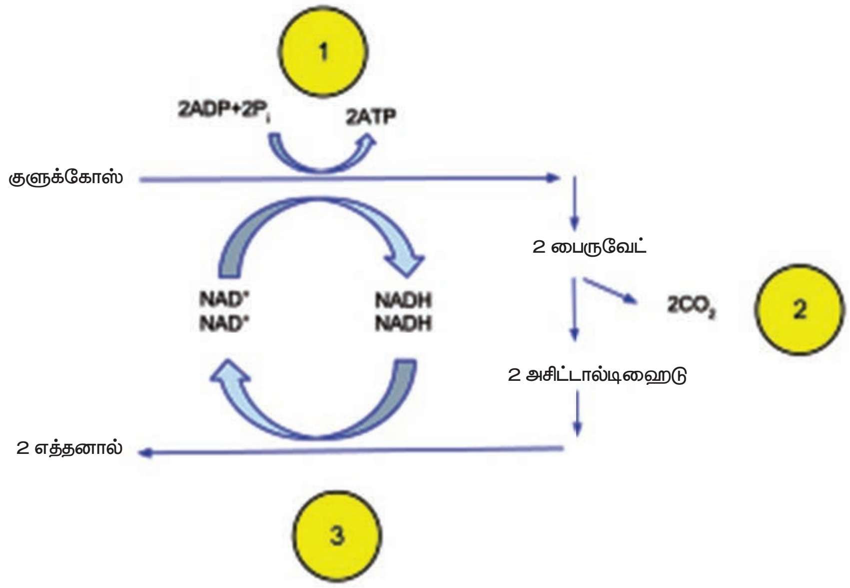
அமினோ நீக்கத்தின் விளைவாக தோன்றிய கரிம அமிலங்கள் பைருவிக் அமிலங்களாக மாற்றப்படுகின்றன. பின் அவை அசிட்டைல் CoA அல்லது டி.சி.ஏ சுழற்சியின் இடைப்பட்ட பொருட்களாக ஆற்றலை வெளியேற்றுகின்றன. அமினோ நீக்கதிலிருந்து உருவான அதிக நைட்ரஜன் அமோனிய அயானாக வெளியேற்றப்படுகிறது.

4.9 நொதித்தல்

1856 இல் லூயிஸ் பாஸ்சர் என்பவரால் முதன்முதலாக ஈஸ்டில் நொதித்தல் வினைக்கு செயல்விளக்கமளிக்கப்பட்டது. நொதித்தல் மற்றும் அதன் நடைமுறைப் பயன்கள் பற்றிய கல்விமுறையே ஸைமாலஜி என பெயரிடப்பட்டது. காற்றற்ற சூழ்நிலையில் மட்டும் சிதைவுறுதல் செயல்பாட்டின் வழியே ஆற்றலை வெளியேற்றுதலே நொதித்தல் எனப்படும். சர்க்கரை அல்லது பிற கரிம மூலக்கூறுகள் சிதைவடைந்து ஆற்றல் வெளியேற்றப்படுதல் என்றும் வரையறுக்கப்படுகின்றன.

இவ்வினைக்கு ஆக்ஸிசன் அல்லது ETC (இடிசி) தேவைப்படுவதில்லை, மற்றும் கரிம மூலக் கூறுகள் இறுதியான எலக்ட்ரான் ஏற்பியாக பயன்படுத்துகின்றன. நொதித்தல் வினையானது சிறிய அளவு ஆற்றல் மட்டுமே வெளியேற்றுகின்றன.

TN_GOVT_XII_Micro_Biology_TAMIL_CH04.indd 56 2/14/2020 4:37:35 PM



படம் 4.9: NADH மற்றும் NAD$^+$ யின் உயிர்வேதியியல் பரிமாற்றம்

காற்றில்லா சுவாசிகளில் NADH ஆக்ஸிசனேற்றம் அடைந்து NAD$^+$ ஆக மாற்றமடைவதற்கு எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலியை பயன்படுத்துவதில்லை, எனவே நொதித்தல் முறையானது தொடர்ந்து NAD$^+$ வழிங்குதலை பராமரிக்கவும் இயல்பான வழித்தடங்கள் பாதைகள் சரியாக செயல்படவும் மாற்று முறையாக பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

தன்விரும்பி காற்றில்லா சுவாசிகள் காற்றற்ற சூழ்நிலையில் நொதித்தலும் காற்றுள்ள பொழுது சுவாசித்தல் நிகழ்வுகளும் பயன்படுத்த முடியும். நொதித்தலில் NADH மீண்டும் ஆக்ஸிசனேற்றமடைந்து NAD$^+$ பைருவிக் அமிலம் பல்வேறு கரிம அமிலமாக மாற்றப்படுகின்றன.

நொதித்தலின் பொழுது, NADH என்பது மீண்டும் கோஎன்சைம் NAD$^+$ ஆக மாற்றப்படுகின்றது. எனவே அவை மீண்டும் கிளைகாளைசிஸ் சுழற்சிக்கு பயன்படுத்த முடியும் (படம் 4.9).

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

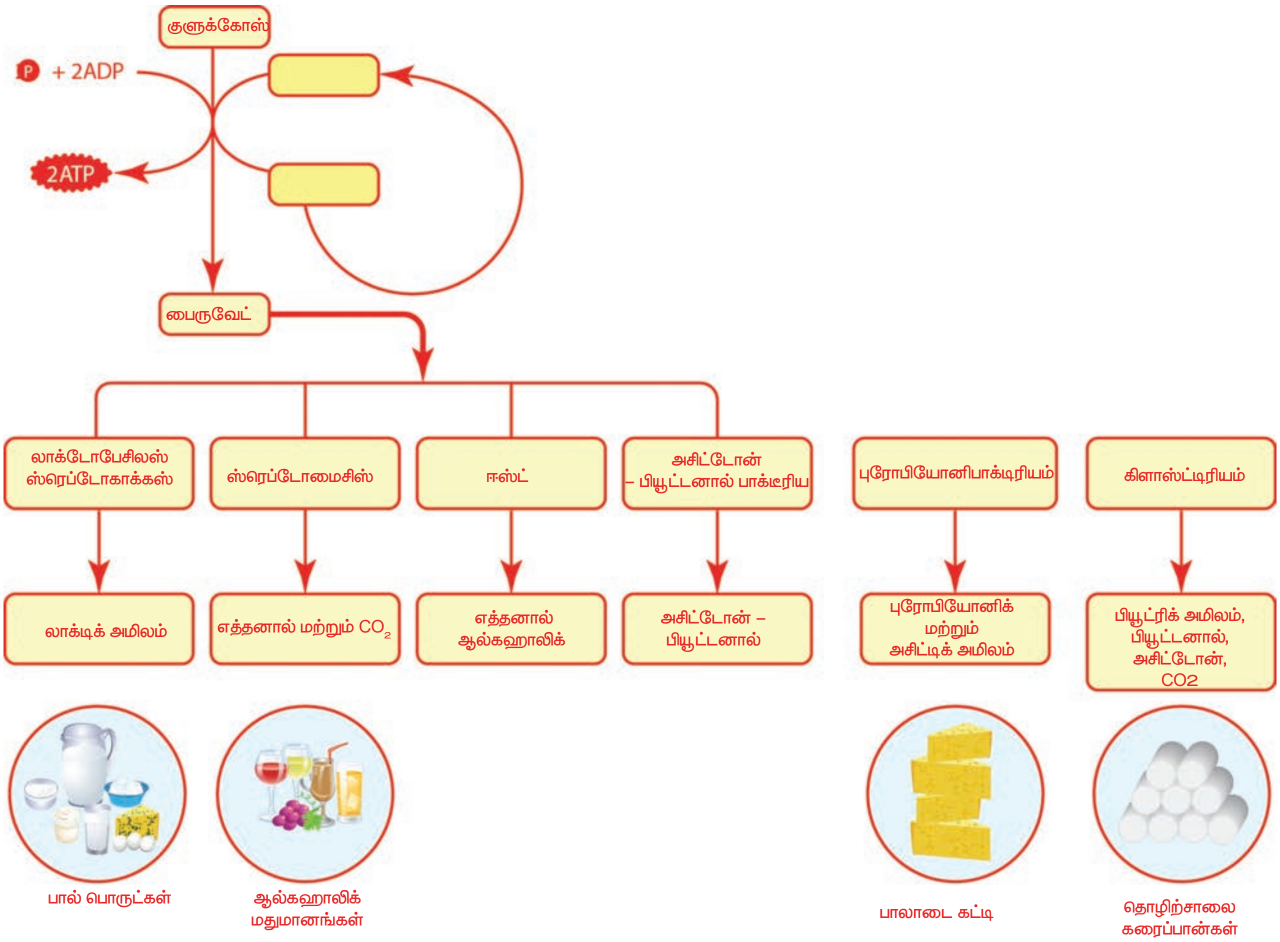
அக்யூபிக்ஸ் (நீர் தயாரிப்பாளர்) அக்யூபேசியே என்பது பல்வேறு கடுமையான சுற்றுச்சூழல் அமைப்பில் வாழும் பாக்டீரியாக்களை சேகரிப்பதாகும். இவை ஹைட்ரஜன் ஆக்ஸிசனேற்றம் அடைவதால் நீரை உருவாக்குகின்றன.

கரிம எலக்ட்ரான் ஏற்பிகளான பைருவேட் அல்லது அசிட்டால்மஹைடு NADHவுடன் வினைப்புரிந்து NAD$^+$ ஆகவும், CO_2 மற்றும் கரிம கரைப்பான்களான எத்தானல் போன்றவற்றை உற்பத்தி செய்கின்றன. நொதித்தலை லாக்டிக் அமிலம் நொதித்தல் மற்றும் ஆல்கஹால் நொதித்தல் என்றும் வகைப்படுத்தலாம்.

4.9.1 லாக்டிக் அமில நொதித்தல்

கிளைக்காளைசிஸ் சுழற்சியின் பொழுது லாக்டிக் அமிலம் நொதித்தலின் முதல் படியில் ஒரு குளுக்கோஸ் மூலக்கூறு ஆக்ஸிசனேற்றமடைந்து இரண்டு பைருவிக் அமிலங்களையும் ஆற்றலையும் உருவாக்குகிறது. *லாக்டோபாசில்லஸ்* மற்றும் *ஸ்ரெப்டோகாக்கஸ்* என்பவை லாக்டிக் அமிலம் உற்பத்தி செய்யும் பாக்டீரியாக்கள் ஆகும். பால பிறகு நொதிக்கப்பட்ட பொருட்களான தயிர், யோகர்ட் மற்றும் பாலாடைக்கட்டியாக மாற்றப்படுகின்றன (படம் 4.10).

பாலில் உள்ள லாகட்டோஸ் நொத்தலின் போது இப்பாக்டீரியாக்களால் லாக்டிக் அமிலமாக மாற்றுகின்றன. அவை பாலில் உள்ள புரதத்துடன் செயல்பட்டு யோகர்டின் அமைப்பு, புளிப்பு சுவை போன்ற பண்புகளை வழங்குகின்றன. இங்கு லேக்டேஸ் எனும் நொதி பாக்டீரியாக்களால் உற்பத்தி செய்யப்பட்டு அவை லாக்டோஸை லாக்டிக் அமிலமாக மாற்றுகின்றது.



படம் 4.10: நுண்ணுயிர் நொதித்தல் செயலினால் உண்டான பல்வேறு பொருட்கள்

> **உங்களுக்குத் தெரியுமா?**
>
> தசை செல்களில் லேக்டிக் அமிலம் உருவாதலால் தசைபிடிப்பு உண்டாகின்றன.

ஹொமோலாக்டிக் அமில நொதித்தல்

இவ்வகை நொதித்தலில், நுண்ணுயிர்கள் லாக்டிக் அமிலத்தை மட்டும் உற்பத்தி செய்கின்றன. எனவே இவை ஹோமோலாக்டிக் நொதித்தல் எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றது.

குளுக்கோஸ் + 2ADP + 2P ⟶ லாக்டிக் அமிலம் + 2ATP

ஹெட்டிரோ அமில நொதித்தல்

இவ்வகை நொதித்தலில் நுண்ணுயிர்கள் லாக்டிக் அமிலத்துடன், பிற அமிலங்கள் அல்லது ஆல்கஹாலையும் உற்பத்தி செய்கின்றன. எனவே இது ஹெட்டிரோலாக்டிக் நொதித்தல் என அழைக்கப்படுகின்றது. அவை தொடர்ந்து பென்டோஸ் பாஸ்பேட் வழித்தடங்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

> **உயர் சிந்தனை கேள்விகள்**
>
> செல்கள் கிளைகாளைசிஸிலிருந்து 2ATPக்களை பெற்றபின்னும், ஏன் நொதித்தல் தேவைப்படுவது ஏன்?

ஆல்கஹால் நொதித்தல்

ஆல்கஹால் நொதித்தல் கிளைகாளைஸில் தொடங்கி 2 பைருவிக் அமில மூலக்கூறுகள் மற்றும் 2 ATP மூலக்கூறுகளையும் வழங்குகின்றது. பின்பு 2 பைருவிக் அமில மூலக்கூறுகள் 2 அசிட்டால்டிஹைடு மற்றும் $2CO_2$ மூலக்கூறுகள் மாற்றப்படுகின்றன அ.சிட்டால்டிஹைடு பின் NADH ஆல் ஒடுக்கமடைந்து எத்தனாலாக உருவாக்கப்படுகின்றது. ஈஸ்ட் ஸாக்ரோமைசஸ்சால் உற்பத்தி செய்யப்படும் எத்தனால் மற்றும் CO_2, மதுபானங்களிலும் மற்றும் பிசைந்த மாவிலும் பயன்பத்தப்படுகின்றன.

TN_GOVT_XII_Micro_Biology_TAMIL_CH04.indd 58 2/14/2020 4:37:36 PM

4.10 நொதிகள் (என்சைம்)

வாழ்க்கை என்பது சரியாக ஒருங்கிணைந்த பல பரந்த முக்கிய வேதிவினைகளை உள்ளடக்கிய சிக்கலான வலைப்பின்னல் ஆகும். இவ்வினைகள் உயிரிகளின் உள்ளே வினையூக்கிகள் உற்பத்தியாவதன் காரணத்தால் ஏற்படுகின்றன. வாழ்க்கை என்பது பல பரந்த முக்கிய வேதிவினைகளை உள்ளடக்கியவை ஆகும். என்சைம் என்ற சொல் பிரிடரிக் வில்ஹென் குன் என்பவரால் இவ்வகை உயிரி வினையூக்கிகளை குறிக்க வடிவமைக்கப்பட்டது. என்சைம் என்பது (என்–உள், சைம்–ஈஸ்ட்) பொதுவாக நொதிகளின் பெயர்கள் 'ஏஸ்' என்று முடிவடைகின்றன. எடுத்துகாட்டு: சைட்டோகுரோம் டிஹைடிரோஜெனேஸ். என்சைம்களை பற்றிய படிப்பே என்ஸைமாலஜி என்றழைக்கப்படுகின்றது.

என்சைம்கள் என்பது செல்களுக்குள் பல்வேறு வளர்ச்சிதை உயிர்வேதி வினைகளில் வினையூக்கிகளால் செயல்புரியும் புரதங்கள் அல்லது பெரிய உயிர் மூலக்கூறுகள் ஆகும். ஒரு பொருள் வேதி வினைகளை வேகமாக செயல்பட செய்யவும் தன்னை நிரந்தரமாக மாற்றிக்கொள்ளாமல் இருந்தலே வினையூக்கி என்றழைக்கப்படுகின்றது. நொதியால் தாக்கப்படும் பொருள் ஸப்ஸ்ட்டிரேட் (ஆரம்பப்பொருள்) எனப்படும். பிறகு நொதியானது ஸப்ஸ்ட்ரேட்டை பிற வெவ்வேறு மூலக்கூறுகளாக மாற்றுதலே இறுதிப்பொருள் எனப்படும் நொதிகள் ஒரு உயிரி வினையூக்கிளாக பங்காற்றுகின்றன (அட்டவணை 4.3).

அட்டவணை 4.3: வேதி வினைகளின் அடிப்படையில் நொதிகளின் வகைப்பாடு

வகுப்பு	வேதிவினை வகை	வினை	எடுத்துக்காட்டுகள்
ஆக்ஸிடோரிடக்டேஸ்	ஆக்ஸிசனேற்றம் ஒடுக்கம் இவற்றில் ஆக்ஸிசன் அல்லது ஹைட்ரஜன்கள் எலக்ட்ரான்களை பெறுகின்றன அல்லது இழக்கின்றன.	$X_{red} + Y_{ox} \longrightarrow X_{ox} + Y_{red}$	சைட்டோகுரோம் ஆக்ஸிடேஸ் லாக்டேட் டிஹைடிரோஜினேஸ்
டிரேன்ஸ்பெரேஸ்	செயல்பாட்டுக் குழுவின் பரிமாற்றம்	$X - P + Y \longrightarrow X + Y - P$	அசிட்டேட்கைனேஸ் அலனின் டியமினேஸ் டிரேன்ஸ்அமினேஸ், பாஸ்போடிரான்ஸ்பரேஸ்
ஹைடிரோலேஸ் (நீர் பகுப்பு)	நீர்பகுப்பு (நீருடன் வினைப்புரிதல்)	$X - Y + H_2O \longrightarrow X - H + Y - OH$	லிபேஸ், சுக்ரேஸ்
லையேஸ்	நீர்பகுப்பின்றி அணுக்களின் குழுவை அகற்றுதல்	$X - Y \longrightarrow X + Y$	அக்ஸலேட் டிகார்பாக்ஸிலேஸ் ஐசோசிட்ரேட், லையேஸ்
ஐசோமெரேஸ்	மூலக்கூறுகளில் அணுக்களின் மறுஒழுங்கமைவு	$X - Y - Z \longrightarrow X - Z - Y$	குளுக்கோஸ் பாஸ்பேட் ஐசோமெரேஸ், அலானின் ரெசிமேஸ்
லைகேஸ்	இரண்டு மூலக்கூறுகளை இணைத்தல் (பொதுவாக ATP உடைந்ததிலிருந்து பெறப்படும் ஆற்றல் பயன்படுத்தப்படுகிறது).	$X + Y + ATP \longrightarrow X - Y + ADP + P_i$	அசிட்டைல் CoA சிந்தடேஸ், டி.என்.ஏ லைகேஸ்

TN_GOVT_XII_Micro_Biology_TAMIL_CH04.indd 59 2/14/2020 4:37:36 PM

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

குறைவான கேட்டலேஸின் அளவு மனிதரின் முடி நரைத்தலில் முக்கிய பங்காற்றுகிறது.

அகாரிகஸ் பிஸ்போரஸால் தைரோசினேஸ் எனும் நொதி உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றது. இது மெலனோஜெனஸிஸ் வினையில் ஈடுபடுகின்றன. (தோல் மற்றும் முடிக்கு நிறமளித்தல்).

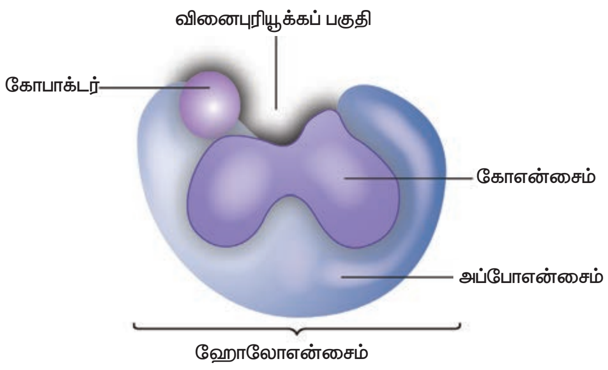
4.10.1 நொதிகளின் பண்பு நலன்கள்

நொதிகள்

- ஆரம்ப பொருட்களில் மிகவும் குறிப்பாக செயல்படக்கூடியவை.
- பலமுறை மீண்டும் பயன்படுத்தக் கூடியவை
- செல்களுக்குள் உற்பத்தியாகின்றன.அவை ஜீன்களால் தீர்மானிக்கப்படுகின்றன.
- வேதிவினைகளின் வேகத்தை அதிகரிக்கின்றன.
- வினையை தொடங்குவதற்கு தேவையான செயல்படுத்தும் ஆற்றலை குறைக்கப் பயன்படுகின்றது.
- ஒரு உயிரி வினையூக்கியாக செயல்படுகிறன.

4.10.2 என்சைமின் அமைப்பு

என்சைம் என்பது பொதுவாக சுமார் 10,000 முதல் பல மில்லியன் என்ற வரம்பில் உள்ளன குலோபுலார் புரதங்கள். ஒவ்வொரு என்சைமகளும் ஒரு தனிப்பட்ட அமினோ அமிலங்கள் வரிசையில் அமைந்துள்ளன. அவை மடிக்கப்பட்டு முப்பரிமாணங்கள் கொண்ட மேற்பரப்பு கட்டமைப்பை பெறுகின்றன. இவை



படம் 4.11: நுண்ணுயிர்களின் நொதிகள்

தகவல் துளி

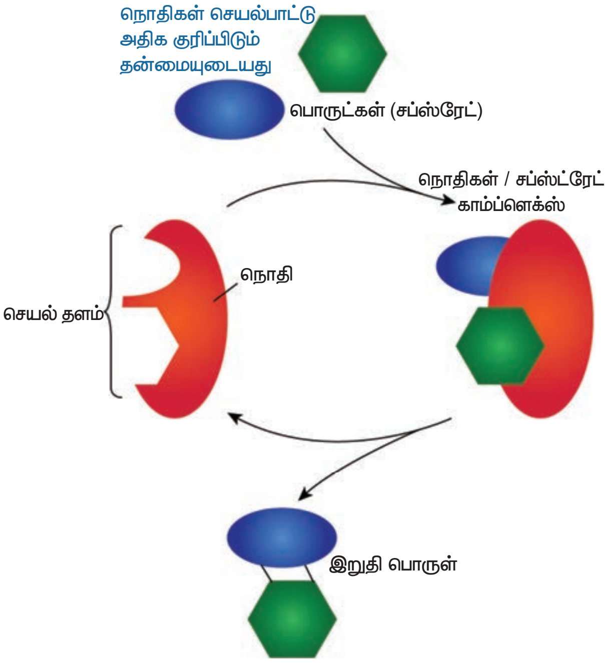
புரதங்கள் அமைப்பில் நான்கு நிளைகளை கொண்டுள்ளன. அவை

- முதன்மை நிலை: அமினோ அமிலங்களின் வரிசையான நிலை.
- இரண்டாம் நிலை:சீரான சுருள்கள் அல்லது மடிப்புகள் பெப்டைடு இணைப்புகளால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.
- மூன்றாம் நிலை: ஒட்டுமொத்த பாலிபெப்டைட்களும் மூன்று பரிமானங்களாக டைசல்பைடு இணைப்புகளால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.
- நான்காம் நிலை: இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட பாலிபெப்டைட் சங்கிலிகள் அனைத்து புரதங்களைப் போன்று நொதிகளும் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அமினோ அமில சங்கிலி தொகுப்பு ஒன்றோடொன்று இணைந்த நிலையில் கொண்டுள்ளன.

செல்களில் பல்வேறு பெரிய மூலக்கூறுகளில் சரியான ஆரம்பபொருளை (ஸப்ஸ்ட்ரேட்) கண்டறிந்து செயல்படுகிறது.

நொதியால் செயல்படும் மூலக்கூறுகளே ஆரம்பபொருள் (ஸப்ஸ்டிரேட்) எனப்படும். நொதிகள் குறிப்பாக செயல்படகூடியவை. ஒவ்வொரு நொதியும் ஒரு வினையில் மட்டும் வினையூக்கியாக செயல்படும். நொதியானது ஒரு புரத பகுதி அபோஎன்சைம் எனவும் மற்றும் ஒரு புரதமல்லாத பகுதி கோபாக்டர் ஆகியவற்றை கொண்டுள்ளது (படம் 4.11). நொதியில் ஸப்ஸ்ட்ரேட் மூலக்கூறுகள் இணைந்து வேதிவினைகள் நடைபெறும் பகுதியே செயல்புரியும்தளம் எனப்படும். ஒவ்வொரு செயல்புரியும் தளங்களும் குறிப்பாக அதன் ஸப்பஸ்ட்ரேட்களுக்கு தகுந்த அமைப்பில் வடிவமைக்கப்படுகின்றன. இதன் விளைவாக பெரும்பாலான நொதிகள் குறிப்பிட்ட ஸப்ஸ்ட்ரேட்களுடன் மட்டுமே வினைப்புரிய இயலும். என்ஸைம் ஸப்ஸ்ட்ரேடின் மீது விசை செலுத்தப்பட்டு என்சைம் ஸ்ப்ஸ்ட்ரேட் அணைவு உருவான பிறகு, வினைபுரிந்து இறுதிப்பொருளாக மாற்றப்படுதலே வினையின் உள்ளார்ந்த நோக்கமாகும் (படம் 4.11). எடுத்துகாட்டு: சுக்ரேஸ் எனும் நொதி, நீர்பகுப்பால் வினையூக்கச்செய்து

TN_GOVT_XII_Micro_Biology_TAMIL_CH04.indd 60 2/14/2020 4:37:36 PM



படம் 4.12: நொதியினால் சப்ஸ்ட்ரேட்டில் இருந்து இறுதி பொருள் உருவாடும் செயல்முறை

சுக்ரோசை குளுக்கோஸ் மற்றும் பிரக்டோசாக. மாற்றுகின்றது.

படம் 4.12 ஸப்ஸ்ட்ரேட் மற்றும் என்சைம் ஒன்றுடன் ஒன்று வினைப்புரிந்து இறுதிப்பொருள் உருவாதல்

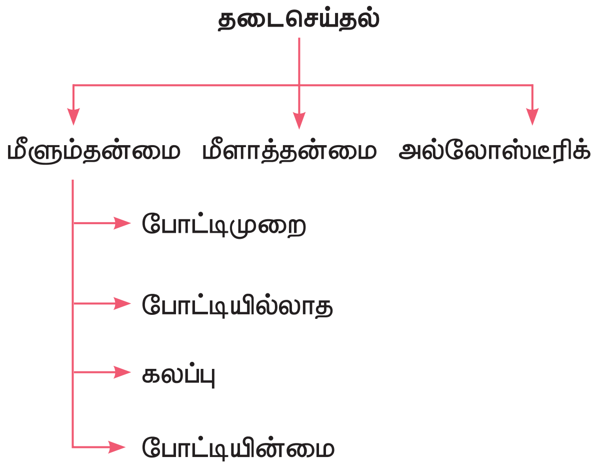
அபேஎன்சைம் என்பது நொதியின் செயலற்ற நிலையில் உள்ள வடிவமாகும். அது பின்பு கோஃபேக்டருடன் இணைவதால் செயல்தன்மையை பெறுகின்றது. கோஎன்சைம் என்பது சிறிய கரிம மூலக்கூறுகள். அவை அபோஎன்சைம்களுடன் தளர்வாக பிணைப்பு கொள்ள இயலும். மேலும், அவை வேதி தொகுகிளை ஒரு நொதியிலிருந்து மற்றொன்றிற்கு இடமாற்றம் செய்கின்றன.

கோஃபேக்டர் என்பது வேதி கலவை அல்லது உலோக அயன்கள். அவை நொதிகளின் செயல்திறன்களுக்கு தேவைப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டு: NAD^+ என்பது வைட்டமின் B யிலிருந்து பெறப்பட்டவை ஆகும். உலோக அயன்களுள் இரும்பு (Fe), செம்பு (Cu), மெக்னீஸியம் (Mg), மேன்ஙனீஸ் (Mn), ஜிங் (Zn), கால்சியம் (Ca) மற்றும் கோபால்ட் (Co) ஆகியவை சில கோபாக்டர்கள் ஆகும். கோபாக்டர்கள் அபோஎன்சைம்களுடன் இறுக்கமாக அல்லது உறுதியாக இணைக்கப்படுமெனில் அவை புரோஸ்தெட்டிக் தொகுதி எனப்படும். இப்புரோஸ்தெட்டிக் தொகுகள் கரிமங்களாகவோ (வைட்டமின், சர்க்கரை, கொழுப்பு போன்றவைகள்) அல்லது கனிமங்களாகவோ (உலோக அயான்கள் போன்றவை) இருக்கும். ஆனால் அவைகளில் அமினோ அமிலங்கள் இல்லை.

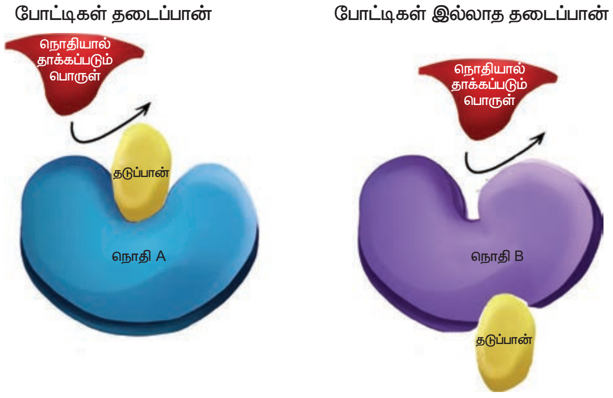
ஒரு முழுமையான நொதியானது அபோஎன்சைம் மற்றும் அதன் கோபாக்டர் உள்ளங்கியவை. இதுவே, ஹோலோ என்சைம் என்றழைக்கப்படுகின்றது.

4.10.3 நுண்ணுயிர் நொதிகள்

பல நுண்ணுயிர்கள், நொதிகளை அதிக அளிவில் ஊற்பத்தி செய்து சுற்றியுள்ள ஊடகத்தில் வெளியேற்றுகின்றன. நுண்ணியிர்களின் இந்த சிறப்பு பண்பினை பயன்படுத்தி, அமைலேஸ், செல்லுலோஸ், கேட்டலேஸ், புரோட்டியேஸ், லிப்பேஸ் போன்ற நொதிகள் தொழில் ரீதியாக உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன (அட்டவணை 4.4).



வழிமுறை வரைபடம் 4.1: தடுப்பானின் வகைகள்



படம் 4.13: போட்டி மற்றும் போட்டியற்ற தடை

அட்டவணை 4.4: நுண்ணுயிர் நொதிகளின் பயன்கள்

தொழிற்சாலைகள்	நொதிகள்	நுண்ணுயிர் ஆதாரங்கள்	பயன்கள்
மருந்து தொழிற்சாலை	• குளுக்கோஸ் • ஆக்ஸிடேஸ் • ஸ்ரெப்டோகைனேஸ் • புரோட்டியேஸ் • கேயாகுளேஸ்	• பெனிசிலியம், நொடேடட்டம் • ஸ்ரெப்டோகாக்கை • கிளாஸ்ட்ரிடியம் • ஸ்டெபைலோகாக்கஸ் • ஆரியஸ்	• சர்க்கரை நோயாளிகளின் உடலில் சர்க்கரையின் அளவை கண்டறியப்படுகிறது. • ஆன்டிகோயாகுலன்ட் (இரத்த உறைவெதிரி) • பைரினோஜெனை பைபிரினாக மாற்றிகின்றது
பால் பண்ணை தொழிற்சாலை	• கேட்டலேஸ் • லாக்டேஸ்	• ஆஸ்பர்ஜில்லஸ் நைகர் • லாக்டோபேசில்லஸ்	• பாலில் உள்ள ஹைட்ரஜன் பெராக்ஸைடை நீக்குகின்றன (நச்சு நீக்கம்) • பாலின் சுவையை அதிகரிக்கின்றது.
பேக்கிங் தொழிற்சலை	• அமைலேஸ் • லிப்பேஸ்	• பேசில்லஸ் ஸப்டைலிஸ் • கான்டிடா லிப்போலைடிகா	• ரொட்டிகள் கெடாமல் இருக்கும் காலத்தை அதிகரிக்கின்றன. • பிசைந்த மாவின் தரத்தன்மையையும் அதிகரிக்கின்றன.
பாலிமர் தொழிற்சாலை	• லிப்பேஸ் • பெராக்ஸிடேஸ்	• கான்டிடா SPP • ஸீடோமோனாஸ்	• பாலிஎஸ்டர் தயாரிப்பு குறுக்கு இணைப்புகளை உருவாக்குகின்றது
தோல் தொழிற்சாலை	• புரோட்டியேஸ் • லிப்பேஸ்	• பேசில்லஸ் • ஆஸ்பர்ஜில்லஸ் சிற்றினங்கள்	• தோலில் உள்ள முடிகளை அகற்றுதல், எண்ணெய்களை நீக்குதல், தோலினை மென்மையாக்குதல்
துணியகத் தொழிற்சாலை	• கியூட்டினேஸ் • கோல்லாஜினேஸ் • லாக்கேஸ்	• ஸீடோமோனாஸ் சிற்றினங்கள் • கிளாஸ்ட்டிரியம் ஹிஸ்டோலைடிகம்	• பருத்தியினை தேய்த்தல், கம்பளி பிரித்தல், வெளுத்தல், முடிவுறுதல் நெய்யப்பட்ட துணியில் சாயமேற்றல்
ரீகாம்பினன்ட் டி.என்.ஏ தொழிற்நுட்பம்	• டி.என்.ஏஸ் • லைகேஸ்	• எஸ்செரிசியா கோலி • ஆக்டினோமைசிட்ஸ்	• நியுக்ளியேஸ் எனும் நொதி பாஸ்போடையெஸ்டர் டி.என்.ஏ (அ) ஆர்.என்.ஏ வின் இணைப்புகளை உடைக்கின்றது. டி.என்.ஏ உள்ள வெட்டுகளை இணைக்கின்றது.

தகவல் துளி

இடியோனல்லா சாகாயியன்ஸிஸ் என்பது ஒரு பாக்டீரியம் அவை பெட் பிளாஸ்டிக்குகளை உடைக்கும் திறன் கொண்டவை. இப்பாக்டீரியம் முதலில் பெட்ஏஸ் எனும் நொதியை பயன்படுத்தி பெட் பிளாஸ்டிக்குகளை உடைக்கின்றன. இவை பெட் பிளாஸடிக் மறுசுழற்சி செயல்முறையில் சாத்தியமாக்குகின்ற முக்கியத்துவத்தை பெற்றுள்ளன.

TN_GOVT_XII_Micro_Biology_TAMIL_CH04.indd 62 2/14/2020 4:37:37 PM

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

லிப்பேஸ் என்னும் நொதியானது டிரைகிளிசரைடு (கெட்ட கொழுப்பு) மற்றும் இரத்தத்தில் கொழுப்பின் அளவைக் கண்டறிய பயன்படுகின்றது. லிப்பேஸ் உற்பத்தி செய்யும் நுண்ணுயிர்கள், தொழிற்சாலை கழிவுகளிலும், எண்ணெய் தயாரிக்கும் தொழிற்சாலைகளிலும், பால்பண்ணை மற்றும் மண் எண்ணெய் மாசு கொண்ட மண்ணிலும் கண்டறியப்பட்டுள்ளன.

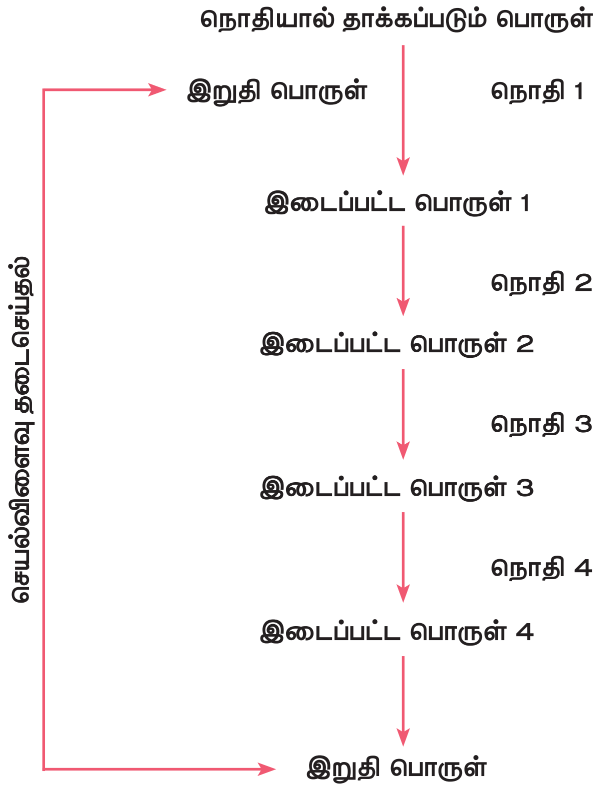
4.10.4 நொதி ஒழுங்குபடுத்தல்

தடுப்பான்: ஒரு மூலக்கூறுகள் நொதியுடன் இணைந்து அவற்றின் செயல்பாட்டை குறைகுமாயின்,அது என்சைம் தடுப்பான் எனப்படும் (வழிமுறை வரைபடம் 4.1). தடுப்பான்களின் எதிரான பாதிப்பினால் நொதிகளின் வினையூக்க வினைகளின் வேக விகிதம் மாறுபடுதலே தடைசெய்தல் எனப்படும்.

மீளாத்தன்மை தடுப்பான்கள் கோவாலன்ட் இணைப்புகளால் நொதிகளின் ஒரு குறிப்பிட்ட தொகுதிகளில் செயல்படும் தளங்களில் இணைக்கப்பட்டு நொதியினை செயலாற்றதாக்குகின்றன. மீளும் தன்மை கொண்ட தடுப்பான்கள் நொதிகளுடன் கோவாலன்ட் இணைப்புகளற்ற முறையில் மிகவும் எளிமையாக இணைப்புகளிலிருந்து பிரிக்கப்பட்டு, நொதிகளை செயலற்றதாக்குகின்றன.

போட்டிவகை தடுப்பான் என்பது ஒரு பொருள் குறிப்பிட்ட ஒரு (ஸப்ஸ்ட்ரே) ஆரம்ப பொருளைப் போன்று உருவ அமைப்பில் ஒத்திருத்தல் ஆகும். நொதிகளின் செயல் தளங்களில் ஆரம்ப பொருள் இணைவதற்கு பதிலாக அங்கு தடுப்பான்கள் இணைக்கப்படுகின்றன.

போட்டியற்ற தடுப்பான்கள் என்சைமின் செயல்தளங்களுக்காக ஆரம்ப பொருளுடன் போட்டியிடுவதில்லை. அதற்கு பதிலாக, அவை என்சைமின் மற்றொரு பகுதியில் இணைகின்றன. போட்டியில்லாத தடுப்பான்கள் தனியே நொதியுடன் இணையாமல் நொதி மற்றும் ஆரம்பபொருள் இணைவுகளில் மட்டும் இணையும் (படம் 4.13).



வழிமுறை வரைபடம் 4.2: செயல்விளைவு தடைசெய்தல்

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

நுரையீரலில் சிஸ்டிக் பைமிசோசிஸ் நோயாளிகளுக்கு டி.என்.ஏஸ் நொதிக்கு செலுத்தி கோழையின் கூழ்நிலை குறைக்கப்பட்டு சுவாசித்தல் எளிமையாகிறது.

செயல்விளைவு தடைசெய்தல்

செயல்விளைவு தடைசெய்தலில் இறுதிப்பொருள் நொதியின் அல்லோஸ்டீரிக் வினைப்புரியும் பகுதியில் முதல் நிலையில் உள்ள நொதியின் செயல்பாடுகளை தடுக்கின்றன இச்செயல்பாடு அமினோ அமிலங்கள் உற்பத்தியாவதை ஒழுங்குபடுத்தபயன்படுத்தப்படுகின்றன (வழிமுறை வரைபடம் 4.2). எடுத்துக்காட்டு: வினையில் திரியோனின் டிஅமினேஸ் என்பதே முதல் நொதியாகும். அவை திரியோனினை ஐசோலியூசினாக மாற்றமடையச்செய்கின்றன. ஐசோலியூசின் திரியோனின் டி.அமினேஸின் செயல்பாட்டை செயல்விளைவு தடுப்பான் வழியே தடுக்கின்றன.

TN_GOVT_XII_Micro_Biology_TAMIL_CH04.indd 63 2/14/2020 4:37:37 PM

4.10.5 நுண்ணுயிர் நொதிகளின் பயன்கள்

நுண்ணுயிர் நொதிகளானது

- ஆற்றலை சேமிக்கவும், மாசுபாட்டை தடுக்கவும் உதவுகின்றன
- அதிகம் குறிப்பிட்டவை, தனித்தன்மை வாய்ந்தவை
- நிலைநிறுத்தம் மற்றும் மீண்டும் பயன்படுத்தக் கூடியவை
- மலிவானவை (விலை குறைந்தது), மற்றும் அதிகம் நிலையானவை
- பிரித்தெடுத்தல்மற்றும்தூய்மைப்படுத்துதல் (சுத்தப்படுத்துதல்) எளிமையானது
- மரபியல் ரீதியாக கையாளப்பட்டு, உயர் தரமான பொருள்கள் பெறப்படுகின்றன

சுருக்கம்

உயிரினங்களுக்குள் நடைபெறும் அனைத்து வேதவினைகளுமே வளர்சிதை மாற்றம் எனப்படும் உயிர்வேதி வழித்தடங்கள் வளர்மாற்றம் மற்றும் சிதைமாற்றம் ஆகிய இரண்டிலும் செயல்படுவதால் ஆம்பிபோலிக் வழித்தடங்கள், என்பது இரண்டு நோகங்களிலும் செயல்படக்கூடியவை. சிதைமாற்ற வினையிலிருந்து பெறக்கூடிய ஆற்றலானது வளர்மாற்ற வினைக்கு பயன்படுத்தப்படுகின்றன. வேதிவினைகளுக்கான ஆற்றல் ஏ.டி.டியில் சேமிக்கப்படுகின்றன. வேதிவினைகள் பல்வேறு நொதிகளால் வினையூக்கப்படுகின்றன. பெரும்பாலான செல்லின் ஆற்றலானது கார்போஹைடிரேட் ஆக்ஸிசனேற்றம் அடைவதிலிருந்து உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றது. சுவாசித்தலின் போது கரிம மூலக்கூறுகள் ஆக்ஸிசனேற்றமடைகின்றன. எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலியிலிருந்து ஆற்றல் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. காற்றுள்ள சுவாசித்தலில் இறுதியில் O_2 மூலக்கூறுகள் எலக்ட்ரான் ஏற்பியாக செயல்படுகிறது காற்றற்ற சுவாசித்தலில் கனிம மூலக்கூறுகளான NO_2^-. SO_4^{2-} போன்றவையே O_2 மூலக்கூறுகளை தவிர்த்து. (எலக்ட்ரான் ஏற்பியாக உள்ளன).

குளுக்கோஸ் மூலக்கூறுகளின் முழுமையான ஆக்சிஜனேற்றம் 3 தொடர் வரிசையில் வினைகள் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றன.

- கிளைகாளைஸிஸ் சைட்டோபிளாசத்தில் நிகழ்கின்றன.
- க்ரெப்ஸ் சுழற்சி மைட்டோகான்டிரியா மேட்ரிக்ஸ் பகுதியில் நிகழ்கின்றன.
- எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலி, (இடிசி) (ஆக்ஸிடேடிவ் பாஸ்பாரிலேஷன்) உள் மைட்டோகான்டிரிய மேட்ரிக்ஸ் பகதியில் நிகழ்கின்றன காற்று சுவாசிகளான புரோகேரியோட்களில் ஒரு குளுக்கோஸ் மூலக்கூறு முழுமையாக ஆக்ஸிசனேற்றமடைந்து 38 ATP மூலக்கூறுகளை, கிளைகாளைசிஸ், க்ரெப்ஸ் சுழற்சி, மற்றும் இ.டி.சி யிலிருந்து உற்பத்தி செய்கின்றன. யூகேரியோட்களில் ஒரு குளுக்கோஸ் மூலக்கூறு முழுமையாக ஆகஸிசனேற்றமடைந்திலிருந்து 36 ATP மூலக்கூறுகள் உற்பத்தியாகின்றன.

காற்றற்ற சுவாச நிலையில், குளுக்கோஸ் மூலக்கூறாது முழுமையாக ஆக்ஸிசனேற்றமடையாத நிலையில் அவை நொதித்தல் வினைக்கு செல்கின்றன. பைருவிக் அமிலத்திலிருந்து பல்வேறு தொழில் ரீதியான பொருட்கள் உற்பத்தியாகின்றன. கொழுப்பானது லிப்பேஸ் எனும் நொதியால் நீர்பகுக்கப்பட்டு கிளிசரால் மற்றும் கொழுப்பு அமிலங்களாக சிதைமாற்றப்படுகின்றன.

கொழுப்பு அமிலங்கள் பிறகு பீட்டா ஆக்ஸிசனேற்றத்தால் சிதைமாற்றப்படுகின்றன. புரதங்கள் அமினோநீக்கம் மற்றும் அமினோ மாற்ற செயல்முறைகளால் அமினோ அமிலங்களாக சிதைமாற்றமடைகின்றன. கார்போஹைடுரேட், கொழுப்பு, புரதங்கள் அனைத்து சுவாசித்தனுக்கு எலக்ட்ரான் மற்றும் புரோனுக்களின் ஆதாரமாகும் நுண்ணுயிரின் நொதிகள் உணவு செயல்முறைகள் பதப்படுத்தல், காகித தொழிற்சாலை மற்றும் அறிவியல் ஆராய்ச்சியில் அதிக அளவில் பயன்படுத்துகின்றன.

TN_GOVT_XII_Micro_Biology_TAMIL_CH04.indd 64 2/14/2020 4:37:37 PM

சுய மதிப்பீடு

சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுக்கவும்

DZ1Z8Q

1. உயர் ஆற்றல் மாற்ற பொருட்களின் திறன்

   அ. அதிக அளவிளான தனி ஆற்றலை ஏற்றுக்கொள்ளுதல்

   ஆ. அதிக அளவிளான தனி ஆற்றலை மாற்றுதல்

   இ. தனி ஆற்றலை அளவிடுதல்

   ஈ. இவற்றில் எதுவுமில்லை

2. காற்றுள்ள சுவாசித்தலில் இறுதியான எலக்ட்ரான் ஏற்பி என்பது

   அ. ஆக்ஸிசன் ஆ. நைட்ரஜன்

   இ. ஹைட்ரஜன் ஈ. நைட்ரேட்

3. பயன்படுத்தக்கூடிய அல்லது வேலை செய்யத் தேவையான ஆற்றல் கூறப்படுவது

   அ. தனி ஆற்றல்

   ஆ. பயன்படுத்த கூடிய ஆற்றல்

   இ. இயக்க ஆற்றல்

   ஈ. வெப்ப ஆற்றல்

4. கிளைகாளைசிஸின் வினைப்படு பொருள் என்பது

   அ. பைருவிக் அமிலம்

   ஆ. சிட்ரிக் அமிலம்

   இ. குளுக்கோஸ்

   ஈ. குளுக்கோஸ் –6–பாஸ்பேட்

5. ஈஸ்டில் நிகழும் காற்றில்லா சுவாச வினையின் சரியான வரிசை

   அ. குளுக்கோஸ் —சைட்டோபிளாசம்→ பைருவேட் —மைட்டோகான்டிரியா→ எத்தனால் + CO_2

   ஆ. குளுக்கோஸ் —சைட்டோபிளாசம்→ பைருவேட் —மைட்டோகான்டிரியா→ லாக்டிக் + CO_2

   இ. குளுக்கோஸ் —சைட்டோபிளாசம்→ பைருவேட் + ஆற்றல் —மைட்டோகான்டிரியா→ + CO_2 + H_2O

   ஈ. குளுக்கோஸ் —சைட்டோபிளாசம்→ பைருவேட் —மைட்டோகான்டிரியா→ எத்தனால் + CO_2

6. ஒவ்வொரு குளுக்கோஸ் மூலக்கூறுகளும் ஆக்ஸிசனேற்றமடைந்து ________ பைருவிக் அமிலம் மூலக்கூறுகள் உற்பத்தியாகின்றன.

   அ. 1 ஆ. 2 இ. 3 ஈ. 4

7. கூற்று (A) ஸப்ஸ்ட்ரேட் நிலை பாஸ்பாரிலேஷனி உயர் ஆற்றல் பாஸ்பேட் பாஸ்பேற்றடைந்த பொருளிலிருந்து ADP க்கு நேரடியாக மாற்றப்படும் பொழுது ATP உருவாக்கப்படுவதாகும்.

   காரணம் (R): பாஸ்போஈனால் பைருவிக் அமிலம்

   2 ADP 2 ATP

   → 2 பைருவிக் அமிலம்

   அ. A என்பது சரி, A என்பது R Aயால் ஆதரிக்கப்படுகின்றது

   ஆ. A என்பது தவறு, ஆனால் R என்பது Aயால் ஆதரிக்கப்படுவதில்லை

   இ. A மற்றும் R ஆகிய இரண்டும் தவறு

   ஈ. A என்பது சரி, R என்பது தவறு

8. பின்வருவனவற்றில் எவை சரியானது

   அ. அபோஎன்சைம் + கோபாக்டர்

   = ஹோலோ என்சைம்

   ஆ. ஹோலோ என்சைம் + கோஎன்சைம்

   = அபோஎன்சைம்

   இ. அபோஎன்சைம் + ஹோலோஎன்சைம்

   = ஹோலோஎன்சைம்

   ஈ. கோஎன்சைம் + கோபாக்டர்

   = ஹோலோஎன்சைம்

9. சரியாக பொருந்தியுள்ள இணையை கண்டறிக:

   அ. கேட்டலேஸ் – 1. இரத்த சர்க்கரையின் அளவை கண்டறிதல்

   ஆ. குளுக்கோஸ் ஆக்ஸிடேஸ் – 2. H_2O_2வை சிதைக்கின்றது

   இ. புரோட்டியேஸ் – 3. பிளாஸ்மாவினை உறைவித்தல்

   ஈ. கோயாகுலேஸ் – 4. தோல் தயாரிப்பு

10. கூற்று A – ஸப்ஸ்ட்ரேட்லெவல் பாஸ்பாரிலேஷனால் குளுக்கோஸ் ஆனது அக்சிசனேற்ற பைருவிக் அமிலமாகி

TN_GOVT_XII_Micro_Biology_TAMIL_CH04.indd 65 2/14/2020 4:37:37 PM

4 ATPக்களை வழங்குகின்றன.

கூற்று B – டி.சி.ஏ சுழற்சி வழியாக மொத்தம் 24 ATPக்கள் உற்பத்தியாகின்றன.

அ. கூற்று A ஆனது சரி, B ஆனது தவறு

ஆ. A மற்றும் B ஆகிய இரண்டும் சரி

இ. A என்பது தவறு, B என்பது சரி

ஈ. A மற்றும் B ஆகிய இரண்டும் தவறு

பின்வரும் வினாக்களுக்கு விடை தருக

1. வளர்சிதைமாற்றம் வரையறு.
2. சிதைமாற்றம் மற்றும் வளர்மாற்றம் இடையே உள்ள வேறுபாடுகள் பற்றி எழுதுக.
3. ATP என்பது ஆற்றல் சேமிக்கும் கூட்டுப்பொருளாகும், அவை எங்கிருந்து அற்றலை பெறுகின்றன.
4. ஹோலோ என்சைம் என்றால் என்ன?
5. செயல் தளம் என்றால் என்ன?
6. ATPயின் அமைப்பு பற்றி விளக்குக.
7. பாஸ்பேரிலேஷன் வகைகள் பற்றி எழுதுக.
8. வேதிவினையின் அடிப்படையில் நொதியின் வகைகளை குறிப்பிடுக.
9. நொதித்தல் வரையறு.
10. நொதித்தலின் வகைகள் பற்றி சில எடுத்துக்காட்டுகளுடன் எழுதுக.
11. நொதிகளின் முக்கியத்துவம் பற்றி குறிப்பிடுக.
12. நொதிகளின் பகுதி பொருட்கள் பற்றி சிறுகுறிப்பெழுதுக.
13. நொதிகள் ஒழுங்குபடுத்தும் இயக்கமுறை பற்றி விளக்குக.
14. இ.எம்.பி. வழித்தடம் அல்லது கிளைகாளைடிக் வழித்தடம் பற்றி விளக்கும்.
15. டி.சி.ஏ சுழற்சி பற்ற விளக்குக.
16. எலக்ட்ரான் கடத்து சங்கிலி பற்றி விளக்குக.
17. ADP ஆனது பாஸ்பேற்றமடைந்து ATP ஆவதற்கு மூன்று பாஸ்பேற்ற இயக்க முறைகள் உள்ளன. கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள பின்வரும் வினைகளின் பெயர்களை எழுதுக.

    1. ஒளியால் குலோரோபிலிருந்து எல்க்ரான் வெளியடப்பட்டு இடிசி வழியே கடத்தப்படுகிறது சைட்டோகுரோம் C யிலிருந்து எலக்ட்ரான்களை Cyt a விற்கு கடத்தப்படுவது என்பது

    2. பாஸ்போஈனால் பைருவிக் அமிலம்

    ↓

    பைருவிக் அமிலம்

18. காற்று சுவாசித்தலின் நிலைகளை குறிப்பிடுக.